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（ビィーシステム製）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、ポンセ社、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
ポンセ社、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）

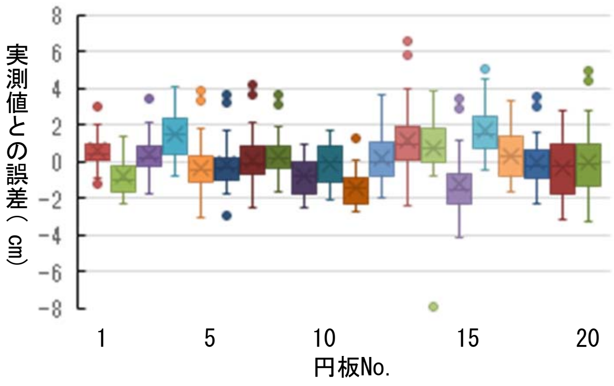


図-2　円板直径基準値に対する写真検知測定の誤差

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)

引用等の著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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）。

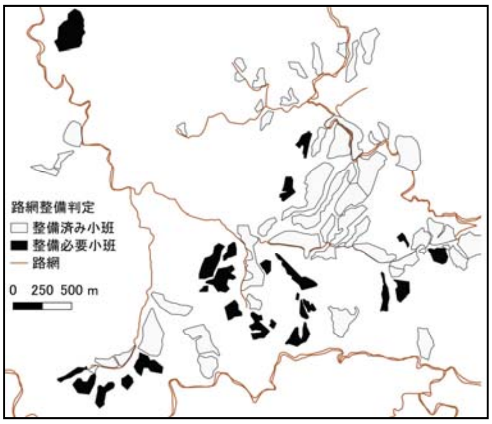


図-1　路網整備が必要な小班（黒色のポリゴン）

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）。

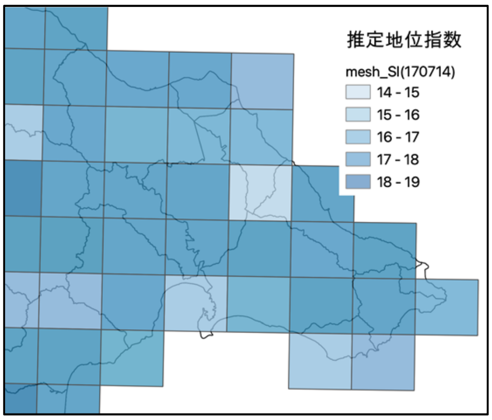


図-2　気候条件等から予測した渡島東部地域の推定地位指数

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（保護種苗部）

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れ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。

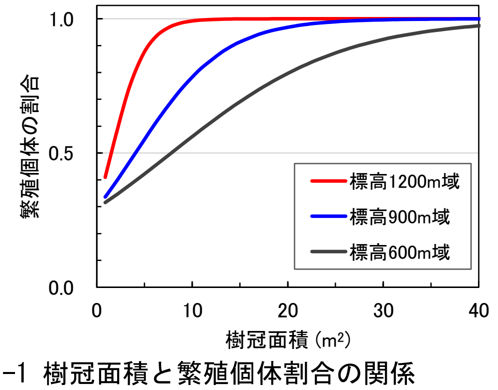


図-1 樹冠面積と繁殖個体割合の関係
個体別の樹冠面積と繁殖有無について、標高域を交互作用として組み込んだ一般化線形モデル（誤差構造；二項分布）を構築して解析した。モデル結果をもとに繁殖個体割合の推定曲線を3標高域それぞれで描いた。

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.

