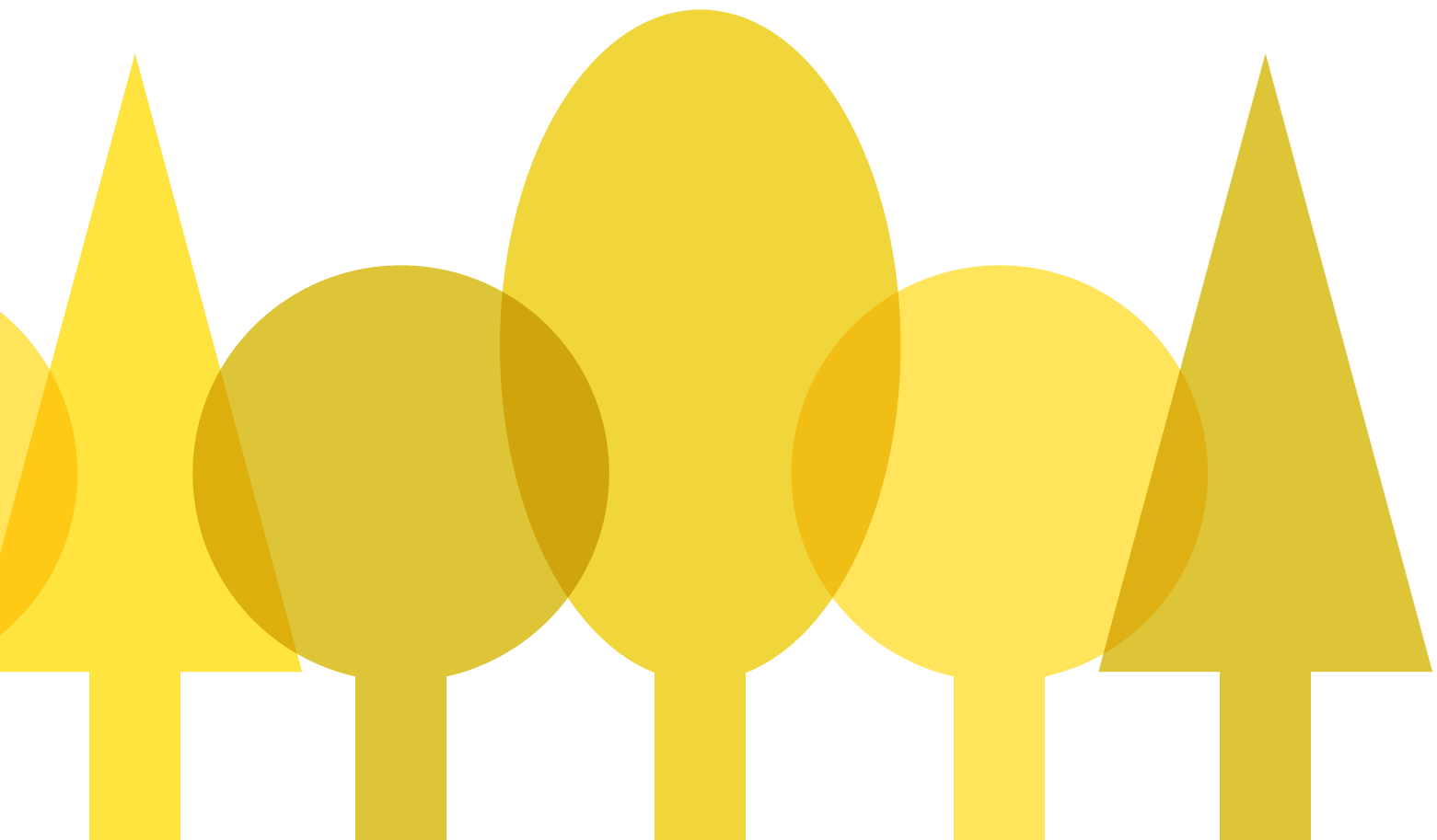


森林総合研究所

令和7年版

研究成果選集

2025



はじめに

国立研究開発法人 森林研究・整備機構は今年、起源となる農商務省山林局林業試験所が1905(明治38)年11月1日に発足してから120周年を迎えます。同機構を構成している

森林総合研究所は、豊かで多様な森林の恵みを生かした循環型社会の形成に努め、人類の持続可能な発展に寄与することをミッションとし、日本と世界の森林・林業・木材産業・林木育種に関わる総合的な研究開発を担っています。

令和3年度から開始した第5期中長期計画では、環境変動下での森林の多面的機能の発揮に向けた研究開発、森林資源の活用による循環型社会の実現と山村振興に資する研究開発、多様な森林の造成・保全と持続的資源利用に貢献する林木育種を重点課題として研究開発に取り組んでいます。

『令和7年版 研究成果選集 2025』では、これら重点課題を構成する以下の9つの戦略課題において、2024(令和6)年度に得られた主要な研究成果をとりまとめました。

- 気候変動影響の緩和及び適応に向けた研究開発
- 森林生物の多様性と機能解明に基づく持続可能性に資する研究開発
- 森林保全と防災・減災に向けた研究開発
- 林産物の安定供給と多様な森林空間利用の促進に資する研究開発
- 生物特性を活用した防除技術ときのこ等微生物利用技術の開発
- 木材利用技術の高度化と需要拡大に向けた研究開発
- 木質新素材と木質バイオマスエネルギーの社会実装拡大に向けた研究開発
- 林木育種基盤の充実による多様な優良品種の開発
- 林木育種技術の高度化・拡張と特定母樹等の普及強化

できるだけ平易な言葉を用いるように努め、専門用語には解説を付けました。また、こうした成果が、国連が定めた17の持続可能な開発目標(SDGs)のどれに貢献できるのかを、研究成果ごとにアイコンで示しました。

この研究成果選集が皆様のご参考になれば幸いに存じます。

2025年6月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 所長 浅野(中静)透



環境変動下での森林の 多面的機能の発揮に向けた研究開発

ア 気候変動影響の緩和及び適応に向けた研究開発

- 高解像度森林炭素シミュレーターの開発と日本の森林管理の将来推定 …… 04
日本の森林の炭素蓄積量を約100 mグリッドで推定するモデルを作成し炭素蓄積量の変化を予測した結果、森林・林業基本計画の計画量の10倍程度の伐採をしても適切な更新により炭素蓄積が維持されることが分かりました。
- 気候変動の林業への影響を予測して適応策の効果を明らかに …… 06
気候変動に適応したスギ人工林の管理のため、今後予測される伐採率と再造林率、温暖化の影響をもとに、将来の純生態系生産量を推定し、炭素蓄積、山地災害リスク、生物多様性を重視した適応策の効果を明らかにしました。

イ 森林生物の多様性と機能解明に基づく持続可能性に資する研究開発

- 十和田・八甲田の森はどう変わったのか？ ～80年間の植生変化を探る～ …… 08
山岳域の長期的な植生変化を知るため、1930年代作成の十和田・八甲田地域の植生図を2010年代のものと比較しました。その結果、亜高山帯の針葉樹林から人里近くの雑木林に至る広い範囲で、植生の変化が明らかになりました。
- トドマツの枝の形態や変形しにくさは、その由来する地域によって異なる …… 10
北海道の主要な造林樹種であるトドマツの成木の枝を調べたところ、その形態や変形しにくさを示す「曲げ剛性」が元々生育していた地域によって異なることが分かりました。
- 春に少なく夏に多いニホンモモンガの子の数 …… 12
リスの仲間であるニホンモモンガは、夏には乳頭の数に見合った数の子を産むものの、春の子の数はそれよりも少ないことが分かりました。このような子の数の季節的な違いは他のリスにはない珍しい特徴です。

ウ 森林保全と防災・減災に向けた研究開発

- 大雨時の森林斜面土層内の空気圧上昇を現地観測から明らかに …… 14
森林に降った雨が湧水として流出するプロセスについて、土層内の空気の動きに着目し現地観測を行ったところ、大雨時に地下水位の上昇にともなって土層内の空気圧が上昇する場合があることが明らかとなりました。
- 流木被害軽減のための流木捕捉計画立案の支援技術の開発 …… 16
流木災害被害を軽減するために、土石流と共に流下する流木の溪流内の堆積量と治山ダムによる捕捉量を数値シミュレーションで予測し、効果的な流木捕捉計画を立案するための支援技術を開発しました。

森林資源の活用による循環型社会の実現と 山村振興に資する研究開発

ア 林産物の安定供給と多様な森林空間利用の促進に資する研究開発

- 全面機械地拵えでトドマツの下刈り回数を大幅に削減 …………… 18
トドマツの造林地で大型機械による全面地拵えを行った結果、ササの再生が抑制され、下刈り1回でも苗木は良好に育ちました。従来の筋状施業に比べ、地拵え＋下刈りの費用を最大40%削減できることが分かりました。
- ロボット技術を活用して荷台への丸太積載を無人で行うことに成功 …………… 20
レーザー計測技術や人工知能(AI)による画像処理技術、ロボット制御技術を統合し、丸太を荷台に自動で積載する制御システムを開発しました。本技術は木材生産作業の省力化や安全性向上に貢献します。
- 東京23区の住民で過去1年間に森林を訪れたのは3人に1人
ー森林空間利用を促すにはー …………… 22
東京23区の住民アンケートから、過去1年間に森林を訪れたのは3人に1人にとどまり、森林への訪問を促すには、アクセスの改善、身近な自然とのふれあい、魅力的なプログラムの提案が重要であることが示されました。
- 民有林林道の厳しい維持管理実態とそれを克服するための方策 …………… 24
市町村が民有林林道を維持管理する上で、予算の確保、路線の見回り、住民の高齢化が課題であり、維持管理の効率化には路線データのデジタル化や地理情報システム(GIS)との連携が必要であることが分かりました。

イ 生物特性を活用した防除技術ときのこ等微生物利用技術の開発

- 人の生活圏で発生するナラ枯れを市民活動で防除 …………… 26
公園や緑地など、人の生活圏で発生するナラ枯れの防除に取り組む市民活動を支援するため、市民が実行可能な防除技術を開発するとともに、埼玉と茨城のモデル地域で防除活動を実践し、今後の課題を抽出しました。
- 植栽試験地での国産白トリュフの交配様式と由来を明らかにしました …………… 28
植栽試験地で発生した国産白トリュフの遺伝子解析を行い、子実体発生には異なる交配型遺伝子をもつ2株の交配が必要なこと、子実体の「両親」はいずれも接種に用いた菌体由来であることが分かりました。

ウ 木材利用技術の高度化と需要拡大に向けた研究開発

- はかりを使わず音で木材の質量を知るー棧積み平角モデルへの応用ー …………… 30
木材の強度特性の非破壊的測定に必要な質量測定を省略する振動試験方法を先行研究で開発しました。本研究ではこの方法を用いて天然乾燥過程の棧積み状態のまま平角の質量を推定することができました。
- 枠組壁工法構造用製材の品質管理がハンマーによる打撃で可能に …………… 32
枠組壁工法構造用製材の品質管理では、強制的に木材に曲げ荷重を加えて曲げ性能を調べる方法を採用しています。これを、ハンマーで木材を打撃した際に生じる振動を測定する方法で代替できることが分かりました。

エ 木質新素材と木質バイオマスエネルギーの社会実装拡大に向けた研究開発

- 里山広葉樹から微細なセルロースを製造し塗料に応用 34
里山広葉樹から得られる繊維長が短めで細いパルプを原料とし、セルロースナノファイバー(CNF)よりも製造コストを削減した方法で微細なセルロース繊維を製造し、木材用塗料へ応用する技術を開発しました。
- 環境情報と空間解析でヤナギ超短伐期施業の適地を地図化する 36
早生樹で、燃料用木質バイオマスとして注目されるヤナギを用いた超短伐期施業に適した場所を、植生図等の環境情報と空間解析を組み合わせる手法を開発しました。ヤナギ実証生産の推進に貢献する成果です。

重点課題

3

多様な森林の造成・保全と 持続的資源利用に貢献する林木育種

ア 林木育種基盤の充実による多様な優良品種の開発

- スギの実生苗とさし木苗の植栽後のメリットとデメリットは
植栽環境によって異なる 38
スギは地域によりさし木苗または実生苗を用いて林業が行われてきましたが、それらの特性の比較は十分なされてきませんでした。さし木苗と実生苗の生存や成長、幹の真っすぐさの指標である通直性の違いを明らかにしました。
- スギの気候変動適応に向けた耐乾性品種の開発 40
気候変動による干害リスクに対応するため、スギの耐乾性の評価方法を開発し、全国の第1世代精英樹の中から耐乾性に優れた4品種を開発しました。

イ 林木育種技術の高度化・拡張と特定母樹等の普及強化

- LiDAR搭載 UAVによる樹高測定効率化・高精度化と
壮齢期までの樹高の遺伝的評価の手法開発 42
林木育種において重要な形質である樹高について、測定コストの課題を克服するために、LiDAR搭載 UAVによる樹高計測の精度検証と従来の測定データを結合して樹高の系統評価を行う手法の開発を行いました。
- 今後の再造林に役立つ
「エリートツリー特性表(関東育種基本区・スギ)」を公表 44
関東育種基本区で開発したスギエリートツリー(特定母樹)の特性表を作成しました。特性表では、地域の多様なニーズに応える一助として、目的に応じた特定母樹を組み合わせた採種園パッケージを提示しました。

高解像度森林炭素シミュレーターの開発と 日本の森林管理の将来推定

森林防災研究領域：小南 裕志 生物多様性・気候変動研究拠点：平田 晶子、江原 誠
立地環境研究領域：酒井 寿夫 森林管理研究領域：北原 文章
林業経営・政策研究領域：森井 拓哉

日本の森林の炭素蓄積量を約100 mグリッドで推定するモデルを作成し炭素蓄積量の変化を予測した結果、森林・林業基本計画の計画量の10倍程度の伐採をしても適切な更新により炭素蓄積が維持されることが分かりました。

■ これからの日本の森林管理の最適化に向けて

2050年ネットゼロ社会達成のため、日本での2030年度の温室効果ガス削減目標である年7億6000万CO₂トンのうち、2.7%を森林吸収量で確保し、それを2030年以降も継続することが必要です。そのため、日本の森林のより精緻なCO₂吸収量の把握と管理・利用影響の包括的な評価が不可欠です。これらの解決のため、森林の炭素動態や伐採などの管理に伴い変化する炭素蓄積量を約100 mグリッドの高分解能で推定する森林管理シミュレーター(図1)を開発しました。

■ 推定された日本の森林の状態とこれからの管理のありかた

2010年時点の日本の森林炭素蓄積量の推定値は約2.5 GtC*で(図2)、2010年から2020年までの年間平均炭素蓄積速度は42 MtC y⁻¹でした(図3)。伐採しないと仮定した場合、蓄積速度は2020年には27 MtC y⁻¹に低下しますが、これは高齢林化による成長の低下が原因と考えられ、伐採一造林による森林の更新が蓄積速度を上げると考えられました。また、現在の森林・林業基本計画に基づいた伐採・植林を実施した場合でも、炭素蓄積量の増加は伐採を行わなかった場合よりわずかに低下するのみとなりました(図4の曲線の傾き)。伐採量を10倍程度増やしても、伐採一造林による森林の更新によって高齢林化による蓄積速度の低下が緩和されるため2100年の炭素蓄積量は2020年と同程度に維持されることが分かりました。温暖多雨な日本の森林は高い生産性を持つため、炭素蓄積維持からみると現在の計画よりもかなり多く伐採できる可能性があると考えられます。一方、伐採量の増加と、生物多様性の維持や防災のた

めの森林保全機能とはトレードオフの関係になる可能性が高く、それらの点も評価可能なシミュレーターに改良して将来の日本の森林の最適な姿を模索していく必要があります。

専門用語

森林の炭素蓄積の単位(tC)：森林に蓄積される炭素は様々な種類の有機物の形を取っていますが有機物の中に含まれる炭素の重さを用いてtC(炭素トン)の単位を用います。森林の有機物重量中の炭素の重さの比率は約50%になります。

研究資金

・本研究所の交付金プロジェクト「ネットゼロエミッションの達成に必要な森林吸収源の評価」

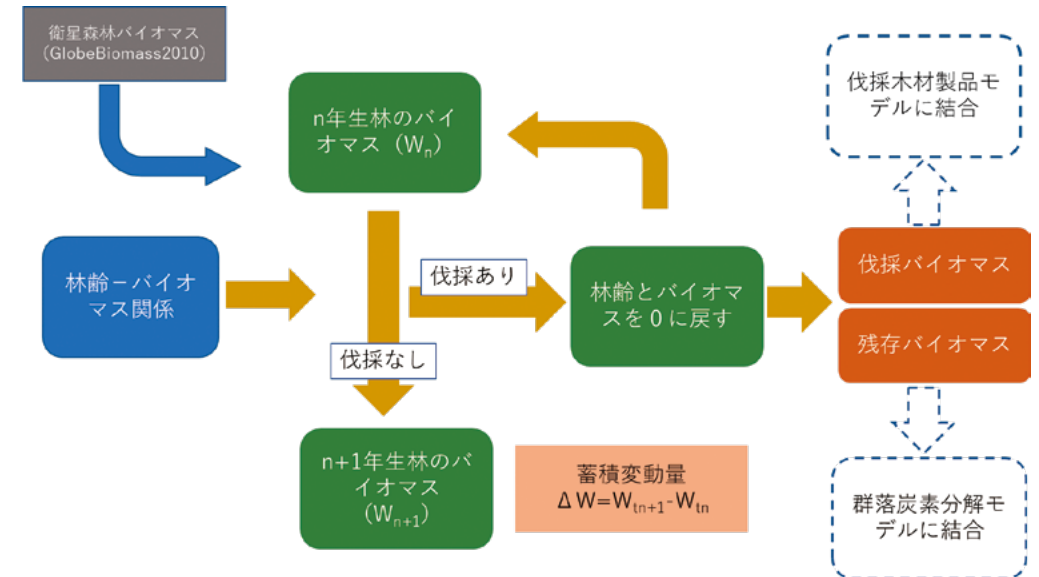


図1 シミュレーターの構造

全グリッド(約5400万点)についてこの演算を行うことにより全国の森林バイオマスの推定を行います。

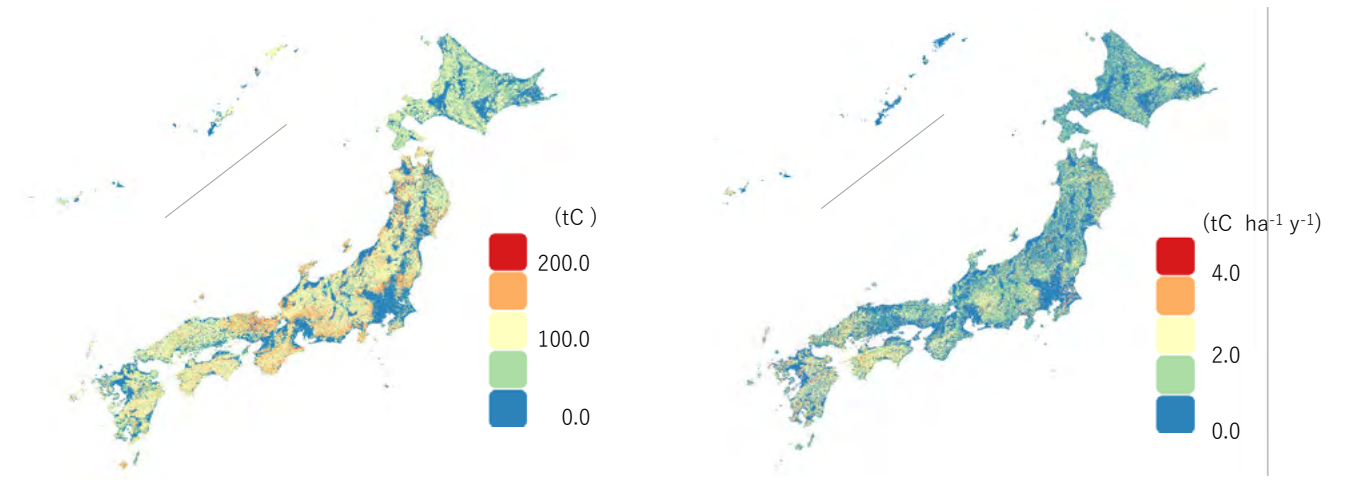


図2 推定された2010年の日本の森林炭素蓄積量
全バイオマスは2.5GtC

図3 推定された2010年から2020年までの日本の森
林炭素蓄積速度マップ

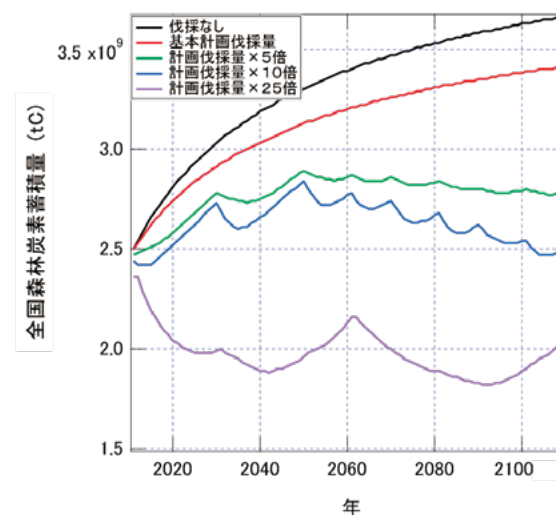


図4 伐採に伴う日本の森林炭素蓄積量の変化の推定
結果

森林・林業基本計画の10倍程度に伐採量を増やした場合でも、適切な更新が図られることにより2100年の炭素蓄積量はその後大きな減少は起きないと推定されます。

気候変動の林業への影響を予測して適応策の効果を明らかに

森林管理研究領域:平田 泰雅、西園 朋広 立地環境研究領域:橋本 昌司

森林防災研究領域:村上 亘、経隆 悠

樹木分子遺伝研究領域:伊原 徳子、内山 憲太郎、森 英樹

関西支所:中尾 勝洋 九州支所:鳥山 淳平

気 候変動に適応したスギ人工林の管理のため、今後予測される伐採率と造林率、温暖化の影響をもとに、将来の純生態系生産量を推定し、炭素蓄積、山地災害リスク、生物多様性を重視した適応策*の効果を明らかにしました。

林業分野における気候変動の影響

気候変動が顕在化するとともに、気温の上昇や降水パターンの変化によって乾燥化が進み、人工林の成長に負の影響を与えると予想されています。また、台風の巨大化や短時間強雨の頻度の増加は、森林の持つ土砂災害防止や土壌保全等の機能を低下させ、山地災害に結びつく可能性があります。そこで林業分野における気候変動の影響予測から適応策の効果を評価しました。

