

II 令和3年度試験研究の概要

(森林経営部)

ICT技術を活用した原木丸太デジタル情報共有化技術の検討

担当G：森林経営部経営G、副場長

協力機関：北海道水産林務部林務局林業木材課、下川町、芦別市、厚真町、
日立建機(株)、住友建機(株)、(株)新宮商行、コマツカスタマーサポート(株)

研究期間：令和2年度～4年度 区分：受託研究(スマート林業EZOモデル構築事業協議会)

研究目的

原木生産から運搬、工場受け入れまで繰り返し行われる検知作業を省力化するために、原木丸太のデジタル情報化と活用方法を検討する。

研究方法

1) 丸太原木デジタル情報測定精度の比較
写真検知(ビーシステム製)について、ヨーロッパトウヒの円板サンプル20枚(厚さ5cm、平均直径28.6cm)を使い、配置と参照直径(写真検知では最初に基準値として入力する特定円板の直径データが必要)を変えた直径測定結果の再現性について検討する。

2) 原木丸太デジタル情報の活用方法の検討
昨年度のwaratah社製ハーベスタに続いて、ボンセ社、コマツ社、ケスラー社のハーベスタについて直径精度を検証する。

研究成果

1) 丸太原木デジタル情報測定精度の比較
測定は、20枚全ての円板を代わる代わるに参照直径として使用し、2パターンの配置で実施し、全部で40回測定した(図-1)。そして、それぞれの測定回ごとの測定結果を記録し、実測値と比較した。

測定円板ごとに実測値に対する写真検知測定の誤差を箱ひげ図で示した(図-2)。直径測定の誤差は全ての円板でみられ、外れ値と判定された測定値(ひげよりも外側に点で表示された値)も十数点みられた。各測定回で測定誤差が±1cm未満に収まった円板は全体の53.1%、同じく±2cm未満では80.5%となった。

一方で、全測定値における測定誤差の平均値は0.08±0.8cmとなった。個別の結果では誤差が大きく見えるが、全体にならすと誤差は小さく見えてくる傾向があった。一方、同じ円板を繰り返し参照直径として使用する場合、何度やっても同じ測定値が得られ、再現性が認められる結果となった。

2) 原木丸太デジタル情報の活用方法の検討
ボンセ社、コマツ社、ケスラー社のハーベスタについても、昨年度のwaratah社製ハーベスタとほぼ同様な直径および材長測定精度が得られることが確認できた。



図-1 写真検知画像の一例(距離2mから撮影)

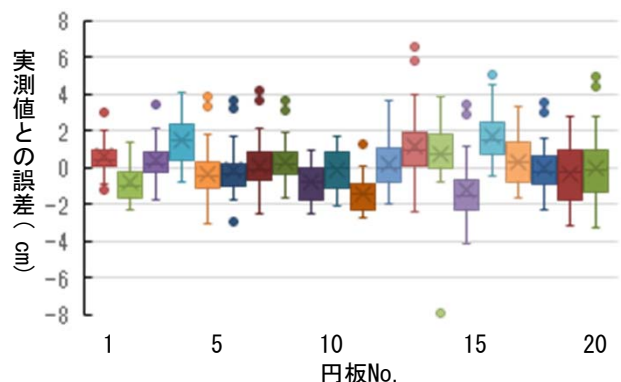


図-2 円板直径基準値に対する写真検知測定の誤差

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

渡辺ほか(2022) ICT技術を活用した原木丸太デジタル情報化技術の検討. 北方林業、73(3)

製材からプレカットまでを行う 垂直統合型・垂直連携型事業体の成立条件の解明

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関：林産試験場（主管）

研究期間：令和3年度～令和5年度

区分：重点研究

研究目的

道外の木材加工施設では様々な品質の原木を用いて製材からプレカット、発電を行う「垂直型事業体」が見られ、製造工程の分断による工場間の輸送費等のコスト増加要因（以下「工程間ロス」）の解消による建築材の低コスト化が可能となっている。本研究では、製材、集成材、プレカットの3部門の統合・連携による工程間ロスの低減効果の検証や低質材による建築材製造および効率的な原木集荷・選木方法の実証により、道内での垂直統合型事業体もしくは垂直連携型事業体の成立条件を明らかにする。

研究方法

実証実験を行う製材工場のトドマツ原木購入先の一つである渡島東部道有林を対象に、原木供給可能量の推定に必要な2項目を実施する。

- ①原木供給量の確保に必要な林内路網整備の水準（路網密度及び道路規格）を現地調査及びシミュレーションにより推定
- ②トドマツ人工林の地位及び資源量を広域で整備されている環境情報（気候や地形、土壌等）を基に推定

研究成果

1) 原木供給量の確保に必要な林内路網整備の水準の推定

- 平成30年以降に作設された集材路のある小班88ヶ所を対象に、集材路からの木寄せ距離を10～40mまで5m間隔で設定し、対象小班の面積に占める木寄せ可能面積（以下、「木寄せカバー率」）を計算した。その結果木寄せ距離を25mとした場合の木寄せカバー率の中央値が65%となった。この木寄せ距離について、間伐事業地で現地調査を行ったところ、トドマツの平均樹高(18m)とグラップルのアーム長(7m)の合計値とほぼ同等であり、現地での実際の木寄せ距離と整合的と判断した。
- 上記の結果を基に、路網より25m以上離れている小班を抽出した結果、路網整備が新規に必要な小班は185箇所（施業履歴のない小班の32%が該当）と判定された(図-1)。

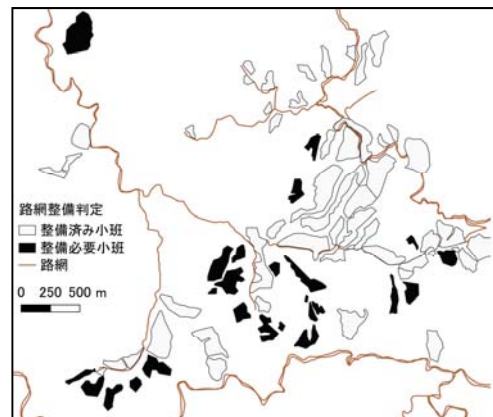


図-1 路網整備が必要な小班（黒色のポリゴン）

2) トドマツ人工林の地位及び資源量の推定

- 渡島東部地域におけるトドマツ人工林の地位を規定する要因について解析を行った結果、気候的な湿潤傾向が高く、傾斜が緩い地点での地位が高かった、また、土壌型等も地位に影響を与えていた。
- 上記の結果を基に10kmメッシュ単位で地位推定を行った(図-2)。

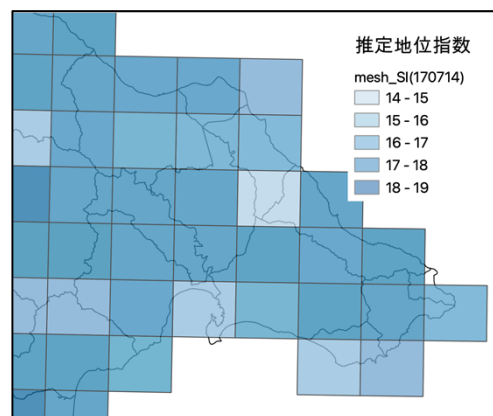


図-2 気候条件等から予測した渡島東部地域の推定地位指数

長距離ジーンフローが卓越する針葉樹で なぜ高標高エコタイプが存在しうるのか？

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：東京大学（主管）、森林総合研究所、森林総合研究所北海道支所

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

一般的にマツ科針葉樹はジーンフロー（遺伝子流動）が卓越するが、それにも関わらず局所適応（自生環境へ特化した遺伝的な適応）が発達する種がみられる。高標高環境下でしばしばみられるエコタイプ（特異な生態的特性を示す集団）は、大きなジーンフローの中でも局所適応を維持できる要因を探るのにふさわしい系である。本研究では、遺伝的基盤が整備されている北方針葉樹トドマツの高標高エコタイプを材料に、エコタイプの特性や適応的遺伝子のジーンフローの実態を解明することを目的とする。

研究方法

・苗木と接ぎ木クローンを用いた共通圃場試験
調査地：林業試験場苗畑
材料：山岳・標高・母樹別の苗木群（2019年播種3年生）、高標高自生個体・低標高自生個体・標高間交雑第一世代の接ぎ木クローン群（2017年接ぎ木）

・遺伝的変異の実態評価とジーンフロー解析
調査地：3山岳（大麓山、十勝岳、芦別岳）
材料：標高別の天然林集団とその次世代
解析：各集団の繁殖個体探査、DNAサンプリング、DNA解析によるジーンフローの推定

研究成果

・共通圃場試験より、高標高由来ほど苗木の苗高が低いこと、接ぎ木の開花率が高いこと、を明らかにした。
・空撮データを用いて標高別に天然林のトドマツを抽出し、現地調査したところ、判別精度は94%で、樹冠面積から個体サイズ評価ができること、樹冠面積が大きいほど繁殖個体割合が高いこと（図-1）、および、高標高域の集団ほど小さい樹冠でも繁殖に加わったことを明らかにした。また、高標高ほど繁殖個体密度が少ないことが推定された。さらに、空撮データをもとに無作為抽出を行い（図-2）、得られたDNAを用いてマイクロサテライトマーカーによる遺伝解析を行ったところ、高標高域の集団と中・低標高域の集団間でのジーンフローがみられないことがわかった。これが花粉の流動段階か種子形成以降の世代更新にかかる段階かは不明だが、これまでに知られる高標高域の集団の遺伝的分化を支持する結果を得た。

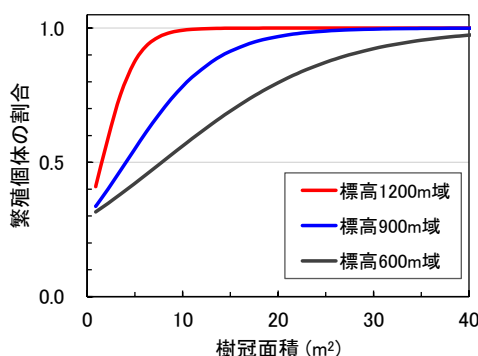


図-1 樹冠面積と繁殖個体割合の関係
個体別の樹冠面積と繁殖の有無について、標高域を交互作用として組み込んだ一般化線形モデル（誤差構造；二項分布）を構築して解析した。モデル結果をもとに繁殖個体割合の推定曲線を3標高域それぞれで描いた。



図-2 対象地での繁殖個体の無作為抽出例
円形枠が2haの調査プロットで、赤色と橙色で囲った樹冠がそれぞれ繁殖、非繁殖サイズのトドマツ。無作為抽出したサンプリング個体については、番号付き、かつ、樹冠を塗りつぶして示す。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Ishizuka W., Kon H., Kita K., Kuromaru M., Goto S. (2021) Local adaptation to contrasting climatic conditions in Sakhalin fir (*Abies sachalinensis*) revealed by long-term provenance trials, *Ecological Research*, 36, 720-732.
Goto S., Mori H., Uchiyama K., Ishizuka W., Taneda H., Kono M., Kanegae H., Iwata H. (2021) Genetic dissection of growth and eco-physiological traits associated with altitudinal adaptation in Sakhalin fir (*Abies sachalinensis*) based on QTL mapping, *Genes*, 12, 8 doi:10.3390/genes12081110
石塚航・津山幾太郎 (2021) トドマツ産地試験にもとづく植栽適地の再考, 北海道の林木育種, 64 (1), 7-13.

森林の急激な環境変化が 野生植物の生態的・進化的変化に与える影響

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関（協力機関）：帝京科学大学（主管）、東京大学、森林総合研究所北海道支所

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

生物を取り巻く環境の変化に対する生物側の変化には、個体数や個体内の機能形質が変化する「生態的变化」と、集団内の遺伝的組成が変化するといった遺伝子スケールでの応答を指す「進化的変化」がある。森林植物集団を対象とした野外調査を実施して、生育環境の変化に伴った生態的变化の実態を観察するとともに、集団ゲノム解析により進化的変化を評価することで、比較的短い時間スケールで起こる急激な環境変化に対する植物側の環境応答を探ることを目的とする。本課題の中では、地域環境に適応するような進化的変化がすでに知られており、林業用種苗に遺伝的変異が活用されている常緑針葉樹のトドマツを材料として、光を主体とした急激な環境変化への応答の一端を明らかにする。

研究方法

・圃場試験（処理別、産地別の効果の検証）
調査地：林業試験場苗畑
材料：2由来産地（根釧・道北）のトドマツ
6年生苗木
試験：2処理（開放区・遮光区）での2年間の
育苗試験を実施し、諸形質を継続測定

・トドマツの諸形質における処理と遺伝の効果の定量
解析：成長、資源、形態関連形質を測定し、処理（＝遮光の有無）と遺伝（＝由来産地）の効果について解析
（成長）樹高、直径、樹冠の相対成長速度
（資源）部位別のバイオマス（乾燥重量）、資源配分
（形態）枝数、1枝長、単位重量枝長さ（枝細さの指標）

研究成果

処理間の違いが複数の形質に認められ (ANOVA, $p < 0.05$)、光獲得量が制限される遮光区では開放区よりも肥大成長・資源量が小さかった。一方、遮光下で葉への資源配分の増加や（図-1A）、枝長の増加がみられ（図-1C）、限られる光環境下でも樹高や樹冠成長を維持させるような応答（補償成長）の1つだと考えられた。由来産地間では樹高や樹冠成長に差はなかったものの、肥大成長や資源配分、枝の形態に関連した形質において違いが認められた。根釧由来の苗については、肥大成長が緩やかだった一方、資源配分を枝により多くして（図-1A, B）、長い枝を形成する（図-1C）産地特性があり、支持器官の増大へと資源を投資する遺伝的変異を有するとみられた。遮光下でみられた“単位重量枝長さ”が増加する応答にも産地間差が検出され、道北産ほどその応答が大きかったことがわかった（図-1D）。道北産はとくに枝形態の可塑性が高いことを示唆したことから、これが道北地域への適応的変異であるか、今後の追加測定、解析によって検証していく。

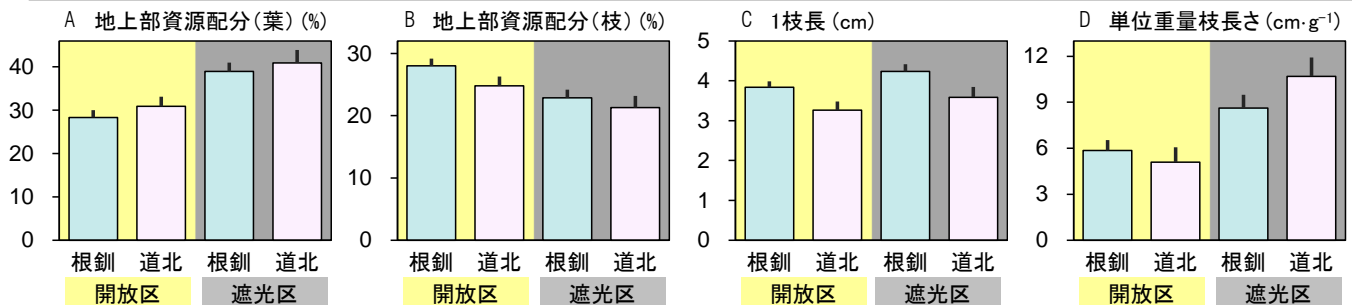


図-1 トドマツ苗木の代表4形質における由来産地と処理別の推定形質値

解析形質のうち、由来産地の差（遺伝効果）や光処理の差（環境効果）が検出された4形質です。エラーバーは推定値の標準偏差。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・菅井徹人・遠藤いず貴・井手淳一郎・小林真・松岡俊将・杉山賢子・藤田早紀・増本泰河・牧田直樹 (2022) トドマツにおける産地間の適応的な形質変異の探索：苗木の資源分配戦略と被陰応答, 第69回 日本生態学会大会.
菅井徹人・石塚航・遠藤いず貴・井手淳一郎・小林真・松岡俊将・杉山賢子・藤田早紀・増本泰河・牧田直樹 (2022) トドマツにおける産地間の適応的な形質変異の探索：春の苗木のバイオアルートの動態, 第69回 日本生態学会大会.

カラマツ類優良品種の効率的な選抜のための技術開発

担当G：保護種苗部育種育苗G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林環境局道有林課、空知総合振興局森林室、上川総合振興局北部森林室、オホーツク総合振興局東部森林室、東京大学、北海道大学、東北大学、中央農業試験場

研究期間：平成30年度～令和4年度 区分：経常研究

研究目的

道内の人工林の多くは主伐・再造林期を迎え、苗木需要量の大幅な増加が見込まれるため、優良種苗の確保に向けた育種事業の重要性が高まっている。ところが、検定林造成から選抜まで30年以上要する年月の長さや、家系作出のための人工交配の手間が、選抜効率の点で大きな課題となっている。そこで、北海道の主要造林樹種であるカラマツ類（ニホンカラマツ、グイマツ雑種F₁）を対象として、初期成長を用いた早期選抜と、DNA解析を用いた交配家系推定による特定家系選抜を行うための技術開発を本課題の中で目指す。本年は、次代検定林における形質測定とデータ解析、ならびに、遺伝解析にもとづいた親の遺伝的能力推定を行う。

研究方法

材料：1) 次代検定林（3試験地+試植地）
 造成地：北見・土別・岩見沢・三笠、造成年：2018年、概要：ニホンカラマツおよびグイマツ複数系統の交配次代、使用データ：植栽初期形質
 2) 既存のグイマツ雑種F₁検定林
 造成地：富良野市、造成年：2006年、概要：グイマツ母樹1系統の自然交配次代（採種園内カラマツが父親）、使用データ：10年生時の毎木調査資料

調査方法：1) 早期選抜可能性の評価；初期成長および光合成活性に関連する生理パラメータの追跡調査。若齢段階での選抜に活用できる有効な選抜候補形質の探索。
 2) 特定家系選抜の可能性評価；全植栽個体の空間情報の整備、植栽個体および採種園の候補親からのDNA抽出と親子解析。10年生時成長における親の遺伝的能力（改良効果）の推定。

研究成果

• 早期選抜の可能性
 10～15年生時の樹高成長が選抜に用いる形質として有効である（昨年度成果）に加えて、生理パラメータの一つである、葉における光エネルギーの吸収効率（Φ_{II}）についても、早期の選抜において活用できる有効な候補形質だとわかった。

• 特定家系選抜の可能性
 母親位置により父親の特定率はばらついたが（図-1）、全体の57%で父親が判明した。10年生時成長における親の遺伝的能力を評価すると、父親の改良効果に大きな差があることが推定された（図-2）。採種園を改良効果が高い上位クローンで構成する、もしくは、採種園から下位クローンを取り除く、といった手段が有効だと示された。

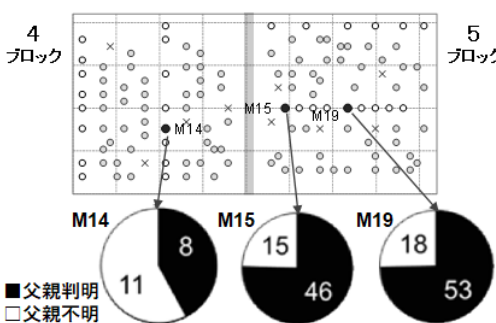
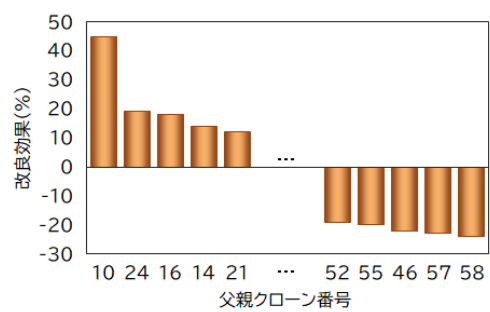


図-1（左）採種園内での採種した母樹と候補父親の位置および父親特定率の一例
 採種園の一部を抜粋して示し、3母樹について示した円グラフのうち黒塗りが父親特定率。数字は子の数。

図-2（右）遺伝解析で判明した父親の改良効果の例
 林分平均に対して子どもがどの程度良い（悪い）かを示し、高い順に並べた。



研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・内山恵太郎・陳淑芬・後藤晋(2022) グイマツとニホンカラマツにおける葉緑体—ミトコンドリア変異検出マーカーセットLgLk-CMVの開発, 日本森林学会誌, 104, 44-49.
 石塚航・楠和隆・海野大和・村上上・成田あゆ・今博計・佐藤弘和・来田和人ら (2022) 遺伝・空間情報を活用して次代検定の精度改良を図る, 第133回 日本森林学会大会.
 陳淑芬・石塚航・後藤晋 (2022) 若齢のグイマツ雑種F₁半兄弟家系における成長・材質のゲノムワイド関連解析, 第133回 日本森林学会大会.
 Chen S., Ishizuka W., Kuromaru M., Goto S. (2022) Estimation of breeding values for height growth considering spatial autocorrelation in hybrid larch progeny derived from a *Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi* open-pollinated seed orchard, JSPS-C2C symposium, Gadjah Mada University.

トドマツコンテナ苗の 育苗期間短縮に向けた発芽・育苗条件の解明

担当G：保護種苗部育種育苗G
協力機関：北海道山林種苗協同組合、北海道水産林務部林務局森林整備課
研究期間：令和2年度～令和5年度 区分：経常研究

研究目的

現在4年を要するトドマツコンテナ苗の育苗期間を、3年に短縮できるか検討する。コンテナへの移植時に起こる根の損傷を、セルトレイや小型コンテナを利用して低減できるか調査する。また、生産性を高めるために必要な発芽促進処理について、温度や薬剤による事前処理の効果を評価する。コンテナ苗の更なる普及に向け、省力的かつ生産性の高い発芽・育苗条件を明らかにする。

研究方法

調査①：育苗方法の違いによる苗の成長特性の比較
調査方法：330ccコンテナ直接播種、50ccコンテナ播種、12ccセル播種(播種後30日目、90日目に330ccコンテナに移植)、苗畑播種での実生の成長を比較した。
測定項目：苗高、地際径、葉・シュート・根重量

調査②：発芽促進処理による発芽勢の向上効果
調査方法：4配布区分(地域)、7ロットの種子を用い、低温湿層処理の期間(31、58、88、116、150日間、2℃)を変えて発芽させた
測定項目：発芽数

研究成果

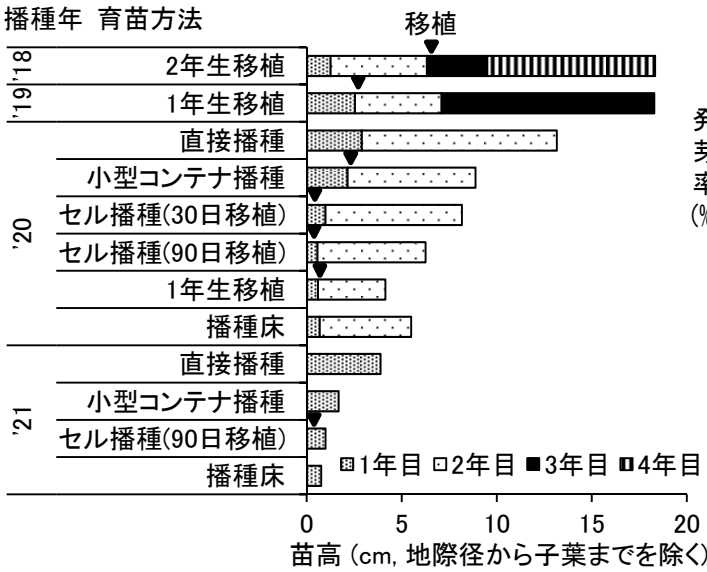


図-1 育苗方法によるトドマツコンテナ苗の苗高伸長量

20年播種、21年播種の両年で、直接播種、次いで小型コンテナの伸長量が大きかった。播種床から掘り上げコンテナに移植した1年生移植(20年播種1年生移植)は、播種床に据え置いた苗木(20年播種播種床)より伸長しなかったが、根は発達していた。

現在普及している育苗方法(18年播種2年生移植)では移植後の伸長量(3.2 cm)が前年(5.1 cm)よりも小さくなったが、19年播種1年生移植ではそのような遅れはみられなかった。

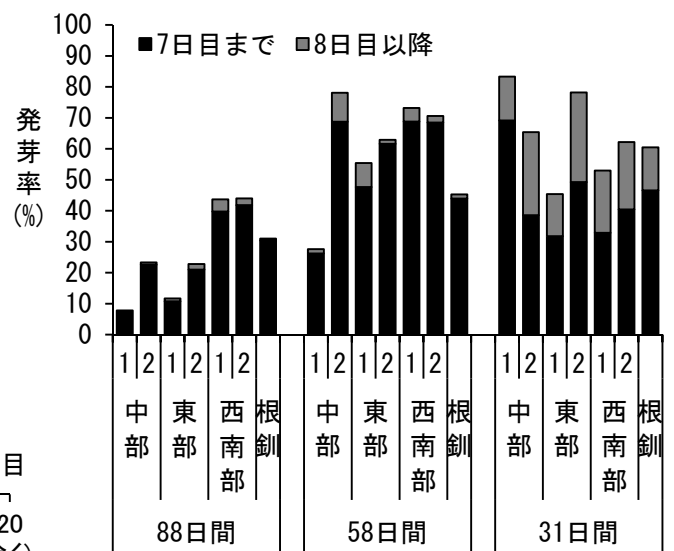


図-2 低温処理の日数、地域区分と発芽率

播種後7日以内に発芽した種子の割合は88日間処理で最も高かったが、発芽率はより短い58日間処理や31日間処理で高かった。これより長い116日や150日間の処理では、処理中に発芽し不適となった。