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（保護種苗部）

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「生態的変化」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変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。

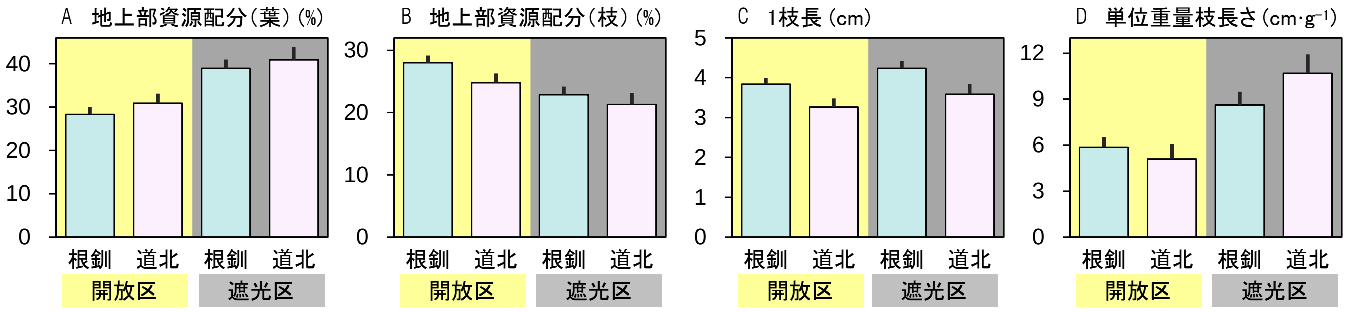


図-1　トドマツ苗木の代表4形質における由来産地と処理別の推定形質値
解析形質のうち、由来産地の差（遺伝効果）や光処理の差（環境効果）が検出された4形質で示す。エラーバーは推定値の標準偏差。

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：春の苗木のパイオニアルートの動態, 第69回 日本生態学会大会.

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（保護種苗部）

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・士別・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）のに加えて、生理パラメータの1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、といった手段が有用だと示された。

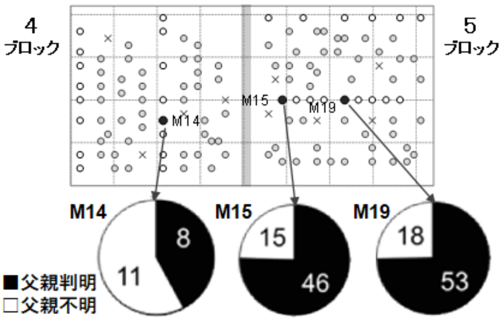
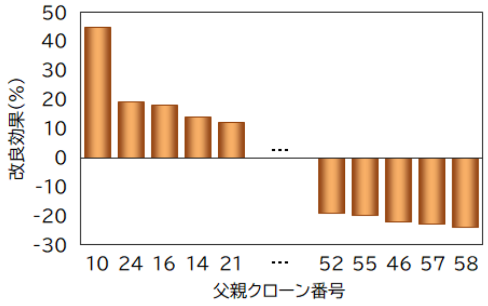


図-1（左）採種園内での採種した母樹と候補父親の位置および父親特定率の一例
採種園の一部を抜粋して示し、3母樹について示した円グラフのうち黒塗りが父親特定率。数字は子の数。

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・内山憲太郎・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ー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・村上了・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F_1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.

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（保護種苗部）

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：苗長、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

