

II 令和2年度試験研究の概要

(道南支場)

# 木材需給の変動要因分析と 需給変動への対応策に関する研究

担当G：道南支場、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：平成30年度～令和2年度

区分：経常研究

## 研究目的

道内の木材需給には①原木需給のミスマッチ解消（短期的な課題）、②原木供給・利用体制の整備（中長期的な課題）という2つの課題がある。①については、林業-製材業の情報共有が有効であるが、林業事業者が伐採計画の策定時に必要としている木材需要情報に関する知見はない。本研究では、林業事業者が伐採計画の策定時に必要な木材需要情報を明らかにするとともに、道内の木材需要の短期的な予測手法の構築及び対応策の提案を行った。また、木材利用量の増加に必要な原木供給・利用体制の整備水準を示した。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

1) 林業事業者の原木需要への対応状況  
民間素材生産業者(378社)と森林組合(79組合)にアンケート調査を行い、伐採計画策定で参照する情報や伐倒～出荷の期間、原木販売先を明らかにする。

2) 林業労働力からみた素材生産能力の推定  
林業事業者の人員体制や機械稼働率等を調査し、現時点の素材生産能力と増産可能量を分析する。また、資源量からの原木生産可能量と比較する。

## 研究成果

### 1) 林業事業者の原木需要への対応状況

【結果①】アンケート調査の結果(有効回答数：民間素材生産業者163社、森林組合74組合)、造材後1ヶ月以内に原木を出荷する企業の割合は平均7割程度で冬期で高かった(図-1)。また、民間素材生産業者での素材の販売先は製材工場と商社が多く、径級の仕分けを行わない場合は商社が最も多いことが明らかとなった(図-2)。

【結果②】アンケート調査で回答した民間素材生産業者のうち、自社で原木販売を行っている企業69社の原木販売先と販売依存度を分析した。その結果、販売先数は4社までで53%を占めること(図-3)、販売先は商社と製材工場に大別され、伐採材積が比較的小さい素材生産業者は商社を主な販売先にしている事例が多いことが明らかとなった(図-4)。

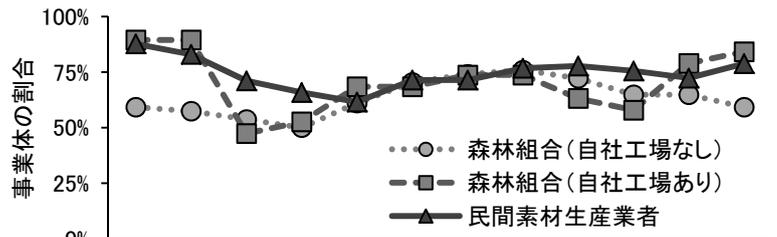


図-1 「造材後1ヶ月以内に原木出荷」と回答した事業者の月別割合

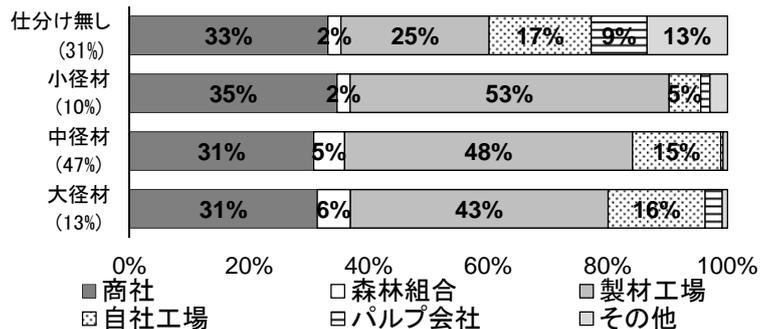


図-2 民間素材生産業者における素材の径級別販売先

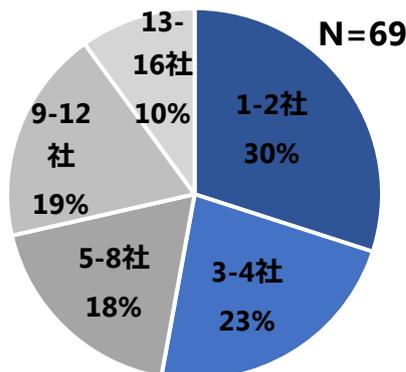


図-3 民間素材生産業者の原木出荷先数

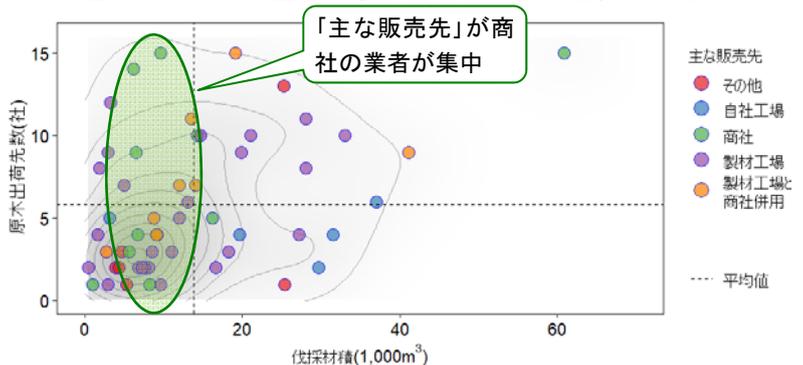


図-4 民間素材生産業者の主な販売先と伐採材積、原木出荷先数

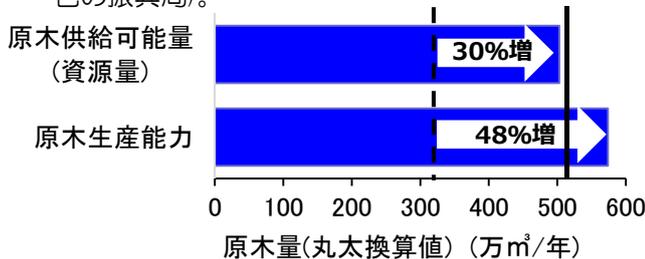
2) 林業労働力からみた素材生産能力の推定

【結果③】道内の人工林資源（カラマツ、トドマツ、スギ）を対象に開発した人工林資源予測モデルを用いて、一般民有林での再造林面積を現状の1.0~1.4倍に変化させた場合の原木供給可能量を推計した。その結果、一般民有林での再造林可能面積を現状の1.4倍まで引き上げた場合、原木供給量を3樹種合計で約2割増加できると推計された(図-5)。

【結果④】民間素材生産事業者と森林組合へのアンケート調査と統計資料から、高性能林業機械の使用・不使用による労働生産性の地域差を分析した。その結果、高性能林業機械を使用した場合は各地域とも約10m<sup>3</sup>/人・日に対し、使用しない場合は地域に応じて約4~7m<sup>3</sup>/人・日（中央値）の差があることが明らかとなった(図-6)。また、民間素材生産事業者の内122社が作業班の分割や高性能林業機械の導入で労働生産性が向上できる可能性が高いと見込まれた。

【結果⑤】結果③とその他針葉樹、広葉樹の直近5ヶ年での最大原木供給量を合計した結果、原木供給量を2015年比で最大約3割増加できると推測された。その結果、森林づくり基本計画の目標値を概ね達成できると予測された(図-7 原木供給可能量の項目)。  
また、労働生産性の改善が見込まれる企業が作業班の分割や高性能林業機械の導入を行い、年間250日の素材生産を実施した場合、労働人口が維持されれば原木生産量を2015年比で最大原木生産量を2015年比で約5割増加できると推測された。その結果、森林づくり基本計画の目標値を達成できると予測された(図-7 原木生産能力の項目)。

