

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)。

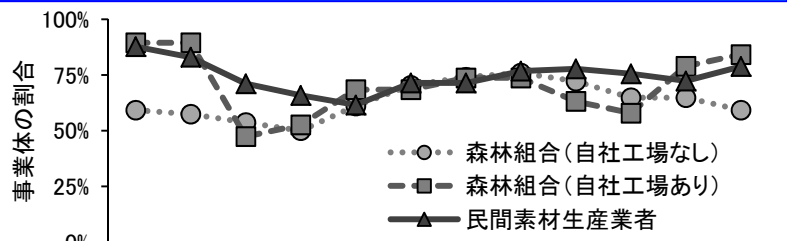


図-1 「造材後1ヶ月以内に原木出荷」と回答した事業者の月別割合

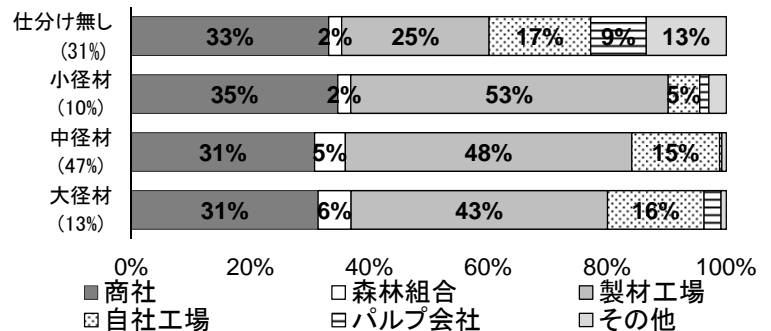


図-2 民間素材生産業者における素材の径級別販売先

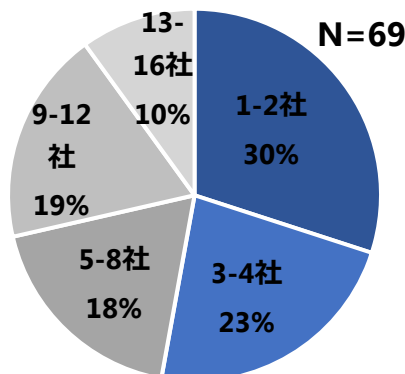


図-3 民間素材生産業者の原木出荷先数

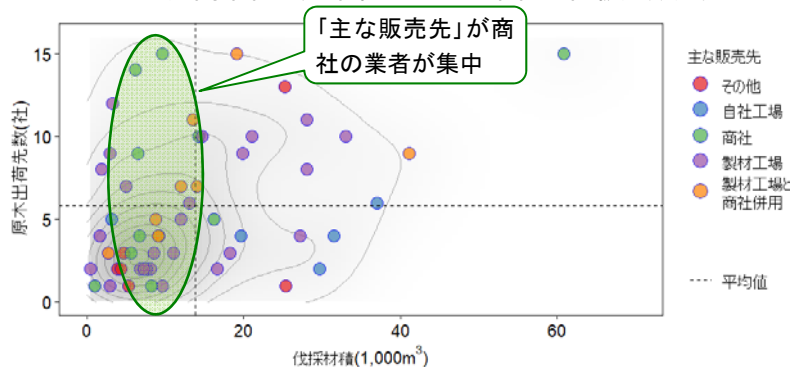


図-4 民間素材生産業者の主な販売先と伐採材積、原木出荷先数

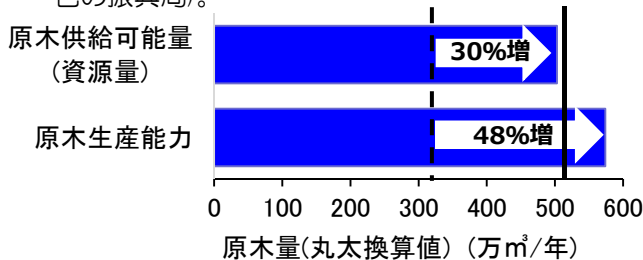
2) 林業労働力からみた素材生産能力の推定

【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

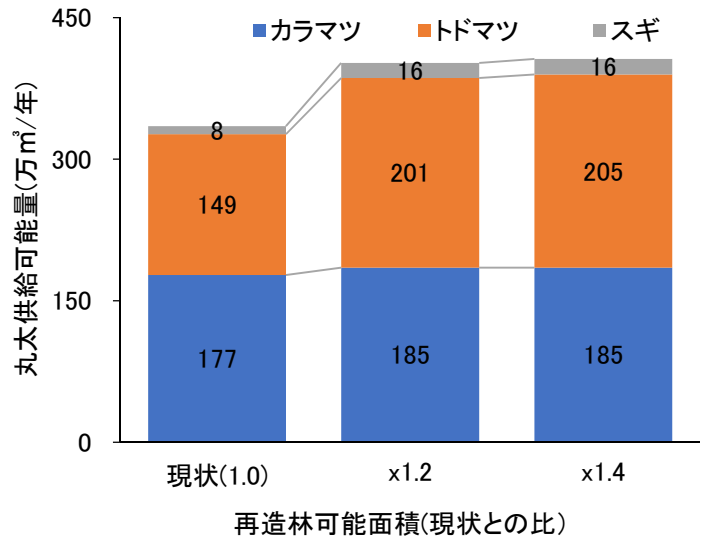


図-5 資源量からみた人工林資源の持続的供給可能量

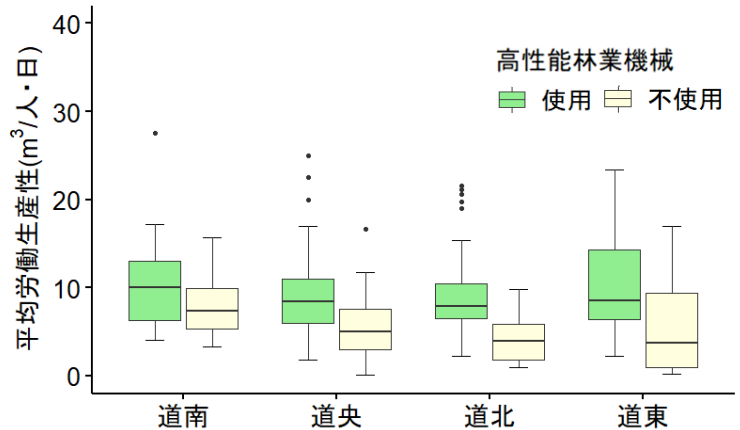
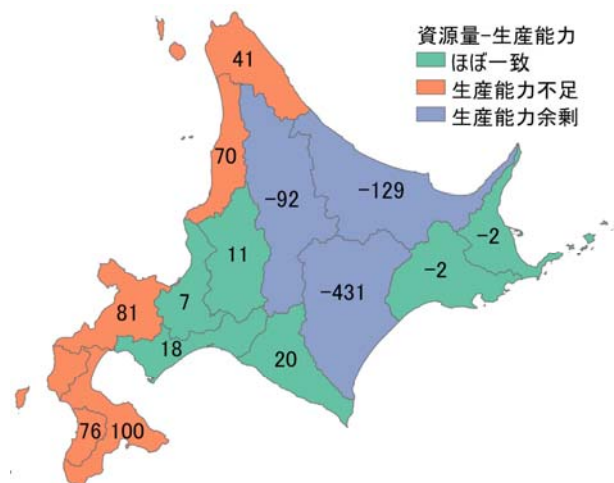


図-6 各地域における高性能林業機械の使用別労働生産性



※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。

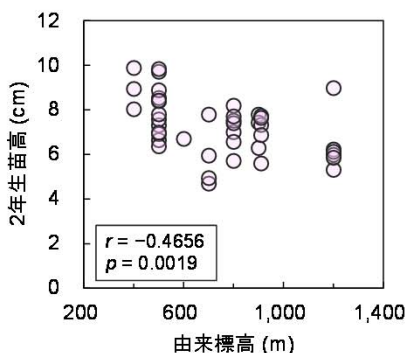


図-1 トドマツ2年生苗における苗高と由来標高の関係

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。

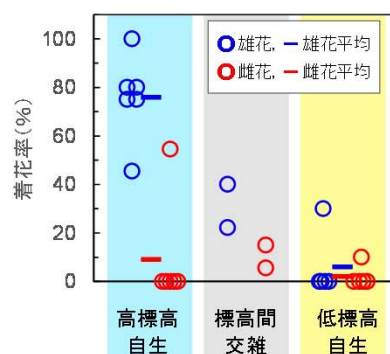


図-2 トドマツ接ぎ木クローンにおける由来別の着花率

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。

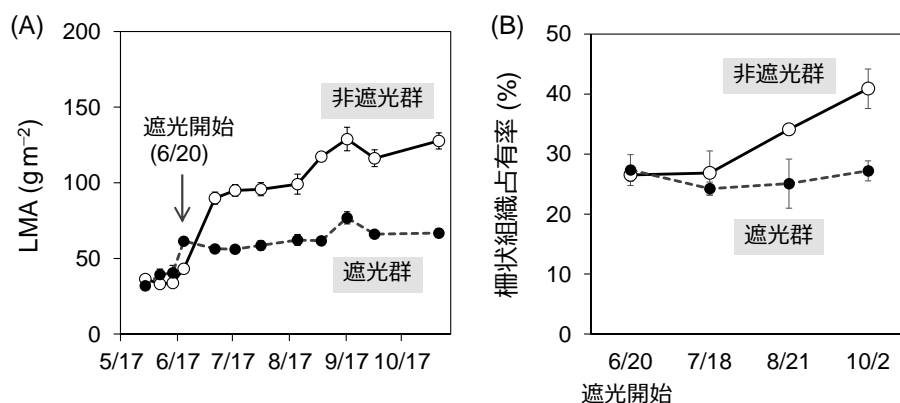


図-1 A 葉面積あたり葉重(LMA)の季節推移、B 当年葉内部構造の1つである柵状組織占有率の推移とともに光条件の異なる2処理(遮光群、非遮光群)についてシンボルを変えて示し、エラーバーは標準偏差を示す。パネルAの横軸は日付であり、時系列に沿った推移傾向を示すが、パネルBについては測定した4時点の日付の順に並べたもので、遮光開始後から10月にかけての変化を示す。

### 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

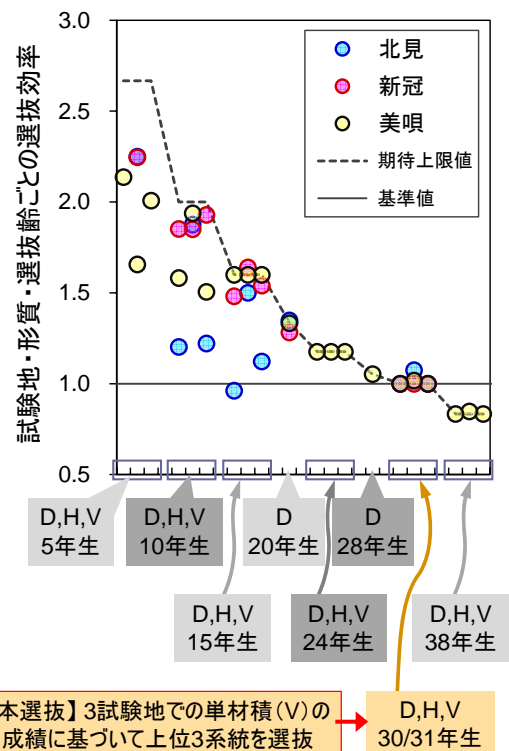
### ・早期選抜の可能性

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）。

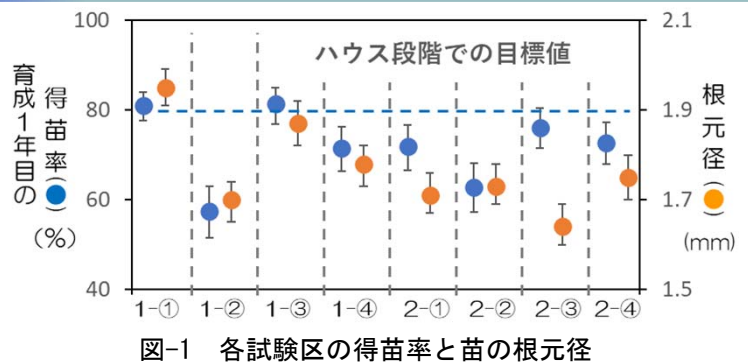


表-1 各試験区の仕様と環境測定結果

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[°C]	30.8	31.0	30.0	29.9	34.7	35.2	35.4	35.2
	期間内最高培地温[°C]	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

- 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。

<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）。

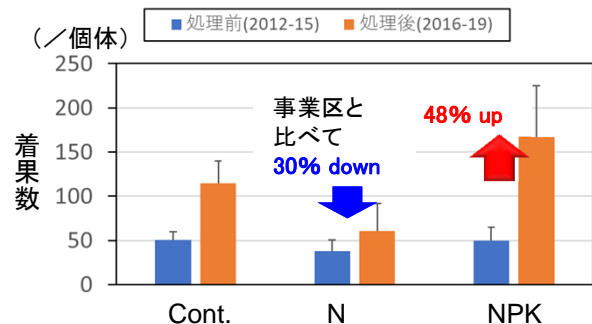


図-1 グイマツの施肥前後の着果数の比較

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

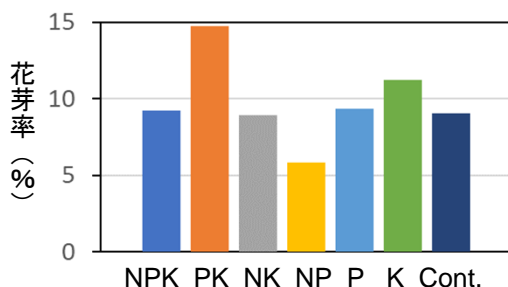


図-2 15年生のカラマツ人工林における肥料種別の花芽率

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）。

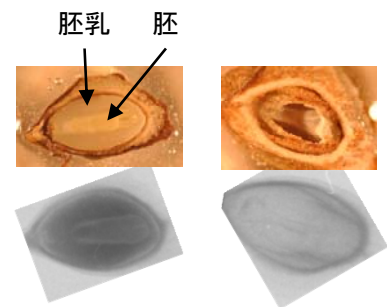
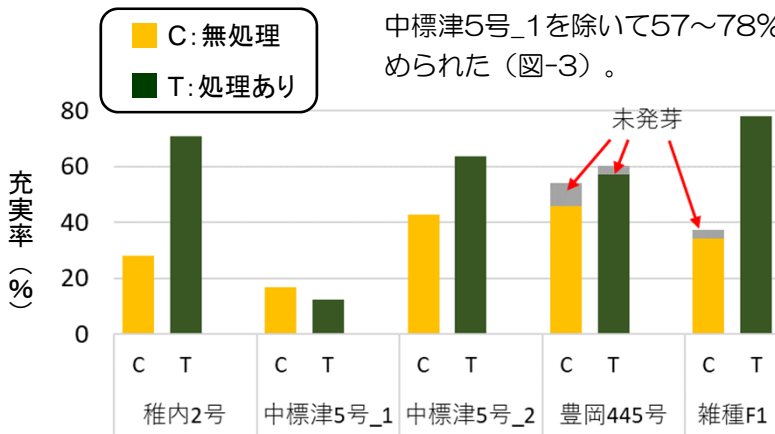


図-3 2020年の施肥処理による種子の充実率の比較

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。

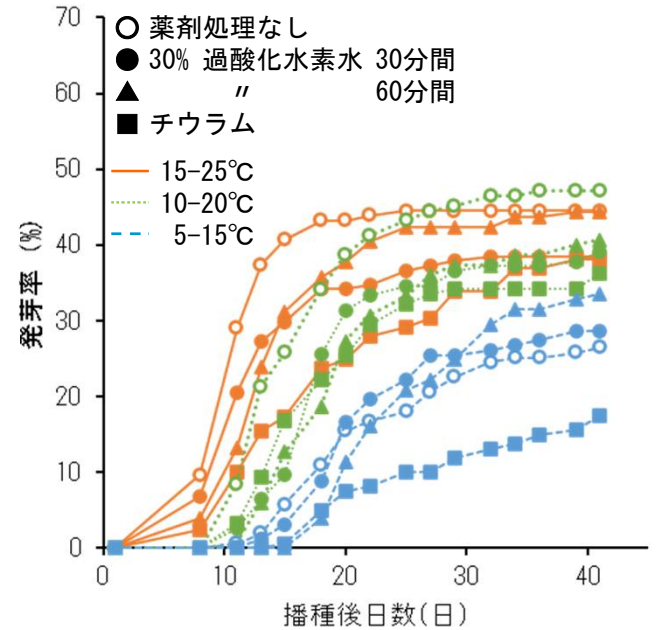
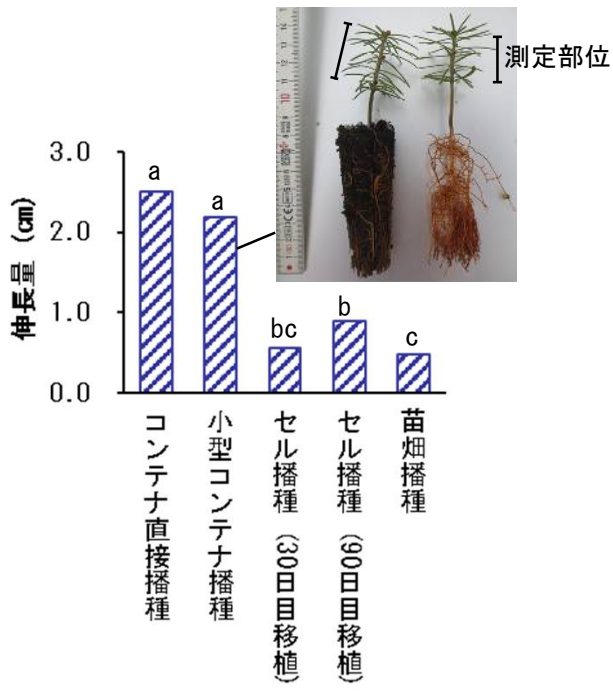


図-1 育苗方法ごとの平均伸長量(子葉から頂芽まで) 図中のアルファベットは多重比較検定による有意差を示す

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。

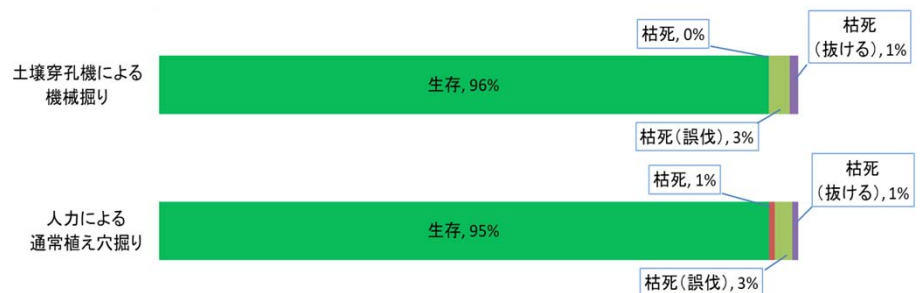


写真-1 コンテナ苗植栽試験に使用した土壤穿孔機（試作機）

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)	急傾斜(20～40度)
下刈り植栽列間数	4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