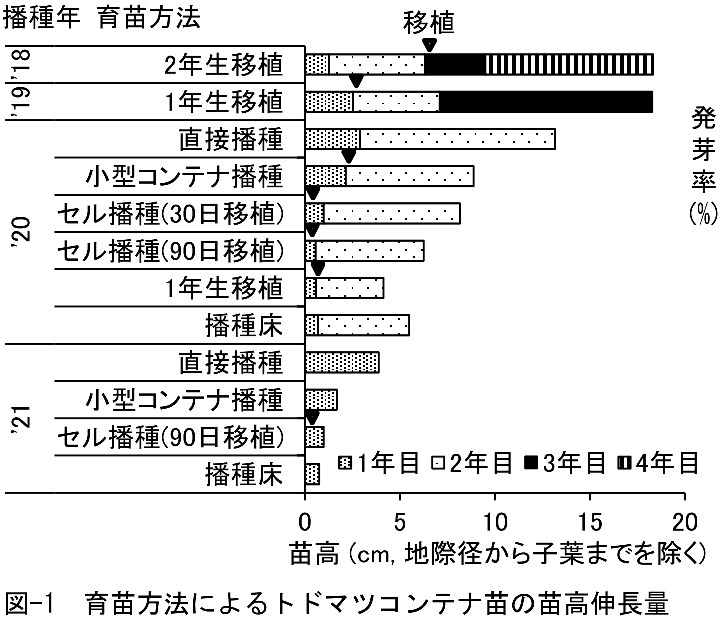


図-1　育苗方法によるトドマツコンテナ苗の苗高伸長量

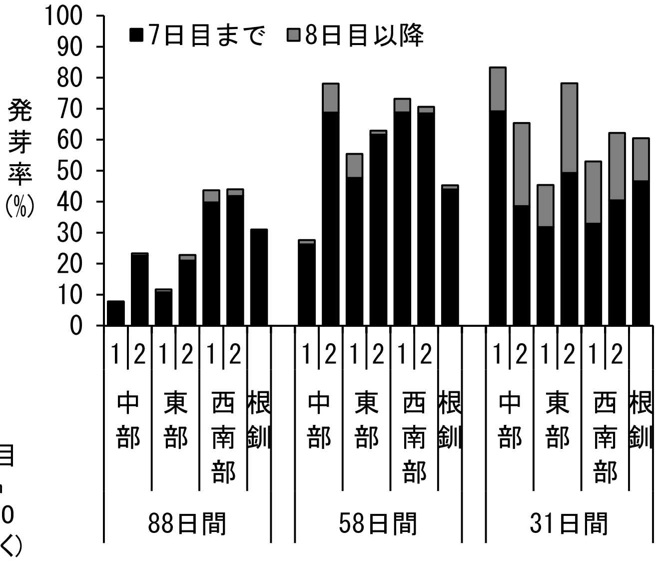


図-2　低温処理の日数、地域区分と発芽率

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。

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

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（保護種苗部）

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 黒面温度制御 ミスト専用 61%遮光				ハウス2 乾湿球制御 ミスト専用 61%遮光				ハウス3 乾湿球制御 潅水兼用 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 [℃]	34.5	34.1		34.0		35.9		34.4		33.2	
最大日射量 [W/m²]	1056	412								315	
飽差10g/m³を超える累積時間 [h]	90	37		53		29		62		34	
最高培地温 [℃]	－	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	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

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。

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

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℃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F_1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

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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、機械化に必要となる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、その功程について調査する。

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」に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ため、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。

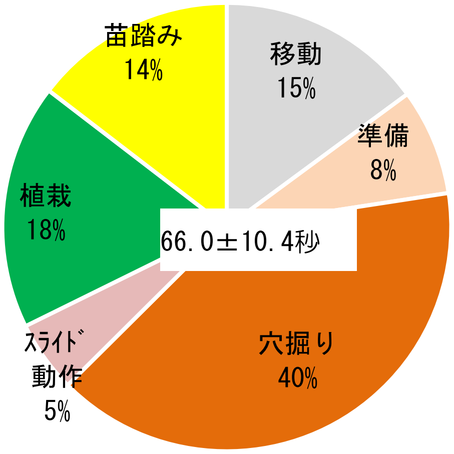


図-1　植栽機によるコンテナ苗植栽作業についての作業要素別に見た時間割合

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

引用等の著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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、作業功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、植栽列間のみの刈払い作業（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、伐根を粉砕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。

