

海岸防災林の力学モデルと成長モデルを組み合わせた津波抵抗性の評価

担当G：道南支場

研究期間：平成27年度～30年度

区分：公募型研究

研究目的

海岸林が防潮機能を高度に発揮するには、まず津波に対して頑強な林であり、かつどのような管理計画を立案すれば、それが実現するのかを明らかにする必要がある。そこで本研究では、林の津波に対する力学モデルと成長モデルを組み合わせ、管理計画の違いが成長過程における津波抵抗性に与える影響を明らかにし、津波抵抗性の高い海岸林を構築するための管理計画に資することを目的とする。

研究方法

クロマツ林の被害形態（幹折れ、根返り）に関する予測
方法：津波を受けたときの立木の被害形態を予測するため、幹折れおよび根返り限界流速を計算した。

限界浸水深の検討

方法：被害が発生する時の津波の浸水深（限界浸水深）をフルード数を考慮して算出した。

研究成果

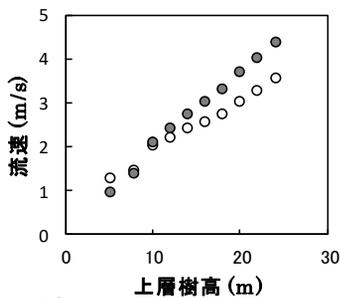


図-1 幹折れ被害および根返り被害が発生するときの流速
● 根返り、○ 幹折れ 浸水深5mの場合

施業により、被害形態が変化することが示された。図1に無間伐のケースを示した。上層高10m付近までは、幹折れ流速が根返り流速の値よりも大きい。更に樹高が高くなるとその関係性が逆転する。すなわち、被害形態のシフト（根返り→幹折れ）が発生する。

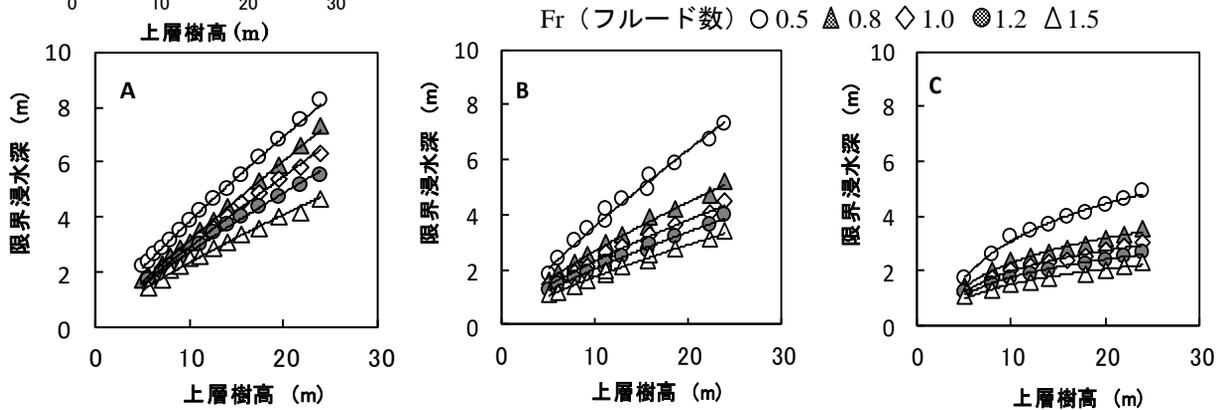


図-2 林分上層樹高と限界浸水深との関係

クロマツ海岸林において、A（疎管理）、B（中庸管理）、C（無間伐）の3パターンを設定し、森林施業が津波抵抗性に及ぼす影響を評価した。限界浸水深（被害が発生する浸水深）は、施業タイプにより異なり、Aタイプの森林管理が最も限界浸水深の値が大きく、抵抗性が高くなった。

※フルード数：この値が1より大きいと射流、1より小さいと常流となる。射流は、波の伝搬速度よりも流速が大きく、常流は波の伝搬速度よりも流速が小さい流れである。フルード数1は、波の伝搬速度と流速が等しくなった状態である。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Torita H. et al.(2018) Effects of forest management on resistance against tsunami in coastal forests. Ocean Engineering 169: 379-387.

Torita H, Tanaka N(2019)Evaluation of the resistance of coastal *Pinus thunbergii* Parlat. Forests to the tsunami fluid force in Japan. Natural Hazards (印刷中)

平成30年度 日本海岸林学会石垣大会 など

カシワ海岸林の密度管理図の作成と天然林構造を 目標とした管理手法の検討

担当G：森林環境部環境G

協力機関：北海道水産林務部林務局治山課、各総合振興局・振興局林務課

研究期間：平成28年度～30年度 区分：経常研究

研究目的

本研究では北海道のカシワ海岸林の造成・維持管理の指針を提示するため、カシワ海岸林の密度管理図および地位指数曲線を作成する。海岸林管理者が排水工など適切な改良工事の導入を図れるように、地位指数によって生育環境を評価できるようにする。また、密度管理手法を検討するが、目標としてカシワ高齢天然林の構造を参考とする。

高齢天然林の構造を参考とするのは、現時点で、相反する気象害耐性と防災林機能をバランス良く両立する最適の林分構造が未知であり、次善の目標として適切と考えられるためである。カシワ高齢天然林は、知られている限り、これまで大きな気象害を受けずに長期間安定しており、かつ林冠が閉鎖していることから、少なくとも必要最低限の海岸防災林機能が期待できる。

研究方法

調査地：石狩・留萌・オホーツク・釧路・十勝
・日高・桧山管内のカシワ海岸防災林
(人工林116箇所、天然林16箇所)

方法：①約10×20m方形区の毎木調査 ②樹幹解析
測定項目：①胸高直径、樹高、枝下高
②円盤採取、年輪幅・数の計測(10個体)

研究成果

成果の要約：

北海道のカシワ海岸人工林について、林分密度管理図と、これに準拠した施業体系図を作成した。高齢天然林の調査結果を踏まえ、防災林機能と気象害耐性両面を考慮し、収量比数0.9程度を目標とした。林齢と上層高から、地位指数曲線および「地域」と「海岸からの距離」による地位指数モデルを利用し、カシワ林の生育の良否が判定できる。また施業体系図と地位指数曲線を利用して、本数調整の林齢と強度を決定できる。

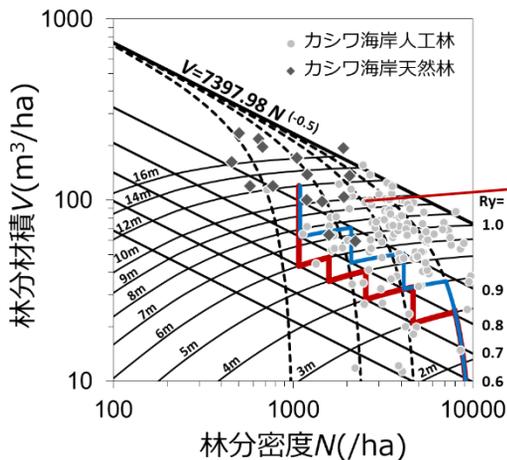


図-1 カシワ海岸林の林分密度管理図
本数調整方法の例を太線(赤/青)で示した



写真-1 過密状態にあるカシワ林(左、Ry=0.97)と
グイマツ林(右、Ry=0.98)

1. 林分密度管理図：

カシワ海岸人工林116カ所の毎木調査データ(林齢7-57年、上層高2.9-13.7 m、林分密度711-11,875本/ha、原植栽密度2,000-20,000本/ha)を用いて林分密度管理図を作成した(図-1)。

カシワ海岸林と、既報のクロマツ・グイマツ海岸林の最多密度曲線*の比較から、最多密度での材積は、カシワ林はクロマツ林の36%、グイマツ林の31%となった(同じ林分密度の時)。このことを反映して、過密状態のカシワ林では、同様に過密状態のグイマツ林に比べて、下層植生が繁茂するほど林内が明るかった(写真-1)。仮にカシワ林が、海岸に同所的に植栽されているクロマツ・グイマツ林と比べて林分が透いているように見えたとしても、カシワにとっては過密の恐れがある。これらの事から、樹種別の林分密度管理図、および林分密度管理図に基づいた客観的な密度管理が必要である。

* $V = g N^{-0.5}$ である。gは樹種固有の値であり、本研究よりカシワ7,397.98となった。クロマツでは20,399.15(既報)、グイマツでは23,921.95(真坂 未発表)である。Vはhaあたり林分材積、Nはhaあたりの本数密度である。

2. カシワ天然林構造を目標とした密度管理手法：

密度管理目標の参考として、除間伐の履歴がない高齢のカシワ海岸天然林16カ所の毎木調査を行い、林分密度管理図上に図示したが、収量比数 R_y が0.8強~1.0と一般的には高密度とよばれる状態であった(図-1)。

このような高密度状態は、防災林機能の観点からは良好といえる。枝葉・幹表面積が大きくなれば、より防風機能が高いことが知られているが、枝葉・幹表面積と強い相関があると考えられる林分材積が、収量比数の定義からして、最大値($R_y=1.0$ の時)の8割以上になるからである。

一方、気象害耐性や健全性も同時に考慮が必要である。本研究では、上記の R_y の範囲でも、より高い気象害耐性と健全性が期待できる、形状比70以下となる $R_y=0.9$ 程度の林分構造(図-2)を目標とすることを提案する。この目標に至る林分密度管理図上の経路として、通常の森林管理同様、 $R_y=0.8$ 前後の経路を採用する。

上層高12mを見込める林分を例として、本数調整方法の考え方を、施業体系1(赤線、 $R_y=0.7$ ~約0.8、一般的な管理手法)、施業体系2(青線、 $R_y=0.8$ ~約0.9、最多密度での材積がより小さいカシワ林において防災林機能に配慮した手法)として示した(図-1、3)。最終本数調整の後は天然林と同等の高密度状態、 $R_y=0.9$ を目指す。

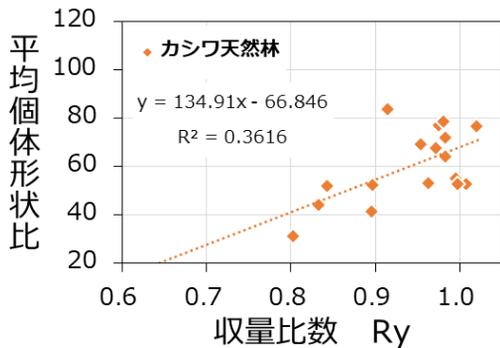


図-2 カシワ海岸天然林の収量比数と形状比

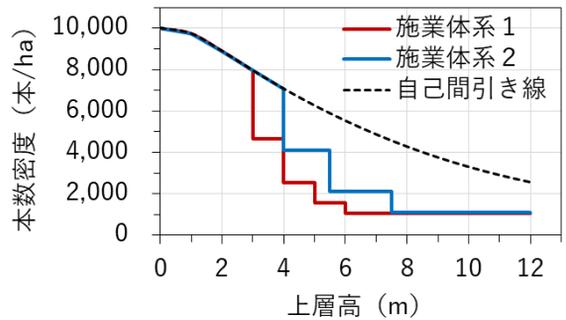


図-3 カシワ海岸人工林の施業体系図

施業体系1 ($R_y=0.7-0.8$)は、経済林・環境林ともに良く見られる管理手法、施業体系2 ($R_y=0.8-0.9$)は、カシワ林の最多密度曲線が、他樹種と比べて下方に位置することに留意し、林分材積を下げ過ぎないように配慮

3. 地位指数曲線群：

カシワ海岸人工林8林分から、上層個体を1-2個体、計10個体サンプリングし、樹幹解析を行った。樹幹解析データにリチャーズ式を当てはめ、地位指数曲線群(林齢20年基準)を作成した(図-4)。林齢30年までの間に、曲線に明瞭な頭打ち傾向がみられないが、このことはカラマツ、トドマツ、アカエゾマツにも当てはまる。また調査林分の地位指数は、範囲が2.1-12.0、平均5.7であった。

一般化線形モデルによる解析の結果、地位指数は、地域と汀線からの距離によって差が認められ、オホーツク海側 >> 太平洋側 >= 日本海側であり、かつ汀線から離れるに従って大きくなった(表-1、2)。

これは地位指数の基準となり、生育良否判定に利用できる。

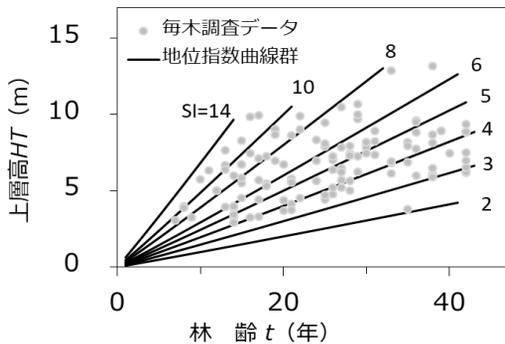


図-4 カシワ海岸林の地位指数曲線群(北海道)

地位指数は林齢20年における値である

表-1 GLMIによるモデル選択

モデル	固定効果		AIC	ΔAIC
	地域	汀線からの距離		
フルモデル	○	○	416.2	0.0
モデル2	○	-	452.3	36.1
モデル3	-	○	648.9	232.7
Nullモデル	-	-	737.1	320.9

備考：○はモデルに含む、-はモデルから除外、

ΔAICは最小AICとの差

表-2 地位指数ベストモデルにおける係数推定値

地域	固定効果	Coeff.	SE	t
オホーツク海側		8.406	0.345	24.400
太平洋側(十勝釧路)		4.280	0.282	15.171
太平洋側(渡島日高)		4.254	0.538	7.906
日本海側		4.091	0.277	14.753
汀線からの距離		0.0034	0.0005	6.584

備考：Coeff., 係数推定値；SE, 標準誤差、

残差逸脱度は242.18, 残差自由度は107

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・真坂一彦・阿部友幸(2017) 除間伐試験結果に基づく海岸林の密度管理手法の提案. 平成29年北海道森づくり研究成果発表会.
- ・阿部友幸・佐藤創・真坂一彦(2018) 北海道におけるカシワ海岸林の密度管理図と地位指数曲線. 平成30年度日本海岸林学会.
- ・阿部友幸(2019) 暮らしと産業を守る海岸防災林とその管理について. 平成31年北海道森づくり研究成果発表会.

林内機械作業による土壌・植生への攪乱とその持続性の解明

担当G：保護種苗部育種育苗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)

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

林業作業用車両の走行インパクトの持続性と、土質や植生相の異なる地域への適用について焦点をあて、車両機械の走行による土壌締固めからの回復過程の詳細を解明し、侵入した非森林性植物種が増加を続けるかを検証する。林業試験場では、従来の研究では捉えられなかった走行後1～4年間同一作業道の経年変化を追う調査地1と作設時期が異なる作業道で比較する調査地2における土壌締固めからの回復過程を解明する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地1：平成28年、29年に作設された各作業路(当別、月形)
 調査地2：平成24年～27年に間伐が行われたトドマツ人工林において毎年作設された森林作業道(4区間)

調査方法等
 道路作設後の経過年数による土壌物理性(硬度)の回復過程を評価する
 測定方法：動的コーン貫入試験器
 測定項目：Nc値(土壌硬度指標)※

※Nc値：5kgのおもりを高さ50cmから自由落下させたときに、先端のコーンが土中に10cm挿入されるまでの打撃回数

研究成果

継続調査を行う調査地1

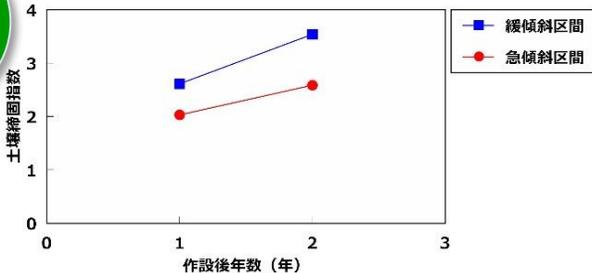


図-1 当別における作業道作設経過年数と土壌締固め指数の関係

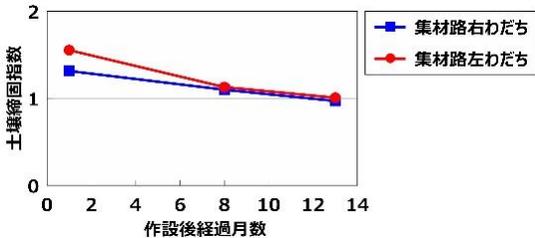


図-2 月形における作業道作設経過月数と土壌締固め指数の関係

作設年が異なる調査地2

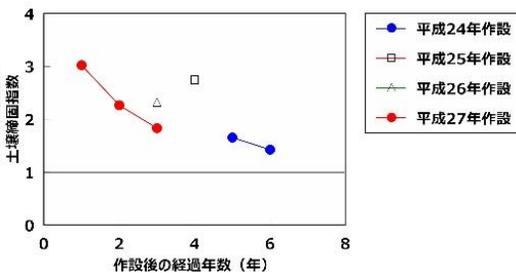


図-3 東美唄における作業道作設経過年数と土壌締固め指数の関係

■平成28年作設区間(当別)：Nc値の鉛直プロフィールから、緩傾斜区間のNc値は微増、急傾斜区間(0.2mまでの深さ)のNc値は微減、対照区間(0.2mまでの深さ)のNc値は微減していた。土壌締固め指数※では、両区間で年経過により値が増加した(図-1)。これは、両区間の加重平均値(同指数の分子)より対照区間の加重平均値(分母)の減少率が大きいことに起因する。

■平成29年作設区間(月形)：作業路の作設後8ヶ月まで、Nc値に大きな経年差はみられなかったが、13ヶ月後にはNc値の低下が大きかった。土壌締固め指数を計算した結果、経過年数と土壌締固め指数の関係では、作設後から13ヶ月経過するまでの土壌締固め指数は両わだちともに減少し、作設13ヶ月後には土壌締固め指数が1.0以下となったことから、伐採前の状態まで回復していた(図-2)。

※土壌締固め指数：深さの2乗をウェイトとしたNc値の加重平均を作業道と対照区間でそれぞれ算出し、「作業道の加重平均値」/「対照区間の加重平均値」で求められる。ここでは、計算対象の深さを0.5mとした。

■東美唄にある平成24年作設区間と平成27年作設区間の表層部Nc中央値(深さ0.3mまで)は対照区間の同深Nc値に比べて高い値を示しており、回復途上であった。経過年数と土壌締固め指数の関係では、平成24年作設区間および平成27年作設区間において、経過年数が増加するにつれて土壌締固め指数は低下した(図-3)。平成25年作設区間と平成26年作設区間は、地すべり土壌に相当し、土中の礫が当たるなどして良好なデータが得られなかった。

量的・質的研究アプローチによる知的障がい者のための 森林教育活動に関する研究

担当G：道東支場

協力機関・研究機関：道内の知的障がい者施設・特別支援学校

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
森林教育活動の構成要素と評価の関係性・重度者の活動への参加状況・森林での活動によるストレス低減効果の視座に基づく分析・評価から地域資源としての森林の活用策について提言を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地
当麻町・夕張市ほか

調査方法
○障がい者を対象とした森林教育活動の実践
○施設職員による活動評価(アンケート調査)
○重い障がいを持つ人たちの行動観察

研究成果

1) 森林での活動を構成する諸要素と活動への評価の関係性の検討(H28～R元年度)

施設職員が森林活動の評価で重視する「活動の雰囲気」の基準と活動構成要素との関連性を検討した。活動の構成要素については、「内容」「場所」「参加形態」「移動」「要求動作」「器材」「動植物」「安全性」「準備」「時間」「活動目的」「降雨」の12条件とした(総事例数109:数量化I類を適用)。その結果、活動の雰囲気では「参加形態」「器材」「動植物」「安全管理」「準備」「時間」への配慮の重要性が見出され、具体的には、「理解しやすい内容」「使いやすい器材」「帰属意識・対抗意識・参加者の交流」「新規性の高い体験」が求められていた(図-1)。

(2) 重度者の参加様態の精査(H28～R元年度)

これまでの実践活動に対する評価への統計手法の適用と自由記載の類型化を試みた。その結果、重度者の参加への配慮事項として「内容」「移動」「要求動作」「器材・教材」「動植物」「時間」「活動目的」が強く求められることがわかった。また、重度者への配慮事項として具体的に求められる事柄として、「重複障がい」「天候」「植物の誤食」「興味関心」「集中力」「重度者とのコミュニケーション」「重度者へのアプローチ」が見出された。

(3) 森林活動のストレス低減効果の検討(H28～R元年度)

被験者19名を対象に活動前後のストレス状況の測定を行った。その結果15名の被験者にストレス緩和の状況が認められた(図-2)。

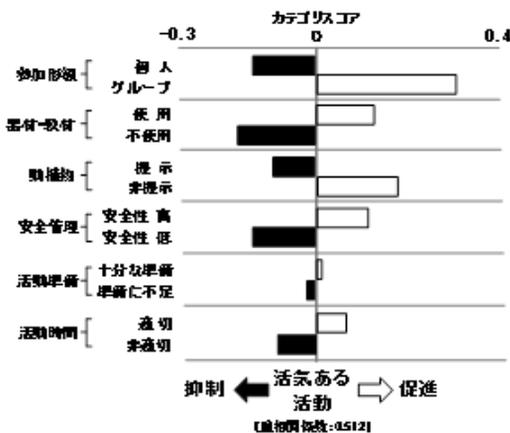


図-1 活動の雰囲気と構成要素
(109事例に数量化I類(注1)を適用)

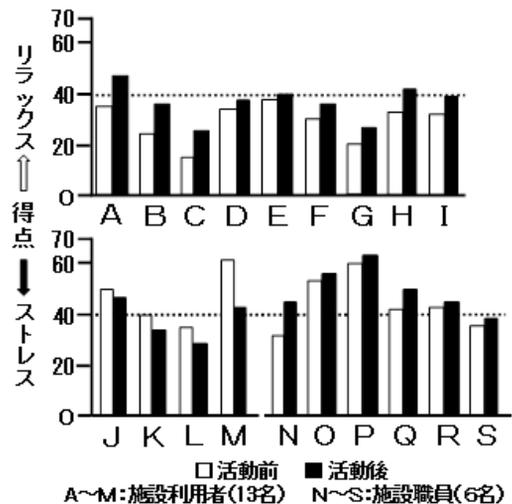


図-2 森林体験活動前後のストレス値(平均値)の変化
(値が点線以下(得点≤40):ストレス状態)

常呂川流域圏における 人間活動と水・物質循環とのつながりの解明

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：環境科学研究センター（主管）、地質研究所、
中央農業試験場、北見農業試験場、さけます・内水面水産試験場、北方建築総合研究所
（北見工業大学、常呂川水系環境保全対策協議会）

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

本研究では、人の暮らしと産業が調和した流域システムの構築を目指し、研究フィールドとして常呂川流域圏を対象に圏内における水・物質循環の状況を明らかにする。さらにそれらを介した産業と人の暮らしとの関係性を分析し、流域圏の持続可能性に係る要因を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：常呂川流域圏（流域面積約2000km²）