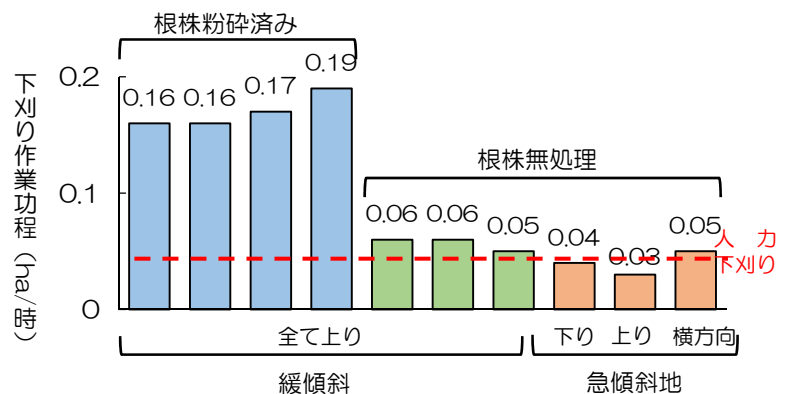


図-1 小型遠隔操縦式草刈機による下刈り作業功程測定結果

\* 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

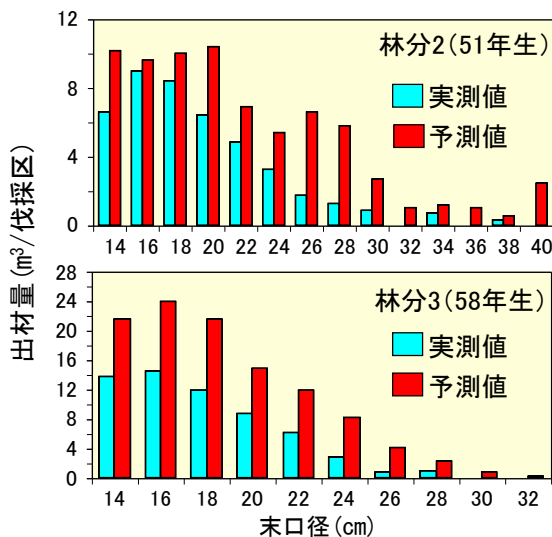


図-1 皆伐林分における末口径別の出材量と予測値

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）。

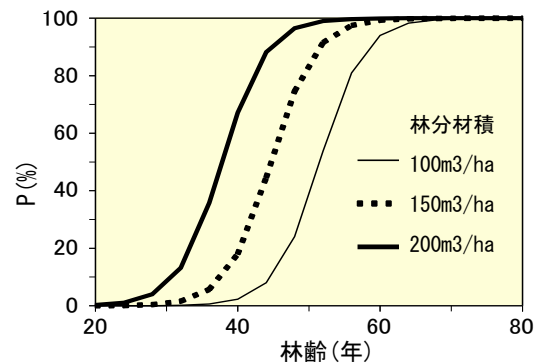


図-2 林齢とトラック1台分以上の合板用原木が収穫可能となる林分の出現確率（P）との関係 地位指数を20として計算。

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）。

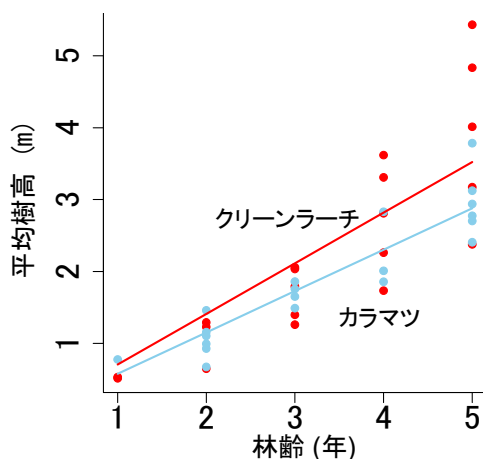


図-1 林齢と平均樹高との関係

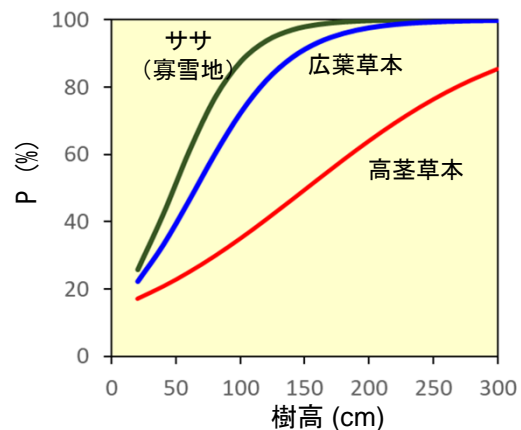


図-2 植栽木の樹高と露出率(P)との関係

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

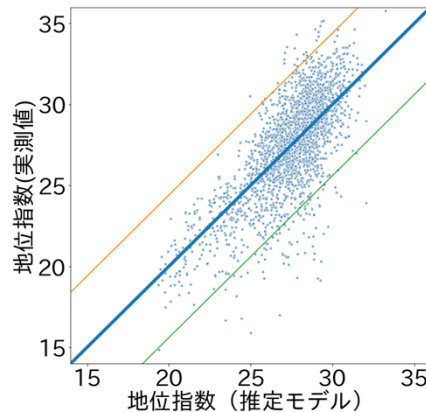
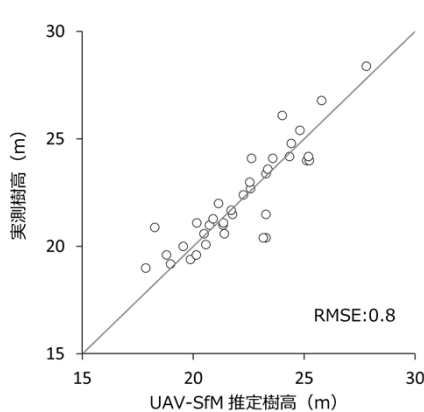


図-1 UAV-SfMによる樹高推定の散布図(左)  
樹冠高モデルにUAV-SfM(画像からの三次元形状復元)、地盤高モデルにUAV-LiDARのデータを使用した樹高推定の結果

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。

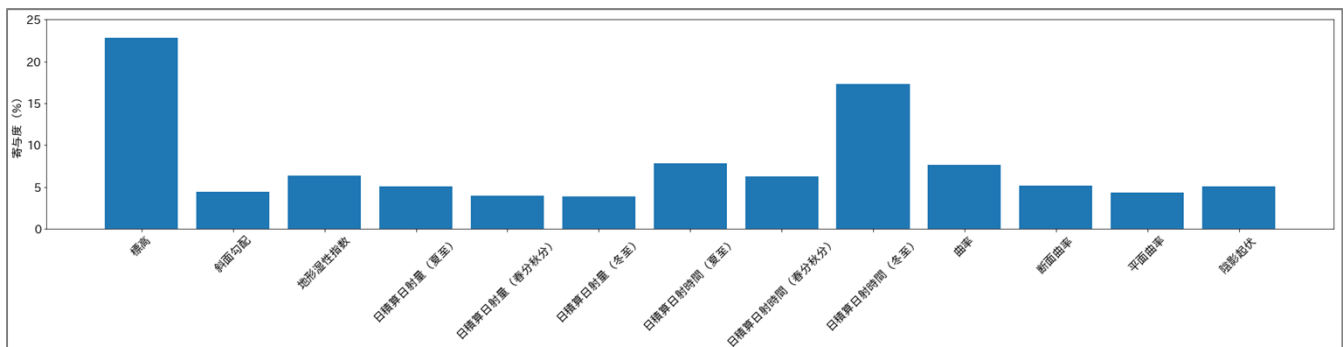


図-3 地位指数に影響する要因とその寄与度

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

# トドマツ人工林の連年成長量予測モデルの開発

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、材積や樹高テーブルなど管理表の改訂等に向けた基礎データを提示する。

## 研究方法

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  
 繰り返しなし 1900林分  
 検証用データ：道有林空知管理区、林試実験林等

全道多点データ：毎木データより林分材積、密度等算出：位置データより環境等の属性データ抽出  
 繰り返しなし：林齢-材積の関係構築  
 繰り返しあり：年成長量の算出  
 検証用データ：毎木調査、伐倒による円板採取

## 研究成果

### 1) 環境要因等に基づく成長予測式の構築

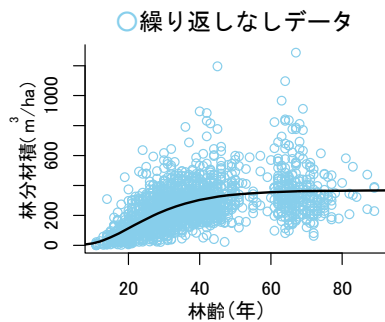


図-1 繰り返しなしデータから求めた林分材積成長曲線 (実線)

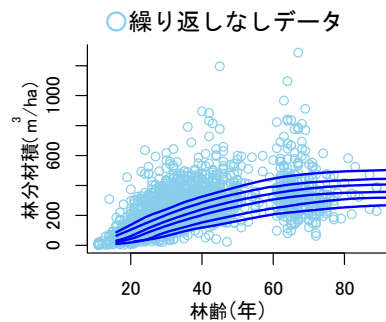


図-2 現在使われているトドマツ人工林の材積テーブル (材積成長曲線群、実線)

- ・繰り返しなしデータから平均的な林分材積成長過程を示す曲線を構築した (図-1)。
- ・現在使われている材積テーブルでは表現できていない材積の高い林分が存在していることが示された (図-2)。

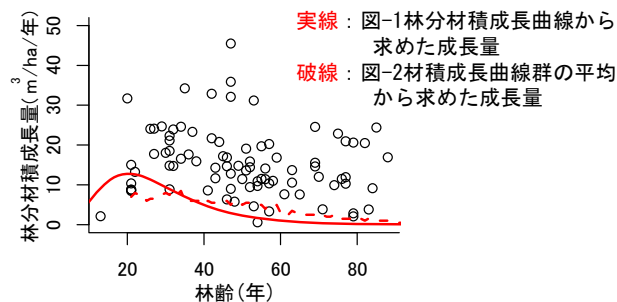


図-3 林齢と林分材積成長量 (実測値) との関係

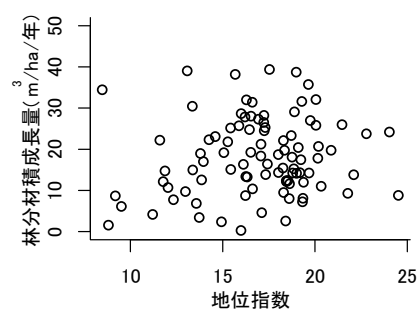


図-4 林分材積成長量と地位指数との関係

- ・繰り返しありデータにより算出した2年間の年成長量と、図-1及び図-2に示した材積成長量曲線から計算した連年成長量と比較した結果、いずれも林分材積成長量を過小に推定された (図-3)。
- ・繰り返しありデータから計算した年成長量は、各林分の地位指数と正の相関があり、環境要因等で説明できる可能性が示唆された (図-4)。

### 2) 環境要因等に基づく成長予測式の精度検証

- ・トドマツ人工林 (道有林空知管理区：芦別市、実験林：美唄市) を対象に継続調査や伐倒試験 (円板の採取) を行い、林分成長量を検証するための実測データを整備した。

# 衛星画像を用いた景観スケールでの 山火事森林再生モニタリング手法の開発

担当G：森林経営部経営G、保護種苗部保護G、道北支場

協力機関・研究機関：オホーツク総合振興局西部森林室、千葉大学、北海道大学

研究期間：令和2年度 区分：職員研究奨励事業

## 研究目的

2019年5月26日に道有林網走西部管理区内(雄武町)で山火事が発生した(214ha：オホーツク総合振興局西部森林室調べ)。景観スケールで被害状況とその後の再生過程を効率的に把握するため、衛星画像を用いたモニタリング手法について検討を行う。

## 研究方法

調査地：雄武町道有林網走西部管理区 山火事被害林分全域

衛星画像：Sentinel-2 (EU提供の無償衛星10m解像度)

表-1. 現地調査項目

	調査時期	範囲	箇所数	調査内容
プロット調査	春夏秋	被害地全域	8	毎木調査(樹種、サイズ、被害度)、下層植生(種、植被率、植生高) LAI、TLS(各プロット1か所)
	夏	被害地全域	13	毎木調査(樹種、サイズ、被害度、相対位置)、TLS(各プロット3か所)
多地点単木調査	夏	被害地全域	157	毎木調査(樹種、サイズ、被害度)、LAI
	春夏秋	被害地全域	-	オルソ画像(可視光)、表層モデル
UAV写真測量	夏	激甚被害地のみ	-	オルソ画像(可視光、近赤外、レッドエッジ)、表層モデル



## 研究成果

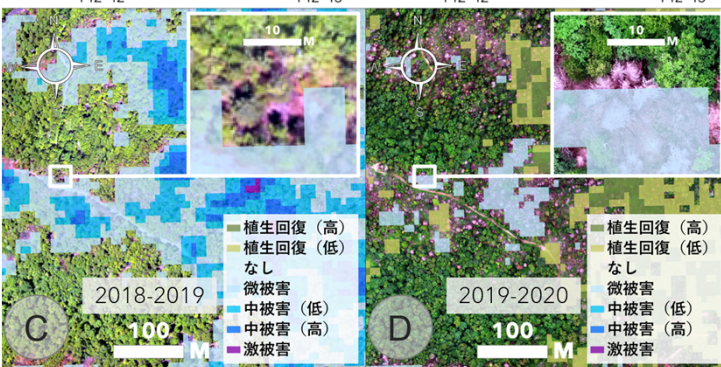
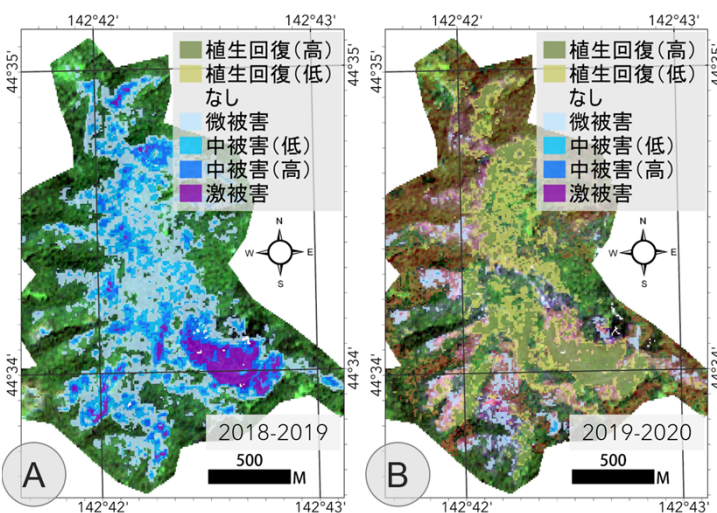


図-1. 衛星トゥルーカラー画像とdNBR (A, B)、山火事範囲の一部を拡大したUAV空撮画像とdNBR (C, D)

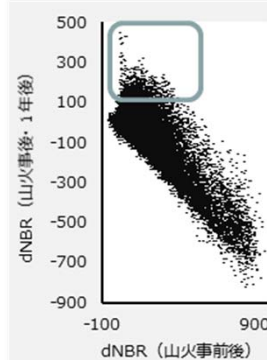


図-2. dNBRの関係

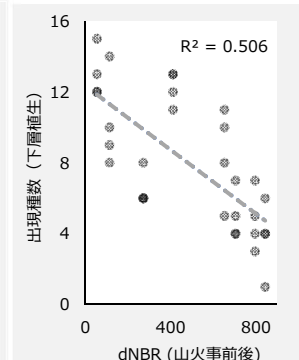


図-3. dNBRと山火事後の出現種数の関係

※NBR(Normalized Burn Ratio): 山火事の被害強度や植生回復の指標として有用として近年注目されている指標の一つである。山火事前後や植生回復前後で、反射特性に違いがあるという特徴を用い、近赤外(NIR)と短波赤外(SWIR)の関係から、指標を算出する。また、2時期の差分であるdNBRを求めることで、被害強度や植生回復の指標として用いることができる。

- ・衛星画像を用い、山火事被害度と植生の回復を評価することができた(図-1)。
- ・山火事から1年後の衛星モニタリングの結果、山火事直後では判断できない被害を検出することができた(図-1、図-2:灰色枠内)。
- 長期間のモニタリングが重要
- 低コストなスクリーニングが可能
- ・dNBRが小さいほど出現種数が少なくなる傾向が見られた(図-3)。
- 衛星データを用いて森林再生ポテンシャルを推定できる可能性がある。
- ・今後も研究を継続し、森林再生ポテンシャルの空間分布を明らかにする予定。



# UAVを活用した低コスト森林調査手法の研究

担当G：道北支場

共同研究機関：工業試験場情報システム部

協力機関：北海道水産林務部森林環境局森林活用課、林務局森林計画課、石狩振興局森林室、当別町

研究期間：平成30年度～令和2年度

区分：経常研究理事長枠

## 研究目的

UAVを活用した、空撮技術及び撮影写真の画像認識技術を応用することにより、林業現場で普及可能な、容易かつ低コストに広範囲の森林資源情報を取得できる森林調査手法を検討する。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：トドマツ50林分でUAV空撮、うち10林分で毎木調査、位置測量  
カラマツ26林分でUAV空撮、8林分で毎木調査、位置測量

内容：

1. トドマツ、カラマツの機械学習データセットを構築・拡充
2. 機械学習アルゴリズムの改良
3. トドマツ、カラマツの胸高直径推定モデル作成
4. 森林資源量把握システムの試作

## 研究成果

### 1. 機械学習について

トドマツ、カラマツのデータセットから各立木の樹冠面積を推定する機械学習モデルを構築した。精度検証を行い、検出率89.7%、樹冠面積誤差率(MAPE)13.2%で推定できることを確認した(図-1)。

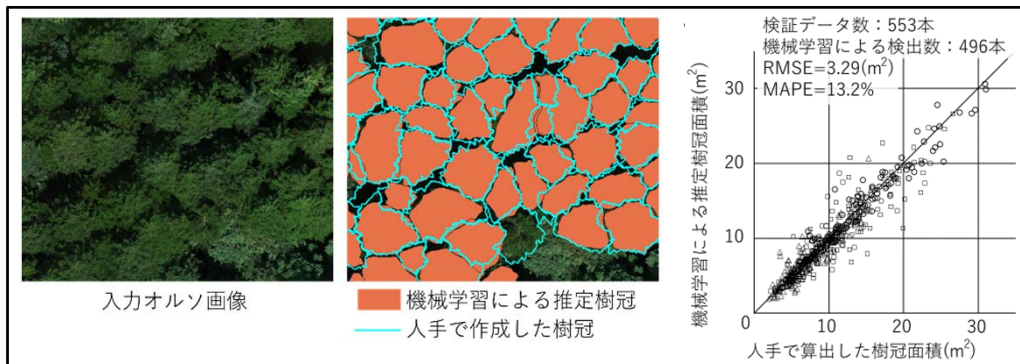


図-1：機械学習の推定結果と精度

### 2. 胸高直径推定モデルについて

推定樹冠面積(AI樹冠面積)と推定樹高(AI樹高)から一般化線形モデルを用いて胸高直径推定モデルを構築した。検証用林分データを用いての精度検証結果は単木胸高直径(n=122)を誤差(RMSE)4.44cmで推定できた(図-2)

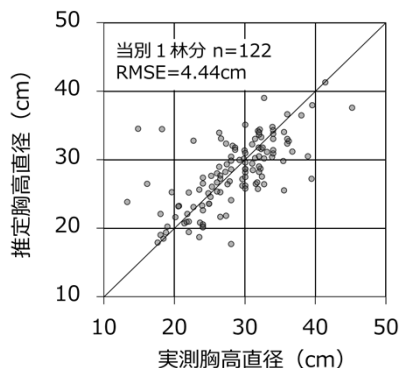


図-2：単木胸高直径推定モデルの精度

### 3. 森林資源量把握システムの試作について

収穫調査済みのトドマツ人工林全体をUAV空撮し、人力での調査結果に対して、本研究の手法による推定精度を検証した。その結果、被圧木が少ない林分では、推定材積107%、推定本数101%、被圧木が多い林分では推定材積104%、推定本数68.3%となった。また人力に対して作業人工数を71%削減できた。

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・竹内史郎・近藤正一・滝谷美香・全慶樹・藤澤怜央・堀武司・蝦名益仁・菅野正人・渡辺一郎・新田紀敏・大野泰之・対馬俊之(2020) UAVと機械学習を利用した針葉樹単木検出およびDBH推定, 第131回日本森林学会大会口頭発表
- ・竹内史郎(2019) UAVを活用した森林調査手法, グリーンテクノ情報 Vol.15 No.1 p23-27

# 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・研究機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課・林務局森林計画課、当別町

研究期間：令和元年度～令和3年度 区分：経常研究

## 研究目的

多時期の無償衛星画像を用い、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で的確に把握できるようにするため、カラマツおよびトドマツの抽出に適した衛星画像の撮影時期や解析手法を明らかにする。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

2017年1月1日から2017年12月31日までに撮影された衛星画像(Sentinel-2)を使用し、当別町内全ての一般民有林のトドマツ人工林を対象にGoogle Earth Engineを用いた教師付き分類を行った。該当期間すべての時期の画像の平均値を計算し一枚の画像を作成した。雲の影響を避けるため雲のある部分のみをマスクした画像を用いた。作成した画像より可視光(RGB)、近赤外、レッドエッジ、短波赤外、NDVI(夏)、NDVI(冬)の6つのバンドを用い、トドマツ、広葉樹、その他(草地、道、裸地)の3つに分類を行った。

## 研究成果

表-1 各分類における正答率

分類手法	RF: (b)	RF: (c)	RF: (d)	RF: (e)	SVM: (f)
使用バンド	可視光、近赤外、レッドエッジ、短波赤外	可視光、近赤外、レッドエッジ、短波赤外、NDVI(夏)	可視光、近赤外、レッドエッジ、短波赤外、NDVI(冬)	可視光、近赤外、レッドエッジ、短波赤外、NDVI(夏・冬)	可視光、近赤外、レッドエッジ、短波赤外
トドマツ正答率(%)	97.3	98.4	98.3	99.1	95.4
広葉樹正答率(%)	97.6	99.1	99.2	99.4	90.1
その他正答率(%)	95.8	97.6	97.6	98.1	23.7