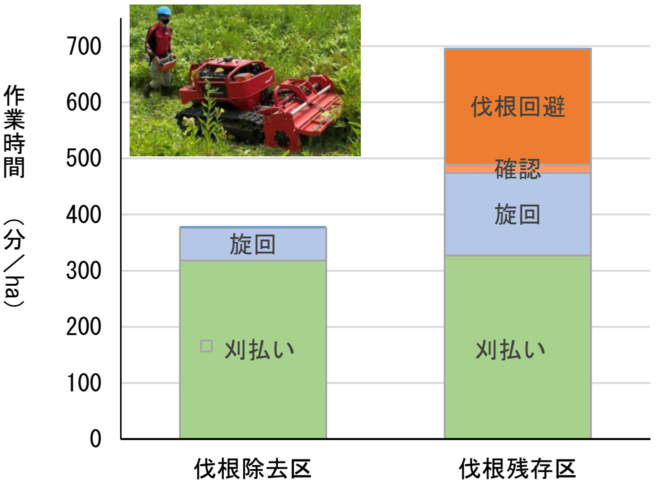


図-1「伐根除去区」と「伐根残存区」での下刈り作業要素比較

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	伐根除去区			伐根残存区					
調査区No.	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功程と植栽木の成長への影響．第133回日本森林学会大会

引用等の著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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）。

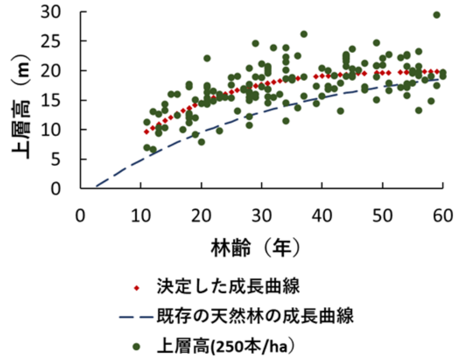


図-1　林齢と上層高の関係における各成長曲線のあてはめおよび50年生時の上層高

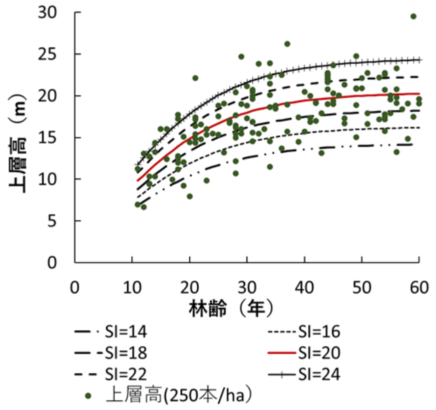


図-2　基準林齢を50年として作成した地位指数曲線群

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）。

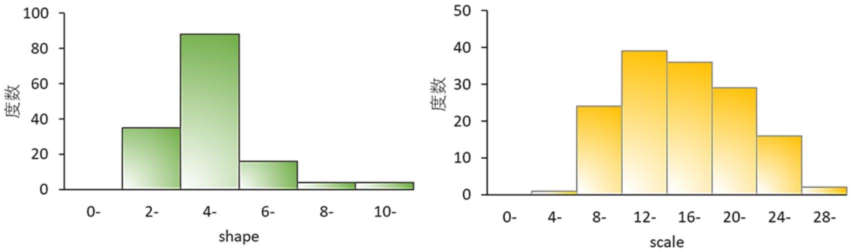


図-3　各林分の径級分布に対して決定したワイブル分布の形状パラメータ(shape、左)と尺度パラメータ(scale、右)の頻度分布

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）

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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