地域と処理の関係は明瞭ではなかったが、西南部種子は低温処理中に発芽した種子の割合が多く、根釧は低かった。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

R4年1月31日：北海道型コンテナ苗協議会

クリーンラーチ挿し木苗の得苗率を向上させる 育苗管理技術の開発

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関（協力機関）：北方建築総合研究所、（北海道水産林務部林務局森林整備課、北海道山林種苗協同組合）

研究期間：令和元年度～令和4年度 区分：重点研究

研究目的

クリーンラーチ苗木の増産を促進するため、良質で従来よりも成長が優れた採穂台木の露地栽培条件を明らかにするとともに、挿し木育苗に適した温湿度、光環境を保持できる農業ハウスとその管理手法を開発する。併せて苗畑への移植過程で生じるダメージを軽減できる新たな育苗方法を開発し、最終的に挿し木から出荷までの得苗率を60%以上に向上させる育苗管理体系を確立する。

研究方法

試験内容：3つの挿し木ハウスで、遮光（遮光率61%、72%）、容器（セルトレイ、スリット付きトレイ）、容器の設置場所（パレット、育苗棚）を検証

調査項目：気温・湿度・日射量等の環境計測、苗木の得苗率（発根し根鉢形成した本数/挿し木本数）

研究成果

表-1 各試験区の仕様と環境測定結果

項目	外部	ハウス1		ハウス2		ハウス3					
		黒面温度制御		乾湿球制御		乾湿球制御					
		ミスト専用		ミスト専用		灌水兼用					
		61%遮光		61%遮光		72%遮光					
		パレット	育苗棚	パレット	育苗棚	パレット					
最高気温 [°C]	34.5	34.1	34.0	35.9	34.4	33.2					
最大日射量 [W/m ²]	1056	412				315					
飽差10g/m ³ を超える累積時間 [h]	90	37	53	29	62	34					
最高培地温 [°C]	-	スリット	セルトレイ	スリット	セルトレイ	スリット	セルトレイ	スリット	セルトレイ		
	-	-	34.3	-	33.8	32.0	34.5	-	33.4	-	33.2
得苗率 [%]	-	51	76	51	74	62	61	34	63	58	86



スリットトレイ苗



セルトレイ苗



根端が下向き



上下に根巻き

写真-1 挿し付け10週目の根の形状

挿し木は6/28、7/12、7/26に実施。環境測定結果は、データの揃った挿し木2回目（7/13～26）、3回目（7/7～8/9）の2期間の集計値の平均。

環境値は大きい順に濃薄の赤色、得苗率*は高い順に濃薄の青色で表示。

*、育成1年目ハウスでの得苗率

遮光率72%・パレットでの育苗がもっとも良好で、1年目の得苗率が目標の80%を超えた（表-1）。パレットは育苗棚に比べ、地面やパレット表面からの蒸発の影響を受けて飽差が小さくなり、育苗に適した環境が形成された。

根巻きを抑制するためスリット付きトレイを用いた結果、セルトレイよりも乾燥しやすく得苗率が大きく低下した（表-1）。一方、地温はセルトレイに比べて2°C低く根巻きも抑えられることから（写真-1）、挿し木直後の乾燥を押さえるなど育苗方法の工夫によっては有効な容器となる可能性がある。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

今博計（2020）クリーンラーチ挿し木苗の生産状況について、山つくり、507：1-2

今博計・来田和人・黒丸亮（2021）クリーンラーチ挿し木苗の得苗率低下に影響する要因、北海道林業試験場研究報告58：41-49

立松宏一・今博計（2021）パイプハウス内環境を改善する方法、北海道の林木育種64(1)：2-6

今博計・立松宏一（2022）グイマツ雑種F₁における挿し付け後の穂の萎れを引き起こす影響要因、日本森林学会誌104：139-145

コンテナ苗植栽機械化のための植栽機構および作業システムの検討

担当G：森林経営部経営G、保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：林産試験場（主管）

研究期間：令和元年度～3年度 区分：経常研究

研究目的

コンテナ苗の植栽機械化を進めるため、機械化に必要な土壌穿孔機能や植栽ユニットについて検討し、小型機械によるコンテナ苗植栽作業システムを提案する。

研究方法

1. 植栽機に必要な土壌穿孔機能の検討
硬い土壌（粘土質土壌）および柔らかい土壌（火山灰土壌）において、電動オーガの回転速度と送り速度の最適な組み合わせを調査する。
2. コンテナ苗機械作業システムの検討
試作機を使い、実際にコンテナ苗を植栽し、その機能について調査する。

研究成果

1. 植栽機に必要な土壌穿孔機能の検討

道内3カ所（美唄市、池田町、京極町）で行った掘削試験の穿孔条件（ドリル回転数、送り速度等）を整理した結果、植物の根が伸長できる限界に近い硬さ（山中式硬度計*で25mm程度）まで720Wのモーターで穿孔可能であることが判った。また、10mm程度の笹根であれば穿孔に支障が無いことが判った。なお、乾いた塊状の土の場合穴が崩れ植栽に支障が出たことから、土壌に適した形状のドリルを開発する必要がある。

2. コンテナ苗機械作業システムの検討

林業試験場苗畑にて、開発された植栽機を使い実際にコンテナ苗（トドマツ）を植栽した。平均植栽時間は 66.0 ± 10.4 秒/本となった。その植栽作業の内訳を図-1に示す。植栽工程の中で「穴掘り」が一番時間がかかる傾向がみられた。「穴掘り」自体の1回に係る作業時間は平均11.2秒/本であった。比較対象として、人力（鍬）によるコンテナ苗植栽も実施した。植栽作業は60回行い、平均作業時間は 41.8 ± 5.4 秒/本となった。このうち、「穴掘り」は25.5秒/本、「植栽」は11.0秒/本であった。したがって、現状では、人力植栽と同等にするためには、準備時間、スライド動作、苗踏み時間の短縮が必要であることが分かった。

また、エンジンオーガを穴掘りに使用した事例（別海町、2018年）では「穴掘り」と「植栽」を完全に分けて行った結果、平均植栽時間は 33.0 ± 3.3 秒/本であった。「穴掘り」と「植栽」にかかる時間は植栽機と大差ないため、準備時間や各工程間の移行時間が大きく削減できたためと考えられる。ただし、エンジンオーガを用いる時は2人一組で作業する、あるいは1人の場合「穴掘り」に専念した後「植栽」を行うなど完全に分けて行う必要があるため各工程間のバランスが崩れると大きなタイムロスが発生する。穴掘りから植栽までオールインワンで行える植栽機は、工程間のバランスが崩れにくいと、各工程および移行期間の作業速度を改善させることにより、より実用的な機械にできると思われる。

*具体的な開発機の写真については、現在、非公開です。

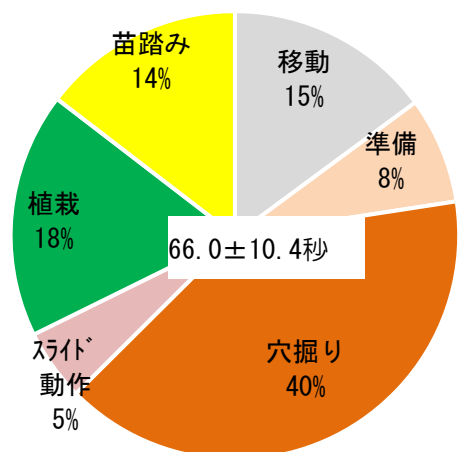


図-1 植栽機によるコンテナ苗植栽作業についての作業要素別に見た時間割合

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

近藤ほか(2022年) 電動ドリルによるトドマツコンテナ苗用植栽穴の穿孔条件. 第133回日本森林学会大会
近藤ほか(2022年) 電動ドリルによるコンテナ苗用植栽穴の穿孔条件. 北海道森づくり研究成果発表会

造林作業機械化に向けた小型遠隔操縦式草刈機の実証試験

(多目的造林作業機械の改良による造林作業の自動化・軽労化システムの構築に向けた実証・普及)

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関（協力機関）：千歳林業(株)、(株)筑水キャニコム、(一社)北海道造林協会、(南那珂森林組合、(一財)北海道森林整備公社)

研究期間：令和3年度 区分：公募研究（(一社)林業機械化協会）

研究目的

林業労働者のうち、造林作業に携わる労働者は高齢化傾向にあり、新規就労者の定着率も低く、労働者数は減少傾向にある。これまで、地拵え・下刈りなど造林作業機械開発に取り組んできた。今年度は、そのうち小型で遠隔操縦可能な草刈り機（刈幅：1m）の実証試験を行い、作業工程について実証試験を行った。

研究方法

実証試験地は北海道京極町の（一財）北海道森林整備公社の社有林で実施した（表-1）。下刈り作業は、植栽列間のみ刈払い作業（以下、「列間刈り」）とし、過去に「山もっとモット」の実証試験時に伐根が除去された列間「伐根除去区」と伐根がそのまま残っている列間「伐根残存区」で実施した。なお、列間刈り後の植栽木周りの残し幅は約50cmとした。列間は2.7mであるので列間を往復して1つの列間を刈り払うこととした。これらの下刈り作業について、作業時間と作業面積（刈り残し部分含む）を測定し、労働生産性を計算した。

表-1 実証試験地の概要

場所	北海道京極町
標高	330~370m
傾斜	0~27度
植栽密度	1800本/ha (2.7m×2.0m)
調査期間	7月13~15日

研究成果

小型遠隔操縦式草刈機の下刈り労働生産性の調査結果について表-2に示す。「伐根除去区」での列間刈りによる下刈り労働生産性は、3ブロックの平均値で0.14ha/時となった。同じく「伐根残存区」は6ブロックの平均値で0.09ha/時となり、いずれの結果も肩掛け式刈払い機の0.04ha/時を上回った。

下刈り作業要素分析結果について図-1に示す。「刈払い」にかかる時間については両区に差がみられないが、「伐根回避」や伐根の「確認」および主に列の終端でみられる「旋回」において、伐根残存区で多く時間がかかっており、これが両区の労働生産性の差に表れたものと考えられる。今回の実証試験地は苗列間が2m以上確保された低密度植栽地だった。また、伐根密度は500~600本/haだった。このような低い植栽密度と伐根密度の林地であれば、伐根を粉碎せずともある程度の面積を遠隔操縦式小型刈払い機で下刈り作業が出来ることが分かった。

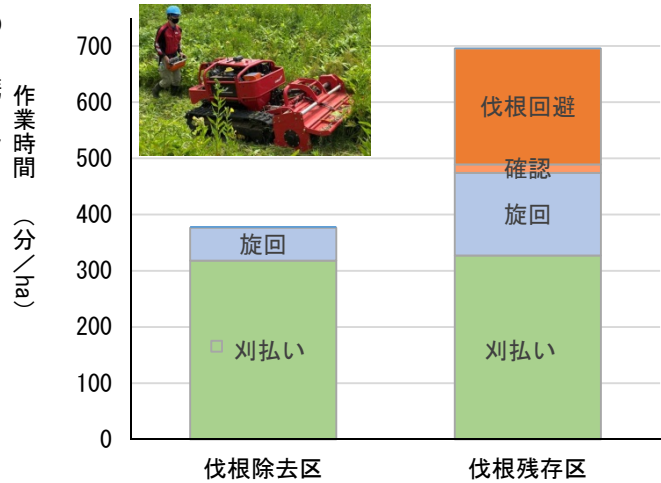


図-1 「伐根除去区」と「伐根残存区」での下刈り作業要素比較

表-2 「遠隔操縦式小型刈払い機」による列間刈りによる下刈り労働生産性

伐根の有無 調査区No.	伐根除去区			伐根残存区					
	①	②	③	①	②	③	④	⑤	⑥
面積 (ha)	0.08	0.12	0.09	0.06	0.04	0.06	0.09	0.04	0.06
時間 (秒)	2,160	2,580	1,980	2,700	2,040	2,640	3,600	1,680	1,920
労働生産性 (ha/時)	0.13	0.12	0.16	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

渡辺ほか(2022) 遠隔操縦式刈払い機による下刈り作業工程と植栽木の成長への影響. 第133回日本森林学会大会

シラカンバ人工林における上層高予測モデルの作成と 径級分布に影響する要因の検討

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林計画課・森林環境局森林活用課

研究期間：令和3年度～令和5年度 区分：経常研究

研究目的

シラカンバ人工林における用途に応じた材の供給可能性を検討するため、上層高の予測モデルを作成するとともに、径級分布を分析しそれに影響する要因を明らかにする。

研究方法

使用データ

シラカンバ人工林の毎木調査データ
(全道148林分、林齢11～60年生)
調査方法：20m×20mプロットの毎木調査
測定項目：樹種、胸高直径、樹高、枝下高

研究内容

- 1) 上層高に影響する立地要因の検討と予測モデルの作成
- 2) 立木の径級分布の解析と影響する要因の検討
- 3) 齢級別の林分成長量の調査

研究成果

1) 上層高に影響する立地要因の検討と予測モデルの作成

上層高に成長曲線をあてはめ、既存の天然林の曲線(猪瀬ら 1990)と比較したところ、人工林の上層高は天然林よりも全体的に高く、その差は50年時で2.4mだった(図-1)。また、あてはめた曲線を基に基準林齢を50年とする地位指数曲線群を作成した(図-2)。

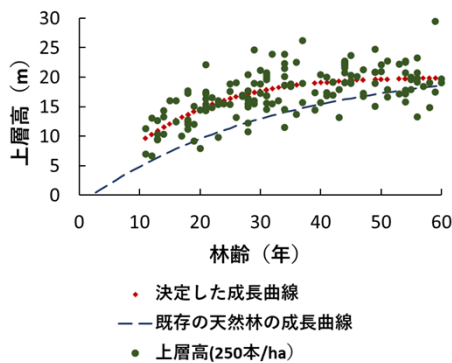


図-1 林齢と上層高の関係における各成長曲線のあてはめおよび50年生時の上層高

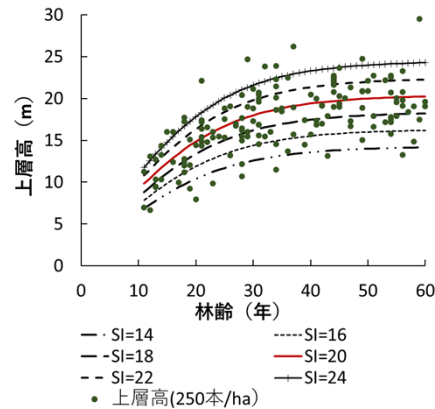


図-2 基準林齢を50年として作成した地位指数曲線群

2) 立木の径級分布の解析と影響する要因の検討

各林分における径級分布にワイブル分布をあてはめ、二つのパラメータ(尺度パラメータ: scale、形状パラメータ: shape)を決定した(図-3)。

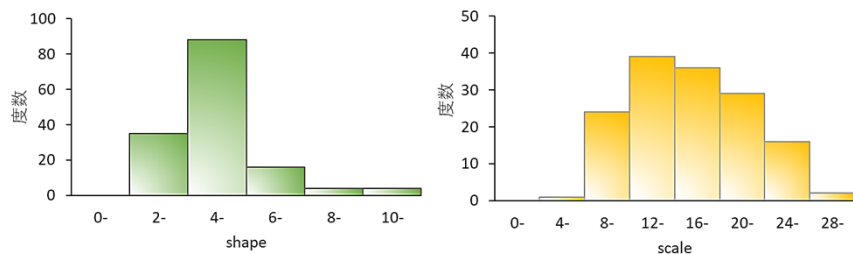


図-3 各林分の径級分布に対して決定したワイブル分布の形状パラメータ(shape、左)と尺度パラメータ(scale、右)の頻度分布

3) 齢級別の林分成長量の調査

齢級別の林分成長量の調査地として、1)で使用した調査地の中から林齢がばらつくように24箇所の林分を選定し調査を行った。2生育期間後に再調査を行い、林分成長量を求める予定。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・内山和子・大野泰之・滝谷美香・角田悠生・山田健四 (2022) 北海道におけるシラカンバ人工林の直径成長に影響する要因、第133回日本森林学会大会(オンライン開催)

新たな付加価値を含めた木材利用を考慮した 広葉樹の育成技術

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関：北海道大学（主管）、林産試験場

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

カンバ林を対象に成長・形状に対する保育作業（除・間伐）の効果を林分の発達段階ごとに明らかにするとともに、カンバ類の材質と立木の径級・形状・生育環境との関係から明らかにすることを目的とする。

研究方法

調査地：北海道大学雨竜研究林
若齢林：林齢6年のシラカンバ二次林
(かき起こし地)
処 理：除伐

方法：毎木調査
測定項目：胸高直径、樹高、枝下高

研究成果

- かき起こし施工から6年が経過したシラカンバ林地を対象に、シラカンバの胸高直径成長量と樹冠長率を前年に除伐した林分（除伐区、写真-1右）と無間伐林分（無間伐区、写真-1左）との間で比較した。除伐後の林分の密度はおよそ1000本/haである。
- 除伐区の成長量は無間伐区に比べて大きく（図-2左）、除伐後1年目からその効果が認められた。また、除伐区では樹冠長率も大きく（図-2右）、下枝の枯れ上がりが抑制されたものと推察された。



図-1 除伐前（上）と除伐後（右）のかき起こし地の様子

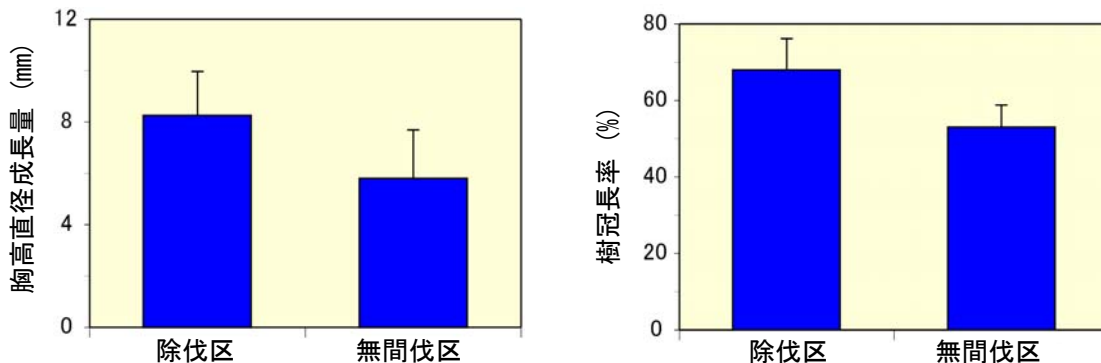


図-2 かき起こし地に成立した6年生シラカンバ林地における胸高直径成長量（左）と樹冠長率（右）の比較。除伐は5年生時に実施

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

仲谷 朗、大崎久司・大野泰之・吉田俊也 (2022) シラカンバ立木個体における偽心の発生条件からみた育林方法。第133回日本森林学会大会

トドマツ人工林の連年成長量予測モデルの開発

担当グループ：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林計画課他

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：経常研究

研究目的

林分の属性や環境条件からトドマツの連年成長量を予測するための式を構築し、森林簿の作成に用いられている材積や樹高などの管理表（テーブル）の改訂等に向けた基礎データを提示する。

研究方法

【データ概要】

- 1) 全道多点データ：道水産林務部、林野庁主管
繰り返しあり 329林分（うち227林分使用）
- 2) 検証用データ：1)の解析結果の精度検証のため、上記多点データより上川、胆振、宗谷、後志の合計12林分を抽出

【解析方法】

- 1) 全道多点データ：227林分について位置データより環境等の属性データ抽出
連年成長量への影響について解析
- 2) 検証用データ：抽出林分について胸高直径及び樹高の測定並びに連年成長量の算出

研究成果

1) 環境要因等に基づく成長予測式の構築

- ・2010～2014年の間に、2年間隔で繰り返し測定が行われたトドマツ人工林の多点データ（227林分）を用い、林分材積の粗成長量に対する林分属性及び環境条件（特徴量）の影響を、機械学習の一つであるランダムフォレストの手法を用い解析を行った。
- ・林分属性では期首材積（ m^3/ha ）と期首林齢（年）が、環境条件では海岸からの距離(mの対数)、最深積雪深(cm)、および気候的乾湿度の重要度が高い結果となった。

2) 環境要因等に基づく成長予測式の精度検証

- ・上記1)で構築する成長量予測モデルの精度検証を行うため、上川、胆振、宗谷、後志の合計12林分において再調査（直径、樹高）を実施した。
- ・再調査林分のうち、4林分で間伐が実施され、1林分は風倒被害を受けていた。生残木の粗成長量は、概ね林齢により減少したが、間伐の有無による差は明瞭ではなかった（図-1）。来年度も再調査データを追加した上で、精度検証を行う。

3) 現状に即した管理表の改訂への提案

- ・上記1)の成果を元に、テーブルに記載されている1～6の地位に対応する材積成長量の試算を行った（図-2）。
- ・試算した材積テーブルでは現行のものに比較して、50年生の蓄積は40～60 m^3/ha ほど高くなった。この差は地位が高いほど大きくなった。
- ・北海道水産林務部林務局森林計画課に対し、新しく算出した材積テーブルを提示した。

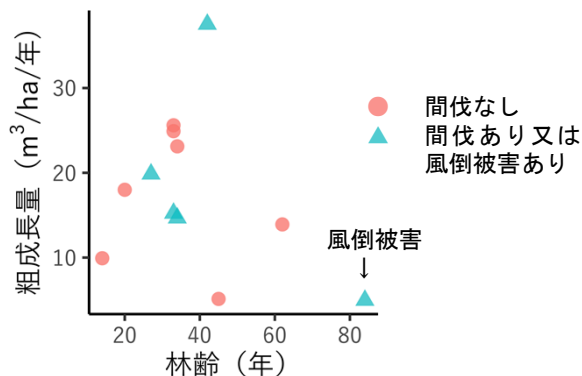


図-1 精度検証のために再測定したトドマツ人工林における林齢と粗成長量との関係

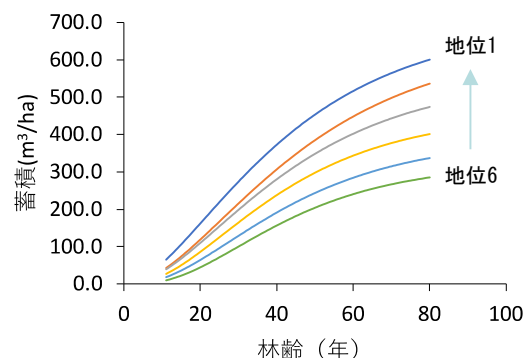


図-2 地位毎の蓄積（林分材積）推定値の試算

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・滝谷ほか（2022）異なる施業履歴がUAV-SfMによるトドマツ個体サイズ計測に与える影響，第133回日本森林学会大会

成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発

担当G：森林経営部経営G、保護種苗部育種育苗G、道北支場

共同研究機関（協力機関）：森林総合研究所（主管）、三井物産フォレスト（株）、
（北海道水産林務部）

研究期間：平成30年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

カラマツ類の優良育種苗（エリートツリー）に対応した植栽・保育技術を開発するため、エリートツリーの成長と競合植生、立地環境との関係などを調査し、植栽密度や下刈りスケジュールなどの施業モデルを環境条件に応じて提案する。

研究方法

育苗試験

実施場所：調査地林業試験場構内の苗畑
処理：クリーンラーチに対するグルタチオン等の施用試験（追試）

現地調査

調査地：渡島、檜山、空知、十勝管内などの1齢級のカラマツ類造林地（60箇所）
測定項目：植栽木の生残と樹高測定、および競合植生の高さ測定

研究成果

表-1 グルタチオン施用によるクリーンラーチ・コンテナ苗木のサイズと成長量

処理	育苗時	植栽時	本数	初期苗高 (cm)	伸長率 (%/年)	樹冠サイズ (m ²)
1	×	×	34	34.0	1.87	0.096
2	×	○	35	32.1	2.12	0.120
3	○	×	32	33.9	1.86	0.103
4	○	○	32	33.0	1.99	0.119
二元配置分散分析						
	育苗時					
	植栽時				*	*
	育苗時:植栽時					

苗木は1号または2号苗。*: p < 0.05

- クリーンラーチ1年生コンテナ苗へグルタチオンを施用（0, 18, 36, 54, 72 mg/個体）した結果、施用量の増加に従って苗高・地際径が増加した。植栽試験では、4処理のグルタチオン施用(育苗時の有無×植栽時の有無)を行った。植栽後の伸長率および樹冠サイズは植栽時の施用によって増加した（表-1）。
- クリーンラーチ（CL）若齢人工林に対応したガイドカーブを構築した（図-1）。CLはカラマツ（L）に比べて樹高成長が速いことが示唆された。
- 林齢と地位（基準林齢10年）および確率密度関数から林分ごとの樹高情報を推定する手法を構築した（図-2）。

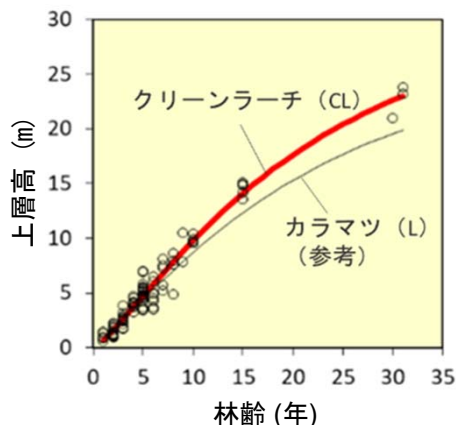


図-1 クリーンラーチ(CL)人工林の林齢と上層高との関係(ガイドカーブ)