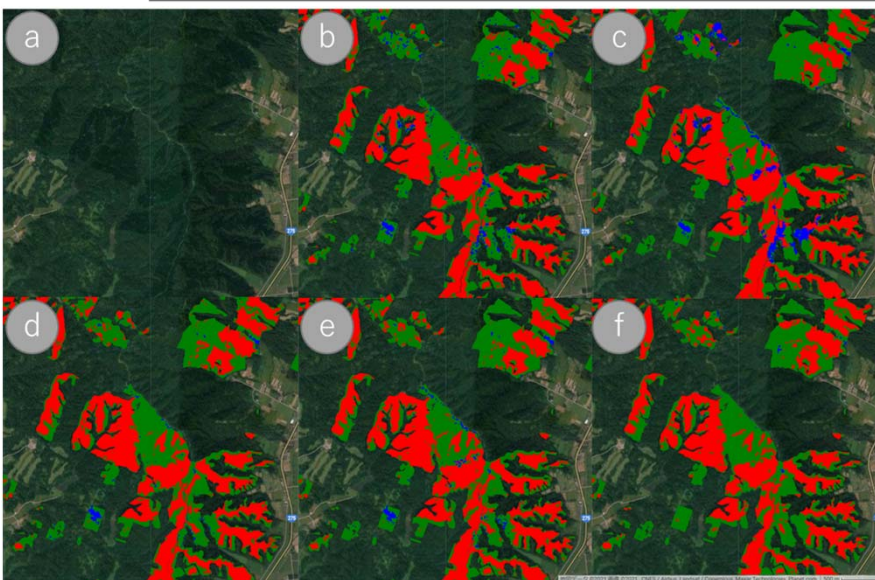


図-1 分類結果

aのパネルは航空写真を示す。b、c、d、e、fは分類結果を示し、表1の分類手法( )内のアルファベットと一致する。赤：トドマツ、緑：広葉樹、青：その他で表示

- ・サポートベクターマシン(SVM)、ランダムフォレスト(RF)二つの手法を用い、分類を試みた。
- ・RFを用いた場合のほうが誤分類が少なかった。
- ・夏と冬のNDVIを使用し精度が上がるか検討を行った。
- ・夏と冬のNDVIを両方使った場合のほうが誤分類が少なかった。
- ・Google Earth Engineを用い低コストに広域の分類をすることができた。

※ Google Earth Engine：Googleが提供する地理空間情報解析プラットフォーム。クラウドコンピューティングによる解析を行うため個人の解析リソースに依存せず、大規模なデータ解析が可能。各国の衛星が取得したデータを無償で使うことができる。

※ 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輝度値から次の式で計算する( $NDVI = (\text{近赤外} - \text{赤}) / (\text{近赤外} + \text{赤})$ )

※ランダムフォレスト：ランダムに抽出した学習データを複数用いた、決定木解析の結果を組み合わせることにより、単独の決定木解析よりも過学習の程度を減らすことができる機械学習のアルゴリズム。

※サポートベクターマシン：異なるクラスに属するデータを分離する境界を、データと境界の距離から学習する機械学習のアルゴリズム。誤分類を許容する範囲を指定することができ、それにより過学習の程度を減らすことができる。

# 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：北海道大学、千葉大学

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(調査地概要や調査方法)

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

内容：  
 ・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

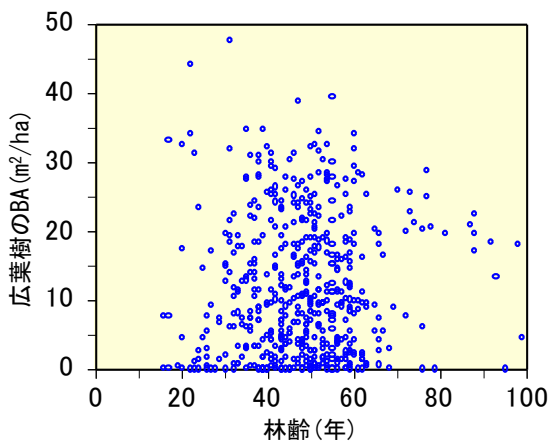


図-1 林齢と広葉樹の胸高断面積合計 (BA) との関係

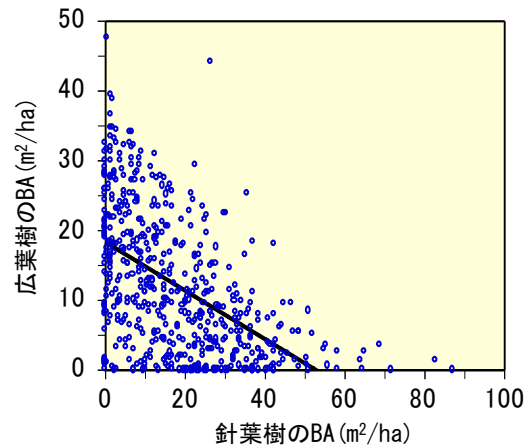


図-2 針葉樹のBAと広葉樹のBAとの関係

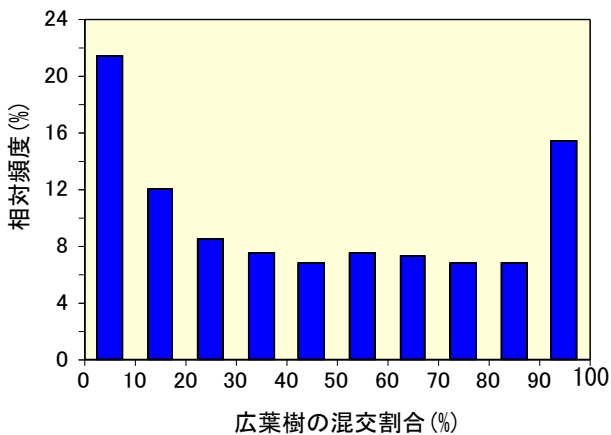


図-3 針葉樹人工林における広葉樹の混交割合別の相対頻度

- 針葉樹人工林の多地点データ(約500林分)を用いて、人工林における広葉樹の侵入状況を集約した。
- 広葉樹の資源量(胸高断面積合計:BA)は林齢との間に有意な相関は認められなかった(図-1)。一方、針葉樹のBAとの間に負の相関が認められた(図-2)。
- 広葉樹の混交割合が10%以下の針葉樹人工林が最も多かったものの、その割合は約20%であった。一方、広葉樹の混交割合が90以上を占める林分も15%以上、存在していた(図-3)。

# 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

研究機関：北海道大学、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(調査地概要や調査方法)

実施場所：林業試験場

年輪解析(対象)：樹齢約100年生のウダイカンバ  
(奈井江町：40個体、富良野市：14個体)

方法

年輪解析：ウダイカンバから採取した円板またはコアサンプル用いて年輪幅の測定

## 研究成果

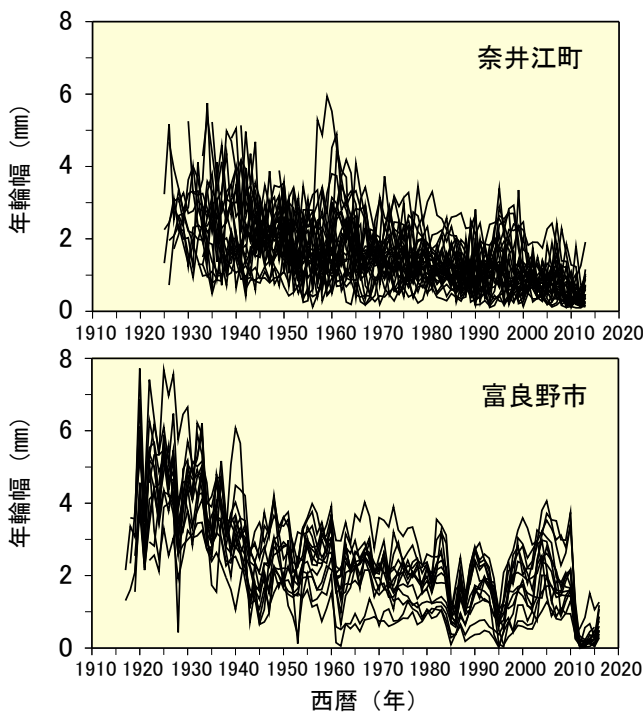


図-1 樹齢約100年のウダイカンバにおける年輪幅の年次推移(上段：奈井江町、下段：富良野市)

- 奈井江町と富良野市におけるウダイカンバの年輪幅には年々変動が認められ、成長が落ち込む時期が確認された(図-1)。
- 年輪解析用サンプルを採取した奈井江町と富良野市の二次林では、それぞれ2006～2008年、2011年に食葉性昆虫が大発生し、ウダイカンバの葉が食害されていた(写真-1)。



写真-1 年輪解析用サンプルを採取した地域のウダイカンバ二次林で発生していた過去のイベント

上段：奈井江町(2006年7月撮影)

下段：富良野市(2011年7月撮影)

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- Watanabe Y and Ohno Y (2020) Severe insect defoliation at different timing affects cell wall formation of tracheids in secondary xylem of *Larix kaempferi*. *Trees* 34: 931-941.

# 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、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(調査地概要や調査方法)

調査地：北海道大学雨竜研究林  
 壮齢林：林齢約80年のシラカンバ二次林（3林分）  
 若齢林：林齢5年のシラカンバ二次林（かき起こし地）

方法：毎木調査  
 測定項目：胸高直径、樹高、枝下高

## 研究成果

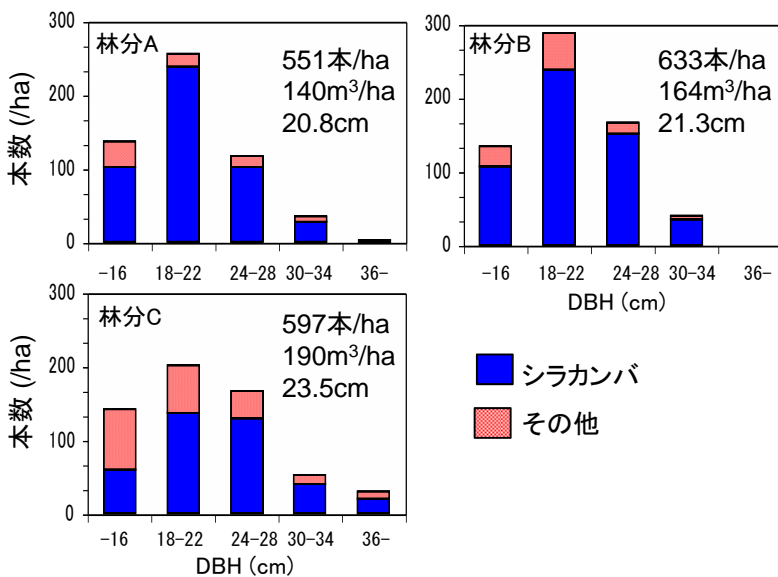


図-1 無間伐で推移した林齢約80年のシラカンバ二次林における胸高直径階（DBH）別の本数分布

DBH14cm以上の立木を対象に測定。図中の数値は立木密度、林分材積、シラカンバの平均DBHを示す。

- 無間伐で推移した林齢約80年のシラカンバ二次林の林分の立木密度、林分材積の範囲は550-640本/ha、140-190m³/haであり、シラカンバの平均DBHの範囲は20.8-23.5cmであった（図-1）。
- かき起こし施工から5年が経過したシラカンバ林地において残存候補木を選定した（図-2）。この林地の立木密度は約2万本であり、この中からDBHが相対的に大きく（10mm以上）、樹高が高い（200cm以上）個体を中心に約1000本/haの残存候補木を選定した。

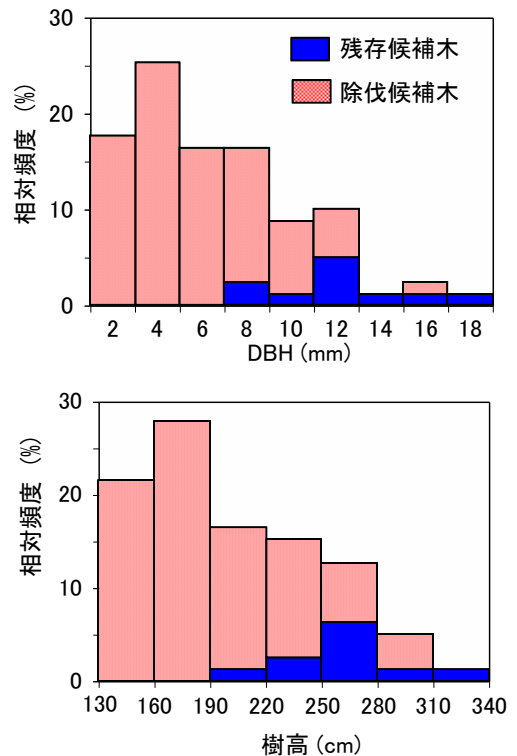


図-2 かき起こし地に成立したシラカンバ林におけるDBH別（上）、樹高階別（下）の相対頻度分布

樹高130cm以上の立木を対象に測定。

# UAV測量による森林資源量の見える化技術の開発

担当G：森林経営部経営G、道北支場

共同研究機関：(株)小松製作所

研究期間：令和2年度～令和3年度

区分：一般共同研究

## 研究目的

コマツの所有・運用するUAV機を用いた森林資源把握に適した光学画像の撮影・収集及び解析技術による森林資源量の推定方法を検討する。

## 研究方法

調査地：当別町有林（2林分3地点）  
樹種：トドマツ人工林

調査方法：コマツ所有UAVシステムによる空撮  
解析方法：3Dデータ、オルソ画像を構築  
樹頂点及び樹冠の認識  
収量密度効果理論による林分材積の推定

## 研究成果

### 1) トドマツ人工林UAV撮影技術の検討及び改善

- ・当別町内の2林分において、コマツが所有するUAVにより3箇所で行った空撮を行った。本機体により材積推定に十分な解像度を有する画像を得ることができた（図-1）。
- ・3D点群データから作成したDSM（数値表層モデル）より、局所最大フィルター法を用いて樹頂点を抽出した（図-2）。オルソ画像に重ねると概ねトドマツ個体の樹頂点を表現していると判断できた。また、山登り法により樹冠投影面積を推定した。



図-1 UAV撮影画像から作成したオルソ画像

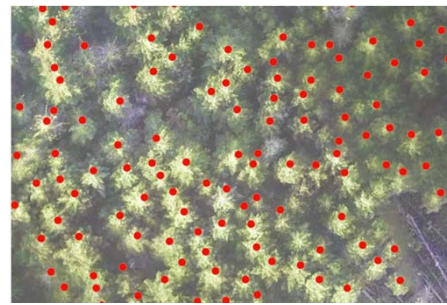


図-2 DSMより局所最大フィルター法を用いて抽出した樹頂点（赤色点）

### 2) 人工林地上踏査及び森林資源量の推定

- ・上記の結果から立木本数を推定した。また点群データからDSMを作成し、国土地理院が提供する10mメッシュのDEM（数値表層モデル）との差分から、各樹頂点における樹高を推定し林分の平均樹高を算出した。
- ・上記1) から算出した単木ごとの樹冠面積と上記平均樹高、及び北海道トドマツ人工林を対象に算出した収量密度効果の逆数式※1のパラメータを用い、それぞれの撮影範囲における立木本数及び林分材積を計算した（表-1）。

表-1 収量密度効果の逆数式により推定した立木本数と林分密度

撮影箇所	撮影面積	平均樹高	立木本数	林分材積
	m <sup>2</sup>	m	本/ha	m <sup>3</sup> /ha
No.1	41,484	19.8	565.3	201.9
No.3	33,685	18.6	449.8	154.5
No.4	3,471	24.5	550.3	339.6

※1 収量密度効果の逆数式

$$\begin{cases} \frac{1}{Y} = A + \frac{B}{N} \\ A = aH^b \\ B = cH^d \end{cases}$$

Y: 林分材積、N: 立木本数、  
H: 平均樹高、  
A, B, a~d: パラメータ

# 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、美幌町、日立建機日本（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  
ハーベスタ、写真検知、人力検知（2cm括約）それぞれ測定方法が異なるため、誤差の出方が異なる。そこで、縦横2方向で測定した直径の平均値を基準とし、それぞれの測定方法で得られたデータの精度を比較検討する。

2) 原木丸太デジタル情報の活用方法の検討  
ICTハーベスタが持つ原木丸太情報（直径と材長）取得技術を活用した材価最大化最適採材機能（バリュバッキング）の効果について検討する。  
・対象機種：WARATAH社製ハーベスタ（写真-1）

## 研究成果

1) 丸太原木デジタル情報測定精度の比較  
mm単位で測定した基準値に対する平均測定誤差は、人力検知ではトドマツとカラマツともに約2cm、写真検知（ジツタ）ではトドマツで約3cm、カラマツで約2cmとなった。写真検知（ティムベター）については、トドマツについては他と同様な結果が得られたがカラマツでは基準値に近い測定結果となった。ハーベスタ検知については、基準値とほぼ変わらず、平均誤差についても1cm以下になった（表-1）。

2) 原木丸太デジタル情報の活用方法の検討  
総出材量はバリュバッキングで14.2m<sup>3</sup>、オペレータ判断では14.7m<sup>3</sup>となり、ほぼ同じになった。原木丸太生産数では、バリュバッキングでは221本造材され、そのうち一般材は127本を占めた。同じく、初心者オペレータ判断では250本造材され、そのうち一般材は100本造材された。バリュバッキングでは3.0m材の造材量が増えることやオペレータ判断に比べてパルプ率が低くなる傾向がみられた（図-1）。

木材販売額推計（図-2）では、にバリュバッキングの方がわずかに（7%）上回る結果となった。



写真-1 WARATAH社製のハーベスタ

表-1 原木丸太直径の基準値に対する平均測定誤差

測定方法	トドマツ	カラマツ
人力検知	1.6±0.8cm	1.3±0.9cm
写真検知（ジツタ）	2.7±1.9cm	1.5±1.4cm
写真検知（ティムベター）	2.8±1.1cm	0.4±1.3cm
ハーベスタ検知	—	0.2±0.9cm

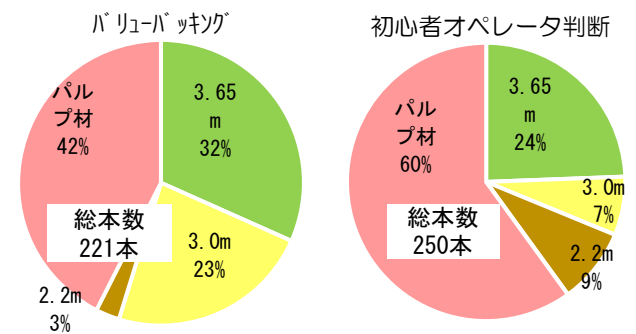


図-1 バリュバッキング機能と初心者オペレータ判断による材長別出材本数の比較

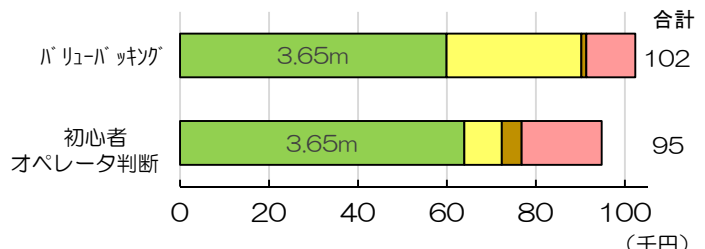


図-2 バリュバッキング機能と初心者オペレータ判断による出材結果から推定した木材販売額の推計（凡例は図-1に準じる）

# 小鳥の渡りルート of 解明は東南アジアの環境保全への 支払意志額増加につながるか？

担当G：保護種苗部保護G

共同研究機関：(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所(主管)、北海道大学

研究期間：平成29年度～令和2年度

区分：公募型研究

## 研究目的

北海道の森林で繁殖するキビタキと草地で繁殖するノビタキにジオロケータ(渡りの経路を調べるためのデータロガー)を装着し、渡り経路と越冬地を解明する。越冬地の環境変化が、日本の繁殖個体数の増減に影響しているか、モニタリングデータを用いて検証する。そして、渡り経路の解明が、東南アジアにおける環境保全型農林業への日本人の支払い意志額の増加につながるかを環境経済評価により明らかにする。

## 研究方法

試験地：石狩川河川敷(江別市・新篠津村)

調査方法：昨年、ジオロケータを装着して放鳥したノビタキを再捕獲し、データを回収する

## 研究成果

- 令和元年にノビタキ51羽を捕獲しジオロケータを装着した。装着個体のうち令和2年には15羽の帰還が確認され、そのうち13羽を再捕獲し、13個のジオロケータを回収した(図-1、写真-1、2)。2個体は再捕獲前に確認できなくなった。
- 色足輪だけ装着した45羽では、18羽の帰還が確認され、帰還率は若干色足輪だけの方が高かったが、統計的な違いはなかった(図-2、Fisher's exact test、 $p=0.29$ )。



図-1 ノビタキ捕獲地点  
石狩川河川敷(江別市・新篠津村)

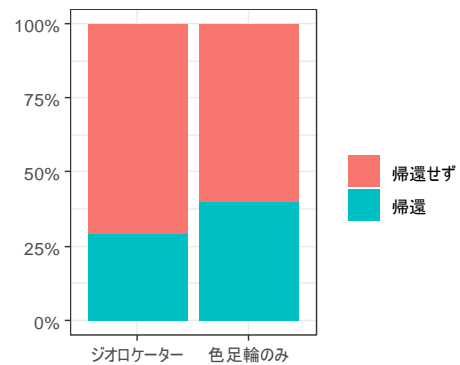


図-2 ジオロケータ装着の有無と帰還率の関係



写真-1 再捕獲したノビタキ



写真-2 再回収したジオロケータ  
(右の黒いもの)と足輪(左)



## 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：保護種苗部保護G、森林環境部環境G、森林経営部経営G

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、水土保持機能、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  
水土保持機能：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

- 伐採から6年経過しても、群状保残区の保残部では下層植生の種組成に大きな変化はなかった。伐採した調査区では伐採3年後までは伐採前から離れる方向に種組成が変化していたが（図-1の灰色の線、丸いマーカーから左上に変化）、6年後には伐採前に近づくように方向が変化した（赤い矢印）。
- 各実験区の中心部で伐採前～伐採後3年まで行った鳥類の定点調査データを非計量多次元尺度法やクラスター分析を用いて種組成を解析した結果、針葉樹性の種が多い、広葉樹性の種が多い、開放地性の種が多いという特徴を持つ3つのグループに分けることができた。