林業適応策オプションの選択

林業の適応策オプションとして、スギ人工林の伐採率と造林率から現状維持、積極再造林、消極再造林、広葉樹林化の4つの将来シナリオを作成し(図1)、2050年の森林の純生態系生産量を推定した結果、いずれも純生態系生産量は2010年よりも低下することが分かりました(図2)。生物の成長に関係すると考えられる13の気候指標の主成分分析から、太平洋側の遺伝グループ(地域系統)であるオモテスギは、気候変動に対する環境適応幅が狭いため、太平洋側では短伐期で伐採強度の高い積極再造林が人工林の成長と炭素吸収量を比較的高く保つ唯一の方策であり、気候変動の進行に伴い系統転換や樹種転換の検討が必要であることを明らかにしました。一方、日本海側の遺伝グループであるウラスギは、気候変動に対する環境適応幅が広いこと、日本海側では長伐期につながる消極再造林も選択肢の一つであることを明らかにしました。

人工林に対する適応策効果の評価

気候変動に適応した人工林管理のため、スギ人工林に対して、気候シナリオのみ、炭素蓄積重視、山地

災害リスク重視、生物多様性重視の4つの将来シナリオの適応策の実施効果を評価しました(図3)。その結果、短伐期で施業を行い、かつ、人工林を拡大して炭素蓄積の増加を最優先する炭素蓄積重視シナリオでは、2081-2100年には気候シナリオのみの場合と比較して炭素蓄積は27%増加しますが、山地災害リスクが22%上昇すると予測されました。一方、生物多様性を優先する広葉樹林化シナリオでは、2081-2100年に炭素蓄積は11%減少しますが、生物多様性を23%高め、山地災害リスクを10%低減させることが予測されました。この適応策評価モデルは、地方自治体や林業所有者がどのような適応策をとるのかを選択するのに役立ちます。

専門用語

適応策: 自然生態系や人間社会のシステムを調整することで気候変動の負の影響を最小限に食い止め、新たな気候条件を利用するための方策です。

研究資金

・環境研究総合推進費 S-18「気候変動影響予測・適応評価の総合的研究」サブテーマ2(3)「林業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価」

参考文献・サイト

Toriyama, J. et al. (2025) Management strategies for shrinking and aging tree plantations are constrained by the synergies and trade-offs between carbon sequestration and other forest ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 373, 123762. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123762

Uchiyama, K. et al. (2025) Climate-associated genetic variation and projected genetic offsets for *Cryptomeria japonica* D. Don under future climate scenarios. *Evolutionary Applications*, 18, e70077. DOI: 10.1111/eva.70077

気候変動影響予測・適応評価の総合的研究(S-18) <https://adaptation-platform.nies.go.jp/external/s-18/>

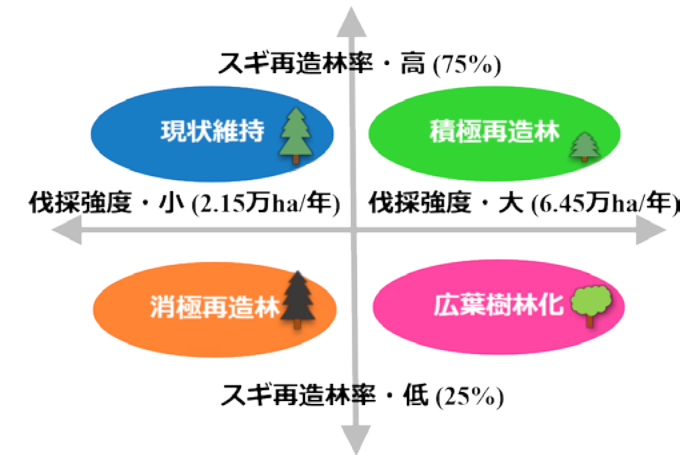


図1 林業適応策オプションの将来シナリオ

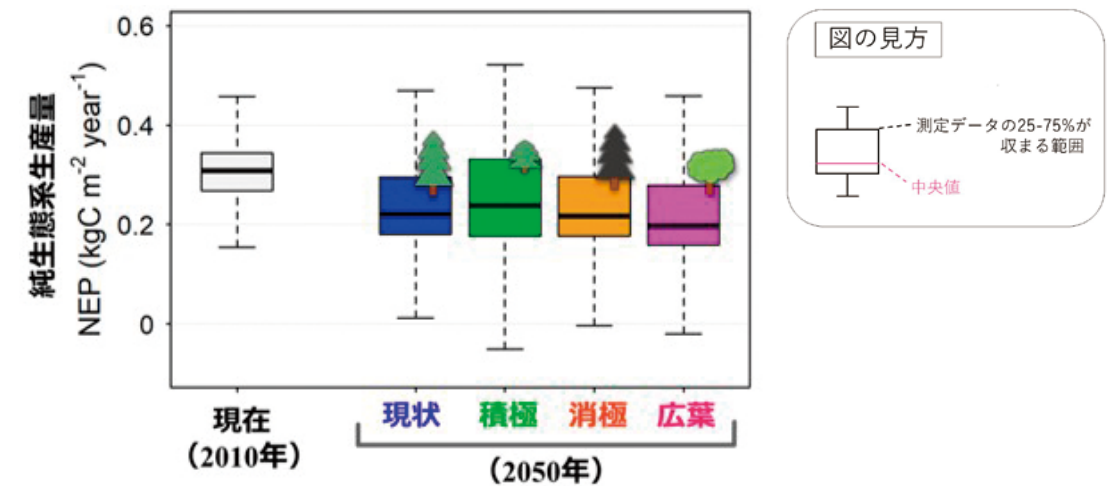


図2 将来シナリオごとのスギの炭素吸収量の予測

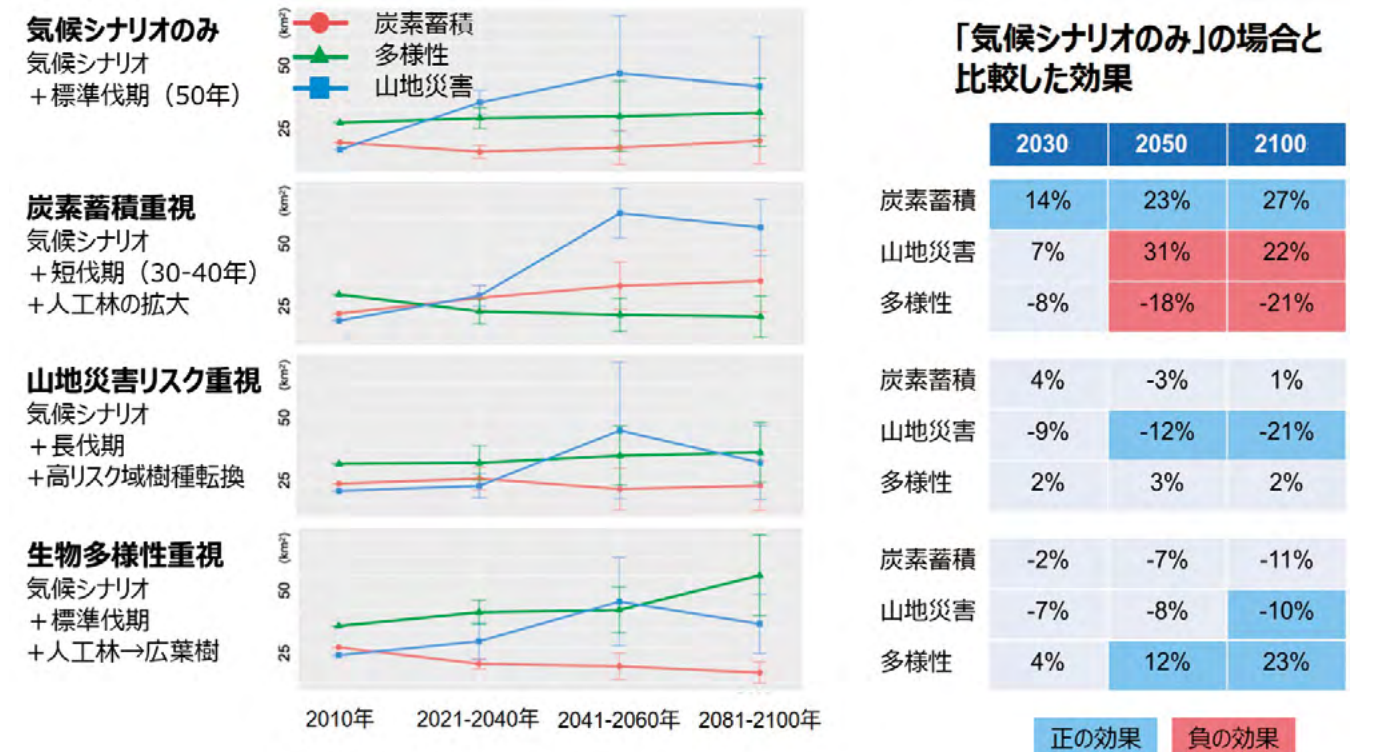


図3 スギ人工林での適応策実施効果の評価

十和田・八甲田の森はどう変わったのか？ ～80年間の植生変化を探る～

森林植生研究領域：松井 哲哉、柴田 銃江、小黒 芳生 野生動物研究領域：大橋 春香
多摩森林科学園：設楽 拓人 横浜国立大学：佐々木 雄大 京都大学：黒川 紘子

山 岳域の長期的な植生変化を知るため、1930年代作成の十和田・八甲田地域の植生図を2010年代のものと比較しました。その結果、亜高山帯*の針葉樹林から人里近くの雑木林に至る広い範囲で、植生の変化が明らかになりました。

■ 昔の森と今の森を比べると、何が見えてくるのか？

植生の長期的な変化を理解するには、過去の植生データと現在のデータを比較することが重要です。最近の技術の進歩により、紙で作られた古い植生図をデジタル化し、コンピュータ上で最新の図と重ねて正確に比較できるようになりました。気候変動や土地利用の変化が植生に及ぼす影響を明らかにするには、この手法は効果的です。

■ 気候変動と人間活動の影響

世界の平均気温は過去100年間で約1.6℃上昇しています。こうした気温の上昇にともなって、森林はより北方や標高の高い地域へと拡大・移動する傾向が見られます。また日本では戦後、木材需要が増え、天然林が伐採され、スギなどの人工林が拡大しました。一方、エネルギー革命により薪や木炭の利用が減少し、雑木林が自然林へと変化しました。

■ 八甲田山の植生：過去80年間の変化

青森県の十和田・八甲田地域は、亜高山帯の針葉樹林と冷温帯*の落葉広葉樹林などが混在する特徴的な環境です。近年、この地域の1930年代の植生図が発見されました。これを、2010年代の植生図と比較することで、過去80年の森林の変化を詳しく調べました。

本研究では、1930年と2010年の植生図の情報を統一し、21種類の植生に分類しました(図1)。その結果、過去80年間で森林の構成が大きく変化していることが分かりました。まず、標高1,000 m以上の亜高山帯では、針葉樹林の面積が半分に減少しました(図2)。一方、標高1,000 m以下の冷温帯では、ブナ林の面積が1.5倍に増加し、一部は標高の高い場所へ移動し、針葉樹と入れ替わる形で分布が変わっています。

した。標高700 m以下では、かつて薪や木炭に利用されていた落葉ナラ類の雑木林が半減し、代わりにブナ林やスギ・ヒノキ植林地が増加しました。1936年に同地域が国立公園に指定された後も、一部地域では雑木林が伐採され、植林や牧場などに転換されていました。

以上の結果は、今後の生態系や生物多様性の研究・保全に役立つとともに、気候変動の影響に対応するための取り組みである「気候変動適応策」の基礎情報としても活用されることが期待されます。

専門用語

亜高山帯：日本の山地で標高の高い場所に広がる森林帯の一つで、本州では主に標高1,000～2,500 m程度の範囲に分布します。シラビソ、オオシラビソ、トウヒ、コメツガ、カラマツなどの針葉樹が優占する森林が発達します。

冷温帯：温帯の中でも比較的冷涼な気候帯で、本州では主に標高300～1,600 m程度の範囲に分布します。ブナやミズナラなどの落葉広葉樹が優占する森林が発達します。

研究資金

・科研費 (JP20H04380)「山岳生態系の100年スケールの植生変化を左右する生物学的背景の解明」

参考文献・サイト

Shitara, T., Kurokawa, H., Oguro, M., Sasaki, T., Ohashi, H., Niiyama, K., Shibata, M. and Matsui, T. (2024) Long-term changes in vegetation and land use in mountainous areas with heavy snowfalls in northern Japan: an 80-year comparison of vegetation maps. Front. Environ. Sci. 12:1306062. DOI: 10.3389/fenvs.2024.1306062

柴田銃江・川村志満子・設楽拓人・大橋春香・小黒芳生・黒川紘子・佐々木雄大・米倉浩司・松井哲哉 (2023) 昭和初期の国有天然林調査報告書のデジタルアーカイブ「十和田国立公園地域 植生調査説明書」のスキニングと現代語訳一。森林総合研究所研究報告, 22 (4), 223–228. DOI: 10.20756/ffpri.22.4_223

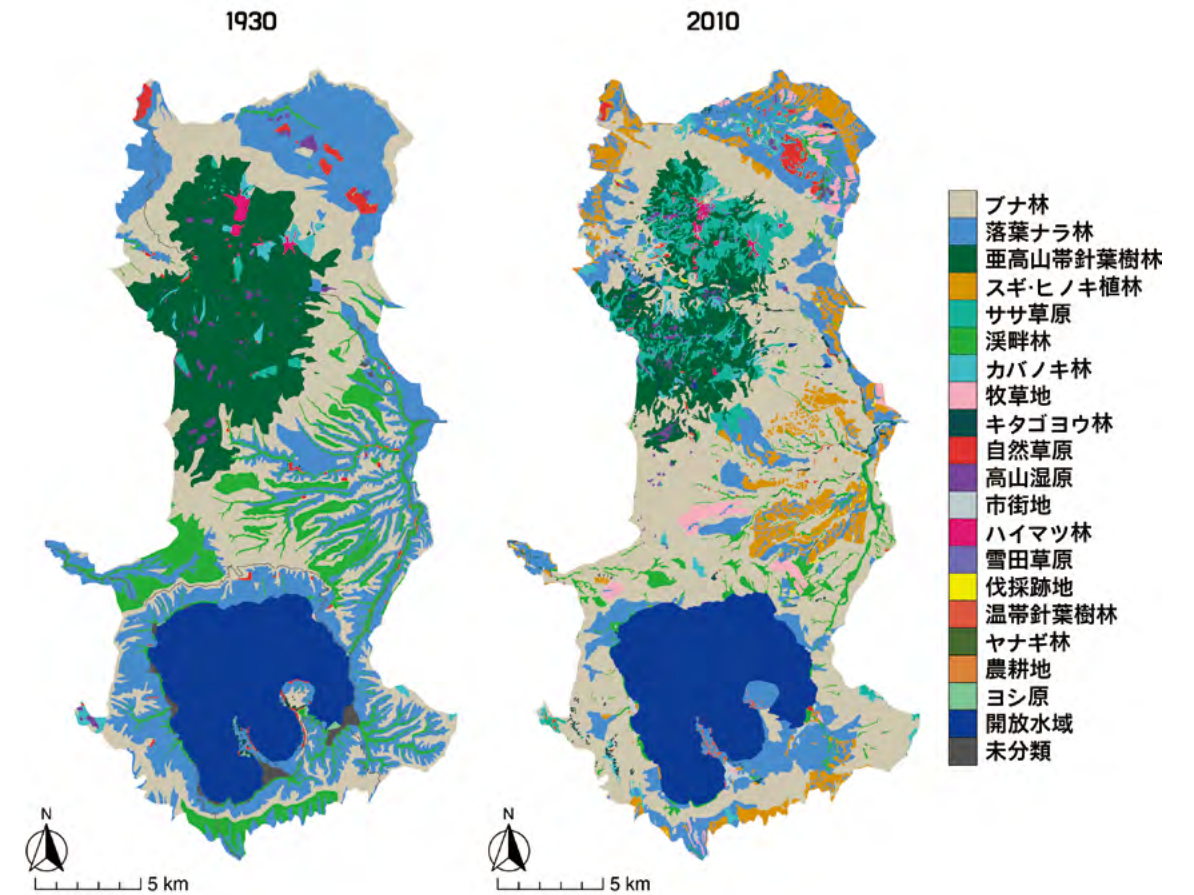


図1 十和田・八甲田地域の植生図(左：1930年代、右：2010年代)
(Shitara et al. 2024を改変)

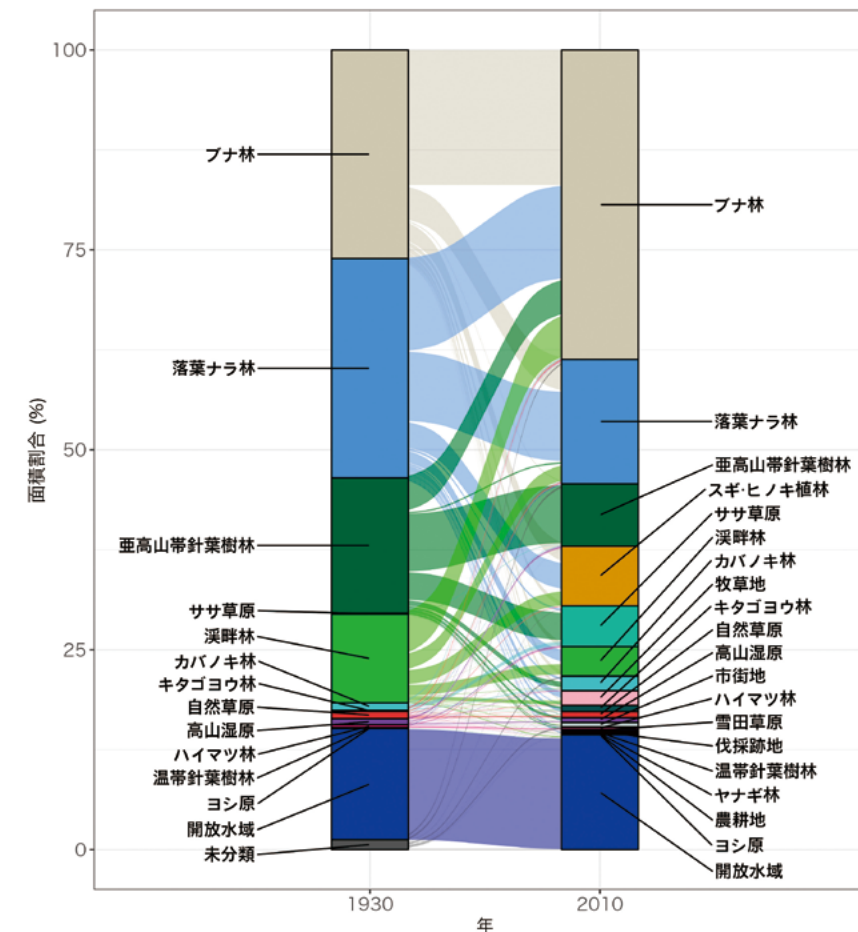


図2 1930年代(左)から2010年代(右)への、80年間の植生の変化
(Shitara et al. 2024を改変)

トドマツの枝の形態や変形しにくさは、 その由来する地域によって異なる

北海道支所:菅井 徹人、北村 系子 北海道大学:澤田 圭
北海道立総合研究機構:石塚 航

北 海道の主要な造林樹種であるトドマツの成木の枝を調べたところ、その形態や変形しにくさを示す「曲げ剛性」が元々生育していた地域によって異なることが分かりました。

■ 冬の気候変動と雪害リスクの予測に向けて

北海道における気候変動には、季節や地域に特異的な環境条件の変化が認められます。特に、冬の気温や積雪量が変化すると予測されており、日本海側では冬日の短縮、オホーツク海側では湿雪化、道東太平洋側では暴風雪頻度の増加等が懸念されています。湿雪や暴風により樹体が破壊されると木材の価値が下がるおそれがあり、雪害が発生しやすい地域の予測が重要です。気象情報や過去の雪害情報等に加え、植栽された樹木における雪害抵抗性の遺伝的な地域間差を明らかにできれば、雪害リスクの予測精度の向上に貢献できると考えられます。

■ トドマツの地域間差を解明する産地試験

トドマツは北海道を象徴する針葉樹で、道内全域で利用される主要な造林樹種でもあります。また道内のトドマツ人工林は約5割が一般的な伐期である50年生以上を迎え、民有林を中心に長伐期化が進んでおり、冬の気候変動による影響が懸念されます。トドマツの雪害抵抗性の遺伝的な地域間差を明らかにする手法として、降雪環境の異なる地域に由来する個体を同じ環境下で育成して比較する産地試験が有効です。本研究では、北海道支所が1960年代に造成したトドマツの産地試験地を再整備し、異なる8地域に由来する約50年生トドマツの雪害抵抗性を評価しました(図1)。

■ 枝の特性の地域変異

過去の産地試験において、雪害を受けたトドマツでは、枝に関する損傷が多発しており、雪害率に地域間差があることも報告されていました。この結果は、トドマツの枝に関係する雪害抵抗性が地域変異していることを示唆しています。そこで本研究では、雪の積もりやすさに関連する枝の形態特性や、積もつ

た雪に対する物理的抵抗性等を多角的に評価しました。その結果、枝の面積*や、変形しにくさを示す「曲げ剛性」*などが由来する地域によって異なることが分かりました(図2)。なかでも、曲げ剛性はトドマツの由来地域における1月の降水量と正に相関していたことから、冬の降水量が多い地域のトドマツほど、変形しにくい枝をもつことが示唆されました。これは、トドマツの枝の特性が冬の環境適応と関連している可能性を示しています。

専門用語

枝の面積:枝の形態を特徴付ける指標として、枝を構成する主軸の長さ、枝の基部から分かれる枝(分枝)の長さ、また主軸と分枝の角度から算出された枝の水平面積のことです。

曲げ剛性:曲げやねじりの力に対する「変形しにくさ」のことです。曲げ剛性が高いと変形しにくく、剛性が低いと変形しやすくなります。

研究資金

・本研究所の交付金プロジェクト2「トドマツにおける冠雪害抵抗性の地域間差の解明」

参考文献・サイト

Sugai, T., Kitamura, K., Sawata, K., Sasaki, Y. and Ishizuka, W (2024) Regional variation in branch morphological and physical traits in *Abies sachalinensis* associated with winter climatic conditions. DOI: 10.1080/13416979.2024.2378545