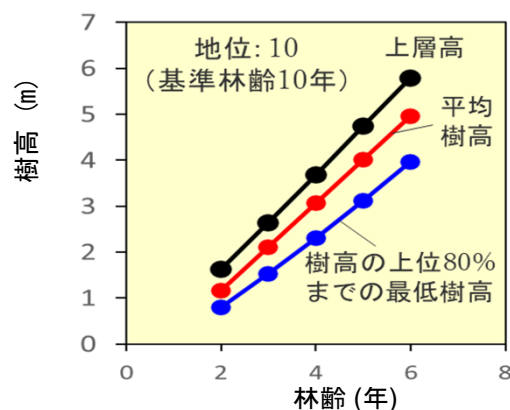


図-2 林齢と地位(基準林齢10年)、および確率密度関数から推定したクリーンラーチの樹高情報

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

大野泰之ら(2022) クリーンラーチ若齢人工林における樹高成長曲線の構築と樹高分布の推定. 第133回日本森林学会大会

針葉樹人工林の成績の違いが侵入広葉樹の群集構造と動態にどのように影響するのか？

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関（協力機関）：北海道大学、千葉大学、（北海道水産林務部林務局森林計画課）

研究期間：令和2年度～4年度 区分：公募型研究

研究目的

針葉樹人工林に侵入した広葉樹の生育実態を把握するとともに、広葉樹の成長特性を明らかにし、広葉樹の侵入した針葉樹人工林の管理方法について検討するための知見を得る。

研究方法

解析対象：全道の針葉樹人工林（約500箇所）
プロット面積：0.1ha

方法：

- 多地点の毎木調査データの精査
- 針葉樹、広葉樹別の胸高断面積合計、本数の集計

研究成果

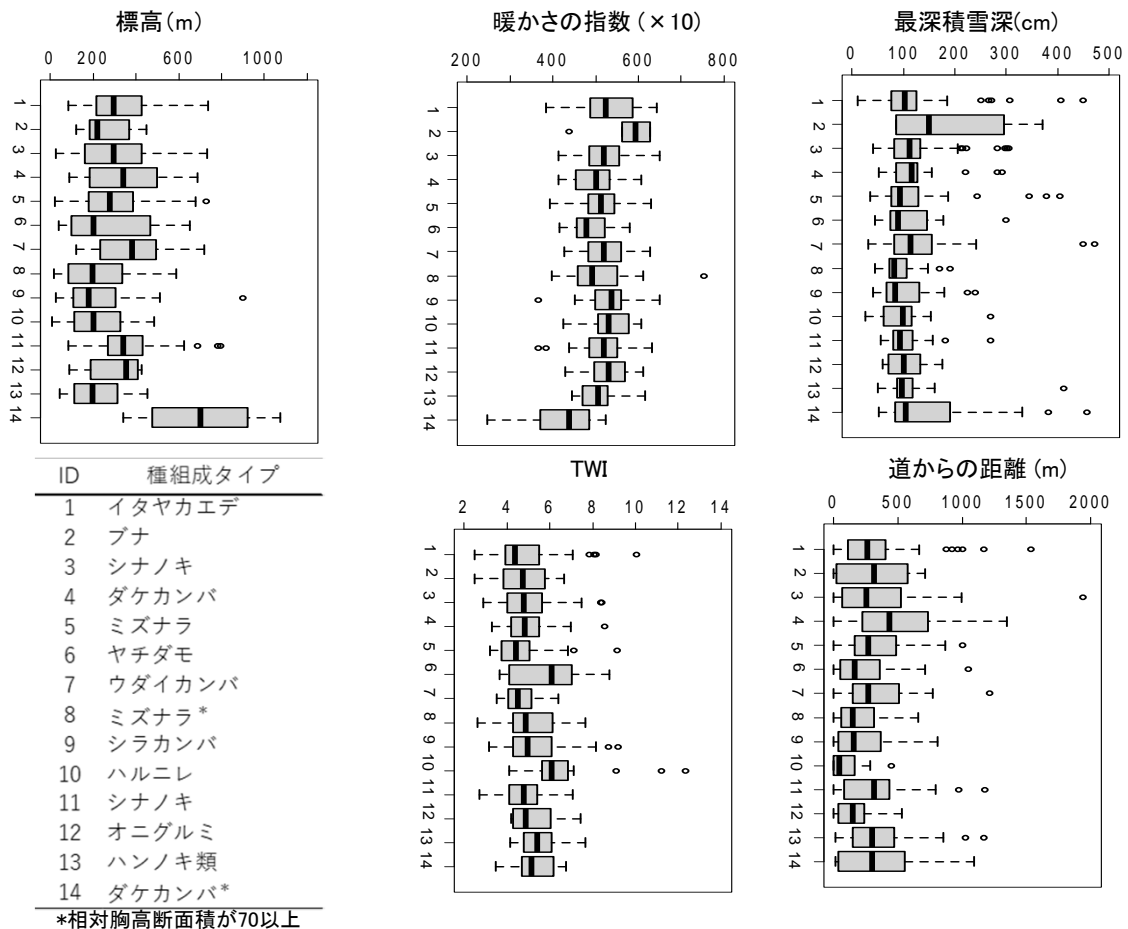


図-1 侵入広葉樹の種組成タイプ別の立地環境
TWI (Topographic Wetness Index) : 地形湿潤指数

- R2年度に抽出した侵入広葉樹の種組成タイプ別に解析対象林分の立地環境情報を整備した(図-1)。
- ダケカンバタイプ(ID:14)は標高が高く、暖かさの指数が低い立地に多かった。ヤチダモタイプ(ID:6)、ハルニレタイプ(ID:10)ではTWI(地形湿潤指数)が大きく、湿潤な立地に多いことを示していた。ブナタイプ(ID:2)の立地環境は最深積雪深が大きかった。

市町村における人工林資源持続可能性評価ツールの開発

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林計画課

研究期間：令和3年度～令和5年度 区分：経常研究

研究目的

北海道の人工林面積の内47%を占める一般民有林は、地域森林管理のマスタープランに位置づけられる市町村森林整備計画に基づき森林管理がなされており、市町村では人工林資源の持続的供給を具体的に計画し、実行管理する必要があるが、現状の伐採量が持続可能な水準かどうかの評価方法が確立していない。そこで、各市町村でのカラマツ及びトドマツ人工林を対象に、伐採量や造林量等を変数とした人工林資源の長期推移及び持続可能性の可視化を行える人工林資源持続可能性評価ツールを開発する。

研究方法

1) 林業に関わる社会経済的因子による市町村の分類及び減反率の推定
木材生産及び原木需要に関する社会経済的因子から各市町村を分類する。また、人工林面積及び伐採面積から、主伐や間伐時期を推定する。

2) 市町村別林分成長量及び材積テーブルの調製
各市町村のカラマツ及びトドマツ人工林における地位、径級分布、立木密度に関する既往資料の整理及び現地調査を行い、林齢毎の成長量及び材積テーブルを調製する。

研究成果

1) 林業に関わる社会経済的因子による市町村の分類及び減反率の推定

- 林業に関する属性として、地位や素材生産従事者数、高性能林業機械数、製材工場数及び原木消費量を統計情報等から市町村別に整理した。
- カラマツ及びトドマツ一般民有林について、2014年から6ヶ年の年齢別森林面積及び伐採面積を市町村毎に整理し、主伐林齢平均値を市町村毎に推定した(図-1)。その結果、カラマツの主伐林齢の平均値は55年であり、北海道東部では50年程度の市町村が多かった。トドマツでの主伐林齢の平均値は75年であり、北海道中央部及び南西部では70年程度の市町村が多かった。

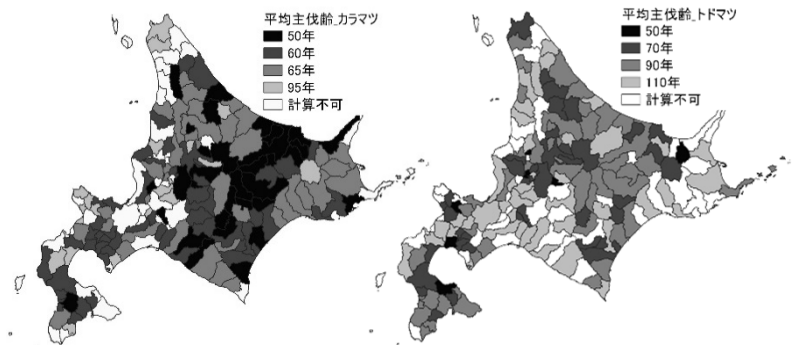


図-1 市町村別主伐林齢 (左：カラマツ 右：トドマツ)
※「計算不可」は森林面積が過小のため異常な推定値が出たものを示す

2) 市町村別林分成長量及び材積テーブルの調製

- カラマツ人工林の林分密度を振興局、地位、林齢から推定するモデルを構築した(図-2A)。既存研究において算出した市町村毎の平均地位指数から林分密度を推定し、対応する施業体系(間伐スケジュール)を決定した(図-2B)。決定した施業体系から材積を推定し、市町村の地位に対応するように材積テーブルを調整した(図-2C)。

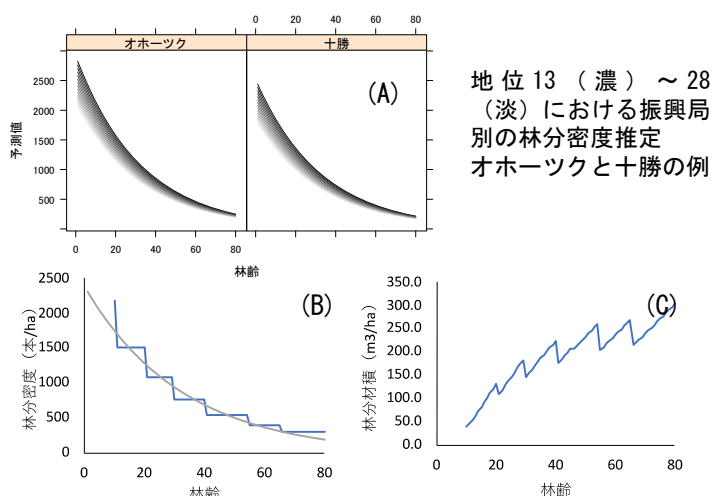


図-2 カラマツ人工林の地域別林分密度の推定結果 (A) 及びオホーツクにおける地位22の林分密度管理 (B) と材積推定 (C)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

津田高明・滝谷美香・大野泰之(2022) 林業関連情報に基づく市町村の分類階層が地域の伐採材積推定に及ぼす影響。第133回日本森林学会大会

多時期の衛星画像を利用した針葉樹人工林の抽出技術の開発

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林計画課・森林環境局道有林課、当別町、三菱マテリアル（株）

研究期間：令和元年度～令和3年度 区分：経常研究

研究目的

市町村単位以上の範囲を対象として針葉樹人工林の成林状況を低コストかつ的確に把握するため、多時期の衛星画像を利用した針葉樹人工林の抽出技術を開発する。

研究方法

～トドマツ～

- 対象地：一般民有林全域（当別町）
- 教師画像作成方法：高解像度衛星

～カラマツ～

- 対象地：三菱マテリアル社有林
- 教師画像作成方法：UAV空撮画像

～衛星画像分類～

- 衛星画像：Sentinel-2
- 解析：Google Earth Engine

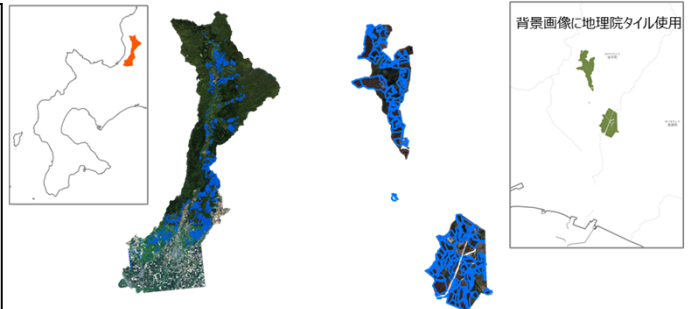


図-1 対象地位置図 左：トドマツ、右：カラマツを示す。青線で囲った範囲内が各人工林範囲

研究成果

多時期の衛星画像を用い、10 m解像度で、針葉樹人工林（トドマツ・カラマツ）の成林状況を明らかにする手法を開発した。季節ごとの反射特性（図-2）を利用することにより、トドマツ人工林で98.8%、カラマツ人工林で94.7%の分類精度（表-1、図-3）で成林状況を把握することができた。本手法は、低コストに運用可能な手法であるため、森林資源の持続的な利用を目的とした計画に利用できる可能性がある。

表-1 NDVIの樹種別の正答率

NDVI使用時期	通年	通年、春	通年、夏	通年、秋	通年、冬	通年、春、夏、秋、冬
トドマツ人工林正答率(%)	96.7	96.9	96.8	97.2	97.9	98.8
カラマツ人工林正答率(%)	90.2	91.4	94.2	91.9	93.6	94.7

※ NDVI (正規化植生指数)：植生の分布状況や活性度を示す指標で、衛星画像の赤バンドと近赤外バンドの反射率から次の式で計算する

$$NDVI = (\text{近赤外} - \text{赤}) / (\text{近赤外} + \text{赤})$$

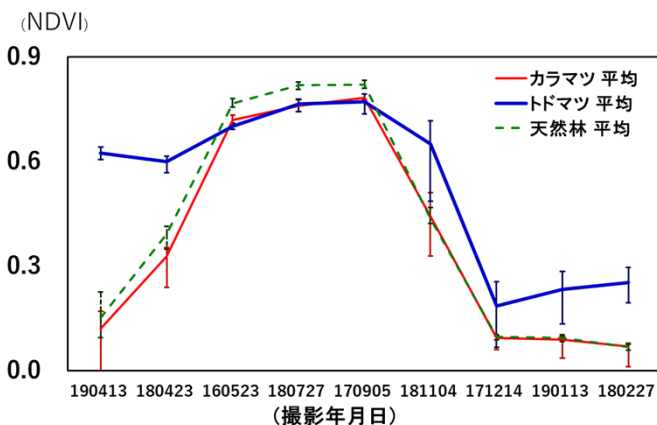


図-2 光球内実験林におけるNDVIの季節変化
 バーの幅は最大値、最小値を表す。各樹種の半径20 mの円形区域のNDVI平均値を計算

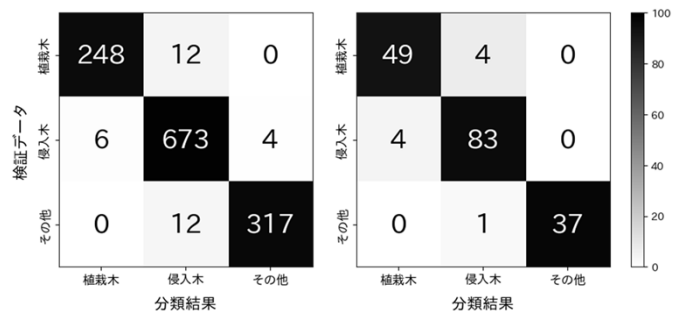


図-3 分類項目ごとの検証（左：トドマツ人工林、右：カラマツ人工林）

表-1『通年、春、夏、秋、冬』の分類結果の例示。格子上の数字は検証データ（Y軸）のうち各分類項目（X軸）に結果としていくつ分類されたかのピクセル数を表す。格子の色は検証データのうち各分類項目に何割が結果として分類されたか（行の合計に対する割合）を右の凡例バーの色の濃淡の通り示す。

食葉性昆虫の大規模食害による失葉下での異常な木質形成のメカニズムの解明

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関：北海道大学（主管）、信州大学

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

道内の主要樹種であるカラマツとウダイカンバを対象に、成長期の失葉が光合成産物の分配を通してどのように木質形成に影響するのか、そのメカニズムを明らかにすることを目的とする。

研究方法

実施場所：足寄町・林業試験場
対象林分：カラマツ人工林（2林分）
年輪解析：カラマツ（林分1：31個体、
林分2：32個体）

方法
年輪解析：カラマツから採取したコアサンプルの
年輪幅の測定

研究成果

表-1 年輪解析用サンプルを採取した個体の林齢と胸高直径、および食葉性昆虫による林分の食害状況

林分ID	林齢 (年)	平均胸高直径 (cm)	食葉性昆虫による食害状況
1	49	32	激害（2014年、カラマツハラアカハバチ）
2	54	36	微害（2014年、カラマツハラアカハバチ）



図-1 年輪解析用コアサンプルの採取（左）と採取したサンプル（右）

- ・カラマツハラアカハバチによる被害林分1（激害林分）と林分2（微害林分）からそれぞれ年輪解析用のコアサンプルをそれぞれ31個体、32個体から採取した（表-1、図-1）
- ・激害林分と微害林分との間で年輪幅に異なるパターンが認められた。
- ・激害林分では、食害の翌年（2015年）に成長の落ち込みが認められた一方、微害林分では成長の低下は認められなかった。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・大野泰之. 食葉性昆虫による食害とその後の樹木の成長・生存 -北海道における事例-. 組織と材質研究会 秋季研究会(病虫害に対する樹木の防御応答と木質形成への影響). 2021年11月20日

UAV空撮データを活用した森林資源量推定システムの実証

担当G：道北支場

協力機関：株式会社 フォテク、十勝広域森林組合、北海道水産林務部森林環境局道有林課

研究期間：令和3年度 区分：受託研究（(株)コア）

研究目的

道総研の成果を元に委託元企業が開発中のUAVとAIによる森林資源解析システムの実用化に向け、林業事業体での実証試験を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

1. みちびき衛星のCLAS※1情報を用いたUAV空撮画像の位置精度向上効果の検証
 調査地：当別町ドローン練習場、林業試験場光珠内実験林
 方法：UAV空撮、GNSS※2測量、SfM処理

2. 森林資源量推定システムの実用性に関する実証試験
 方法：十勝広域森林組合からの空撮画像調整、AI資源解析補助、功程調査、コスト計算、現場へのヒアリング

研究成果

1. みちびき衛星のCLAS情報を用いたUAV空撮画像の位置精度向上効果の検証

森林環境でのCLAS信号の受信は相当に困難であり、林冠部よりも高い高度でなければFIX状態が維持されなかった。そのため、GNSSは2系統接続し冗長化※3する必要があった。

本機材で作成したオルソ画像の水平位置精度は最高50cm程度（当別）となり（理論値6cm）、垂直位置精度は最高12cm（実験林）の精度が得られたことから、水平方向に誤差を生む要因があることが示唆され、UAV進行方向に偏ったカメラ位置推定誤差が見られたことからシャッターパルス記録遅延が疑われた（図-1）。

2. 森林資源量推定システムの実用性に関する実証試験

十勝広域森林組合の施業実行予定の6林分について、UAV空撮オルソ、DCHM※4、収穫調査結果（サンプル調査）、オルソ画像上の目視カウント立木本数、各作業の時間記録を収集した。これらの林分の画像をコア社の森林資源量推定システムで解析した。上美生民有林のデータを例にすると、1人工あたりの作業時間が半分以下に短縮された（表-1）。この林分の解析結果では、本数判読精度は目視カウントに対して99.77%、収穫調査材積に対して88.96%となった（表-2）。

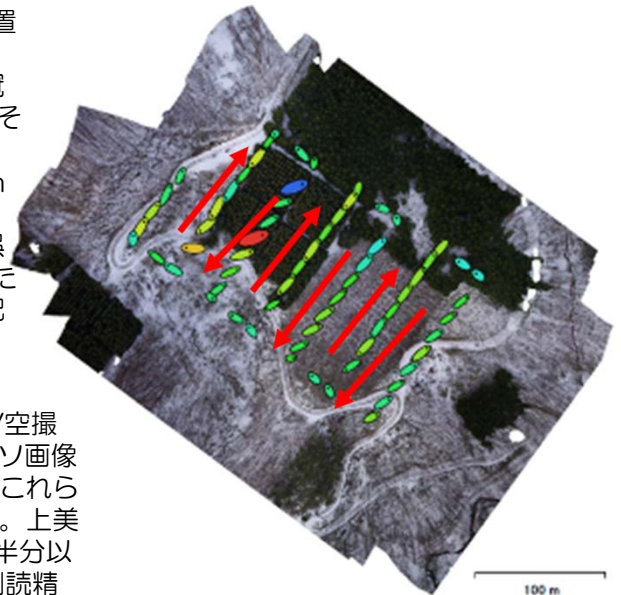


図-1 推定カメラ位置のゆがみ方向楕円の長径方向にずれが発生している赤矢印は誤差方向とUAV進行方向を示す

表-1 各手法の功程比較

	収穫調査		森林資源量推定システム	
	時間	人工	時間	人工
標準地調査	45分	3	UAV空撮	40分 1
UAV空撮	40分	1	SfM等画像解析	1時間 1
樹冠数人力カウント	50分	1	資源解析処理時間	4~5時間 0
計	3時間45分/人工		計 1時間40分/人工	

表-2 AIの資源量推定結果

	収穫調査	森林資源推定システム	精度 (%)
樹冠数カウント (本)	2987	2980	99.77
平均胸高直径 (cm)	26.3	25.06	95.30
平均樹高 (m)	22.9	20.75	90.60
平均材積 (m³)	0.61	0.54	88.96

※1 CLAS：人工衛星「みちびき」の測位補正信号を使って、測位精度を向上する技術

※2 GNSS：全球衛星測位システム

※3 冗長化：正副二系統用意すること

※4 DCHM：デジタル樹幹高モデル

保残伐の大規模実験による自然共生型森林管理技術の開発

担当G：森林環境部環境G、森林経営部経営G、道北支場

共同研究機関（協力機関）：森林総合研究所（主管）、（北海道水産林務部森林環境局 道有林課、空知総合振興局森林室、北海道大学、エネルギー・環境・地質研究所）

研究期間：平成30年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

2013年から北海道で開始した国内初の保残伐の長期・大規模実証実験において、伐採2～8年後を対象に生物多様性、水土保全機能、木材生産性に与える保残伐の影響を調査する。そして、その結果を伐採前のデータとあわせて解析することで、保残伐の初期の効果を明らかにし、各要因への効果を統合した、自然共生型森林管理技術を開発する。

研究方法

調査地域：道有林空知管理区225～250林班
 実験区：広葉樹単木少量保残区（単木少量）、広葉樹単木中量保残区（単木中量）、広葉樹単木大量保残区（単木大量）、群状保残区（群状）、人工林皆伐区、小面積皆伐区、広葉樹天然林対照区、人工林対照区

各実験区は3セット（小面積皆伐区のみ2セット）
 生物多様性：鳥類、林床植生、枯死材性甲虫
 水土保全機能：無機イオン、流量観測、底生動物
 木材生産性：植栽木と保残木の生残と成長

研究成果

生物多様性調査

- 下層植生の種数は、非伐採区や群状保残の保残部分では大きな変化は見られなかった。皆伐区や単木保残区では、伐採前に生育していた種は微減したが、伐採1年後に多くの種が新たに出現し、種数は増加した。その後は、伐採1年後に出現した種が減少する一方、別の種が侵入し、種数は増加傾向のところが多かった（図-1）。

水土保全機能調査

- 伐採前後8年間の平水時の硝酸態窒素濃度は、多くの流域で伐採2～3年後に最も高くなり、5年後以降は伐採前と同程度か、さらに低下した（図-2）。負荷量（窒素濃度×流量）でみると、伐採3年後以降、平水時の流量減少と相まって、いずれの流域でも伐採前より負荷量が低くなった。

木材生産性調査

- 保残木の枯死要因の多くは根返りや幹折れであり、大きな原因は強風であった。根返りの割合が高いのは、ダケカンバ、ケヤマハンノキなどで、ハリギリは幹折れが多く、根返りが少なかった。イタヤカエデは生残率が高かった。

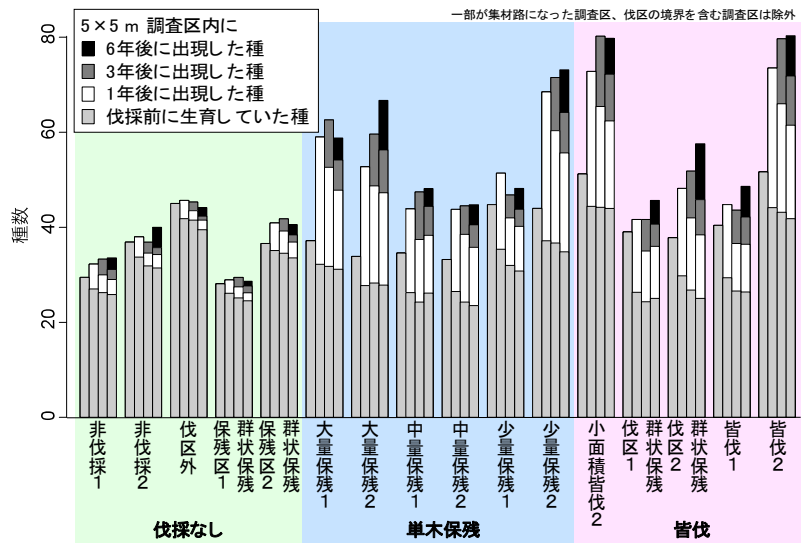


図-1 調査区ごとの下層植生の種数変化

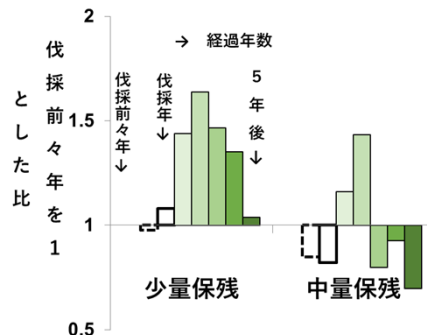


図-2 単木少量保残区、中量保残区における平水時の硝酸態窒素濃度変化(2016年伐採区)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- Akashi N, Nitta N, Ohno Y (2021) Effect of forest management on understory vascular plants in planted *Abies sachalinensis* forests. Forest Ecology and Management, 497: 119521