- ・関係自治体：北見市、訓子府町、置戸町
- ・流域人口はおよそ13万人、上流は森林域、中下流は大規模な畑作地帯と都市圏、河口域はサケマスやホタテの好漁場となっている。
- ・突発的な土砂流出や水質悪化の問題を抱えており、総合的な流域管理のニーズがある。

研究の項目と方法：

- 物質流出モデルによる土砂の発生・移動量の評価
流域内の主要観測点5地点および2支流（訓子府川、仁頃川）において出水時採水を実施し、イベント時のデータを加味した年間負荷量を算出する。
- 流域圏サービスの変遷の把握
農林水産業の生産量、水利用等各種統計値の収集。

研究成果

●物質流出モデルによる土砂の発生・移動量の評価

- ・ライジングステージサンプラー（洪水時の濁水を採取するための簡易自動採水装置）を河畔に設置し、出水時の浮遊土砂（SS）濃度を得た。水位（流量）と浮遊土砂濃度の関係は、上常呂（本流中部）では水位上昇とともに濃度も上がる傾向を示したが、上川沿（本流下部）では不明瞭であった（図-1）。



写真-1 ライジングステージサンプラーの設置状況
右の写真は、カバーを外した状態。
水位上昇に応じて採水口から河川水が入ってくる仕組みになっている。

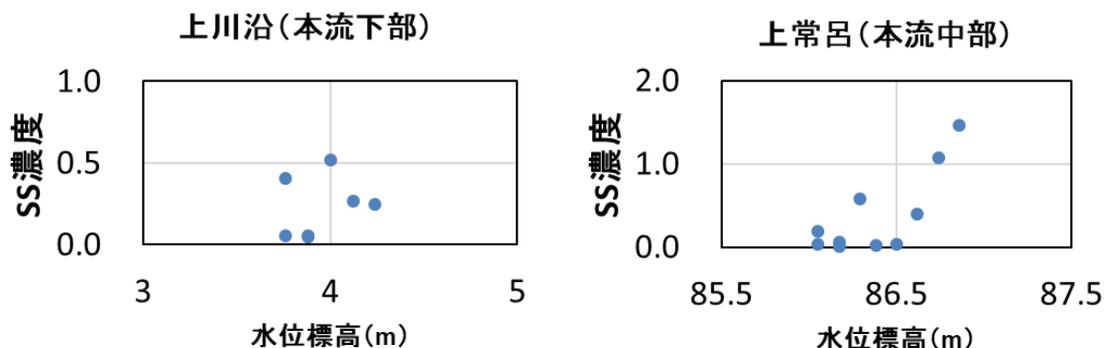


図-1 常呂川最下流地点（上川沿）と中流地点（上常呂）の浮遊土砂（SS）濃度と水位標高の関係
平成30年8月から9月にかけて降雨出水時に採水した試料水データを使用。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

津波による最大リスク評価手法の開発と 防災対策の実証的展開

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：北方建築総合研究所（主管）、地質研究所、北海道大学大学院・文学研究科、埼玉大学大学院・理工学研究科（東北大学、北海道総務部危機対策課）

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：重点研究

研究目的

北海道における津波による死傷リスクを低減するため、積雪寒冷や暗夜条件などによる最大リスク評価手法並びに都市・地域の人口や土地利用の経年変化を考慮した津波防災対策効果の評価手法を開発する。また、津波防災対策の実施を支援するために防災対策案を定量的に評価する手法を開発し、具体の市町村で津波避難計画や津波防災地域づくり計画を作成するなどにより実証的に展開する。

研究方法

グイマツ海岸林の津波減勢効果の時系列変化のシミュレーション条件

使用データ：グイマツ海岸林の施業体系に沿った時系列データ（図-1）、計算式：一次元非線形長波方程式
林帯幅：10m、40m、160m、640m、汀線津波高：5m、10m、20m

研究成果

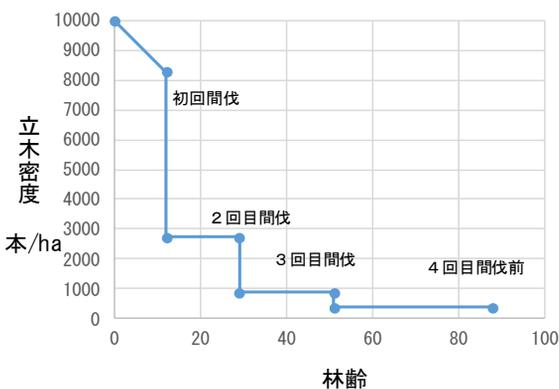


図-1 グイマツ海岸林の施業体系図（地位指数6）

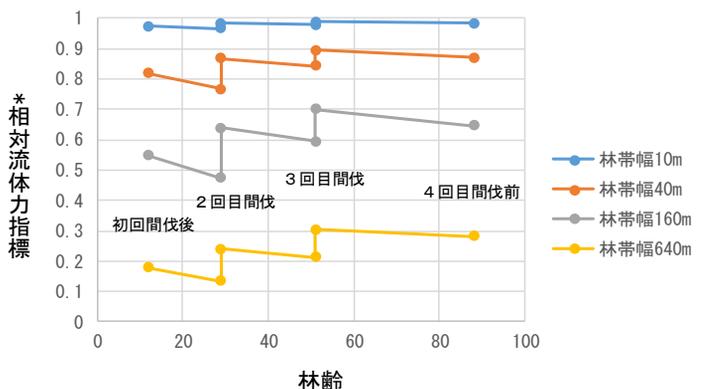


図-2 施業体系図に沿った林帯背後における相対流体力指標*

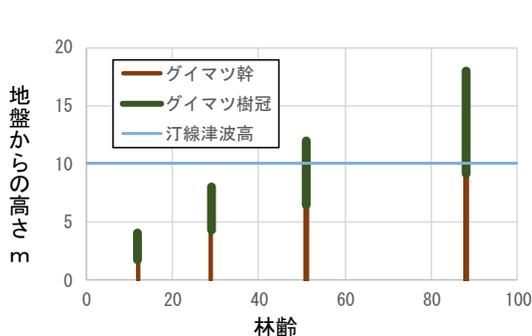


図-3 施業体系図に沿った樹形変化

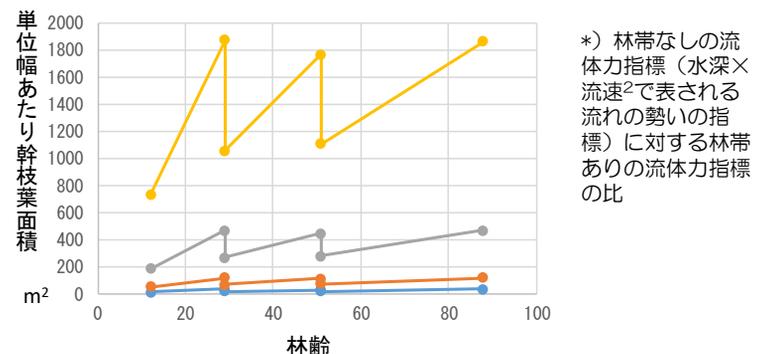


図-4 施業体系図に沿った林帯幅1m当たりの幹枝葉面積の推移

*) 林帯なしの流体力指標（水深×流速²で表される流れの勢いの指標）に対する林帯ありの流体力指標の比

「引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない」

林帯幅640mの2回目間伐前の津波減勢効果が最も高かった（図-2）。これはその条件での幹枝葉面積が大きく（図-4）、さらにその時点での樹高が津波高より低く（図-3）、抵抗が大きかったことによると推察された。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

五十嵐善哉・座波健仁・田中規夫・佐藤創・鳥田宏行(2018)土木学会論文集B2, Vol.74, No.2: I.229-234.
Tanaka, N., Sato, H., Igarashi, Y., Kimiwada, Y. and Torita, H.(2018)J. of Environmental Management 223, 925-935.

防雪林に対する除伐・枝打ちが吹雪捕捉機能に及ぼす影響

担当G：道東支場・森林環境部環境G・道南支場

協力機関：JR帯広保線所、国立研究開発法人防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター
新庄雪氷環境実験所、(株)雪研スノーイーターズ

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

防雪林が造成された後、除伐によって吹雪捕捉機能が低減することが心配され、管理が遅れる傾向がある。また、針葉樹では沈降圧による枝抜けが生じるため、病虫害が心配され、「裾枝打ち」作業が推奨されている。しかし、実際に枝抜け跡からの腐朽があるのか、また除伐や枝打ちによって吹雪捕捉機能が低減するのか調査された事例がない。そこで、本研究では、除伐時期に達した防雪林に対する除伐、および枝打ちが吹雪捕捉機能に及ぼす影響を定量的に評価し、防雪林の保育管理に向けた基礎データを提供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 除伐・枝打ちの吹雪捕捉機能への影響調査
調査地：新得町内の鉄道防雪林
方法：無処理区、除伐+枝打ち区、枝打ち区を設定し、冬季間、各区の前後に形成された堆雪丘の断面形状を測定

② 枝抜け跡の腐朽状況の調査
調査地：道内の主要な防雪林
方法：枝抜け跡の巻き込み状況を目視等で調査し、除伐処理等で伐採された木を対象に枝抜け跡位置の断面から腐朽状況を確認

③ 模型林を用いた風洞実験
方法：風洞装置内に模型林を設置し、吹雪に模した顆粒の堆積状況を調査

研究成果

① 除伐・枝打ちの吹雪捕捉機能への影響調査
無処理区では林内および風上側林縁から15m以内に堆雪丘が形成されたのに対し、枝打ち区および除伐+枝打ち区では林内の雪は吹き払われ、風上側林縁から20m程度の位置に堆雪丘が形成された。一方、枝打ち区と除伐+枝打ち区では堆雪丘の位置はほとんど変わらなかった(図-1)。

② 枝抜け跡の腐朽状況の調査
奈井江・岩見沢・新得の防雪林で調査した結果、枝抜け被害が生じるのは10年生前後の若い林分に限られた。また、一つの林分の中でも被害状況は異なり、主風向の風上側や、除雪された雪が堆積する道路沿いにおいて、枝抜け被害率が高かった。

③ 模型林を用いた風洞実験
風洞実験では、除伐の方が枝打ちよりも堆雪丘の形成に及ぼす影響が大きい結果が得られた。これには、現地試験では樹高の1/4の高さで枝打ちしたのに対し、風洞実験では樹木模型の都合から樹高の1/11の高さに枝打ち高を設定したことが関係している可能性がある。

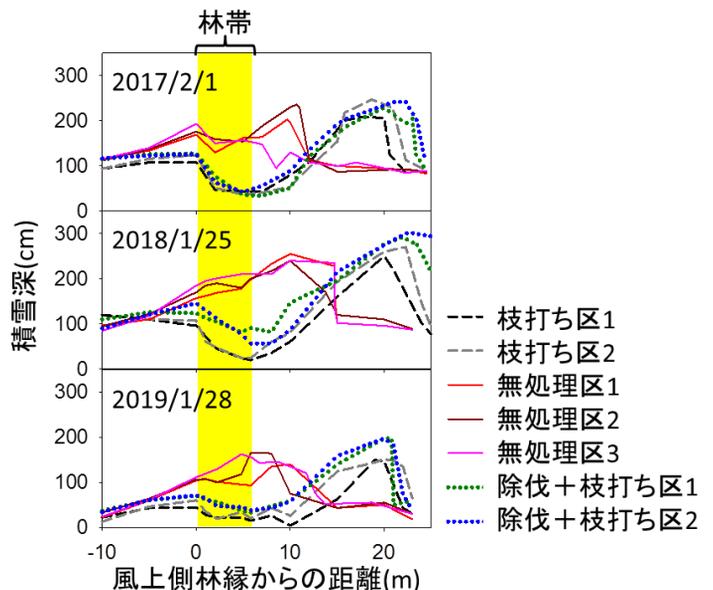


図-1 各年の同時期における堆雪丘の形成状況

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

真坂ら(2017)第66回北方森林学会大会 口頭発表(札幌市、2017/11/9)

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

十勝地域における効果的な内陸防風林更新手法の提案

担当G：道東支場・森林環境部環境G

協力機関：北海道水産林務部林務局治山課、十勝総合振興局林務課、十勝農業試験場

研究期間：平成29年度～令和元年度

区分：経常研究

研究目的

十勝地域では各地で防風林の更新事業が進められており、効果的な防風林更新手法の提案が求められている。本課題では、防風林更新時に実施される部分皆伐について、伐採面積および皆伐区の配置が減風効果および残存林帯への風の吹き込みに及ぼす影響を明らかにする。また、残存林帯が植栽木に及ぼす影響と、景観的に評価の高い防風林植栽樹種を明らかにする。以上の結果を基に、伐採面積・風況への影響・植栽環境への影響の3点から見て効果的な防風林の伐採手法および良好な成長と景観が期待できる防風林植栽手法を提案する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

主な調査地

防風林更新試験地(土幌町)

- ✓カラマツ防風林に、伐採手法の異なる4つの処理区と、伐採を実施しない無処理区を設定
- ✓伐採後の林帯で植栽試験を実施

調査手法

- ① 風速観測+シミュレーション(防風林更新試験地)
- ② 防風林更新地における植栽木の生育調査
- ③ 景観構成要素の把握・写真撮影・視覚的評価実験(樹種の異なる成林した防風林)

研究成果

① 防風林更新試験地での風速観測

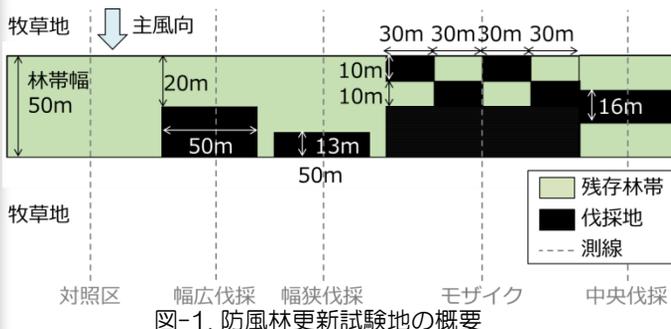


図-1. 防風林更新試験地の概要

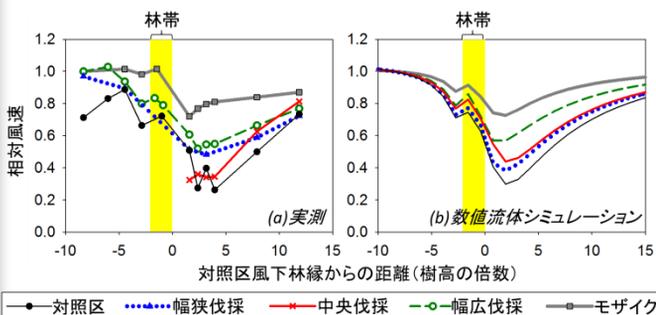
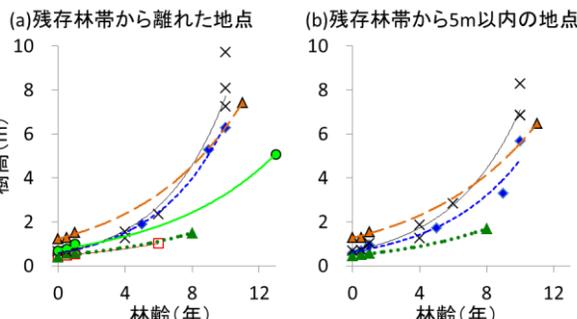


図-2. 風速分布の実測値と予測値

防風林の空隙率一定で、林帯幅と配置のみ変えてシミュレーションしたところ、一部合わない
→ 伐採幅だけでなく、林縁の有無が重要

② 植栽試験



- 残存林帯に近い場所では成長が劣ったが、樹種間の成長の違いの傾向は両者で同じ
- カラマツ・シラカンバ・ヤチダモ：良

図-3. 各樹種の樹高成長曲線

③ 景観的に評価の高い防風林植栽樹種の解明

- 広葉樹とカラマツの幹線防風林：高評価
- 電線への対応のために樹冠を一部伐採したトドマツ：低評価
- カラマツ防風林と若齢のシラカンバ耕地防風林：人工的な印象

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

速水ら(2019) 植物研究雑誌 94, 117-122; Iwasaki et al. (2019) Agroforestry Systems 93, 1133-1145
岩崎ら(2019) 北方森林研究 67, 79-82

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

乙部町における新規蜂場開設を目指した蜜源探索に関する研究

担当G：道南支場・道東支場

協力機関・研究機関：乙部町、三次はちみつ園蜂屋、(株)林組、岩手大学農学部

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
檜山管内乙部町からの要請に基づき、道内のクローバー蜜の主要産地（日高，十勝，オホーツク）において、採蜜に必要なクローバーの花密度および面積の評価を実施する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

足寄町・乙部町

調査方法

○クローバーの花密度の把握
○クローバーの分布面積の把握

研究成果

1) 新たな蜜源の環境整備調査 (H29～R元年度)

足寄町活込地区においてドローンによる空撮、方形枠（1m×1m）を用いたクローバーの花密度の把握のための調査を実施した（写真-1）。本年度はクローバーの開花が少なく（写真-2）、蜜源としての利用に足る花の密度も保たれず、この地区におけるクローバー蜜の収穫は見込めない状況と推測された。昨年（H29年：1蜂群あたり24Kg, 1haあたり43.6Kgの収量）に比較して、降水量が多く（長雨が続いた点）、日照時間の短い状態が続いたためにクローバーの開花が少なくなったと考えられた（図-1）。また、長雨や日照不足（冷夏）は、クローバーの開花数の減少だけでなく、①一番草（飼料用牧草）の刈り取り作業が遅れる（牧草に覆われてクローバーの花が視認できない）、②ミツバチの活動性の低下（寒さのため、巣箱の外に出て蜜を集める活動を行わない）といった状況にもつながり、結果としてクローバー蜜が収穫できない事態をもたらす。



写真-1 調査地(足寄町活込地区)



写真-2 クローバーの開花状況

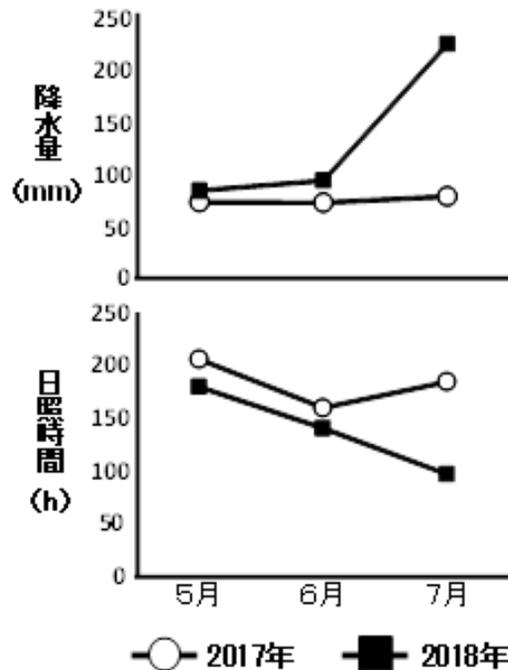


図-1 平成29年・30年(5～7月)の降水量・日照時間(アメダスデータ:十勝管内足寄町)

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 石狩市内の海岸林
〔200×20mプロット、H14年(2002年)に設置〕

調査手法 気象観測、UAVを用いた林冠構造の測定、毎木調査、冬芽のサンプリング、着葉塩分量測定

研究成果

図1. 調査地の地形と樹高・胸高断面積合計
※ 胸高断面積合計は5mおきに算出

上層高は汀線に近いほど低い傾向があったが、樹高成長量と汀線からの距離の間に関係は見出せなかった。年間約30cmと良好に樹高成長していた。
樹高成長量・現在の樹高とも、砂丘列間の窪地のうち比高が特に低い2地点で小さくなっていた。本調査地では融雪後に窪地に水が溜まること知られていることから、湛水による水ストレスを受けて、窪地で樹高成長が抑制されたと考えられた。

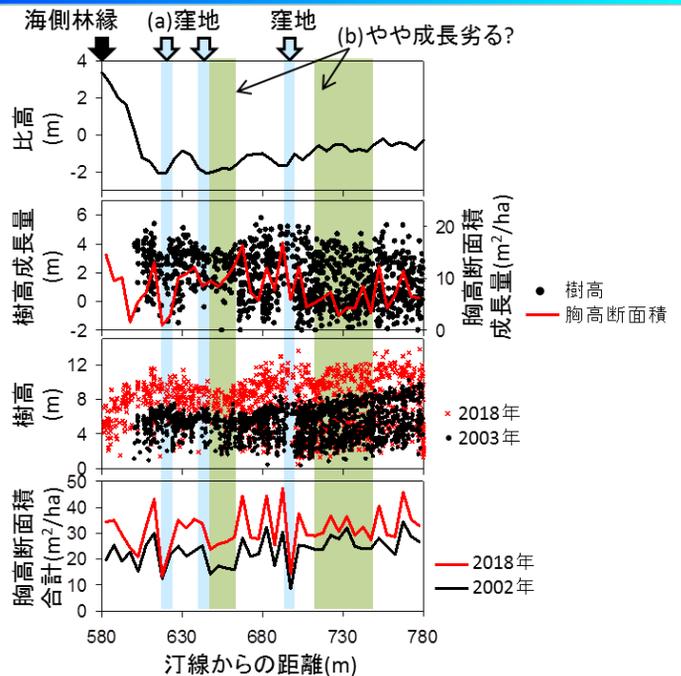
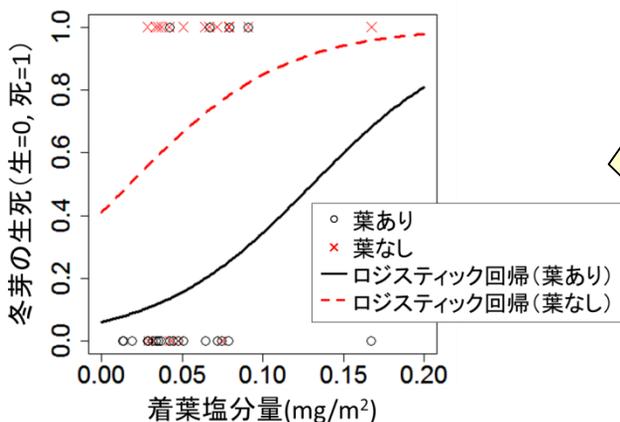


図2. 冬芽の生死、着葉塩分量、葉の有無の関係

カシワの冬芽を切断して生死を判定し、その冬芽と同じ枝の枯葉に付着する塩分量（着葉塩分量）を測定した。同時に、この冬芽に近接する落葉した枝の冬芽も採取し、切断して生死を判定した。この調査から、冬芽の生死を応答変数、着葉塩分量と葉の有無を説明変数とするロジスティック回帰モデルを作成したところ、着葉塩分量が少なく、枯葉が残っているほど、冬芽の生残率が高い結果となった。



引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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）：環境科学研究センター

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

研究目的

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 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ など。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：空知，上川管内のトドマツ人工林，カラマツ人工林，天然生広葉樹林の各流域（流域面積10～1000 haオーダー）
調査方法：流域面積1000ha前後の大流域内で、支流や溪流近傍の湧水も含め、上流から下流まで多地点で採水を行い、水質を分析する。