【結果⑥】資源面から予測された針葉樹伐採可能量と原木生産能力を振興局毎に比較した結果、日本海側や道南地域では生産能力の向上を図る必要があると推測された(図-8 赤色の振興局)。



※実線: 用材利用の目標値(森林づくり基本計画の目標値600万m<sup>3</sup>-2019年の未利用材実績85万m<sup>3</sup>)  
※破線: 2015年度の丸太供給実績(直近5ヶ年での最大値)  
※増加率: 各項目の供給可能量における2015年の伐採実績比

図-7 資源量及び原木生産能力からみた原木供給可能量の試算結果

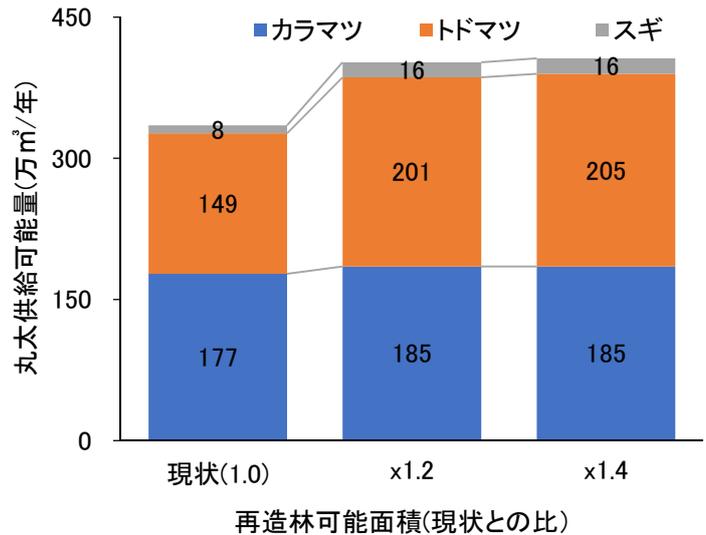


図-5 資源量からみた人工林資源の持続的供給可能量

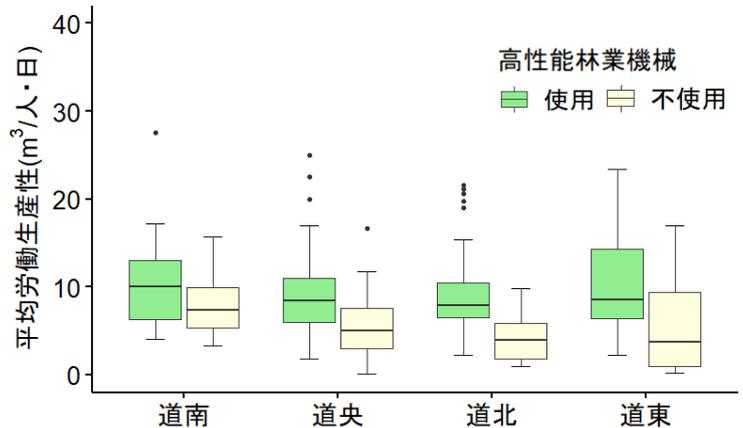
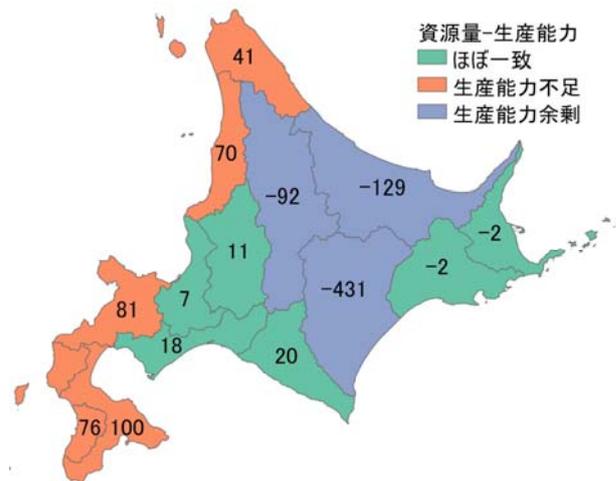


図-6 各地域における高性能林業機械の使用別労働生産性



※ラベル: 資源量からの供給可能量-原木生産能力 (ともに最大値 単位: 1,000m<sup>3</sup>)  
※資源量と原木生産能力の比が10%以内、かつ資源量と原木生産能力の差が6万m<sup>3</sup>以内で「ほぼ一致」とした。

図-8 原木供給可能量(資源量)と原木生産能力の振興局別比較

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・津田高明・渡辺一郎(2019)北海道における近年の原木需要に対する林業事体の対応状況。北方森林研究 第67号: 15-18
- ・津田高明・渡辺一郎・酒井明香(2019)道内森林組合における製材工場所有が林産事業の戦略に与える影響。第68回北方森林学会
- ・津田高明・酒井明香(2020)北海道の民間林業事業者における原木販売先と販売依存度。第69回北方森林学会

# 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を用いて、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(調査地概要や調査方法)

### ・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2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

遺伝的変異：成長・生理関連形質・季節性関連形質・繁殖形質の測定と標高間の比較

ジーンフロー：対象個体・親のDNA情報整備、適応的遺伝子の探索、中立・適応的遺伝子頻度の比較

## 研究成果

- 3地域の山岳の様々な標高（400～1,200m）の天然林に由来する苗木を用いた共通圃場試験を設定した。苗高を測定したところ、由来標高が高いほど苗高が低いという傾向が検出された（図-1）。トドマツの垂直変異としてこれまでに知られる傾向と一貫して一致しており、遺伝的背景の違いが反映されていることが示唆された。高標高エコタイプに迫る適材として、さらに生理特性や季節性の調査を継続する。また、遺伝解析用のサンプリングが済んでいることから、順次、ジーンフロー解析へと供していく。
- 接ぎ木クローンの一部に着花がみられたが（写真）、その割合は遺伝的背景によって異なり、高標高自生個体のクローンは着花率が高く、とくに雄花で顕著だった（図-2）。標高間交雑個体は中間的な値を示し、繁殖特性は遺伝的支配が大きい形質と判断された。早い着花は高標高への適応関連形質とみられる。

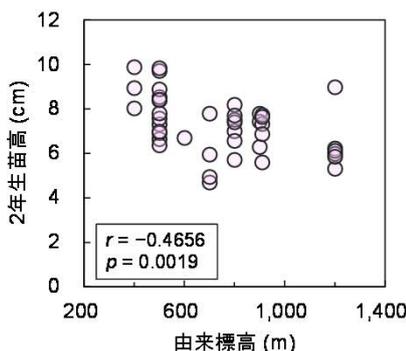


図-1 トドマツ2年生苗における苗高と由来標高の関係

苗は山岳・標高・母樹別でロット管理されており、図中の1点はロットの平均値。図中の数値は相関解析の結果を示す。

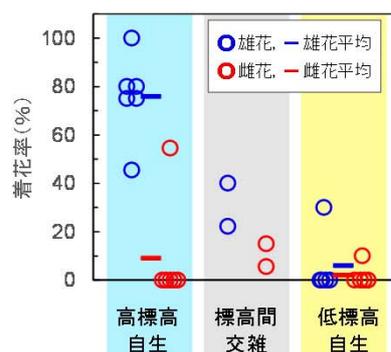


図-2 トドマツ接ぎ木クローンにおける由来別の着花率

採種木あたり複数のクローン個体が生育するため、採種木単位で着花率を算出。背景色の違いで表される3つの由来別に並べて示す。



写真-1 接ぎ木個体での開花雌花の着花の様子。トドマツの場合、雌花は前年の伸長枝につく。2020年5月11日撮影。

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚航 (2021) 植栽に適した苗木産地を知る—北方針葉樹トドマツの地域適応性に基づいて—, ベース設計資料, 188, 49-52.
- Tsuyama I, Ishizuka W, Kitamura K, Taneda H, and Goto S. (2020) Ten years of provenance trials and application of multivariate random forests predicted the most preferable seed source for silviculture of *Abies sachalinensis* in Hokkaido, Japan, *Forests*, 11, 1058.
- 門脇ら (石塚4番目) (2020) 進化を考慮した保全生態学の確立と生態系管理に向けて, *保全生態学研究*, 25, 1-14.