森林風倒被害発生後の被害地整理・ 風倒木活用における課題抽出

担当G：森林環境部環境G

協力機関：林産試験場、北海道水産林務部

研究期間：令和3年度 区分：経常研究

研究目的

風倒木の有効かつ高度な利用を進めるため、①被害地整理を行う素材生産者、および②風倒木を受け入れる製材工場について、風倒木の材質に対する認識を明らかにする。

研究方法

1) 関係機関への聞き取りによる被害地整理、および風倒木活用における課題探索
 方法：聞き取り調査（アンケート設計のため）
 ・素材生産者7社（被害地整理の事例数11）
 ・製材工場7社

2) 関係機関へのアンケート調査による課題整理
 方法：アンケート調査（2種類）
 ・素材生産者用 送付数546 回答数270 (49.4%)
 ・製材工場用 送付数189 回答数100 (52.9%)

研究成果

1) 関係機関への聞き取りによる被害地整理、および風倒木活用における課題探索

特に材の損傷が目立つトドマツ主体に聞き取り調査を行った。

- 被害地整理の現場では、幹折か根返かの違いで作業のし易さに違いがあること、根返は一般材にし易いという意見を得た（表-1）。一般材の販売価格は、原木の需給状況および製材工場との関係の影響があるようであった。
- 製材工場においては、風倒木特有の欠点を除去して利用できるが5社、利用できないが2社であった。製材歩留まりが低下することを反映し、風倒木由来の材を買わないが2社、一般材価格で購入するが、経営的にはより安い低質材価格（チップ価格よりは高い）で買いたい社が1社であった（表-2）。

以上より、素材生産者に対するアンケートには①現場作業性、②現場における風倒木の分別可否を、製材工場に対するアンケートには③風倒木の材質判断および風倒木の利用可否を問う項目を設定することとした。

表-1 素材生産者の風倒木（トドマツ）の材質に対する認識についての聞き取り調査結果

	事例1	事例2	事例3	事例4	事例5	事例6	事例7	事例8	事例9	事例10	事例11
現場(年)	幕別町(2002)	鹿部(2004)	千歳(2004)	千歳(2004)	積丹(2004)	士別(2004)	恵山(2016)	道南(2016)	豊頃町(2016)	オホーツク(不明)	オホーツク(不明)
所有形態	道有林	道有林	国有林	国有林	-	道有林	道有林	民有林	道有林	道有林	-
被害形態	幹折	根返	根返	根返	幹折	幹折	幹折	幹折	幹折	-	-
風倒方向	-	一定方向	-	一定方向	-	バラバラ	バラバラ	-	一定方向	-	-
作業性	-	整理易だが事例7より多少良い位	平時同様	3000円/m ³ (挫積まで)	-	6000円/m ³ (挫積まで)	平時の2倍掛かり増	-	平時の1.3-1.4倍	-	-
材質に対する認識	-	一方に根返りし、材質良い	根返木なら一般材として問題ない	一定方向に倒れ、材質は問題ない	幹折はどうか分からない	-	風に舞ったように幹折し、材質悪	-	-	-	-
一般材	-	-	-	-	-	-	2割(7-8割)	2割(8割)	4割(8割)	0割	-
パルプ	-	-	-	-	殆どパルプ	-	8割(2-3割)	8割(2割)	6割(2割)	10割	-
0内は			根返り木で良い木は一般材	根返り木で良い木は一般材	幹折ればパルプ	幹折れば大体パルプ	-	幹折はパルプ、根返・残存木は一般材	幹折、幹曲、組み合わせはパルプ	選別せず全てパルプ	平時同様見た目で振り分け
平時											
販売価格	値下げ	2割減	平時同様	-	-	-	2千円/m ³ 減	平時同様	平時同様	-	-
一般材に由来の	材価に丸太余りによる値下げ要求	被害を理由とした値下げ要求	-	風倒木が理由の値下なし	-	-	コロナ禍による需要減低下要求	-	原木不足・交渉積重ねで価格上昇	-	-
材質について	-	-	クレームなし	クレームなし	-	-	製材後に欠点判明も意外と使える	-	クレームなし	-	-
利用側からの評価	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
一般材としての使用期限	-	-	翌年5月	-	翌年5月	-	-	3年位、4年目	-	-	-

表-2 風倒木(トドマツ)由来の一般材材質に対する製材工場の認識についての聞き取り調査結果

	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
風倒木の出材場所(年)	道南(2016)	オホーツク(不明)	士別(2004)	苫小牧(2004)	上川(2006)	十勝(2016)	オホーツク(不明)
主力製品	建築材 製材 集成材	建築材 集成材	建築材 製材	建築材 製材	建築材 製材	建築材 製材	梱包材 パレット材
風倒木特有の欠点を認識	しない	する	する	する	する	する	不明
モメの除去:土場	行わない	不可	行わない	行わない	不可	可(打音)	行わない
モメの除去:製造ライン	可	不可	可	可	不可	可	可
経営的に利用できるか	可	不可	可	可	不可	可	可
過去の購入価格	一般材価格	購入せず	一般材価格	一般材価格	一般材価格 の7割	一般材価格	一般材価格
望ましい購入価格	-	購入せず	-	-	購入せず	低質材価格	-

2) 関係機関へのアンケート調査による課題整理

●素材生産者

- ①現場作業性：被害地整理では、平時と比べて人カチェーンソー伐採が増え、平時に対し平均1.5倍の人工数になるという回答が最も多く、2.0倍になるとの回答がそれに次いだ。現場作業の苦勞を尋ねた設問では「チェーンソーによる切り離し作業が危険」が最も多く選択され、次いで「絡み合った風倒木をほぐす」、「平時より疲勞する」、「チェーンソーによる作業能率が上がらない」の順であった(図-1)。
- ②現場における風倒木の分別可否：ほぼ半数(49%)が「普段通り見た目で分別」と回答した。

●製材工場

- ③風倒木の材質・利用可能性：風倒木を引き受けたことがあると回答した36社*のうちほぼすべての工場が「風倒木を利用できた」と回答したが、利用時の問題点として、59%が材質の欠点による「製材歩留まりの低下」を挙げた。風倒木の引き受け経験のない工場を含めて「一般材として」の利用可能性について尋ねた設問では、欠点を認識するかどうかの差異はあるものの、58社*中38社(66%)が利用可能と積極的な回答を選択した(図-2)。

材の欠点をどのように見つけているかについて尋ねたところ、「割れ」、「折れ」、「腐れ」の発見・除去は平時からの品質管理に含まれ、「モメ」については72社*中25社が「製造中にモメを発見できる」と回答、うち16社はさらに「発見したモメは除去可能である」と回答した。

風倒木を利用するとき、製材工場が素材生産者側に望むこととして、風倒木であることが分かること、損傷程度、幹折れ木・根返り木のどちらが多いかといった被害状況などの事前情報、および被害形態に応じた分別、が挙げられた(図-3)。

以上のアンケート調査より、製材工場側では、風倒木は製材歩留まりに問題があること、素材生産側に被害に関する情報や、原木のより詳細な分別を希望していることが明らかになった。一方、素材生産者側では、整理事業は危険であり平時より多くの人工数がかかることから、製材工場側が希望するような情報提供や、被害形態別の分別は十分に行えないといった実態が明らかになった。

※ 非該当、無回答の製材工場があるため、設問ごとの回答数はアンケート回答数100より少ない

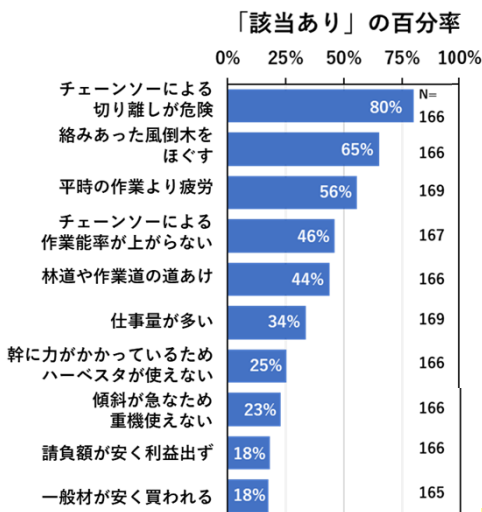


図-1 風倒被害地整理事業での苦勞

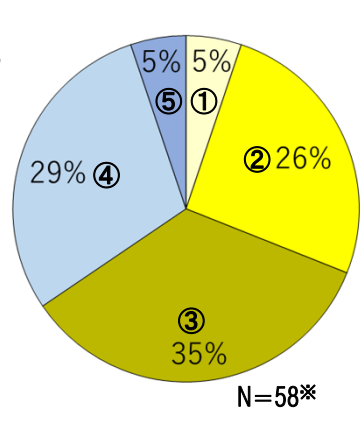


図-2 風倒木の一般材としての利用可能性

- ① 欠点を認識することなく、普段と同様の利用が可能である
- ② 欠点を認識するが、これが製品性能に影響することなく、普段と同様の利用可能である
- ③ 製品性能に影響する欠点を認識するが、欠点を除去して利用することができる
- ④ 製品性能に影響する欠点を認識するが、欠点を技術的に除去できないため、利用できない
- ⑤ 製品性能に影響する欠点を認識し、これを技術的に除去できるが、経営的には許容できない

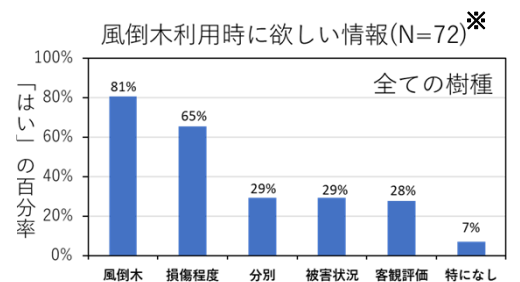


図-3 風倒木利用時に欲しい情報

風倒木：風倒木であることが分かること
 損傷程度：損傷の程度が大まかに分かっていること
 分別：幹折れ木、根返木が分別されている
 被害状況：現地の被害状況(幹折害、根返害どちらが多いか)
 客観評価：客観的評価に基づく品質保証
 特になし：特になし

道北地域の森林におけるエゾシカ生息実態把握技術の開発

担当G：道北支場

協力機関：北海道環境生活部、上川総合振興局、北海道大学、エネルギー・環境・地質研究所

研究期間：令和元年度～令和3年度

区分：受託研究（中川町）

研究目的

各地で市町村や森林管理者等によるエゾシカ個体数管理の取り組みが実施されるようになってきたが、エゾシカの生息状況把握や森林への影響に関して、これまでの研究はエゾシカの生息密度が高く積雪の少ない地域で行われたものが多く、多雪で大型のササが繁茂する道北地方では、既存の技術をそのまま適用できない場合がある。そこで、道北地方においてエゾシカの生息状況や森林への影響を把握する手法を開発する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

1. 森林への影響の把握

調査地：中川町 35地点 音威子府村 12地点
方法：林縁の広葉樹稚樹各地点10本
食痕調査、痕跡調査等

2. エゾシカの生息状況の把握

調査地：中川町内
方法：自動撮影カメラ 23台
UAVによる写真・動画撮影

研究成果

1. 森林への影響の把握

林道沿いの稚樹10本について、エゾシカの食痕ありを1点、食害の繰り返し等により成長が停滞しているものを2点として合計した食痕スコア、枝1本について芽鱗痕から推定した枝年齢（前年の枝の食痕ありを0年とする食害を受けなかった年数を最大5年まで数える）を調査した結果、従来から用いられている簡易チェックシートのスコアや自動撮影カメラによる1～2月の1日あたりエゾシカ撮影回数と相関が認められ、これらをエゾシカの影響の指標とすることが可能であることが示された（図-1）。

2. エゾシカの生息状況の把握

森林内に設置した自動撮影カメラと林道沿いに設置した自動撮影カメラを比較すると、ササの繁茂する林内ではエゾシカの撮影が少なく、エゾシカの生息の有無を把握するには林道沿いにカメラを設置するのが適していると考えられた（図-2）。

UAVによってエゾシカを探索したところ、機体の移動にともなって常緑針葉樹の樹冠で遮られる部分に変化したり、撮影中にエゾシカが動くことでエゾシカが確認できる場合があり、エゾシカの探索には可視画像を動画撮影するのが良いことが分かった（図-3）。

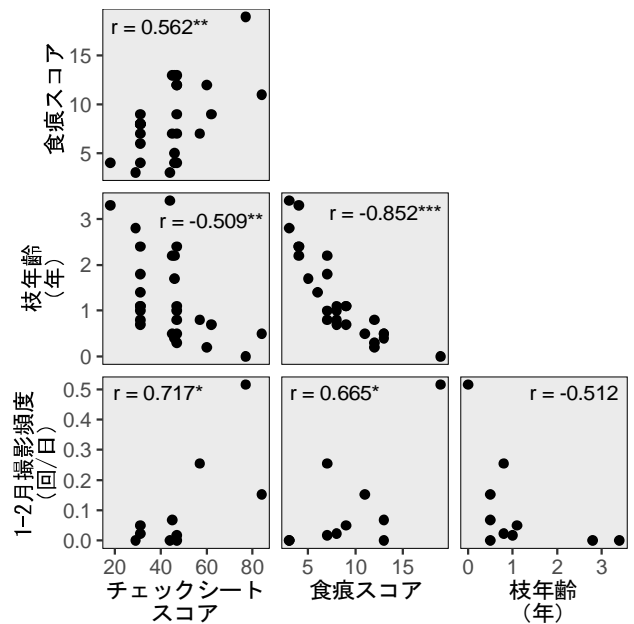


図-1 食痕スコア、枝年齢、簡易チェックシートスコア、自動撮影カメラによる1～2月のエゾシカ撮影頻度の相関



図-2 ササに覆われた森林内で撮影されたエゾシカ



図-3 UAVの機体の移動によって確認できたエゾシカ
左のシカは左の画像では確認できない。

野ネズミ発生予想の精度向上と再造林時に発生する枝条が野ネズミ被害に与える影響の解明

担当G：保護種苗部保護G、道北支場

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課、北空知森林組合

研究期間：令和3年度～令和5年度 区分：経常研究

研究目的

近年のエゾヤチネズミ発生数の変動に基づいた新たな予測式を開発するとともに、野ネズミの種判別の誤判定を少なくすることにより、発生予想の精度を向上させる。再造林時に発生する枝条集積地が野ネズミ被害に与える影響を明らかにする。

研究方法

1. 野ネズミ発生予測式の開発

2013年以降の野ねずみ発生予察調査データを整備し、新たな発生予測式を開発する。

2. 野ネズミ識別の誤判定事例の分析

野ねずみ発生予察調査で捕獲された野ネズミの写真を用いて、種判別の誤判定を収集し分析する。

研究成果

1. 2001年から2020年の各年10月の最大捕獲数を基に非階層クラスター分析(k-means法)によって市町村を分類し、それを基に13地域に分けた(図-1)。この地域区分を用いて2021年10月の捕獲数を予測した結果、10月の平均捕獲数1.44頭に対して旧予想式では平均3.47頭、新予想式では平均2.71頭となり、旧予想式に比べて実際の捕獲数との差は小さくなった。

2. 野ねずみ発生予察調査の結果と捕獲された野ネズミの写真を比較したところ、304地点のうち36地点66件で誤認が疑われる報告が確認された(表-1)。エゾヤチネズミに関する誤認には、エゾヤチネズミの幼体を識別できず「その他」に分類している事例(写真-1)や、ヒメネズミをエゾヤチネズミに誤認している事例がみられた。また、ミカドネズミとエゾヤチネズミを正確に識別できていない可能性があった。

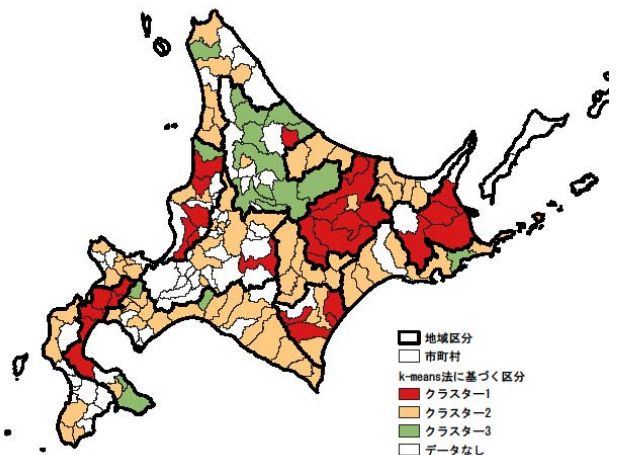


図-1 2001～2020年の各年10月の最大捕獲数にもとづくk-means法による市町村の区分

表-1 2021年6月の野ねずみ発生予察調査において野ネズミの識別に誤認が疑われた件数

正しい種	誤った分類	件数
エゾヤチネズミ	その他	5
ミカドネズミ	エゾヤチネズミ	4
ヒメネズミ	エゾヤチネズミ	3
エゾヤチネズミ	アカネズミ	1
ヒメネズミ	アカネズミ	43
アカネズミ	ヒメネズミ	8
トガリネズミ	ヒメネズミ	1
アカネズミ	ミカドネズミ	1



写真-1 野ネズミの誤認事例
(左から、エゾヤチネズミ(幼体)、エゾヤチネズミ、トガリネズミ、ヒメネズミ)

注) ここでは誤認されたネズミの数ではなく誤認があった写真1枚を1件、1枚の写真に異なる誤認があった場合は誤認1つにつき1件とカウント

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・南野一博(2022) 哺乳類3種による獣害の特徴と見分け方-カラマツ幼齢木を中心に-. 北方林業73(2): 27-30

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

担当G：道北支場

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、岐阜大学、山梨県森林総合研究所、
兵庫県立大学

研究期間：令和3年度～令和6年度 区分：公募型研究

研究目的

近年、日本各地でニホンジカの個体数が増加して植物種多様性が著しく低下する等の現象が生じており、植生への影響度を低減することが求められている。しかし、ニホンジカは日本の在来種であるため、現在見られるような植生への影響が過去にも生じていた可能性がある。そこで、ニホンジカとニホンジカの嗜好性植物、不嗜好性植物の塩基多型から、過去の個体群サイズを地域ごとに推定することにより、現在のニホンジカによる植生への影響度を、過去数千年スケールで位置付けて評価する。

研究方法

調査地

北海道道央以東の各地（収集済エゾシカサンプルの収集範囲）

北海道における採集候補植物種

アキノキリンソウ、ツリフネソウ、エゾアジサイ、クリンソウ、フタリシズカ

研究成果

植物試料の採集

芦別市、深川市、上川町、中川町、津別町、西興部村、釧路市音別町、釧路市阿寒町、厚岸町において候補種を探索し、5種合計204点のサンプルを採集した（図-1）。

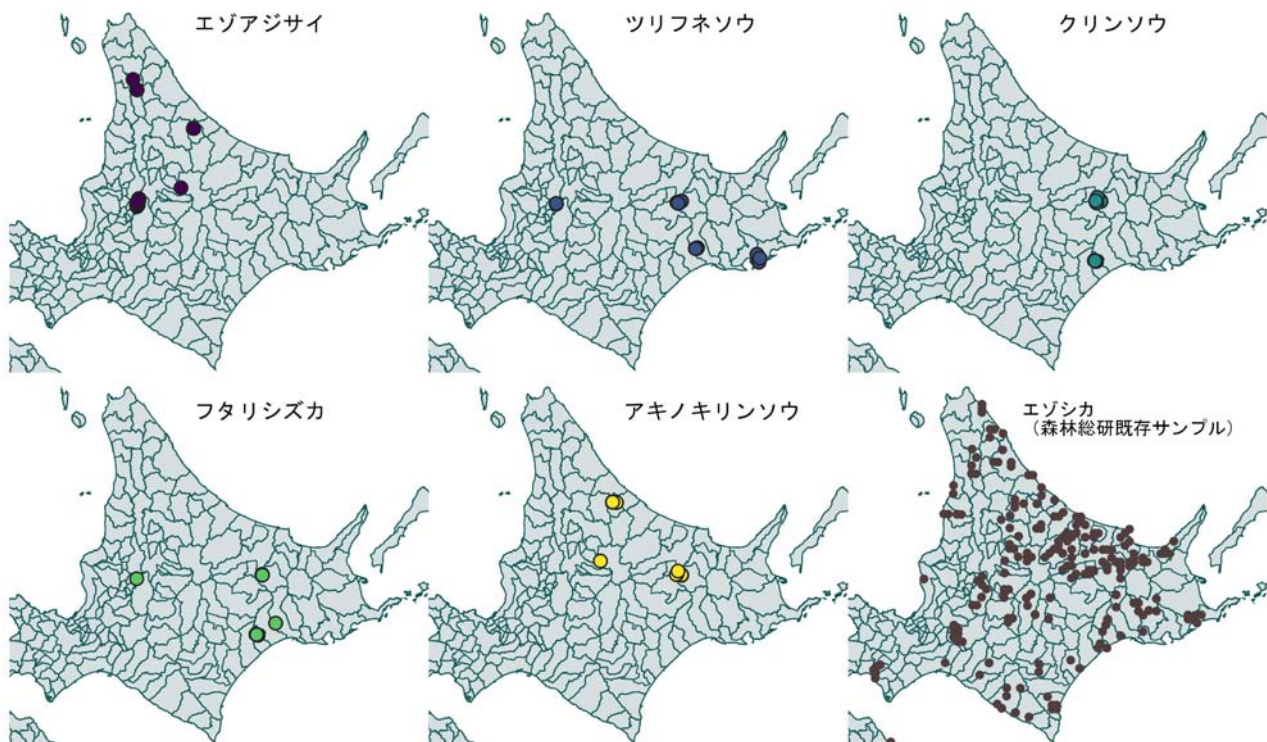


図-1 試料採集地点

ニホンジカ忌避剤効果試験

担当G：道北支場、保護種苗部保護G

協力機関：別海町森林組合

研究期間：令和3年度 区分：受託研究（林業薬剤協会）

研究目的

カラマツが適用対象となっていない忌避剤について、ニホンジカに対する食害防止効果を明らかにする。

研究方法

調査地：別海町145林班
カラマツ2年生
処理方法：供試薬剤10倍希釈、供試薬剤20倍希釈、
対照薬剤、無処理（各30本×3反復）

試験期間：6月29日～9月28日
調査項目：当年枝の伸長量
食害の発生状況
薬害の発生状況

研究成果

1. 当年枝の伸長量

試験開始から28日後及び91日後の調査において、10倍希釈区と無処理区の当年枝伸長量に有意差が認められた（図-1）。しかし、樹高のばらつきが大きく、91日後の樹高はいずれの処理間にも有意差は認められなかった。

2. 食害の発生状況

10倍希釈区における食害は、いずれの期間も無処理よりも有意に少なかった（図-2）。

3. 薬害の発生状況

供試薬剤散布区（10倍希釈区、20倍希釈区）では薬害と考えられる変色や失葉が認められたが（図-3）、樹高成長への影響は認められなかった。

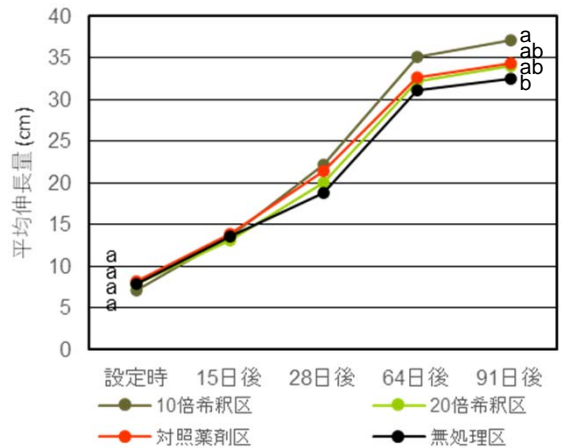


図-1 当年枝の伸長量（同じアルファベットは有意差がないことを示す）

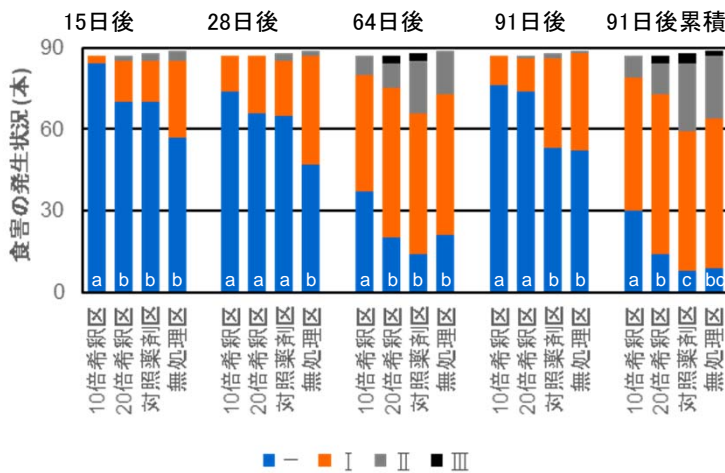


図-2 食害の発生状況（同じアルファベットは有意差がないことを示す）

Ⅰ：食害なし、Ⅱ：わずかに食害、Ⅲ：枝先の10%前後を食害、Ⅳ：枝先の30%前後を食害



図-3 薬害とみられる葉の変色（7月27日 20倍希釈区）

研究成果の公表

・明石信廣・南野一博（2022）ニホンジカ忌避剤効果試験。令和3年度林業薬剤等試験成績報告集 68-78

ストレス環境を考慮したカラマツ類の病虫害抵抗性の比較

担当G：保護種苗部保護G、森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林環境局森林活用課、北海道大学