窒素負荷に及ぼす要因の解析

- 1.地質、植生、流域サイズの違いと窒素濃度の関係を明らかにする
- 2.水質データから、流域サイズの変化に応じた地下水の寄与率を分析
- 3.地質、植生が異なる流域において、流程に応じた地下水寄与を考慮した窒素流出負荷を推定する

研究成果

- 平成30年度は地質の異なる流域120地点において採水分析を行い、地質、植生、流域サイズの違いと窒素濃度の関係を検討した。
- 堆積岩、火山岩流域ともに、流域面積が大きくなると窒素濃度は低下した（図-1）。
- 流域面積10～100ha前後の中小流域において0.5mg/L以上の高濃度の硝酸態窒素が検出され、流域内のトドマツ林割合が高いほど値が高くなった（図-2）。
- 流域面積が大きくなる下流ほど、深い地下水の寄与が高まることがわかった。

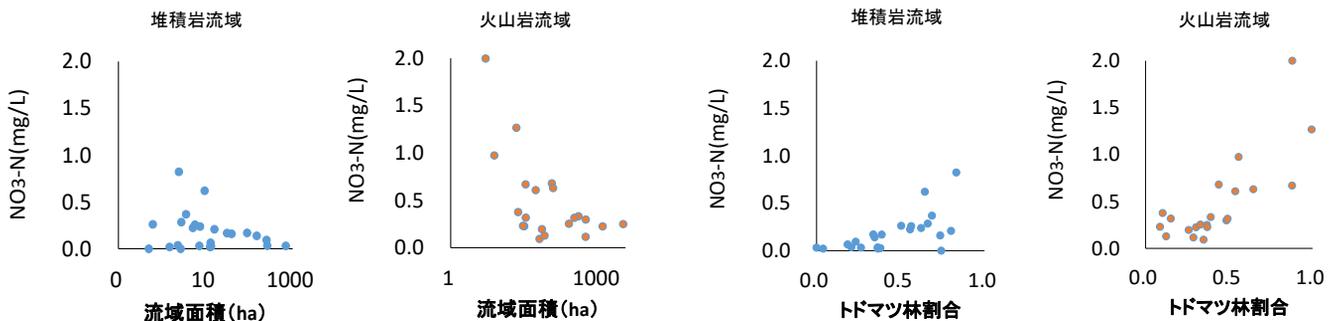


図-1 地質の異なる2流域における流域面積と平水時の硝酸態窒素(NO₃-N)濃度の関係

図-2 地質の異なる2流域におけるトドマツ林割合と平水時の硝酸態窒素(NO₃-N)濃度の関係

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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、林産試験場性能部構造・環境G
協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林計画課・森林環境局道有林課・森林活用課、池田町、十勝総合振興局森林室普及課・森林整備課
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・トドマツ林において、道内で頻発し始めた樹木の風倒害に対して、被害実績から風の危険度を可視化した危険度マップを作成するとともに、施業体系※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、危険度に応じた施業体系の選択方法と風に強い森林に改良する施業方法を体系化した対策指針を構築する。

※施業体系：林業において林齢ごとの本数密度および幹直径、樹高を示したもので、間伐の時期・間伐率等がわかる。北海道は木材生産を目的として、植栽本数や管理密度の異なる数種類のタイプを提示しており、生産目的（大径級の丸太が必要か、標準径級の丸太が数多く必要か、など）に適した施業体系が選定される。

研究方法

■ 樹木の引き倒し試験

調査地：池田町など

方法：樹木に荷重計付きワイヤを取り付けて重機で牽引し、樹木が転倒するのに必要な力（モーメント）を測定した。

■ 樹木幹部の曲げ強度試験

試験場所：道総研林産試験場（旭川）

方法：道有林の空知管理区（美唄市）の44年生トドマツ林から、計26本の丸太（生材）を切り出し、これらを試験体として曲げ試験を行った。

研究成果

■ 樹木の引き倒し試験（図-1）

カラマツの根回り抵抗力を実測した。池田町（黒ボク土）では、佐呂間町（良好な褐色森林土）に比べて、根回り抵抗力が小さい傾向を示したが、美唄市（粘土質）と同等であった。

■ 樹木幹部の曲げ強度試験（図-2）

丸太26本（中央径151-309mm、材長3.1-4.1m、1番玉20本、2-3番玉各3本）を試験体とし、生材のまま曲げ試験を行った。曲げ強さは27.4-41.4MPaの範囲であり、胸高直径が大きくなるとともに小さくなった。

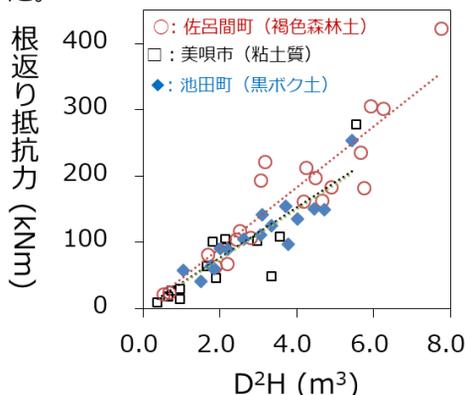


図-1 カラマツの根回り抵抗力の地域間比較
D 胸高位置の幹直径(m)； H 樹高(m)

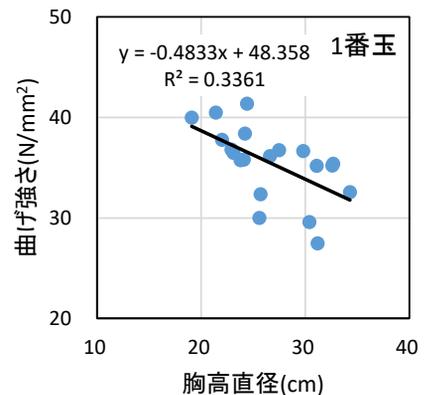


図-2 トドマツ生材の曲げ強度
44年生トドマツ（美唄市）の一番玉を使用

未発表データのため、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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回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.

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

共同研究機関：環境科学研究センター（主官）

協力機関：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

広域スケールでの河川横断工作物改良の重要地点の抽出に必要な河川工作物データの整備・解析を行うとともに、河川横断工作物が改良された河川での魚類相調査（採捕・環境DNA）を通じて、河川横断工作物を改良した後の河川生態系への影響を把握する。

研究方法

調査地 美瑛町オマン川町有林の沢 約500m
 ・治山ダム設置数：7基（1970-71年設置）
 ・2008年に5基を対象にダム改良工実施済み
 ・2008年の改良工事前に魚類相調査済
 調査区：2008年魚類相調査時と同様の区間を調査
 1区間約30m・下流から順に10区（ダムなし区1-2、改良工実施区3-8、非改良区9-10）を設置。

方法

1. 採捕による河川横断工作物の改良効果の検証
2. 環境DNAメタバーコーディング（水を汲んで分析することで、そこに生息する生物の在・不在データを得ることが可能な技術）による魚類相の推定

研究成果

1. 採捕による河川横断工作物の改良効果の検証

2018年8月に電気ショッカーを用いて魚類を採捕した。その後、治山ダム改良前の魚類相データ（2008年）と比較した。その結果、改良前には採捕記録がなかったサケ科魚類（アメマス・サクラマス等）が改良工実施区間で採捕され、改良工事によって遡上可能となったことが分かった。非改良区間（改良区間の上流部）においては事前調査時と同様に採捕されなかった。ハナカジカは、2008年に全区間で採捕されていたが、2018年には3区間で採捕されなかったことから、生息域が縮小している可能性が考えられた。

2. 環境DNAメタバーコーディングによる魚類相の推定

2018年9月に調査区下流・中流・上流の3地点で採水しDNA解析を行った結果、計7種が検出され、うち3種が採捕結果と一致した（表-1）。採捕で確認されなかったエソハナカジカは、形態的な種判別による確認が困難だった可能性があり、エソホトケドジョウは、調査区外に生息する可能性が考えられた。一方、採捕で記録された5種のうち、環境DNAが検出されなかったアメマスとニジマスの非検出要因や、検出された魚種間のリード数の違いについても今後検討を重ねる予定である。なお、NC※でも数種が検出されていることから、採水方法の再検討が必要である。

※ Negative Control：調査同日に精製水を用いてDNAが検出されないことを前提にして行った実験操作。

表-1. 環境DNA分析結果。数字はDNAリード数を示す。

	アメマス	サクラマス	ニジマス	ハナカジカ	フグドジョウ	エソハナカジカ	エソホトケドジョウ	フナの仲間	モゾゴ
2018 採捕	+	+	+	+	+				
下流		198818		22677	31	77		30	
中流		169112		45347		98	25	28	
上流		66		104938		38			
陰性対照NC		51						116	37

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・○速水将人、長坂晶子、長坂有、福島路生、下田和孝、卜部浩一、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、2019年3月（口頭発表）

獣害防止ネットにおける耐積雪性に関する研究

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：そらち森林組合、サージミヤワキ（株）

研究期間：平成27年度～令和元年度 区分：受託研究

研究目的

積雪による獣害防止ネットの損傷を抑え、侵入防止柵の耐久性を向上させるため、新たに開発されたネットの耐積雪性を検証するとともに、積雪に対応した柵の設置方法を検討する。

研究方法

試験地：美唄市林業試験場構内
美唄市、石狩市

支柱間隔：5m、4m、2.5m
供試ネット：
新開発ネット（イザナス入りネット）
既存ネット（ステンレス線入りポリエチレン）

研究成果

- 1冬経過すると、最も積雪荷重のかかる部分では、ネットが破網しなくても、新開発ネットは繊維の毛羽立ち、従来ネットはステンレスワイヤーの破断が生じていることがあり、経過年数により強度低下や破網部が大きくなる可能性が示唆された。(写真-1、2)。
- 同条件で比べると、支柱間隔2.5mと4mは、5mと比較して破網が少ない傾向を示し、2.5mと4mでは破網数は違わなかった(図-1)。ただし、4mで破網が少ないのは、試験をしている周辺部の2か所で支柱の木口が割れ、吊りロープの落下があった影響の可能性がある。



写真-1 積雪により破網しなかったが、積雪による引っ張りにより繊維が毛羽立った新開発ネット(赤丸部)



写真-2 完全には破網しなかったが、積雪による引っ張りによりステンレスワイヤーが切れた従来ネット

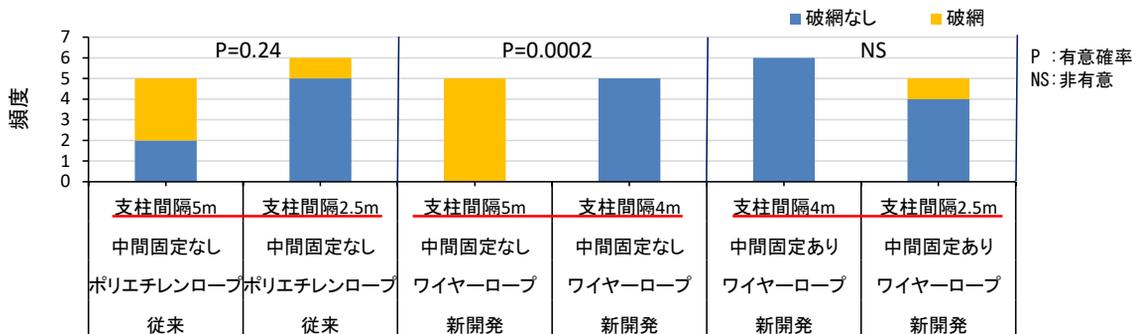


図-1 支柱間隔と破網の関係

頻度は調査対象支柱当たりの破網数

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

保残伐施業が伐採直後の鳥類群集に与える影響の解明と植生変化の把握

担当G：保護種苗部保護G・森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課、空知総合振興局森林室、

(国研)森林総合研究所、北海道大学

研究期間：平成28年度～30年度 区分：経常研究

研究目的

道有林を活用してトドマツ人工林における生物多様性保全や水土保全等の公益的機能の維持増進と効率的な木材生産を両立させる技術を確認するため、主伐時に一部の樹木を残す保残伐施業に関する大規模実験が開始されている。その施業地において伐採直後の植生変化（下層植生、植栽木、保残木）を把握するとともに、伐採が鳥類群集に与える影響について明らかにする。

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、人工林皆伐区（皆伐）、受光伐区、広葉樹天然林対照区、人工林対照区

各実験区は3セット設定（受光伐区のみ2セット）
 鳥類調査：テリトリーマッピングによる生息数把握
 植栽木の成長調査：植栽木の樹高・生残を調査
 保残木の生残調査：保残木の推移を調査

研究成果

1. 保残伐施業が伐採直後の鳥類群集に与える影響の解明

- 伐採前後で観察された種数を人工林皆伐区と広葉樹単木保残区で比較すると、森林性鳥類の種数は保残程度が高いほど減少しなかった（図-1）。

2. 伐採後の下層植生変化の把握

- 下層植生における主要な種の出現区画数を伐採3年後まで比較すると、伐採時に減少した種の多くはその後大きな減少が見られず、消失した種は少なかった。伐採時に増加した種の多くはその後増加を続けていた。

3. 植栽木や保残木の成長や生残の把握

- 植栽後、2年間のトドマツの平均伸長成長量は、広葉樹単木大量保残区に比べて群状保残区、広葉樹単木少量保残区で大きく、上木の保残状況を介した光環境の違いが伸長成長量に影響したものと推察された。
- 伐採翌年夏までに消失した保残木の消失原因は不明なものが多いが、判明したものでは風倒が多く、第1セットを除いて伐採時や地拵え時に支障木として伐採されたものは少なかった。

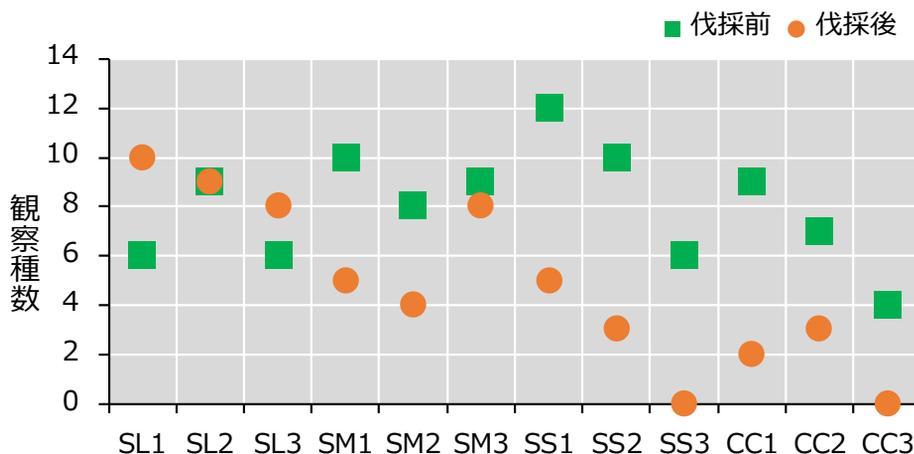


図-1 伐採前後で観察された鳥類の種数の変化

CC：皆伐 SS：単木少量 SM：単木中量 SL：単木大量 アルファベットの後の数字は実験区のセット数を示す

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

森林被害評価にもとづく日本型シカ管理体制構築に関する研究

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：北海道森林管理局、北海道水産林務部、北海道環境生活部、
環境科学研究センター

研究期間：平成28年度～令和元年度

区分：公募型研究

研究目的

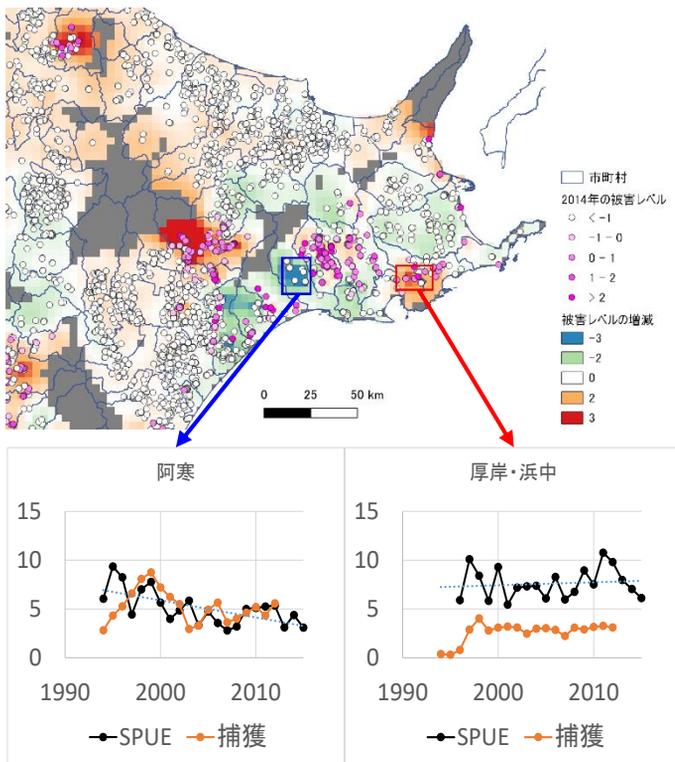
日本各地でシカが増加して林業被害が拡大し、森林所有者にはシカ被害を防ぐためのコストが大きな負担となっている。そこで、北海道をフィールドとして、人工林被害や天然林への影響などのデータをもとに地域ごとのシカ被害レベルを評価し、人工林を対象に森林被害額を評価する手法を検討するとともに、森林被害額とシカ捕獲による被害額の減少の予測から、森林所有者にとって実現可能なシカ管理体制の考え方を提示する。

研究方法

1. 人工林におけるシカ被害と捕獲の効果
データ：エゾシカ森林被害マップ、エゾシカ現況マップ等（2006年、2014年）
方法：2006年と2014年のカラマツ人工林被害の状況及びエゾシカ捕獲状況を比較

2. 天然林におけるシカ被害と捕獲の効果
調査地：奈良県大台ヶ原
方法：100×100mの調査区の継続調査（調査区の一部は2003年から防鹿柵内）
調査項目：胸高直径2cm以上の樹木の毎木調査 等

研究成果



1. 人工林におけるシカ被害と捕獲の効果
2006年と2014年のカラマツ幼齢人工林の林齢と被害率から被害率レベルを算出し、被害レベルの変化を地図化した。被害レベルが低下していた釧路市阿寒町ではシカの捕獲数も多く、生息状況の指標であるSPUEも低下傾向であった（図-1）。

2. 天然林におけるシカ被害と捕獲の効果
柵内では柵設置後10～15年経過して本数に変化が表れた。柵外ではシカの生息密度が5頭/km²以下になっているが、樹木の回復はみられなかった。

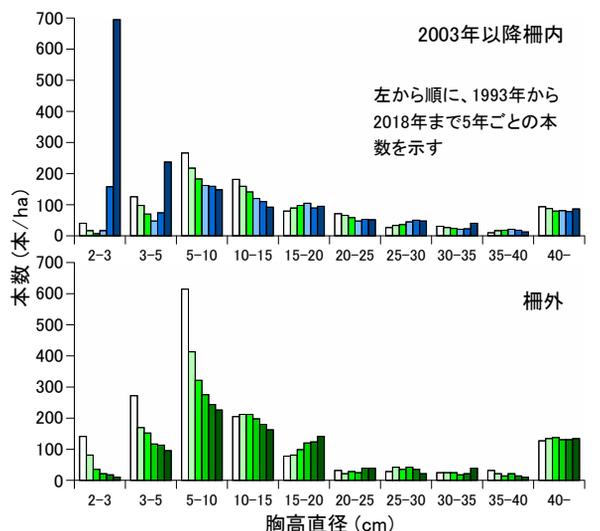


図-1 2006年から2014年までのカラマツ幼齢林のエゾシカ被害レベルの増減と、釧路市阿寒町と厚岸町・浜中町の各12メッシュにおけるSPUE（頭/人日）と捕獲数（頭/km²）の推移
地図中の点は2014年の調査結果を示し、2014年の調査地点から10kmの範囲を空間補間して描画した。

図-2 大台ヶ原調査区の柵外、柵内における胸高直径階別本数分布の推移

研究成果の公表

・明石信廣 (2018) 森林管理と連携したエゾシカ管理—研究機関と行政機関の連携による技術開発—. 平成29年度北の国・森林づくり技術交流発表集 184～188

カラマツヤツバキクイムシ大発生と被害拡大の要因解析による防除技術の提案

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：陸別町、陸別町森林組合、南富良野町、南富良野町森林組合、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、十勝総合振興局林務課・十勝森林室足寄事務所

研究期間：平成29年度～令和元年度

区分：経常研究

研究目的

近年、カラマツヤツバキクイムシの被害報告が増加傾向にあり、オホーツクや十勝地方を中心に平成28年度には1,600ha以上で被害が確認された。そこで、カラマツヤツバキクイムシ被害の発生・拡大を防止する技術の開発に取り組む。1) カラマツ林に広域で発生した枯損被害地を早期に把握するために、衛星画像を用いて被害地を分類・抽出する技術を開発する。2) 平成27年度から報告されはじめたクイムシ被害と、原因の一つと考えられている雪害等との関係を分析する。

研究方法

調査地

- ・主にオホーツクおよび十勝地方のカラマツ人工林
(陸別町、足寄町など)

調査方法

- ・人工衛星 (SPOT) の画像解析による枯損被害地のスペクトル特性の把握
- ・道東地方の気象データの解析 (気温と降水量の年変動の把握)

研究成果

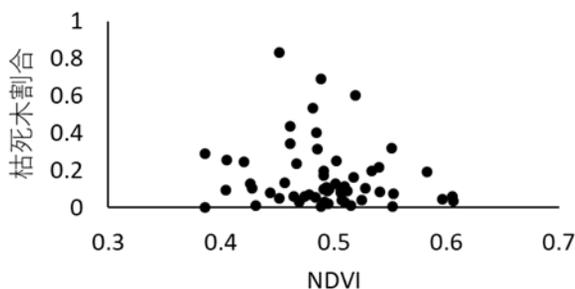


図-1 衛星画像から算出したNDVIと被害地の枯死木割合の関係

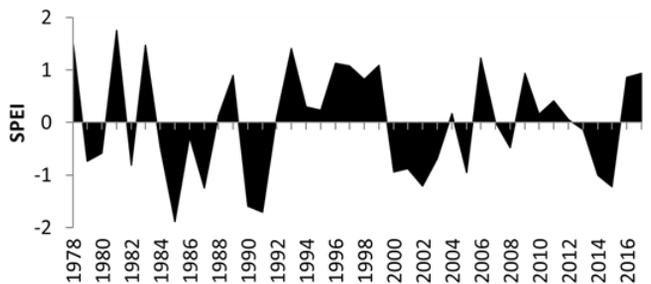


図-2 陸別町の5～6月の乾燥度 (SPEI) の推移 (気象庁発表データから算出)

無人航空機による空撮を行った小班について、画像から枯死木と生立木の割合を算出した。また、空撮した小班について、平成28年8月撮影のSPOT画像から正規化植生指数 (NDVI) を算出した。各小班の枯死木割合とNDVIを比較したところ、相関関係が見られなかった (図-1)。