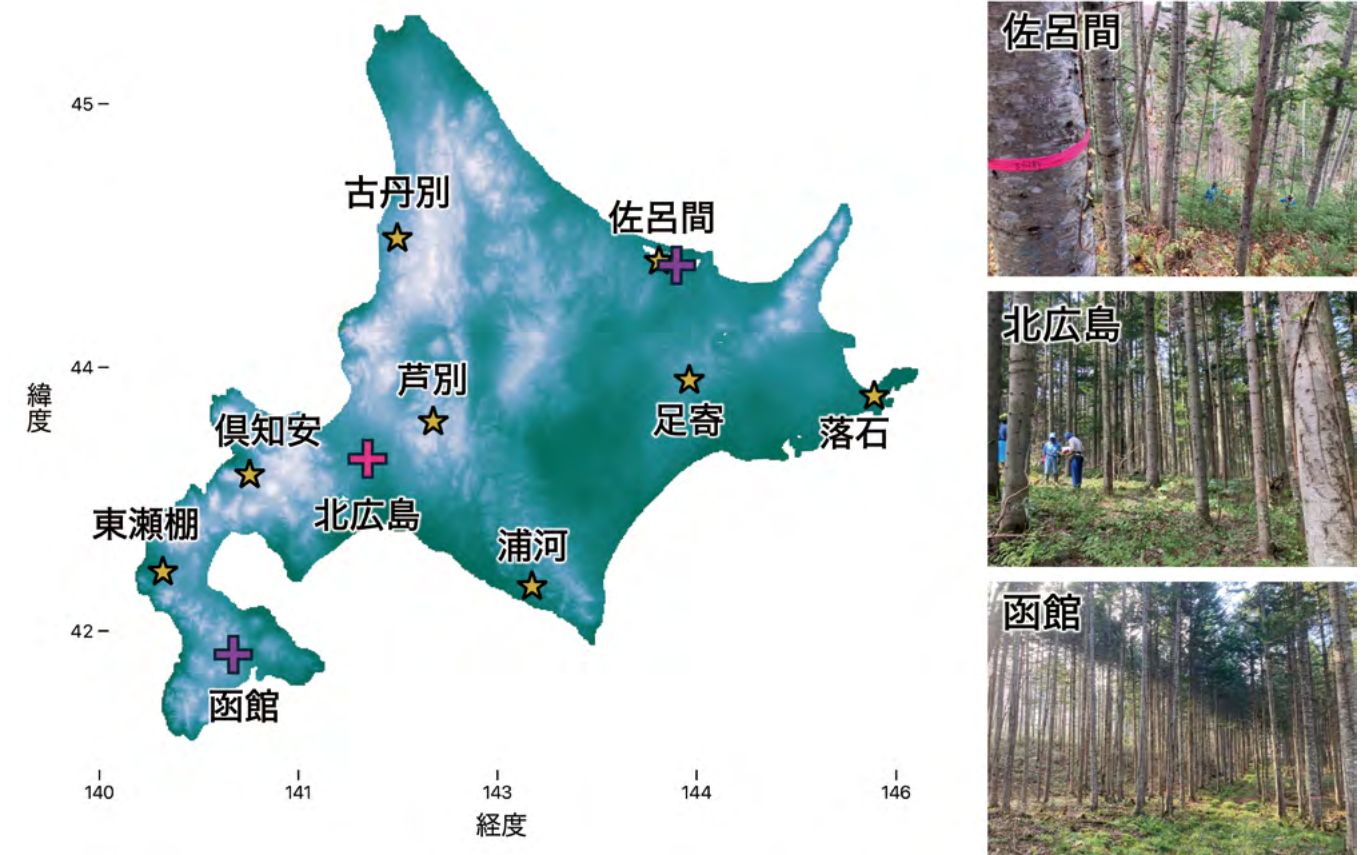


図1 トドマツの由来産地および産地試験地の位置情報

地図上における濃青色から白色は最大積雪深の地理的勾配(日本海側は多雪、太平洋側東部は少雪地域)、星印は対象としたトドマツの由来産地の地点、十字印および右の写真は再整備した産地試験地の地点・現場の様子を示す。本研究は北広島試験地で実施。

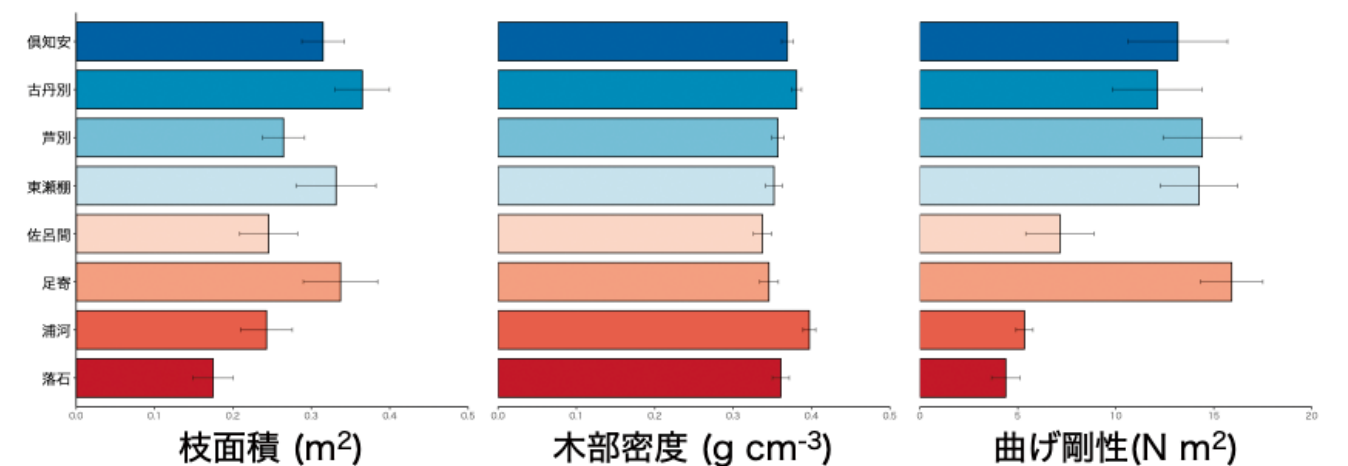


図2 由来地域によって異なるトドマツの枝の各特性

棒グラフは地域ごとの平均値、エラーバーは標準誤差(N=9)、棒色の違いは地域の違いを示しています。

春に少なく夏に多いニホンモモンガの子の数

九州支所:鈴木 圭、安藤 裕萌

リスの仲間であるニホンモモンガは、夏には乳頭の数に見合った数の子を産むものの、春の子の数はそれよりも少ないことが分かりました。このような子の数の季節的な違いは他のリスにはない珍しい特徴です。

■ニホンモモンガの子の数

日本には樹上で生活するリスの仲間であるニホンモモンガ(写真1)が生息しています。このニホンモモンガの子の数の特徴を明らかにするために、国内外の51件の文献を基にニホンモモンガを含む14種のリスたちの2,363回分の出産データを集めました。その結果、ニホンモモンガは季節によって子の数が違い、夏には平均5.3頭の子を産むのに対し、春は2.1頭と少ないことが分かりました(図1)。

■リスの仲間の子の数

リスの仲間は大きく2つのグループに分けることができ、1つはプレーリードッグやシマリスといった地上や地中で生活する地上性リスです。もう1つは、一般に想像される木の上をちょろちょろと走り回るリスや空中を滑空するモモンガのような樹上性リスです。実は、リスの子の数は地上性と樹上性で大きく異なることが知られています。地上性リスは1回の出産でおっぱいの数(乳頭数)の約半数の子を産みます。これは「2分の1ルール」といわれ、多くの哺乳類がこのルールに従います。一方で樹上性リスはこのルールに従わず、乳頭数とは無関係に1回の出産で2〜3頭の子を産むと言われています。

集めた出産データをみると、地上性リスは6種で、乳頭数は8か10でした。そして1回の出産で産まれる子の平均は4.2から6.5頭で(図1)、先に示したルールに従っています。一方でニホンモモンガ以外の樹上性リスは7種で、いずれも乳頭数は8でした。そして産まれてくる子の平均は1.6から3.3頭で(図1)、従来から言われていた通りルールには従っていません。

■ニホンモモンガは「2分の1ルール」に従う？

では、ニホンモモンガの子の数について考えてみます。ニホンモモンガの乳頭数は10なので、ルールに従うなら1回の出産で5頭の子が産まれるはずです。

実際にニホンモモンガの夏の子は平均5.3頭でした。驚いたことに、ニホンモモンガは樹上性リスでありながら「2分の1ルール」にしっかりと従っています。とはいえ、春の子の数は2.1頭だったので他の樹上性リスと同様にルールには従いません。つまり日本には、樹上性リスと地上性リスの両方の特徴を持つニホンモモンガという世界的にも珍しいリスが生息しているのです。

研究資金

・本研究の実施課題「森林の生物多様性の保全と持続可能な利用に関する研究の高度化」

参考文献・サイト

Suzuki, K. K. and Ando, Y. (2024) Litter size of Japanese flying squirrels *Pteromys momonga* varies seasonally: An intermediate pattern between arboreal and ground squirrels. *Journal of Vertebrate Biology*, 73, 24033. DOI: 10.25225/jvb.24033

プレスリリース (2024)「おっぱいの数と子どもの数—春に少なく夏に多いニホンモモンガの子の数—」<https://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2024/20240828/index.html>



写真1 巣箱から顔を出すニホンモモンガ

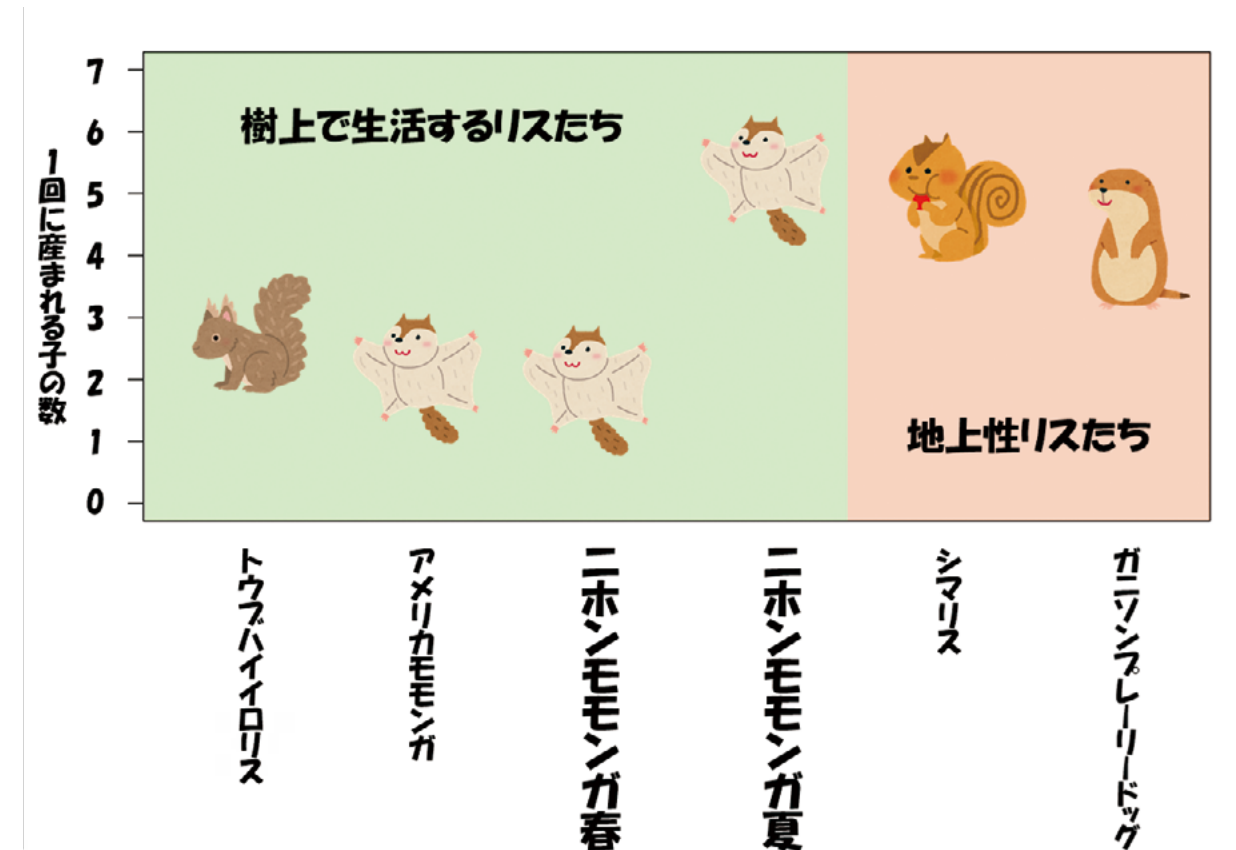


図1 ニホンモモンガを含む代表的なリスの1回の出産で生まれる子の数
(各種の生活史や特徴をよく捉えたイラストをフリー素材サイト「いらすとや」から選びました)

大雨時の森林斜面土層内の空気圧上昇を現地観測から明らかに

森林防災研究領域:岩上 翔、清水 貴範、久保田 多余子、飯田 真一
国際農林水産業研究センター:野口 正二

森 林に降った雨が湧水として流出するプロセスについて、土層内の空気の動きに着目し現地観測を行ったところ、大雨時に地下水位の上昇にともなって土層内の空気圧が上昇することが明らかとなりました。

「水」の流出を調べるために「空気」に着目

降雨時には、森林小流域でも速やかに湧水(渓流水)の流量が増加しますが、そのメカニズムはいまだに十分に解明されていません。そこで、水の挙動だけでなく、土層内の間隙空気の挙動が流出メカニズムに関わっている可能性に注目し、現地観測に基づいて間隙空気の挙動を明らかにすることを試みました。

「封入空気」の形成に注目

間隙空気圧の測定にあたっては“封入空気”の形成に注目しました。封入空気とは降雨時に地表面が十分に濡れて水で飽和、あるいは飽和に近い状態になると、地中の空気が大気に抜ける逃げ道が無くなり、間隙空気が土層内に封じ込められる現象です。封入空気は地表から浸透してくる水と、地下水位の上昇に挟まれて圧縮(加圧)される可能性があります。封入空気の形成と加圧は大気圧と間隙空気圧の差圧(以下「差圧」)を利用して評価しました。山地斜面では地下水位が短時間に大きく上昇することがあり、地下水位の上昇による効果にも注目しました。観測は茨城県内の筑波共同試験地(石岡市)と常陸太田試験地(常陸太田市)において行いました(写真1)。

台風大雨時の観測データ解析

台風による大雨時の観測データについて、詳しく解析を行いました。その結果、台風の強い雨が降り出すまでは大気圧と間隙空気圧が同じ挙動を示しましたが、その後に強い雨が降り出すと台風によって大気圧が低下する一方で、間隙空気圧は上昇し、封入空気の形成が確認されました。間隙圧*を間隙水圧*と間隙空気圧*に分けて示すと(図1)、地下水位の急上昇と同じタイミングで間隙空気圧が急上昇したことが確認され、間隙空気圧の上昇と地下水位の

上昇との間には強い関係があることが分かりました。地下水位の上昇による間隙空気の加圧への効果は室内実験等では明らかにされておらず、新しい発見でした。また別途観測した土壌水分の応答を見ても間隙空気の封入が起きたことが整合的に説明できる結果となりました。流域内での水と空気の流れを3次元的に捉え、降雨流出過程の理解を深めていくことで洪水や土砂崩れ等の災害発生との関連についても明らかとなり、これらの予測・防災に役立つことが期待されます。

専門用語

間隙圧:土層を作る土粒子の間の隙間に存在する流体(水と空気)の圧力。

間隙水圧:土層中の隙間に存在する水の圧力。

間隙空気圧:土層中の隙間に存在する空気の圧力。

研究資金

- ・科研費(JP24K04410)「3次元シミュレーションによる山地斜面内の間隙空気圧挙動把握」
- ・科研費(JP20K19963)「山地斜面内の間隙空気の測定手法と降雨流出過程に及ぼす影響」
- ・環境省地球環境保全等試験研究費(地球一括計上)「気候変動への適応に向けた森林の水循環機能の高度発揮のための観測網・予測手法の構築」
- ・農林水産省委託プロジェクト研究「山地災害リスクを低減する技術の開発」16781381

参考文献・サイト

Iwagami, S., Noguchi, S., Shimizu, T., Kubota, T. and Iida, S. (2024) Field measurement of entrapped pore-air pressure and the effect of rising groundwater level in the soil layer. *Hydrological Processes*. 38(7), e15235. DOI: 10.1002/hyp.15235

岩上翔(2020) 研究の森から「森の地下水の流れをつかまえる」. 季刊森林総研, 51, 16-17.



写真1 間隙空気圧測定現場(常陸太田試験地 HA 流域)の様子

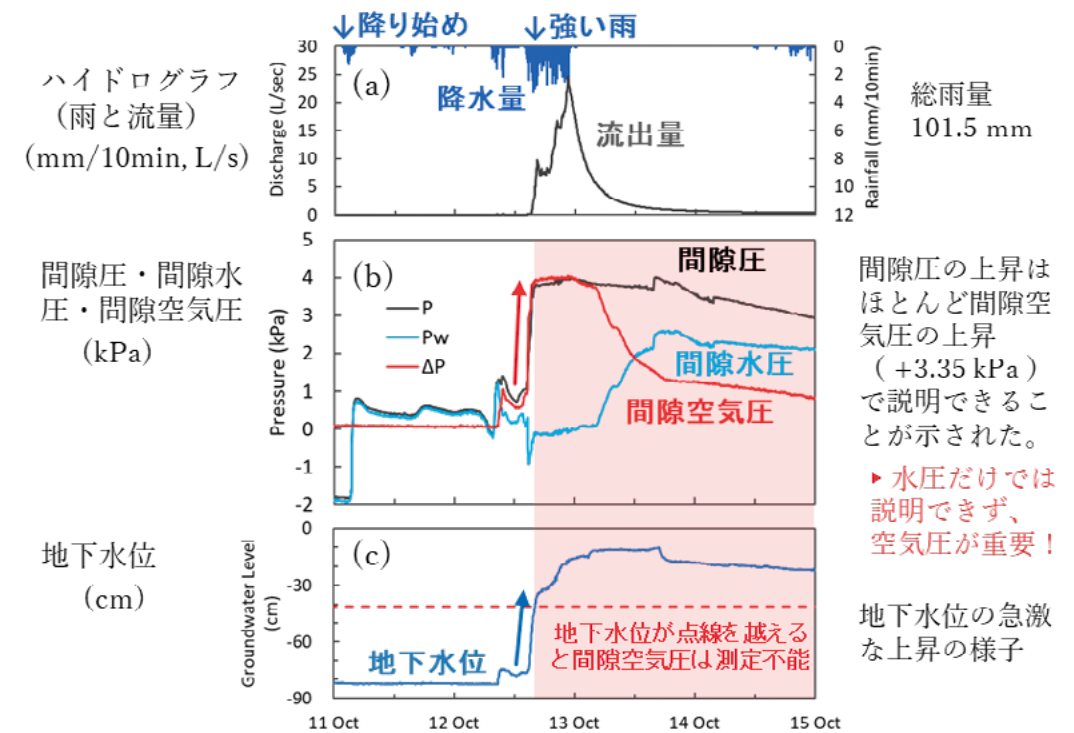


図1 2019年10月の台風の大降雨時における (a) ハイドログラフ、(b) 土層内の間隙圧と間隙水圧・間隙空気圧、(c) 地下水位の時系列変化(いずれも常陸太田試験地 HA 流域)

雨の降り始めには間隙水圧の応答によって間隙圧の応答が起きていますが、強い雨が降り出したタイミングで地下水位が大きく上昇し、これと連動して間隙空気圧の上昇によって間隙圧の上昇が起きていることが分かり、間隙空気圧を考慮する重要性が示されました。(Iwagami et al. 2024, Fig. 8を改変)

流木被害軽減のための流木捕捉計画立案の支援技術の開発

森林防災研究領域:鈴木 拓郎、経隆 悠
北海道大学:厚井 高志

企画部国際戦略科:浅野 志穂

流 木災害被害を軽減するために、土石流と共に流下する流木の渓流内の堆積量と治山ダム*による捕捉量を数値シミュレーションで予測し、効果的な流木捕捉計画を立案するための支援技術を開発しました。

■ 渓流内に堆積する流木量を予測する

斜面崩壊等によって発生した流木が土石流と共に流下する際に、川がカーブする箇所や川幅が急に変化する箇所、既存の治山ダムなどにおいて一部の流木が堆積しながら下流に流下します。効果的な流木対策を行うためには、渓流内の流木堆積量を高精度に算出し、下流に流出する流木量、すなわち治山ダムで捕捉すべき流木量を正確に予測することが重要です。そこで、流木の停止条件を物理的に定式化して数値シミュレーションに導入し、渓流地形や治山ダムによる流木の堆積・捕捉量を予測する流木捕捉量予測ツール(以下、予測ツール)を開発しました。予測ツールの検証のため、斜面崩壊が多発した2018年9月の北海道胆振東部地震災害における厚真川水系ハビウ川の流木堆積事例の再現計算を行ったところ、北海道大学の現地調査による実際の流木堆積分布を高精度に再現することができました(図1)。また、この計算方法は治山ダムによる流木捕捉効果も高精度に推定可能となっています。

■ 予測ツールを用いた流木捕捉計画支援技術

実際に流木捕捉計画を立案するには、まず捕捉対象となる流木量、つまり流木量の算定基準点*にまで流出する流木量(以下、流出流木量)を事前に見積もる必要があります。発生流木量に対する流出流木量の割合を流出流木率といい、治山ダムの計画の際には既往災害事例の上限値の80~90%の値が一般的に用いられています。予測ツールを用いると、渓流内に堆積する流木量と既設の治山ダムによる捕捉量を予測し流出流木量を推定することができます。その流出流木量を捕捉するための新たな治山ダムを計画する場合、新たな治山ダムによる流木捕捉可能性を予測する必要があります。従来は治山ダムが土砂や流木を捕捉するための空間の容積に一定の流木

捕捉率を乗じて算出していますが、予測ツールを用いれば、治山ダムの計画地点の地形的特徴などに応じた流木捕捉量を予測することができます。さらに、様々な条件を変えて比較することで、不透過型、透過型といった治山ダムの種類や最適な位置を選定できます。このように、既存施設と計画施設のそれぞれによる流木捕捉量の想定・予測という重要な場面で予測ツールを活用することにより、効果的な流木捕捉計画の立案を支援することが可能になります(図2)。

■ 技術の普及にむけて

予測ツールは試行的に一部の自治体、大学、民間会社に配布しており、得られたフィードバックをもとに今後の展開方法を検討する予定です。

専門用語

治山ダム:土砂流出などによる山地荒廃を防ぐため、森林法に基づき設置されるダム。「不透過型」は土砂を常にせき止めますが、通水部に隙間を設けた「透過型」は平常時に土砂を徐々に流し、洪水時に土砂や流木を捕捉します。

流木量の算定基準点:林野庁の土石流・流木対策指針における流木量を算定するための基準地点です。流域の最下流の既存施設、今後設置するであろう施設の適地、渓流の最下流部付近のいずれかとなります。

研究資金

・農林水産省委託プロジェクト研究「流木災害防止・被害軽減技術の開発」19191196

参考文献・サイト

鈴木拓郎・経隆悠 (2025) 流木の停止条件式を用いた数値シミュレーション手法の開発, 関東森林研究, 76, 109-112.