研究期間：令和2年度～令和4年度

区分：経常研究

研究目的

クリーンラーチをはじめとしたカラマツ類造林での病虫害リスクを考慮した効率的な植栽の実現にむけて、若齢林でのカラマツ類の病虫害被害状況を示すとともに、カラマツ類の病虫害抵抗性の違いやストレス環境（乾燥・食葉性害虫などによる失葉）が各樹種の病虫害抵抗力をどの程度低下させるのかを明らかにする。

研究方法

1. 植栽地での病虫害発生状況調査

方法：カラマツ（以下JL）、グイマツ雑種F₁（以下F₁）、クリーンラーチ（以下CL）混合植栽地における病虫害の発生状況を調査するとともに、カラマツ落葉病の被害と葉の養分状態の関係を調査

2. 乾燥と失葉のストレス下での病虫害抵抗性

方法：JL、F₁、CLの2年生ポット苗に対して乾燥処理と食葉性害虫による失葉を模した摘葉処理を2020年と2021年に実施し、成長と縮合タンニン量（病虫害抵抗物質）への影響を評価

研究成果

1. 植栽地での病虫害発生状況調査

JLとF₁・CLとの間では植栽初期の枯損原因が異なり、JLでは野鼠害などの獣害による枯死が多かったのに対し、F₁・CLでは、ならたけ病（写真-1）などによる枯死が多いことが分かった。また、F₁やCLで発生しやすいカラマツ落葉病に対する感受性は、CLを除いて、葉の養分バランスと関係がみられ、N/P比が高い個体で激害となる傾向があった（図-1）。

2. 乾燥と失葉のストレス下での病虫害抵抗性

2年間の乾燥と失葉処理が成長や光合成活性に与える影響は樹種によって異なり、F₁とCLでは失葉時に低下量が大きかったのに対し、JLでは乾燥時に低下量が大きかった。

病虫害抵抗性に関しては、葉では縮合タンニン量への各処理による明瞭な影響が見られなかった。一方で、根系においては、どの樹種においても摘葉処理個体において縮合タンニン量の低下がみられ（図-2）、食葉被害時には根系の病虫害抵抗性が低下する可能性が示唆された。



写真-1：ならたけ病による枯損木
枯損木の地際部樹皮下にはナラタケ属菌の白色菌糸膜がみられる(右)

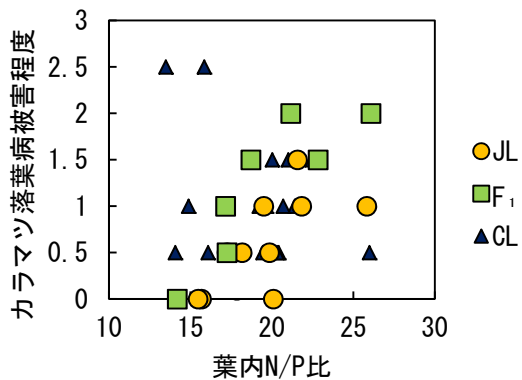


図-1：葉の養分状態とカラマツ落葉病被害程度の関係 和田ら2022（一部改変）

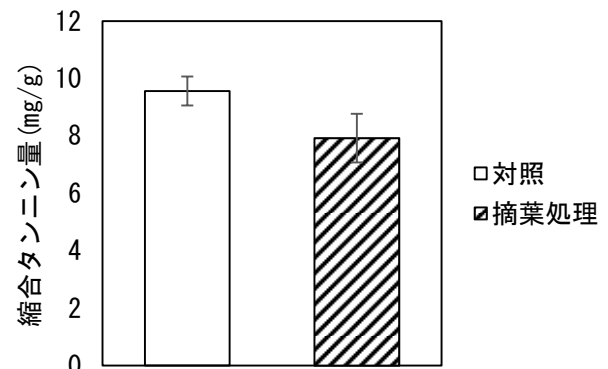


図-2：JLでの摘葉時における根系の病虫害抵抗物質（縮合タンニン量）

研究成果の公表

和田ら（2022）クリーンラーチにおけるカラマツ落葉病の発生状況と生理状態。北方森林研究 70：65-68

和田ら（2022）カラマツ苗木における乾燥と失葉処理時の葉と根系の病害抵抗性。第133回日本森林学会大会（オンライン）

北海道で急増するカラマツの大量枯死の原因解明 — 病虫害と衰弱要因の解明 —

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：北海道水産林務部、森林総合研究所、日本大学、北海道大学

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

北海道ではカラマツがここ数年で急激に衰弱し、大量枯死する事例が発生しているが、枯死原因は未だ特定されていない。本研究では、1) カラマツの直接的な枯死原因となっている病虫害の特定、2) 気象条件などカラマツを衰弱させる要因の特定により、北海道で急増するカラマツの大量枯死の原因を明らかにする。

研究方法

1. 全道的な被害の把握

- 2021年度に発生したカラマツの枯損被害と気象条件の関係を解析した。
- 使用したデータ
枯損被害：北海道庁森林整備課集計データ
気象条件：農研機構メッシュ農業気象データ

2. 被害多発地における詳細調査

調査地：足寄：228-2、三笠：18-3、奈井江：12-2、上富良野：①2-62、②66-29
方法：0.1haプロットの毎木調査
測定項目：直径、葉量、ならたけ害、樹脂滲出能等
※比較のため、被害が少ない空知・上川地方を追加
※林齢は、51～59年

研究成果

1. 全道的な被害の把握

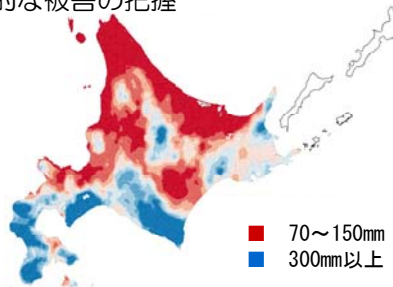


図-1 2021年5～7月の降水量の合計値 (農研機構メッシュ農業気象データ使用)

2021年5～7月の降水量を調べたところ、1973年以来最大規模の乾燥イベントが発生していた(図-1)。地域差をみると、特にオホーツク地方、上川地方などで雨量が少なかった。これらの地点は2021年度のカラマツ枯損被害の多発地域と一致しており、乾燥がカラマツの枯損をもたらした可能性が示唆された。

2. 被害多発地における詳細調査



写真-1 カラマツ枯死林分(上富良野66-29)



写真-2 生立木上の根状菌糸束

5林分の枯死率は、足寄7.3%、三笠16.9%、奈井江7.5%、上富良野①0%、上富良野②69.5%で、これまでの被害多発地(十勝地方)以外の上富良野でも大量枯死が発生していたことが明らかとなった(写真-1)。穿孔・剥皮調査からは、直接の枯死原因がカラマツヤツバキクイムシとナラタケ属菌であることが推察された(図-2)。本調査により、枯死被害が顕在化していないカラマツ林でもならたけ病に初期感染(写真-2)している個体が多いことが明らかとなった。

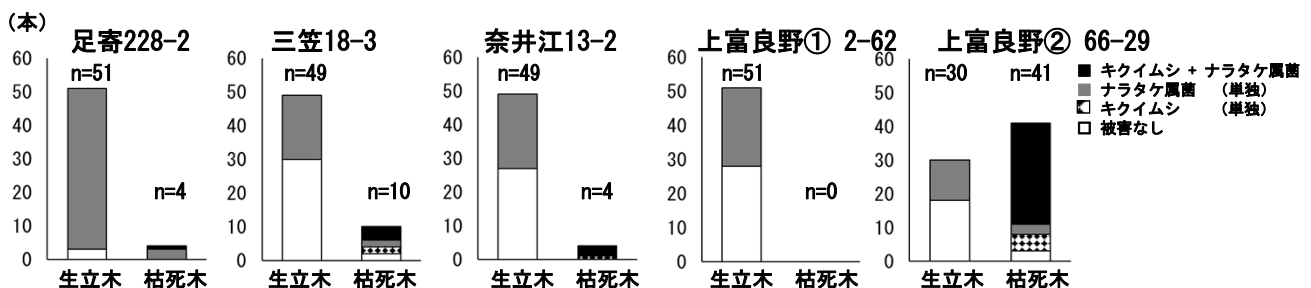


図-2 カラマツ生立木、枯死木の病虫害被害状況 (5林分で調査、プロット外の周辺木含む)

地域特性に応じた再生可能エネルギー供給と省エネルギー技術の社会実装

2.(1) 木質バイオマスの利用拡大技術の開発

担当G：森林経営部営G、道北支場

共同研究機関（協力機関）：エネルギー・環境・地質研究所（主管）、林産試験場、
建築性能試験センター、北方建築総合研究所、（当別町、㈱東日本計装）

研究期間：令和元年度～5年度 区分：戦略研究

研究目的

木質バイオマス利用のための先進的な技術・手法の実証、導入施設におけるバイオマスエネルギーの利用技術の高度化により、木質バイオマスの利用拡大のための政策立案に必要な課題を解決するとともに、その導入プロセスを構築することを目的とする。

研究方法

○現地調査
調査対象 トドマツ人工林6小班13プロット
面積 0.04ha(20m×20m)
調査内容 直径(cm)、樹高(m)

○UAV空撮
調査対象 トドマツ人工林4小班9プロット
調査内容 UAV空撮、データ解析

研究成果

昨年に引き続きUAV空撮画像および現地調査によるグラントゥールースデータを収集した。昨年度の調査で林分内での成林状況の違いが見られたため、今年度は成林状況の異なる林分での地上調査及びUAV撮影を行った（表-1）ところ、同一小班内でも混交率の差が複数の小班で確認された。

これまでの現地調査結果から、当別町のトドマツ人工林における林分ごとの地位指数を求めたところ、平均20.6で、全道平均17よりも高かった（図-1）。気象要因等から地位指数を予測するモデルを作成したところ、年降水量が低く、年最深積雪深が高いほど地位が高い傾向にあった。

表-1 今年度実施した現地調査とUAV空撮の概要

林小班	空撮	調査区	林分材積 (m ³ /ha)		
			トドマツ	その他	トドマツ率
16-44	○	1	401.8	0.0	1.00
		2	386.3	121.0	0.76
57-25	○	1	794.4	0.0	1.00
		2	575.6	0.0	1.00
59-4		1	486.4	0.0	1.00
		2	631.4	0.0	1.00
59-7	○	1	359.8	113.9	0.76
		2	336.1	73.4	0.82
60-8		1	548.3	0.0	1.00
		2	549.9	0.0	1.00
93-17	○	1	553.9	0.0	1.00
		2	329.2	0.0	1.00
		3	338.5	0.0	1.00

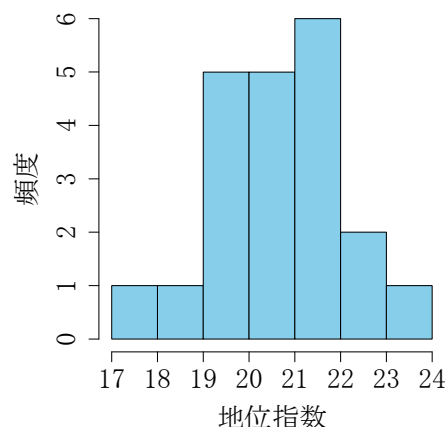


図-1 当別町トドマツ人工林の地位指数の頻度分布

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

山田健四(2021) 木質バイオマスのエネルギー利用における「炭素負債」と北海道人工林での検討。第70回北方森林学会 ポスター発表

温暖化に対する河川生態系の頑強性評価 ：微気象と連結性を考慮した適応策の構築

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：北海道大学、熊本大学、土木研究所、エネルギー・環境・地質研究所

研究期間：平成30年度～令和3年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、地質に着目した湧水分布推定や堰堤データベースの活用により、気候変動下における冷水性種の生息適地の持続性を考慮した水系ネットワークの管理指針を提示することを目的とする。

研究方法

●研究項目

- 1) 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測
 - ・現地調査：各調査点に温度ロガーを設置し、1時間毎に水温、気温を通年計測。
 - ・解析①：環境要因と夏季平均水温との関係を一般化線形混合モデルで解析。
 - ・解析②：将来気候と解析①の結果から将来の夏季平均水温を空知川流域で予測。
- 2) 魚類の生息適地の将来予測
 - ・現地調査：電気ショッカーでハナカジカを採捕。
 - ・解析①：ハナカジカの生存可能な温度閾値を把握。
 - ・解析②：将来の生息適地を空知川流域で予測。
- 3) 水系ネットワーク再生の計画手法の提示
 - ・解析：堰堤データベースと2)で得たハナカジカの生息適地の変化地図をオーバーレイ。

●調査地

- 1) 対象地 空知川、常呂川、函館圏域
 - ・地点数：計85地点
 - ・選定基準：徒渉が可能な規模の小河川。河畔が森林でおおわれている河川。幅広い気候条件（気温、降水量）をカバーする河川。
- 2) 対象地 空知川、千歳川、十勝川流域
 - ・地点数：計50地点
 - ・選定基準：徒渉が可能な規模の小河川
- 3) 対象地 空知川

研究成果

1) 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- ・道内の計85地点の水温および気温観測データから、森林河川の夏季平均水温を予測するモデルを構築した（図-1）。その結果、夏季平均水温は、夏季平均気温、流域火山岩率、夏季総降水量、夏季総降水量と流域地質間の交互作用によって説明できることが明らかとなった。夏季平均水温は夏季平均気温と正の相関が、火山岩率とは負の相関があり、特に湧水流入を介した火山岩率の負の影響は降水量が少ない地域ほど顕著であった。
- ・空知川を対象に、本モデル結果と気象研究所が開発した気候モデルMRI-CGCM3による気候予測値を用い、現在、約25年後（2041-2060年）、約50年後（2061-2080年）の流域全体の河川水温を算出した。3段階の排出シナリオで検討した結果、50年後までに流域全体でRCP2.6下では平均1.1℃、RCP4.5下で平均1.6℃、RCP8.5下で平均2.3℃の水温上昇が予測された。なお、RCPとはRepresentative Concentration Pathways（代表濃度経路）の略で、将来の大気中の濃度がどの程度になるかを想定したものです。



図-1 温度ロガーの設置流域および設置状況の例。

2) 魚類の生息適地の将来予測

- ・道内の分布データと観測した水温を解析した結果、冷水性魚類の代表的な種であるハナカジカの温度閾値（＝生息確率が0.5を下回る水温）が16.1℃であることが明らかとなった（Suzuki et al. 2021）。1) で予測した現在および将来の河川水温に基づき本種の生息適地マップを作製すると、火山岩流域では現在から将来にかけて生息域が維持される一方、それ以外の流域では生息域が大きく消失する可能性が高かった（図-2）。この予測結果は、流域地質に着目することが適応策の検討上いかに重要かを示すものである。

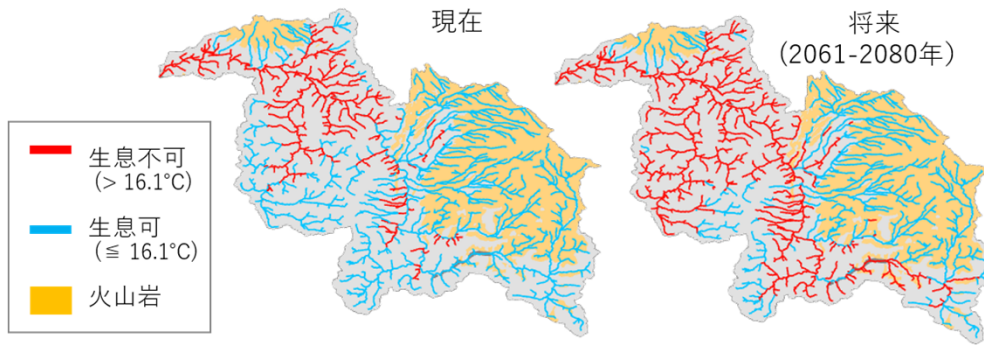


図-2 空知川におけるハナカジカの生息適地の変化。(RCP4.5の例)

3) 水系ネットワーク再生の計画手法の提示

- 治山ダム改良（魚道の設置、堰堤の切り下げ）による水系ネットワークの再生効果を最大化するには、改良した支流が保全対象の渓流魚の生息適地としてより長く機能する必要があるだろう。
- また、分断化が進行する生息地ほど個体群の縮小による絶滅リスクが高まるため、分断化が進行した（＝堰堤密度が高い）場所から優先的に再生することが望ましいと考えられる。
- これら「生息適地の持続性」と「堰堤密度」を考慮しつつ、空知川下流域を例に治山ダム改良の候補箇所を検討した。図-3に示すように、特に①を付した支流は、長期的に冷水性種の生息適地として冷温が維持され、かつ堰堤密度がより高いことから、改良の優先度が高いことが分かる。
- 複数種が生息する場合、これらの選定行程を種ごとに実施しどの種でも優先度の高い支流から治山ダム改良を行うことで、より汎用性の高い事業が行えるだろう。

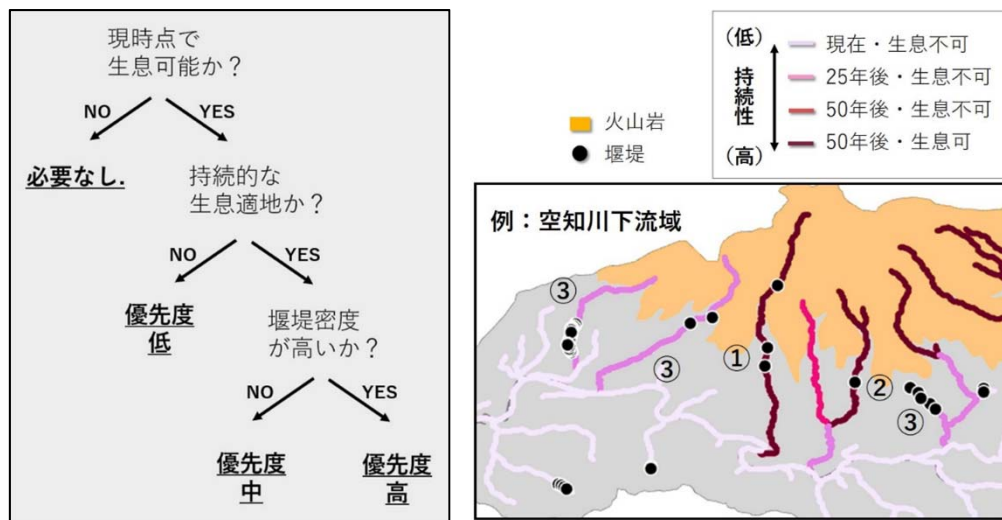


図-3 治山ダム改良の優先順位の考え方(例:空知川下流域)。*支流に付した数字は優先順位の高さを示す。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 速水将人, 石山信雄ほか (2021). 北海道の渓流魚を対象とした治山ダムの改良効果の検証: 長期モニタリングによる検証と環境 DNA の活用可能性. 応用生態工学, 24(1), 61-73.
- Ishiyama, N. et al. (2021) Geology - dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. Conservation Biology35.
- 石山信雄, 中田康隆, 末吉正尚 (2020) 気候変動下での河川ネットワーク管理. 河川11月号.
- Ishiyama, N. et al. (2022). The role of geology in creating stream climate-change refugia along climate gradients. bioRxiv.
- Suzuki, K., Ishiyama, N., Koizumi, I., & Nakamura, F. (2021). Combined effects of summer water temperature and current velocity on the distribution of a cold-water-adapted sculpin (*Cottus nozawaae*). Water, 13(7), 975.
- 国土交通省 (2021) 「河川事業における生態系保全に関する評価の手引き(実務者向け)(案)」
(https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kankyoga/gyou/panf/seitaikai_network_hyoka.pdf)

気候変動に伴う河川生態系のリスク評価 ：統計モデルとメソコスム実験の融合

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：北海道大学（主管）、土木研究所、愛媛大学、熊本大学、九州大学、
トリニティ大学

研究期間：令和元年～令和5年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、水温モデリング、種分布モデリング、および野外操作実験を統合することで、種・群集・生態系と異なる階層において、温暖化の河川生態系への影響を予測する手法を提案することを目的とする。

研究方法

●研究項目

- 1) 全国スケールでの河川水温推定
 - ・水温および気温の観測ネットワーク構築
 - ・設置済みの温度ロガーのデータ回収
- 2) 生物分布の変化予測・将来予測
 - ・水生昆虫のサンプリング

●調査地域

- ・道内（天塩川、空知川）
 - ・道外（肘川、木曾三川）
- ### ●水温観測地点の選定基準
- ・土地利用、河川規模、地質、標高、地形等が流域内ではばらつくよう流域全体に複数地点を設定

研究成果

1) 全国スケールでの河川水温推定

- ・2019年に愛媛県・肘川流域に設置した水温・気温ロガーのデータ回収を行い、26地点中13地点について夏季水温データを得た（図-1）。
- ・他の3流域（天塩川、木曾三川、空知川）については8割程度の割合で回収に成功した。

2) 生物分布の変化予測・将来予測

- ・空知川流域において22支流43地点の分布情報を得た（図-2）。カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目、双翅目、甲虫目の個体数と環境要因（夏季平均水温、平均流速、河床材料、窒素濃度、等）の関係を一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて解析した。その結果、カワゲラ目、双翅目、甲虫目については水温が低い河川で個体数が多かった。この結果は各目における冷水性種の存在を示唆しており、今後の各種の分布予測や実験に用いる対象種の選定に有用な知見と言える。

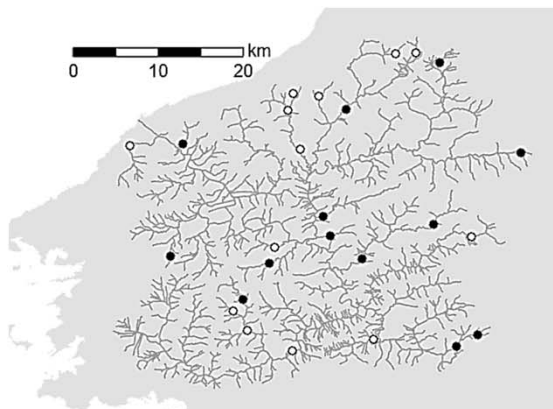


図-1 愛媛県・肘川流域でのロガー回収の結果。
(黒丸は回収成功、白丸は失敗を示す)

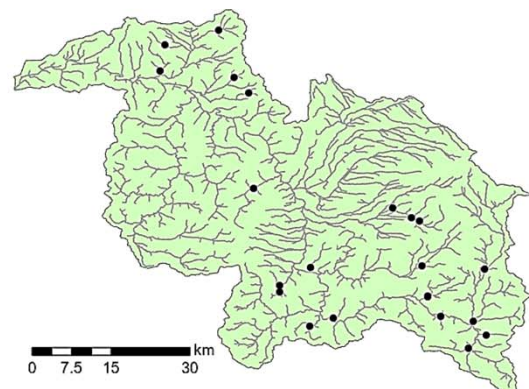


図-2 北海道・空知川流域における昆虫調査地点。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Ishiyama, N., Sueyoshi, M., Molinos, J. G., Iwasaki, K., Negishi, J. N., Koizumi, I., Nagayama, S., Nagasaka, A., Nagasaka, Yu., Nakamura, F. (2022). The role of geology in creating stream climate-change refugia along climate gradients. bioRxiv.