道東地方では、干ばつ傾向 (干ばつ指数SPEIが低い) が続いた期間が、昭和53年以来、数回あった (図-2)。カラマツ枯損被害が発生する前の平成25～平成27年も乾燥傾向にあり植生に乾燥ストレスがかかっていたと考えられた。

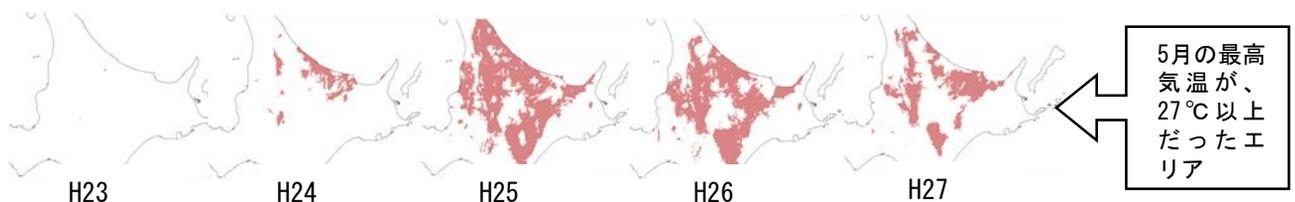


図-3 陸別町被害発生前5年間の5月の最高気温の推移 (農研機構メッシュ農業気象データを利用)

十勝、オホーツク地方などの広い範囲で、5月に気温が高く (図-3)、雨量が少ない地域が、平成25～平成27年に確認された。被害は十勝、オホーツクの各所で確認されており、気象要因も枯損被害の発生に関わっていると考えられた。

カラマツヤツバキクイムシ被害拡大抑制技術の開発

担当G：保護種苗部保護G・森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林計画課・森林環境局道有林課・森林活用課、十勝総合振興局林務課・十勝森林室、陸別町、陸別町森林組合、上川総合振興局林務課・上川南部森林室、南富良野町、南富良野町森林組合、森林総合研究所、(株)フォテク

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：重点研究

研究目的

近年、北海道の重要な森林資源であるカラマツで、虫害による枯死が劇的に増加しており、平成28年には道東の3町から1,600ha以上のクイムシ被害が報告された。本研究では、クイムシによるカラマツの大量枯死被害を迅速かつ効果的に抑制するため、1) 無人航空機を利用した早期被害把握技術の開発、2) クイムシ被害の拡大過程の解明と抑制技術の開発、3) 被害対策の効果検証と被害対策方針の提示を行う。

研究方法

調査地

陸別町：カラマツ人工林（一般民有林）
南富良野町：カラマツ人工林（一般民有林）

調査方法

小型無人航空機（UAV）による空撮（5～9月）
空撮画像を用いた被害把握、収穫予測

研究成果

1.クイムシ被害の早期把握技術の開発

- ・上空150m、300m、500mからの空撮画像を用い、カラマツ生立木、新規枯死木の識別個体数を比較した結果、300m、500mともに150mとの誤差の平均は2%以下で、高高度からの空撮でも被害把握に十分な精度であることを確認した（図-1）。



図-1 高度150m（左）、300m（右）からの空撮画像（同一林分）

2.クイムシ被害の拡大過程の解明

- ・平成29年に引き続き、陸別町、南富良野町で空撮を行い、皆伐されずに残った54地点、26地点について2か年分のデータを得た。（図-2）。

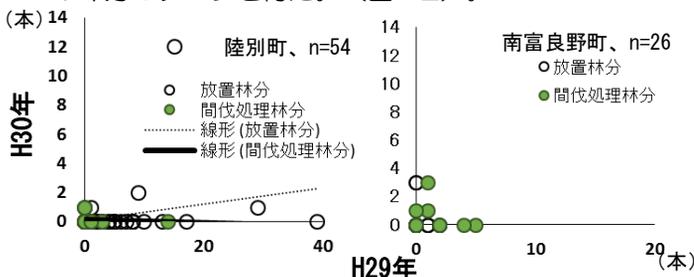


図-2 林分毎にみた新規枯死木の本数（H29、30年の7月時点）

3.伐倒・搬出効果の検証と被害対策方針の提示

- ・陸別町で聞き取り調査、毎木調査を行った。
- ・調査データを用いて20パターンの収穫予測シミュレーションを行った。林齢30年生で被害がない場合の一般材収入を1とすると、被害率5%もしくは30%でも再発がなければ0.98程度の減収に収まるが、短周期で再発した場合、整理伐がないと各々0.81、0.30まで減収する結果となった。

表-2 収穫予測シミュレーションによる標準的施業と被害林分施業との一般材収入の比較（抜粋）

地位	被害発生 林齢	被害率	整理伐	被害再発 周期	一般材 収入比
		0	-	-	1.00
			0.3 *	なし	0.92
			0.05 **	なし	0.98
		0.05	0	なし	1.00
26	30		0	4	0.81
			0	10	0.96
			0.3	なし	0.98
			0	なし	0.98
		0.30	0	4	0.30
			0	10	0.73

一般材収入割合：無被害林分の材価－経費を1として算出
材価 平成30年11月木材市況より工場着の材価算出
経費 平成30年度造林事業単価表より伐採経費算出
但し、整理伐は伐経費に1.3倍を乗じて計算
パルプ材等の収入は加算していない

*：整理伐は、被害木を含めた30%間伐

**：被害木のみ対象の5%間伐

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表

- ・徳田佐和子ほか（2018）カラマツヤツバキクイムシ被害拡大抑制技術の開発。平成30年北海道森づくり研究成果発表会、札幌市
- ・徳田佐和子（2018）北海道で発生したカラマツの衰退枯死。国産材時代のカラマツ林業を考える-カラマツ林業最前線-、青森市
- ・徳田佐和子・小野寺賢介（2019）北海道で発生しているカラマツの衰退枯死について、山つくり No.500
- ・和田尚之ほか（2019）クイムシ被害木早期発見への近赤外の有効性-北海道カラマツ林での事例。第130回日本森林学会大会

小鳥の渡りルートの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、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

北海道の森林で普通に繁殖するキビタキにデータロガーを装着し、渡り経路と越冬地を解明する。明らかに
なった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：道有林空知管理区225～250林班

調査方法：昨年、キビタキを捕獲し、データロガーを
装着して放鳥。帰還個体を再捕獲しデータ
ロガーを回収して渡り経路を推定

研究成果

- 昨年、データロガー装着した51羽のうち18羽の帰還が確認され、帰還率は35%であった（図-1）。対
照区としてデータロガーをつけずに、色足輪だけ装着した29羽では、10羽の帰還が確認され、帰還率は
34%であった。このようにデータロガー装着による渡りの影響はほとんどなかった。
- キビタキは森林性のためデータロガーに記録されているデータにノイズが多く、特に繁殖後、日本を出発
するまでの推定が難しいことが明らかとなった（図-2）。
- 解析の結果、キビタキは10月中旬まで日本に滞在していた。主な秋の渡りルートは日本列島から南西諸
島を南下する経路で、越冬地はカリマンタン島・ジャワ島東部であった。

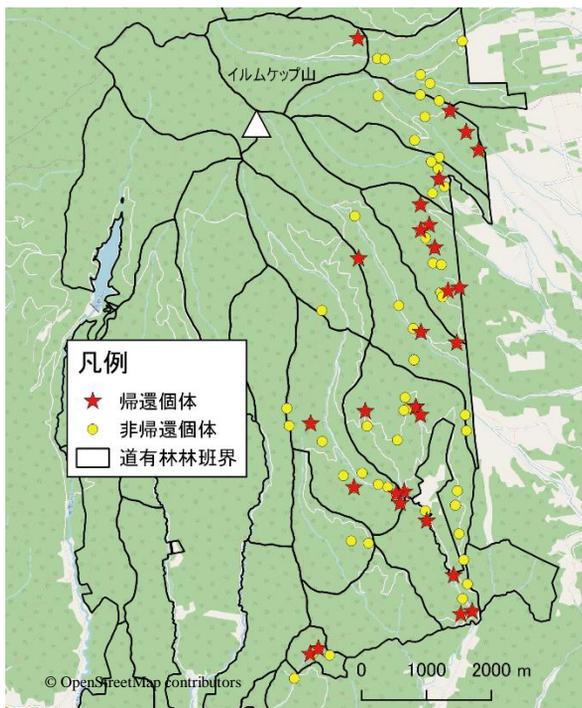


図-1 キビタキの捕獲地点
道有林空知管理区イルムケップ小流域

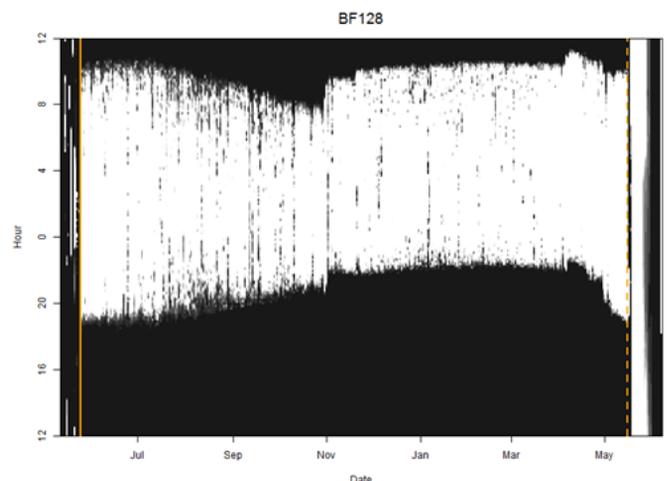


図-2 データロガー（ジオロケータ）から
得られたデータ例
縦軸：1日の時間、横軸：季節。白いところが明るい
時間で、黒いところは暗い時間を示す

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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）：環境科学研、工業試、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、北海道環境生活部生物多様性保全課、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）

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認するために、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
 処理区：えん麦、チモシー、ペレニアルライグラス、
 無処理（刈取り）

調査方法：処理区を造成し、食べに来たシカを自動撮影カメラで撮影し、牧草種の誘引・滞留効果を評価

研究成果

ヒグマの誘引リスクが低く、シカの誘引・滞留効果の高い牧草の探索

- 実験区によりエゾシカの出現頻度が異なったが、どの実験区でも餌を食べた動画数は、えん麦がほかの処理区より多かった（図-1）。
- 1回の撮影で処理区内にいたエゾシカの頭数は、えん麦がほかの処理区より多かったが、その差は1頭未満と小さかった。最大で8頭が処理区内にいた。
- 以上から、えん麦・チモシー・ペレニアルライグラスの中では、えん麦が誘引餌の候補である。ただし、えん麦は結実した種子を食べに来ていた（写真-1）。



写真-1 えん麦の種子を食べるエゾシカ

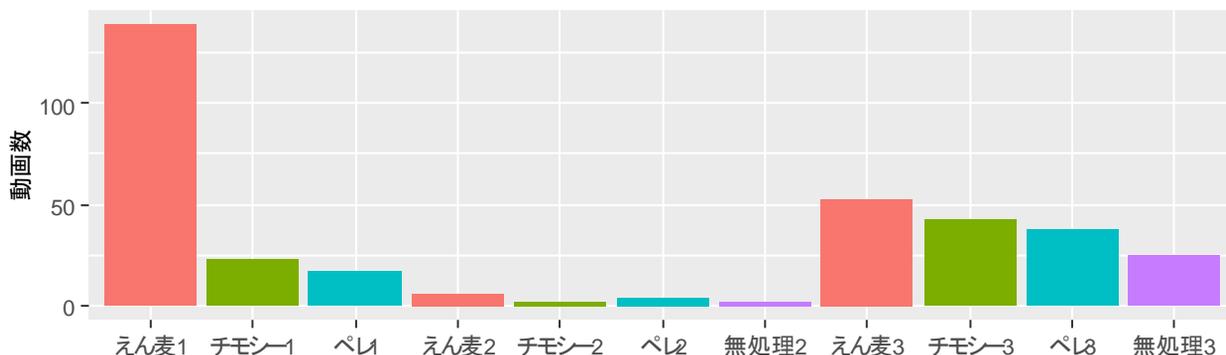


図-1 処理区内で餌を食べた動画が撮影された回数

牧草名の後の数字は実験区番号、ペレ：ペレニアルライグラス。無処理1はカメラの誤作動により撮影枚数が少ないので分析から除外

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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（北海道水産林務部森林環境局道有林課、
空知総合振興局森林室、北海道大学）

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

平成25年から北海道で開始した国内初の保残伐の長期・大規模実証実験において、伐採2～8年後を対象に生物多様性、水土保全機能、木材生産性に与える保残伐の影響を調査する。そして、その結果を伐採前からのデータとともに解析することで、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、受光伐区、広葉樹天然林対照区、人工林対照区

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

研究成果

生物多様性調査

- 伐採後3年を経過した広葉樹単木大量保残区の1つで、絶滅危惧種に指定されているクマゲラが繁殖した。先行研究のデータと保残伐地の事前調査データを活用し、営巣木半径10m内と営巣木のない場所の立木密度を比較すると、営巣木のある場所の立木密度は低かった（図-1）。
- 伐採から3年後の下層植生は、エゾイチゴやタラノキが優占するタイプとヒメジョオンやヒメムカシヨモギが優占するタイプに2分された。

水土保全機能調査

- 保残伐施業流域における、夏期平水時の硝酸態窒素濃度の年変化を比較すると、平成28年伐採の少量保残、中量保残流域では平成27年伐採の皆伐、中量保残流域同様に、伐採2年後まで濃度上昇が続く傾向が見られた。一方、伐採量を考慮すると濃度変化がほとんど見られない平成27年伐採の少量保残流域の反応が特殊なことを示唆した。

木材生産性調査

- 第3セット広葉樹単木少量保残区、広葉樹単木大量保残区、小面積皆伐区にて、植栽木調査プロットを設定し、樹高測定と全天写真を撮影した。
- 第2セット広葉樹単木保残区と群状保残区で伐採3年後の保残木調査を行った。生きている保残木の本数は風倒などによりすべての実験区で減少した。森林蓄積の指標である胸高断面積合計は、樹木の成長により広葉樹単木少量保残区と広葉樹単木大量保残区で増加した（図-2）。

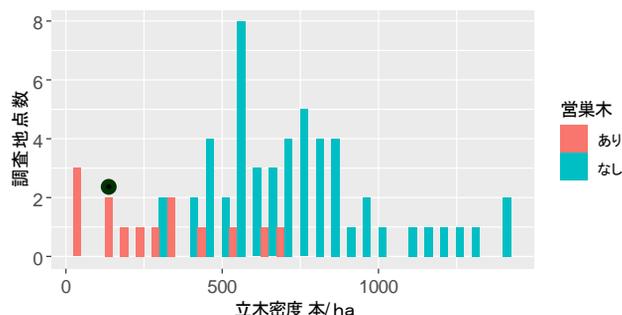


図-1 クマゲラ営巣木半径10m以内の立木密度

営巣木あり：文献と保残伐実験区周辺での実測データ、●は広葉樹単木大量保残区の営巣木を示す。
営巣木なし：植生調査プロットの伐採前データ

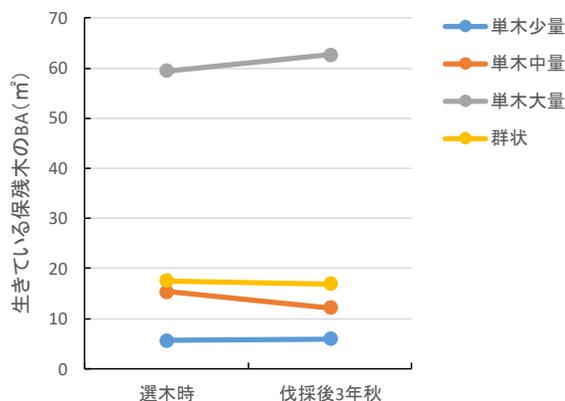


図-2 第2セットの生きている保残木の胸高断面積合計 (BA) の推移

北海道ブランドとなる“たらの芽”生産用タラノキの選抜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：下川町、美唄市農協、赤平オーキッド（株）

研究期間：平成27年度～令和元年度 区分：戦略研究

研究目的

中山間地域等における新規事業として有望な「たらの芽」の栽培・生産を実現することを目的として、本道の林野に自生する豊富な山菜資源タラノキの中から、栽培に適した特性と「北海道ブランド」としてふさわしい品質の「たらの芽」を産する個体を選抜するとともに、これを増殖・普及させるクローン苗木の生産システムを構築する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

項目	方法
①「たらの芽」生産用タラノキの選抜	①道内に自生するタラノキから栽培特性に優れた（トゲなし）個体を選抜する。
②タラノキのクローン増殖技術の開発	②組織培養の諸条件（材料の採取時期、培地の組成など）を明らかにし、クローン増殖技術を開発する。
③個体選抜からたらの芽生産に至る体系化の検討	③年間を通じた苗生産・栽培管理を栽培暦としてまとめる。

研究成果

①“たらの芽”生産用タラノキの選抜

H27～30年度までに選抜したトゲなしタラノキは、下川町有林では計17個体（写真-1）、美唄市内の農耕地残存林では計11個体（写真-2）、厚沢部町では2個体であった。



写真-1 下川町有林（左）と見つけたトゲなし個体（右）



写真-2 美唄市内の農耕地残存林（左）と見つけたトゲなし個体（右）

②タラノキのクローン増殖技術の開発

上記の選抜個体を材料として、不定胚を経由するクローン増殖方法（培養系）を開発した（写真-3）

③個体選抜からたらの芽生産に至る体系化の検討

クローン苗木の露地栽培において（写真-4）、植栽当年の苗木の生長量（苗長）は、ビニールマルチの色の間で差異があり（緑>白>黒マルチ）、窒素施肥量の効果は明らかでは無かった（図-1）。



写真-3 クロンの増殖



写真-4 露地で栽培試験

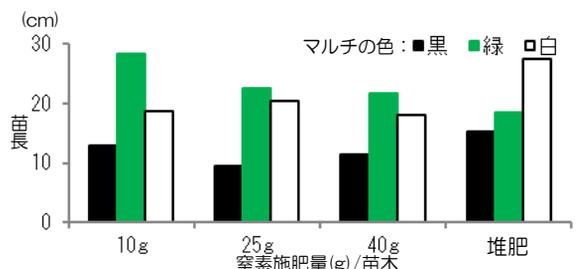


図-1 苗長に及ぼすマルチの色とN施肥量の効果

防腐薬剤処理木材を使った道路構造物の予防保全に関する研究

担当G：森林環境部樹木利用G、(主管)林産試験場性能部構造・環境G
 共同(協力)機関：寒地土木研究所、(北海道水産林務部、北海道開発局)
 研究期間：平成28年度～30年度 区分：重点研究

研究目的

処理木材を使用した道路構造物の耐用年数の推定方法を確立し、予防保全の考え方に基づいた維持管理計画策定に必要な技術資料を作成する。このなかで、林業試験場が開発した樹木内部欠陥非破壊診断装置の木質構造物への実用性を確立する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

<p>項目 道路構造物における 腐朽状態の測定</p>	<p>方法 ①測定装置の腐朽精度テスト 高速道路の進入防止柵に使用された丸太について測定診断30カ所(10本) 新品木製丸太を地中に埋めた測定診断(40本、写真-1) ②装置の実地試験 道北上川地域9カ所(設置後10年から19年経過)、道東十勝地域5カ所 (設置後5年から13年経過)各調査地に付き100本(写真-2)</p>
-------------------------------------	---

研究成果

①測定装置の腐朽精度テスト

立木の腐朽診断のために開発した本装置が、丸太等の木質構造物の診断にも適応可能であるか検討した結果、音速のパラメーターの判定基準を木質丸太用に修正することにより、診断可能であることがわかった。

②装置の実地試験

本装置の実用性と実際の施工現場の腐朽現況を検討するために実地試験を行った結果、「測定時間の短縮」「診断に習熟を要しない」「全木調査可能」等が証明された。

実際の施工現場の腐朽現況は、道北上川地域では、施工後17年あたりから内部欠陥が示唆される丸太の割合が増加し、施工後19年には約40%の丸太に内部欠陥が存在することが示唆された(図-1)。

道東十勝地域では、経過年数とともに内部欠陥度が高い丸太の割合が増加する傾向が認められたが、道東地域は道北地域に比べ、比較的新しい丸太であるため、設置後、経過年数が一番長い13年目においても、欠陥度が高い丸太の割合は10%程度であった。

施工後経過年数に関わらず腐朽割合が多い地域が見られた理由については、丸太の製造方法や設置場所の環境等、複数の要因が考えられるため、今後の検討が必要である。



写真-1 地中に埋めた木製丸太



写真-2 樹木内部欠陥非破壊診断装置を用いた診断の様子

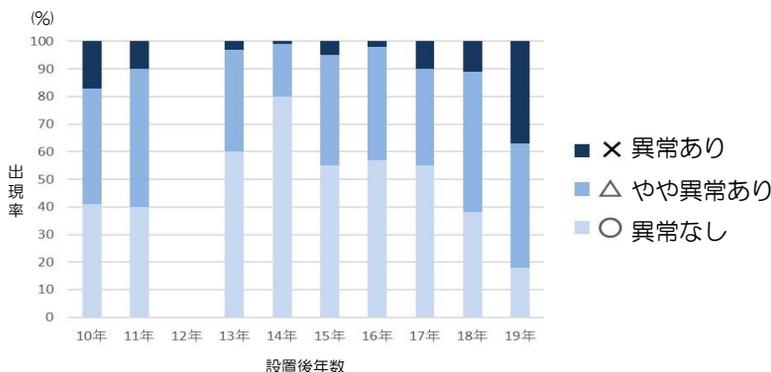


図-1 道北地域における木製丸太の共振測定による評価

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

北海道森づくり研究成果発表会等3件、日本木材学会等展示2件、日本樹木医学会研修会等現地検討会8件、国交省による街路樹腐朽診断(岩手県盛岡市)等の自治体等による腐朽診断16件

少花粉シラカンバのブランド化に向けた特性調査

担当G：森林環境部環境G

研究期間：平成28年度～令和2年度

区分：経常研究

研究目的

当場で選抜したシラカンバ少花粉個体（札幌株、留萌株の2系統）からクローン増殖した苗木の雄花序数が、一般の個体に比べて安定して少ないことを確認するとともに、成長や樹形等の特性を調査し、この系統が持つ緑化樹としての新たな利用価値となる特性を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地は以下の選抜クローン苗木植栽地

- 札幌産選抜株：三笠市、中川町、新得町、函館市、安平町
- 留萌産選抜株：美唄市、剣淵町、帯広市、長野県佐久市

調査方法

雄花序数調査：花序数のカウント
成長量調査：樹高・胸高直径・枝下高・樹冠径等
樹形等特性調査：長枝数・短枝数・葉数・果実数の測定、分枝角度の測定、結果率・花粉有効性調査

研究成果

- 令和元年春開花の雄花序数は、平成30年春開花数（1個体当たり札幌株53個、非選抜株1,074個）に比べ全体に少なかった（表-1）。
- 花粉の有効性を確認するため発芽試験を行ったところ、札幌株、留萌株、非選抜株ともに正常に花粉管を伸ばし、繁殖能力は正常と考えられた（写真-1）。