Koi, T., Hotta, N., Tanaka, Y. and Katsura, S. (2022) Generation and Subsequent Transport of Landslide-driven Large Woody Debris Induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake. Front. Earth Sci. 9:769061. DOI: 10.3389/feart.2021.769061

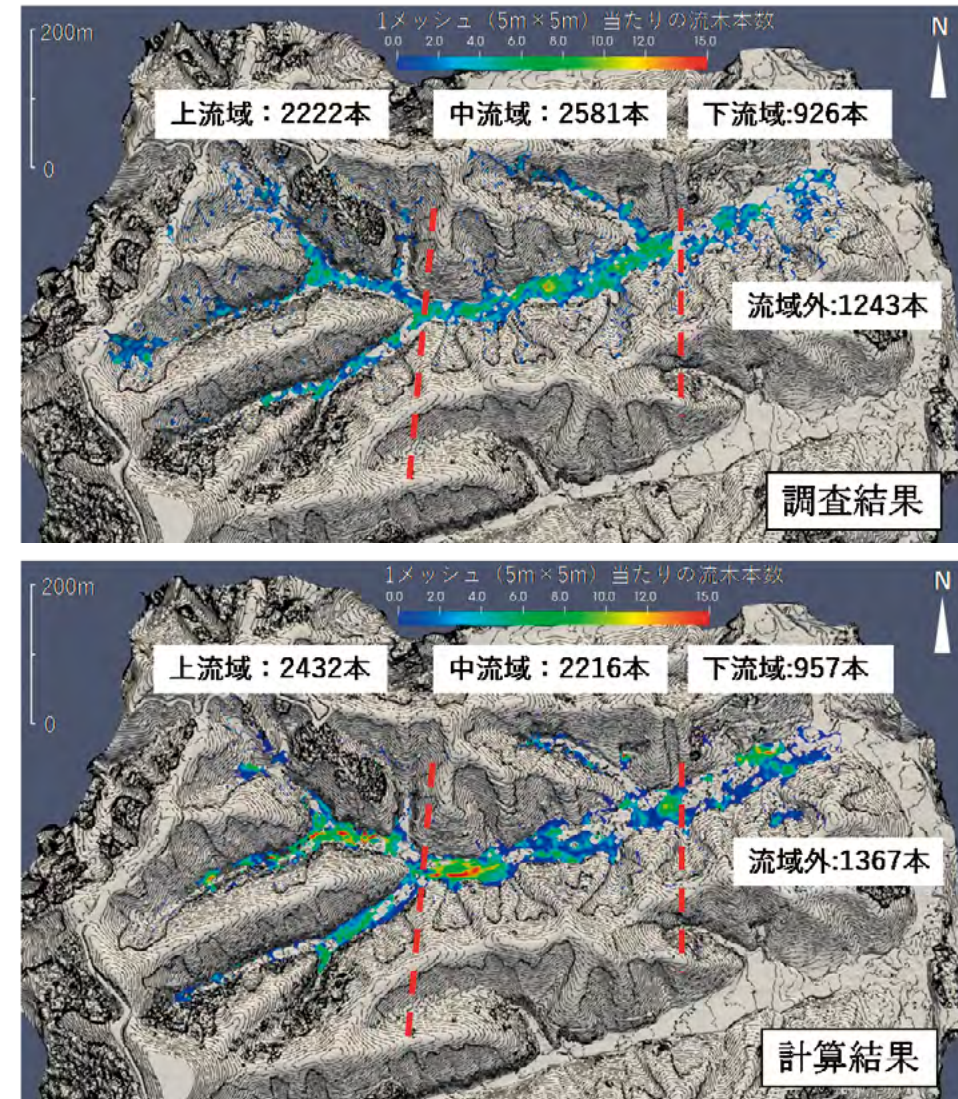


図1 厚真川水系ハビウ川の流木の堆積状況(上)と予測ツールの計算結果(下)
北海道胆振東部地震において発生した斜面崩壊が流動化し、河道内に流木が堆積しました。Koi et al. (2022) による流木堆積分布の調査結果に対して、予測ツールは高精度に再現可能であることが分かりました。

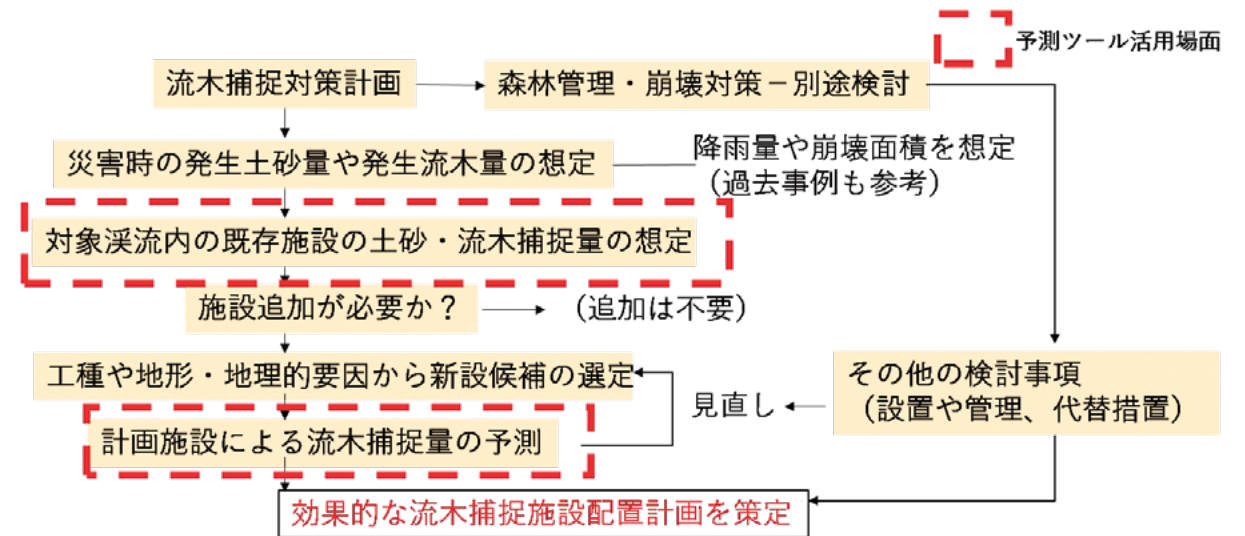


図2 流木捕捉計画立案の流れ

予測ツールは2つの場面で効果的な流木捕捉計画の立案を支援します。

全面機械地拵えでトドマツの下刈り回数を大幅に削減

植物生態研究領域：原山 尚徳

北海道支所：菅井 徹人、津山 幾太郎、北尾 光俊

トドマツの造林地で大型機械による全面地拵え*を行った結果、ササの再生が抑制され、下刈り1回でも苗木は良好に育ちました。従来の筋状施業に比べ、地拵え+下刈りの費用を最大40%削減できることが分かりました。

トドマツ再造林の新技术 - 機械全面地拵え -

北海道で広く植えられるトドマツは成長が遅いため、手入れが必要な面積を減らす目的で「筋状施業」が行われています。筋状施業では施業筋だけに地拵え・植栽を行い、無施業筋には手を加えないため(写真1A)造林費用が安く済みます。しかし、無施業筋から施業筋にササが侵入し7年間の下刈りが必要となるため、さらなる低コスト化を妨げています。

そこで、大型機械による「クラッシャ地拵え*」(写真1B)や「バケット地拵え*」(写真1C)を造林地の全面に適用することで、ササの再生を抑えて下刈り回数を減らせるか試験しました。植栽後4年間は下刈りをせずに放置しましたが、ササの再生は抑えられ、代わりに落葉性の植生が繁茂しました(写真1D)。

下刈りを減らしてコスト削減！苗木成長は順調！

植栽後8年間で下刈りは5年目に1回のみ実施しましたが、トドマツは順調に成長し、雑草木が最も繁茂した4年目も下刈りした年と同程度の成長速度を示しました(図1A, B)。これは、競争相手がササから落葉性植物に変わり、耐陰性の高いトドマツがその下でも成長できることや(図1C)、常緑のトドマツは落葉性の植物が葉を落とす初春や晩秋にも光を受け光合成できることが要因と考えられます。

施業費を比較すると、地拵えと1回あたりの下刈り費用は筋状施業の方が安価ですが、全面機械地拵えは下刈り回数を大幅に減らせるため、地拵え+下刈りの費用は最大40%削減できると見込まれました。このことから、全面機械地拵えがトドマツ再造林のコスト削減に有効であることが分かりました。

機械の通り道が苗木に影響？

試験地で主伐時にフォワーダが通った集材路では、雑草木が少ないにもかかわらず(図2D)、苗木の生存率(図2A)や樹高(図2B)が低下しました。これは、降

雨後の約20°の傾斜地で、大型機械が湿った土壌を繰り返し踏み固めたためと考えられます。このため、植栽場所で機械走行する際は、天候や地形、走行回数を考慮し、過度な踏み固めを避けることが重要です。一方、別の平坦な苗畑での踏み固め試験では、機械走行による悪影響はなく(図3A)、雑草木が抑制され(図3C)、根元径の成長が促進されました(図3B)。このことから、適切な機械走行により雑草木の抑制と苗木の成長が両立できる可能性が示されました。

専門用語

地拵え：植栽の邪魔になる枝条や雑草木を除去し、整理する作業です。

クラッシャ地拵え：主伐時に発生する枝条や雑草木を、重機に取り付けたアタッチメントで破碎する地拵え方法。破碎物が林地を覆うことで、地拵え後に雑草木の繁茂が抑制されます。

バケット地拵え：主伐時に発生する枝条を表層土壌とともに、重機に取り付けたバケットで植栽地外へと押しやる地拵え方法。ササや雑草木が根茎から取り除かれるため、地拵え後の繁茂が抑制されます。

研究資金

・農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ)「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発」25093C

・農林水産省委託プロジェクト研究「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」18064868

・所内委託プロジェクト「気象害の発生プロセス解明に基づく気象害リスク評価手法の高度化」

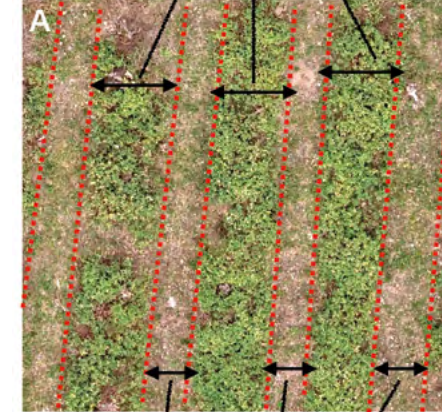
参考文献・サイト

Harayama, H. et al. (2024) Eight-year survival and growth of Sakhalin fir (*Abies sachalinensis*) seedlings with one weeding operation: Impact of mechanical site preparation, vegetation release, summer planting, stock type, and forwarder trail. *Forests* 15:1012. DOI: 10.3390/f15061012

Sugai, T. et al. (2024) Effects of soil compaction and vegetation weeding on the above-, and belowground growth of boreal evergreen conifer seedlings. *New Forests* 55:1801–1823. DOI: 10.1007/s11056-024-10058-6

【従来の筋状トドマツ施業】

無施業筋(幅4m)：ササが繁茂



施業筋(幅3m)にトドマツ苗を2条植栽

【本研究の全面機械地拵え施業】

全面機械地拵え→ササ排除

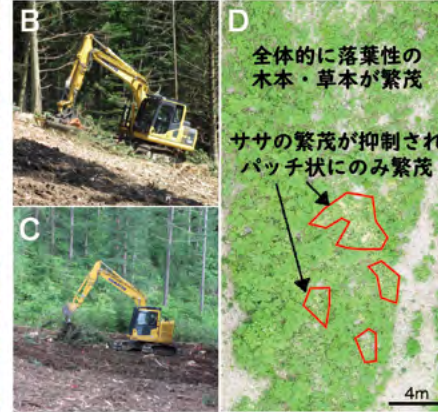


写真1 トドマツ再造林における従来型の筋状施業(A)と本研究の全面機械地拵え施業(B～D)

A: 従来型筋状トドマツ施業、B: クラッシャ地拵え、C: バケット地拵え、D: 全面機械地拵えから3年後の空撮写真。Harayama et al. (2024) を改変。

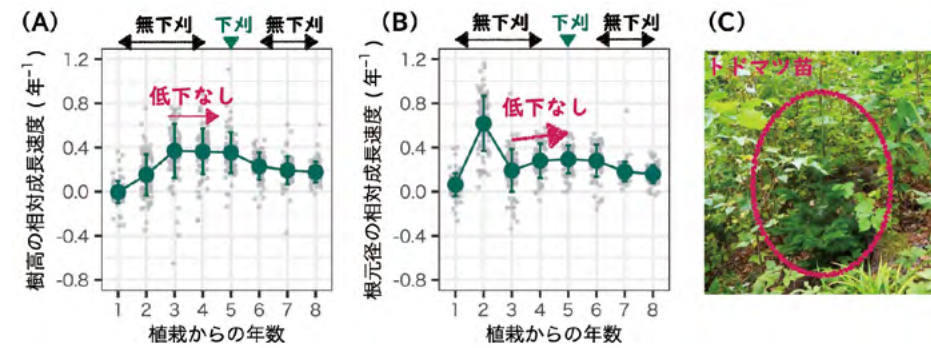


図1 樹高(A)と根元径(B)の相対成長速度の経年変化と落葉植生下のトドマツの様子(C) 緑色は平均値(エラーバーは標準偏差)、灰色は各測定値を示す。Harayama et al. (2024) を基に作図。

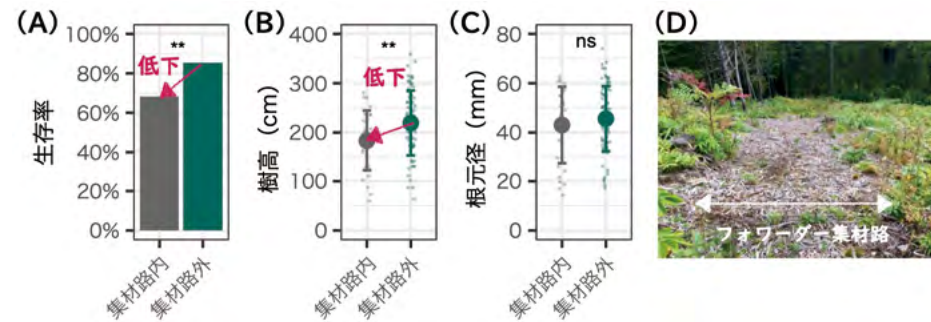


図2 植栽8年後の生存率(A)、樹高(B)、根元径(C)と作業3年後の集材路の様子(D) エラーバーは標準偏差(**: p < 0.01、ns: p ≥ 0.05)、小点は各測定値。Harayama et al. (2024) を基に作図。

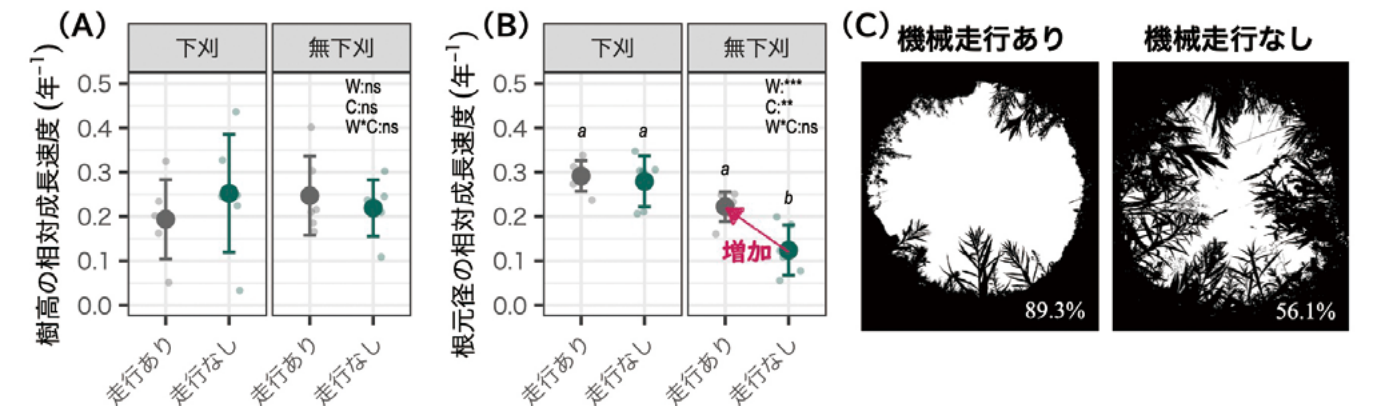


図3 苗畑での機械走行・下刈り試験におけるトドマツ苗の樹高(A)と根元径(B)の相対成長速度、および無下刈り区の雑草木の繁茂状況(C)

エラーバーは標準偏差(各n = 6)、小点は各測定値、右上の文字は分散分析の結果(W: 下刈り, C: 走行, W*C: 交互作用, **: p < 0.01, ***: p < 0.001, ns: p ≥ 0.05)、図中の異なるアルファベットは4処理間で有意差があることを示す(p < 0.05)。(C)の数値は下刈り区の開空度を100とした相対開空度。Sugai et al. (2024) を基に作図。

ロボット技術を活用して荷台への丸太積載を 無人で行うことに成功

林業工学研究領域：伊藤 崇之、有水 賢吾、中込 広幸、猪俣 雄太
(株)モリトウ：鬼武 正行

レーザー計測技術や人工知能(AI)による画像処理技術、ロボット制御技術を統合し、丸太を荷台に自動で積載する制御システムを開発しました。本技術は木材生産作業の省力化や安全性向上に貢献します。

■ 自動制御可能な機体の作製

丸太をつかんで移動させるための機械であるグラップルローダに対し、電子制御が可能のように、機械の各関節に角度センサを取り付けるとともに、関節を駆動する油圧シリンダや油圧モータを電気信号で制御するための電磁比例弁を取り付けました。また、丸太を自動でつかむためには丸太の場所を探す必要がありますので、カメラ画像から深層学習*を用いて丸太を検出する技術(図1)と、グラップルに取り付けた2DLiDAR*でグラップル直下の丸太位置やグラップル爪先の挿入位置を検出する技術(図2)を開発し、機体に取り付けました。さらに、丸太を積載する場所についても自動で探す必要がありますので、丸太を運搬する機械であるフォワーダの位置について3DLiDARを用いて自動的に検出するとともに、フォワーダ荷台に積載された丸太を計測して最適な積載位置を計算するシステム(図1)を開発し、同様に機体に取り付けました。

■ 制御プログラムの作成とシミュレーション

グラップルローダの制御については、オープンソース*のロボット制御ソフトウェアであるROS(Robot Operating System)を使用し、2DLiDARから抽出した丸太の外周を爪先でなぞるように制御して丸太をつかむプログラムを作成しました。また、同じくROSを用いてシミュレータを構築し、シミュレータ上で動作する仮想グラップルローダを作成して制御プログラムを適用することでプログラムの動作確認を行い、想定どおり動作することを確認した上で実際の機械に適用しました。

■ 現場での検証

開発した機械で丸太の自動積載が可能であること

を確認するために、群馬県内の森林で実際に丸太の積載作業を実施しました(図3)。その結果、丸太の自動検出から丸太をつかんで積載するまでの一連の動作を自動で行うことができることを確認しました。ただし、動作は人が操作する場合に比べ遅く、丸太をつかむ部分でうまくいかずに失敗することもありました。今後は成功率と動作速度の向上を目指し、引き続き研究を続けていきます。

専門用語

深層学習：人間の脳の仕組みを模して学習を行う人工知能の一種です。

LiDAR(Light Detection And Ranging)：レーザーによる反射光を計測して離れた対象物までの距離を測る技術。レーザーを線状に連続照射して計測すると2DLiDAR、面状に照射すると3DLiDARとなり、それぞれ物体の2次元形状または3次元形状を把握することができます。

オープンソース：無償で公開され、利用や改変、再配布等が自由に行えるプログラムです。

研究資金

・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)「丸太運搬作業の完全自動化に向けた荷役作業自動化技術の開発と自律走行技術の高度化」(課題番号：04009B1)

参考文献・サイト

Usui, K. (2024) Estimation of log-gripping position using instance segmentation for autonomous log loading. International Journal of Forest Engineering, 35 (2), 251–269. DOI: 10.1080/14942119.2024.2336856

伊藤崇之 (2025) フォワーダ荷台位置および丸太積載位置自動検出手法の開発. 森林利用学会誌, 40 (1), 5–14.