## 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：日本大学（主管）、東京大学

協力機関：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

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。本年度は、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(調査地概要や調査方法)

#### ・光環境を改変させた圃場試験

調査地：林業試験場苗畑

対象：トドマツ5年生苗

試験項目：展葉後に遮光処理を実施。成長期間中、遮光群と非遮光群で諸形質を継続的に調査

#### ・光環境の変化に対する応答の評価

対象形質：形態形質として葉面積(LA)、葉面積比(LMA)、解剖学的形質として葉断面の針葉厚に対する柵状組織占有率や葉肉細胞占有率を算出  
評価：形質値の時間的推移と群間の違いを解析

### 研究成果

非遮光群では、良好な光条件下のため、展葉後に著しくLMAを増加させるとともに(図-1A)、展葉後から10月にかけて、針葉厚に対する柵状組織厚の割合(柵状組織占有率)の微増傾向が認められた(図-1B)。一方、遮光群では、遮光開始後すぐにLMAの増加が止まり(図-1A)、光条件変化に対して個葉レベルで速やかな応答ができることがわかった。また、柵状組織占有率は一定の値で推移したため、顕著な群間差は当年の秋期においてのみでみられた(図-1B)。速やかなLMA応答と数ヶ月遅れて生じる内部構造応答はともに光利用効率の最適化に寄与したとみられたが、応答の時間スケールに違いがあることもわかった。

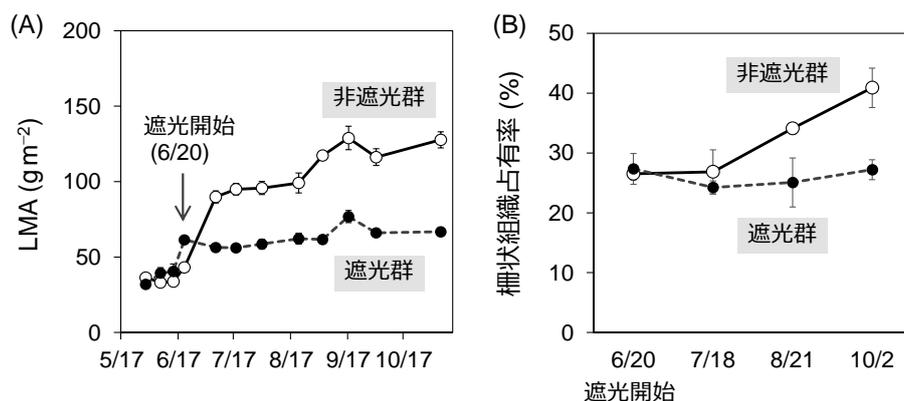


図-1 A 葉面積あたり葉重(LMA)の季節推移、B 当年葉内部構造の1つである柵状組織占有率の推移とともに光条件の異なる2処理(遮光群、非遮光群)についてシンボルを変えて示し、エラーバーは標準偏差を示す。パネルAの横軸は日付であり、時系列に沿った推移傾向を示すが、パネルBについては測定した4時点の日付の順に並べたもので、遮光開始後から10月にかけての変化を示す。

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・菅井徹人(2021)形態形質と内部構造からみたトドマツ苗木の当年生葉の発達と遮光処理に対する応答, 林業試験場研報, 58, 51-60.

菅井徹人・石塚航・渡部敏裕(2020)被陰に対するトドマツ個葉の順化能力と産地間の遺伝的変異, 2020年度北海道植物学会大会, オンライン開催

## 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、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に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F<sub>1</sub>）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。本年はとくに、既存の次代検定林におけるデータを整備し、早期選抜を行った際の効果を定量化することで、早期選抜の可能性についての評価を行う。

### 研究方法(調査地概要や調査方法)

材料：次代検定林（3試験地）

造成地：美唄・新冠・北見、造成年：1974年、概要：ニホンカラマツおよびグイマツ複数系統の人工交配次代（3試験地で同一セット）、使用データ：5～38年生時毎木調査資料

調査方法：選抜効率による早期選抜可能性の評価  
早期選抜を図る際の効果として、本選抜と比べてどれだけ高い効率で、かつ早い段階で選抜できたかを示す指標である「選抜効率」を定量化(Lambeth 1980)。これを試験地、形質、選抜齢ごとに比較。

### 研究成果

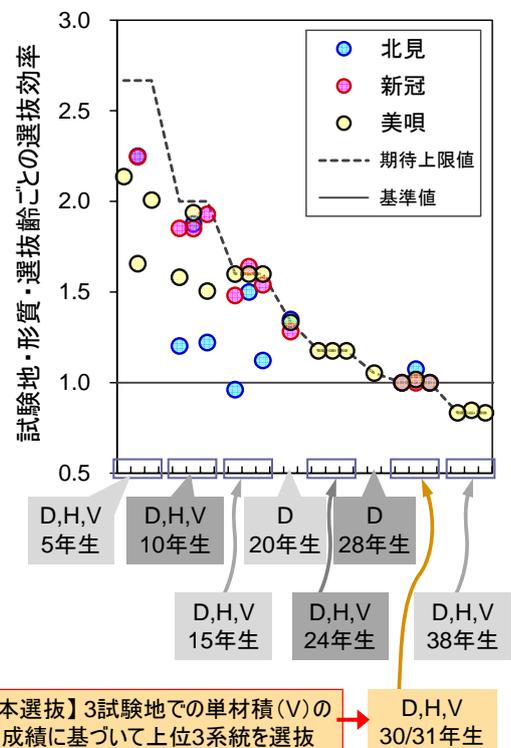
#### ・早期選抜の可能性

選抜効率を定量化したところ、北見次代検定林の15年生時胸高直径(D)以外のすべてで1を上回っていたことから、本選抜齢とした30年生時より早い段階で有効な選抜が実施できることがわかった(図-1)。また、若齢時の樹高(H)もしくは胸高直径のみでも、本選抜(3試験地の材積の総合評価)と同じ系統を選抜できる確率が高いことがわかった。

これらは試験地、形質、年齢間の遺伝相関が高いことに起因していた。選抜効率の高さや試験地間でのばらつきの少なさを鑑みると、早期選抜として、『任意の1試験地で15年生時の樹高』を用いた間接選抜を推奨することができると考えられた。

#### 図-1(右) 3試験地の各形質における選抜効率の推移

図中の点は、ある試験地の特定の形質、調査齢において算出した選抜効率の値で、色の違いが試験地の違いを示す(凡例参照)。対象形質として、胸高直径(D)、樹高(H)、単材積(V)を用いた。選抜効率は、本選抜(30年生時総合成績：図参照)の選抜結果と比べて算出される。そのため、値が1(実線)より高ければその選抜が有効であると判断される。また、選抜効率には上限があり、選抜の実施齢が小さいほど期待上限値(点線)は高くなる。選抜効率の解釈としては、たとえば値が2であれば、その齢・形質を用いた間接選抜を行うことで、本選抜よりも2倍の効率で選抜育種を進められることになる。



### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・原登志彦(2020) 葉緑体ゲノムから見たグイマツの系統とその育種利用, 北海道の林木育種, 63 (1), 11-17.  
Chen S., Ishizuka W., Hara T., and Goto S. (2020) Complete chloroplast genome of Japanese larch (*Larix kaempferi*): insights into intraspecific variation with an isolated northern limit population, Forests, 11, 884. doi:10.3390/f11080884  
佐藤弘和・石塚航(2020) 土壌物理性から検定林の立地を俯瞰する, 北海道の林木育種, 63 (2), 25-30.