表-1 令和元年春の各試験地1個体当たり雄花序数（ ）は個体数

札幌株

試験地	中川	新得	三笠	函館	安平
選抜株	1.8 (5)	0.0 (9)	0.8 (6)	21.0 (3)	0.0 (20)
非選抜株	598.7 (7)	27.0 (5)	662.3 (7)	228.4 (10)	-

留萌株

試験地	剣淵	美唄	帯広	長野
選抜株	29.0 (10)	1.0 (3)	6.3 (14)	221.7 (44)

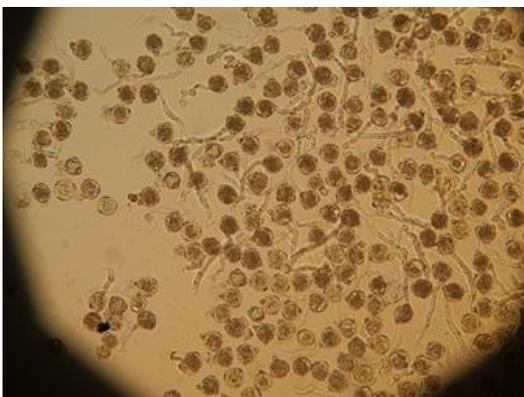


写真-1 花粉発芽試験の結果（札幌株）
札幌株、留萌株ともよく花粉管を伸ばし正常だった。

地域貢献を目指した地域フロラの解明

担当G：森林環境部環境G

研究期間：平成29年度～30年度

区分：経常研究

研究目的

現地調査と文献調査により美唄市内に自生する維管束植物相を解明し、調査結果を植物目録等としてとりまとめることにより学術資料として市内外での参照・活用の便宜に供し、植物に対する学術的理解の促進、行政的・教育的利用を進め地域の振興に寄与する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：美唄市内各地

- ・美唄山周辺（重点的に現地調査）
- ・耕地防風林、美唄湿原、里山（文献調査、補完の現地調査）

調査方法

現地調査：現地を踏査による標本採集と同定。
文献調査：既存報告類の内容精査による植物相解明。
資料作成：調査結果を報告にまとめ公表するとともに、普及資料を作成してイベント等で配布。

研究成果

- 1)美唄山周辺で16回の現地調査（前年度の予備調査から合計19回）を行い、720点を超える標本から89科232属362分類群の植物を確認し、目録を作成して林業試験場研究報告に発表した。過去の文献、標本を精査し、美唄市内で3,195点の標本から136科797分類群の植物を確認した。
- 2)美唄市教育委員会、美唄市山岳会の要望に応え、美唄山での調査結果をとりまとめた図鑑を作製し、登山会の参加者に配布したほか、宮島沼水鳥・湿地センター主催のガイドウォークで資料を提供した。



図-1 美唄山登山会で配布した図鑑を手にする登山者（美唄市教育委員会提供）



図-2 ガイドウォークで配布した普及資料
調査結果に基づき、環境別・季節別にピックアップした植物を、参加者が手軽に利用できるような図鑑形式としてまとめた

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

新田紀敏（2018）美唄山の植物ハンディ図鑑

新田紀敏（2019）美唄山（北海道空知地方）の維管束植物相。北海道林業試験場研究報告56: 21-30

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

担当G：森林環境部樹木利用G

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

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	方法
①遺伝資源の収集	①道央地域を中心として、自生地からツルコケモモの収集をおこなう。
②クローン増殖技術の開発	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

自生地において、開花期間の6月上旬から下旬に掛けて、早生1個体と中生2個体を選抜した(写真1)。



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

②クローン増殖技術の開発

多芽体の誘導を目的として、培養条件を検討した結果、炭素源としてトレハロースを添加した寒天培地に培養物(節部切片)を置床することでは、多芽体は誘導できなかったが(表-1)、同組成の寒天培地に培養物を埋めることで、多芽体を誘導することができた(写真-2)。

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

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

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



写真-2 トレハロースを添加した培地で誘導した多芽体

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・錦織正智(2019)昔、ツルコケモモはヌマボボと呼ばれていた。光珠内季報190:11~15
- ・平成31年 北海道森づくり研究成果発表会 「本道に自生するクランベリー(ツルコケモモ)の栽培化に向けた取り組み」
- ・プレス空知(2019)ツルコケモモを栽培化

道央地域の街路樹の植栽環境と生育特性に関する研究

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

道央地域の街路樹について、植栽環境と生育特性を把握し、街路樹の植栽環境と成長、腐朽等内部欠陥との関連を具体的に提示する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

項目	方法
①街路樹の植栽環境調査	①植栽枿の大きさ、土壌硬度、元の地盤等、植栽間隔、周辺の障害物等を調査する。
②街路樹としての樹木の生育特性調査	②北海道の主要な街路樹の植栽後の年数、樹高、幹周等の成長、腐朽等内部欠陥の有無、剪定等的人為的影響の有無を調査する。

研究成果

①街路樹の植栽環境調査

札幌市から提案された調査候補路線の中から、都市部の代表的な樹形の街路樹が植栽されている6路線を選抜し、各路線で植栽間隔、周辺障害物との距離等の植栽環境を確認した。植栽されている樹種は、北海道の主要な街路樹であるイチョウ、エゾヤマザクラ、ナナカマド(各樹種2路線ずつ)である。

②街路樹としての樹木の生育特性調査

上記の調査地において、1路線あたり30本の街路樹について樹高等の成長量を調査した。イチョウについては、2路線ともに樹高10m以上、胸高直径30cm以上の都市部としてはやや大きめの街路樹であり、エゾヤマザクラ及びナナカマドについては、樹高は約6m、胸高直径約20cmであり、都市部における一般的な樹形であった。形状比*1を測定した結果、全ての樹種において平均35前後であり、重心が低くすんぐりとした樹形であり、ほとんどの樹木が一般に幹折れしにくいとされる70以下であった(図-1)。しかし樹冠長率*2は平均70%前後であり、風荷重が大きくなることが懸念される(図-2)。そのため、下側の枝の剪定を行い、バランスのとれた樹形(樹冠長率50~60%)に近づけていく必要がある。

*1：形状比＝樹高÷胸高直径、太くて樹高が低いほど数値は小さくなる

*2：樹冠長率(%)＝樹冠長÷樹高×100、(樹冠長＝樹高－枝下高)

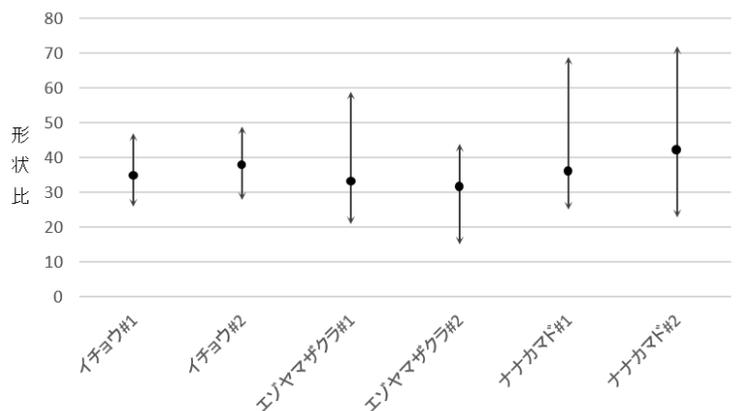


図-1 札幌市内6路線の各街路樹の形状比

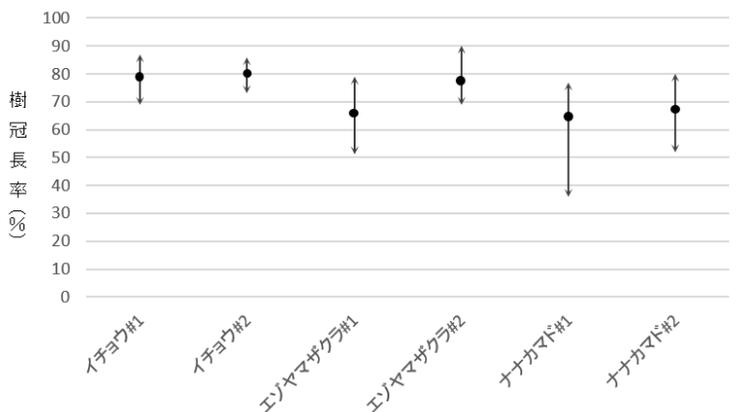


図-2 札幌市内6路線の各街路樹の樹冠長率

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

北海道森づくり研究成果発表会等3件、日本木材学会展示、日本樹木医学会研修会等現地検討会等5件、国交省による街路樹腐朽診断(岩手県盛岡市)等の自治体等による腐朽診断8件

天然生林における単木・林分レベルの成長予測技術の高度化

担当G：森林経営部経営G

協力機関：千葉大学、北海道森林管理局、北海道水産林務部林務局森林計画課、
十勝総合振興局森林室、上川総合振興局南部森林室

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

天然林（広葉樹林）では、径級ごとの収穫予測を行うための収量密度図が開発されたものの、予測に不可欠かつ予測の精度に影響する林分成長量についての知見が非常に少なく、また、樹種ごとの収穫予測に対応できない。そのため、地域ごとの施業体系の作成や択伐による伐採許容量・回帰年の設定などに必要な基礎情報である単木・林分レベルの成長量を樹種構成や林分構造、気象、立地条件などとの関係から明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

解析対象範囲：全道の天然林

- ・林分レベルの成長解析（連年成長量）
林分数：約300
- ・単木レベルの成長解析（肥大成長量）
解析対象の立木本数：約15,000本

解析内容：

1. 連年成長量に影響する要因
説明変数：期首の林分材積、気象要因
2. 単木の肥大成長量に影響する要因
説明変数：期首の胸高直径、気象要因、他個体からの競争効果、立地環境（地質・土壌型など）

研究成果

○林分の連年成長量に影響する要因

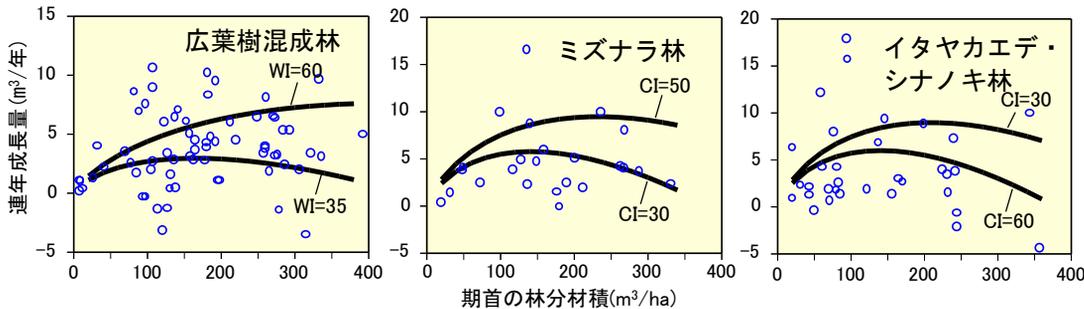


図-1 期首の林分材積と連年成長量との関係
WIは暖かさの指数、CIは寒さの指数を示す。

林分の連年成長量は、期首の林分材積や気象条件の影響を受けており、これらの情報から連年成長量を森林のタイプごとに推定するためのモデルを構築した（図-1）。

○単木レベルの肥大成長量に影響する要因

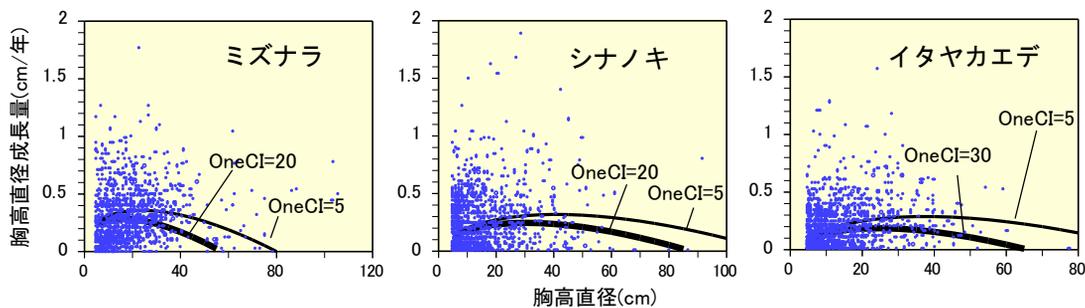


図-2 単木の期首の胸高直径と胸高直径成長量との関係

OneCIは自身よりもサイズの大きい他個体からの競争効果であり、値が大きいほど強い競争効果を受けていることを示す。

単木レベルの肥大成長量は期首の胸高直径や他の立木からの競争効果、気象条件などから影響されており、これらの情報から樹種ごとの肥大成長量を単木レベルで推定するためのモデルを構築した（図-2）。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

大野泰之 (2019) 北海道における広葉樹林施業 一有効活用を見据え、更新・保育技術を見つめ直す一。広葉樹の利用と森林再生についてのワークショップ（滋賀県東近江市）

グイマツ雑種F₁に対応した成長量と出材量の予測

担当グループ：森林経営部経営G、道南支場

協力機関、研究機関：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、
林産試験場

研究期間：平成29年度～30年度

区分：経常研究

研究目的

グイマツ雑種F₁は、カラマツに比較して初期成長が良く、幹が通直で材の強度が高いため、カラマツよりも材の利用価値が高いことが既往の研究で明らかになっている。この、グイマツ雑種F₁の生育状況を把握し、カラマツとの差異についても検討し、グイマツ雑種F₁の生育特性に即した収穫予測を行うとともに、グイマツ雑種F₁の資源量を把握し、将来の収穫量や出材量を算出する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

データ(以後、グイマツ雑種F₁を単にF₁という)

- 森林吸収源調査データ, 生育状況調査データ
- 林齢15年～28年のカラマツ人工林(180林分), F₁人工林(98林分)
- 一般民有林森林GIS属性データ 等

解析方法

- 気象及び地理的条件と地位指数との関係について統計的手法を用いた解析を実施
- F₁の振興局別平均地位指数の算出
- 統計値を用いたF₁資源量及び出材量の予測

研究成果

(1) F₁の成長データの収集及び生育特性の把握

- 振興局レベルでF₁とカラマツの平均地位指数を比較したところ、地域によってF₁で高い場合、カラマツで高い場合及びほぼ同程度の場合が確認された(表-1)。
- 各調査地のデータから算出した地位指数に対する、気象及び地理条件等の影響について解析を行い、振興局毎の地位指数を推定した。

表-1 地理的・気象的要因等により予測した振興局別の平均地位指数比較

地位指数比較	地域
F1 > カラマツ	オホーツク, 十勝 など
F1 = カラマツ	上川, 渡島 など
F1 < カラマツ	胆振, 釧路 など

(2) F₁の成長量の推定及び収穫予測

- (1)で得られた平均地位指数を基に収穫予測を行い、各振興局のF₁及びカラマツについて林齢毎の胸高直径階別の立木本数、末口径別の丸太出材量(図-1)を算出した。

※全道平均：F₁ 23.0, カラマツ 22.3

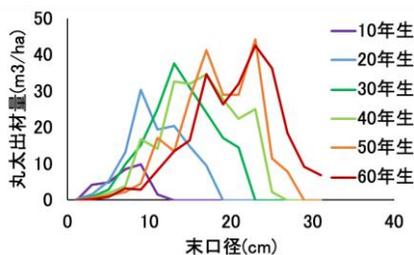


図-1 F₁の末口径階別丸太出材量予測(十勝総合振興局)

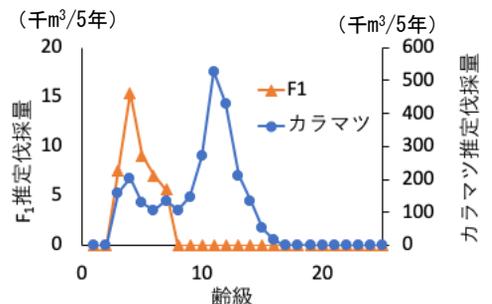


図-2 F₁及びカラマツの推定伐採量(材積)

(3) F₁の資源量把握と出材予測

- 統計資料より、2012年～2017年の5年間のF₁及びカラマツの年齢別人工林の面積及び材積の減少率を算出した。これらより推定伐採量(図-2)を算出した。
- 年齢毎の人工林面積、材積、推定伐採量及び収穫予測の結果より、十勝総合振興局管内の10年後及び20年後の、F₁の材積(蓄積)を予測した(図-3)。

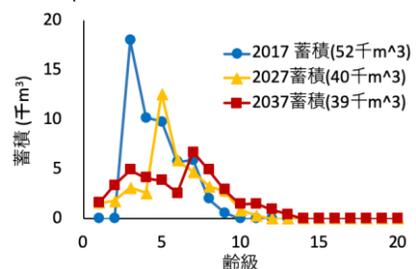


図-3 F₁人工林の年齢別材積(蓄積)分布の2017年現況(青)及び、10年後(黄)と20年後(赤)の予測

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

滝谷美香(2019)平成31年度森づくり研究成果発表会(4月札幌;口頭)

UAVを用いた天然更新木の判読技術の開発

担当G：森林経営部経営G

協力機関：工業試験場、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、
オホーツク総合振興局東部森林室、石狩振興局森林室

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

天然更新完了の確認方法を改善するために、UAV画像による推定結果と地上調査の結果を比較することで、最適な撮影時期、撮影方法を検討し、更新木の樹種判別や、立木密度、樹高測定の可能性について明らかにする。

研究方法

調査地

北見市・千歳市・池田町・清里町
民有林
皆伐跡地（伐採後5～7年）

調査方法等

- 1.各天然更新地に10×10mのプロットを設置
- 2.プロット内において毎木調査（胸高直径・樹高・位置を取得）
- 3.プロット上空からUAVによる空撮
- 4.撮影画像の画像解析（DSM※、オルソ化※、林相判読、樹高推定）

研究成果

1. 天然更新地における更新状況の実態把握

池田町、清里町民有林にプロットを計7個設置し、樹高1m以上の木本種の位置、樹高を計測、高木種は胸高直径も計測した。立木本数は1プロット当たり約1500～6000本/haと大きくばらついた。

2. 天然更新地におけるUAVによる空撮方法の検討

自動飛行アプリでの設定を高解像度にする（例：1.6cm/pix）ことで、作業者の技能に依存せず、高品質な空撮が可能であることを確認した。

3. 天然更新調査におけるUAV活用の可能性解明

北見市・千歳市民有林のデータを解析し、現地調査の結果を元に肉眼による林相判読、DSMからの樹高推定を行った。オルソ画像は部分的に歪曲する（図-1）ため、林相判読はオルソ化前の画像が適していた。樹高推定は樹種によって推定精度の変動が大きいこと、天然更新完了基準に定義される中層木以上の相対的に大きな立木は、比較的良好な精度で推定できる可能性が示唆された（図-2）

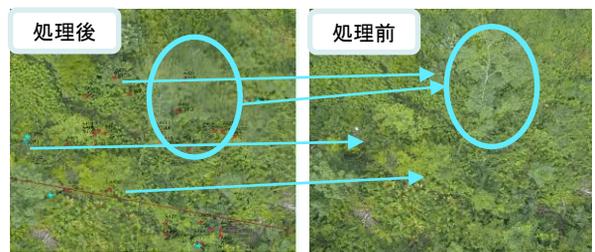


図-1：オルソ画像に立木位置を表示したもの（左図）
ほぼ同一地点の処理前の画像（右図）

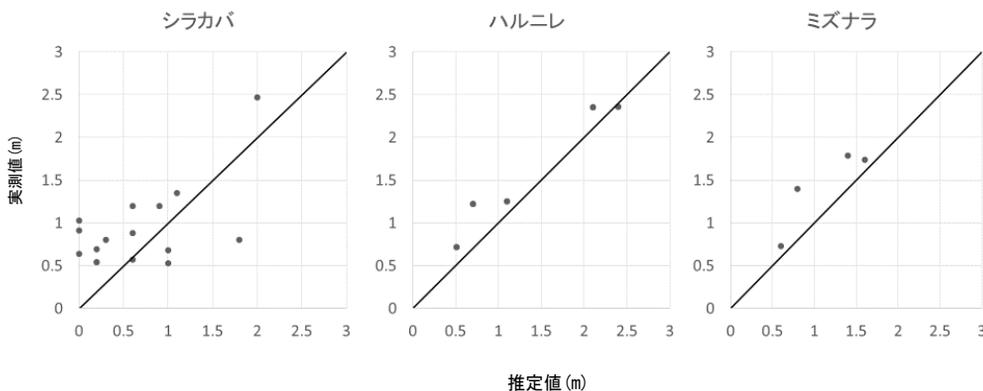


図-2：3Dの点群データから推定した樹高と実測値の比較
樹種の判別は毎木調査結果を元に目視で行った

※DSM：数値表層モデル（Digital surface model）の略。

※オルソ化：オルソ画像を作成すること。オルソ画像とは歪みのない真上から撮影した画像（正射投影）に変換したもの。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

竹内史郎（2019）林業現場でUAV（ドローン）を活用するために。光珠内季報No.190

車載カメラを用いた林道の三次元景観モデリングの可能性

担当G：森林経営部経営G

研究期間：平成30年度

区分：職員研究奨励事業

研究目的

森林内の物流を支える林道に関して、機能を広範囲かつ定量的に評価する手法が確立されていない。本研究では簡易かつ低コストな運用が可能な車載カメラによる画像取得と急速な技術革新が見られる画像処理技術を応用することで、林道の形状（凹凸）や周辺環境などの三次元景観を低コストにモデル化すること目標とした。

研究方法

調査地：林業試験場光珠内実験林
 撮影機材（カメラ）：GRII（RICOH）、OSMO+（DJI）、
 THEAT V（RICOH）
 精度検証機材（地上レーザースキャナ）：GLS2000
 （トプコン）