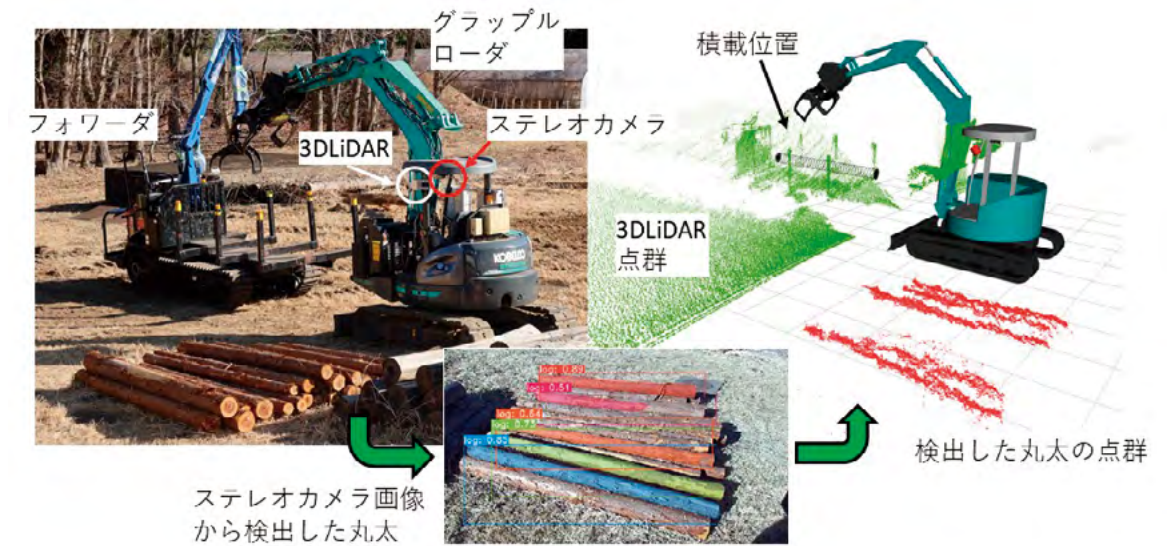


図1 丸太位置およびフォワーダ位置・丸太積載位置の自動検出



図2 グラップル直下にある丸太の検出

右図の赤い点群が2DLiDARの計測点群、青の点群が円として検出した丸太断面



図3 自動運転の様子

東京23区の住民で過去1年間に森林を訪れたのは3人に1人 ー森林空間利用を促すにはー

森林管理研究領域:小田 龍聖、高山 範理、宮本 麻子、大塚 啓太、神宮 翔真
関西支所:八巻 一成 多摩森林科学園:平野 悠一郎、井上 真理子
東北支所:松浦 俊也 四国支所:齋藤 和彦

東 京23区の住民アンケートから、過去1年間に森林を訪れたのは3人に1人にとどまり、森林への訪問を促すには、アクセスの改善、身近な自然とのふれあい、魅力的なプログラムの提案が重要であることが示されました。

■ 森林空間利用促進の要として都市住民に注目

日本では三大都市圏に人口の過半数が居住する一方で、山村地域では過疎・高齢化が進行しています。山村地域が衰退し森林を管理する担い手が減ると、森林の多面的機能にも悪影響が懸念されます。したがって、森林の美しい景観や山村の豊かな文化等を活用した森林空間利用を通して、都市住民の森林体験を促進し、山村地域を活性化することが重要です。そのためには、まず都市住民が森林をどのように捉えているかを知る必要があります。そこで本研究では、東京23区の住民5,000人を対象としたウェブアンケートを実施し、森林への関心や訪問に影響を与える要因を調べました。

■ 森林無関心層、無訪問層はどれだけいたか

調査の結果、回答者の48.1%が森林に無関心であり、64.4%が過去1年間で1度も森林を訪問していないことが分かりました(図1左)。森林を訪問しなかった人の割合は、全国を対象とした過去の世論調査などと比べてもさらに高い値で、都心部では森林との関係がさらに希薄になっていることが明らかとなりました。一方で、森林に関心があるにもかかわらず訪問していない層が全体の24.4%を占めていました。そこで、訪問しなかった理由を整理したところ、「経済的・時間的な余裕が無い」、「一緒に訪問する人がいない」、「魅力的なプログラムがない」等が主な理由でした(図1右)。余暇やレジャーではない場面、例えば企業研修での森林空間利用等を促進することが、森林への訪問に結びつくかもしれません。

■ 森林への訪問に結びつく要因

約50項目からなるアンケート結果について統計的

な解析を行い、森林への関心や訪問に影響を与える要因を分析しました(図2)。分析の結果、森林への訪問頻度に最も影響を与える要因は「非育児世帯が自動車を持たないこと」「ウォーキング習慣」「旅行経験」の3点であることなどが判明しました。これらの知見から、森林への訪問を促進するためには、自家用車に頼らないアクセスの改善、身近な自然とのふれあい、自然を活用した魅力的なプログラムの提案が重要であることが示されました。

研究資金

・本研究所の交付金プロジェクト1「無関心層を取り込んだ森林空間利用促進のためのアウトリーチ手法の提案」

参考文献・サイト

内閣府 (2024) 森林と生活に関する世論調査(令和5年10月調査). <https://survey.gov-online.go.jp/r05/r05-sinrin/>
Oda, K., Yamaki, K., Miyamoto, A., Otsuka, K., Jingu, S., Hirano, Y., Inoue, M., Matsuura, T., Saito, K. and Takayama, N. (2025) Unveiling Key Factors Shaping Forest Interest and Visits: Toward Effective Strategies for Sustainable Forest Use. *Forests*, 16 (5), 714. DOI: 10.3390/f16050714

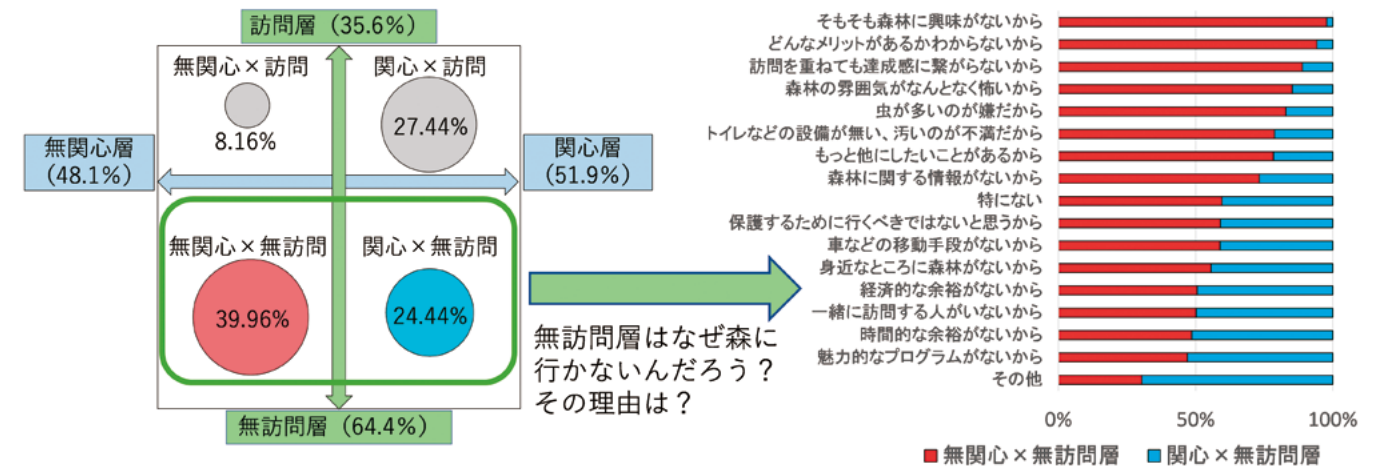


図1 都市住民における森林無関心層、無訪問層の割合および森林を訪問しなかった理由

東京23区の住民(5,000人)に占める森林への無関心層/関心層の割合(横軸)と無訪問層/訪問層の割合(縦軸)を整理しました(左)。全体の64.4%が直近の1年間で1度も森林を訪問していない無訪問層となりましたが、全体の24.4%が関心はあるのに訪問していない層でした。そこで、森林を訪問しなかった理由について整理したところ(右)、関心層と無関心層で理由に違いがあることが見えてきました。

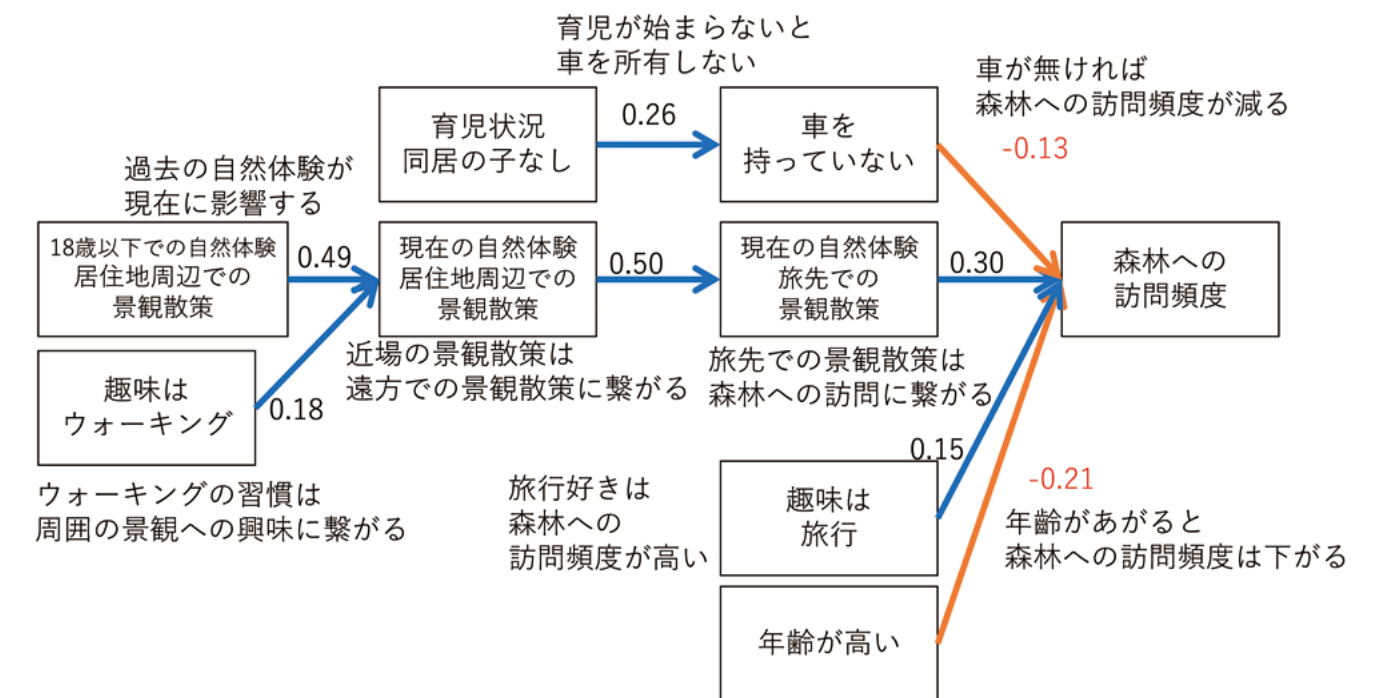


図2 森林への訪問に結びつく要因と因果関係

図のボックスの中は影響する変数名、矢印は原因→結果の方向、数字の絶対値は因果関係の強さを示します。数字は-1から1の範囲で、0に近ければほとんど影響を与えず、1に近ければ強い正の影響を与え、-1に近ければ強い負の影響を与えることを意味します。過去の自然体験やウォーキングの習慣が訪問に結びつくことや、子どものいない世帯はあまり車を持たず訪問が阻害されることなどが、統計的に整理されました。

民有林林道の厳しい維持管理実態とそれを克服するための方策

九州支所: 笹田 敬太郎 林業経営・政策研究領域: 鹿又 秀聡、横田 康裕、御田 成顕
 林業工学研究領域: 宗岡 寛子 東北支所: 久保山 裕史
 多摩森林科学園: 平野 悠一郎 林野庁: 都築 伸行

市 町村が民有林林道*を維持管理する上で、予算の確保、路線の見回り、住民の高齢化が課題であり、維持管理の効率化には路線データのデジタル化や地理情報システム(GIS)*との連携が必要であることが分かりました。

■ 民有林林道の役割と所管

民有林林道は、林業生産や森林整備を行う際の基幹道、山村住民の生活道、災害時の迂回路、レクリエーション利用のフィールドといった、多様かつ重要な役割を持っています。民有林林道の距離延長は現在約9万3,000 kmに達しており、その約9割は市町村が維持管理を行うこととされています。しかし、市町村の林道担当者の数は限られ、平均すると1人当たり169 kmもの林道管理を担当しなければならないことになります。山地に分散的に伸びる林道を、市町村職員が十分な頻度で見回することは難しいのが現状です。そのため、写真1のように沿線集落の住民や森林組合、建設業者などによって除草や見回りがなされてきました。

■ 市町村担当者が維持管理に対して感じている課題

図1に示すとおり、民有林林道の維持管理にはさまざまな課題が生じており、管理不足によって林道が果たす機能の発揮が困難となり、災害時に被害が拡大する恐れもあります。

民有林林道1 km以上を所管する市町村(1,246市町村)の担当者を対象に、林道の維持管理における課題についてアンケートを実施した結果、図2のように予算の確保と答えた割合が最も高く、見回りの難しさ、路線データの整理更新、沿線住民の高齢化の順になっていました。山村*(山村振興法における「全部山村」)、合併市町村(「一部山村」を含む市町村)、都市近郊市町村に分けてみると、合併市町村において、見回りの難しさ、管理を委託していた沿線住民の高齢化がより強く課題として感じられているとともに、補修維持管理予算の確保は共通の課題となっていることが分かりました。限られた予算と人員の中で、効率的・効果的な維持管理が求められていると

いえます。

■ 効率的な維持管理に向けて

沿線住民による維持管理作業が困難になった路線の中には、森林組合や建設業者による代替、ボランティアやトレイルランナー・マウンテンバイカーが維持作業に携わるケースもみられ、今後の方向性の1つとして注目されます。

また、効率的な維持管理を行うには、費用や便益の見える化や路線間での優先順位づけが有用ですが、費用や便益の見える化に必要な路線データの整備は不十分な現状にあります。そのため、森林環境税を活用した路線情報のデジタル化やGISとの連携体制を構築することが喫緊の課題といえます。

専門用語

民有林林道: 林道のうち、地方公共団体(都道府県や市町村)や森林組合等が民有林内に開設した林道のこと。民有林の所有者は、個人や企業のほか地方公共団体も含まれます。

地理情報システム(GIS): 電子地図上に情報を重ね、編集・検索・分析・管理などを行えるシステムのことで。

山村・全部山村・一部山村: 山村振興法では、1950年2月1日時点で林野率75%以上かつ人口密度1.16人/ha未満の旧市町村を「振興山村」と指定しています。現在の市町村の範囲のすべてが振興山村である市町村を「全部山村」、市町村の一部が「振興山村」である市町村を「一部山村」としています。

研究資金

・本研究所の交付金プロジェクト「EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装」

・本研究所の交付金プロジェクト「市町村森林行政に要する情報・知識の可視化と実行体制モデルの提示」

・内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)「防災上管理優先度の高い路網判定技術の開発」



写真1 沿線住民による林道の除草作業

林道沿線集落の住民によって維持管理作業がなされる路線も少なくない。しかし、携わる住民の高齢化が課題となっている。(山形県鶴岡市の板垣氏提供)

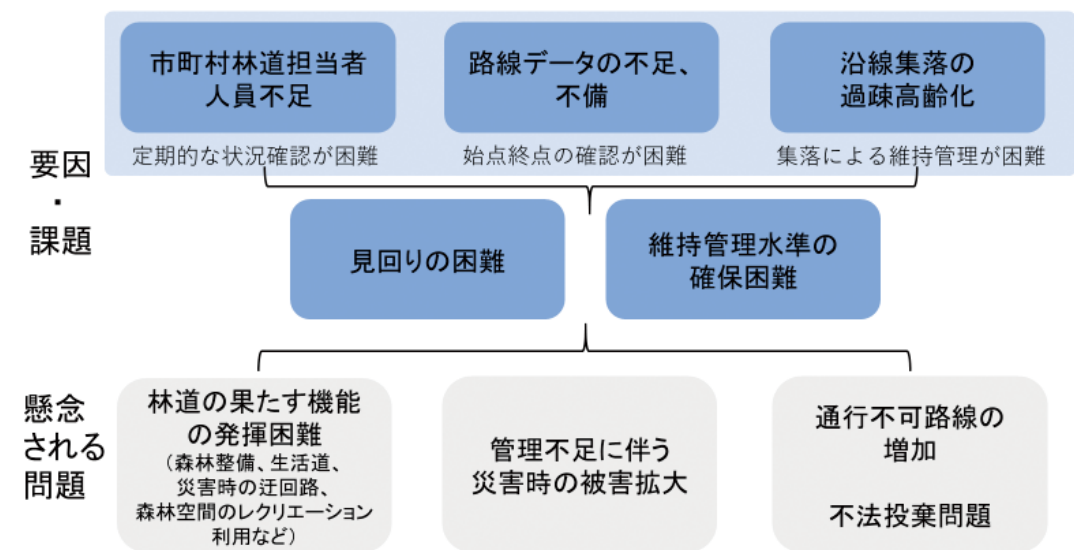


図1 民有林林道の維持管理における課題と懸念される問題

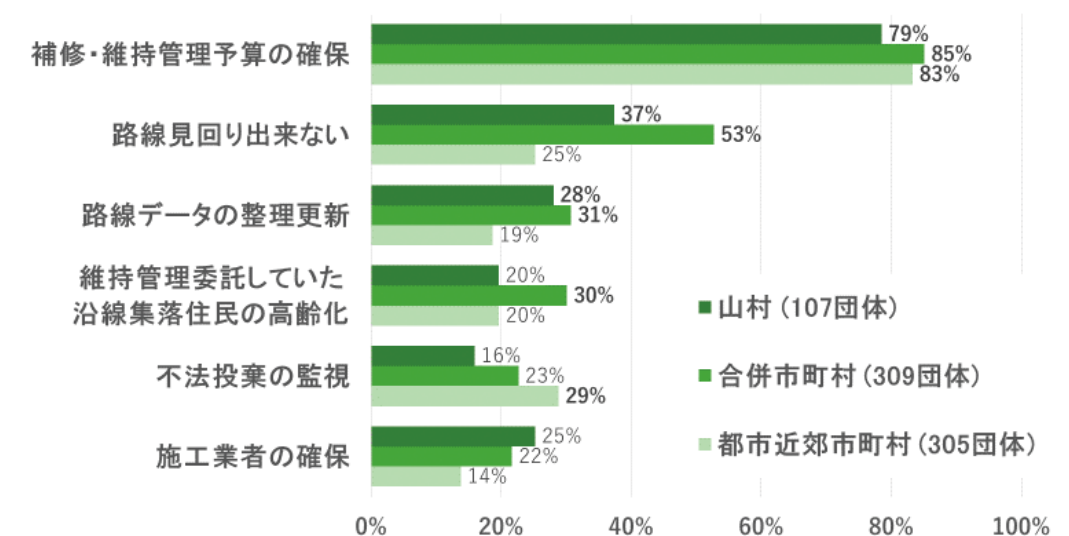


図2 市町村の林道担当職員が感じている課題(複数回答)

2022年実施アンケート調査結果より

人の生活圏で発生するナラ枯れを市民活動で防除

企画部：北島 博、松本 剛史 森林昆虫研究領域：衣浦 晴生、矢口 甫
 生物多様性・気候変動研究拠点：滝 久智
 埼玉県寄居林業事務所：宮崎 達也、森田 厚、松山 元昭
 茨城県林業技術センター：宇津木 景子、前川 直人 大日本除虫菊(株)中央研究所：猪口 佳浩

公 園や緑地など、人の生活圏で発生するナラ枯れ*の防除に取り組む市民活動を支援するため、市民が実行可能な防除技術を開発するとともに、埼玉と茨城のモデル地域で防除活動を実践し、今後の課題を抽出しました。

■市販ノズル型殺虫剤による樹幹内のカシノナガキクイムシの駆除

市民にも入手や使用方法が容易な市販ノズル型殺虫剤を用いることで、枯れていない立木(生立木)の樹幹内のカシノナガキクイムシを駆除できることを明らかにして(図1)、この殺虫剤の適用をカシノナガキクイムシにも拡大しました。

■分割した被害丸太*の林床放置によるカシノナガキクイムシの駆除

切った被害丸太を薪状に分割して林床に放置するだけで、95%以上のカシノナガキクイムシを駆除できることが分かりました(図2)。これにより、材を持ち出して乾燥するという手間を省くことができます。

■被害木の短木玉切り*によるカシノナガキクイムシの駆除

被害丸太をなるべく短い丸太に切って林床に放置するだけでも、カシノナガキクイムシを駆除できることが分かりました(図3)。作業場所や労力によっては、駆除方法の選択肢の一つとなります。

■モデル地域における防除活動の実践と課題の抽出

埼玉県では、公益財団法人さいたま緑のトラスト協会が中心となって、森林総合研究所や埼玉県寄居林業事務所が技術指導を行いながら、ボランティアを主体としたナラ枯れ防除活動を行いました。作業後の参加者を対象にアンケート調査を行ったところ、ボランティア中心の活動においても専門家による技術指導が必要であるという意見が多数を占めました。茨城県では、茨城県林業技術センター、森林総合研究所、および一般社団法人いばらき樹木医会が協働

し、樹木医を技術指導者として、水戸市森林公園と阿見町小池城址公園において市民によるナラ枯れ防除活動を行いました。水戸市森林公園では、水戸市の提案により被害丸太を用いた市民を対象とした薪づくり体験を実施しました。こうした活動はナラ枯れの防除だけでなく、広葉樹の伐採・利用による森林の更新を普及啓発するモデルになります。水戸市および阿見町のいずれの参加者にも、樹木医による技術指導によりナラ枯れへの理解が深まったことが確認され、自治体、市民活動、樹木医という新たな連携による森林管理のモデルになると期待されます。

専門用語

ナラ枯れ：病原菌をもったカシノナガキクイムシが、樹木の幹に穿入して繁殖することで枯死が発生する、樹木の病気です。一般に、多くのカシノナガキクイムシが加害することによって樹木が枯死するため、カシノナガキクイムシの数を減らすことがナラ枯れ防除には有効です。

被害丸太の分割や短木玉切りの駆除効果：被害丸太を薪やチップにしてカシノナガキクイムシを駆除する方法はこれまでも開発されていましたが、運搬や乾燥に労力が必要でした。今回の研究では、分割や短木玉切りして林床に放置しても、材の乾燥やカシノナガキクイムシが材内に掘った穴が露出することなどにより、駆除できることが分かりました。

研究資金

・本研究の交付金プロジェクト「関東地方のナラ枯れに対応した防除技術の開発(課題番号202109)」
 ・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)「With/Post ナラ枯れ時代の広葉樹林管理戦略の構築」(課題番号：04021C2)

参考文献・サイト

森林総合研究所(2025) With/Post ナラ枯れ時代の広葉樹林管理戦略。https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/5th-chuukiseika31.html

森林総合研究所編(2025) 森林産業実用化カタログ2025。https://www.ffpri.affrc.go.jp/sangakukan/catalog/documents/catalog2025.pdf

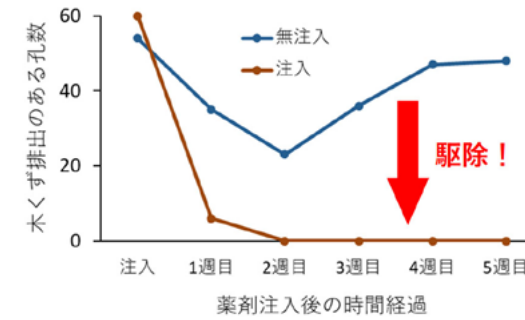


図1 市販ノズル型殺虫剤(園芸用キンチョールE®)の注入による生立木樹幹内のカシノナガキクイムシの駆除効果

カシノナガキクイムシ穿入後早期に穿入孔に殺虫剤を注入することで、穿入孔から排出される木くずがとまり、カシノナガキクイムシが駆除できたことが確認できました。

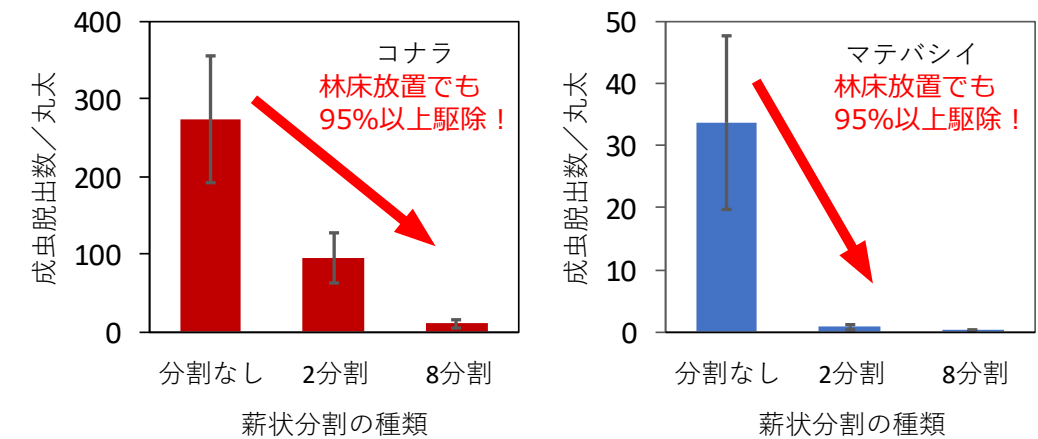


図2 被害丸太を分割して林床放置した時のカシノナガキクイムシの駆除効果

被害丸太を長さ30 cmに切ってから2または8分割して林床に放置したところ、コナラでは8分割、マテバシイでは2分割すれば成虫脱出数が95%減少しました。

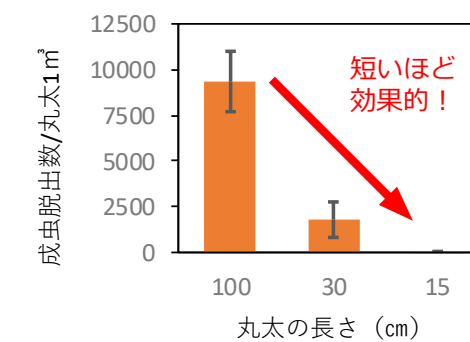


図3 被害丸太を短く切って林床放置した時のカシノナガキクイムシの駆除効果

被害丸太を15~100 cmに切って林床に放置したところ、短く切るほど成虫脱出数を減らせることが分かりました。

植栽試験地での国産白トリュフの交配様式と由来を明らかにしました

九州支所:中村 慎崇、木下 晃彦、北出 雄生
立地環境研究領域:古澤 仁美、野口 亨太郎
きのこ・森林微生物研究領域:小河 澄香

北海道支所:小長谷 啓介
森林資源化学研究領域:山口 宗義
東北支所:山中 高史

植 栽試験地で発生した国産白トリュフの遺伝子解析を行い、子実体発生には異なる交配型遺伝子をもつ2株の交配が必要なこと、子実体の「両親」はいずれも接種に用いた菌体由来であることが分かりました。