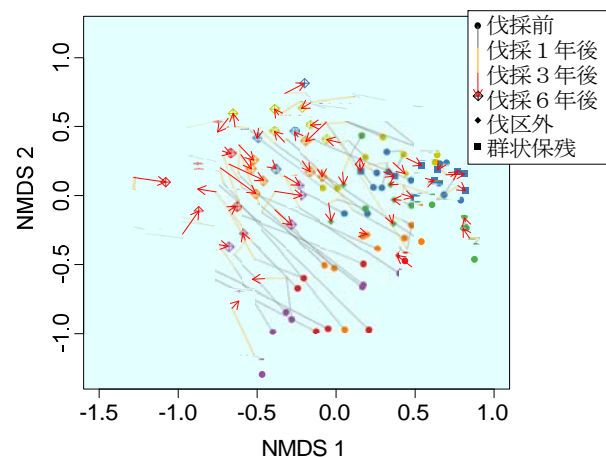


図-1 下層植生の種組成の変化(非計量多次元尺度法)

#### 水土保持機能調査

- 降雨出水時（7～10月）の採水試料により、伐採前～伐採4年後までの微細土濃度（濁り）を計測した。伐採当年に皆伐区、単木大量保残区流域において裸地斜面や作業道を供給源とする高濃度の濁りが発生したが、2年後には伐採前のレベルに戻り、5年目に至ってもその状況が維持されていた（図-2）。

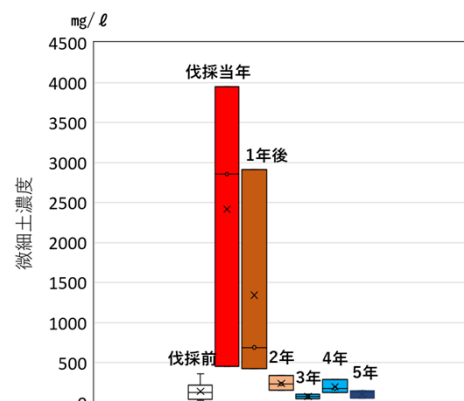


図-2 単木大量保残区における伐採前後の浮遊砂濃度の変化  
伐採年は2015年

#### 木材生産性調査

- 6年経過した第1セット大量保残区の植栽木の伸長成長量は、植栽時のサイズと正の相関があったが、全天写真から算出した相対的な明るさと伸長成長量との間には相関なく、保残木による成長抑制は見られなかった。

# カラマツ・トドマツ人工林における 風倒害リスク管理技術の構築

担当G：森林環境部環境G、森林経営部経営G、道東支場

協力機関：林産試験場性能部構造・環境G、北海道水産林務部林務局森林整備課・森林計画課・森林環境部道有林課・森林活用課、池田町、十勝総合振興局森林室、空知総合振興局森林室、上川総合振興局南部森林室

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：重点研究

## 研究目的

北海道の主要な造林樹種であるカラマツ・トドマツ人工林において、十勝地方の複数市町村等を対象に、施業体系<sup>\*</sup>と風倒害に対する樹木の感受性（倒れやすさ・折れやすさ）との関係を明らかにし、被害実績に応じて体系化した対策指針を構築する。

<sup>\*</sup>施業体系：人工林において間伐時期と間伐率がわかるように、林齢ごとの林分密度（および幹直径、樹高）を示したもの。苗木の植栽密度と森林の保育過程での管理密度が異なる数種類のタイプがあり、元々は生産目的（大径級丸太の少量生産か、標準径丸太の多数生産か、等）に応じて使い分けるものである。本研究は、気象害（風倒害）対策の為に使い分けできるようにすることを目的としている。

## 研究方法

1. 被害実績の要因解析  
2000年以降、十勝地方で発生した風倒害の実績を用い被害要因を解析（一般化線形モデル）
2. 森林構造からみた風倒害感受性の評価技術の開発  
カラマツ人工林、トドマツ人工林それぞれについて限界風速を推定する力学モデルを作成し、植栽密度の違いによる風倒害感受性を評価
3. 被害実績に応じた対策指針の提示  
協力機関からの意見を踏まえて設定した施業体系をもとに林分成長を予測し、その結果を力学モデルに適用して限界風速を推定、対策の有効性を検討

## 研究成果

### 1. 被害実績の要因解析

- 地形要因として斜面方位、傾斜角、露出度が、森林の要因として林齢、間伐の有無、間伐後の年数が選択された。
- 個々の要因を取り出して被害確率を計算したところ、斜面方位では、東～南東斜面で被害が大きくなり斜面傾斜角が急になるほどその影響が増加することがわかった（図-1）。また、この方位は、過去に風倒害を引き起こした台風の最大風速風向とおおむね一致していた。
- カラマツ林では林齢32～35年で被害が最も大きくなった。

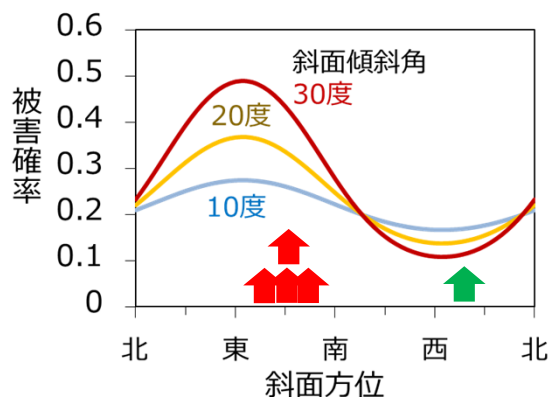


図-1 斜面方位からみた風倒害の受けやすさ  
赤矢印は、過去風倒害をもたらした台風の風向を、  
緑矢印は、十勝地方の夏季の風速上位の風向を示す

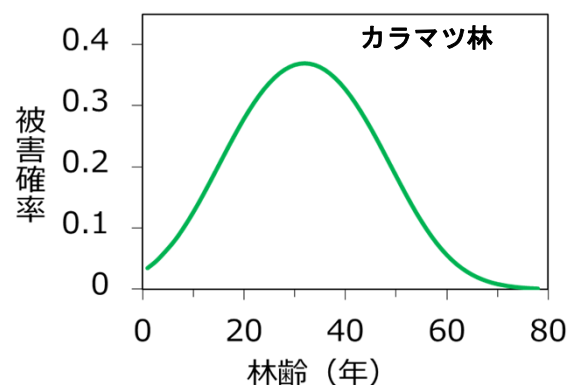


図-2 林齢からみた被害の受けやすさ

※図-1と図-2は、2002年台風21号の被害実績を用い、他の要因の値を固定して、横軸の要因の値を変化させて作成

## 2. 森林構造からみた風倒害感受性技術の開発

- 通常の施業体系に対して限界風速を推定したところ、両樹種とも低密度植栽で限界風速が大、すなわち風倒害耐性が高くなることがわかった(図-3)。
- トドマツ林では林齢とともに限界風速が低下したが、カラマツ林では30~35年生で最低となり、被害実績の要因解析で得られた結果(図-2)とよく符合していた。

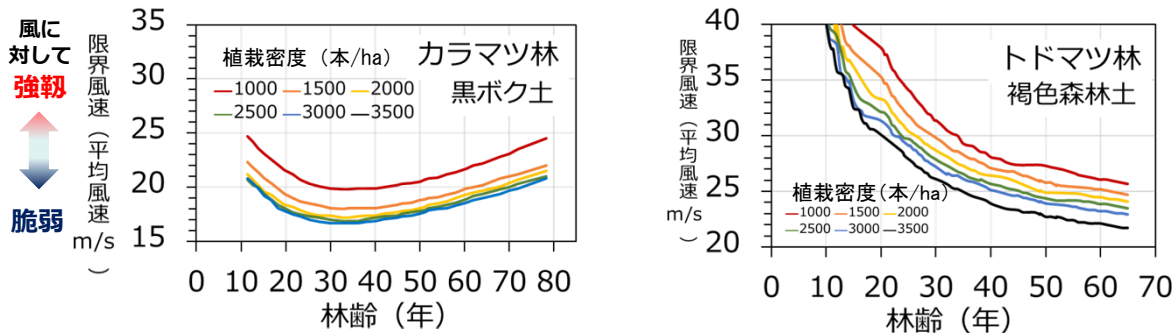


図-3 通常の施業体系について推定した限界風速

## 3. 被害実績に応じた対策指針の提示

- 十勝地方の協力機関等からの意見を反映させた対策指針を作成した。
- 力学モデルを用いた評価では、低密度植栽(1500本/ha以下)が望ましいと示されたが、造林初期の減耗に対し現場関係者の懸念が大きいとの意見を反映させ、いずれの樹種についても、十勝地方の一般的な植栽密度(カラマツは間伐収入や野ネズミ害等も考慮し2250本/ha、トドマツは多くが保安林指定を受けているため2750本/ha)からスタートする施業体系を検討した。
- 限界風速を高めるための修正間伐は、両樹種ともできるだけ若齢時に開始し、植栽密度1500本/haの施業体系の林分密度に誘導する密度管理とした(図-4)。

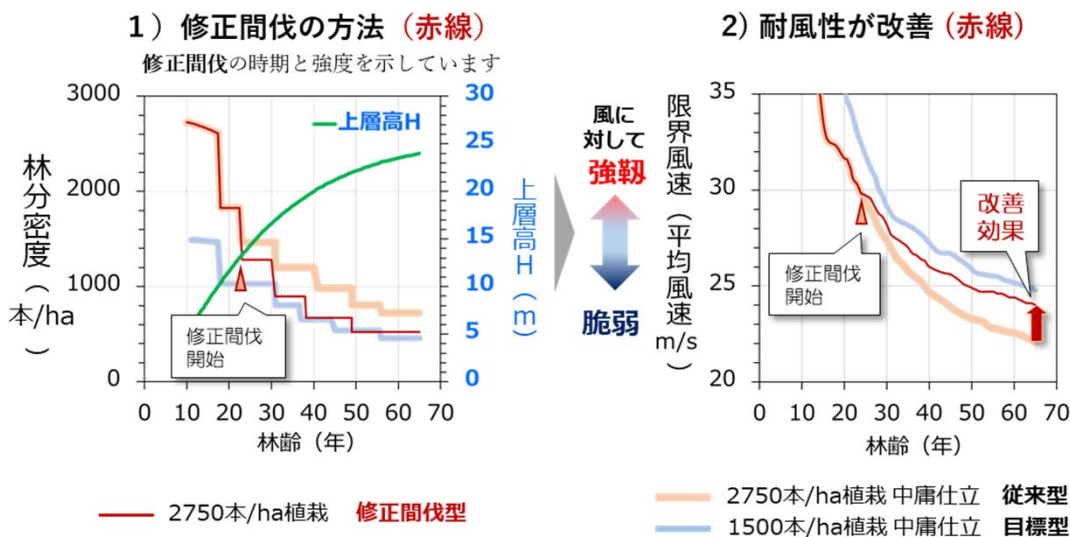


図-4 トドマツ人工林について検討した修正間伐の方法(左)と修正間伐による耐風性改善効果(右)

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 阿部友幸・岩崎健太・長坂晶子・長坂有・中田康隆・佐藤創・鳥田宏行・速水将人(2019)北海道内における造林樹種の根張り抵抗力についての地域間比較. 第130回日本森林学会大会(朱鷺メッセ、2019.3.22)
- 鳥田宏行・阿部友幸・岩崎健太・佐藤創・真坂一彦(2019)カラマツの枝下高および枝下直径の推定. 第68回北方森林学会大会(札幌コンベンションセンター、2019.11.6)
- 阿部友幸・長坂晶子・岩崎健太・鳥田宏行・長坂有・中田康隆・蓮井聡・佐藤創・真坂一彦・滝谷美香(2020)北海道十勝地方のカラマツ人工林の耐風性とその改善手法の検討. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.28)
- 滝谷美香・阿部友幸(2020)風倒被害に強いカラマツ人工林を仕立てるための施業モデル. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.29)
- 阿部友幸・藤原拓哉・滝谷美香・長坂晶子・岩崎健太・鳥田宏行(2020)道有林十勝管理区の保安林に造成されたトドマツ林の風倒害耐性を考慮した施業体系. 第69回北方森林学会大会(オンライン開催、2020.11.11)
- 藤原拓哉・阿部友幸(2020)トドマツ生材丸太の曲げ強度特性-林齢、直径との関係-. 日本木材学会北海道支部 令和2年度第52回研究発表会(オンライン開催、2020.11.4)

# 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 32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 15台  
UAVによる写真撮影

## 研究成果

### 1. 森林への影響の把握

林道沿いの稚樹10本の前年枝を調査し、食痕の有無に関する一般化線形混合モデルによって調査地ごとの影響の程度を示すことができたが、ほとんどの稚樹が採食されている調査地間の違いが区別できなかった。採食程度を定性的に2段階（食痕が見られるが樹高成長している、繰り返し採食されて成長が停滞している）に区分することで、影響の強い調査地間の違いも示すことができた（図-1）。

### 2. エゾシカの生息状況の把握

すべての自動撮影カメラでどの月にもエゾシカが撮影された。6～9月に撮影された時間帯は、どの地点も朝夕が多かったが、日中との差は調査地によって異なっていた（図-2）。

3月にUAVによってエゾシカを探索した。エゾシカの表面温度は樹木と大きな違いがない場合があり、サーマルセンサーによる熱画像は可視画像に比べて解像度も低いため、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）。

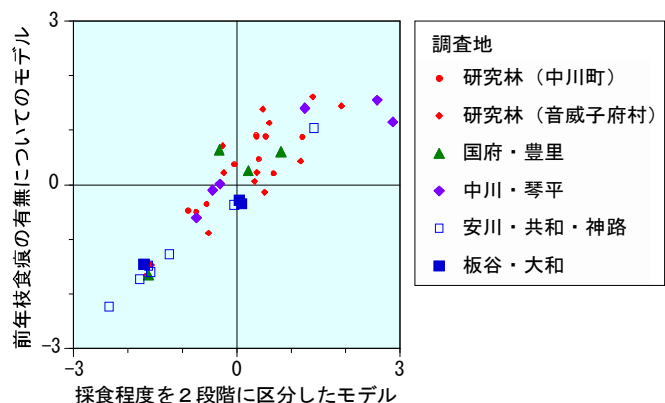


図-1 稚樹の前年枝食痕の有無または2段階に区分した採食程度を目的変数とする一般化線形混合モデルで推定された調査地の影響レベル。樹種と樹高を説明変数とするモデルにおける調査地ごとのランダム切片の値を示す。

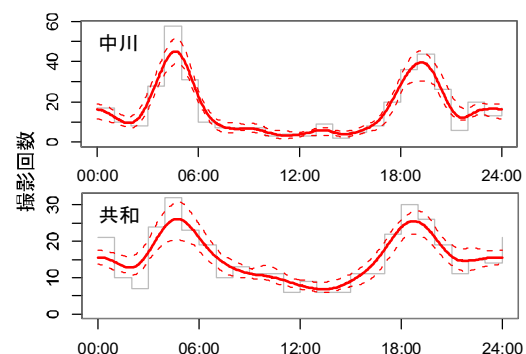


図-2 6～9月に2地域（カメラ各3台）においてエゾシカが撮影された時間帯

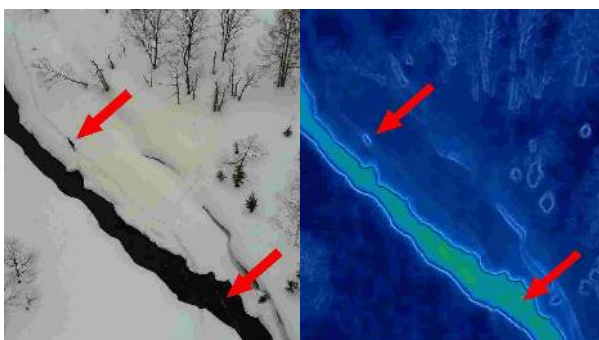


図-3 高度約60mから撮影した可視画像と熱画像  
(可視画像の情報によってエッジを強調したもの)  
画像の一部を拡大、矢印はエゾシカの位置を示す。

# 牧草被害低減と利活用率向上に向けた エゾシカ捕獲技術の確立

担当G：保護種苗部保護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）、工業試験場、酪農学園大学（酪農試験場天北支場、北海道大学、（一社）エゾシカ協会、北海道環境生活部自然環境課、釧路農業改良普及センター、白糠町鳥獣被害対策協議会、標津町鳥獣被害対策協議会、未来のアグリ（株）、北泉開発（株）

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：重点研究

## 研究目的

エゾシカによる牧草被害低減とエゾシカ肉の利活用率向上に向けて、地域協議会が運用できる捕獲技術を確立するために、効果的にエゾシカを捕獲できる草地を選定するとともに、非積雪期の草地に適用できる囲いワナを開発する。

## 研究方法

調査地  
酪農試験場天北支場（えん麦造成試験・捕獲）  
標津町・白糠町・林業試験場  
（プランターでのえん麦育成・捕獲）

調査方法  
・異なる道具を用いてえん麦の造成を行い、生育状況や作業時間を比較  
・プランターでのえん麦育成・えん麦を使った捕獲

## 研究成果

草地適用型囲いわな内に誘引餌としてのえん麦を造成する方法の検討

- これまでの研究により、草地適用型囲いわなで使用する誘引餌はえん麦が適することが示されたので、今年度はえん麦の造成方法を検討した。その結果、耕耘方法の違いにより育成状況（図-1）や作業時間が異なることが明らかになった。トラクターを使ったロータリーによる造成が最も確実にえん麦を育成できた。ロータリー以外の道具を使った人力による造成では既存牧草との競争により、育成したえん麦の草丈や乾燥重量が明らかに少なくなることが判明した。ただし、少ないえん麦でもシカは選択的にえん麦を食べるため（写真-1）、人力によるえん麦の造成においても一定程度のわな内でのシカの滞留効果は発揮されていた。ロータリー耕耘ができない場合は、作業時間、えん麦の育成状況、道具の入手しやすさから、島田鍬やスコップを使って浅く耕耘する方法を推奨した。
- シカによる採食や踏みつけによるえん麦の劣化を補う資材としてプランターによるえん麦の育成を行い、わな内において捕獲を行った。その結果、プランターのえん麦を食べる様子が確認され、わな内での一定の滞留効果が確認できた。

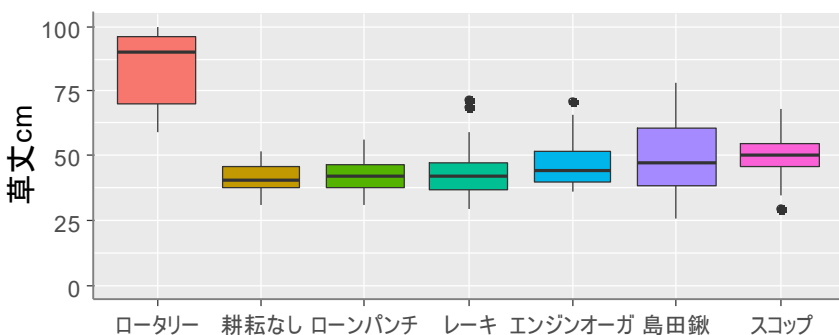


図-1 造成方法の違いによるえん麦の草丈

ロータリー以外は造成前に、刈払い機による草刈りを行い、その後それぞれの道具を使って人力によりえん麦の造成を行った。



写真-1 ワナ内に人力で造成したえん麦におけるシカによる食痕（矢印）

# 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・研究機関：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、三井物産フォレスト（株）

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F<sub>1</sub>（以下F<sub>1</sub>）、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および種間での被害率の違いを調査

### 2. 乾燥と失葉のストレス下での病虫害抵抗性

方法：JL、F<sub>1</sub>、CLの2年生ポット苗に対して乾燥処理と食害による失葉を模した摘葉処理を実施し（図-1）、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. 調査林分では、軽度ではあるものの落葉病の発生が確認された。落葉病の発生状況はF<sub>1</sub>とCLでJLよりも有意に高く、CLもF<sub>1</sub>と同程度落葉病に感染しやすいことが分かった（図-2）。

2. 成長への影響は乾燥時に伸長成長の低下が、摘葉時に地際径と根量の低下がみられた。

病虫害抵抗物質である縮合タンニン量はすべての樹種で弱い乾燥時に増加した（図-3）。一方、乾燥を強くすると、対照と同水準まで低下し、強度の乾燥で病虫害抵抗性が低下する可能性が示された。また、縮合タンニン量はすべての処理において、F<sub>1</sub>>CL>JLの順で多く、病虫害に対する基礎的な抵抗性はF<sub>1</sub>やCLのほうがJLよりも常に高いことが示唆された。