治山ダム設置前後の地形・植生変化の 効率的な把握手法の検討

担当G：森林環境部環境G

協力機関：エネルギー・環境・地質研究所、北海道水産林務部林務局治山課、空知総合振興局林務課・森林室

研究期間：令和元年度～3年度

区分：経常研究

研究目的

森林溪流では、流域の土砂動態を安定化させ荒廃溪流化を防ぐため、治山ダムと呼ばれる小型の河川横断工作物が設置される。本研究では、既存の測量技術と最新のリモートセンシング技術を活用し、治山ダム設置前後の地形・植生変化把握手法について検討する。

研究方法

●研究項目と方法

1. 治山ダム設置前後の地形変化の時系列解析

- 過去の治山台帳からダム設置前の河床復元
- ハンドオーガーによる地下掘削調査
- トータルステーションによる現在の地形測量
- RTK-UAV、ipad LiDARによる効率的な地形把握手法の検討

2. 治山ダム設置前後の植生変化の解析

- 治山ダム周辺に生育する樹種の現地調査
- 小型軽量UAVによる植生把握手法の検討

●調査地

道有林空知管理区 豊沼奈江川流域・美唄ダム周辺・林業試験場内の合計8基の治山ダム

研究成果

●治山ダム設置前後の斜面・溪床・堆積地変化の時系列解析

時系列変化を解析するため、過去と現在の地形変化を評価した結果、ダム後背面の堆積地は35年間で3回程度の出水で徐々に変化し、計画勾配が達成されていた(図-1)。RTK-UAVにより、トータルステーションの1/10の時間(298分→30分)で、誤差20cm程度で河床の測量結果が得られ(図-1)、同時に地上解像度2.6cm/pixの高解像度3Dデータが得られた(図-2)。RTK-UAVを用いれば、短時間で治山ダム周辺の地形データを面的に取得できるとともに、任意の期間の地形変化の時系列解析も可能であることが示された。

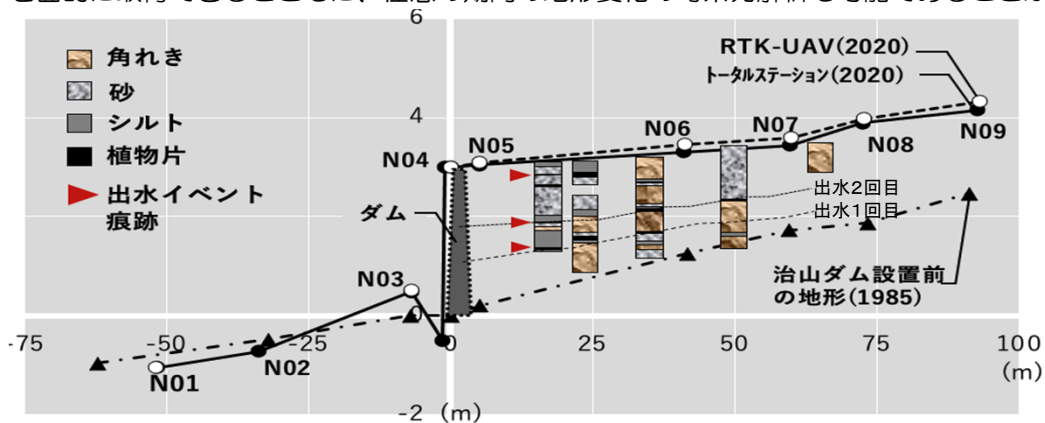


図-1. トータルステーション・ハンドオーガー・RTK-UAVによる解析結果



図-2. RTK-UAV空撮画像から作成した治山ダム周辺の3Dモデル

●治山ダム設置前後の植生変化の解析

RTK-UAVと小型軽量UAVで高解像度3Dモデルとオルソ画像を作成した結果、ダム設置から50年後の後背面の堆積地に樹高7~11mのヤナギ属・ケヤマハンノキ・ドロノキ・ヤチダモなどが優占する森林を判読できた。小型軽量UAVを用いれば、任意期間の植生変化を効率的に把握できることがわかった(図-3)。

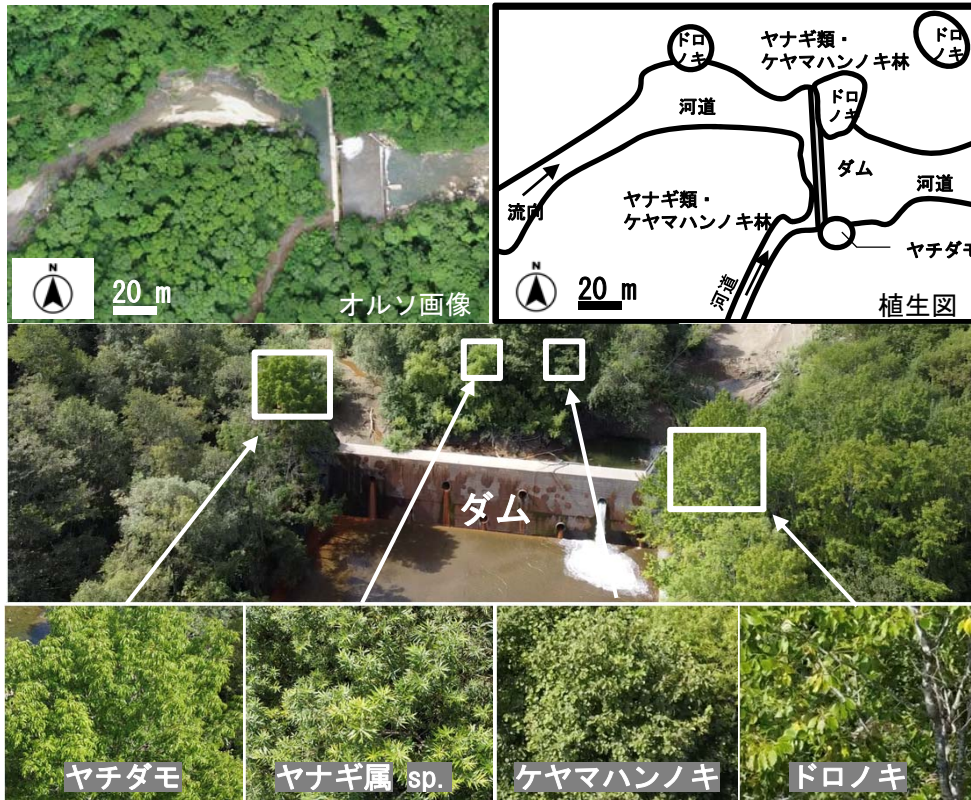


図-3. RTK-UAVおよび小型軽量から作成したオルソ画像(上段左)と作成した植生図(上段右), 小型軽量UAVで撮影した動画から行った樹種判定の様子(下段)

●iPad LiDAR (タブレット端末内蔵型レーザースキャナ) の活用

約300m²を15分間・誤差5cm以内で3Dスキャンが可能で、取得データから3D模型化に成功した(図-4)。RTK-UAVや小型UAVとの組み合わせで、効率的で正確な時系列解析が可能な現場データ管理技術を確立した。

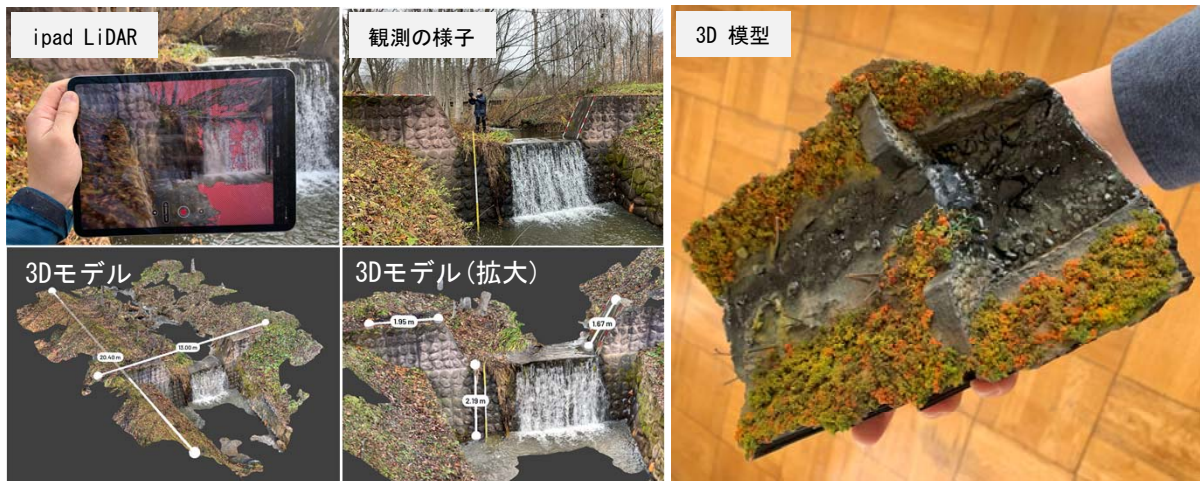


図-4 iPad LiDAR測量の様子(上)と構築した3Dモデル(下)。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- Hayamizu M and Nakata Y(2021) Accuracy assessment of post-processing kinematic georeferencing based on real-time kinematic unmanned aerial vehicle and structure-from-motion photogrammetry: Topographic measurements of a riverbed in a small watershed with a check dam. TechRxiv
- 速水将人、中田康隆(2022) 治山ダムと周辺の地形・植生を測る新しい方法ー その1: ドローンを用いた空中写真測量ー 光珠内季報 202 8-14
- 速水将人、中田康隆、濱坂 晃(2022) 治山ダムと周辺の地形・植生を測る新しい方法ー その2: iPad LiDARを用いた3D測量ー 光珠内季報 202 15-18
- 速水将人ほか5名(2021) 治山ダム研究の最前線- 防災と生態系保全の両立を目指して グリーントピックス (61)
- 速水将人ほか5名(2020) 国際学会発表1件 (JpGU2020)

SDGsの達成に向けた森林活用を学ぶ教材の開発と実践

担当G：道南支場

共同研究機関：林産試験場（主管）

協力機関：旭川工業高等専門学校、北海道教育大学、旭川農業高等学校

研究期間：令和3年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

SDGs達成に必須である「持続可能な森林の活用」に関する新たな学習方法提案に向け、若者の森林知識に関する調査および統計学的解析によるデータ蓄積を行うとともに、森林学習指導者（学校教員、行政職員等）が若年層（高校生・大学生）へ森林・木材に関する知識を効率的に教えるための学習用教材を開発する。

研究方法

調査地：旭川市・札幌市
協力機関に示した高等専門学校・大学・高等学校等の学生・生徒に協力を依頼して調査を実施

調査方法：高校・大学の教員や学生を対象とした聞き取り・アンケート調査と多変量解析による森林・林業・木材産業に関する知識傾向の把握

研究成果

1) SDGs達成に資する森林関連情報の収集・精査

(i) 森林・林業に対する青年層の意識

SDGsの認知・森林の保全と伐採など、森林・林業への意識を尋ねる質問を提示し、結果に主成分分析を適用して5つの主成分を導出した。これらのうち「経済活動としての林業・林産業への理解」（第2主成分）、「林業・林産業の現場への理解」（第3主成分）、「木材資源の持続可能な利用への理解」（第4主成分）、「自然界（森林）における木材資源の生産力への理解」（第5主成分）を重視した教材づくりの必要性が示唆された（図-1）。

(ii) 森林・林業に対する青年層の知識

森林の生物・林業・木材・森林機能・森林と社会・経済に因んだ問題（5分野各4問：教科書やマスコミ報道・専門性の高い内容から構成）を提示し、結果に対応分析を適用したところ、林業・森林の生物・木材の問題に比較し、森林機能や森林と社会・経済に因んだ問題が被験者にとって難しさの度合いが高かった（図-2）。

(iii) 2つの分析結果のまとめ

森林・林業・林産業などに関する断片的な知識習得ばかりではなく、それらと社会生活・経済活動との具体的な関わりを実感し考える仕組み作りが青年層のための教材開発に求められると考えられた。林業・林産業の実態を臨場感をもって伝え、社会・経済活動において生じる諸問題・サプライチェーンの実態など、彼・彼女らにとって不可視化されたままになっている状況を明確に伝える内容を教材に盛り込む必要性が高いと考えられた。

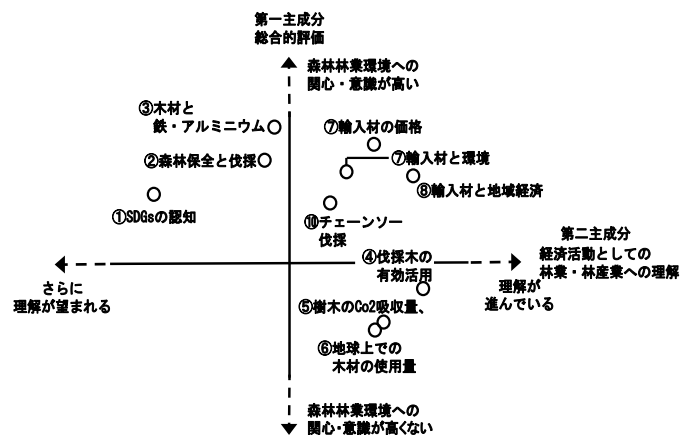


図-1 主成分分析の結果例（第1・第2主成分）

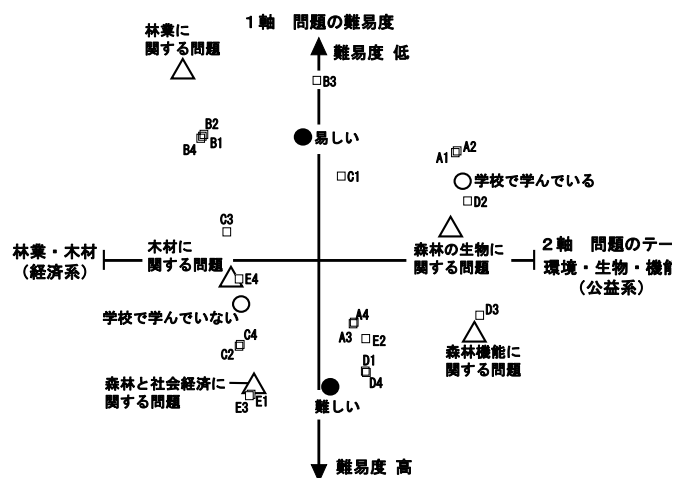


図-2 対応分析の結果（●難易性 ○学校での取り扱い △問題の分野 □各問題（A1～E4:20問）

本道に自生するツルコケモモの栽培化に向けた 遺伝資源の収集とクローン増殖技術の開発

担当G：森林環境部樹木利用G

協力機関：北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター、赤平オーキッド(株)、JAびばい

研究期間：平成29年度～令和3年度 区分：経常研究

研究目的

本道に自生するツルコケモモを新規の栽培作物として農家へ普及させることを目的として、①遺伝資源の収集、②クローン苗の生産技術の開発、③系統の育成をおこなう。

研究方法

項目：①遺伝資源の収集

②クローン増殖技術の開発

③栽培特性の評価

方法：①道央地域を中心として、自生地からツルコケモモの収集をおこなう。

②組織培養によるクローン増殖技術を確立する。

③圃場での栽培から、系統間における成長量などの比較と栽培特性を評価する。

研究成果

①遺伝資源の収集

- 着花量と開花時期（早生、中生、晩生）を選抜基準として、美唄湿原（北海道農業研究センター美唄試験地）から12個体、標津湿原（私有地）から8個体を収集した（写真-1）。



写真-1 ツルコケモモの自生地（左）における選抜個体の開花（中）と結実（右）

②クローン増殖技術の開発

- 炭素源としてサッカロースとトレハロースを添加した寒天培地に外植体（節部切片）を置床することでシュートが伸長し、節数が増加することを確認した（表-1）。
- 上記のシュートを同一組成の寒天培地に植え継ぐことで、やがて多芽体（＝培養を経てできる不定芽の塊）へ分化した（写真-2）。

表-1 光源・炭素源・エチレン生成抑制物質（STS）が培養物（節部切片）の成長に及ぼす効果

光源	培養条件		30日間の培養で成長した量		
	炭素源	STS添加	シュートの数 (本)	節数 (個)	シュートの長さ (cm)
蛍光灯	サッカロース		1.1	10.7	4.0
	サッカロース	○	1.1	9.6	4.1
	トレハロース		1.2	9.5	3.2
白色LED	トレハロース	○	1.2	12.5	3.7
	サッカロース		1.1	11.1	5.1
	サッカロース	○	1.0	10.9	5.0
	トレハロース		1.1	10.5	4.1
	トレハロース	○	1.3	9.4	3.4

注：培養物はシュートを切り分けた3節持つ節部切片 供試数は30個/処理区
基本培地は、WP寒天培地+BAPO. 4mg/l STS:チオ硫酸銀錯塩



写真-2 トレハロースを添加した培地で誘導した多芽体

- ・寒天培地上で伸長したシュートを節ごとに切り分けた節部切片から植物体を増殖（個体再生）する培養系を確立した(写真-3)
- ・この培養系では3節を1単位とした節部切片を30日間培養した結果、8系統中7系統において、15節以上に増殖した(図-1、写真-4)。節数の増殖率が5倍以上/30日であることから、実用的な培養系であると判断した。また、節の増殖数には、系統間に0.1%水準で有意な差異を認めた。

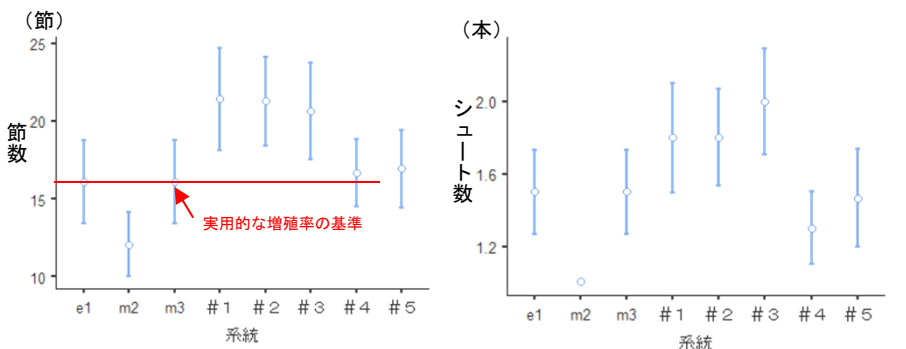
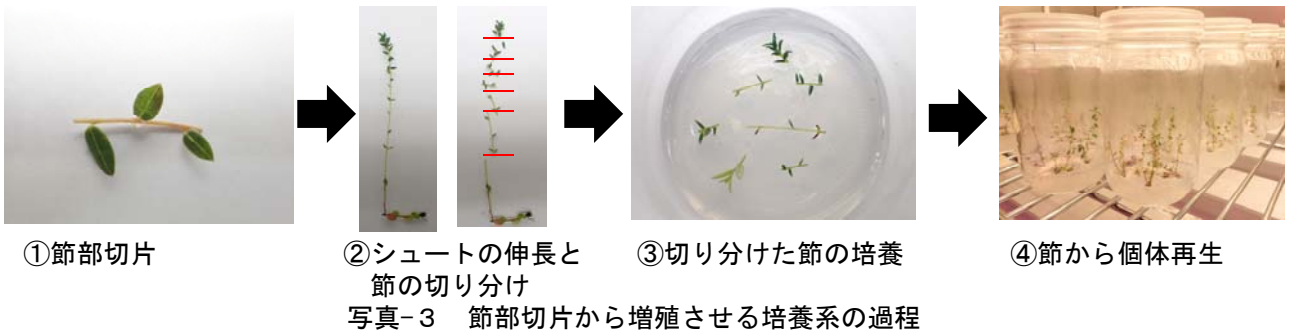


図-1 3節の節部切片を30日間培養したときの節数とシュート数から見た成長量（左図：節数 右図：シュート数 供試数：30個体/系統）

写真-4 30日間培養した状態

②栽培特性の評価

- ・前述のクローン苗を圃場へ定植したところ、1生育期間（4月-11月）に伸長したシュートの長さは23.7から62.5cmの範囲で系統間に1%水準で有意な差異があった(図-2)。
- ・圃場に植栽して翌年からわずかに開花するが、開花と結実の量は4年目以降に増加した(写真-5)。

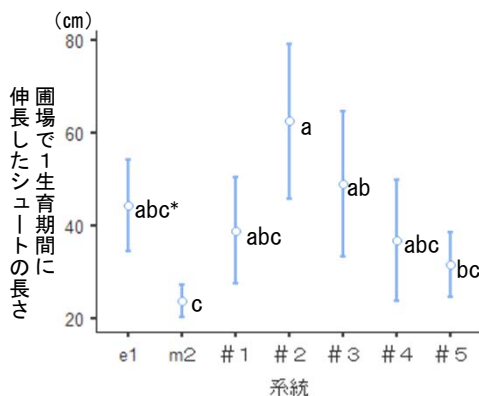


図-2 圃場における1生育期間のシュートの伸長量
*：異文字間に有意差あり (P<0.01)



研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・錦織正智(2019) 昔、ツルコケモモはヌマボボと呼ばれていた。光珠内季報190：11～15
- ・平成31年 北海道森づくり研究成果発表会 「本道に自生するクランベリー（ツルコケモモ）の栽培化に向けた取り組み」
- ・プレス空知(2019) ツルコケモモを栽培化
- ・錦織正智(2019) 北海道産ベリー「ツルコケモモ」の栽培化を目指す。グリーントピックス No60
- ・錦織正智、脇田陽一、市川裕章、和田未架(2019) 北海道における木本植物の組織培養の成り立ちから現在まで 第37回日本植物細胞分子生物学学会大会
- ・カルチャーナイト2020【道総研】北海道に自生するクランベリー「昔食べていた」って本当?「おいしい」って本当?
- ・錦織正智(2022) 入植者はクランベリーと出合い、どのように使いこなしてきたか? ～北海道の場合、米国の場合～ 令和4年 北海道森づくり研究成果発表会

マツタケ菌根苗安定生産技術の開発

担当G：保護種苗部育種育苗G、森林経営部経営G

共同研究機関（研究機関）：林産試験場（主管）、（北海道水産林務部森林環境局森林活用課・道有林課、北海道大学、オホーツク総合振興局西部森林室、足寄町、㈱伊藤組

研究期間：令和3年度～令和6年度 区分：経常研究

研究目的

マツタケなど菌根性きのこを人工栽培する方法の一つに、菌を接種した苗木(菌根苗)を林地に植え付け、林分に菌を定着・きのこ発生させる方法(林地栽培)がある。これまでに、無菌環境で菌を接種する「マツタケ菌根苗の作製方法」を北海道大学と共同開発した。植栽試験など次のステップに進むためにまず、菌根苗を大量かつ安定的に育成する方法を開発する必要がある。また、北海道におけるマツタケの発生環境の情報は極めて少ないことから、接種に適した林地条件を明らかにするために、発生地の情報を収集する必要がある。

研究方法

1) 初期育苗時の雑菌感染を防ぐため人工培土や殺菌剤を用い、ハウス環境下でマツタケ菌を接種したコンテナ苗を育成し菌根形成率を調査する。
調査項目：接種および管理方法の検討、苗木の成長・健全性の評価、菌根形成の評価

2) 道内のマツタケ発生地において環境情報を収集し、その特徴（地質、土壌、地形、林相等）を整理する。
調査項目：マツタケ発生地情報の収集、環境・地理情報の収集・整理、現地調査、土壌分析

研究成果

1) ハウス環境下における菌根苗の育成

前年11月に抗真菌剤処理を行い越冬させた4年生コンテナ苗、野外環境で栽培した1年生コンテナ苗、人工培土を使用した当年生プラグ苗(写真-1)を4-7月に接種源とともに新しいコンテナに植え付けた(写真-2)。3ヶ月後または6ヶ月後に根の一部を採取し、抽出したDNAがマツタケに特異的な塩基配列を含むかPCR増幅を行って判別した。2020年に接種した苗木の根を調べたところ、12ヶ月後にはすべての樹種でマツタケが検出された(表-1)。2021年に接種した4年生トドマツコンテナ苗においても検出された(表-2)。

樹種、苗木に対する抗菌剤処理や施肥はマツタケ菌を阻害または促進すると考えられていたが、今回の結果ではいずれも明瞭な傾向は見られず、すべての条件でマツタケ菌根形成が見られた。

2) マツタケ発生地における環境情報の収集

林業試の過去の資料からオホーツク西部森林室管内のマツタケ発生地と考えられる10箇所を踏査し、GPS情報を取得した。GIS上に発生地データを作成し、地質図や土壌図などと重ね合わせて環境情報を整理した。

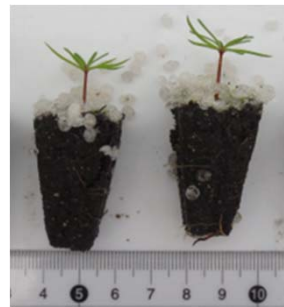


写真-1 人工培土プラグ苗



写真-2 接種後の管理状況

表-1 2020年に接種した当年生人工培土プラグ苗の根系におけるマツタケ検出頻度

樹種	マツタケ検出数/調査数	
	接種3ヶ月後	12ヶ月後
トドマツ	0/5	2/5
カラマツ	3/5	3/5
グイマツxカラマツ雑種F1	5/5	1/5
アカエゾマツ	3/5	2/5

表-2 2021年に接種した4年生抗菌剤処理トドマツ苗の根系におけるマツタケ検出頻度

抗真菌剤処理	施肥	マツタケ検出数/サンプル数		
		接種3ヶ月後	6ヶ月後	12ヶ月後
200倍	あり	1/7	0/7	3/7
	なし	2/7	3/7	2/7
2000倍	あり	2/7	2/7	4/7
	なし	3/7	1/7	5/7
なし	あり	2/7	4/7	3/7
	なし	2/7	2/7	4/7

持続可能な農村集落の維持・向上と 新たな産業振興に向けた対策手法の確立

1.(1) 持続性の高い地域水インフラの運営・再編支援システムの開発

担当G：森林環境部環境G、道東支場

協力機関、研究機関：北方建築総合研究所（主管）、エネルギー・環境・地質研究所
（富良野市）

研究期間：令和2年度～令和6年度 区分：戦略研究

研究目的

人口減少が続く中、地方自治体による運営を主軸とした従来型の生活系水インフラ維持管理の継続が困難になっており、水源・施設・維持管理体制など、身の丈に合った運営体制への再編を進めるための支援システムが求められている。本研究では、市町村が管理する形式だけでなく、地域住民による地域自律管理型など様々な主体が関与する水インフラの経営形態や施設再編の可能性を検討する。