これまでの取り組み

セイヨウショウロ属菌は樹木と共生する菌根菌で、その子実体(きのこ)はトリュフと呼ばれます。国内に自生するセイヨウショウロ属菌の一種に国産白トリュフ(正式和名はホンセイヨウショウロ、以下本菌;図1)があります。本菌の栽培化を目的として、本菌を接種した苗木を国内4か所の試験地に植栽したところ、植栽から約3年半後または約5年後にあたる2022年の秋にはそのうち2か所で本菌の子実体が発生し、その後も継続して子実体発生が観察されています。今後別の植栽地で子実体発生を再現するには、発生に成功した植栽試験地で何が起こっていたか知る必要があります。そこで、発生した子実体を遺伝マーカー*で解析し、どのような交配を経て子実体が発生したかを調べました。

■ ホンセイヨウショウロはヘテロタリックである

菌類の交配を制御する要素に、交配型と呼ばれる動物の性別に似た仕組みがあります。菌類の交配には、遺伝的に同一の菌株間で交配が完結する場合(ホモタリック)と、動物の雌雄と同様に異なる交配型遺伝子をもつ2種類の菌株が必要な場合(ヘテロタリック)があります。通常ホモタリックな種は2種類の交配型遺伝子を様々な形で同一ゲノム中に持つのに対し、森林総合研究所で保管している本菌の菌株を調べたところ、全ての菌株が必ず2種類の交配型遺伝子のいずれかを持つことが分かりました。このことから、本菌はヘテロタリックな交配システムを持つと考えられました。

■ 発生したトリュフは接種した菌体に由来

これまでの研究から、トリュフの形成には、子実体の組織の大部分を作る「母親」*に該当する菌体と、その交配相手であり胞子の形成のみに関与する「父親」*に該当する菌体が関わることが知られています。植栽試験地で発生した子実体の母親と父親を遺伝的に解析したところ、発生した子実体の両親は全

て苗木に接種した2菌体のどちらかに由来しており、元から植栽試験地にいた菌体や外部から混入した菌体から自然に発生したものではなく、接種した菌体から人工的に発生したものであることを確認できました。また、空間的に隣接した子実体間で父親と母親の組み合わせが逆になっている場合がある(図2)ことから、隣接した菌体間で交配が生じていたことが示唆されました。セイヨウショウロ属菌は一旦定着すると10年以上にわたり子実体を発生させることがあり、先行研究も発生から数年以上経過したトリュフ発生地で行われたものがほとんどです。今回の結果は子実体発生の初期における交配様式に関する貴重な知見です。今後も本菌および他の有望なセイヨウショウロ属菌の生殖生態の解明と栽培技術への応用、社会実装に向けて取り組みます。

専門用語

遺伝マーカー:個体間を区別することが可能なDNA塩基配列に基づくマーカー。ここでは数塩基の短い配列の繰り返しでありゲノム中に散在するマイクロサテライトと呼ばれる領域を用いました。

トリュフの「母親」と「父親」:セイヨウショウロ属菌の菌根とそこから伸びる菌糸は単数体(染色体のセットを1つ持つ)であり、単独では子実体形成に至りません。子実体組織の大部分を作る菌体をここでは「母親」としており、これらは近隣の菌根を形成する菌体に由来します。一方、胞子の形成に遺伝的に関与する「父親」の由来の詳細は解明されていません。

研究資金

・農林水産省委託プロジェクト研究「森林資源を最適に利用するための技術開発—高級菌根性きのこ栽培技術の開発」15653601

・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)「国産トリュフの林地栽培に向けての技術体系の構築」(課題番号:04008B1)

参考文献・サイト

Nakamura, N., Kinoshita, A., Nakano, S., Furusawa, H., Obase, K., Yamaguchi, M., Noguchi, K., Kitade, Y. and Yamanaka, T. (2025). Cultivation and mating of the truffle *Tuber japonicum* in plantations of ectomycorrhizal *Quercus serrata* seedlings. *Applied and Environmental Microbiology* e02362-24. DOI: 10.1128/aem.02362-24



図1 植栽地の一つ(京都府植栽地)に2022年に発生したホンセイヨウショウロの子実体

地中に埋もれて発生する場合もあれば、この写真のように地表からよく見える状態で発生する場合があります。

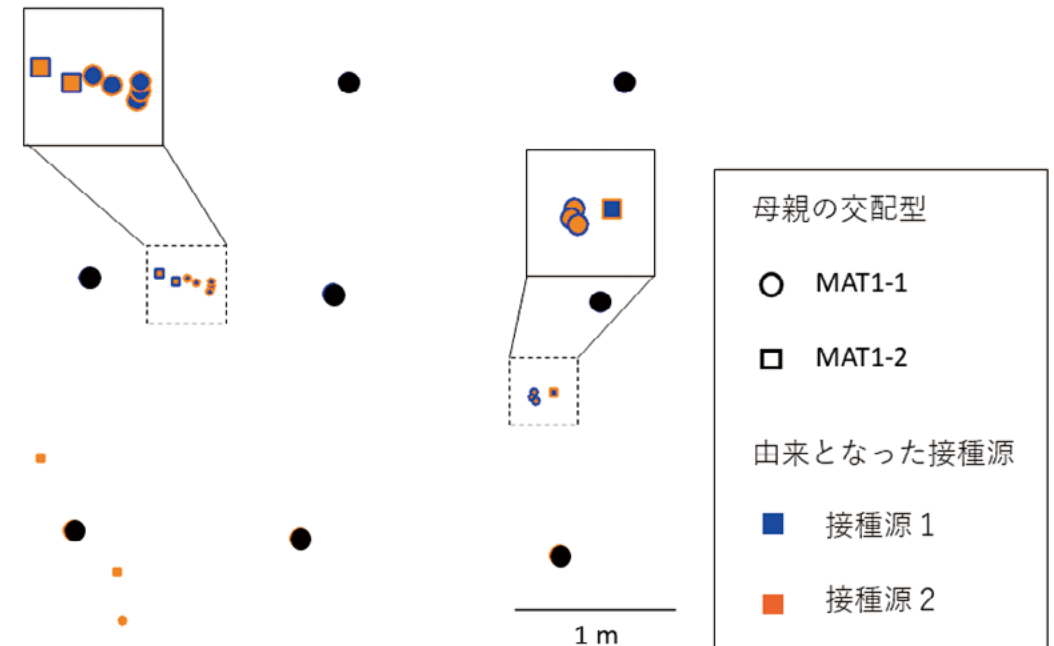


図2 植栽地の一つ(京都府植栽地)におけるホンセイヨウショウロ子実体の発生位置ならびに母親の交配型および両親の遺伝型に基づく由来

発生調査は2022年11月に実施しました。産地の異なる2か所から採取した子実体をすりつぶし接種源としました。黒い丸は苗木植栽位置。青およびオレンジの丸および四角は子実体発生位置。母親の由来を各図形の外側、父親の由来を内側に異なる色で示しました。空間的に隣接した子実体間で両親の由来と交配型の組み合わせが逆になっていた地点を拡大して示しました。(Nakamura et al. 2025, Fig. 4(b)を改変)

はかりを使わず音で木材の質量を知る — 棧積み平角モデルへの応用 —

木材加工・特性研究領域: 久保島 吉貴
構造利用研究領域: 加藤 英雄

職業能力開発総合大学校: 園田 里見

木 材の強度特性の非破壊的測定に必要な質量測定を省略する振動試験方法を先行研究(文献参照)で開発しました。本研究ではこの方法を用いて天然乾燥過程の棧積み*状態のまま平角*の質量を推定することができました。

■ 木材の強度を現場で測るときに何が必要か

木材強度と関係のあるヤング率*は振動試験によって非破壊かつ迅速に測定できますが、算出過程で密度(質量)が不可欠です。写真1の棧積みした木材や木製ガードレール用の横棒(ビーム)などでは、個々の木材を取り出して質量を測定する作業には労力を要します。質量を直接に測定せずに質量を知る方法があればこの作業から解放されます。先行研究(文献参照)において、小試験体を対象として質量測定を省略した振動試験方法(「質量付加振動法」と呼ぶことにします)を開発しました。本研究では、質量付加振動法が現場で天然乾燥中の棧積み平角の強度測定に適用可能か検討しました。

■ 質量付加振動法とは

木材を普通に打撃したときに発生する音と、木材に小さなおもりを付けて打撃した時の音を比較すると後者の方が低くなります。これは同じ力で打撃するとおもりがある方が振動しにくいというイメージです。この打撃音の高さの違いから木材の質量が計算できます。測定作業は、付けたおもりの質量を予め測定しておくことと、おもりのありとなしのそれぞれの状態で木材を打撃することだけです。木材の質量が分かればヤング率は普通に打撃した時の計算式から得られます。木材の質量測定は必要ありません。

■ 質量付加振動法を棧積みモデルに用いる

図1のような寸法の未乾燥状態の平角を2本×5段積みして室内に1年間静置し、1か月ごとに棧積み状態のままおよび1本ずつ取り出して寸法・質量測定と振動試験を行いました。平角では端部を長さ方向に、木製ガードレールでは中央部を長さ方向に打撃します。その結果、図2のように乾燥過程で平角の

質量は大半の場合において±10%の精度で推定できました。この技術は、出荷前の平角の未乾燥材や強度不足などの品質検査の作業の省力化および製品歩留の向上につながります。また、木製ガードレールの点検時にビームを支柱から取り外す工程を省略でき、点検の労力低減にもつながります。

専門用語

棧積み: 乾燥すべき木材を、それと直交してある間隔ごとに小角材(栈木)をはさんで積み重ねたものです。

平角: 断面が長方形で、幅、厚さ共に7.5 cm以上の角材です。

ヤング率: 材料に負荷を与えた時の変形のしにくさ。材料の強度と正の相関関係を有しています。

研究資金

- ・本研究の実施課題「大径材および国産早生樹等の利用拡大に向けた木材特性の評価」
- ・農林水産省委託プロジェクト研究「大径材の活用による国産材製品の安定供給システムの開発」JPJ012040

参考文献・サイト

久保島吉貴・園田里見・加藤英雄 (2016) 重さを測らず、音で木材の密度と強度を知る。森林総合研究所平成28年版研究成果選集, 20-21.

Kubojima, Y., Sonoda, S. and Kato, H. (2024) Estimation of mass and moisture content of flat square lumber in a stack during air-drying process by the vibration method with additional mass. J Wood Sci, 70, 45. DOI: 10.1186/s10086-024-02158-w



写真1 棧積みした平角(左)と木製ガードレールビーム(右)

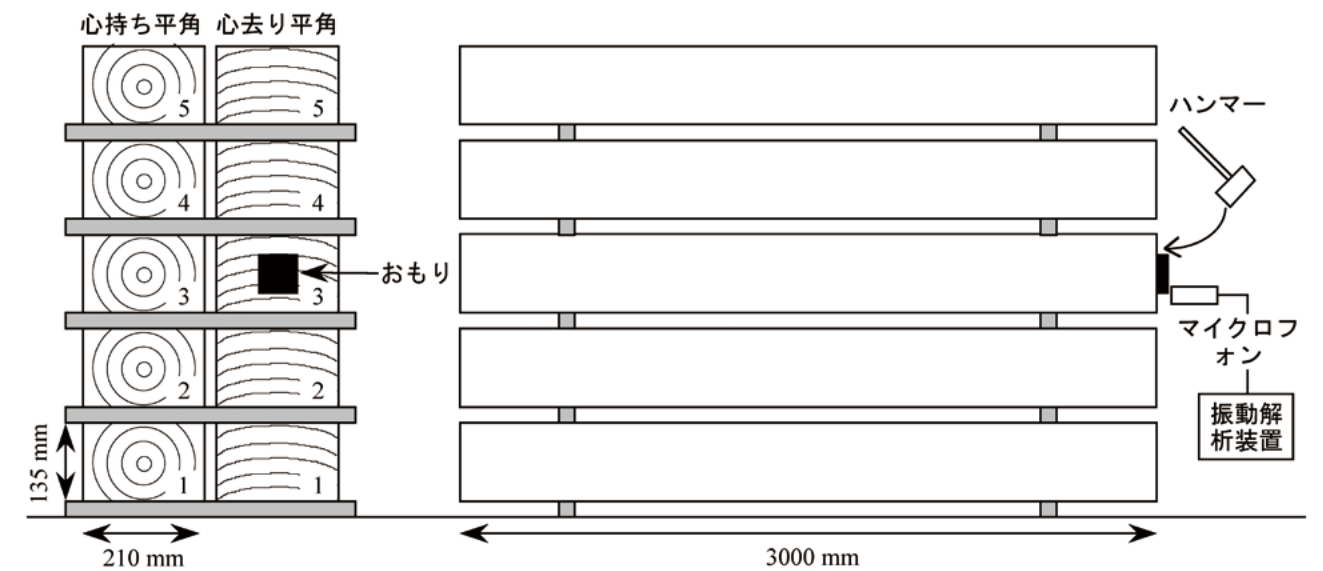


図1 棧積み平角モデルの振動試験

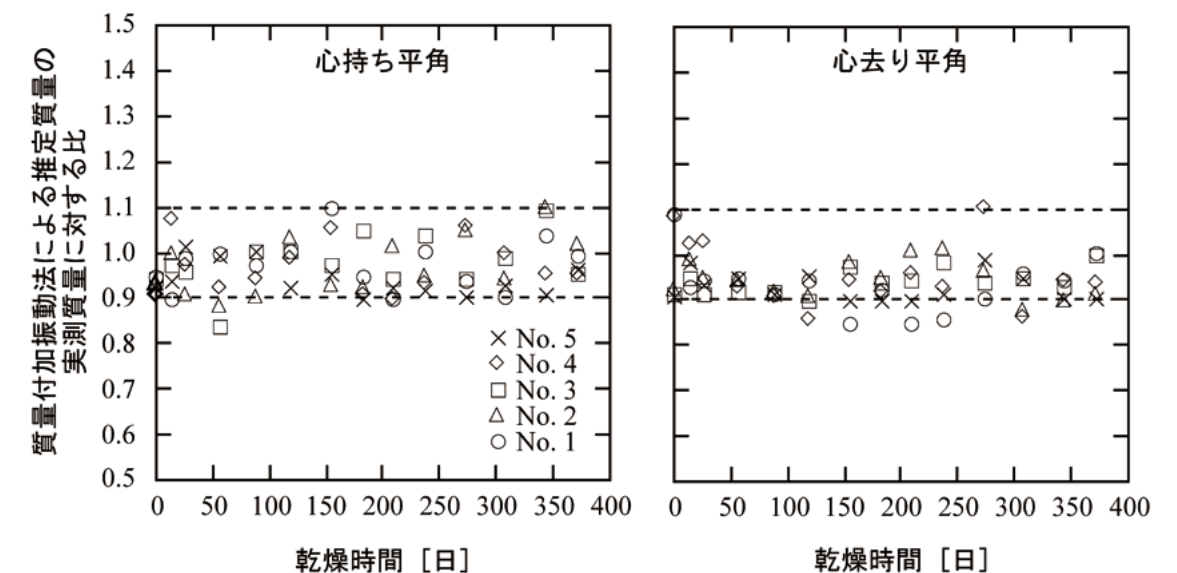


図2 質量付加振動法による棧積み平角の質量推定

桎組壁工法構造用製材の品質管理がハンマーによる打撃で可能に

構造利用研究領域:井道 裕史、加藤 英雄、小島 瑛里奈

木材加工・特性研究領域:松村 ゆかり、松田 陽介、山下 香菜

桎 組壁工法構造用製材*の品質管理では、強制的に木材に曲げ荷重を加えて曲げ性能を調べる方法を採用しています。これを、ハンマーで木材を打撃した際に生じる振動を測定する方法で代替できることが分かりました。

■ 桎組壁工法構造用製材の品質管理の方法と課題

日本農林規格に定められた桎組壁工法構造用製材の品質管理の方法では、工場の製造ラインに組み込んだグレーディングマシン(機械等級区分装置)を使って、強制的に木材に曲げ荷重を加えて曲げ性能を調べています。スギ丸太の大径化に伴い、幅が200 mmを超えるような桎組壁工法構造用製材が採材できるようになりました。しかしながら、幅の広い材はグレーディングマシンを通らない、曲げるために大きな荷重を加える必要があるなどの課題がありました。

■ 打撃によりヤング係数を測定する

木材をハンマーで打撃した際に生じる振動を利用して、木材のたわみにくさの指標であるヤング係数*を計算することができます。本研究では、木材の木口を打撃する方法と木材の広い面の端部を打撃する方法(写真1)でスギの桎組壁工法構造用製材のヤング係数を測定しました。打撃法で得られたヤング係数はグレーディングマシンから得られたヤング係数との間に高い正の相関が見られました。

■ 打撃法で木材の品質管理を行う

桎組壁工法構造用製材を曲げ部材として使う場合、木材は縦置きにされます。一方、グレーディングマシンでは木材を横置きにしてヤング係数を測定しますが、日本農林規格では抜き取った数本を縦置きにして曲げ試験を行い、加力方向によるヤング係数の違いを確認しています。本研究でも、木材を縦置きにして曲げ試験を行い(写真2)、ヤング係数を求め、打撃法によるヤング係数と比較しました(図1)。その結果、寸法型式204*(幅89 mm)と寸法型式206*(幅140 mm)だけでなく、寸法型式210*(幅235 mm)においても、打撃法により求めたヤング係数と曲げ

試験によるヤング係数との間に高い正の相関が見られました。このことから、打撃法はヤング係数の品質管理の方法として適切であることが明らかとなりました。従来のグレーディングマシンによる方法を打撃法に代替することで、大掛かりな装置を必要とせず、より簡便に桎組壁工法用構造用製材の品質管理ができるようになります。

専門用語

桎組壁工法構造用製材:桎組壁工法(ツーバイフォー工法)に使用される、定まった断面寸法を持つ規格材のことです。

ヤング係数:木材の変形しにくさを示す指標で、この値が高いほど変形しにくいということになります。

寸法型式204、206、210:桎組壁工法構造用製材の規定寸法を表し、204、206、210の断面寸法はそれぞれ38 mm×89 mm、38 mm×140 mm、38 mm×235 mmです。

研究資金

・本研究所の交付金プロジェクト「用途に応じた木材製品を安定供給するための大径材の加工・利用技術の開発」

・農林水産省委託プロジェクト研究「大径材の活用による国産材製材の安定供給システムの開発」(JPJ012040)

参考文献・サイト

井道 裕史・加藤 英雄・小島 瑛里奈 (2024) MSR (Machine Stress-Rated) 桎組材への適用に向けたスギの各種ヤング係数の評価 寸法型式204と206による検討. 木材学会誌, 70 (2), 46-55. DOI: 10.2488/jwrs.70.46

井道 裕史・加藤 英雄・小島 瑛里奈・松村 ゆかり・松田 陽介・山下 香菜 (2025) スギ寸法型式210を用いた各種ヤング係数と曲げ強度の評価. 木材学会誌, 71 (2), 58-66. DOI: 10.2488/jwrs.71.58



写真1 木口を打撃する方法(左)と広い面の端部を打撃する方法(右)

木材の木口的一方をハンマーで打撃し、反対側の木口に設置したマイクで振動を測定しています(左)。木材の広い面の端部をハンマーで打撃し、打撃した付近に設置したセンサーで振動を測定しています(右)。写真の桎組壁工法構造用製材はいずれも寸法型式210です。



写真2 試験機による曲げ試験の様子

木材を縦置きにして試験機で荷重を加え、荷重と変形の関係を調べています。

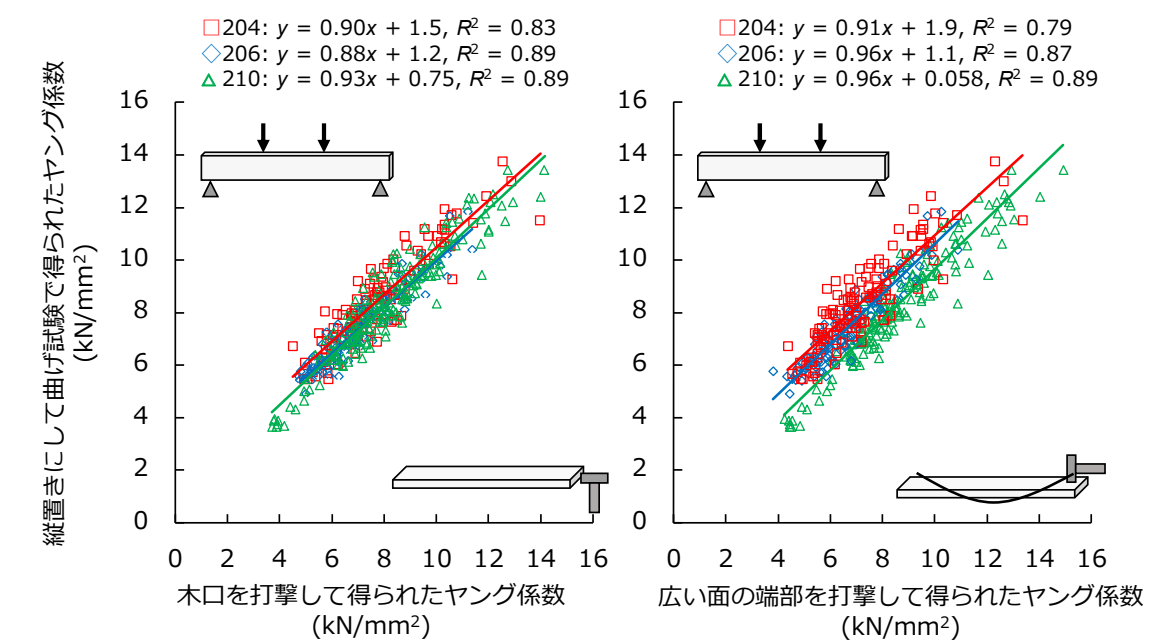


図1 打撃法と曲げ試験によるヤング係数の関係

寸法型式204、206、210のいずれにおいても、打撃法と曲げ試験によるヤング係数に高い正の相関が見られました。

里山広葉樹から微細なセルロースを製造し塗料に応用

森林資源化学研究領域: 下川 知子、戸川 英二、久住 亮介、宮城 一真
研究ディレクター: 久保 智史
玄々化学工業(株): 大木 博成、今井 佳彦、伊藤 拓美、小鍋 智史