図-1：ポット苗による乾燥処理と摘葉処理の操作実験の様子

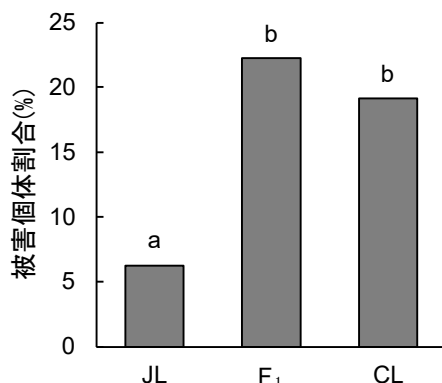


図-2：植栽地における落葉病被害率の樹種間差  
アルファベットの違いは樹種間での有意差を示（P<0.05）

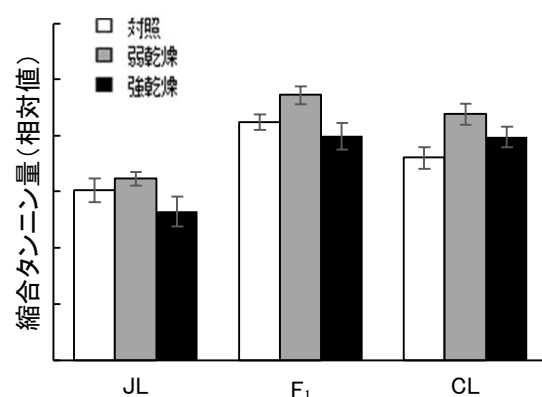


図-3：処理・樹種別の縮合タンニン量

# 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・研究機関：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、および、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(調査地概要や調査方法)

### 1.全道的な被害の把握

調査地：2016～2019年度に大規模被害が発生した地域（陸別町、池田町など）の隣接地  
方法：車両にて走行、枯死発生地でGPSデータを記録、被害状況を記録

### 2.被害多発地における詳細調査

調査地：池田町232林班10小班  
浦幌町116林班28小班  
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

## 研究成果

### 1.全道的な被害の把握

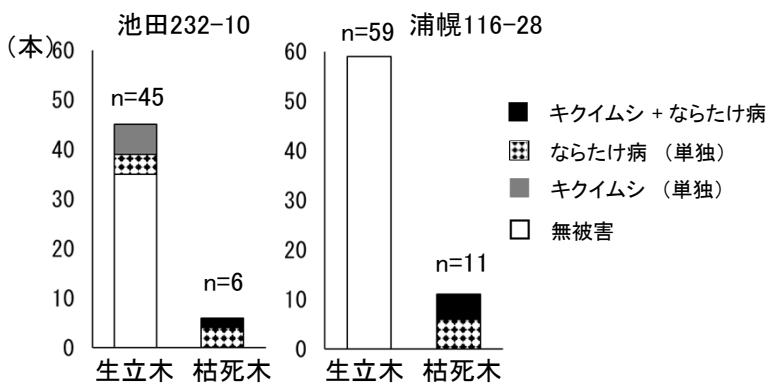


カラマツの小規模な枯死は多地点で発生していたが、大規模な集団枯死は上川町、占冠村、北見市留辺薬町、置戸町、本別町、足寄町、浦幌町など一部地域に集中していた（図-1）。また、それらの多くは2019年度以前に発生したものであり、十勝地方の枯死被害は、池田町など一部の地域を除くと縮小傾向にあった。

図-1 カラマツ枯死木の発生調査結果

（赤線は走行ルート、青旗は小規模な集団枯死が発生していた地点）

### 2.被害多発地における詳細調査



池田町、浦幌町で調査した林分の枯死木は各々51本中6本（11.8%）、70本中11本（15.7%）で、穿孔調査と剥皮調査から、直接の枯死原因がカラマツヤツバキクイムシとならたけ病であることが明らかとなった（図-2）。また、無被害の生立木においても葉量の低下と樹脂滲出能の低下が顕著であったことから、両林分のカラマツが衰弱状態にあることが示された。

図-2 カラマツ立木の内訳 カラマツの生死とキクイムシ穿孔・ならたけ病感染の有無について2林分で調査

# 病虫害特異的発現遺伝子を活用した病虫害被害木の識別

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：北海道大学、ニッタ株式会社

研究期間：令和2年度 区分：職員研究奨励事業（シーズ探索セカンドステージ）

## 研究目的

病虫害被害の新たな識別方法として遺伝子発現情報も活用できるのか検討するため、カラマツにおけるクワイムシ・ならたけ病被害を対象に、1) 乾燥ストレス時の遺伝子発現パターンを明らかにし、乾燥ストレス由来の遺伝子発現を除外したクワイムシ・ならたけ病被害特異的な発現リストを作成するとともに、2) 地域間で発現パターンが変化しない、クワイムシ・ならたけ病特異的な遺伝子の選抜を目指す。

## 研究方法

1) 乾燥ストレスでの遺伝子発現  
 材料：3年生カラマツポット苗（8個体）  
 方法：5月中旬～7月上旬に4個体に乾燥処理を実施  
 無処理区、処理区の葉からRNAを抽出し、全遺伝子の発現量を処理間で比較  
 クワイムシ・ならたけ病被害時特異的に発現する遺伝子群と比較

2) クワイムシ特異的発現遺伝子の探索  
 調査地：豊頃町カラマツ人工林（15個体）  
 各個体をクワイムシ被害の有無で分類  
 方法：過去のカラマツの遺伝子発現データ（陸別町個体）から、クワイムシ被害個体で特徴的な発現をするとみられる遺伝子を選別し、豊頃町で採取したカラマツでの発現量を測定

## 研究成果

1) 乾燥ストレス時には約200個の遺伝子断片の発現が変化した。変化した遺伝子の中には乾燥耐性や伸長成長、光ストレスに関係する遺伝子があり、乾燥時にみられる生理変化と合致していた。クワイムシ・ならたけ病被害時に発現する遺伝子のうち、乾燥時にも発現量が変化する遺伝子は7つ存在し、病虫害被害と乾燥被害の識別ができた。

2) 陸別町におけるクワイムシ被害木の遺伝子発現データをもとに、クワイムシ被害木で特徴的な発現をすると想定される遺伝子を選別した。この遺伝子について豊頃町の個体群で発現量を調べたところ、クワイムシ被害木でのみ発現量が高く、発現パターンが地域間で共通していた（図-1）。このことから、病虫害特異的に発現する遺伝子の存在が示唆され、遺伝子発現情報を活用して病虫害を識別できる可能性が示された。

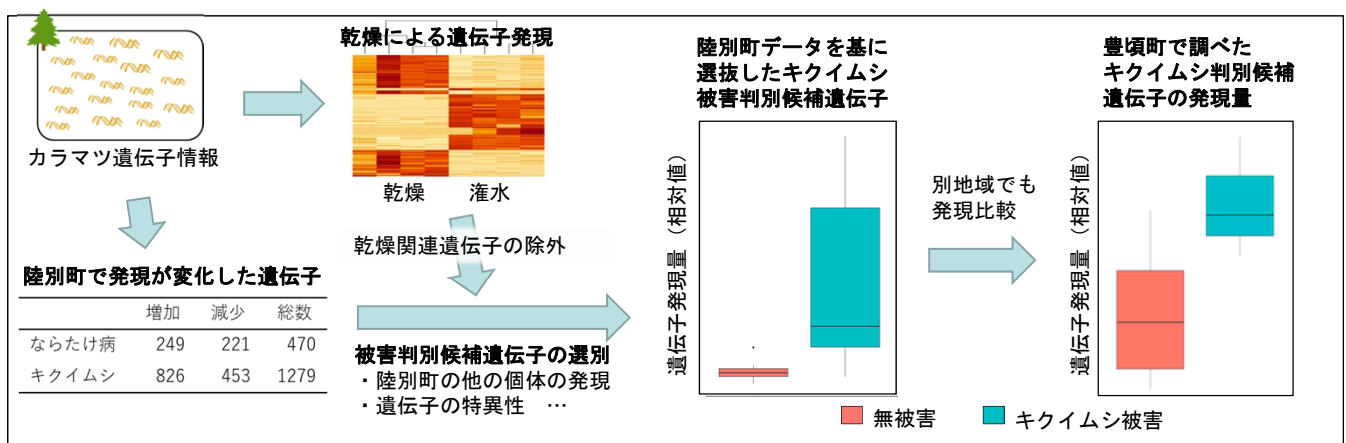


図-1 本研究の流れと遺伝子発現による病虫害識別結果

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・和田ら（2020）病虫害被害をもたらすカラマツの衰退。令和2年度北海道大学低温科学研究所共同研究会「樹木の生態に対するシンクベースの生理機序からの探求Ⅱ」、札幌市
- ・和田ら（2021）遺伝子発現から見た病虫害複合被害時のカラマツの生理変化。第132回日本森林学会大会、東京都



# 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：森林経営部経営G、道北支場

共同研究機関：エネルギー・環境・地質研究所（主管）、北方建築総合研究所、  
林産試験場、北海道大学

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(調査地概要や調査方法)

1. 現地調査による森林調査簿データとの比較  
調査地：当別町有林 101-10、102-25林小班  
地点数：0.04ha (20×20m)、8プロット

2. UAVによる空撮  
調査地：当別町有林5林分  
撮影範囲：0.80～20.56ha

### 研究成果

#### 1. 現地調査による森林調査簿データとの比較

当別町有林2林分で8プロットの現地毎木調査を行い(図-1)、森林調査簿データと比較した(図-2)。現地調査による森林蓄積は森林調査簿より高かったが、空撮画像により調査プロットは成林率の高いところに設置している傾向が見られることから、UAV空撮画像の解析による林分全体の評価が必要である。

#### 2. UAVによる空撮

当別町有林5林分において、空撮を行い、オルソ画像の作成を行った。これらの画像を用い、今後トドマツの資源量推定を行い、現地調査データとあわせて衛星画像解析によるトドマツ面積率との照合に用いる予定である。



図-1 UAV空撮画像と現地調査プロット 調査地3,4は位置情報なし

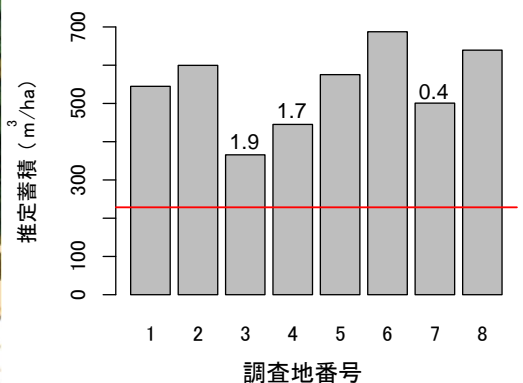


図-2 現地調査による蓄積  
グラフ上の数値は侵入広葉樹の材積率(%)、標記のない場合は混交なし  
赤線は調査簿上の値

# 河川横断工作物の改良による 森里川海のつながり再生の影響把握

担当G：森林環境部環境G

協力機関・研究機関：国立環境研究所、北海道大学

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：公募型研究

## 研究目的

本研究では、治山ダムが改良された河川において、魚類の捕獲調査および「バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術」環境DNAメタバーコーディングにより、治山ダム改良後の河川生態系への影響を把握する。

## 研究方法

調査地(図-1)

- ・丸平の沢(増毛町)、塩越川(泊村)、オマン川(美瑛町)
  - ・水面幅と治山ダムの改良方法(図-2)
    - ・丸平の沢(約4m、魚道3基、複断面化6基)
    - ・塩越川(約2m、複断面化1基)
    - ・オマン川(約2m、魚道2基、複断面化2基)
- ※複断面化：堤体を現河床高まで切り下げること

1) 治山ダムの改良効果の検証

- ・地点数：丸平(4) 塩越(4) オマン(2)
- ・漁具：電気ショッカー(Model LR-20B)
- ・調査時期：2019年7～8月

2) 環境DNAによる魚類相推定

- ・地点数：丸平(5) 塩越(2) オマン(10)
- ・プライマー：MiFish
- ・調査時期：2019年7～8月

## 研究成果

1) 治山ダムの改良効果の検証

- ・採捕数が多かった主要2種(写真-1)について、①施工前-施工直後(1-2年後)、②施工前-施工後(4-11年後)の生息密度を比較した。
- ・改良されたダムの上流部では、全河川でサクラマスおよびアメマスの増加が確認できた(図-1)。
- ・治山ダムの魚道設置および切り下げが、サクラマスやアメマスといった遡河回遊魚の遡上阻害を改善する効果があることが示された。さらに、治山ダムの改良事業の効果は、10年後においても確認された。



写真-1 改良効果の検証に用いた溪流魚。

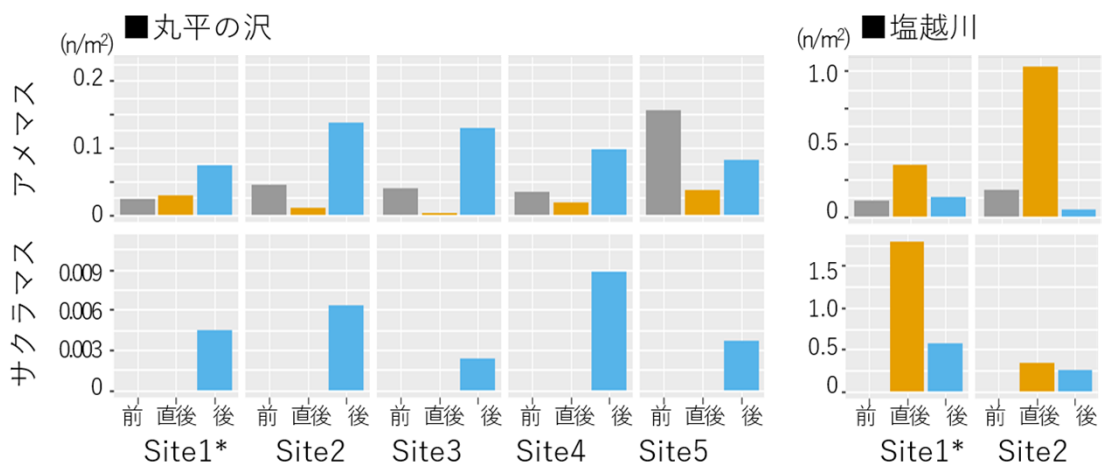


図-1 事前、直後(1-2年後)、事後(4-11年後)の魚類相。

\*:改良前後共にダムによる分断化の影響を受けていない地点

2) 環境DNAによる魚類相推定

- 各河川にそれぞれ設定した採捕調査区（区画の長さ10～200m）において環境DNA調査を行った。
- 採捕結果と環境DNAの検出結果の対応関係を検討した。アメマスとサクラマスでは10件中9件で結果が一致していたのに対し、ハナカジカは7件と低く、魚種によって対応関係が異なっていた（表-1）。
- 一致率を下げているのは、採捕では確認されず環境DNAのみで検出されているケースがほとんどで、ハナカジカ以外にはシマウキゴリとルリヨシノボリ（塩越川のSite2）でも見られた。これらは、魚種の行動特性として採捕から逃れやすい可能性と、調査地点より上流側の生息状況が反映された可能性、などが考えられた。

表-1；各調査地点での採捕魚種と環境DNA検出魚種の比較結果.

河川名	調査地名	調査区の長さ	アメマス	サクラマス	ニジマス	ハナカジカ	カンキョウカジカ	ウグイ	シマウキゴリ	フクドジョウ	ルリヨシノボリ	ミミズハゼ
塩越川	Site1	26 m	○	○	-	-	○	○	○	-	○	-
塩越川	Site2	14 m	○	○	-	E	-	-	E	-	E	-
マルヒラ川	Site1	200 m	○	○	-	E	F	○	○	-	○	○
マルヒラ川	Site2	170 m	○	○	-	E	-	-	-	-	-	-
マルヒラ川	Site3	80 m	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
マルヒラ川	Site4	90 m	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
オマン川	Site2	10 m	○	○	E	○	-	-	-	○	-	-
オマン川	Site3	23 m	○	E	-	○	-	-	-	-	-	-
オマン川	Site7	30 m	F	○	-	○	-	-	-	-	-	-
オマン川	Site8	30 m	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-

表の説明：○または-は採捕と環境DNAの結果が一致していることを示し、Fは採捕のみ、Eは環境DNAのみで検出されたことを示すとともに結果の不一致を示している。

まとめと今後の課題

- 逆台形型切り下げ（写真-2）は、10年後においても効果が確認されたが、スリット型（切り下げ幅50cm）（写真-2）では、魚類採捕の際に切り下げ箇所が流木により閉塞していたことが確認されており、改良方法によっては再び魚類の遡上阻害が発生する可能性もある。
- 環境DNAメタバーコーディングの有効性が確認された。本手法を治山ダムの改良効果の評価に適用する場合、調査地点や対象魚種の特性に応じて推定結果の妥当性を判断する必要があると考えられる。また、採捕記録と環境DNAの併用により、魚類相モニタリングや生息状況の推定精度を高める可能性も示唆された。

逆台形型切り下げ



スリット型切り下げ

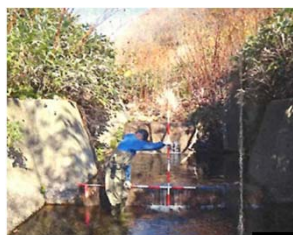


写真-2 複断面化された治山ダムの例

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 速水将人・石山信雄・水本寛基・神戸崇・下田和孝・三坂尚行・ト部浩一・長坂晶子・長坂有・小野理・荒木仁志・中嶋信美・福島路生、「北海道の溪流魚を対象とした治山ダムの改良効果の検証：長期モニタリングの重要性と環境DNAの活用可能性」応用生態工学会誌（印刷中）
- 速水将人・石山信雄・中田康隆・蓮井聡・長坂晶子・長坂有「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, 長坂晶子, 長坂有, 福島路生, 下田和孝, ト部浩一, 川村洋司, 小野理, 中嶋信美, 荒木仁志, 水本寛基：治山ダムの魚道設置や切り下げによる魚類の応答と魚類相の変化. Changes in fish species after fishways and slit construction in check dams.第66回日本生態学会全国大会、兵庫県神戸市、2018年3月（口頭発表）

# 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

協力機関・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
  - ・既存データの収集

### ●調査地域

- ・道内（道北・道央地方）
  - ・道外（中部、四国、九州地方）
- ### ●観測地点の選定基準
- ・各地域に1つの調査流域を設定
  - ・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
  - ・より精度の高い水温予測モデル構築のため、空知川支流のパンケ幌内川において新たに温度ロガーを設置した（図-1）
  - ・北海道の天塩川のロガーデータ回収を実施し、9割の回収率でデータを取得できた（図-2）。
  - ・昨年度に設置した四国の肱川では、コロナの影響でデータ回収が実施できなかった。
  - ・また、観測流域の1つであった九州の球磨川は、昨年夏季の大洪水の影響で観測機器の流出や甚大な河川環境変化が生じたため、調査流域から除外することとした。

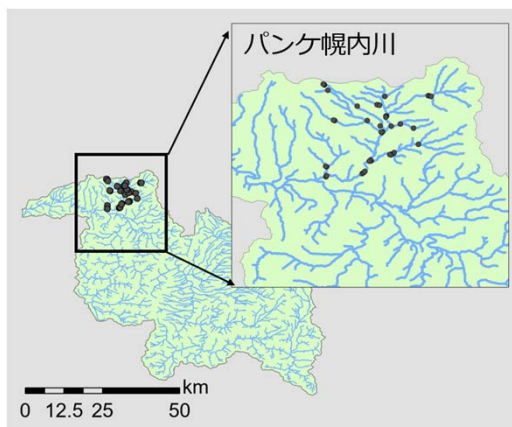


図-1 パンケ幌内川（石狩川水系）の温度ロガー位置図。

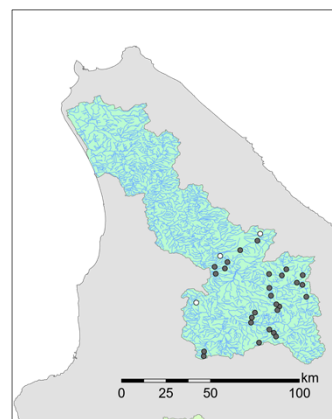


図-2 天塩川の温度ロガー位置図。  
（黒：回収成功、白：回収失敗）

### 2) 生物分布の変化予測・将来予測

道内の河川において魚類データに関する情報収集を行い、計35水系での分布情報を得た。

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・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 892:60-65.

## 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

協力機関・研究機関：北海道大学、熊本大学、土木研究所

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構築により、流域内の『微気象的避難場 (Microclimatic Refugia\*)』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。

\*周辺と異なり冷涼な気象条件を有し、温暖化下で生物の避難場として機能しうる場所

### 研究方法

#### ●研究項目

- 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：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 (GLMMs) で解析。
- 冷水性魚類の種分布モデルの構築
  - 現地調査：電気ショッカーでハナカジカを採捕。
  - 解析：環境要因とハナカジカの在・不在との関係を一般化線形モデル (GLMs) で解析。

#### ●調査地

- 調査地 空知川、常呂川流域
  - 地点数：計68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
- 調査地 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  
流域森林率にばらつきが出るよう選定  
(流域森林率：7.7～99.8%)

### 研究成果

#### 1) 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- 夏季平均水温には、夏季平均気温、流域地質 (火山岩率)、河川勾配、標高、夏季総降水量が影響を与えていることが示された。このうち影響力が最も大きかったのは流域地質で、火山岩率が高くなるほど夏季平均水温が低くなっていた。これは、火山岩流域では低水温の地下水流入が豊富なためと考えられた。

#### 2) 冷水性魚類の種分布モデルの構築

- ハナカジカの存在確率は夏季平均水温が高い河川ほど低くなること示された (図-1)。
- 水温以外の環境要因 (流域面積：河川サイズの指標、流域の農地率：人為的影響の指標、河川勾配：流速の指標) の影響は検出されなかった。
- 存在確率が0.5の時の夏季平均水温は16.1℃であった。これは、本種がその生息を最低限維持できる水温環境の目安となる値である。

1)、2)の成果より、温暖下でのハナカジカの生息適地の変化予測とそれに基づく河川ネットワークの再生地点の評価のための基礎情報が整った。

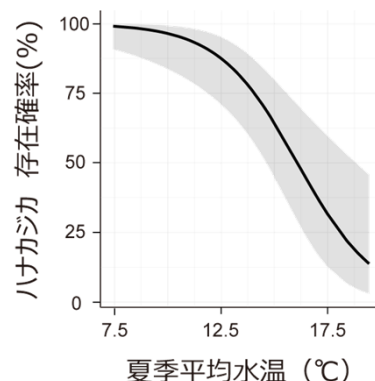


図-1 夏季平均水温とハナカジカの存在確率との関係。

(実線：推定値、灰色部：95%信頼区間)

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 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 892:60-65.
- 石山信雄、末吉正尚、Jorge Garcia MOLINOS、鈴木開士、小泉逸郎、中村太士 (2021) 流域地質が冷水性種のClimate-change refugia形成に果たす役割, 日本生態学会第68回全国大会.
- Suzuki K, Ishiyama N (責任著者), Koizumi I, Nakamura F. (2021) Combined effects of summer water temperature and current velocity on the distribution of a cold-water-adapted sculpin (*Cottus nozawaæ*). *Water* 13:975-985.
- Ishiyama N, Miura K, Inoue T, Sueyoshi M & Nakamura F (in press) Geology-dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. *Conservation Biology*.