試験項目

- 車載カメラを用いたデータ取得
- GNSS測位による空間座標の付与
- 三次元景観モデリング手法の検討
- 地上レーザースキャナを用いた精度検証

研究成果

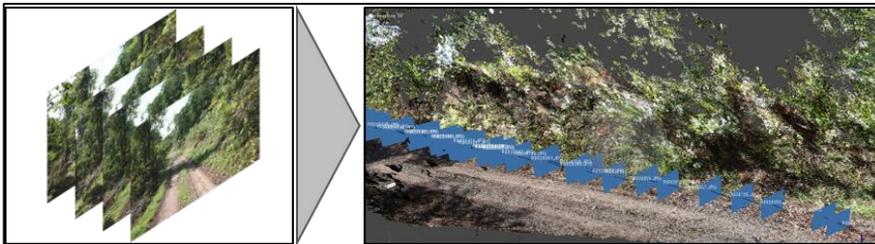


図-1. 解析のイメージ

車載カメラで連続して撮影した画像（左図）を処理し、三次元景観モデルを作成する。右はコンピュータ上の解析中の画像。青い四角は写真の撮影位置を表す。

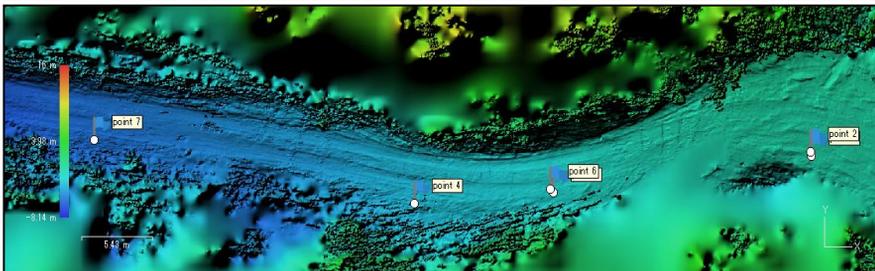


図 2. 路面の高精細凹凸モデル

本研究では、図-1に示すようなイメージで、車載カメラで撮影した連続した画像から林道の三次元景観モデルの作成を試みた。作成方法（カメラ、走行スピード、位置座標の与え方）を検討した結果、1秒インターバルで撮影できるデジタルカメラを車のルーフ上に取り付け、時速3-4kmで走行することで、図-2のように路面の高精細な凹凸のモデルを作成することに成功した。また、地上レーザースキャナ（以下、TLSと記す）を用いて、林道の横断面について精度検証をしたところ、路面の特徴である轍を再現することができた（図-3）。しかし、モデルの一部に歪みが生じており、一致しない部分も認められた。そのため、データを取り扱う際には、測定精度に留意する必要がある。本研究で開発した手法により、安価な投資で広範囲にデータが取得できるというメリットがある。今後、他の課題において必要に応じてデータ取得・解析手法の検討を行い、技術の高度化を図っていく必要がある。

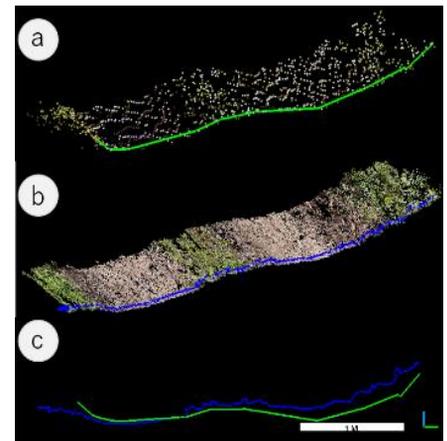


図-3. 地上レーザースキャナと車載カメラで作成した三次元点群と点群から作成した林道の横断面の比較
 aは地上レーザーのデータ。bは車載カメラのデータ。cは両データから作成した横断面の比較（緑色：地上レーザー、青色：車載カメラ）。車載カメラでも地上レーザーと同様にわだちを表現できているが、モデルの一部で歪みが認められる。

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

協力機関：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

本研究では、科学的指標に基づいた施業区分の手法として考えられる、地位指数推定技術の高度化を目的とし、UAVで取得した空撮画像を用い、地位指数推定モデルの作成手法について検討を行う。

研究方法

調査地：道有林上川南部管理区
空撮面積120ha
対象樹種：トドマツ人工林
上層木高の解析対象：79林班74小班
34年生
使用機材(UAV)：Phantom 4

試験項目
○UAVによる空撮
○SfM処理による三次元化
○正射画像の作成
○三次元点群データを用いた上層木高データの作成
○上層木高データの地位指数への変換

研究成果

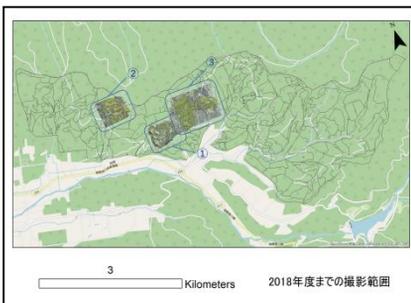


図-1. モデル地区全景と撮影範囲

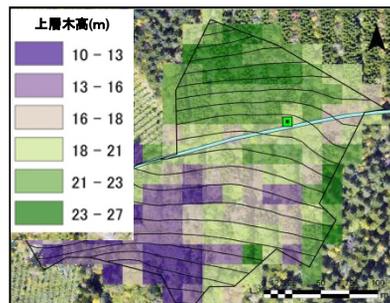


図-2. DCMより作成した上層木高の空間分布

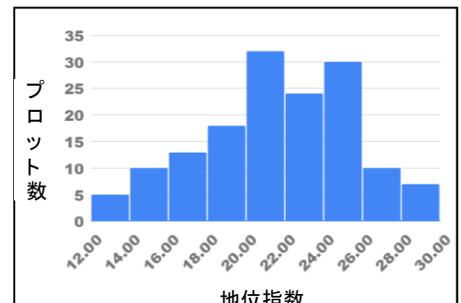


図-3. 図2で示した小班内の地位指数の頻度分布

本年度は、地位指数推定モデルの作成に必要なデータ取得、画像解析手法を検討した。調査地において3度の空撮を行い、計120haの画像を取得した(図-1)。その後、SfM*処理を行い、三次元点群モデルを作成した後、オルソ画像とDSM*を作成した。そして、モデル地区内のトドマツ人工林について、上層木高の抽出を以下の手順で試みた。①空撮より作成したDSM(0.05m)からDEM(国土地理院作成の10mDEMを1mに内挿補完)分の値を引き、DCM*(0.05m)を作成することで樹冠の高さを抽出した。②対象のトドマツ人工林を15m×15mのプロットに格子状に分割し、プロットごとにDCMの最大値を抽出し(図-2)、この値を上層木高とした。得られた上層木からプロットごとの地位指数を算出し、一つの人工林(小班)内における地位指数のばらつきを示した(図-3)。

*SfM (Structure from Motion) :複数枚の画像から、三次元モデルを作成する手法

*DSM (Digital Surface Model) : 数値表層モデル、表層の標高を数値で表したモデル

*DCM (Digital Canopy Model) : 数値樹冠モデル、地表からの樹冠の高さを数値で表したモデル

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・蝦名(2018)過去の航空写真を用いた樹高成長量の定量的評価 第129回日本森林学会大会(高知市)
- ・蝦名(2019)毎木情報を用いた地位指数モデルの推定 第130回日本森林学会大会(朱鷺メッセ)
- ・蝦名(2019)航空写真で過去の森林の三次元モデルが作成できる!? グリーントピックス No.59

UAVを活用した低コスト森林調査手法の研究

担当G：森林経営部経営G

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、石狩振興局森林室普及課、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

先行して導入されている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：当別町有林3ヶ所、光珠内実験林1ヶ所、十勝管理区1ヶ所、上川南部管理区1ヶ所の計6ヶ所(39～57年生)のトドマツ人工林

方法：全6箇所の調査林分の空撮、うち3箇所の林分で毎木調査(胸高直径、樹高、位置測量)
解析：現地調査の結果を用いた機械学習、樹高推定

研究成果

1. 空撮画像及び現地調査による単木材積の推定

光珠内実験林空撮画像を処理して得たDSM※と、国土地理院数値基盤情報から作成した1mメッシュのDEM※の差分から樹高を推定した(表-1、図-1)。地形条件の良い人工林であれば、空撮画像から比較的精度よく樹高推定できる可能性が示唆された。

表-1：実験林トドマツ樹高推定結果
(n=25)

実測平均樹高(m)	推定平均樹高(m)
22.5	22.8

図1の立木ごとに、DSM上のもっとも高い点を抽出し、DEMとの差分を取ることで樹高を計算した

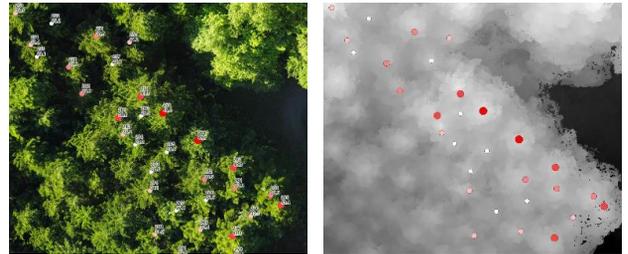


図-1：オルソ画像(右)とDSM(左)に立木位置を重ねた図
左はオルソ画像、右はDSM。点の位置が立木位置、点の大きさと色は径級

2. 立木本数推定のための機械学習、及び主要樹種判別のための機械学習

オルソ画像内の各立木の樹冠領域境界の多角形の頂点および樹頂点位置を人手で指定し、機械学習用データセットを作成した(図-2)。このデータセットから作成した増幅済み学習用データ画像を用いてMask R-CNNによる樹冠領域・樹頂点位置推定のための機械学習モデルを構築し、繰り返し学習した(学習データ画像1500枚、学習回数20回、学習時間28時間)。学習したモデルを用いて樹冠領域・樹頂点位置の推定が可能であることを確認した(図-3)。

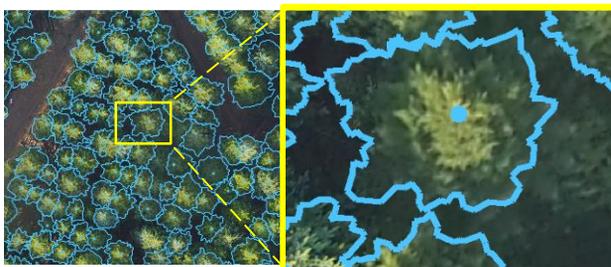


図-2：人手で与えた樹冠領域と樹頂点位置
(多角形：樹冠領域、点：樹頂点位置)

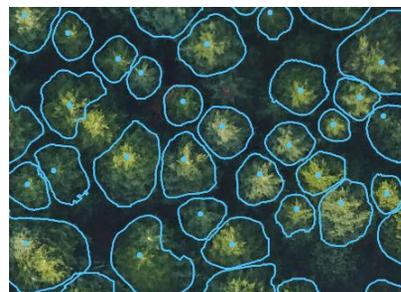


図-3：機械学習により推定した樹冠領域と樹頂点位置

※DSM：数値表面モデル(Digital surface model)の略。森林表面部分も含む標高 ※DEM：数値標高モデル(Digital Elevation Model)の略。植生を除いた地面の標高 ※Mask R-CNN：Deep Learningを用いた画像内の物体を個別にラベリングする手法

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・蝦名益仁・石濱宣夫・大野康之・全慶樹・藤澤怜央(2019) UAV-SfMデータとDeep Learningを用いたトドマツ人工林単木材積推定の試み、第130回日本森林学会大会

地域・産業特性に応じたエネルギーの分散型利用モデルの構築

担当G：森林経営部経営G・道南支場

共同研究機関：工業試験場（主管）、中央農業試験場、十勝農業試験場、根釧農業試験場、釧路水産試験場、林産試験場、環境科学研究センター、地質研究所、北方建築総合研究所、北海道大学

研究期間：平成26年度～30年度 区分：戦略研究

研究目的

地域に低密度に存在する分散型エネルギーを有効活用するためには、様々な制約条件を考慮した賦存量・利用可能量と需要量を把握し、最適な組み合わせを検討することが不可欠である。地域の活性化とエネルギー自給率の向上の実現に向けて、再生可能エネルギーなど地域にある資源・分散型エネルギーを有効活用し、地域特性に応じた調和のとれた最適なエネルギー需給システムを構築する手法を開発することを目的とする。

研究方法

富良野圏域（富良野市、上富良野町、中富良野町、南富良野町、占冠村）を研究フィールドとして、木質バイオマスの収集方法を検討し、賦存量・利用可能量の推定方法を開発した。

研究成果

1. 枝条など未利用材の効率的な収集方法の検討

枝条を主体とした林地残材の収集のために開発されたバイオマス収集対応型フォワーダ（図-1）を使用した効率的な林地残材収集方法を検討した。荷台への積み込みについては、フォワーダ付属のクレーンよりもグラップルローダを使用した方が約1.5倍効率よく積めることが分かった。そこで、グラップルローダで積み込むことを前提とし、カラマツとトドマツ、およびバイオマスフォワーダと普及型フォワーダについて積載量と積み込み速度について比較した（図-2）。カラマツの方がトドマツより約1割多く積むことができた。積み込み速度については、カラマツの方が約3割速かった。これは、トドマツの枝条が嵩張るためだと考えられる。また、普及型フォワーダとの比較では（トドマツのみ）、バイオマスフォワーダの方が2割多く積むことができた。積み込み速度については、ほぼ変わらなかった。



図-1 バイオマス収集対応型フォワーダ (MST800VDL、荷台が横に開閉し枝条を圧縮する)

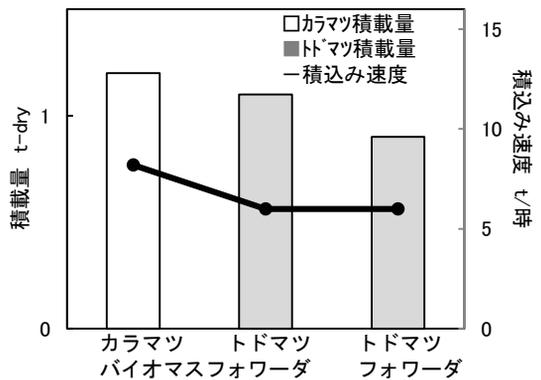


図-2 バイオマス収集工程調査結果

2. 富良野圏域の木質バイオマス増産可能性の検討

富良野圏域5市町村の木材生産事業体に聞き取り調査を実施し、木質バイオマスの供給可能量について、今後需要が増えた時に現在以上の供給が可能であるかを林業労働力の点から検討した。その結果、最近の木材生産量は、ほぼ全ての事業体（11事業体中10事業体）で創業以来の生産量に達しており、現状の体制ではこれ以上の増産は難しいことが明らかとなった（図-3）。そのため、木材生産に伴う木質バイオマスの供給もまた、今後の需要増加に対して現在より直ちに増産することは困難であることが明らかとなった。

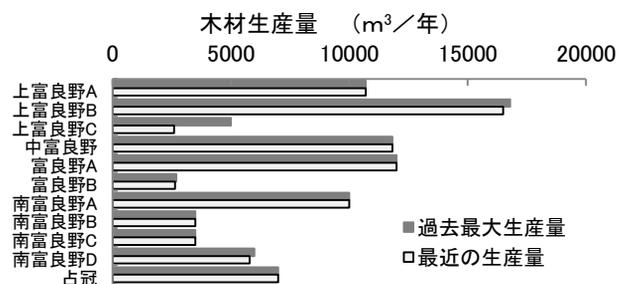


図-3 富良野圏域で活動する事業体の製材・パルプなどを含む木材生産量

3. 木質バイオマスの賦存量・利用可能量の推定手法の開発

富良野圏域を対象に、バイオマス賦存量推定の基礎となる主伐可能量（カラマツ、トドマツ）についてカメラルタキセ法による推定を試みた。その結果、圏域的には主伐実績値は主伐可能量を下回っていたが、市町村によっては伐採過多の状況であり、このままでは資源量の持続性の担保が困難と考えられた（図-4）。木質バイオマス燃料（チップ）生産工場、カラマツ及びトドマツ人工林の分布、林道を含む道路網の位置をGIS上で整理し、山からチップ工場までの経済的供給可能距離を経路距離で30km以内として、低質材供給可能量を推定した。その結果、低質材の供給可能量は圏域全体で年間22,000m³となり、チップ工場が村内にない占冠村を除き、圏域で生産されるほとんどの低質材を利用可能と予測された（図-6）。平成26～28年度の市町村別立木伐採量、未利用材発生割合、短幹集材システムの割合に基づき市町村別の林地未利用材発生量を算出した（図-7）。十勝やオホーツク地方で利用可能量が多かった。これら地図情報は、全機関と共同で開発した「統合型GIS（web等から道内の木質系や農業系等のバイオマス供給量を一元的に閲覧できるシステム）」に組み込まれた。



図-4 一般民有林における伐採推計値と統計値の比較

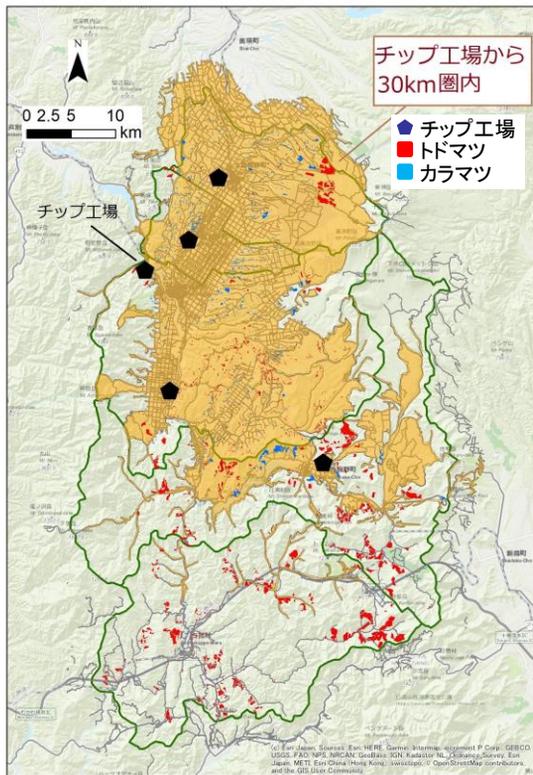


図-5 チップ工場と供給可能圏域 (30km圏内)

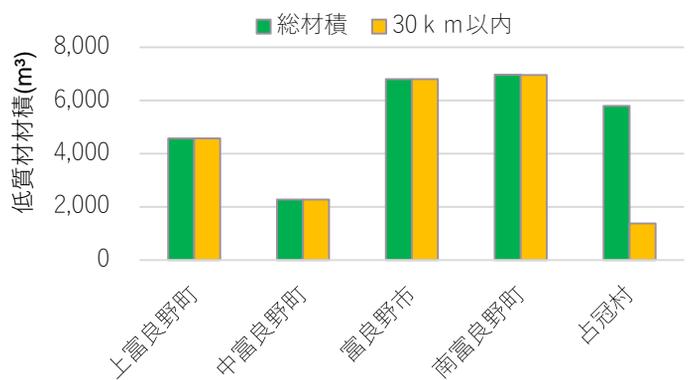


図-6 低質材供給可能量の推計

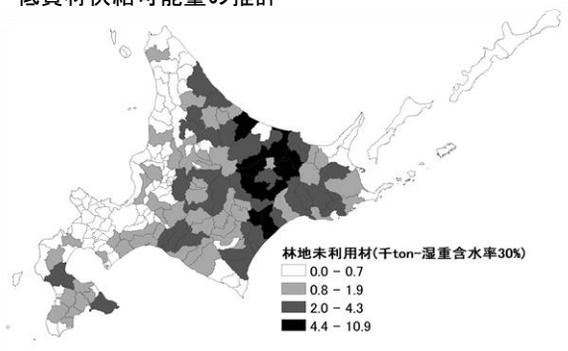


図-7 市町村別林地未利用材の供給可能量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 酒井明香ほか(2014)北海道における機械作業システムと林地残材率を考慮した林地残材集荷可能量の推定：第63回北方森林学会口頭発表
- 渡辺一郎ほか(2015)カラマツ主伐林分におけるバイオマス収集対応型フォワーダの生産性(速報)：第126回日本森林学会大会口頭発表(札幌市)
- 酒井明香ほか(2015)北海道における機械作業システムと林地残材率を考慮した林地残材集荷可能量の推定 森利誌30(2)：71-78
- 津田高明ほか(2017)富良野圏域におけるトドマツ、カラマツ人工林からの低質材利用可能量の推定。第66回北方森林学会
- 津田高明ほか(2019)富良野圏域における木質エネルギー利用(道総研フォーラム)

苗木需要量の増加に対応したコンテナ苗生産・ 植栽システムの開発

担当G：道北支場・森林経営部経営G・保護種苗部育種育苗G、
林産試験場技術部製品開発G

共同機関：森林総合研究所、九州大学

協力機関：工業試験場、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、
住友林業筑波研究所、北海道山林種苗協同組合、北海道森林組合連合会、
北海道造林協会

研究期間：平成28年度～30年度 区分：重点研究

研究目的

今後予想される植栽面積、苗木需要の増加に対応するため、コンテナ苗による苗木の効率的な生産と輸送から植栽まで一貫した生産・植栽システムを開発する。

研究方法

全道の国有林、民有林コンテナ苗植栽成績データの収集解析（224林分）
近赤外線選別したカラマツ種子育苗試験（母樹混合の事業用種子、母樹別採種園産種子）
コンテナ小型運搬機の開発と、小型運搬機、オーガによる運搬植栽功程調査・労働強度調査（3か所）

研究成果

1 よいコンテナ苗とは一植栽成績から探る

表-1 多変量解析GLMMで抽出された植栽後の成長に影響する植栽苗の初期条件

要因	カラマツ	トドマツ	アカエゾマツ
セル容量		+	+
根元径	+	+	
苗長		-	-

+は要因の値が大きいくほど成長量が大
きい、-は逆

カラマツ

- ・根元径が太い苗で成長促進されます。
- トドマツ・アカエゾマツ
- ・大きいセル容量（根鉢）のコンテナ、根元径が大きい苗or苗長が大きすぎない苗で成長促進されます。

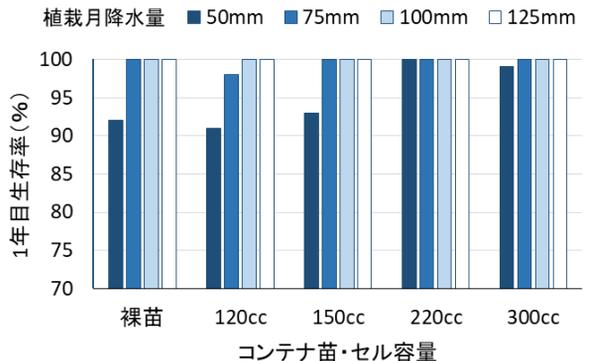


図-1 カラマツ裸苗とコンテナ苗の植栽月降水量別生存率

カラマツでは現在主流の150ccコンテナ苗は植栽月降水量が50mmで1年目生存率が低下し（図-1）、コンテナ苗規格を220cc以上のセル（根鉢）容量に上げることが提案されます。

2 よいコンテナ苗を育てる—カラマツ1粒播種コンテナ苗育苗技術—

カラマツ種子の発芽率は通常30-40%ですが、近赤外光により選別されたカラマツ種子の発芽率は90%以上であり、コンテナへの1粒播種が可能となりました。

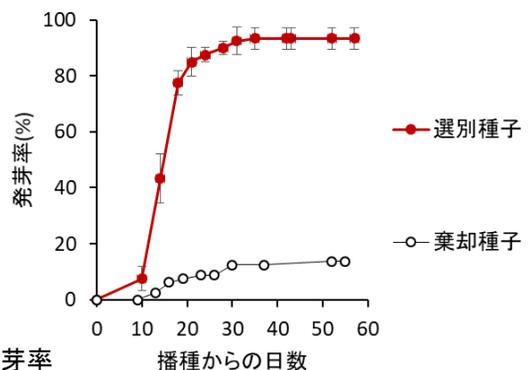


図-2 近赤外光で選別された種子と棄却された種子の発芽率

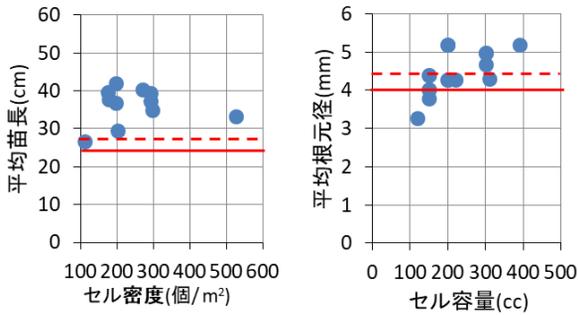


図-3 カラマツ播種コンテナ苗の成長とセル密度、セル容量の関係
実線は種苗生産団体が暫定的に定めた苗木規格の下限値、点線は下限値+10%

現行の幼苗移植コンテナ苗では植栽まで2年（2生育期）かかっていますが、コンテナ容器の容量（図-3）や、播種時期、発芽温度、施肥量、野外順化時期などの条件を最適にすることで、その期間を半年（1生育期）にまで短縮することが可能になりました。