# 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

共同協力機関（協力機関）：北方建築総合研究所・建築研究部環境システムG

（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：飽差低減処理（ミスト）、遮光、雨除け処理（外張りフィルム）、風防を組み合わせた8つのハウスでの挿し木試験

調査項目：気温・湿度・地温・日射量等の環境計測、生育終了期の苗木のサイズ測定

## 研究成果

ミスト、遮光、外張りフィルム、風防のすべての処理をありとした1-①区の結果がもっとも良好で、ハウス段階の得苗率が目標の80%を超え、茎の太い良質な苗が得られた（図-1）。

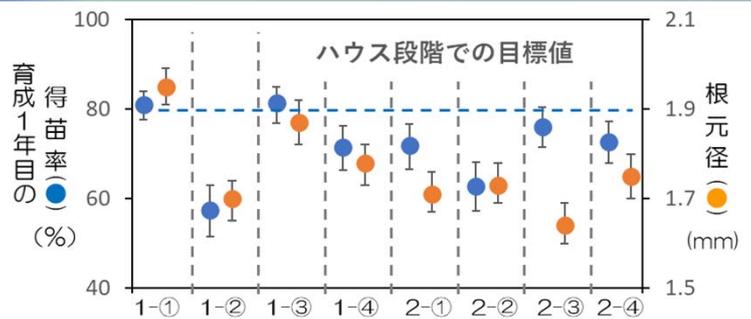


図-1 各試験区の得苗率と苗の根元径

- ミストは晴天時の気温を約4℃下げ、飽差<sup>1)</sup>10g/m<sup>3</sup>を超える時間を2割以下に抑える効果がみられた（表-1）。
- 強めの遮光（遮光率77%）は弱めの遮光（55%）に比べて、培地の温度上昇を抑える効果が高く、晴天時に約3℃低下させた。
- 外張りフィルムで被覆しないことで、気温と培地温の上昇を抑えることができた。しかし、培地の一部にハウスのフレーム等からの雨滴浸食が認められ、管理上被覆が必要と考えられた。
- ハウス内の気温を下げるため、扉の開放が必須だったが、挿し木に直接風を当てないために風防を設ける必要があった。

表-1 各試験区の仕様と環境測定結果

試験区	1-①	1-②	1-③	1-④	2-①	2-②	2-③	2-④	
処理	飽差低減処理(ミスト)	あり	あり	あり	あり	無し	無し	無し	無し
	遮光(数字は遮光率)	77%	55%	56%	56%	77%	55%	75%	62%
	雨除け処理(外張りフィルム)	あり	あり	無し	無し	あり	あり	あり	あり
	風防	あり	あり	あり	無し	あり	あり	トンネル	トンネル
実測結果	期間内最高気温[℃]	30.8	31.0	30.0	29.9	34.7	35.2	35.4	35.2
	期間内最高培地温[℃]	28.9	31.8	30.8	30.1	-	32.3	-	-
	期間最大日射量[W/m <sup>2</sup> ]	291	563	552	541	307	563	311	483
	飽差10g/m <sup>3</sup> 以上の累積時間[h]	10	19	4	8	86	104	100	80

挿し付けは6/15、6/29、7/13に実施

上表は挿し付けから2週間の期間を含む6/16～7/27の集計

<sup>1)</sup> 飽差：飽和水蒸気圧と水蒸気圧との差  
例えば温度30℃、相対湿度67%が飽差10 g/m<sup>3</sup>に相当する。

## 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

立松宏一（2020）挿し木用ハウスにおけるミストの飽差改善効果。2020年度日本建築学会大会

今博計・立松宏一（2021）カラマツ類における挿し付け後の穂の萎れを引き起こす影響要因。第132回日本森林学会大会

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

# クリーンラーチ若齢採種園の成長と着花に及ぼす 施肥の効果検証

担当G：保護種苗部育種育苗G

協力機関・研究機関：オホーツク総合振興局東部森林室、林産試験場利用部

研究期間：平成28年度～令和2年度 区分：経常研究

## 研究目的

クリーンラーチ（グイマツ精英樹・中標津5号を母親、カラマツ精英樹を父親とする雑種F<sub>1</sub>）の若齢採種園の肥培管理方法を提示するため、グイマツとカラマツの若齢接ぎ木クローンを対象に、施肥の種類や濃度を変えた試験を実施し、着花と種子の品質に及ぼす施肥の効果を検証する。

## 研究方法

### 1. グイマツ着花促進試験

調査地：訓子府採種園の20年生個体

処理：①窒素単肥、②窒素・リン・カリウムの複合肥料の地表散布

### 2. カラマツ着花への効果検証

資料：小澤準二郎・松崎昭三郎（1955）林試北海道支場特別報告4で公表された花の着生数データ

評価：肥料の種類別の効果を回帰モデルで分析

### 3. グイマツ種子の品質向上試験

調査地：美唄クローン集植所、樹高6～13m個体

処理：6～7月にグルタチオン※1を配合した肥料（カネカペプチドW2）の水溶液を葉面散布

調査：軟X線撮影による種子の充実性の判別  
充実種子の発芽鑑定

※1、酸化型グルタチオン。3つのアミノ酸が結合したトリペプチドの一種であり、光合成活性を高める効果があるとされる。

## 研究成果

### 1. グイマツ着花促進試験

2015～2018年の4年間にわたり、2種類の肥料を樹冠下に散布した結果、球果の着生は養分の種類により効き方が異なった。

窒素のみを与えた処理は着花を抑制していた。一方、窒素・リン・カリウムの複合肥料を通常よりも多く与えた処理は、着果を促進させていた（図-1）。

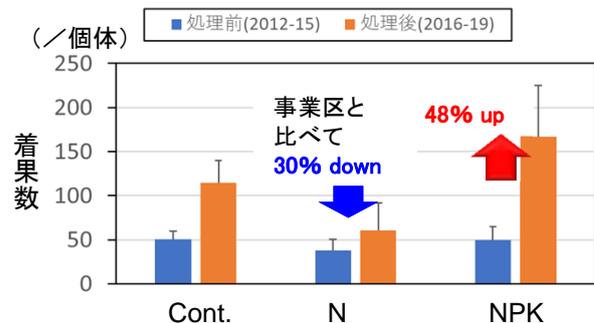


図-1 グイマツの施肥前後の着果数の比較

Cont. は採種園で通常行っている処理で、林業用固形肥料まるやま3号（成分：窒素3%、リン6%、カリウム43%）を1本あたり一律144g与えている。試験で施肥処理した各個体にも、基肥として同量の肥料が施用されている。なお、NPK処理区は、Cont. に比べて約9倍の施肥量にあたる。

### 2. カラマツ着花への効果検証

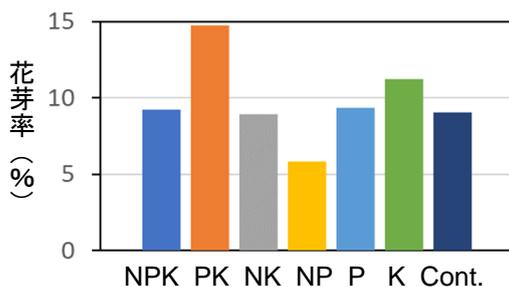


図-2 15年生のカラマツ人工林における肥料種別の花芽率

1955年に報告された15年生のカラマツ林での施肥による着花促進試験を再解析した結果、グイマツと同じく窒素の施用は花芽の着生を抑制し、リンとカリウムは花芽の着生を促進することがわかった（図-2、表-1）。