# 流域サイズの違いと地下水の寄与を考慮した 窒素流出負荷評価方法の検討

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

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

## 研究目的

窒素は生物にとって必須元素であり貧栄養な水域では栄養源となるが、過剰な流出は湖沼や内湾などの閉鎖性水域で富栄養化を招き、漁獲物の品質を低下させることが知られている。森林は流域全体に占める面積が大きく窒素流出負荷\*が農地を上回ることもあるため、下流域の水質保全に対する森林の役割を評価するうえで、個々の流域特性を反映させた窒素負荷評価方法を確立することが不可欠である。

そこで本研究では森林流域における窒素流出負荷の評価指標（比負荷量\*\*）を、流域サイズ、水文流出過程（地下水の寄与の有無）、樹種などから推定する方法を明らかにする。

\*負荷：濃度と流量の積。 \*\*比負荷量：単位面積あたりの負荷量。単位は $g(kg) \cdot ha^{-1} \cdot day(year)^{-1}$ など。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

研究内容：

- 1) 平水時の窒素流出に及ぼす要因の解析
- 2) 出水時を加味した年間の窒素流出負荷量評価

調査地：

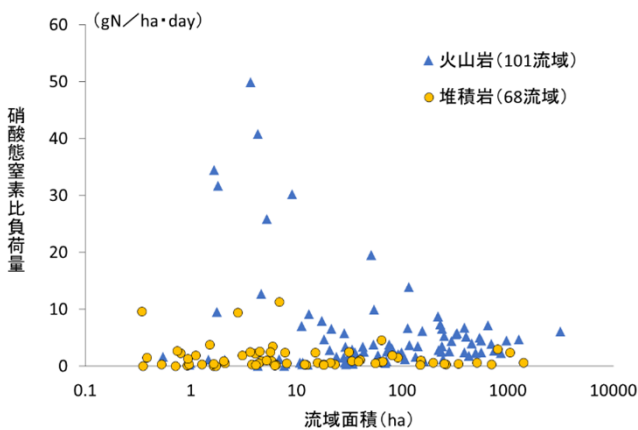
- 空知、上川管内のトドマツ、カラマツ人工林（約50年生）、天然生広葉樹林を主体とした森林流域（各数十箇所）

調査方法：

- 地質、植生、流域面積の異なる流域（湧水を含め、1～1000ha前後）多地点における 平水時採水、水質分析
- 火山岩、堆積岩2流域での流量の連続観測、および出水時の採水分析

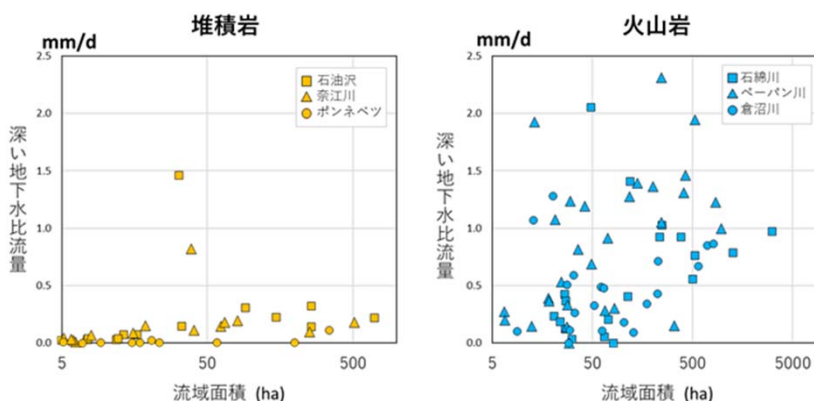
## 研究成果

### 1) 平水時の窒素流出に及ぼす要因の解析



- 平水時の硝酸態窒素濃度と流量の観測値を用い単位面積あたりの負荷量 ( $gN/ha \cdot day$ ) を算出したところ、火山岩流域では流域サイズの大小にかかわらず、堆積岩流域より比負荷量が高い傾向があった（図-1）。

図-1 地質タイプ別にみた流域サイズと 窒素比負荷量の関係  
平水時（基底流量）の負荷量を示す。単位 $gN$ のNは窒素。



- 堆積岩、火山岩各3流域において平水時の水質濃度から地下水の寄与を推定したところ、火山岩流域で深い地下水の寄与が高いことが示された。

図-2 地質タイプ別にみた流域サイズと地下水の寄与の関係  
※比流量の単位 $mm/d$ は日降雨量単位と同じ

- 平水時の窒素比負荷量に影響を及ぼす要因を検討するため、目的変数に窒素比負荷量を、説明変数に流域サイズ、植生、地下水量、平均傾斜、採水標高を用い決定木解析を行った。  
その結果、堆積岩流域では、まずトドマツ人工林率の高低が窒素比負荷量の大きさを左右すると示されたのに対し、火山岩流域では、深い地下水の関与が大きいことが示され、火山岩流域における基岩透水性の高さを反映したものと考えられた。

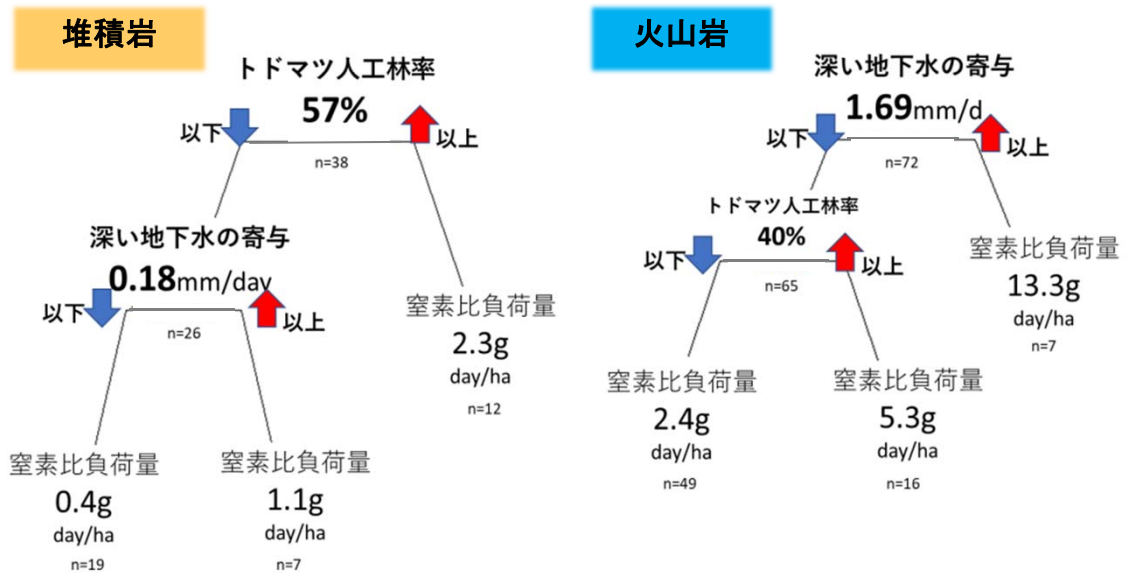
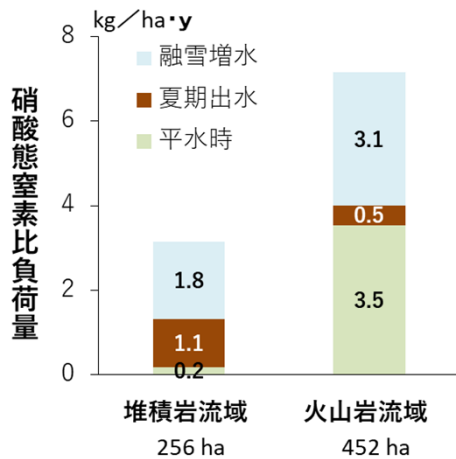


図-3 地質タイプ別にみた窒素負荷に影響を及ぼす要因

2) 出水時を加味した年間の窒素流出負荷量評価



- 出水時のデータも加えて年間の窒素比負荷量を算出したところ、いずれの地質タイプにおいても融雪増水の占める割合が5割前後度を占めていた。
- 火山岩流域では、年間負荷に占める平水時の割合も大きく深い地下水の寄与が高いためと考えられた。
- 一方、堆積岩流域では夏季出水時の窒素負荷割合が大きくこれは基岩透水性が低く、降雨が基岩内に貯留されにくいいため、表面流出として速やかに溪流に流出するためと考えられた。
- 出水データを加味して算出した年間窒素比負荷量は、いずれの地質タイプにおいても平水時のみの値で算出した値の3倍程度になり、下流域への窒素負荷を評価する際に留意すべき点と考えられた。

図-4 地質タイプ別に算出した年間窒素比負荷量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

長坂有・長坂晶子・岩崎健太 (2019) 山地溪流における流域面積と基底流出量、水質成分濃度の関係-火山岩流域と堆積岩流域の比較- 第68回北方森林学会  
 長坂有・長坂晶子・岩崎健太 (2021) 山地溪流における硝酸態窒素流出の林相による違い-トドマツ林、カラマツ林、天然林流域の比較- 北方森林研究 69 : 21-24.  
 Kenta Iwasaki, Yu Nagasaka & Akiko Nagasaka (2021) Geological Effects on the Scaling Relationships of Groundwater Contributions in Forested Watersheds. Water Resources Research, 57, e2021WR029641.  
<https://doi.org/10.1029/2021WR029641>

# 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、空知総合振興局産業振興部林務課・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物が設置される。これまで治山ダムは数多く設置されてきたが、治山ダム設置後に土砂・植生がどのように変化したのかを定量的に評価した例はほとんどない。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(調査地概要や調査方法)

### ●研究項目と方法

- 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討
  - UAV測量の精度検証  
トータルステーションによる現地測量値を真値として、RTK-UAVの測量精度を評価
  - UAVによる空撮(10月・3フライト)
  - 各飛行条件による測量精度の違いを検証。

- UAV測量による作業時間の省力効果について、トータルステーションとUAVによる地形測量の作業時間を計測し比較。

### ●調査地(図-1)

道有林空知管理区  
奈井江町 東奈井江周辺

## 研究成果

### ●UAV測量の精度検証

トータルステーションの測量結果を真値として、UAVによる写真測量から作成した数値標高モデルより抽出した位置座標の測量精度を評価した。その結果、飛行高度150mで誤差評価指標であるRMSE値が水平・垂直ともに30cm以内に収まる高精度な測量結果が得られた(図-1)。

### ●UAV測量による作業時間の省力効果の検証

トータルステーションおよびUAVの一連の作業時間を測定し比較した。その結果、UAVは、トータルステーションの約10%の作業時間で測量が可能であることがわかった(図-2)。

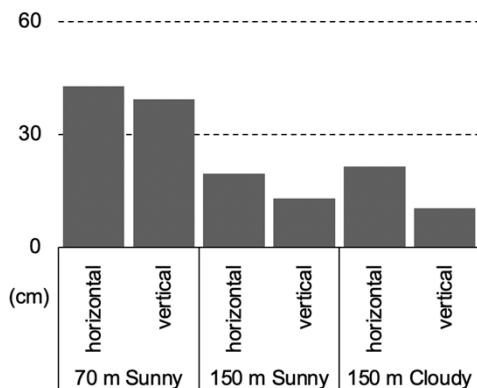


図-1. RMSEによるUAV各飛行条件の地形測量の誤差評価

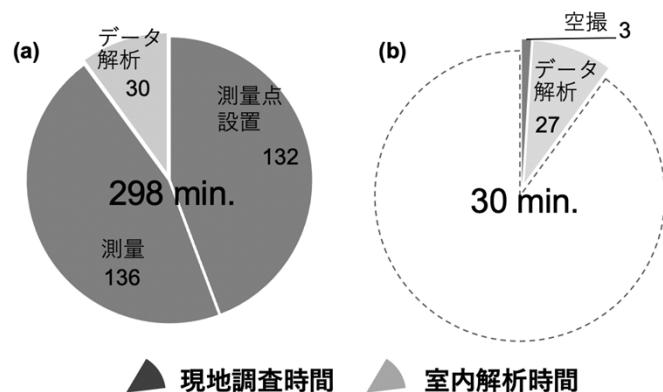


図-2. トータルステーション(a)とUAV(b)の全体作業時間の比較とその内訳

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Hayamizu et al. 2020 : Spatiotemporal analysis on topographic and vegetation measurements using RTK-UAV and SfM-MVS photogrammetry in check dam. (JpGU2020, Poster and Oral presentation, Online 2020. 7. 12)



## 街路樹の維持管理作業の適期と点検・診断時期の提示

担当G：森林環境部樹木利用G

協力機関：札幌市、寒地土木研究所、北海道建設部、(一社)北海道造園緑化建設業協会

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

### 研究目的

植栽後の経過年数を尺度にして、街路樹の維持管理作業の適期と点検・診断時期を提示する。

### 研究方法(調査地概要や調査方法)

#### 項目

- ①街路樹における植栽後の経過年数から見た維持管理作業の適期の提示
- ②街路樹における植栽後の経過年数と樹幹内部の異常(≒腐朽など)との関係の把握

#### 方法

- ①樹高成長の予測曲線を作成し、これに維持管理作業(剪定など)の適期を植栽後経過年数で示す。
- ②植栽後の年数が異なる街路樹について、樹幹内部の診断を実施する。

### 研究成果

#### ①街路樹における植栽後の経過年数から見た維持管理作業の適期の提示

- ・街路樹の状況から、腐朽に結び付く要因を「点検の要点」として把握した(図-1)。
- ・広葉樹27樹種・針葉樹11樹種において、樹高予測モデルに電話線の高さを当てはめることで、樹高の管理(剪定)の開始時期を提示した(図-2)。

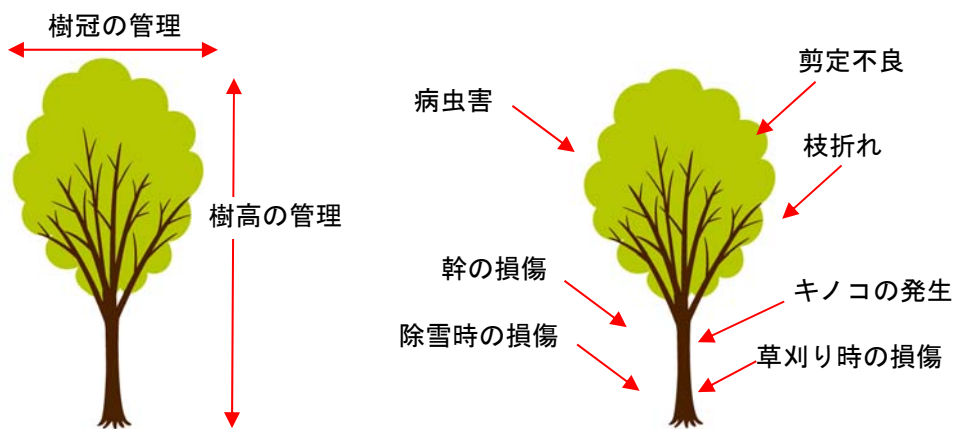


図-1 札幌市の街路樹における管理(左)と点検の要点(右)

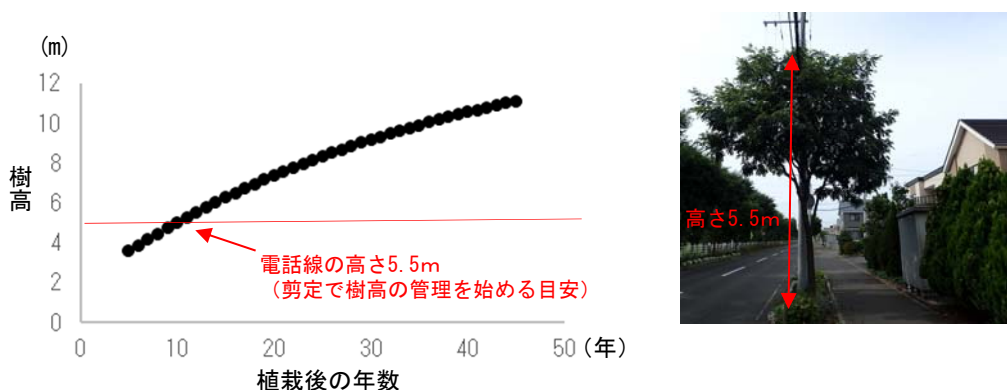


図-2 イヌエンジュにおける樹高予測モデルと剪定の開始時期(左)と管理された樹高(右)

②街路樹における植栽後の経過年数と樹幹内部の異常（≒腐朽など）との関係の把握

- 樹幹外部の損傷率は植栽後の年数が進むにつれて増え、この関係は統計的に有意（ロジスティック回帰分析,  $p < 0.001$ ）であった（写真-1、図-3）。但し、樹種毎に見た場合、各樹種に特徴的な傾向はなかった。
- 樹木診断装置で樹幹内部の異常を調査した結果（写真-2）、異常の有無と「樹種」「植栽後の年数」の間には統計的に有意な関係はなかった（図-4）。このことから、樹幹内部に生じる異常には、植栽後の年数（=時間）以外の要因が大きく関与することが明らかになった。



イヌエンジュ ヤマモミジ  
写真-1 樹幹外部の損傷

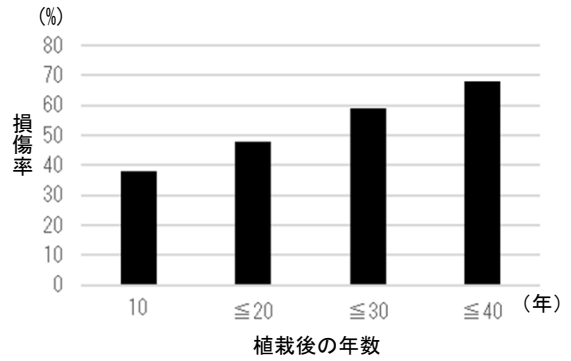


図-3 植栽後の年数で見た損傷率



写真-2 樹木診断装置を用いた診断（左）と樹幹内部の異常（右）

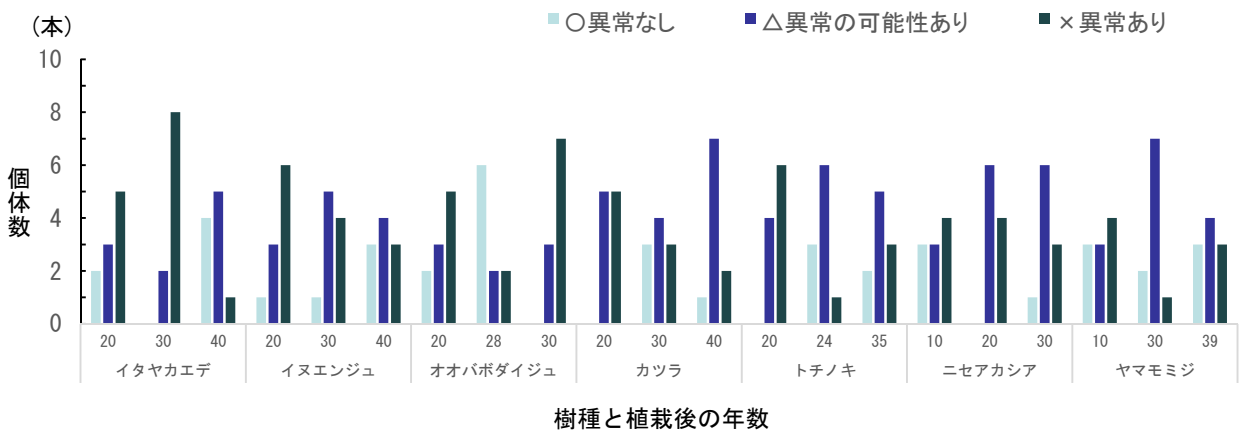


図-4 樹種と植栽後の年数別に見た外部に損傷が無い個体の樹幹内部の状況  
調査数：10個体/植栽路線

**研究成果の公表(文献紹介や特許など)**

• 錦織・脇田（2021）街路樹の加齢と健康状態について 光珠内季報198号

# 樹幹における共振時の振幅と異常部位（腐朽等）の広がりとの関係性の検証

担当G：森林環境部樹木利用G

協力機関：林産試験場

研究期間：令和2年度 区分：経常研究

## 研究目的

樹幹の内部の異常部位を画像化するために必要な情報は、腐朽・空洞等の異常部位の①有無②位置③広がりである。これまでに異常部位の①有無・②位置を把握する技術を開発した（H27-29 重点研究）。しかし異常部位の広がりを把握する技術は未開発であり、異常部位の広がりを把握する技術の開発が画像化のために残された課題である。本研究では、異常部位を加工した丸太を用いて、共振時の振幅と異常部位の広がりとの関係性を検証する。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