なお、本研究で開発した1粒播種コンテナ苗育苗方法に従い、種苗生産組合が実証試験を行った結果、育苗コストを26%減少できると試算されました。

3

楽で効率的な運搬、植栽システムで植える
—最適な輸送、運搬、植栽システムの開発—



図-4 改良した小型運搬機
コンテナ容器を4つ積み、30度の傾斜まで登坂できる。

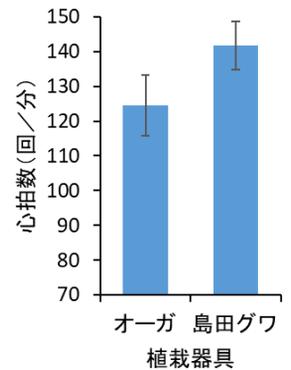


図-6 作業時の心拍数

図-5 梱包から植栽までの従来方法（段ボール梱包-苗木袋運搬-島田クワ植栽）と改良型（コンテナ容器梱包-小型運搬機運搬-オーガ植栽）の苗木1000本あたりの生産性比較
条件：300ccコンテナ苗

傾斜30度までの林地にコンテナ苗を運搬できる小型運搬機を開発しました（図-4）。この運搬機の人工数は従来の苗木袋より平坦地で55%、傾斜地で39%減少します。この運搬機を組み込んだ運搬植栽システム（コンテナ容器梱包-小型運搬機運搬-オーガ植栽）は従来方法（段ボール梱包-苗木袋運搬-島田クワ植栽）より全体の人工数が22%減少し（4.79人工→3.75人工、図-5）、植栽作業の労働強度も低下します（図-6）。傾斜地ではオーガ植栽よりも島田グワの植栽効率がよく、「コンテナ容器梱包-小型運搬機運搬-島田グワ植栽」システムの生産性（3.07人工、図-5）が最も効率的な生産システムです。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

津山幾太郎・原山尚徳・来田和人（2018）北海道におけるコンテナ苗の有効性を検証する～植栽後の生残率と成長量から～、北方森林研究 66: 69-72
 近藤佳秀（2019）コンテナ苗運搬機による植栽作業の省力化、山づくり 499: 6-7
 来田和人（2019）北海道におけるコンテナ苗の現状と今後の方向性、北方林業 70 印刷中
 津山 幾太郎・来田和人・原山尚徳（2019）北海道におけるコンテナ苗の植栽成績、北方林業 70: 印刷中
 近藤佳秀（2019）コンテナ苗の運搬・植栽システムの提案、北方林業 70: 印刷中
 石塚航・松村幹了（2019）コンテナ苗の冷蔵保管技術の活用可能性、北方林業 70: 印刷中
 地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場・林産試験場（2019）カラマツ播種コンテナ苗の育苗方法とコンテナ苗運搬・植栽システム、38p
 小型運搬機実演会：美瑛（2017.10）；足寄（2018.9）；浦幌（2018.9）；別海（2018.11）

気候変動の影響緩和を目指した北方針葉樹の 環境適応ゲノミクス

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：東京大学、森林総合研究所、森林総合研究所 北海道支所

協力機関：明治大学

研究期間：平成28年度～令和元年度

区分：公募型研究

研究目的

樹木は、現在進行しつつある気候変動に迅速な対応ができず、成長パフォーマンスの低下といった負の影響も見込まれる。しかし、造林に用いる種苗の産地や母樹を適切に選択し、将来環境にも適応しうるゲノム組成を有する森林へと更新を図ることができれば、予想される気候変動の影響を緩和できる可能性がある。そのため、環境適応に関する遺伝的基盤の解明といった基礎的知見の集積が求められる。本研究では、急速に技術革新が進む分子遺伝学(ゲノミクス)分野の手法を適用させ、環境適応の遺伝的基盤解明とその応用を目指す。昨年より継続して、今年度もトドマツの検定林や交配試験地を材料に解析を行う。

研究方法(材料と調査方法)

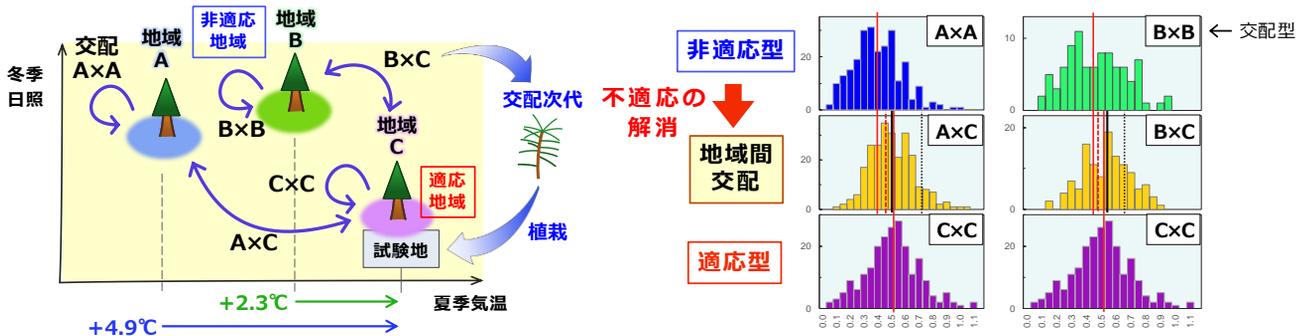
材料(調査地)：

- (1) トドマツ精英樹次代検定林
1980年に全道9ヶ所へと延べ75家系を植栽した検定林、および、地域間で相互交配した次代を1983年に植栽した検定林。
- (2) 交配第2世代(F₂)植栽試験
詳細な遺伝解析のために人工交配によって作出し、2017年に植栽したF₂試験地。

調査方法・実験方法：

- (1) 交配試験地での地域適応性と将来環境への適応性の評価；30年生時の単材積の解析
- (2) 検定林で示された産地間差異の追加検証；光合成生理パラメータを用いた遺伝変異の評価、遺伝情報を用いた適応的形質の遺伝的基盤の解析
- (3) F₂集団の成長・生理パラメータの測定、適応的形質の遺伝的基盤の追加解析

研究成果



- (1) 相互交配試験からみる地域適応 由来産地と植栽地の環境にミスマッチがある場合においても、適応遺伝子の導入を図ることによって、成長性の不適応が解消されるという実証データが得られた(図)。
- (2) 産地間差異の遺伝的基盤解析 由来産地環境によって光合成効率に違いがあることを示した。
- (3) F₂集団を用いた遺伝的基盤解析 樹高や枝伸長の遺伝変異を精度よく検出できるようになった。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

菅井・石塚ら(2019)産地別トドマツ苗木の遮光処理に対する生理成長応答,第66回日本生態学会大会,
 内山・石塚ら(2019)北海道根釧地域の38年生トドマツ産地試験地を用いた適応形質に関わるアソシエーション解析,第66回日本生態学会大会
 菅井・石塚(2018)トドマツ苗木の由来産地と生育環境による光合成特性の違い—クロロフィル蛍光反応と成長から—,2018年度日本生態学会北海道地区大会
 石塚航(2018)北海道における森林産業と将来に向けた試み,平成30年日本水産学会北海道支部大会公開シンポジウム「環境変動を考慮した北海道の水産増殖の展望」
 菅井・石塚ら(2018)トドマツ苗木の由来産地と生育環境による光合成特性の違い—クロロフィル蛍光反応と成長から—,第67回北方森林学会
 後藤・石塚ら(2018)トドマツ連鎖地図構築に有用なEST-SSRマーカーの開発,森林遺伝育種学会第7回大会

森林経営の効率化のための 崩壊リスクを考慮した路網管理手法の提示

担当G：道南支場、保護種苗部育種育苗G、森林経営部経営G、道北支場

協力機関：厚真町

研究期間：平成28年度～令和元年度

区分：経常研究

研究目的

林業を行う上で重要な生産基盤である林内路網の整備では、耐久性と低コスト性の両立が求められる。しかし、林内路網の崩壊危険度は、現状では技術者の経験に依存した状況にあり、崩壊危険度の事前予測に基づくルート設定手法や、路線崩壊による林業収益等への影響評価手法は確立していない。そこで、本研究では、林内路網のうち主に森林作業道及び林業専用道を対象とし、モデル地区の林内路網に対する崩壊リスクと森林経営の効率化を考慮した路網管理手法を提示する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

①既設路網での崩壊状況の実態調査：既設路網で発生した崩壊箇所規模・土質、路体構造の現地調査（調査地：芦別市、三笠市、浦臼町・当別町、美幌市・奈井江町、厚真町、中川町、浦河町、津別町）

②路線崩壊による収益性への影響評価
・路線上の崩壊危険箇所を地形分析より抽出し、各箇所が崩壊した際の丸太の集材材積への影響を出材積や作業システム、集材距離等から評価する。

研究成果

1) 既設路網での崩壊状況の実態調査

- ・合計255箇所の路網崩壊箇所を確認し、地形や路体構造等を調査した。また、崩壊箇所より100m以上離れた末崩壊箇所（113箇所）を対照区として調査した。
- ・盛土側、切土側の法面崩壊の有無を応答変数とした決定木分析により、崩壊要因を分析した。その結果、切土法面では路体構造が主な要因であり、3m以上の法面高で崩壊の危険性が高いと推定された（図-1右）。一方、盛土法面では地形条件が主な要因であり、集水型地形でかつ攻撃斜面（河川蛇行部の外側に面する斜面）または法面高が4.8m以上の箇所で崩壊の危険性が高いと推定された（図-1左）。

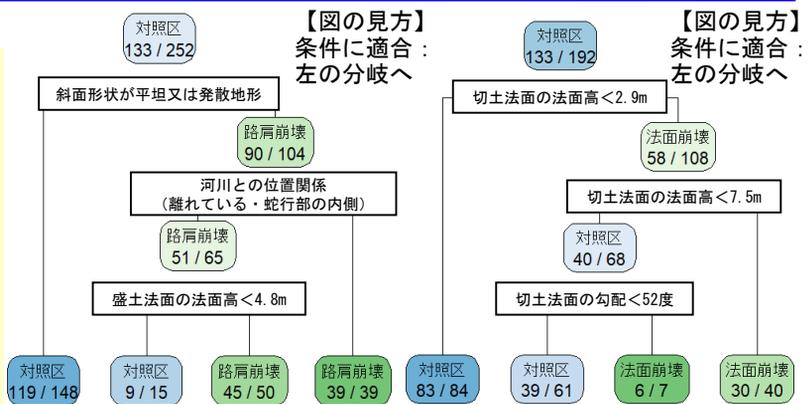


図-1 崩壊要因解析結果(左図：盛土側、右図：切土側)
※分岐点の分数：分数の上に記載された区分（法面崩壊又は対照区）の数/分岐点に含まれる数

2) 路線崩壊による収益性への影響評価

- ・厚真町を事例として地形解析から得た崩壊危険度の推定図より崩壊危険箇所を抽出した。ネットワーク分析により崩壊危険箇所ごとの集材不可となる材積を計算した（図-2）。
- ・集材距離の変化が崩壊前よりも3割以上増加する林分を集材不可と仮定した場合、土場近くの幹線上で集材不可となる材積が大きくなる傾向がみられた。

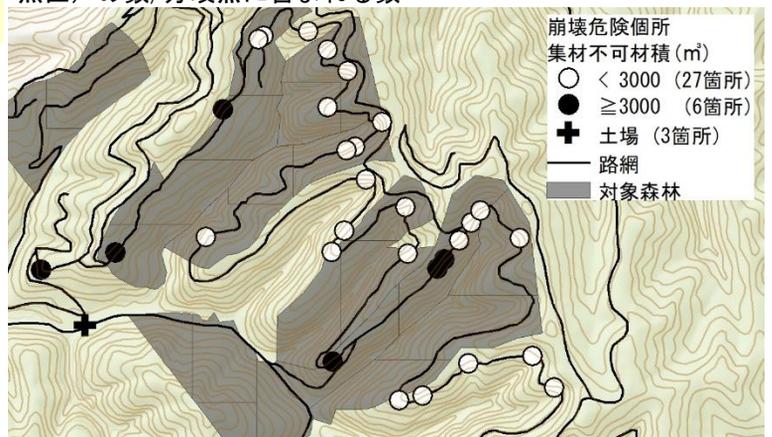


図-2 崩壊危険箇所ごとの集材不可材積

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・津田高明・佐藤弘和・蓮井聡・刈馬俊之（2019）その路線は崩壊対策すべき？費用便益分析による要対策箇所の抽出方法の検討。第130回日本森林学会大会（新潟市）

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：オホーツク総合振興局東部森林室

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F₁）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、施肥の種類と施肥の回数を変えた試験を実施し、成長と着花と球果サイズに及ぼす施肥の効果を検証する。

研究方法

調査地：訓子府採種園、林業試験場集植所
処理項目：尿素処理区、まるやま3号処理区

処理方法：6月に接ぎ木苗の根元へ粒剤散布
調査項目：着花（果）数、球果サイズ

研究成果

2016～18年の3年間では、まるやま3号と尿素施用による着果促進の明確な効果は認められなかった（図-1）。尿素連年処理区では2017年に大量着果した個体はあったものの、うち1個体は処理前から良好な着果性を示していた。このことから施肥による着花促進効果は個体差が大きく、施肥だけでは確実な花の着生は難しいと考えられた。

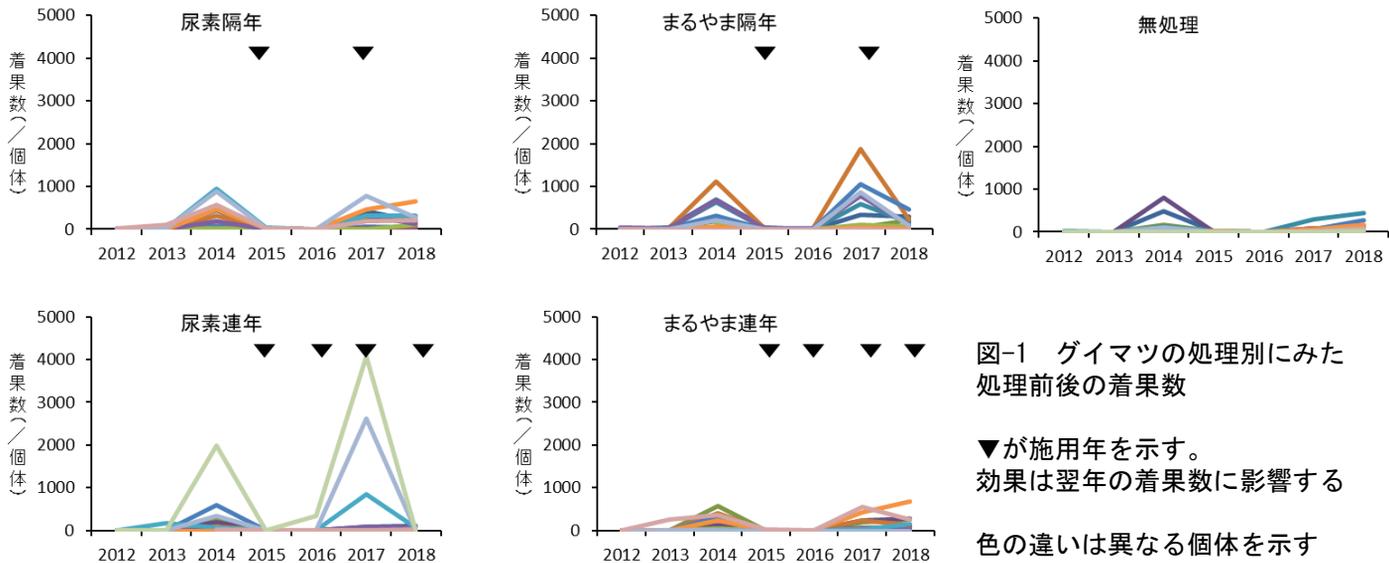


図-1 グイマツの処理別にみた処理前後の着果数

▼が施用年を示す。
効果は翌年の着果数に影響する

色の違いは異なる個体を示す

また、大量結実が見込める個体サイズは胸高直径10cm以上であることから（図-2）、施肥を与えて、より早く成長させることが重要と考えられた。

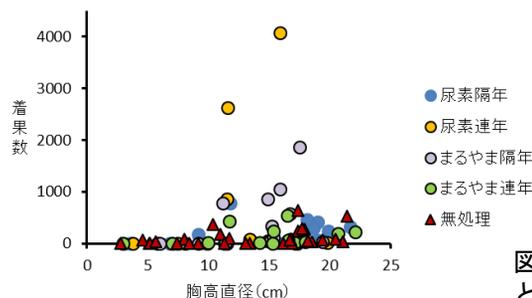


図-2 グイマツの胸高直径と2017年の着果数との関係

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（2018年1月26日）

優良苗の安定供給と下刈り省力化による 一貫作業システム体系の開発

担当G：森林経営部

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、九州大学、住友林業（株）、（株）九州計測器、岡山県農林水産総合センター、高知県森林技術センター、ノースジャパン素材流通協同組合、北海道山林種苗協同組合、（一社）北海道造林協会ほか

協力機関：北海道水産林務部、（株）千歳林業、（株）筑水キャニコムほか

研究期間：平成28年度～30年度 区分：公募型研究

研究目的

一貫作業による再造林に必要なコンテナ苗の生産性を高めるため、林業種苗の高発芽率種子を選別し、一粒播種を可能とする技術を確認する。また、造林作業の低コスト化を実現するため、コンテナ苗や優良苗を用いた低密度植栽技術、地拵え・下刈り作業の省力化技術を確認する。

研究方法

1. 低コストコンテナ苗の開発

発芽率を向上させた種子の播種によって生産するコンテナ苗のコストと品質の評価

2. 一貫作業システムの高度化

- (1) 地拵え・下刈り作業の機械化による省力・低コスト化技術の開発（クラッシュ改良、自走式刈払機調査）
- (2) 優良種苗を用いた低密度植栽手法の開発（低密度植栽林分調査、導入条件検討）
- (3) 下刈り回数低減技術の開発（下刈り作業省力効果の検討）

研究成果

1. 低コストコンテナ苗の開発

苗木生産者2社で近赤外光種子選別装置（九州大学、(株)九州計測器開発）で選別した充実種子の1粒直接播種によるカラマツコンテナ苗の生産試験を実施し、発芽率90%以上、1年の育成で苗木規格合格率70%を達成できること、育苗コストを26%削減できることを実証した（図-1）。

育苗方法	前年		1年目																
	9	10	～	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
多粒直接播種			播種	間引き	育苗管理						出荷	越冬（貯蔵）					出荷		
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
一粒直接播種			播種	育苗管理						出荷	越冬（貯蔵）					出荷			
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

図-1 多粒直接播種と一粒直接播種によるカラマツコンテナ苗育苗スケジュール
多粒播種は水選し低温湿層処理した種子を2-3粒播種、発芽後間引き作業が必要。
一粒播種は近赤外選別種子を使用。

2. 一貫作業システムの高度化

(1) クラッシュ地拵え（図-2）をバケット地拵えと比較すると、haあたりの作業時間は同等でコストは若干増しとなったが、バケット地拵え後に必要な人力補正刈りを加えると、作業時間は25%減、コストは同等で、従来の機械地拵えより有利であった（図-3）。乗用型小型刈払い機（(株)筑水キャニコム製）では林地残材と根株が作業支障となることが明らかとなったが、運送費の安さと機動性から小規模分散林分で有望な手段と考えられた。

(2) カラマツ類幼齢林を対象に樹高と植生高を多地点調査した結果、クリーンラーチの生残率はカラマツより高く（図-4左）、初期の樹高成長も良好だった（図-4右）。クリーンラーチでは低密度植栽における生残と下刈り期間の1年短縮が期待でき、一般的なカラマツ植栽に対し25%のコスト削減が可能と考えられた（図-5）。

(3) カラマツとクリーンラーチの植栽試験地（岩見沢市）を調査したところ、植栽木の樹高はいずれもカラマツよりもクリーンラーチで高い傾向にあった。クリーンラーチの樹高成長は下刈りなしの場合でも3年目で植生高を脱した（図-6）。生残率の高い林地であれば、クリーンラーチ通常苗植栽により下刈り年数を低減可能なことが示唆された。



図-2 クラッシュ地拵え
0.7クラスのベースマシンに装着
(森林総合研究所と共同調査)

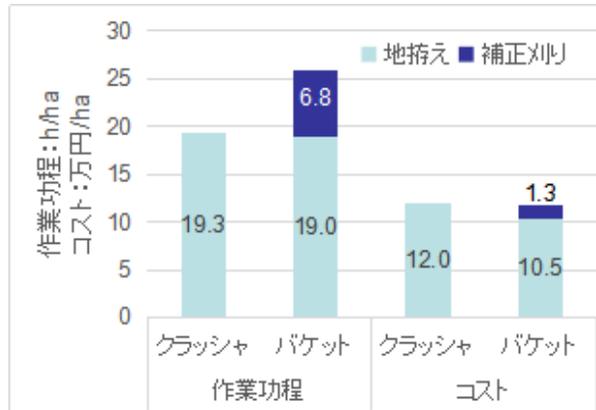


図-3 クラッシュ、バケット地拵えの
作業工程とコストの比較

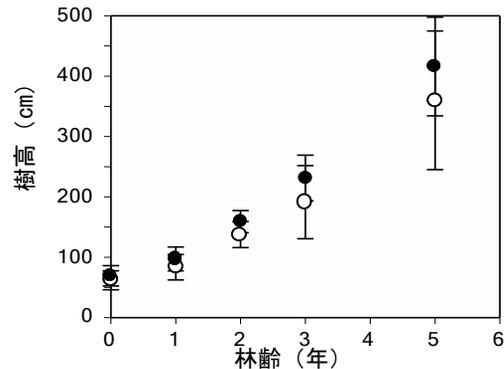
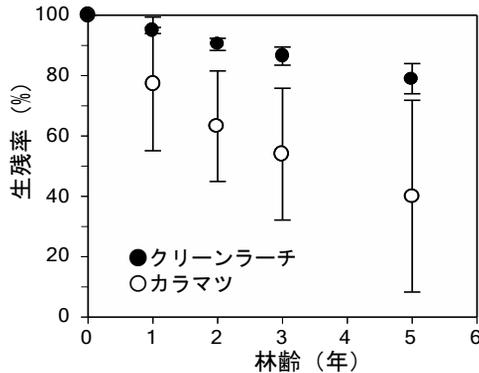