肥料3要素量（窒素、リン、カリウム）の施肥量は、窒素が42g/個体、リンが80g/個体、カリウムが144g/個体である。Cont. は無処理を示す。様々な条件（斜面位置、施肥時期、針金まき締め）で試験がされたため、花芽率は一般化線形モデルにより推定した。花芽は雄花と雌花の両方を含む。

表-1 カラマツの着花数を説明する最適な一般化線形モデルにおける係数の推定値 \* $<0.05$ 、\*\*\* $<0.001$

説明変数	係数	標準誤差	p 値
切片	-3.0126	0.0528	***
N	-0.0112	0.0004	***
P	0.0004	0.0002	*
K	0.0032	0.0001	***
斜面下部	-0.2512	0.0186	***
斜面上部	0.1010	0.0188	***
春散布	0.0303	0.0137	*
まきじめ	0.1382	0.0148	***
枝高	0.0793	0.0074	***

花芽数を応答変数、窒素施用量、リン施用量、カリウム施用量、斜面位置、処理時期、まきじめ処理、調査枝の着生高を説明変数、短枝数をオフセット項とする一般化線形モデルを用いた。全ての変数を含むモデルが、AIC（赤池の情報量基準）が最も小さく最良モデルとして選択された。

切片以外の説明変数の係数がマイナスであれば負の効果、プラスであれば正の効果があることを示す。

着花数に影響する肥料の種類以外の要因としては、斜面位置（下部よりも上部で促進）、肥料の散布時期（秋よりも春で促進）、まきじめ（処理有で促進）、枝高（高いほど促進）も関わっていることがわかった（表-1）。

### 3. グイマツ種子の品質向上試験

表-2 カネカペプチドW2の葉面散布の試験概要

処理年	カネカペプチドW2	供試材料	散布回数と時期	備考
2019年	250倍水溶液	接ぎ木ポット苗_7個体	5回（10日間隔） 5月29日～7月5日	薬害発生 葉の褐変
2020年	1,000倍水溶液	樹高6～13m グイマツ_4個体 グイマツ雑種F <sub>1</sub> _1個体 長さ1.4～3.7mの一次枝を対象	4回（10日間隔） 6月19日～7月21日	比較対照は同程度の高さに着生した1次枝

球果の発達  
が阻害された

種子の充実率は無処理枝では50%未満だったが、処理枝では林縁木の中標津5号\_1を除いて57～78%であり、**充実率を向上**させる効果が認められた（図-3）。

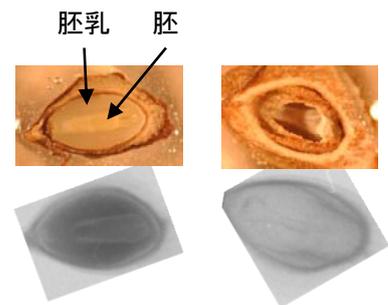
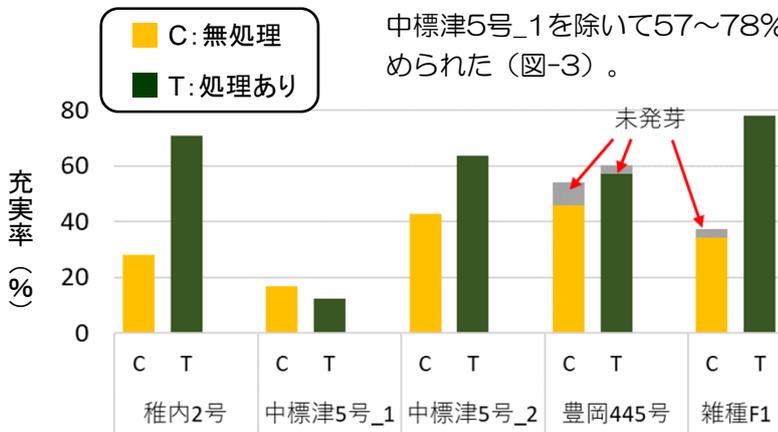


図-3 2020年の施肥処理による種子の充実率の比較

充実率は軟X線により判別した(写真-1)。また、供試種子(不稔種子を含む)は人工気象器で発芽試験を行った。充実種子は豊岡445号と雑種F<sub>1</sub>の一部種子を除き、発芽した。なお、未発芽種子は発芽試験後に種子切断し、胚乳が存在することを確認した。

写真-1 充実種子(左)と不稔種子(右)の切断面と軟X線写真の比較

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

平成29年度道有採種園整備実施体制プロジェクトチーム第2回会議、H30年1月26日、道庁  
 平成30年度採種園管理技術研修会、H30年5月25日、訓子府採種園  
 今 博計・来田和人・石塚 航(2019)グイマツ精英樹中標津5号の球果生産に及ぼす施肥と環状剥皮の影響、第68回北方森林学会大会  
 今 博計・石塚 航・成田あゆ・来田和人(2019)カラマツ種苗の安定供給のための技術開発—北海道での取り組み—、北海道の林木育種62:6~11.  
 今 博計・石塚 航・成田あゆ・佐藤弘和・来田和人(2020)カラマツ類の着花に及ぼす施肥の効果、令和2年度北海道森づくり研究成果発表会

# トマツコンテナ苗の 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

トマツのコンテナ苗は現在4年間の育苗期間（苗畑育苗2年+コンテナ育苗2年）を要する。コンテナ苗植栽のさらなる普及に先駆け、短期間で山出しできる育苗方法を検討する。小型コンテナやセルトレイ等に播種する場合を想定し、薬剤処理や温度条件で発芽を早められるか調査する。

## 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：育苗方法(5通り)ごとに成長量を調査した  
 ・コンテナに直接播種  
 ・小型コンテナに播種→コンテナに移植  
 ・セルトレイに播種→コンテナに移植  
 ・苗畑に播種→1年生・2年生幼苗をコンテナに移植  
 測定項目：苗長、地際径、葉・シュート・根重量

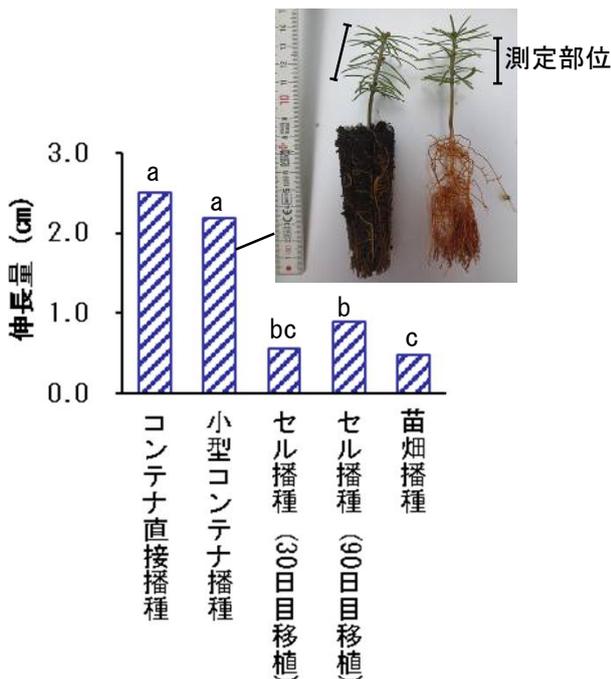
調査②：発芽促進処理による発芽勢の向上効果  
 調査方法：発芽前に薬剤で処理し、発芽率を調査した  
 薬剤処理  
 ・過酸化水素水、殺菌剤(チウラム)  
 気温条件(人工気象器)  
 ・5-15℃、10-20℃、15-25℃(暗期12h-明期12h)  
 測定項目：発芽数/300粒