令和2～3年度は、水需要実態とその要因について全道的な概況を把握し、水インフラ運営・再編支援システムに求められる機能と情報を明らかにする。

研究方法

●調査項目と方法

- 1) 小規模水インフラの運営・再編に関する実態の把握
- ・小規模水道の水源・施設・運営実態の調査、統計データの収集分析

●調査地

- ・富良野市
（富良野市役所、東京大学富良野演習林等）

研究成果

1) 小規模水インフラの運営・再編に関する実態の把握

- ・富良野市内の小規模水源の水道利用組合にヒアリングを行うとともに施設の設置、使用状況について現地視察を行った（写真-1、2）。表流水利用では、融雪時、大雨出水時に濁りが入ること、取水口に落葉落枝、土砂が溜まるため、除去作業が必ず生じることが維持管理上の負担になっていた。
- ・次年度現地検証を実施する関係自治体に対し、支援システムの設計に関する事前ヒアリングを行った。水道再編の必要性について、現状認識は隣接する町村の間でも異なり、地理的な立地特性の違い（平野部が多いか山麓・丘陵地域が多いかなど）や給水人口規模の違いによるものと考えられた。



写真-1 小規模取水施設の一例（富良野市内）。
富良野市内の山地溪流。河道内に取水口を置き、
管路を引いて下流に送水している。



写真-2 簡易処理施設の一例。
写真1の下流地点に設置されている石濾過装置。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・岩崎ほか、第133回日本森林学会大会（口頭発表）令和4年3月。

水資源の利用・管理支援システム 「水資源Navi(地域別)」の開発

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関(協力機関)：エネルギー・環境・地質研究所(主管)、北方建築総合研究所、福島大学 共生システム理工学類、(訓子府町、さく井協会北海道支部、北海道大学)

研究期間：令和2年度～令和5年度 区分：重点研究

研究目的

地域自律型水道の分散水源の確保や水資源を活用した企業誘致などの産業振興の推進において、市町村が利用目的に応じた水資源の確保と持続的な利用を図るため、水資源を見える化し、水資源の利用・管理を支援するシステム「水資源Navi(地域別)」を開発する。

研究方法

●研究項目

- 1) 水資源データベースの作成
 - ・全道の沢水取水地点に関する情報収集と電子化
- 2) 森林流域における表流水の流出特性・水質形成要因の類型化

●調査地域

- ・空知川流域、常呂川上流域、函館平野※
- ※函館平野の調査はR3年度以降に開始

●調査方法

- ・各地域それぞれ10～20流域の森林溪流(面積10²～10³haクラス)における流量観測と採水分析

研究成果

- 1) 水資源データベースの作成
 - ・昨年度に加え、国有林・道有林および大学演習林内に設置されている沢水取水地点に係る情報収集を行い、6市15町合計110地点の取水施設情報を得た。位置情報はGISデータとして整備した。
- 2) 森林流域における表流水の流出特性・水質形成要因の類型化
 - ・モデル地域(空知川流域・常呂川上流域・函館圏域)において、地質タイプ(堆積岩類/火山岩類等)、標高、集水域サイズ等を考慮して調査定点を設け、ロガーによる水位の連続観測と現地流量観測(年3～4回)を行った。
 - ・複数年のデータが蓄積された空知川流域の水位データについて、マニング法を用いて流量計算を行い、流況を把握した(図-1)。
 - ・次年度以降、他流域のデータも含めて、流況指標と環境条件等との関係を解析し、モデル構築を試みる。

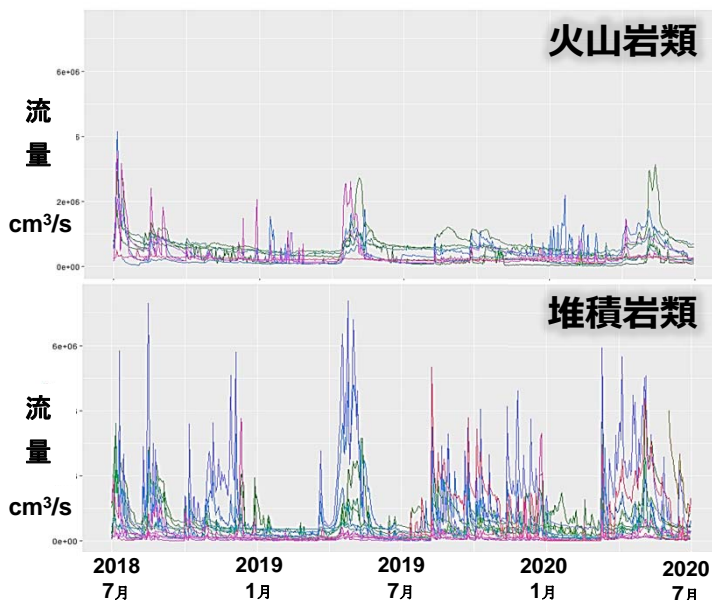


図-1 地質タイプの異なる流域における流量変動

空知川流域35地点(上：火山岩類12地点、下：堆積岩類23地点)における2018年7月～2020年7月の流量観測結果。

異なる色はそれぞれ異なる流域のデータを示す。

北海道胆振東部地震による崩壊斜面における 植生回復手法の開発

担当G：森林環境部環境G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林環境局道有林課、胆振総合振興局
森林室、厚真町

研究期間：令和元年度～3年度 区分：道受託研究

研究目的

2018年9月6日発災の北海道胆振東部地震では、厚真町を中心に約4300haの森林が被災した。森林再生の検討にあたっては土壌調査が必要だが、詳細な土壌調査を広域に実施することは現実的ではないこと、また、大規模崩壊地における植生導入の知見が不足していることが問題となった。問題解決のため、本研究では、土壌の簡易評価・判定手法の開発と、土壌条件に応じた植生導入手法の解明を行った。

研究方法

1. 土壌の簡易評価・判定手法の開発

- 1) 崩壊地土壌における植生の生育阻害要因の解明
- 2) 土壌の簡易評価・判定手法の開発

2. 土壌条件に応じた植生導入手法の解明

- 1) 植栽試験
- 2) 自然回復調査

研究成果

1. 土壌の簡易評価・判定手法の開発

1) 崩壊地土壌における植生の生育阻害要因の解明

- ・崩壊地では、土の硬さ(図-1)と透水性の低さが植生の主な生育阻害要因であることを明らかにした。

2) 土壌の簡易評価・判定手法の開発

- ・土壌硬度と透水性の良否を判断基準とした土壌評価3区分(良、中、悪)を設定し(図-2)、現場で簡易に土壌を評価・判定できる手法を開発した。

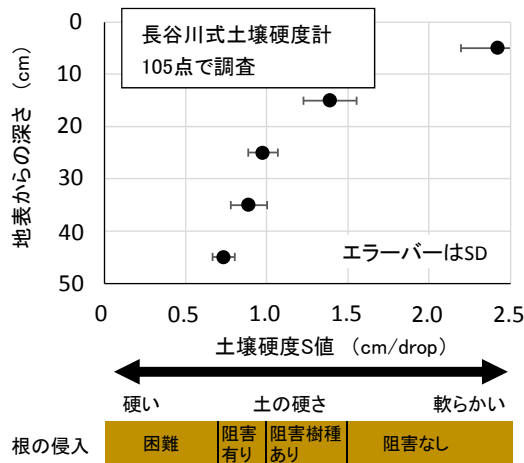
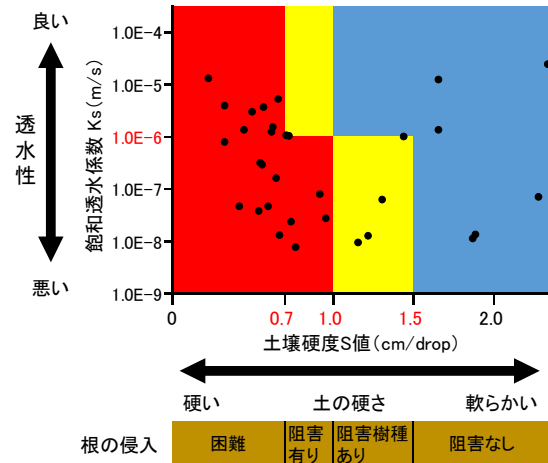


図-1 崩壊地における地表からの深さ別土壌硬度



土壌評価	判定基準	参考文献
良	$S \text{値}(\text{cm/drop}) \geq 1.5$	参考文献:日本造園学会緑化環境工学研究委員会(2000)緑化事業における植栽基盤整備マニュアル
中	$1.0 \leq S \text{値}(\text{cm/drop}) < 1.5, K_s \text{値}(\text{m/s}) \geq 1.0E-6$	
悪	$0.7 \leq S \text{値}(\text{cm/drop}) < 1.0, K_s \text{値}(\text{m/s}) < 1.0E-6$	

図-2 崩壊地における土壌評価の設定

2. 土壌条件に応じた植生導入手法の解明

1) 植栽試験

- ・土壌凍結による凍上倒伏率は、秋植えでは高く(21~96%)、春植えでは低かった(0~2%)ことから、崩壊地では春が植栽適期と分かった。
- ・一般造林樹種(裸苗・コンテナ苗)別の成長比較では、2年目秋の時点において、土壌評価良と判定した土壌で、カラマツ裸苗の成長が他樹種より良好であることが分かった(図-3)。
- ・一般造林樹種および広葉樹(裸苗)別の成長比較では、2年目秋の時点において、土壌評価中~悪と判定した土壌で、ケヤマハンノキ裸苗の成長が他樹種より良好であることが分かった(図-4)。
- ・土壌改良材を用いた場合の成長比較では、2年目秋の時点において、各土壌評価において、カラマツ裸苗、ケヤマハンノキ裸苗の成長が他樹種より良好であることが分かった(図-4)。

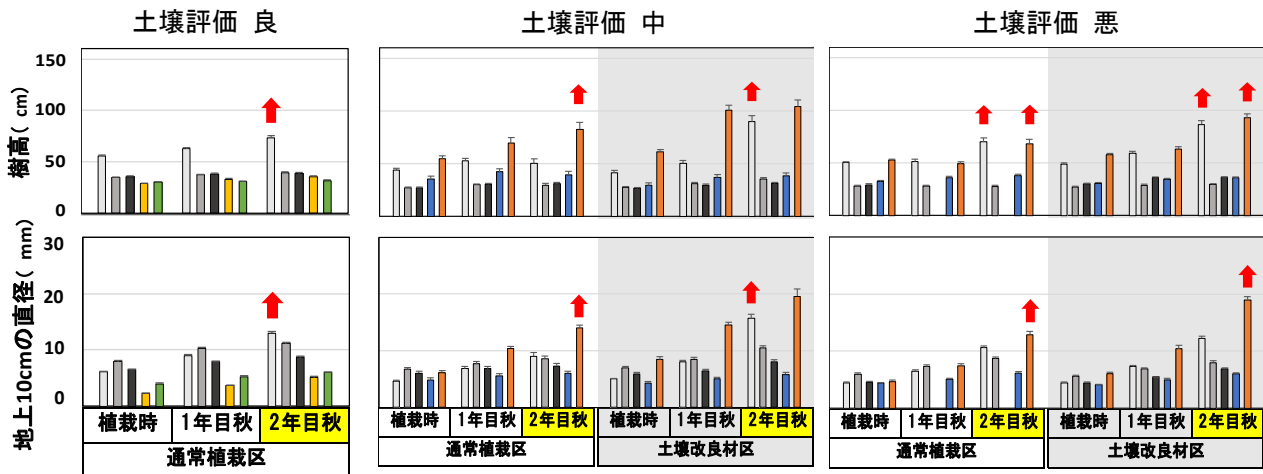
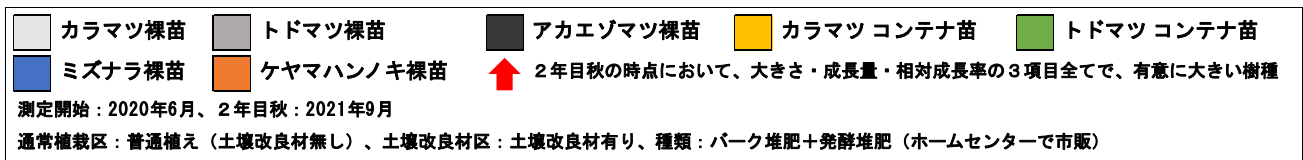


図-3 一般造林樹種（裸苗・コンテナ苗）の成長比較

図-4 一般造林樹種、広葉樹（裸苗）および土壌改良材を用いた場合の成長比較

2) 自然回復調査

- ・良、中、悪と判定した土壌それぞれにおいて自然回復調査地を設定し生育状況を調査した結果、植生率は土壌評価良の土壌で高く、悪で低い傾向であった(図-5)。出現頻度が高かった木本類は、調査地周辺に多かったカラマツやケヤマハンノキだけでなく、ウダイカンバ、バッコヤナギが確認された。草本類ではアキタブキ（根茎繁殖）の出現頻度が高かった(図-5)。
- ・ケヤマハンノキは、母樹が近くにあった調査地の上部で生育密度が高かった(図-6)。苗高は斜面上部と比べ中～下部で大きい傾向であったことから(図-6)、水分・養分の集積の影響が考えられた。

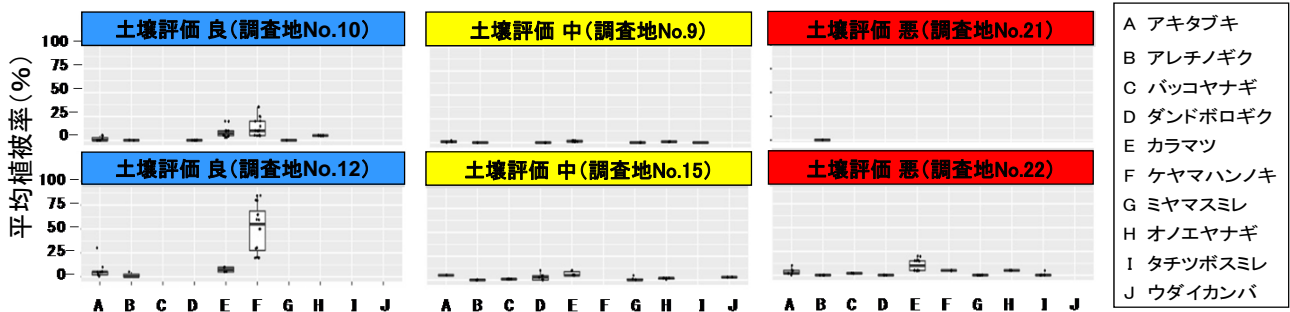


図-5 土壌評価別の優占種の平均植生率

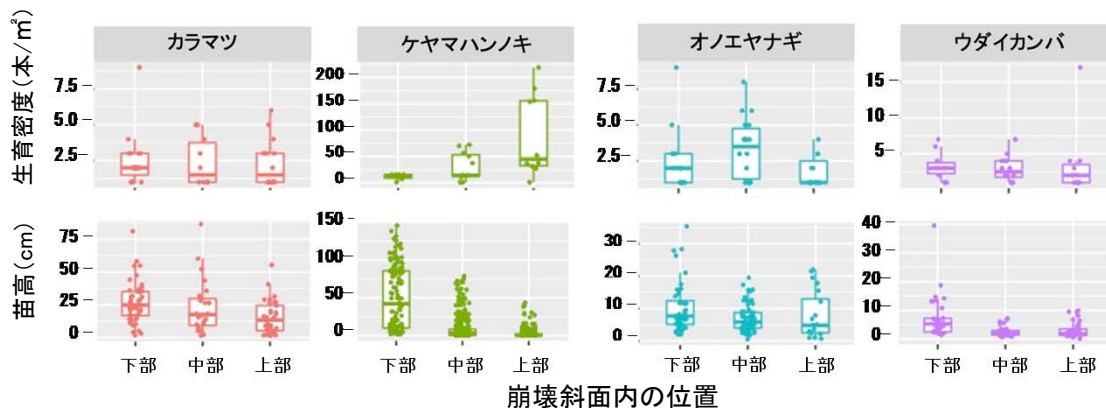


図-6 調査地に優占した木本類4種類の生育状況

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・蓮井ほか7名(2022)大規模崩壊地森林造成実証試験委託業務報告書, 125pp.
- ・速水ほか2名(2022)北海道胆振東部地震で発生した崩壊斜面における植生の初期自然回復状況, 北方森林研究70:43-47.

2018年胆振東部地震により発生した大規模山地災害のメカニズムと復旧方法の解明

担当G：森林環境部環境G

協力機関、研究機関：石川県立大学（主管）、北海道大学

研究期間：令和元年度～5年度 区分：公募型研究

研究目的

北海道胆振東部地震で発生した斜面崩壊について地形・地質・土質および樹木根系との関連で発生メカニズムを明らかにし、同様に火山灰が厚く堆積する他地域に適用できる危険予測法の確立を目指す。また、崩壊地からの土砂流出を防ぐための効果的な植生回復方法を解明する。

研究方法

1. 胆振東部地区に発生した斜面崩壊地の解析
 調査：崩壊・流域の荒廃状況と土砂流出状況の把握
 方法：崩壊地において、UAVを用いた空撮

2. 崩壊地復旧方法の解明
 調査：火山灰土壌や火山灰土壌下層部の風化粘土層に適用できる樹種の検討
 方法：試験場構内において、ポットを用いた植栽試験

研究成果

1. 胆振東部地区に発生した斜面崩壊地の解析

GLMにより植生回復と環境要因の関係を解析した結果、植生回復率が高くなる条件は、残存植生からの距離が近い、侵食量が少ない、曲率（凸地形）が大きい、傾斜角が緩い、傾斜方位は南より、年間日射量が少ない場合であった（表-1）。

表-1 GLMの結果

a:2020年時点の崩壊斜面の植生からの距離、b:崩壊地辺縁からの距離、c:2時期の標高モデルから算出した1年間の地表面変化、d:地形湿潤指数、e:曲率、f:傾斜角、g:傾斜方位、h:年間日射量、i:地域

No.	(Intrc)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	df	log link	AIC	delta	weight
512	0.149	-0.09	-0.01	0.263	-0.01	0.005	-0.02	+	-0.05	+	24	22106.51	-44165	0	1
496	0.149	-0.09	-0.01	0.263	-0.01		-0.02	+	-0.05	+	23	21994.82	-43943.6	221.4	0
448	0.176	-0.09	-0.01	0.261	-0.01	0.004	-0.02		-0.04	+	21	21438.77	-42835.5	1329	0

2. 崩壊地復旧方法の解明

森林再生においては土壌に適用できる樹種選定が必要である。崩壊斜面の土壌構造は、上層は薄層の火山灰土、下層は火山灰土が風化した粘性土であることが分かった（写真-1）。火山灰土および粘性土を混入したポット内における植栽木の根の伸長状況を調査したところ、各土壌内に侵入した根の乾重は、ケヤマハンノキ>カラマツ、アカエゾマツであった（図-1）。このため、当該土壌において適用可能性が高い樹種は、ケヤマハンノキであることが示唆された。

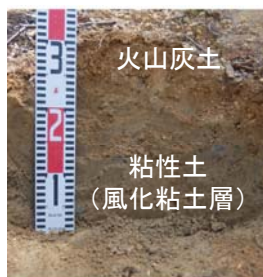


写真-1 崩壊斜面の土壌構造

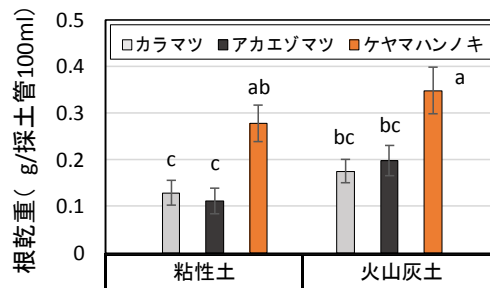


図-1 各土質における樹種別の根乾重

・2021年6月植栽、10月根採取
 ・異なるアルファベットは樹種間に有意差あり

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Y Nakata, M Hayamizu, N Ishiyama, H Torita(2021) Observation of Diurnal Ground Surface Changes Due to Freeze-Thaw Action by Real-Time Kinematic Unmanned Aerial Vehicle, Remote Sensing 13(11), 2167.
 中田ほか(2022)北海道胆振東部地震で発生した崩壊地斜面における初期の表面侵食の観測, 水利科学383: 129-145.

十勝地域における防風林の風食防止効果の定量的評価

担当G：道東支場、森林環境部環境G

協力機関：北海道農業研究センター 芽室研究拠点、北海道水産林務部林務局治山課、
十勝総合振興局森林室

研究期間：令和2年度～令和3年度 区分：経常研究

研究目的

十勝地域の耕地防風林は、その必要性が世代間で受け継がれていないため、農地拡大や農作業の効率化が進む中で減少している。防風林の必要性を普及し、防風林減少に伴う公益的機能の低下を防ぐために、十勝地域における風食の発生状況を明らかにし、防風林の風食防止効果を定量的に評価する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

衛星画像解析・広域踏査：十勝管内
現地観測：北海道農業研究センター芽室研究拠点

調査方法

衛星画像の解析
車による踏査
気象観測・ダストサンプラー設置
UAV測量
風食予測モデルを用いた解析

研究成果

- 耕地防風林のない場所でのみ風食が起こる様子の動画や写真を多数撮影し、普及に活用した。
- 春だけでなく積雪の少ない1月にも、ひまわり衛星画像に写る程度の風塵が生じた。風食直後のLandsat衛星画像から、防風林の風下で雪が残り風食が防止されていることを示した(図-1)。
- 風洞実験の結果と現地で観測された気象条件から防風林の風食防止効果を予測した結果、減風域(樹高の1～6倍の距離)では防風林から離れた場所(樹高の13.6倍の距離)と比べて風速は70%程度であったが、風食量は10%未満にまで低下すると推定された(図-2)。

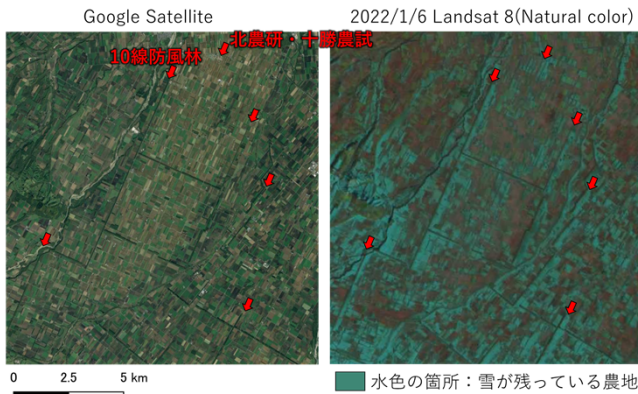


図-1. 令和4年1月6日のLandsat衛星画像(芽室町)

矢印で示した防風保安林の風下や北農研・十勝農試周辺に雪が残っている

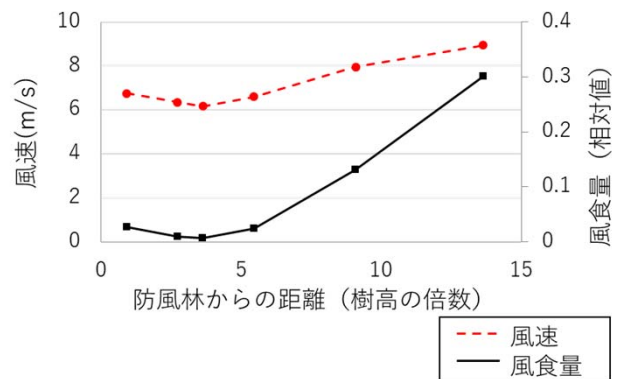


図-2. 2020年5月1日から6月14日の風食量^{※1}と強風時^{※2}の瞬間最大風速の平均値

※1 風洞実験で得られた風速・土壌水分と風食量の関係式を用いて、風速・土壌水分の観測値から推定

※2 樹高の13.6倍の距離で1分間平均風速が5m/s以上

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 〈連載/防風林の効果と樹種特性①〉強風から土と作物を守る効果. 農家の友2022年3月号, 29-31
- 〈連載/防風林の効果と樹種特性②〉防雪・昇温・防霧・生物多様性保全・景観向上に対する効果. 農家の友2022年4月号, 69-71
- 講演4件(帯広市農家有志・石狩振興局森林室主催の研修・北海道立農業大学校・JA大樹町)

防風林によるジャガイモ生産安定化：畝の風食との関係

担当G：道東支場

共同研究機関：北海道農業研究センター 芽室研究拠点、森林総合研究所

研究期間：令和2年度～令和3年度 区分：公募型研究

研究目的

ジャガイモは日光に当たると緑色になり有毒成分を含むようになる（緑化）ため、商品価値を失う。春先の強風時には畝の風食や崩壊によって種イモの深さが浅くなり、緑化のリスクが高まる恐れがある。防風林は畝の風食を防ぎ、畝の修復にかかる農家の負担軽減やジャガイモ生産の安定化に貢献している可能性がある。そこで、野外観測と風洞実験を基に、防風林による畝の風食・ジャガイモ緑化防止効果を、代表地点の気象データと防風林の林帯構造から予測できるモデルを構築する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

現地観測：北海道農業研究センター芽室研究拠点
風洞実験：森林総合研究所

調査方法

ジャガイモの生育状況・収量・緑化割合の調査
調査地の土壌を用いた飛砂風洞実験
モデル構築

研究成果

- ・風食が生じた2020年度は減風域（樹高の1～6倍風下）でトヨシロの緑化割合が小さい傾向が得られた。一方、風食が生じなかった2021年度はスノーデン・トヨシロとも、いずれの距離でもほとんど緑化が生じなかった（図-1）。
- ・調査地の土壌を用いて、松田ら（1981, 帯畜大研報）と同様の風洞実験を行い、風食で飛ばされる土の量と風速・土壌水分の関係を調べた。概ね松田ら（1981）と同様の関係が得られ、この論文のデータを検証できた（図-2）。

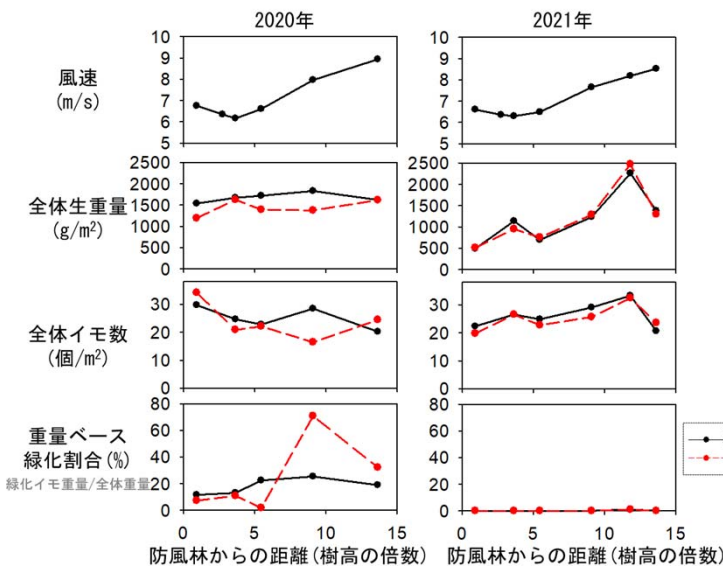


図-1. 風速およびジャガイモ生重量・イモ数・緑化割合の水平分布

風速は強風時（13.6倍地点の1分間平均風速が5m/s以上）の瞬間最大風速の平均値

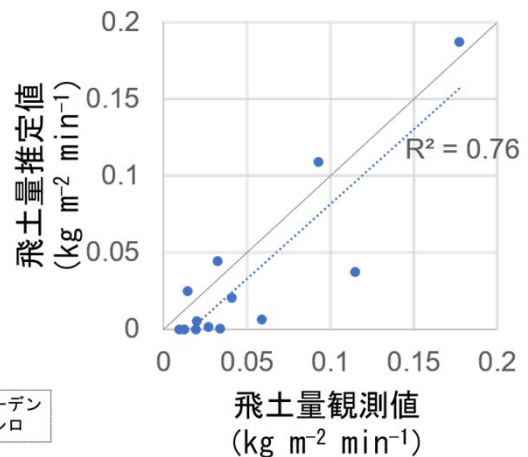


図-2. 飛土量の風洞実験による観測値と推定値の関係

推定値は、松田(1981)の関係式を用いて風速と土壌水分から計算

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Iwasaki et al. (2021) Modeling optimal windbreak design in maize fields in cool humid climates: Balancing between positive and negative effects on yield. Agricultural and Forest Meteorology 308-309, 108552.