里山広葉樹から得られる繊維長が短めで細いパルプ*を原料とし、セルロースナノファイバー*(CNF)よりも製造コストを削減した方法で微細なセルロース繊維を製造し、木材用塗料へ応用する技術を開発しました。

■ 里山の広葉樹チップから製造する繊維長が短く細いパルプと新素材

里山で得られる広葉樹のチップから調製したパルプを原料に、CNF一貫製造方法を応用して、パルプ繊維を微細化しました。CNF製造工程の中間で得られる繊維をファインセルロースファイバー(FCF)とし(図1)、その性質の解明と用途の検討を行いました。CNFやFCFの性質は原料であるパルプの性質に大きく影響されるため、樹脂等との混合による利用を想定するFCFの製造には繊維長の短いパルプが適しています。コナラパルプは、スギパルプよりも繊維長が短いうえに繊維の幅が細くまた低粘度であったことから、この繊維なパルプを利用してFCFの製造と利用を検討しました。

■ ファインセルロースファイバー

コナラ低粘度パルプを酵素前処理後、CNFを製造する1/3の微細化処理時間でFCFを調製しました。年間40トン製造のモデルで試算した場合、処理時間の短縮により稼働バッチ数を増やす余地が生じたことから、製造量を年間51トンに増加させることが可能であり、ナノ化製造時の電気量削減と合わせて、CNFと比較して製造コストを18%減らせることが分かりました。

■ 木材用保護剤などへの応用

CNFの1/3の処理時間で製造したFCFは部分ナノ化繊維を含み、市販塗料に使われている水性樹脂と混合した複合塗膜は、耐候性に繋がる性質の一つである酸素ガス防御性でCNFと同等の性質を示しました(図2)。FCFはCNFよりもサイズの大きい繊維を多く含むため、CNFよりも酸素ガスの防御性は低くなると考えられます。しかし、同じ量を使用した場合、

FCF複合膜の方が嵩高く厚みのある膜となったことから、高い酸素ガス防御性を示しました。促進耐候性試験でもCNF添加時と大きな差異が認められなかったため、下塗り、上塗り用のFCF配合木材用塗料を試作して、実建築物への試験施工を行いました(図3)。その他、FCFは、補修に使用するパテ(図4)やヒドロゲル*を作成する原料にも使用できることが明らかになり、CNFの代替としてだけではなく、汎用素材としての広い応用が期待されます。

専門用語

パルプ: 主に製紙に用いるために、木材などの植物資源から、機械的または化学的な処理を行って取り出した植物繊維です。
セルロースナノファイバー: 植物細胞壁から得られるセルロース繊維を主とするパルプ繊維を、ナノレベルの細さにまで解繊して得られる繊維です。

ヒドロゲル: 水を媒体とする複雑な立体構造を持つゲルで、衝撃吸収材などに使用されます。

研究資金

・林野庁補助事業「広葉樹ファインセルロースファイバー製造・利用技術の開発」

参照文献・サイト

下川知子(2023) 森林資源からの利用しやすいセルロースナノファイバー調製と木材用水性塗料の開発. 塗装工学, 58, 4-11.

大木博成・下川知子(2023) セルロースナノファイバーを用いた木材用耐候性塗料の開発と応用. 紙パルプ技術協会誌, 77(2), 107-110. DOI: 10.2524/jtappij.77.107



図1 パルプとCNFの中間サイズのファインセルロースファイバー (FCF)

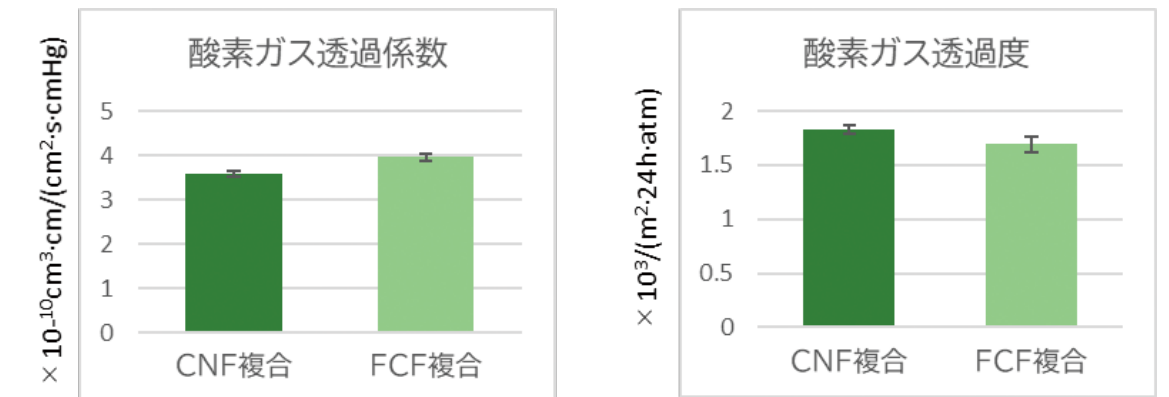


図2 複合塗膜の酸素ガス透過性

塗膜の主成分である水系樹脂にCNFとFCFの水懸濁液を混合させて塗膜を試作しました。酸素ガスを防御する能力はCNFの方が優れていますが(左図: 酸素ガス透過係数が小さい)、単位面積当たり同量の混合液から塗膜を作製した場合、FCFの方が作成したシートが厚くなり、実際のガスバリア性は同等であることが分かりました(右図)。



図3 FCF塗料を使用した試験施工例(上部有色部)

外壁の再塗装に、FCF下塗り用塗料とFCF上塗り用塗料を使用し、経変変化を観察しています。

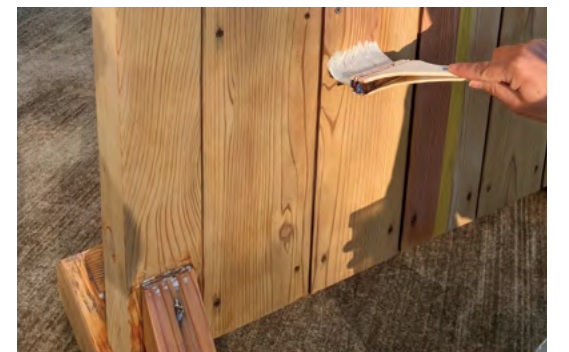


図4 FCF塗料とFCFパテを用いた木製品の補修試験

FCFを使用したパテによる補修を割れた箇所に行いました(左下部分)。パテによる補修後、FCF下塗り用塗料を塗布しているところです。

環境情報と空間解析でヤナギ超短伐期施業の適地を地図化する

森林災害・被害研究拠点:高橋 正義 森林管理研究領域:北原 文章
北海道支所:鄭 峻介 関西支所:早船 真智 筑波大学:大森 聡

早 生樹で、燃料用木質バイオマスとして注目されるヤナギを用いた超短伐期施業*に適した場所を、植生図等の環境情報と空間解析を組み合わせて地図化する手法を開発しました。ヤナギ実証生産の推進に貢献する成果です。

■ 背景:ヤナギの超短伐期施業

他の植物に比べて成長の早いヤナギは、3～5年の間隔で収穫と更新を繰り返す超短伐期施業によって木質バイオマスを大量生産することができます。欧米では、既にヤナギの超短伐期施業により木質バイオマスが大量生産されています(写真1)。近年国内需要が増加している燃料用木質バイオマスの新たな生産方法として、ヤナギ超短伐期施業に注目が集まっており、国内での大規模生産の実証が始まっています。

■ 施業適地の地図化

ヤナギによる超短伐期施業を国内で大規模に行うには、施業技術の開発に加えて、ヤナギの生産に適した場所がどこに、どのくらいあるか知る必要があります。そこで、大規模生産の実証試験を行っている千葉県印西市と宮崎県都農町を対象に、ヤナギの生産の適地を地図上に明示する手法の開発に取り組みました。まずヤナギが生育できる場所を植生や土壌に関する環境情報を用いて判別し、さらに機械で効率よく作業するために傾斜情報を加味して施業適地を抽出・地図化しました(図1)。そのうえで農地の区画情報(筆ポリゴン)*を用いて農地との重なり具合を把握しました。その結果、千葉県印西市では、市の面積の約7割がヤナギ超短伐期施業の適地と判断され、適地のうち約5割は農地と重なっていました。一方、宮崎県都農町では、町の東側の平野部を中心に町の面積の1/4程度のエリアがヤナギ超短伐期施業の適地と判断され、適地のうち農地の割合は約4割でした(図2)。耕作再開の見込みがないような農地でもヤナギの超短伐期施業には適している可能性があります。

■ 施業適地の地図化手法の特徴

ヤナギ超短伐期施業の適地の地図化には公開されている環境情報を用いることから、任意の市町村を対象に容易に適地マップを作成することができます。本手法は、ヤナギ超短伐期施業による木質バイオマス生産の可能性が高い市町村を選ぶことや、市町村内でヤナギによる木質バイオマス生産を行う候補地の絞り込みなどに役立ちます。ヤナギの施業適地マップは、遊休地を活用してヤナギ超短伐期施業による木質バイオマス生産を模索している市町村や土地所有者、木質バイオマス生産を目指している事業者などによる活用が期待されます。

専門用語

超短伐期施業:通常は、3～5年で伐採と更新を繰り返しながら主として木質バイオマス生産を行う施業。ヤナギなどの、若齢期でも高い成長能力があり、萌芽による更新が可能な樹種を用います。

農地の区画情報(筆ポリゴン):地理情報システム(GIS)等で利用可能な農地の区画情報であり、農林水産省統計部が行う耕地面積調査等のための母集団情報を基とするデータです。

研究資金

・新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業／新たな燃料ポテンシャル(早生樹等)を開拓・利用可能とする“エネルギーの森”実証事業」に係わる助成事業のうち、「ヤナギ超短伐期施業技術を活用した木質バイオマス燃料供給体制構築の実証事業」(P21002)

参考文献・サイト

高橋正義ら(2025) 環境情報と空間解析によるヤナギ超短伐期施業の適地評価ー千葉県印西市、宮崎県都農町のポテンシャルと課題ー. 関東森林研究, 76, 21-24.



写真1 木質バイオマス生産用のヤナギ林(スウェーデン)

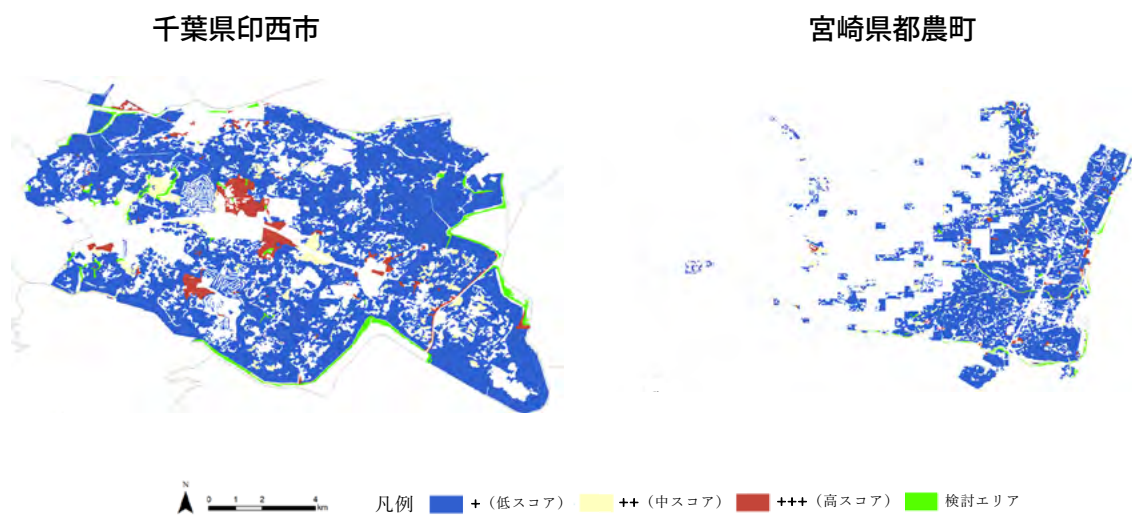


図1 ヤナギ超短伐期施業の適地マップ

高スコア:緩傾斜の耕作放棄地や雑草群落など低利用の場所でヤナギへの転換が期待できる場所
中スコア:緩傾斜の伐採跡地などヤナギへの転換が期待できる場所
低スコア:緩傾斜の農耕地など場合によってはヤナギへの転換が考えられる場所
検討エリア:ヨシ群落などヤナギの適地と考えられるが、条件が多様でスコアが未定の場所

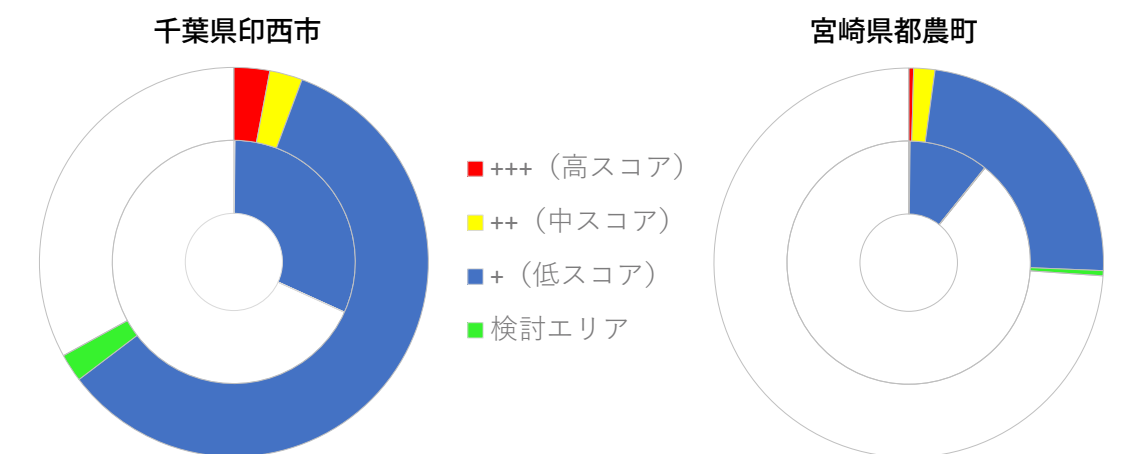


図2 ヤナギ超短伐期施業の適地面積割合

ドーナツグラフ外側:ヤナギ超短伐期施業のスコア別適地面積割合
ドーナツグラフ内側:農地の区画情報(筆ポリゴン)が重なるヤナギ超短伐期施業適地のスコア別適地面積割合

スギの実生苗とさし木苗の植栽後のメリットとデメリットは植栽環境によって異なる

林木育種センター: 松下 通也

スギは地域によりさし木苗または実生苗を用いて林業が行われてきましたが、それらの特性の比較は十分なされてきませんでした。さし木苗と実生苗の生存や成長、幹の真っすぐさの指標である通直性の違いを明らかにしました。

■ スギにおけるさし木林業と実生林業

スギは日本の主要な造林樹種であり、温暖な九州から雪深い東北地方まで多様な環境に植栽されてきました。またスギは発根性に優れ、穂を採取してさし木をすることで容易に増殖でき、日本海側の一部地域や九州地方等ではさし木苗を用いた林業(さし木林業)が主に行われてきました。一方、その他の多くの地域では、種子からの芽生えを育てた実生苗を用いた林業(実生林業)が盛んです。しかし、同じ山で同じ時期にさし木苗と実生苗を植栽して比較したことが少なかったため、それらの特性の違いは十分に明らかにされてきませんでした。

■ さし木苗と実生苗を植栽した際の成長や生存率の違い

多雪地から温暖地まで多様な環境条件に設定された実生苗とさし木苗と一緒に植栽した関東育種基本区内の試験地29か所のデータを解析して、樹高や胸高直径、生存率や幹の通直性を比較しました。実生苗は、さし木苗と比べて5~20年生での幹の成長や生存率が優れている傾向でした(図1)。樹高では13~20%、胸高直径では23~31%、生存率では6~14ポイント程度、実生苗の方がさし木苗より上回っていました。しかし、さし木苗は実生苗より根元付近の幹の通直性が良好でした。

■ さし木苗と実生苗を植栽した際の有利性は環境条件によって異なる

さらに、実生苗とさし木苗の成長や生存率と植栽場所の環境条件との関係を解析した結果、平均気温が高い地域では実生苗の方がさし木苗よりも樹高や直径成長が上回っていました(図2)。生存率については、積雪量の多い地域で実生苗の方がさし木苗より高い傾向でした。

これらの結果から、温暖な地域では、実生苗を植栽した場合により成長の良さが発揮されるメリットがありそうです。一方、さし木苗を植栽した場合には幹の通直性が良く、木材の質を高めるという点でメリットがありそうです。将来の気候変動シナリオでは平均気温の上昇が予測されており、温暖な地域では実生林業がさし木林業よりも成長の良さという点で有利になる可能性があります。この研究成果は、スギを植林する際のさし木苗と実生苗の選択に関する基礎的な情報を提供し、気候変動適応のための戦略を考える上で参考となることが期待されます。

研究資金

・本研究の実施課題「次世代育種集団の構築及びエリートツリーの開発」

参考文献・サイト

Matsushita, M. (2025) Advantages and disadvantages of planting seedlings and cuttings vary with environments: Japanese cedar seedlings achieve greater growth and survival rates but inferior stem forms than cuttings. *Forest Ecology and Management*, 579, 122495. DOI: 10.1016/j.foreco.2025.122495

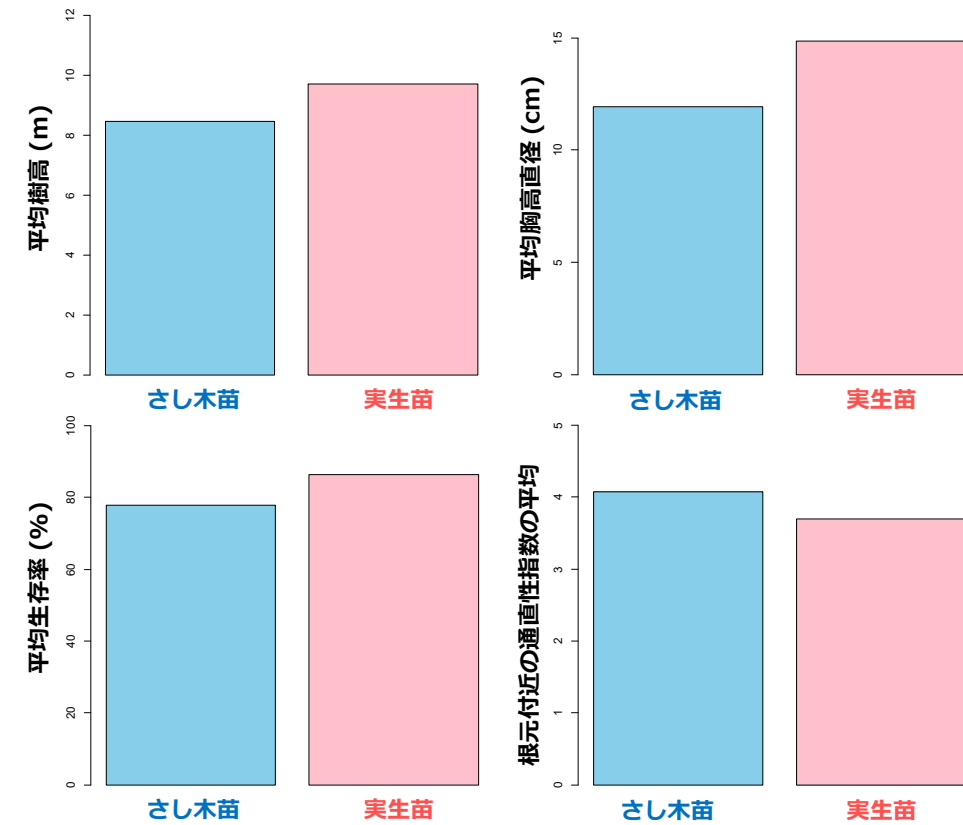


図1 複数の試験地における20年生次の樹高、胸高直径、生存率と10年生次の根元付近の幹の通直性指数の実生苗とさし木苗における平均値(Matsushita (2025)のデータをもとに作図)

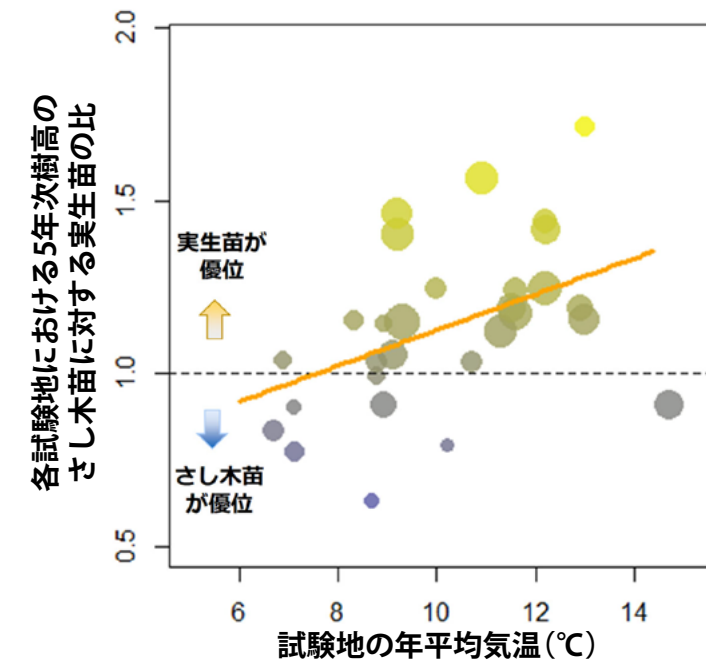


図2 スギの実生苗とさし木苗の各試験地における5年生次の平均樹高の比と、年平均気温との関係

丸の大きさは各試験地における5年生次の平均樹高に比例し、丸の色が明るいほど、さし木苗に対する実生苗の成長がより優位であることを示しています。(Matsushita (2025)のデータをもとに作図)

スギの気候変動適応に向けた耐乾性品種の開発

林木育種センター:能勢 美峰、松下 通也、永野 聡一郎、平尾 知士

林木育種センター関西育種場:高島 有哉 静岡県立農林環境専門職大学:平岡 裕一郎

気 候変動による干害リスクに対応するため、スギの耐乾性の評価方法を開発し、全国の第1世代精英樹*の中から耐乾性に優れた4品種を開発しました。

■ 気候変動に対応した耐乾性品種の必要性

近年の気候変動により気温が上昇し、雨の降り方が極端になりつつあります。また今後、無降水日数が増加すると予測されており、スギ等の人工林でも干害のリスクが高まると考えられます。この影響は、特に植栽直後の若い苗木にとって深刻で、育成初期に枯れる可能性が高くなると懸念されます。そこで、植栽時に雨が少ない状況を想定し、乾燥に強いスギ系統の選抜を目的として研究を進めてきました。

■ スギの耐乾性を評価する方法の確立

はじめに、ポット苗を用いたスギの耐乾性の評価方法の開発を行いました(Takashima et al. 2021, Nagano et al. 2025)。具体的な評価方法は次のとおりです。耐乾性の評価は乾燥試験により行います。試験には、試験前年の春にさし木増殖して、当年の春にポットに移植したクローン苗を用います。スギの伸長成長が最も活発な6月下旬から異なる処理区での栽培試験を行います。試験では、灌水^{かん}を停止して人工的に土壌を乾燥させる「乾燥区」と、灌水を継続する「灌水区(対象区)」を温室内に設けます(写真1)。乾燥区では、乾燥が急激に進まないよう、乾燥の程度を調整し、徐々に土壌を乾燥させます。その後、各ポット苗のシュート(針葉を含む枝先)の健全性の指標となる電子伝達速度*を測定し、2つの処理区間で比較することにより、乾燥による影響を系統ごとに評価します。なお、この研究成果をまとめ、2023年度には「気候変動適応性に優れた品種(耐乾性)」の品種開発実施要領*を策定しました。

■ 耐乾性に優れたスギ4品種を開発

この評価方法に基づき、2018年からこれまでに4回の乾燥試験を実施しました。東北・関東・関西・九州育種基本区から選抜された第1世代精英樹113系統(表1)の耐乾性を評価し、特に耐乾性が高く、樹

高や材質などが林業に適した特性を示す4系統を、2024年度に気候変動適応性に優れた品種(耐乾性)として開発しました(写真2)。この研究成果を発展させることにより、今後の気候変動に適応した持続可能な森林づくりに貢献することができると期待されます。

専門用語

第1世代精英樹:各地の山から選抜された成長や形質の優れた個体です。

電子伝達速度:光合成能力の指標であり、乾燥などのストレスによって低下します。

品種開発実施要領:優良品種の開発のための手順や方法を記したものです。

研究資金

- ・農林水産技術会議委託プロジェクト「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」
- ・本研究所の実施課題「気候変動適応品種開発のための選抜技術体系の確立」

参考文献・サイト

Takashima, Y., Hiraoka, Y., Matsushita, M. and Takahashi M. (2021) Evaluation of responsivity to drought stress using infrared thermography and chlorophyll fluorescence in potted clones of *Cryptomeria japonica*. *Forests*, 12(1):55.