## 研究成果

### 調査①育苗方法

1年目時点では、すべての測定項目においてコンテナ直接播種が最も大きくなり、慣行栽培に相当する苗畑播種が最も小さくなった。

小型コンテナ(50cc)播種はコンテナ(330cc)より容量が小さいものの、同等に成長した。



### 調査②：発芽促進処理

10-20℃、15-25℃では薬剤処理なしが最も早く発芽し、発芽率も高くなった。5-15℃で発芽させると発芽が遅く、また発芽率が低くなった。早春に播種する場合は、加温が必要である。

チウラム区(■)はすべての温度設定において最も発芽率が低く、発芽阻害効果が疑われた。

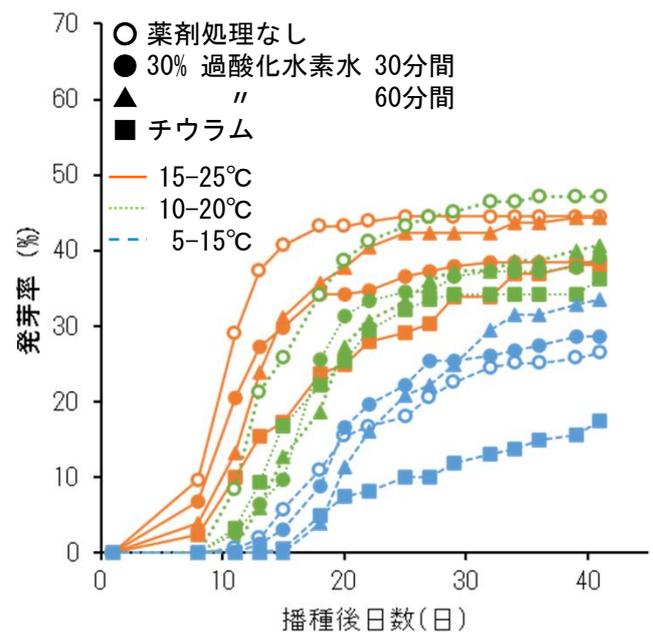


図-1 育苗方法ごとの平均伸長量(子葉から頂芽まで)  
 図中のアルファベットは多重比較検定による有意差を示す

図-2 薬剤処理および変温処理した種子の発芽率の推移

# 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、機械化に必要な土壤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. 植栽機に必要な土壤穿孔機能の検討  
硬い土壤（粘土質土壤）および柔らかい土壤（火山灰土壤）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. 機械土壤穿孔作業の苗木活着への影響  
土壤穿孔機による植栽穴がコンテナ苗植栽に悪影響を与えないかについて、実際に土壤穿孔機による植栽穴に植えて生残調査を実施する。

## 研究成果

### 1. 植栽機に必要な土壤穿孔機能の検討

令和2年5月25日に池田町、7月13日に京極町において、土壤の穿孔試験を行った。池田町の土壤硬度（山中式）は15～20mm、京極町のそれは4～15mmであった。これらの試験地には直径1cm程度の笹根が多く存在したが穿孔に支障は無かった。京極町では、すべての条件で深さ18cm以上に穿孔でき穴が崩れることもなかった。これまで2年間の試験により土壤硬度に応じた穿孔条件（ドリル回転数、送り速度）を示すことが可能となった。また、出力720Wの電動ドリルで植栽地の土壤を十分穿孔できることが明らかとなった。

### 2. 機械による土壤穿孔作業が苗木活着へ与える影響

令和2年5月25日に池田町において、キャニコム社製土壤穿孔機（写真-1）によって穿孔された植栽穴にカラマツコンテナ苗を植栽した。この植栽されたコンテナ苗のうち151本について生残調査を実施した。また、対照区として人力によって植え穴掘りを実施し植栽されたコンテナ苗108本について生残調査を実施した。植栽試験地は防風林皆伐地で平坦な火山灰土である。植栽時に使用されたコンテナ苗の大きさは、苗長：39.4±9.3cm、根元径：4.4±0.9cmである。下刈り作業直後の8月5日にコンテナ苗の生残調査を実施した（図-1）。機械穿孔後に植栽された151本のうち7本が枯死し、生残率は96%だった。対照区については108本のうち5本が枯死し生残率は95%だった。主な枯死理由はどちらも下刈り時の誤伐であった。令和3年度以降も生残状況について継続調査が必要だが、植栽後3ヶ月時点では土壤穿孔に機械を使用したことによるコンテナ苗の生残への影響は確認されなかった。

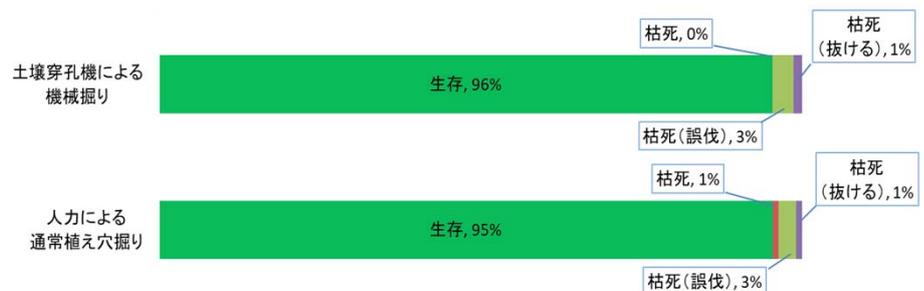


写真-1 コンテナ苗植栽試験に使用した土壤穿孔機（試作機）

図-1 土壤穿孔機による植え穴へ植栽したコンテナ苗の生残率と通常植栽されたコンテナ苗の生残率

\* 枯死（誤伐）は下刈り時に刈られた苗

\* 枯死（抜ける）は何らかの理由で苗鉢ごと抜けた苗

# 小型遠隔操縦式草刈機の開発・改良のための実証試験

担当G：森林経営部経営G

協力機関：南那珂森林組合

研究期間：令和2年度

区分：受託研究（（株）筑水キャニコム）

## 研究目的

北海道の林業労働者数は造林事業にかかる労働者数が減少傾向にあり、機械化を進めて造林作業の効率化や軽労化を進めることが必要とされている。そこでこれまで河川法面草刈機をベースに伐根が残る林地でも使用可能な下刈り作業機械を開発してきた。しかし、30度までの傾斜地までしか対応できず、現地検討会などでもっと急傾斜地でも使用可能な小型草刈り機が求められた。そこで、傾斜40度前後まで作業可能で車幅2mほどの小型遠隔操縦式草刈機が開発されたので、その性能について調査した。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

○試験地概要(表-1)

- ・試験地：宮崎県日南市
- ・傾斜：5～40度
- ・植栽密度：1000本/ha

ここで、試験地を緩傾斜地と急傾斜地に分け、緩傾斜地については、一部、山もつとジョージで根株を粉碎した試験地を用意した。また、急傾斜地については、斜面縦方向と斜面横方向での作業についての調査を実施した。

表-1 試験地概要

根株の処理状況	粉碎済み		無処理	
傾斜	緩傾斜(5～10度)	緩傾斜(6～15度)	緩傾斜(20～40度)	急傾斜(20～40度)
下刈り植栽列間数	4本	3本	3本	3本
作業距離	100.3m	91.8m	140.0m	