石炭露天掘り跡地を低コストで樹林化するための 植栽方法の検討

担当G：森林環境部環境G

協力機関：空知炭礦株式会社

研究期間：令和3年度～6年度

区分：受託研究

研究目的

石炭露天掘り跡地を低コストで樹林化するための植栽方法を検討するため、現場における各樹種の植栽木の適性を評価するとともに、保水材添加土壌による植栽木生育改善効果を検証する。

研究方法

試験地

- ・空知炭礦株式会社敷地内
- ・林業試験場構内

研究内容

- 1) 各樹種の植栽木の被害実態の把握
- 2) 保水材添加土壌の水分変化の把握
- 3) 保水材添加土壌の植栽木生育改善効果の検証

研究成果

1) 各樹種の植栽木の被害実態の把握

2021年10月、カラマツ等の植栽木における食害・気象害の影響を調べるため、空知炭礦(株)敷地内の石炭露天掘り跡地に植栽試験地を3箇所設定した(表-1、写真-1)。苗木は購入苗とし、植付け作業は業者に委託した。植栽木の生育調査は、2022年以降に行う予定。

表-1 植栽試験地の地区別の植栽本数

植栽試験地	樹種	植栽本数
A地区	カラマツほか	350
B地区	〃	350
C地区	〃	250

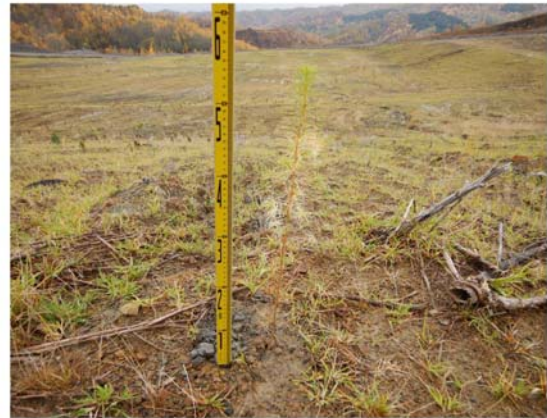


写真-1 A地区 植付け後の様子。(2021/11)

海岸防災林の津波減災機能向上のための生物・物理モデルの開発と森林管理手法の評価

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：埼玉大学理工学研究科

研究期間：令和元年度～令和3年度

区分：公募型研究

研究目的

海岸林が防潮機能を高度に発揮するには、まず津波に対して頑強な林であり、かつ津波の減衰効果を効果的に発揮する事が重要である。そこで本研究では、海岸林の津波抵抗性と津波減衰効果の関係を明らかにし、森林管理計画立案に資することを目的とする。

研究方法

海岸防災林の津波の減衰効果と被害形態の予測

方法：林帯幅100mと200mのクロマツ林帯において、本数密度が異なる3つの施業パターン（密管理:DT、中庸管理:MT、疎管理:ST）を設定し、5段階の津浪高（5m、10m、15m、20m、25m）および成長段階ごとに数値シミュレーションを行った。

研究成果

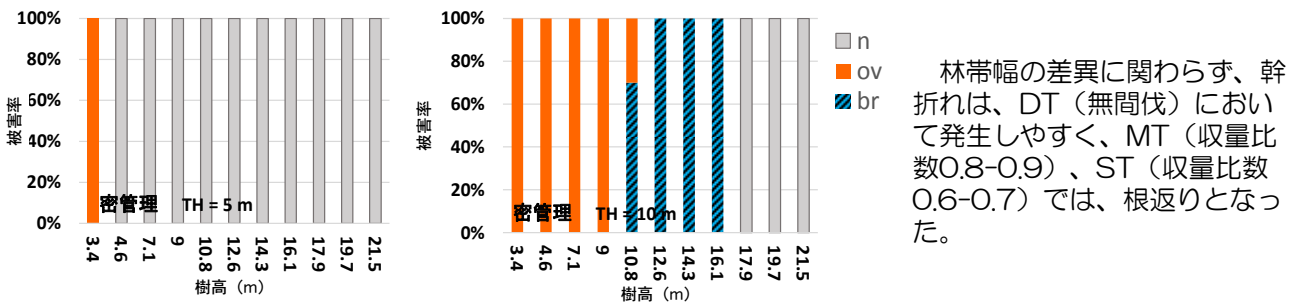


図-1 津波高 (TH) 5mと10mに対する密管理林帯 (林帯幅100m) の被害状況

br:幹折れ, ov:根返り, n:被害なし, H: 樹高 (林分の成長段階の指標)

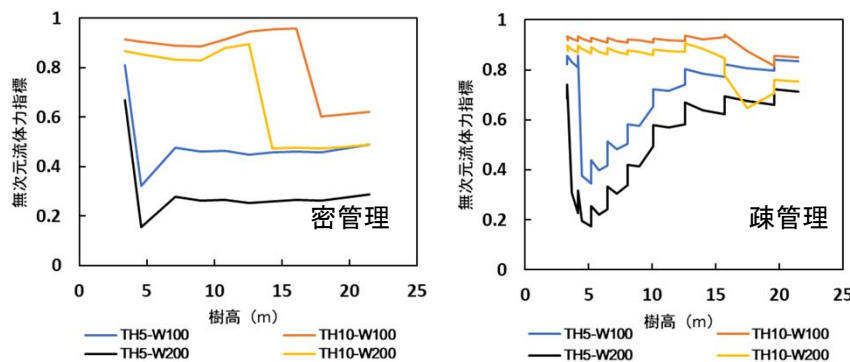


図-2 流体力指標 (流速の2乗×浸水深) の変化

*: 流体力指標は、流速の2乗×水深で定義される流体の力を示す指標の一つ。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Torita et al (2021) Assessment of the effect of thinning on the resistance of Pinus thunbergii Parlat. trees in mature coastal forests to tsunami fluid forces. J. Environ. Manag. (in press)
 Torita and Masaka (2020) Influence of planting density and thinning on timber productivity and resistance to wind damage in Japanese larch (Larix kaempferi) forests. J. Environ. Manag. Vol. 268.
 鳥田宏行(2020) 津波および強風に対するクロマツ海岸林の抵抗性 (第69回北方森林学会大会)

流木災害防止・被害軽減技術の開発

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、東京大学、広島大学、(株)建設技術研究所

研究期間：令和元年度～5年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究は、流木を山地溪流内で効果的に捕捉できる場所や量を明らかにするとともに、最新の数値シミュレーション技術を組み合わせ、流木捕捉効果予測ツールを開発することを目的とする。具体的には、UAV空撮画像・航空写真を用いて、過去の流木災害の履歴から流木の発生・堆積の有無や地形等を把握し、流木の発生・堆積の条件を明らかにする。

研究方法

研究項目と方法

- 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明
 - ・6月～10月（非積雪期）各月、UAV空撮後、オルソ画像を作成し、流木を目視判読した。
 - ・各月の前月・当月の2時期の結果を用い、各区間内で流失/新規加入を評価した。

調査地：雨竜町尾白利加川※

- ・流域面積157.3km²、流路延長42.1km
 - ・年間平均気温7.3℃、年間平均降水量1099mm
- ※尾白利加ダムより上流を対象

研究成果

- 流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明
 - ・位置精度が高いRTK-UAVを用い、現地踏査よりも広範囲・効率的・高頻度に流木動態をモニタリングする手法を検討した。
 - ・調査対象河川の尾白利加川（北海道雨竜町）上流域に、区間長約2kmの調査区を3箇所設定し、下流側の地点に水位観測用のデータロガーを設置した。
 - ・2019年10月～2021年10月の非積雪期にUAVによる空撮を毎月実施し、得られた画像からSfM-MVS手法を用いてオルソモザイク画像を作成し、目視判読により流木分布を把握した。
 - ・流木動態（流出/新規加入）を応答変数とし、水位変動（出水頻度や地形区分等）を説明変数にGLM解析を実施した結果、各調査期間における0.5/0.9m以上の水位上昇の頻度や地形区分が流木本数の増減を説明する要因として選択された（表-1）。

表-1 GLMを用いた流木動態と水位変動の関係（トップ3モデルのみ表示）

流出

Rank	(Int)	a	b	c	d	e	f	g	h	df	logLik	AIC	delta	weight
1	-149.3	-3.4	126.4							-4	254.72	517.4	0	0.053
2	-132.4		81.73							-3	255.95	517.9	0.47	0.042
3	-544.1	-3.4	126.4	197.4						-5	254.43	518.9	1.43	0.026

新規加入

Rank	(Int)	a	b	c	d	e	f	g	h	df	logLik	AIC	delta	weight
1	-2.42E+02		101.2							3	-263.2	532.3	0	0.044
2	-1.10E+03		101.2	427.1						4	-262.4	532.8	0.47	0.035
3	-2.58E+02	-3.2	143.3							4	-262.5	533	0.67	0.031

各調査期間における水位変動に係る変数。a:0.5m以上の水位上昇の頻度、b:0.9m以上の水位上昇の頻度、c:地形区分、d:平均水位、e:最大水位、f:中央値水位、g:最小水位、h:水位の分散

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

中田康隆・石山信雄・速水将人・長坂有・長坂晶子(2021) RTK-UAVを用いた河道内の流木動態モニタリング手法の検討.北方森林学会

海岸流木処理対策の効率化・迅速化のための 漂着量把握技術の開発

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：エネルギー・環境・地質研究所（主管）、（北海道環境生活部・農政部・水産林務部・建設部、十勝総合振興局、十勝地域海岸漂着物対策推進協議会、富士通エフ・アイ・ピー(株)、ノアソリューション(株)）

研究期間：令和元年度～3年度 区分：重点研究

研究目的

漁業被害等防止及び海岸の景観や環境の保全のため、海岸管理者が迅速かつ効率的に流木の処理に取り組めるよう、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 及びAI(Artificial Intelligence) を用いた海岸流木漂着量把握手法の開発を行うとともに、衛星画像等を用いた漂着流木の分布範囲の推計により、漁業活動海域を考慮した処理優先区域選定手法を開発する。

研究方法

研究項目と方法

- 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発
 - ・流木分布マップの作成：衛星画像の自動分類により漂着流木を抽出し、流木分布マップを作成。
 - ・処理優先区域選定手法の開発
海岸管理者へのヒアリングにより配慮すべき事項を抽出、流木分布データに重みづけし、マップを作成。

●調査地

- ・十勝振興局管内の海岸
(広尾町、大樹町、豊頃町、浦幌町)

研究成果

- 衛星画像を用いた流木分布の簡易抽出法の検討
 - ・平成28年の台風による大雨出水後に撮影されたSPOT画像を用い、広尾漁港から大樹漁港までの海岸線について、自動分類により漂着流木の抽出を試みた。
 - ・海岸を100 m間隔のセグメントに区分し、各セグメントにおける流木分布面積割合を求めた。同じ衛星画像から目視判読で抽出した流木の分布面積割合を真値として抽出精度を検証したところ、両者の対応関係は非常によく（図-1）、比較的安価な衛星画像でも、精度よく抽出できることがわかった。

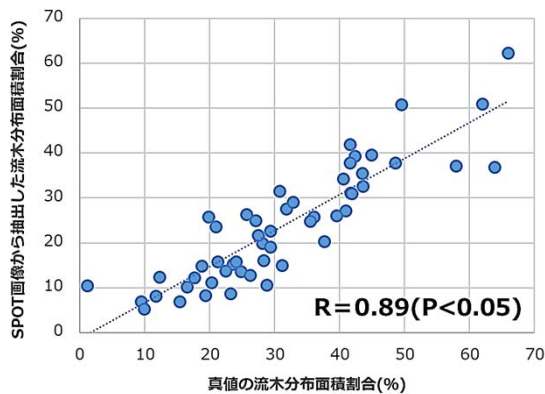


図-1 SPOT画像より自動分類で抽出した流木分布面積割合の抽出精度

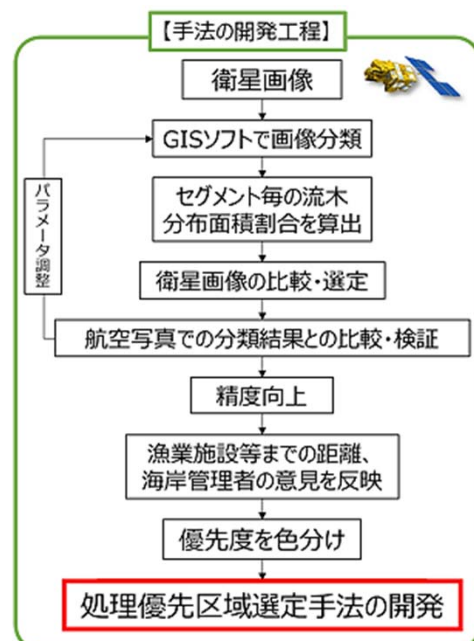


図-2 衛星画像を用いた流木処理優先区域の選定作業の流れ

● 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発 (図-2)

- 海岸管理者へのヒアリングを踏まえ、処理優先区域選定手法を検討した。
- 海岸線に沿って幅100mのセグメントを設定し、各セグメントにおける流木分布面積割合(0~1)を求め、①再移動の危険性(河口からの距離が近いほど大)、②漁網などの流木被害からの保全対象となる人工構造物の有無(流木からの距離が近いほど大)、を考慮することとした。
- 各値をGISで算出し標準化した後、合計が100点となるように、各変数に対して20点を配点した。これらの合計点数に流木分布面積割合を乗することで、総合得点を算出するという手順を構築した(図-3)。
- モデル地域(広尾漁港から十勝川河口までの海岸線延長約50 km)において処理優先区域マップを試作した(図-4に一部区域を図示)。
流木分布のみの表示に加え、海岸管理者の保全対象(消波ブロックや港湾施設)、漁業施設(サケ定置網等)の有無を重みづけすることで、処理すべき区域の優先度が強調され、効率的な作業に貢献できると考えられた。
- 本手法では、優先度は地域の実情に応じて段階を設定できるため、十勝海岸以外の地域でも活用可能である。

各区画に占める流木分布の面積割合(%)



図-3 衛星画像判読で得た流木分布



保全対象(消波ブロック、定置網)からの距離を重みづけ



図-4 処理優先区域マップ(試作版)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 長坂、中田(2022) エネルギー・環境・地質研究所成果発表会

研究課題名：多次元高精細地表情報を用いた 流域内地形-植生系のconnectivityの研究

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：北海道大学、千葉大学、関東学院大学、国立研究開発法人農業・食品産業
技術総合研究機構、国立研究開発法人防災科学技術研究所

研究期間：令和3年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、地表環境変動の流域内ネットワーク波及に基づく地形-植生系の相互作用に着目して、数年から数十年スケールでの流域内connectivity(※)を、時空間的かつ多層的な多次元高精細地表情報の取得・解析手法を開発・活用して明らかにする。

※ connectivity：地球表層科学において、ある現象の波及性と断絶性を精査し、単一または双方向的なネットワークとして示す概念。特に、本研究では地形変化や土地の人為改変など、環境変動の影響が生態系にどう連関し、波及するの
かといった『環境』と『生態系』のつながりを概念的に表す(ex. 地表変動と植生遷移の関係など)

研究方法

研究項目と方法

- 地形・植生のconnectivity現象の解析
- 多次元高精細地表情報の取得
：UAV(ドローン)やレーザ測量を用いて、
崩壊跡地の地形、植生変化をモニタリングする。

調査地

：北海道厚真町高丘地区

研究成果

- 地形・植生のconnectivity現象の解析
- 厚真町高丘地区の崩壊斜面を対象にUAVレーザデータを取得し、植生と地形の対応関係を把握した。
- UAVレーザで得られた3次元点群データを用いて地盤高と樹高データを算出した結果、斜面の上部から下部にかけて、ケヤマハンノキの樹高が高くなる傾向が把握でき(図)、UAVレーザデータを用いることで面的かつ3次元でその傾向を捉えられることがわかった。
- 崩壊斜面の植生回復が進行すると、UAV-SfM手法では地盤高等の地形情報が把握しづらくなると予想されるが、UAVレーザを用いることにより、植生回復後も地盤高等の地形情報が取得できる可能性が示唆された。

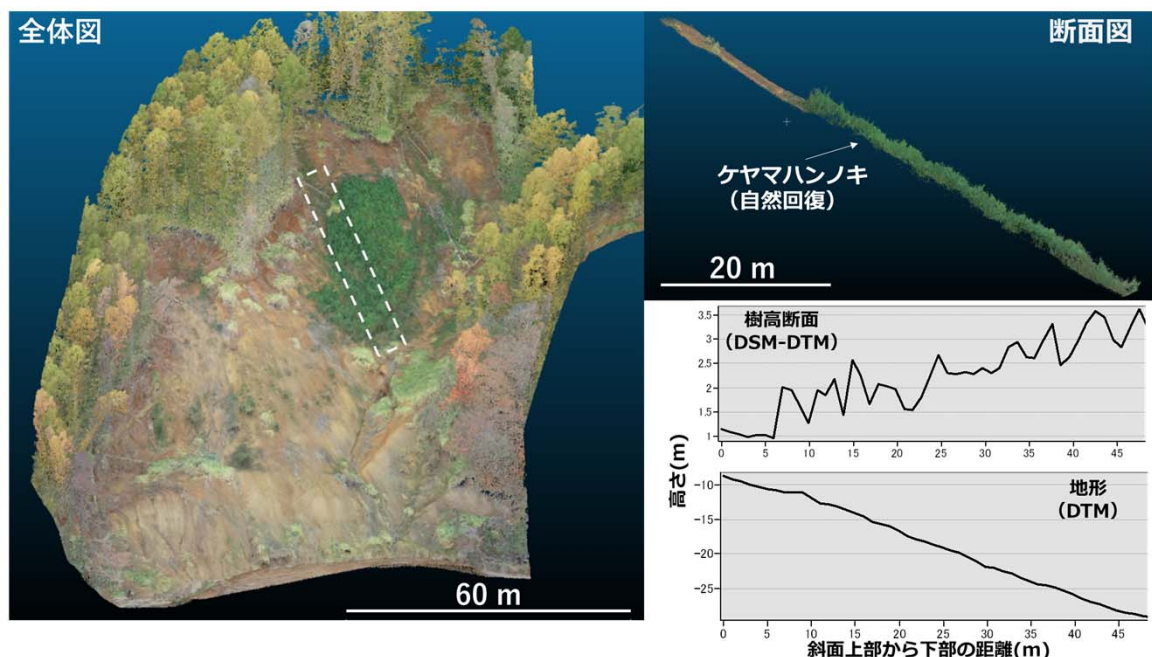


図 UAVレーザデータを用いた調査地の3次元点群データ(2021年10月29日撮影、厚真町高丘地区)
左：全体図、右上：断面図、右下：斜面上部から下部にかけての樹高と地盤高

砂浜海岸の3次元地形変化と流域特性を考慮した 海岸侵食要因の解明

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：なし

研究期間：令和3年度 区分：公募型研究

研究目的

砂浜海岸（海浜・海岸砂丘）の地形変化と土砂供給ポテンシャルを含む流域全体の特性を考慮した海岸侵食対策への発展を目指し、①砂浜海岸の地形変化（主に侵食）をRTK-UAVや航空機レーザデータを用いて3次元で解析し、②砂浜海岸の3次元地形変化と流域特性（上流～沿岸までの幅広い環境要因）の関係を把握することで、流域スケールで海岸侵食の要因を解明することを目的とする。

研究方法

研究項目と方法

- 砂浜海岸の地形変化の3次元解析
 - ・地形変化量の把握
 - ：現況の海岸地形（RTK-UAV）と過去の地形（国土地理院保有の航空機レーザデータ）を使用し、3次元で地形変化量を把握する。

調査地

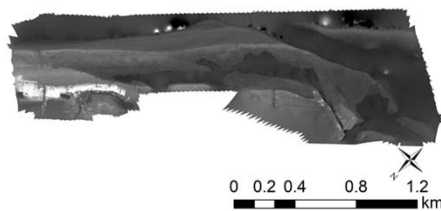
：北海道から九州にかけて約30流域の河口付近の砂浜海岸（海浜～海岸砂丘）。

研究成果

●砂浜海岸の地形変化の3次元解析

- ・土砂量等のデータが充実している国土交通省直轄ダム流域の河口の砂浜海岸（道内）を対象に、2021年6月から7月にRTK-UAVにて空撮を実施し、3次元モデル（数値表層モデルとオルソ画像）を作成した（図-1に十勝川河口の例）。
- ・十勝川河口の砂浜海岸を事例に、数値表層モデルと航空機レーザの標高モデルを用いた差分解析を行った結果、河口付近だけでなく、海浜やその後背の前砂丘周辺においての侵食や海浜の延長に伴う堆積傾向が読み取れ（図-2）、RTK-UAVと航空機レーザデータの標高モデルの2時期の差分から3次元で地形変化を把握できることを確認した。

数値表層モデル



オルソ画像

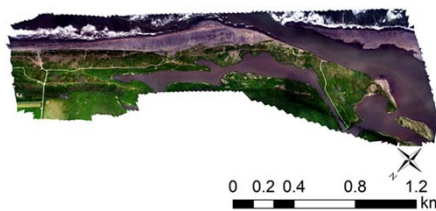


図-1 砂浜海岸の数値表層モデルとオルソ画像（例：十勝川）

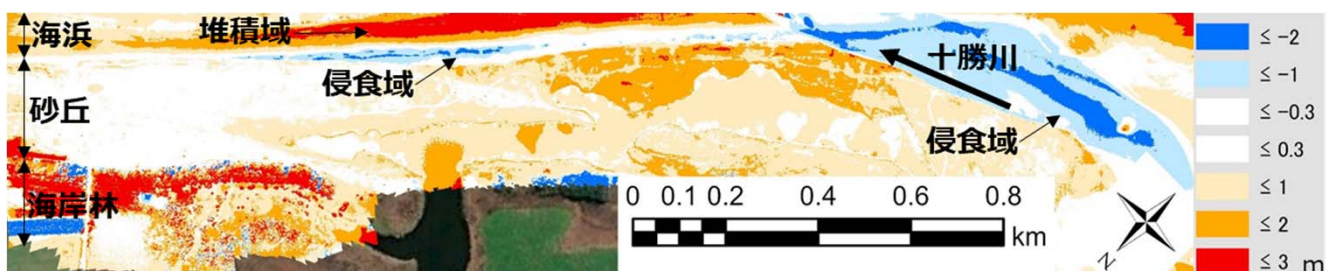


図-2 十勝川河口の砂浜海岸における標高変化図