Nagano, S., Nose, M., Takashima, Y., Matsushita, M., Hiraoka, Y. and Hirao, T. (2025) Drought responsive transcriptional regulations and expressional marker genes of Japanese cedar, *Cryptomeria japonica* (L.f.) D.Don. *Tree Physiology*, tpae164.

表1 4回の乾燥試験で耐乾性を評価したスギの系統数

	年度	系統数	育種基本区			
			東北	関東	関西	九州
1	2018年度	45	3	18	14	10
2	2019年度	62	8	15	27	12
3	2020年度	19	3	4	3	9
4	2022年度	43	12	6	14	11
	合計*	113	15	32	41	25

*重複する系統を除いた数



写真1 2022年度に実施した乾燥試験の様子

写真左列は乾燥区、右列は灌水区。乾燥区の健全性から、乾燥に強い系統を選抜しました。



写真2 開発した耐乾性に優れたスギ4品種

左から順に、ケ岩手11号(東北育種基本区)、工今別3号(東北育種基本区)、大原1号(関西育種基本区)、県神埼1号(九州育種基本区)

LiDAR搭載 UAVによる樹高測定効率化・高精度化と 壮齢期までの樹高の遺伝的評価の手法開発

林木育種センター: 武津 英太郎、松下 通也、栗田 学、高橋 誠

林木育種センター九州育種場: 松永 孝治、倉原 雄二、久保田 正裕

静岡県農林技術研究所: 袴田 哲司 静岡県立農林環境専門職大学: 平岡 裕一郎

鹿児島大学: 鶴川 信

林 木育種において重要な形質である樹高について、測定コストの課題を克服するために、LiDAR* 搭載 UAV* による樹高計測の精度検証と従来の測定データを結合して樹高の系統評価を行う手法の開発を行いました。

■ 従来の樹高計測は時間と労力かかる

林木育種センターは都道府県や大学等と連携し、エリートツリーや特定母樹等の優良系統の開発を進めています。また、林業の採算性の向上に向け、林地生産性の優れた地域における優れた系統の成長予測にも取り組んでいます。これらの取組を進めるために、様々な地域や多様な系統についての樹高データが必要です。

古くは測定用のポール、最近では三角法による測高機器を用いて、様々な系統・品種の比較のための試験地の植栽木を一本ずつ測定してきましたが、時間と労力がかかり、育種の高速化や業務の効率化の流れの中で特に30年生以降の植栽木の樹高データが不足している状況でした。

■ LiDAR搭載 UAVによる計測は効率的で高精度

そこで、LiDAR機器を搭載した UAV（以下、UAV-LiDAR）による樹高測定の効率化に取り組みました。UAV-LiDARによるデータ収集は、現地で数百～数千の植栽木の樹高を測定して回る労力がなくなり、作業時間は1試験地あたり数十分と大幅に減少され、効率的なデータ収集が可能となりました。UAV-LiDARで得た点群データを用いた推定樹高と、従来の測高器による測定樹高の精度を比較した結果、UAV-LiDARによる計測は従来手法と同程度以上の精度がありました（図1）、また従来手法より高い遺伝率*が推定されたことから、測定誤差がより小さいことが示唆されました（図2）。

■ 林木育種事業での利用に向けたワークフローの整備

UAV-LiDARの点群データから得た樹高を示す点（樹頂点）と、台帳で整理してきた各植栽木の遺伝情報を結合することで遺伝的評価が可能になります。しかし、植栽時に地理座標（緯度経度）が計測されていない各植栽木については、樹頂点と配置図面上の植栽木との照合は困難を伴います。そこで、上空からの画像と台帳の配置図面との対応関係が明確な複数の点に対応点とし、これを基にした行列変換により各植栽木の地理座標を推定し、さらに前回調査の成長や生存等の情報を参考に樹頂点と台帳上の情報を対応づけました。これにより、各個体の遺伝情報、過去の測定データと新たに取得したデータが紐づけられ、若齢時から壮齢期までの一貫した遺伝的評価が可能になります（図3）。今後はこの手法で樹高データを蓄積し、品種開発や樹高の予測モデルの構築に活用していきます。

専門用語

LiDAR: Light Detection And Ranging（光による検知と測距）の略語。機器から発したレーザー光が物体にあたって返ってくるまでの時間から、3次元空間上の点群データを作成できます。

UAV: Unmanned Aerial Vehicle（無人航空機）の略語。ドローンとも呼ばれます。

遺伝率: 測定形質の全体のばらつきに対する遺伝的なばらつきの割合。値が大きいほど、その測定形質のばらつきへの遺伝的影響が大きいことを示します。一方で、測定誤差が大きいと遺伝率は減少します。

研究資金

・農林水産省委託プロジェクト研究「日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発」JPJ012043

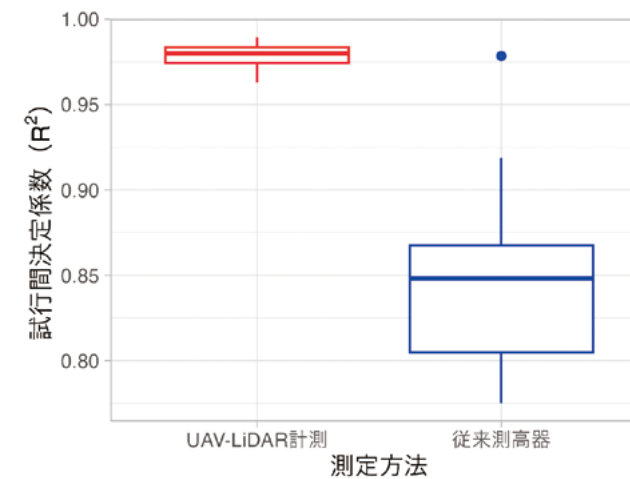


図1 従来測高器と UAV-LiDAR 計測の試行間の決定係数の比較

従来測高器は9試行、UAV-LiDAR 計測は16試行。決定係数はモデルがデータのどれだけ説明できているか指標で、ここではある試行の測定値が別の試行の測定値をどれだけ正確に予測できているかを示します。値が1に近いほど、予測の精度が高いことを示し、UAV-LiDAR 測定は従来測高器より高い精度でした。

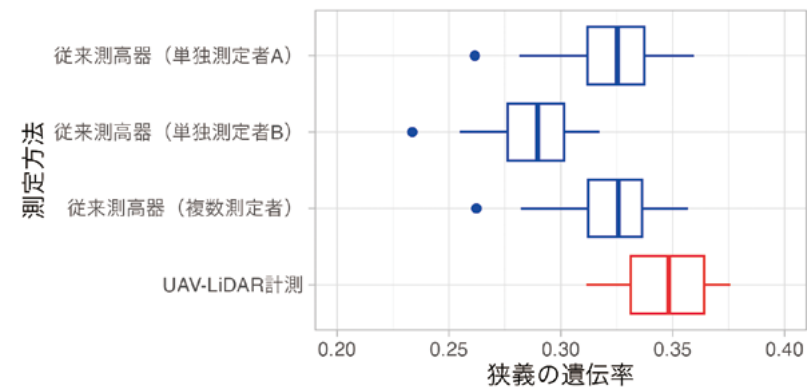


図2 従来測高器と UAV-LiDAR 計測の遺伝率の比較

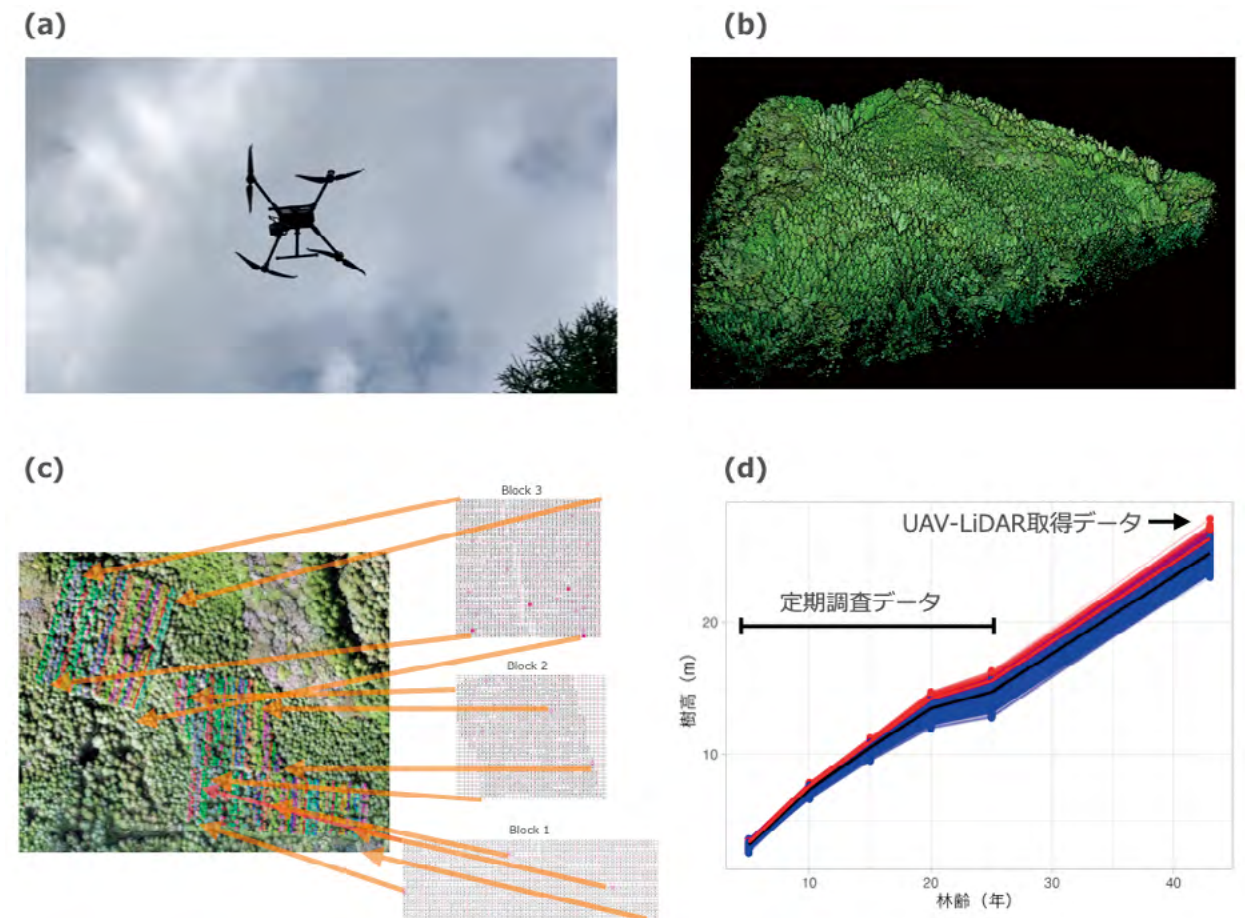


図3 点群データ取得から樹高の遺伝的比較の流れ

1 検定林の事例 (a) UAV-LiDAR の飛行 (b) 取得した点群データ (c) 配置図面からの遺伝情報の割当 (d) 過去の定期調査データとの結合

今後の再造林に役立つ 「エリートツリー特性表(関東育種基本区・スギ)」を公表

林木育種センター: 田村 明、松下 通也、坪村 美代子、栗田 学、高橋 誠

関 東育種基本区*で開発したスギエリートツリー*(特定母樹*)の特性表を作成しました。特性表では、地域の多様なニーズに応える一助として、目的に応じた特定母樹を組み合わせた採種園パッケージを提示しました。

■ エリートツリーの開発と特性評価

林木育種センターでは、関東育種基本区においてこれまでに181系統のスギエリートツリーを開発し、そのうち73系統(2025年3月現在)が特定母樹に指定されています。特定母樹から育成する苗木(特定苗木)の活用は、初期育林コストの削減や森林のCO₂吸収能力の高度発揮、花粉発生源対策への貢献が期待されています。そこで、林木育種センターでは、次代検定林等の各形質のデータをもとに特定母樹に指定されたスギエリートツリーの成長・材質・繁殖の特性を評価し、「エリートツリー特性表(関東育種基本区・スギ)」を取りまとめました(図1)。

■ 「エリートツリー特性表」の活用

「エリートツリー特性表」は、今後特定母樹を活用しつつ、地域のニーズにあった種苗により森林づくりを進めていただくためのサポートツールです。特性表には下刈り期間にも関係する5年次の成長特性や、花粉発生源対策に関係する雄花の着花性、採種園での種子生産性と関係する雌花の着花性等の特性を掲載しました。代表的な系統については、主要な特性の評価値、選抜地や検定地の位置図、通直性の写真等、詳しい情報を掲載しました(図2)。

■ 地域ニーズに応じた「採種園パッケージ」

関東・中部地域では、スギは主に実生苗木が用いられています。それらの苗木生産に用いられる種子は採種園(種子生産のための樹木園)で採取されます。採種園は遺伝的に多様な苗木を生産するため、9系統以上の優良系統で構成することになっています。採種園の種子から生産される苗木の品質は、採種園を構成する特定母樹によって異なります。本特性表では地域ニーズに応じた特定母樹の組合せを「採種園パッケージ」として提示しました。「多様性を重

視した採種園パッケージ」産の種苗は、将来の気候変動や病虫害の影響を受けにくく、森林・林業経営の安定に貢献することが期待されます。また「花粉発生源対策を重視した採種園パッケージ」産の種苗からは、花粉の生産量の少ない苗木の生産が期待されます(図3)。

専門用語

関東育種基本区: 育種基本区は、地域毎の異なる気候条件等にきめ細かく対応し、林業樹種の品種改良を進めるための地域区分です。関東育種基本区は関東地方に福島県、山梨県、静岡県、長野県、愛知県、岐阜県を加えた地域となっています。

エリートツリー: 第2世代以降の精英樹の総称。第1世代精英樹の中でも優れた系統等を交配して作出した実生後代の中から選抜された第2世代以降の精英樹。成長性、材質や通直性が遺伝的に優れていることが期待されています。

特定母樹: 「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法(間伐等特措法)」に基づき、成長に優れたものとして農林水産大臣が指定した系統。在来の系統と比較して森林のCO₂吸収能力が高く、「花粉の少ない品種」と位置付けられています。

研究資金

・本研究所の実施課題「特定母樹等の普及促進のための技術開発」

文献・参照サイト

・森林総合研究所林木育種センター特性表(関東育種基本区)「スギエリートツリー特性表」https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/tokuseihyo/tokusei_kantou.html



図1 「エリートツリー特性表」(表紙)

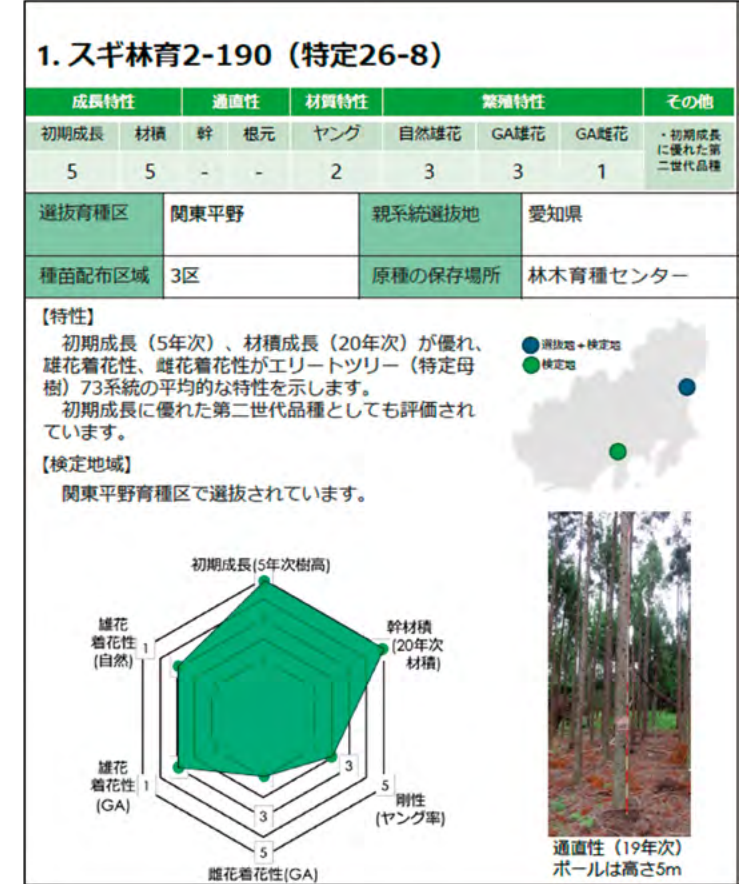


図2 代表的なスギ特定母樹(エリートツリー)の特性

代表的な系統の主要な形質の特性について説明しています。図中の特性値は関東育種基本区の特定母樹全系統の特性値を元に算出した5段階評価値で、評価値1は特定母樹全体の中で偏差値35未満、2は偏差値35以上45未満、3は偏差値45以上55未満、4は偏差値55以上65未満、5は偏差値65以上を示しています。また、雄花着花性については、評価値が小さいほど、雄花着花性が少ないことを示しています。図中の緑線は系統の特性評価値を示しています。

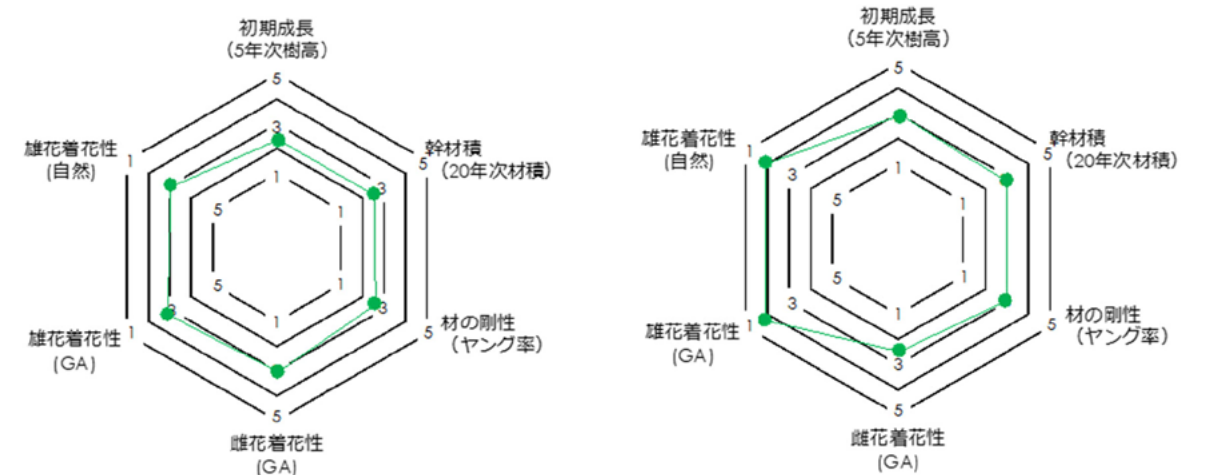


図3 遺伝的多様性(左)と花粉発生源対策(右)を重視した採種園パッケージの特徴

図中の緑線は採種園を構成する系統の平均値を示しています。この採種園から生産される種苗に期待されるパフォーマンスを示します。図中の緑線は採種園を構成する系統の平均値を示しています。この採種園から生産される種苗に期待されるパフォーマンスを示します。また図中の遺伝的多様性(A)を重視した採種園パッケージは、スギ林育2-5など25クローンで構成されています。また、花粉発生源対策(B)を重視した採種園パッケージはスギ林育2-273など9クローンで構成されています。

森林総合研究所
令和7年版 研究成果選集 2025

発 行 日 2025(令和7)年6月5日
編 集・発 行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html> (～2025年6月)
<https://www.ffpri.go.jp/ffpri.html> (2025年7月～)
お問い合わせ 企画部広報普及科編集刊行係
電話 029 (829) 8373
電子メール kanko@ffpri.affrc.go.jp (～2025年6月)
kanko@ffpri.go.jp (2025年7月～)

印 刷・製 本 前田印刷株式会社 筑波支店
〒305-0836 茨城県つくば市山中152-4

本誌から転載・複製する場合は森林総合研究所の許可を得てください。



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