## 研究成果

- ・小型遠隔操縦式草刈機の功程調査

開発機は全長2.2m、全幅1.18mの大きさで開発された(写真-1)。

下刈り作業功程調査は、開発機がまだ長時間連続作業させることが出来る状態では無かったため、短時間(10分前後)の調査を複数回実施した。功程調査結果について、図-1に示す。

緩傾斜地で根株が粉碎された林地では約0.17ha/時の功程を示したが、根株無処理の林地では約0.05ha/時となり3分の1に功程が落ちた。特に、急傾斜地の上りでは集材路跡の法面(斜度35度)を上るのに時間を要した。一方で横傾斜では斜度35度を越える林地でもエンジンを止めることなく横滑りもなく安全に下刈り作業をすることが出来た(最大39.8度でもエンジンが止まることなく走行出来ることを確認した)。本州スギ人工林での標準的な下刈り功程値は0.04ha/時(佐々木・水田, 2010)であるが、根株が残る急傾斜地では人力同等、根株が粉碎された林地では4倍の功程で作業出来る可能性が示された。

ただし、機械稼働時間が合計30分足らずと短いため、もっと広い面積で長時間に渡って機械を稼働させて、作業性について検討する必要がある。



写真-1 小型遠隔操縦式草刈機作業風景

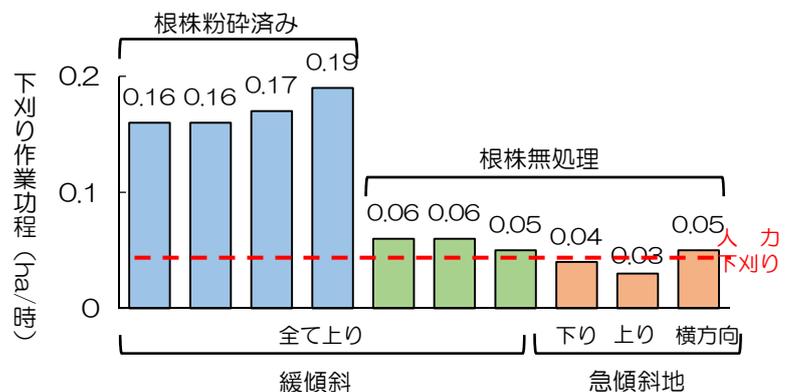


図-1 小型遠隔操縦式草刈機による下刈り作業功程測定結果

\* 人力下刈り功程ライン(0.04ha/時)はスギ人工林における標準値(佐々木・水田(2011)森林整備における作業功程調査より引用)

# 合板用カンバ材の供給・利用可能性の評価にかかる実証試験

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関：丸玉木材（株）

研究期間：令和元年度～2年度

区分：共同研究

## 研究目的

カンバ小径材から切削された単板の品質や強度が調査され、合板等への利用可能性が示されているものの、伐採されたカンバ類がどの程度、合板向けに利用できるのか、その歩留まりについての知見は非常に少ない。そこで、合板向けに利用可能なカンバ原木の形質を実証試験を通して明らかにするとともに、それらの原木が効率的に収穫可能な林分の条件を抽出する。

## 研究方法

### 調査地

- 道有林上川北部管理区のカンバ林
- 林分1：名寄市（かき起こし施工地：間伐）
- 林分2：名寄市（不成績造林地：皆伐）
- 林分3：美深町（シラカンバ人工林：皆伐）

### 調査・解析内容：

- 収穫調査（胸高直径、樹高、枝下高の測定）
- 径級別の出材予測に関する解析
- トラック1台分の合板用原木が収穫可能な林分の条件抽出

## 研究成果

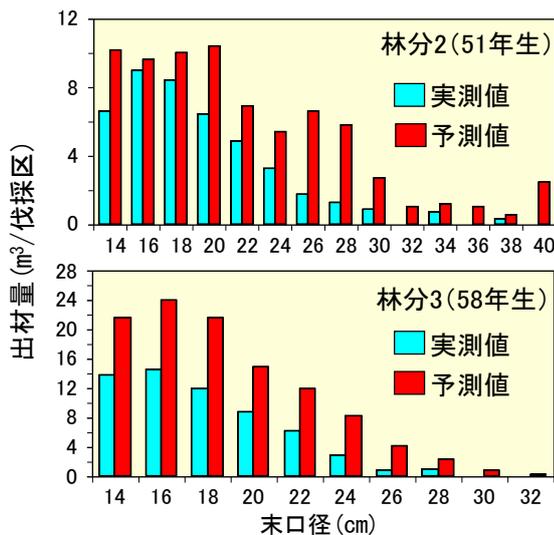


図-1 皆伐林分における末口径別の出材量と予測値

実測値は合板への利用が可能と判断された原木。

- 皆伐を行った2つの林分における出材量（採材長：2m）を予測値と比較した。収穫調査データから求めた出材量（予測値）を100とした場合、合板への利用が可能と判断した原木の割合は、50～60%であった（図-1）。
- トラック1台分の合板用原木が収穫可能な林分の出現確率（P）は林齢と材積が大きい林分ほど高くなった（図-2）
- この結果を基に、林齢、林分材積、地位指数ごとに合板用原木を効率的に収穫できる可能性をランク付けし、一覧表としてまとめた（表-1）。

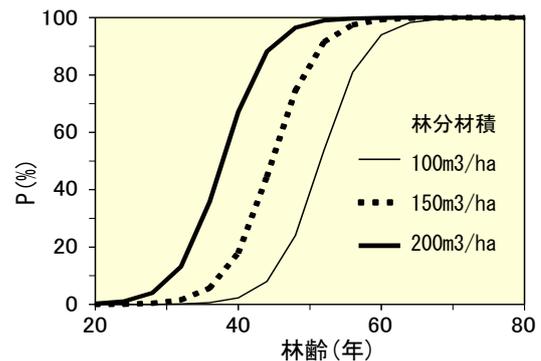


図-2 林齢とトラック1台分以上の合板用原木が収穫可能となる林分の出現確率（P）との関係  
地位指数を20として計算。

表-1 林齢と林分材積に対応した出現率（P）のランク（地位指数20の場合の例示）

林齢 (年)	林分材積 (m <sup>3</sup> /ha)					P(%)
	100	120	140	160	180	
30	×	×	×	×	×	◎ 90%以上 ○ 70-90%未満 △ 50-70%未満 × 50%未満
32	×	×	×	×	×	
34	×	×	×	×	×	
36	×	×	×	×	×	
38	×	×	×	×	×	
40	×	×	×	×	×	
42	×	×	×	×	△	
44	×	×	×	△	△	
46	×	×	×	○	○	
48	×	×	△	◎	◎	
50	×	△	○	◎	◎	

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 大野泰之（2021）北海道の天然林の現状とこれからの方向 - 「三方よし」への道筋-. 北方林業 72: 56-59

## 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(調査地概要や調査方法)

育苗試験：林業試験場構内  
調査地（多地点調査）：渡島、檜山、空知、十勝管内の1齢級のカラマツ類造林地（40箇所）

育苗試験：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）  
多地点調査：カラマツ類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

平均値±s.d.	無施用区	施用区	t検定
2019			
苗高 (cm)	39.6±9.9	45.5±7.5	$p < 0.05$
地際径 (mm)	5.2±1.1	6.0±1.0	$p < 0.05$
地上部重量 (g)	4.56±1.17	5.89±1.79	$p < 0.05$
地下部重量 (g)	2.81±0.78	3.39±1.21	$p < 0.05$
2020			
苗高 (cm)	24.0±11.2	26.6±11.5	-
地際径 (mm)	3.7±1.4	4.0±1.5	-
地上部重量 (g)	2.28±1.59	3.88±1.82	$p < 0.05$
地下部重量 (g)	1.56±1.03	2.38±1.19	$p < 0.05$