項目：①樹幹内部の異常部位と共振時の振幅との関係性の検証

方法：②異常部位を加工した丸太の共振時の振幅と異常部位の広がりとの関係を調べる。

## 研究成果

①樹幹内部の異常部位と共振時の振幅との関係性の検証  
異常部位を加工した丸太（写真-1）を用いて、共振時の振幅を再現性よく測定できる「加振→受振」を実現する装置の開発を行った（図-1）。診断過程「加振→受振→分析→グラフ化」において、共振時の振幅の抽出はPC内のアルゴリズムのみで処理を完結できた（図-1）。



写真-1 異常部位を加工した丸太

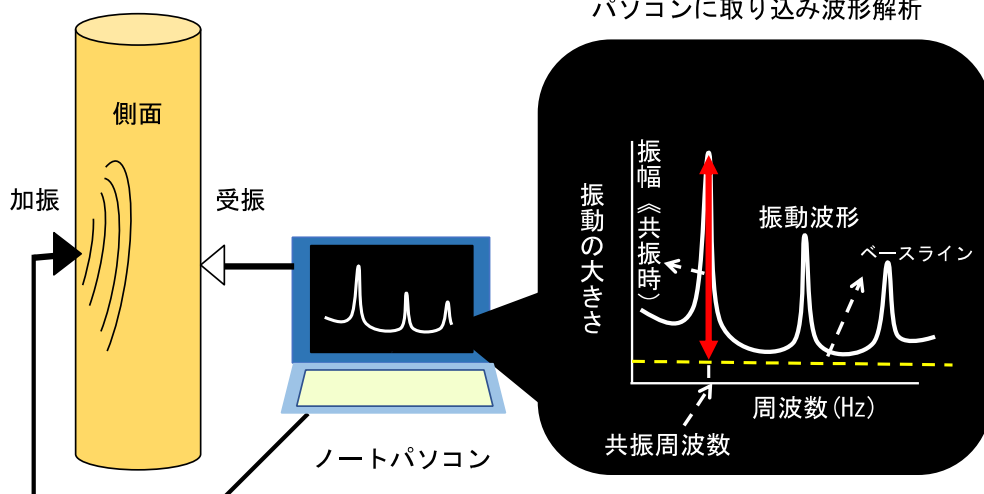
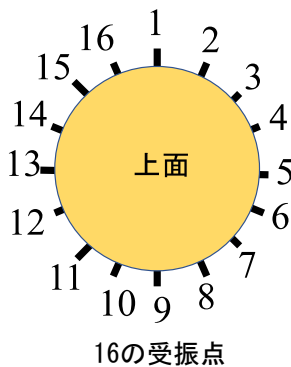


図-1 音を使った共振の測定の方法

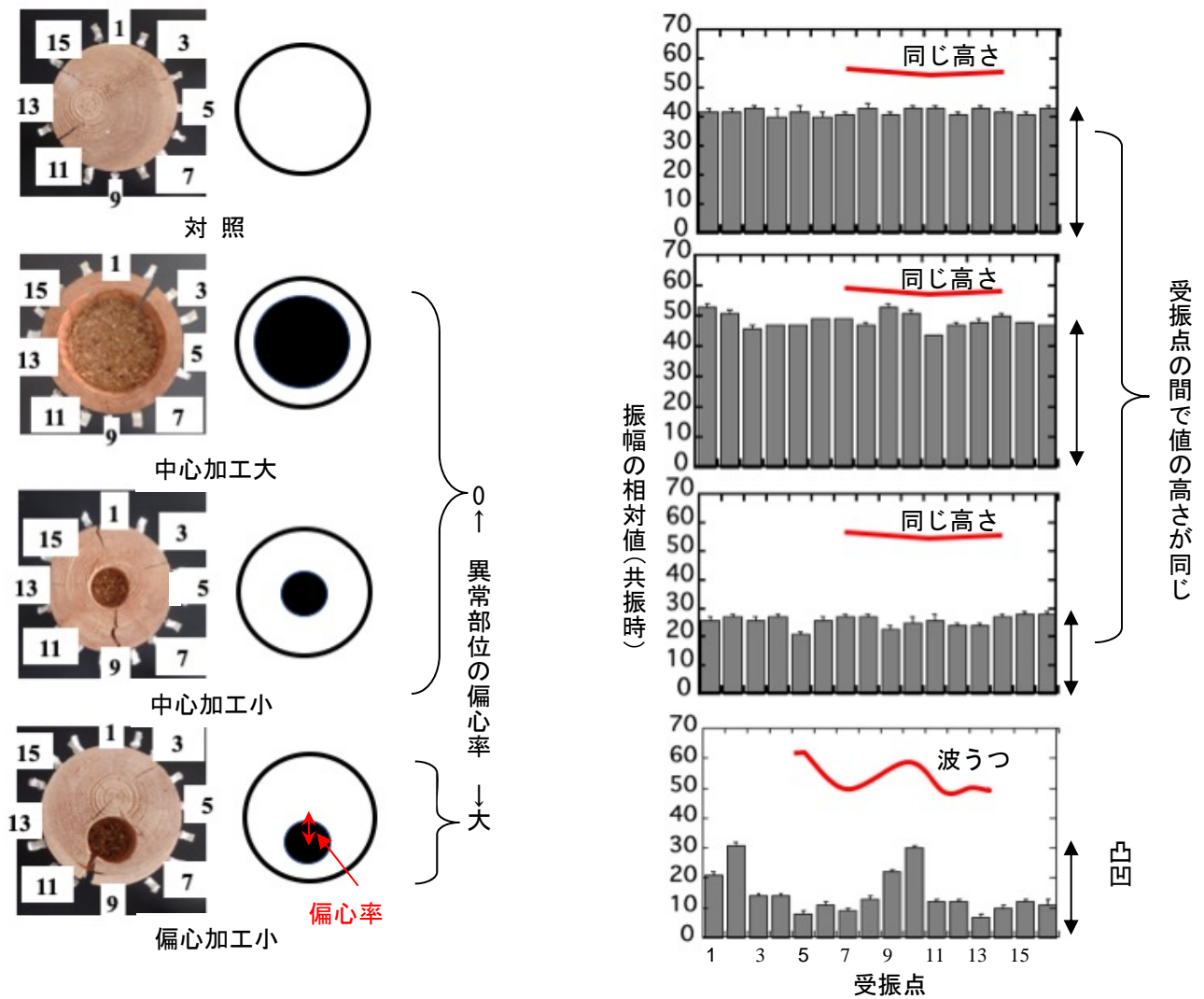


図-2 丸太に加工した異常部位（左）と振幅（右）  
注：○は健全な部位、●は異常部位を示す。

対照（異常部が無い）の丸太において、周囲16点の受振点で測定した振幅はほぼ等しかった（図-2）。丸太に位置する異常部位の偏心率（＝丸太の中心から異常部位までの偏心距離）が0の処理において、周囲16点の受振点で測定した振幅は、穴の大きさに関わらず、ほぼ等しかった（図-2）。異常部位の偏心率が大きい処理において、周囲16点の受振点で測定した振幅には、凹凸があった（図-2）。

②異常部位を加工した丸太の共振時の振幅と異常部位の広がり

異常部位の広がりについては、振幅との間に関係を見出すことはできなかった。ただし振幅についても共振周波数（H27-29 重点研究）と同様に、異常部位の「位置」（≡偏心率）の指標になることが分かった。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

小久保亮(2021) 木を伐らないで幹の腐朽位置を知る新しい方法の検討 光珠内季報No.197: 5-7

# 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：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(調査地概要や調査方法)

項目：①遺伝資源の収集

②クローン増殖技術の開発

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行う。

②組織培養によるクローン増殖技術を確立する。

## 研究成果

### ①遺伝資源の収集

- ・遺伝資源の収集として、6月上旬に開花する早生を5個体選抜した。
- ・自生地（美幌市、豊富町、利尻富士町、標津町など）で資源量を確認した（写真-1）。

### ②クローン増殖技術の開発

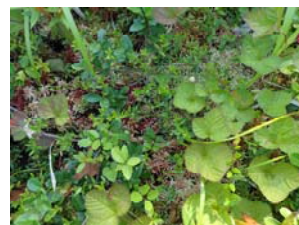
- ・圃場における1生育期間（4月-11月）に伸長したシュートの長さは23.7-62.5cmの範囲で、系統間に1%水準で有意な差異があった（図-1）。
- ・圃場に植栽して3年を経過した個体に開花と結実を確認したが、開花量は極めて少なかった（写真-2）。



美幌市



豊富町



利尻富士町



標津町

写真-1 自生地の様子

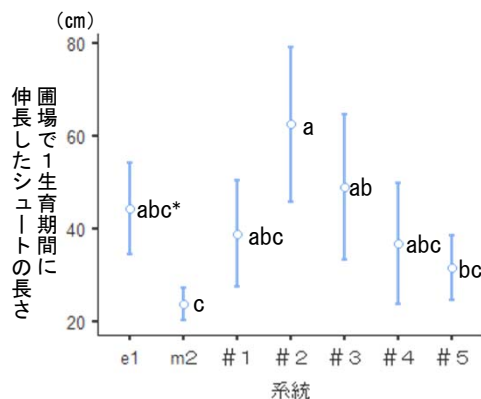


図-1 圃場における1生育期間のシュートの伸長量

\*: 異文字間に有意差あり (P<0.01)

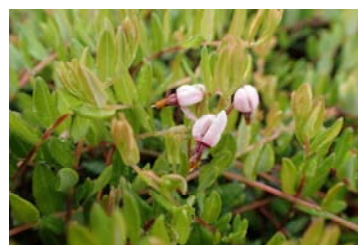


写真-2 圃場での開花（左）と栽培状況（右）

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・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?  
<https://www.youtube.com/watch?v=wsb1xsbwTx8>

## 北海道ブランドとなるタラノキ栽培の普及

担当G：森林環境部樹木利用G

研究期間：令和2年度 区分：職員奨励事業（普及ステージ）

### 研究目的

北海道ブランドとしてふさわしい品質と、消費者に北海道らしさを認識させる話題性を持つ「たらの芽」の生産の普及を図る。

### 研究方法(調査地概要や調査方法)

実施内容：「①タラノキの選抜、②クローン増殖、③栽培の普及」を道南・道東地域で行う。

### 研究成果

- ①タラノキの選抜：陸別町役場が選抜したトゲ無しタラノキ3個体を選抜した。
- ②クローン増殖：陸別町役場が選抜個体した個体のクローン増殖を行い、300苗に増殖した（図-1）。
- ③栽培の普及：江差町、札幌市、京極町、陸別町、北見市留辺薬町、中標津町で栽培の指導を行った（図-1）。

江差町では「たらの芽」の販売を開始した。

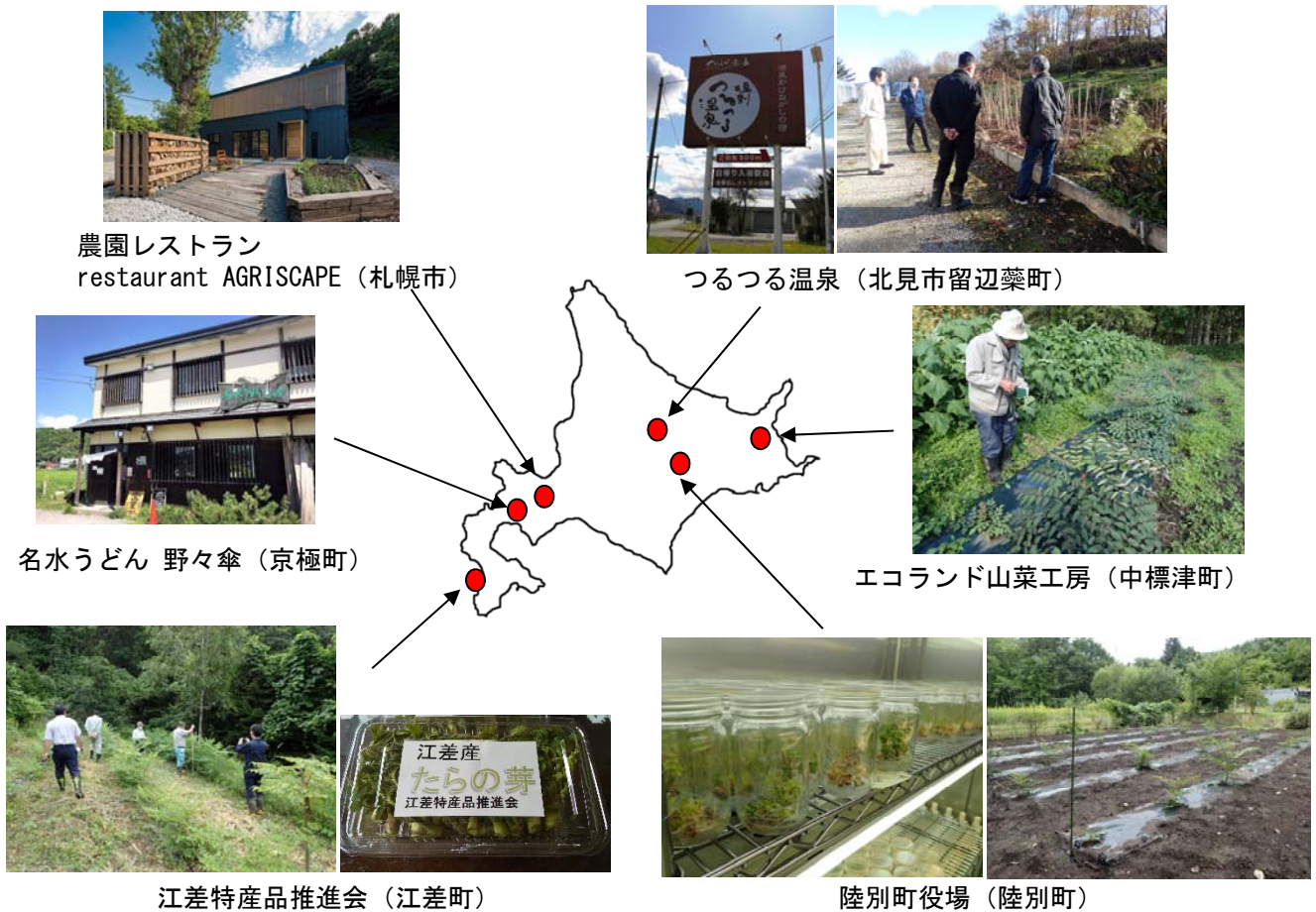


図-1 タラノキ栽培の実施状況

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・白井・日向・松本・錦織（2020）農業新技術の定着に向けた消費者調査-北海道におけるたらの芽の人工栽培技術を事例として- 農業経営研究58（3）45-50

## 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(調査地概要や調査方法)

### ●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

- ・地域自律管理型水道の水源、管路図概要、浄水施設の種類、給水戸数、管理主体など、代替手段再編シナリオに用いる基礎的情報を得た。
- ・また、R4年度以降に実施する研究項目（水インフラ運営・再編支援システムの現地実証）の事前準備として、関係者（富良野市役所、水道利用組合、富良野高校、東大演習林など）との関係構築のための現地検討会、ワークショップ等を実施した（写真-1、2）。



写真-1 水源地訪問の一例（東大富良野演習林）。

富良野市内の小規模水道の水源、施設状況を水道の管理・利用に係わる関係者で視察、森林管理者である東大演習林の職員から、水源林としての役割、森林管理についてレクチャーを受けた。



写真-2 富良野市内でのワークショップの様子。

富良野市内の水道の管理・利用に係わる関係者で勉強会を実施、管路網のデータ管理、更新等にオープンソースGISが活用できないか検討を行った。

## 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

協力機関・研究機関：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(調査地概要や調査方法)

#### ●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10<sup>2</sup>～10<sup>3</sup>ha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
  - ・調査地域内に位置する国有林、道有林内における沢水の利用状況(取水施設の有無)について情報収集を行った。
  - ・取水施設の設置者、管理者の大半は市町村など自治体であったが、個人、企業(宿泊施設等)も見られた。
- 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
  - ・調査地域のうち2流域(空知川流域・常呂川上流域)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置した(空知川流域32地点、常呂川流域18地点)。定点には水位を連続観測するためのロガーを設置(写真-1)するとともに、積雪期までの間、定期的に現地流量観測を行った(写真-2)。



写真-1 水位計の設置状況



写真-2 調査定点における流量観測



# 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・研究機関：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～4年度 区分：道受託研究

## 研究目的

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震では、厚真町を中心に大規模な斜面崩壊が発生し、植物の良好な生育基盤である表土が大規模に崩落した。森林再生にあたっては、崩壊斜面土壌の植生基盤評価に労力・費用がかかることと、崩壊斜面における植生生育状況についての情報不足が問題となっている。本研究では、土壌を簡易に評価・判定する手法の開発と、土壌条件に適した初期の植生導入手法（植栽、実播、自然回復）の解明、表面侵食の観測を行う。

## 研究方法

### ●研究項目

1. 土壌を簡易に評価・判定する手法の開発
  - ・土壌評価の検討、土壌評価簡易判定手法の検討
2. 植生導入手法の検討
  - ・植栽試験区、実播試験区、自然回復区の設定・調査
  - ・UAVによる表面侵食の観測

### ●調査地、試験地

- 胆振東部地震で発生した崩壊斜面
- ・道有林胆振管理区厚真町高丘地区
  - ・厚真町有林幌内・東和地区

## 研究成果

### 1. 土壌を簡易に評価・判定する手法の開発

崩壊斜面の土壌では、植生の生育阻害要件として土の硬さと透水性の低さが確認されたことから、この2項目の良否を判断基準とする土壌評価区分（良、中、悪）を設定した。土壌評価を現場で簡易に判定する手法については、剣先スコップによる掘削の難易度や粘性土の有無について検討中である。

### 2. 植生導入手法の検討

#### 1) 植栽試験区の調査結果

##### ①秋植え区（2019年11月植栽）

土壌評価「良」・「中」区では、植栽木の約8割が凍上倒伏・凍上斜立の被害を受けた。このため、崩壊斜面での秋植えは不適と考えられる。

##### ②春植え区（2020年6月植栽）

良好な活着が見られ、生残率も82%以上と高かった。各土壌評価区の樹種別直径成長は、カラマツが有意に大きかった。また、各樹種の直径成長の大きさは、概ね土壌評価「良」>「中」>「悪」区の順であった（図-1）。

#### 2) 自然回復区の調査結果

2019年個体数が多かったカラマツ、ケヤマハンノキ、カンバの個体数は2020年で大きく減少した。特に、土壌評価「良」区の優占種ケヤマハンノキ、「中」区の優占種カラマツは、大幅に減少した（表-1）。

冬季の凍上で根ごと持ち上げられた実生は、凍結土壌融解後、倒伏するものが多く確認されたことから（写真-1）、凍上が個体数減少の要因の一つと考えられる。

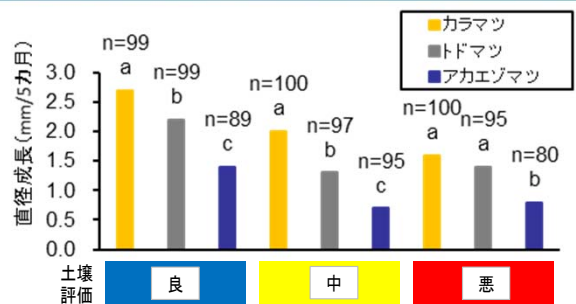


図-1 植栽試験区の1生育期間の直径成長

図中のnは植栽木の2020年11月時点の残存木数  
異なるアルファベットは樹種間に有意差あり

表-1 各調査地における木本植物の個体数の経年変化  
(2019-2020) 各年度の測定は9月下旬に実施

種名	土壌評価「良」		土壌評価「中」		土壌評価「悪」	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1 ケヤマハンノキ	185	53		1		
2 カラマツ	92	14	70	2		
3 カンバ	108	5	16			
4 ヤナギ類	43	14	2	5		
5 エゾヤマハギ					6	8
6 サルナシ			3			
7 ドロノキ						2
8 トドマツ	1					
合計	429	86	88	11	6	10



写真-1 カラマツ実生の凍上倒伏の様子

# 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

### ●研究項目

1. 斜面崩壊地の解析
  - ・ UAVによる地形解析
2. 崩壊地復旧方法の解明
  - ・ 森林等を早期に復旧する方法の解明

### ●調査地、試験地

- 胆振東部地震で発生した崩壊斜面
- ・ 道有林胆振管理区厚真町内
  - ・ 厚真町有林内

## 研究成果

### 1. 斜面崩壊地の解析

斜面方位が異なる崩壊地斜面において、春先の融雪期（2020年4月2日～3日）の凍結融解による地表面の標高変化を観測した。その結果、南向き斜面（Site1）の方が北向き斜面（Site2）よりも凍結融解作用に伴う地表面変化が大きいことがわかった（図-1）。