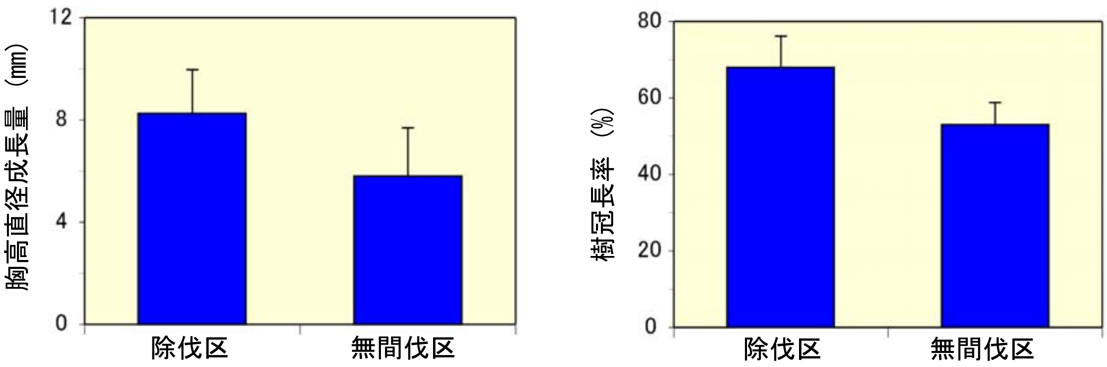


図-２　かき起こし地に成立した6年生シラカンバ林地における胸高直径成長量（左）と樹冠長率（右）の比較．　除伐は5年生時に実施

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

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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地点データ（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40～60m^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。

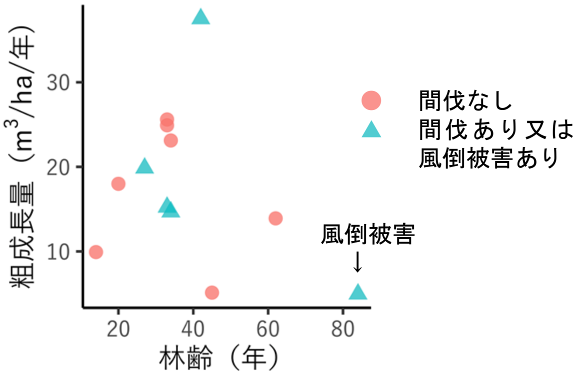


図-1 精度検証のために再測定したトドマツ人工林における林齢と粗成長量との関係

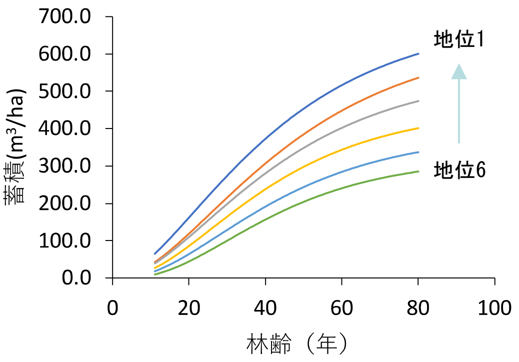


図-2 地位毎の蓄積（林分材積）推定値の試算

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

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます

（森林経営部）

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）。

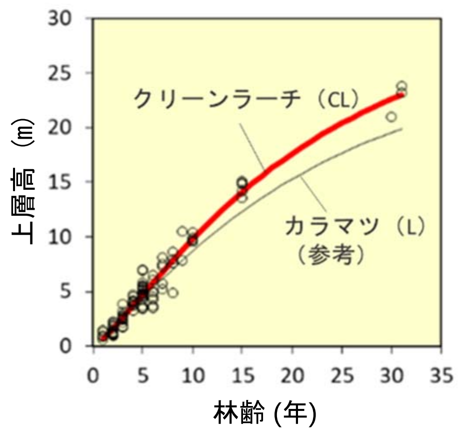


図-1　クリーンラーチ(CL)人工林の林齢と上層高との関係(ガイドカーブ)

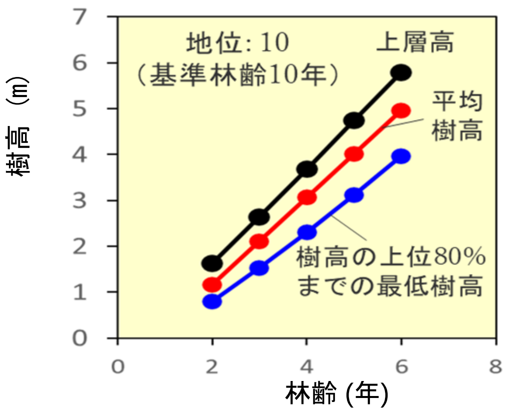


図-2　林齢と地位(基準林齢10年)、および確率密度関数から推定したクリーンラーチの樹高情報

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

著作権法上認められた行為を除き、許可なく引用、転載及び複製を禁じます