- グルタチオンによるコンテナ苗木サイズの増加は2019年で顕著に、2020年でやや傾向が見られた（表-1）。地上部・地下部の乾燥重量は有意な増加が両年で確認された（表-1）。
- 林齢にともなう平均樹高の増加の程度は、カラマツよりもクリーンラーチで大きかった（図-1）。
- カラマツ類の植栽木の高さが競合植生の高さを上回る確率(P)を植生タイプごとに計算した。その結果、Pの値は植生タイプによって大きく異なっていた（図-2）。

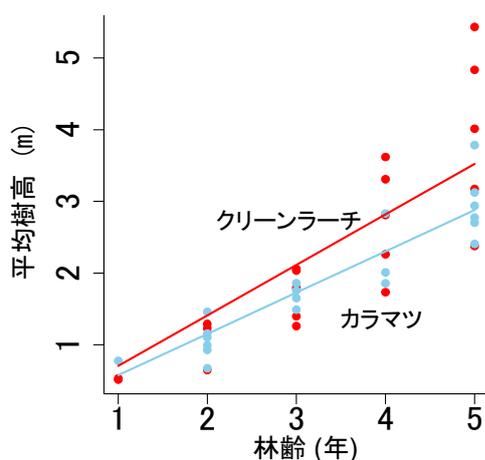


図-1 林齢と平均樹高との関係

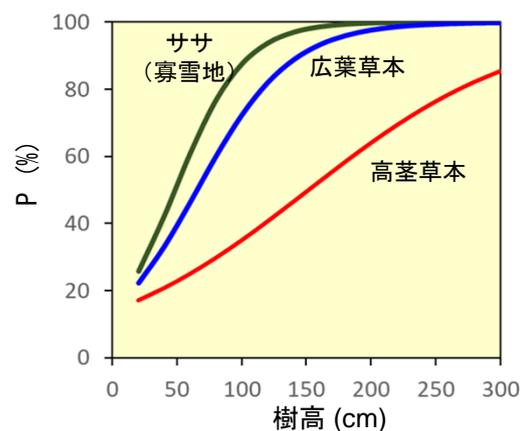


図-2 植栽木の樹高と露出率(P)との関係

P：樹高が競合植生の高さを上回る確率  
植栽木の樹高は品種込み。

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 大野泰之 (2021) クリーンラーチを活用して下刈り期間を短縮する. 山つくり No521: 2-3

# 高精細森林情報を用いた針葉樹人工林の 地位指数推定技術の高度化

担当G：森林経営部経営G、道北支場

協力機関・研究機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課、北海道大学北方生物圏

フィールド科学センター、千葉大学園芸学部、東京大学空間情報科学研究センター

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

## 研究目的

樹木の生育状況は環境条件などによって異なることから、針葉樹人工林の今後の再造林を着実に進めるにあたり、造林適否の判断技術を高度化（自然条件を考慮した造林方法）する必要がある。本研究では、近年整備が進んでいる航空機LiDARや利用が進んでいるUAV（無人航空機）を用い、高解像度で地位指数（成長ポテンシャル）を把握・推定する手法の開発を行う。

## 研究方法

- 解析に用いたUAV計測概要  
計測対象：トドマツ人工林  
計測範囲：道有林十勝管理区  
(LiDARデータ取得範囲)
- 解析に用いた航空機LiDAR計測概要  
計測期間：平成29年7/8～8/26  
計測範囲：津別町内(401.28km<sup>2</sup>)  
点群：4点/m<sup>2</sup>以上

## 研究成果

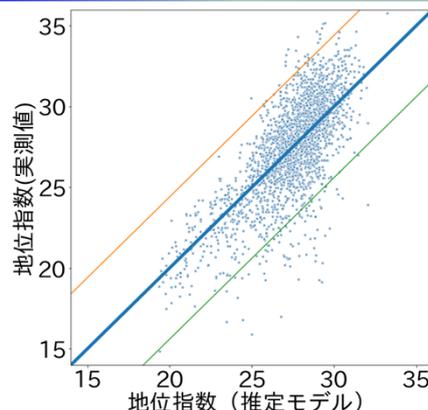
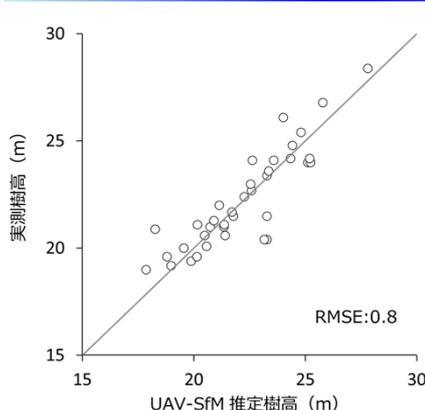


図-1 UAV-SfMによる樹高推定の散布図(左)  
樹冠高モデルにUAV-SfM(画像からの三次元形状復元)、地盤高モデルにUAV-LiDARのデータを使用した樹高推定の結果

図-2 地位指数推定モデルの散布図(右)  
X軸がモデルより推定した地位を表しY軸は地位指数の実測値を表す。

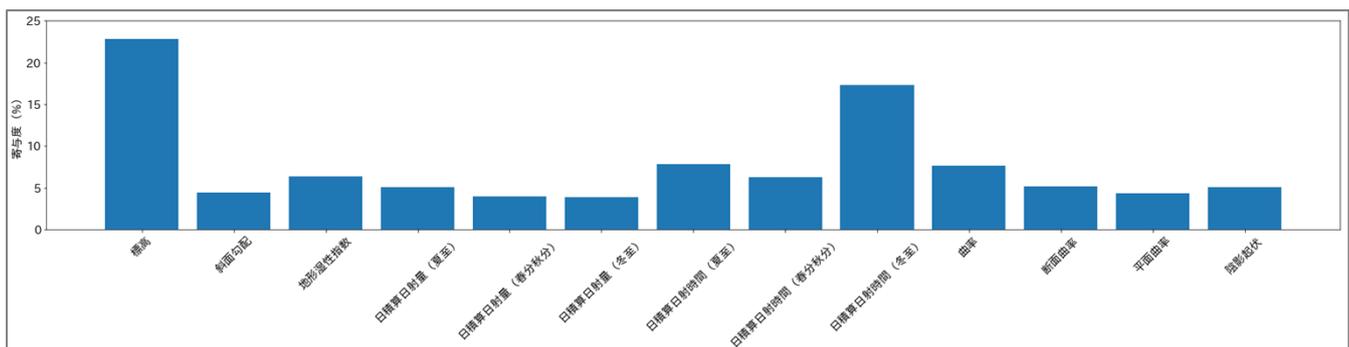


図-3 地位指数に影響する要因とその寄与度

今回作成した地位指数推定モデルにおいて採用された環境情報の寄与度(%)。Y軸は各説明変数のモデルに対する寄与度を示す。(モデル作成：ランダムフォレスト法)

OLiDARデータ取得範囲では高精度に地盤高を把握できるためUAVを用い高精度に樹高を推定できることが明らかになった(図-1)。

○ランダムフォレスト法を用い、10mメッシュの高解像度の地位指数を、環境情報(図-3)から誤差(RMSE)4.1の精度で推定することができた(図-2)。

## 研究成果の公表

- ・蝦名 益仁、加藤 顕、竹内 史郎、近藤 正一 (2020) Comparison of LiDAR data using three platforms (Aerial-LiDAR, UAV-LiDAR, Terrestrial-LiDAR) in evergreen coniferous forest. JpGU-AGU JointMeeting 2020