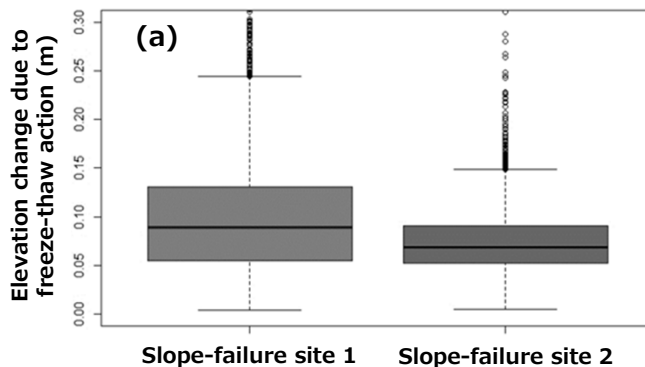


図-1 (a)南向き斜面 (Site1) と北向き斜面 (Site2) の凍結融解による地表面の標高変化の比較と (b) 標高変化図

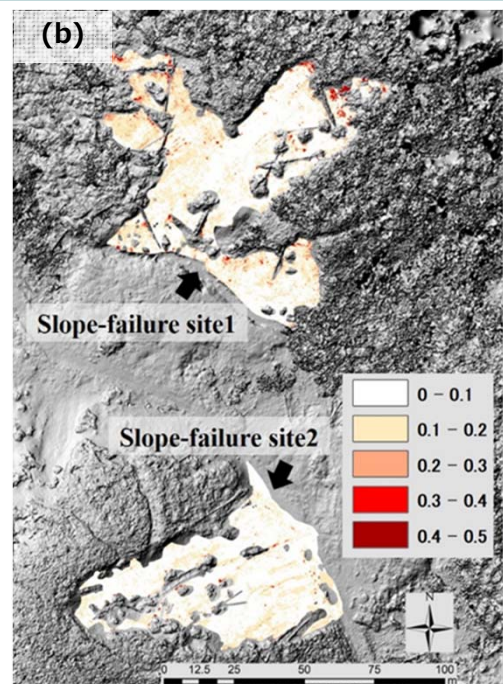


写真-1 表土安定工の施工状況

植生袋を活用した表土安定工。植生袋内に現場内土砂を敷詰め、表面にエゾヤマハギの種子を散布した。

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

中田康隆・速水将人・興水健一・竹内史郎・蝦名益仁・佐藤創. RTK-UAVを用いた地形変化の観測と応用の可能性：北海道胆振東部地震で発生した森林域の崩壊跡地における検証. 景観生態学会誌 25(1) 2020年6月  
 Yasutaka Nakata, Masato Hayamizu, Satoshi Hasui, Hajime Sato. Monitoring of topographic changes using RTK-UAV in landslide area caused by 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake. JpGU 2020年7月

## 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

協力機関：北海道農業研究センター 芽室研究拠点室、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4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

ひまわり衛星画像の解析  
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

- 強風時に十勝管内を踏査して風食発生箇所を記録した結果、防風林のない圃場で風食が起こりやすい様子が見られた(写真-1)。
- 強風時の風速は、樹高の2.7～5.4倍風下の地点で、樹高の13.6倍風下の地点に比べ、31～33%低下していた。減風域にあたる樹高の3.6倍風下の地点では、サンプラーで捕捉された土の量が少なく、風食が抑制されていることが示唆された(図-1)。



写真-1. 風食の様子。

左側の風上側に防風林が設置された圃場では風食が起きていないのに対し、右側の防風林のない圃場では風食が発生している

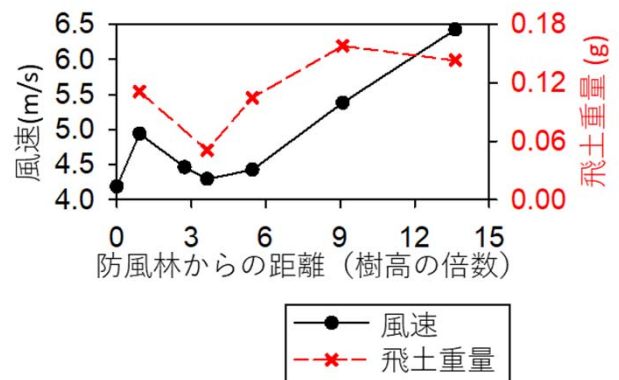


図-1. 芽室町内の圃場における風速分布とサンプラーで捕捉された土の重量。

風速は風食が起こった日(7日間)の強風時(樹高の13.6倍で5m/s以上)における高さ2m・10分間平均風速の平均。飛土重量は4/30～5/10に採取された量

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

講演2件で本研究成果を活用

- 「耕地防風林の効果について」(帯広市内の有志農家を対象とした説明会、2020/7/8)
- 「防風保安林の効果と管理方法について」(令和2年度市町村職員技術力向上支援研修、2020/10/14～15)

# 風由来の環境ストレスの実態解明に基づく海岸林の地形・林冠の動態モデルの開発

担当G：道東支場

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、秋田県林業研究研修センター、宮崎大学、静岡大学

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：公募型研究

## 研究目的

海岸特有の風由来の環境ストレス（乾燥、飛砂衝撃、塩分付着）により、海岸林の地形は砂の移動を通して絶えず変化し、海岸林を構成する樹木は常に成長阻害を受ける。その結果、通常の山地斜面で開発された森林動態モデルでは、海岸林動態を予測できない。そこで、本課題では海岸林が受ける風由来の環境ストレスの実態を解明する。ストレスによる地形や森林の変化を明らかにする。そして、それらを基に海岸林の地形と林冠の動態を推定するモデルを開発することを目的とする。

## 研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地 石狩湾沿岸の海岸林

調査手法 風速観測  
ACMセンサを用いた付着塩分量観測  
毎木調査、着葉塩分量測定  
UAVを用いた地形・林冠形状の測定

## 研究成果

- 1980年代以降、石狩湾新港の西側で海岸侵食が進むのに対し、東側では海岸線が前進している。航空レーザー測量データと無人航空機を用いた数値表層モデル（DSM）差分解析から、港の東側では飛砂の堆積による前砂丘の標高上昇と良好な樹高成長が得られたのに対し、西側の一部では最近13年間で高さ9mの前砂丘が幅20mにわたって消失し、広範囲でほとんど樹高成長していなかった（図-1）。
- 林縁から100m内陸までの平均樹高変化は林帯前面の海浜・砂丘の断面積変化量と高い正の相関があったため、海岸林に及ぼす影響を評価する上で、海岸線の位置に加え、砂丘の垂直方向の変化の把握が重要であると考えられた（図-2）。

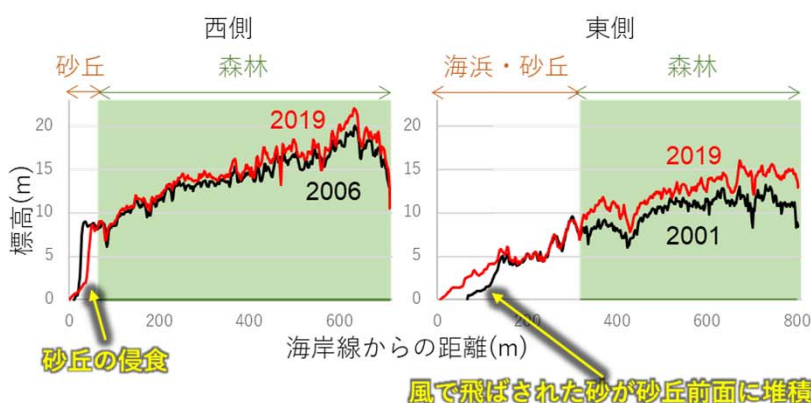


図-1. DSM差分解析から得られた地形と林冠高の変化。  
海浜・砂丘は地表面高、森林内は林冠高

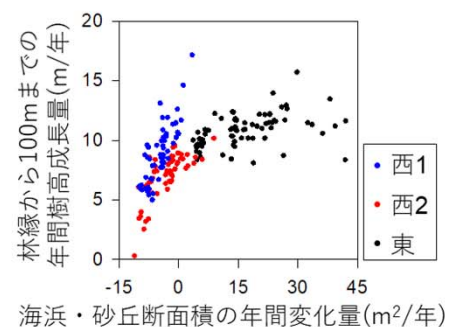


図-2. 海浜・砂丘断面積変化と樹高成長の関係

## 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

岩崎ら(2021)第132回日本森林学会大会(オンライン)・宮崎ら(2021)第132回日本森林学会大会(オンライン)  
南光ら(2021)第132回日本森林学会大会(オンライン) 他学会発表2件

## 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4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」と呼ばれる）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

- 緑化割合は、スノーデンでは防風林の影響は認められなかったが、トヨシロでは防風林によって風速が低下した樹高の0.9～5.5倍風下の地点で小さかった（図-1）。このことから、畝の風食はイモの緑化割合に影響し、イモが浅く分布するトヨシロでは防風林により緑化が防止される効果が特に大きい可能性が示された。
- 風洞内に畝を再現するための型枠と、精密に地形変化を得るためのレーザー距離計を製作し、風洞実験を実施する体制を整えた（写真-1）。
- 既存データを用いて、防風林の林帯構造（樹高・林帯幅・葉面積密度）と代表地点の気象条件から風下の風速・日射量・地温分布を推定するモデルを作成し、論文として公表した。

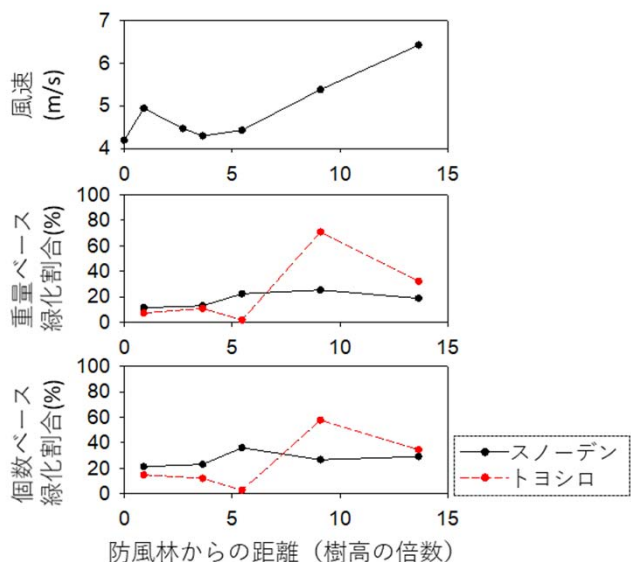


写真-1. 風洞実験の様子

図-1. 風速とジャガイモ緑化割合の水平分布。

風速は風食が起こった日（7日間）の強風時（樹高の13.6倍で5m/s以上）における10分間平均風速の平均

### 研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Iwasaki, K., Torita, H., Abe, T. (2020) A simple process-based model for estimating windbreak effects on soil temperature during early crop growth stage. *Agroforestry Systems* 94(6), 2401-2415.

岩崎ら(2021) 防風林が畝の風食とジャガイモ緑化に与える影響, 日本農業気象学会全国大会, オンライン.

# 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 等

## 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の林帯において、本数密度が異なる3つの施業パターン（無間伐: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

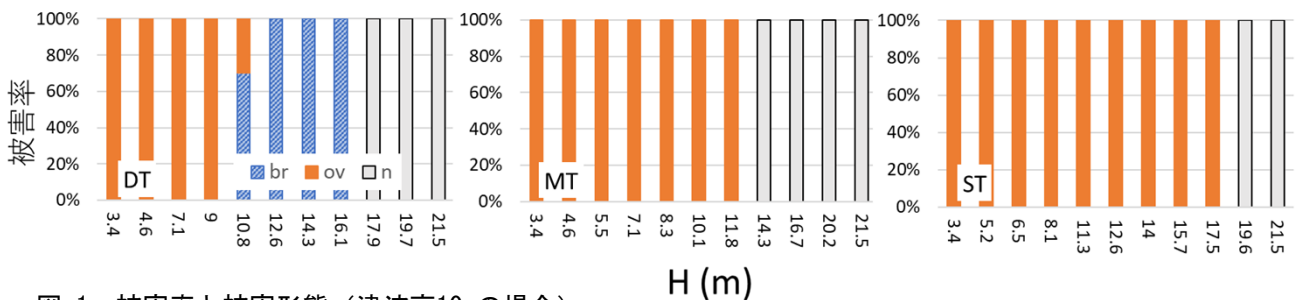


図-1 被害率と被害形態（津波高10mの場合）

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）

すべての津浪高に対し、MTとSTの被害形態は根返りのみであった。DTにおいては、樹高が低い段階では根返り、樹高が高くなると幹折れが発生した。

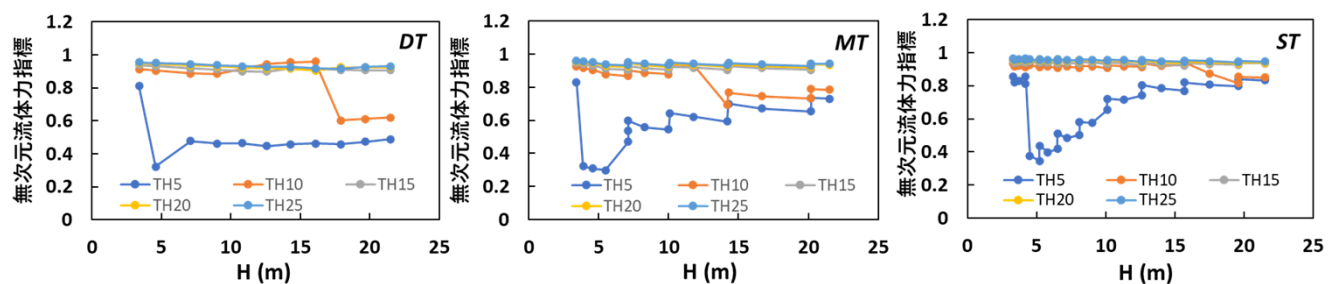


図-2 流体力指標（流速の2乗×浸水深）の変化

TH: 津波高 THの後の数字は津波高を示す。

無次元流体力指標（汀線から750m離れた地点を基点、林帯がある場合/なしの場合）は、TH=5mに対してはDTが最も減衰効果が大きかった。津浪高が15m以上では、無次元流体力指標に対する施業の影響がみられなかった。

## 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* Parl. 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
- 流木移動量の評価—
  - UAV空撮後、オルソ画像を作成し、目視判読により流木分布を把握した。
  - 2時期（非積雪期・6月～10月）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157.3km<sup>2</sup>、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。異なる撮影日どうしの流木分布をオーバーレイし、期間ごとの流木の移動量（各区分内での流失/新規加入）の評価を試みた（図-1）。その結果、移動量が大きい時期（融雪後・降雨後）や地形区分（流路）が明らかとなり、出水イベントごとに流木動態を把握できる可能性が示された。

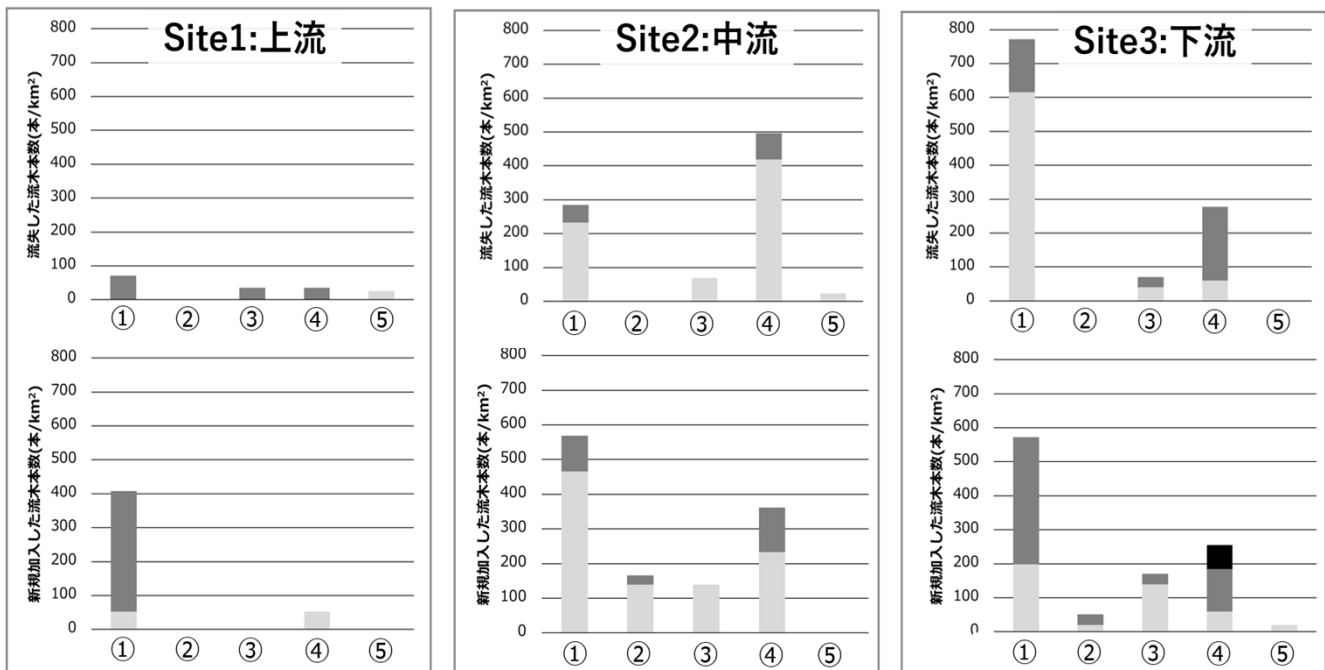


図-1 移動した流木（流失/新規加入した流木）本数の年変動

- ①2019/10/24～2020/6/19、②2020/6/19～7/10、③2020/7/10～8/18、  
④2020/8/18～9/19、⑤2020/9/19～10/13

## 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した。

#### 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

#### ●海岸流木の処理優先区域選定手法の開発

平成28年の台風災害（大規模出水）後に撮影された画像を用い、広尾漁港から大樹漁港までの海岸線について漂着流木の抽出精度を検証した。海岸を100 m間隔のセグメントに区分し、衛星画像の自動分類により流木を抽出し、各セグメントにおける流木分布面積割合を求めた。

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、自動分類の結果と比較したところ、相関係数は0.89( $P<0.05$ )であり、十分な抽出精度が得られることがわかった（図-1）。

この判読結果を用い、流木の分布面積割合を10%ごとに色分けし、流木分布マップを作成した（図-2）。

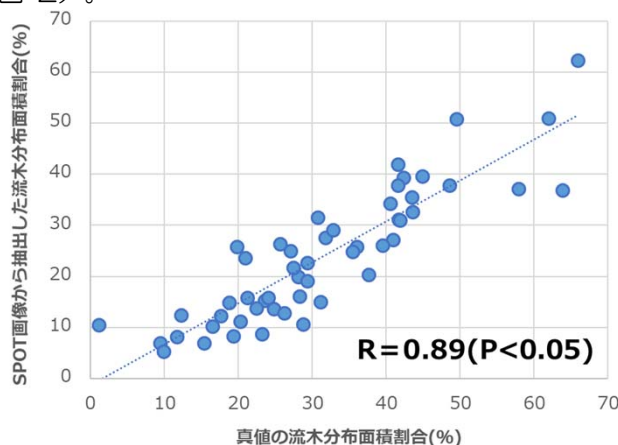


図-1 SPOT画像より自動分類で抽出した流木分布面積割合の抽出精度

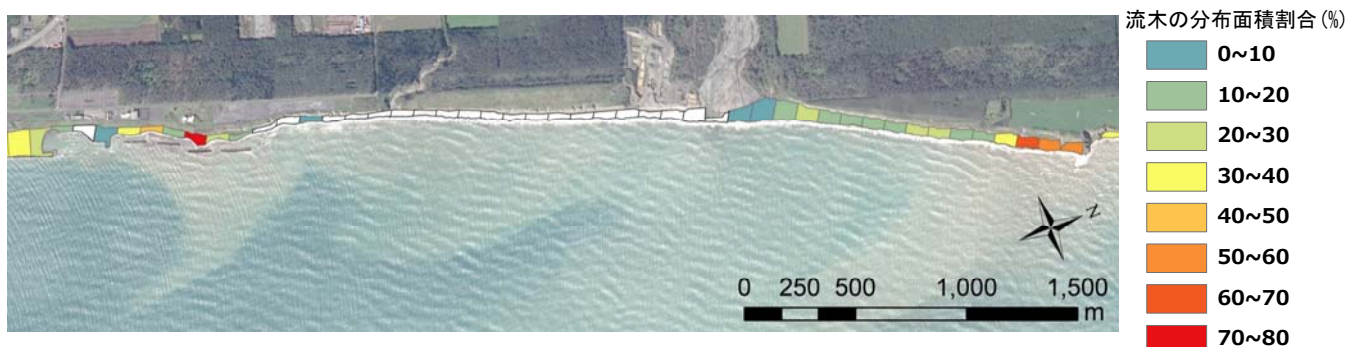


図-2 試作した流木分布マップ（野塚海岸付近）