図-4 カラマツ類造成試験地における平均生残率（左）、および平均樹高（右）の推移
縦線は標準偏差を示す。

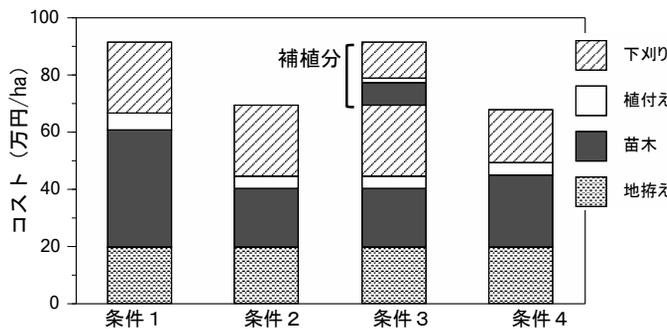


図-5 植栽から下刈り終了までにかかるカラマツ、
クリーンラーチのコスト試算

条件1：カラマツ2,000本/ha植栽、下刈4年
条件2：カラマツ1,000本/ha植栽、下刈4年
条件3：カラマツ1,000本/ha植栽、下刈4年、
補植400本/ha、下刈2年
条件4：クリーンラーチ1,000本/ha植栽、下刈3年
苗木費用は単価表（H30年度、道苗組）使用。

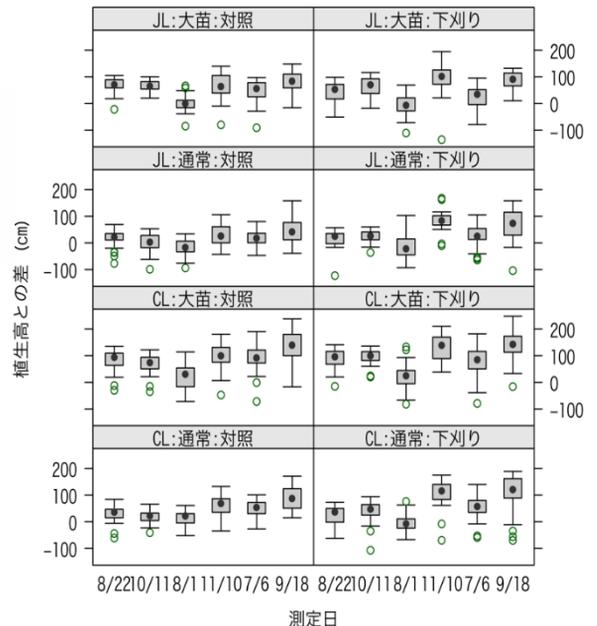


図-6 各調査時における苗木高と植生高との差
JL:カラマツ、CL:クリーンラーチ、
対照：下刈りなし、下刈り：下刈りあり

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

滝谷美香（2018）北海道におけるグイマツ雑種F1及びカラマツ人工林の成長の比較，第129回日本森林学会大会
渡辺一郎ほか（2018）下刈り機械化のための根株除去技術の検討，第129回日本森林学会大会

カラマツ種苗の安定供給のための技術開発

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：(国研) 森林総合研究所林木育種センター、青森県産業技術センター、岩手県林業技術センター、群馬県林業試験場、山梨県森林総合研究所、長野県、岡山県農林水産総合センター、宮崎大学、北海道山林種苗協同組合、(株)雪屋媚山商店

研究期間：平成28年度～30年度 区分：公募型研究

研究目的

カラマツ、グイマツ雑種F₁(グイマツ♀×カラマツ♂)の苗木不足を解消するために、種子生産性を高めるための技術開発を目的とする。種子生産から苗木生産までの過程を、花芽形成促進、種子生産、苗木生産の3段階に区分し、それぞれの段階で生産量の拡大につながる技術開発研究に取り組む。

研究方法

試験項目：カラマツとグイマツ球果内の充実種子数の計測、クリーンラーチの挿し木苗生産におけるさし付け時期、肥料、気温の影響評価

研究成果

採種林分の簡易選定方法

球果の幅1/3の位置で切断し、白い胚乳が詰まっていることを確認する。胚乳数がカラマツでは9粒、グイマツでは5粒以上あると、充実種子率60%を確保できることを明らかにした。



写真-1. 球果切断の様子



写真-2. 充実した種子が入っていない球果

虫害



写真-3. カラマツ(左)とグイマツ(右)の球果 白く見えるのが胚乳が充実した種子

カラマツの採種林分を判定する時期

冷涼な北海道北部を除き、カラマツでは種子が成熟する前の7月中下旬の時点で、9月1日以降(林業種苗法施行規則により定められた採取日)と変わらない充実種子数を確認でき、球果切断が採種林分の早期決定に利用できることを明らかにした。

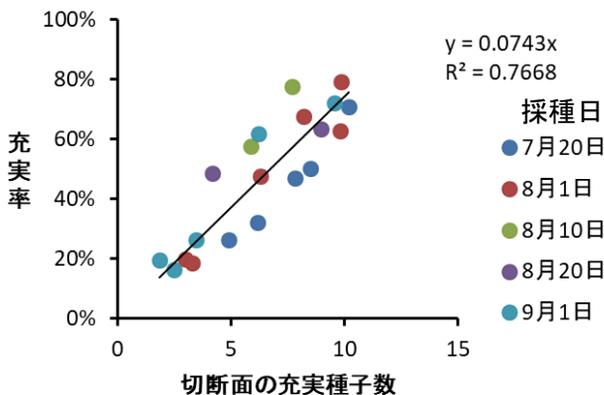


図-1. カラマツ球果の切断面にみえる充実種子数と充実種子率の関係

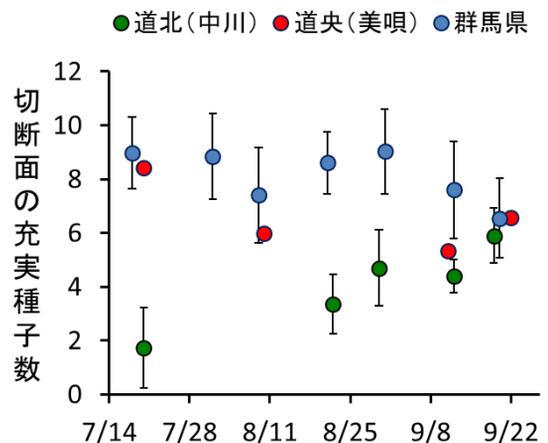


図-2. カラマツの採種時期別の充実種子数

さし木苗生産におけるさし付け時期

7月、8月にさし付けた場合は、6月にさし付けた場合に比べ、発根の始まりが遅くなり、発根率も低下する。一方、9月以降のさし付けとなると、気温が低下し日長も短くなるため、生育期間が短くなり、発根しても根が十分発達できずに根量が少なくなる。このため、さし付けは6月中に行うことが必要である。

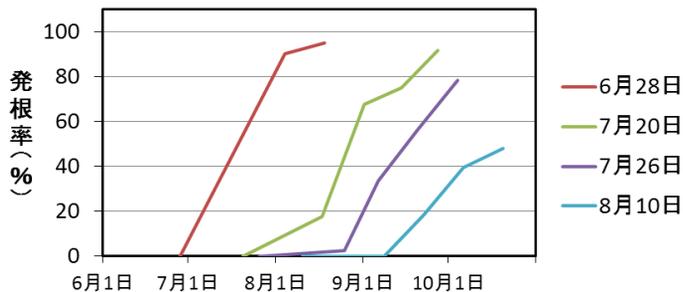


図-3. さし付け日と発根率との関係

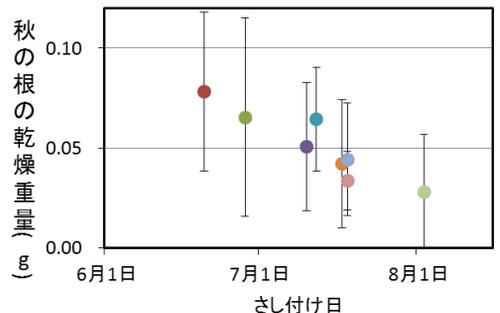


図-4. さし付け日と10月の根量との関係
色はさし付け日の違いを示す

さし木における肥料の施用

採穂台木に酸化型グルタチオンを配合した高機能性肥料を与え、用土に緩効性の肥料(N16-P9-K12、4g/用土1L)を混ぜることで、成長を促進することができた。現行の方法で育てた苗木に比べ、根量は4.0倍、苗高は1.9倍、根元径は1.7倍大きくなる。根系が十分に発達した苗木は、畑に移植した後、高い活着率と良好な成長が期待できる。



写真-4. 現行の栽培方法と改良した栽培方法の10月時点の地上部の比較

さし木の発根と気温との関係

さし木の発根能力は20℃から25℃が最も高かった。最適な気温条件ではさし付け8週目にはほとんどの穂が発根するが、15℃以下や30℃以上では発根しにくくなった。したがって、発根能力を高めるためには、日中の気温を25℃以下に抑える管理が必要であることがわかった。

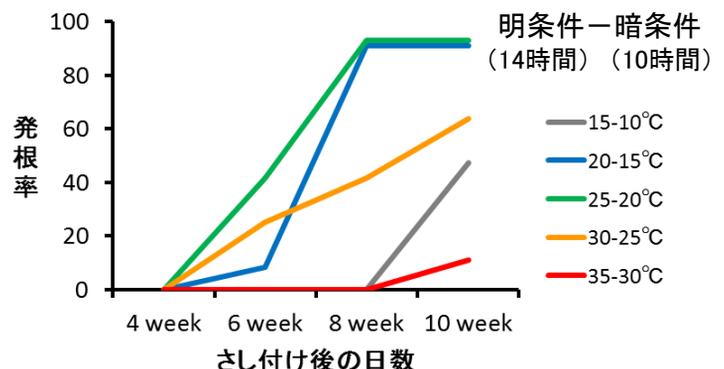


図-5. 異なる温度条件で育成したさし穂の発根率の推移

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

クリーンラーチさし木技術向上研修会(2016年7月、2017年2月、2018年3月、8月、2019年1月)
さし木増殖の手引き—増補版—, p15, 北海道水産林務部・道総研林業試験場(2018年4月)
クリーンラーチの需要に応える苗木の安定供給への取組, 森林技術924:16-19(2019年3月)

道北地域における有用広葉樹の効率的な人工造林手法の開発

担当G：道北支場

協力機関：中川町、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

研究期間：平成28年度～30年度 区分：受託研究

研究目的

道北地域では旺盛なササや高茎草本の優占地が多く、植付けや下刈りに労力・コストがかかる。植え付けを容易にし、林床植生の再生を大幅に遅らせる方法としては、これらの林床植生を根茎ごと除去する地拵え「表土除去」があるが、根茎とともに苗木の生育基盤である表土を必要以上に除去することにもなるため、植付けた苗木の成長低下が問題となっている。「表土埋戻し」は、林床植生の根茎除去と根茎に付着した表土のふり落としを同時に行う作業で、林床植生の再生を遅らせるとともに苗木の生育に適した表土を戻すことにより、下刈りの労力軽減と植え付けた苗木の成長促進を両立させられる可能性がある。本研究では、表土除去と表土埋戻しを行ったミズナラ造林地を比較し、表土埋戻しがミズナラ苗木の初期成長促進に及ぼす影響および林床植生の再生抑制に及ぼす影響を明らかにした。また、ミズナラ造林地における下刈り労力・コストの低減促進を図るため、小型自走式刈払機を使用した下刈りの作業効率・コストを明らかにした。

研究方法

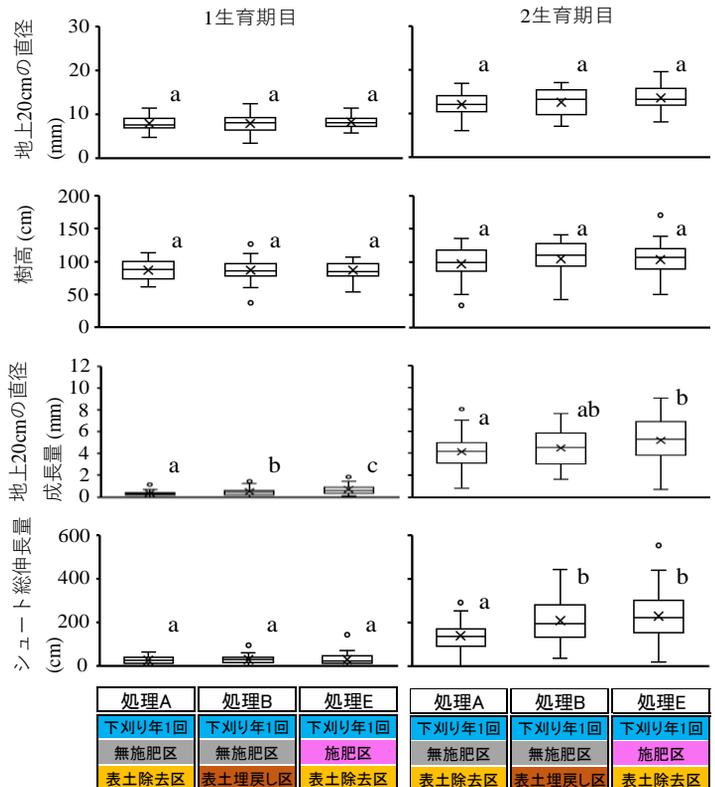
- ・植栽試験：中川町町有林にて、表土除去、表土埋戻し、施肥におけるミズナラ苗木および林床植生の調査。
- ・小型自走式刈払機の作業効率調査：耕作跡（平坦地・緩傾斜地）のミズナラ造林地において、併用作業（自走式刈払機 筑水キャニコムCG101（1人）と肩掛式刈払機（1人））と、従来作業（肩掛式刈払機（2人））による下刈りの作業効率調査。

研究成果

旺盛なササや高茎草本が優占（地拵え前）



下刈り年1回では、表土除去と比べると、表土埋戻しの効果は、2生育期目のシュート総伸長量に現れることが分かった。なお、この効果は施肥と同程度であることが分かった（図-1）。

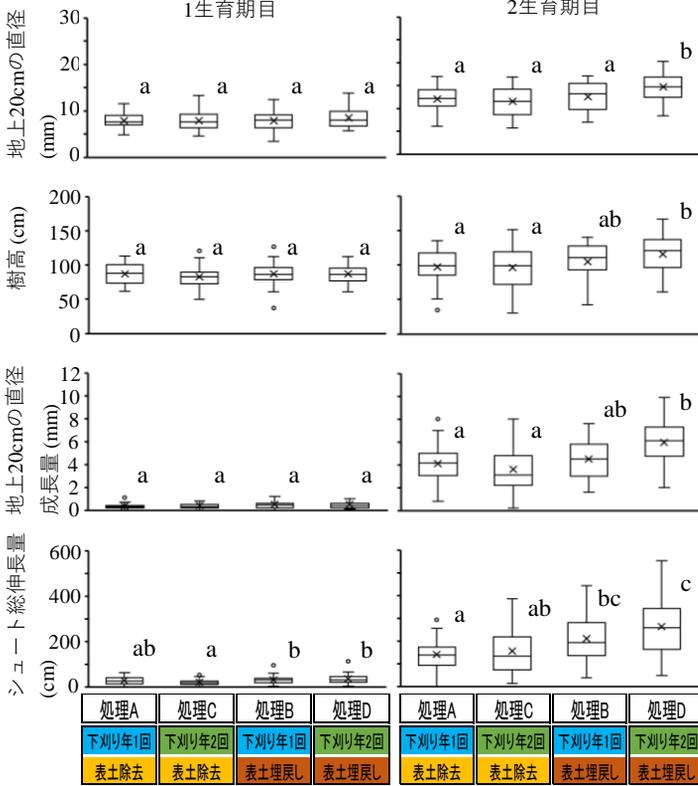


異なるアルファベット間に有意差あり

図-1. ミズナラ苗木の下刈り年1回における2生育期目までの処理別成長量

下刈り年2回では、表土除去と比べると、表土埋戻しの効果は、2生育期目の地上20cmの直径と樹高、地上20cmの直径成長量、シュート総伸長量に現れることが分かった(図-2)。

林床植生の再生については、①表土除去区では林床植生全体の再生を抑制できること、②表土埋戻し区ではササの再生は抑制できるものの、オオイトドリ・アキタブキの再生は抑制できないことが分かった(表-1)。



異なるアルファベット間に有意差あり

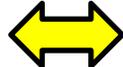
図-2. ミズナラ苗木の下刈り年2回における2生育期目までの処理別成長量

小型自走式刈払機：筑水キャニコムCG101



比較

併用作業



従来作業



表-1. 処理別の林床植生の地上部現存量

処理	生育期	下刈り回数	刈り取った林床植生の重さ (g乾重/m ²)		
			オオイタドリ	アキタブキ	ササ・その他
			タドリ	ブキ	その他
A	1年目	1回目	26.5	0.3	0.4
	2年目	1回目	25.5	5.3	6.1
C	1年目	1回目	4.6	1.4	0.1
		2回目	3.5	0.3	0.2
	2年目	1回目	17.6	13.3	6.9
		2回目	5.4	5.0	4.3
B	1年目	1回目	109.1	21.1	3.8
	2年目	1回目	279.1	85.6	50.3
D	1年目	1回目	93.2	16.9	7.7
		2回目	20.9	16.8	5.0
	2年目	1回目	17.4	73.1	6.9
		2回目	6.6	0.0	13.6
計			609.4	239.1	105.2

処理A	処理C	処理B	処理D
下刈り年1回	下刈り年2回	下刈り年1回	下刈り年2回
表土除去	表土除去	表土埋戻し	表土埋戻し

①自走式を使用した併用作業は従来作業より作業時間が短縮すること、②ただし、傾斜の増加にともない短縮できる時間が短くなることが分かった。また、併用作業の費用は、従来作業の費用と同程度であった(表-2)。

※費用は、労務費、機械損料、燃料費の合計

表-2. 地形ごとの作業種・機種別下刈り時間および費用

地形	下刈り作業	機種	作業員	作業時間		費用 (円/ha)
				平均 (分/ha)	合計 (分/ha)	
平坦地	従来	肩掛	特殊	506	893	95,000
			普通	387		
	併用	自走	特殊	264		
			普通	450		
緩傾斜地	従来	肩掛	特殊	532	918	98,000
			普通	386		
	併用	自走	特殊	281		
			普通	518		

耕作跡におけるミズナラ造林地(列間1.8m、苗間1.4mの2条植え、置幅3.0m、刈幅3.0m、平均樹高64cm)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・ 蓮井聡、来田和人(2019) 表土埋戻しや施肥がミズナラ苗木の初期成長に与える影響。北方森林研究67: 47-48.
- ・ 蓮井聡、来田和人(2019) 小型自走式刈払機の使用にともなう下刈り作業時間短縮化事例—平坦・緩傾斜の耕作跡造林地の場合—。光珠内季報, Vol.189
- ・ 林業試験場(2019) 道北地域における有用広葉樹の効率的な人工造林手法の開発報告書。36pp.

DNA解析に基づくカラマツ類育種種子の品質評価法の検討

担当G：保護種苗部育種育苗G

協力機関：中央農業試験場、東京大学、北海道大学

研究期間：平成30年度 区分：職員研究奨励事業・シーズ探索

研究目的

北海道では、カラマツ類優良種苗の普及に向け、グイマツを母親、ニホンカラマツを花粉親とした雑種F1を生産する採種園が整備される。採種園は、生産される種子の雑種率と遺伝的多様性が高くなるように設計されるが、2種を混植させた旧来型の採種園では雑種率の低さが課題だった。一方、新たに造成された単一母樹型の採種園では、若齢段階で80%以上の雑種率が実現できることがわかったが、事業的に採種されつつある現在の雑種率やその年変動、花粉親構成の偏りの有無は不明だった。そこで本課題では、新たにDNA解析用のマーカーを開発し、開発した手法を用いて雑種率や花粉親構成といった採種園産種子の品質評価を試みた。

研究方法(調査地概要や調査方法)

材料：

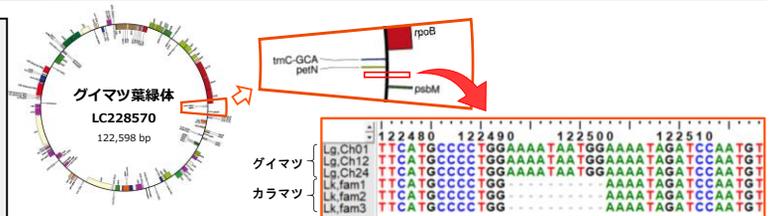
- (1) グイマツとニホンカラマツにおける葉緑体、およびミトコンドリアゲノム情報
- (2) 生産年別の道有採種園産の雑種F1育種種子('03年と、'08年から'16年のうち6ヶ年分)、採種園内の花粉親候補木

調査方法：

- (1) DNAマーカー開発；葉緑体が父性遺伝、ミトコンドリアが母性遺伝することに着目し、これらのゲノム情報より、樹種間で変異があるDNAマーカーを開発
- (2) 雑種率解析；開発したマーカーを適用して両親樹種を判定し、雑種率を算出
- (3) 親子解析；遺伝子型判定のためのマーカーセットを揃え、花粉親候補木とともにマーカーを適用し、花粉親の偏りを評価

研究成果

(1) マーカー開発 葉緑体とミトコンドリアのゲノム情報より、樹種判定用に9つのマーカーを開発した(図-1)。これらは遺伝子型判定用のマーカーセット(成果3で使用)に組み込み簡単に評価できる利点がある。



(2) 雑種率の年変動の実態 開発したもののマーカーを用いても一貫した結果を得られることを確認した。単一母樹型の採種園では、どの生産年でも高い雑種率が維持されており、年変動や豊作/凶作間の変動がないことがわかった(図-2)。高い雑種率は、自殖(近隣の同一クローン間交配)の致死が主な理由とみられる。

図-1. 開発したマーカーの概念図(cp-Lg122kの標的領域と挿入/欠失変異による種間変異)

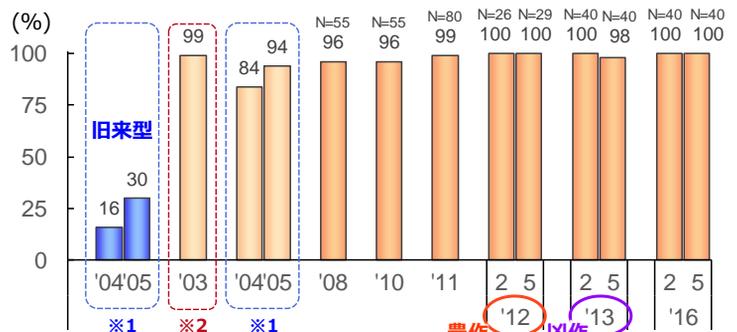


図-2. 採種年別の雑種率(2012年以降はブロック別に表示)

※1 Moriguchi et al. (2008) を参照；旧来型と単一母樹型とでシャーレ発芽させてDNA解析
 ※2 林業試験場、未発表データによる；苗床での床替え時に判定した値

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚航・今博計・成田あゆ・来田和人(2019) DNAマーカーによる採種園産種子の診断：カラマツ類の雑種率の年変動, 第130回日本森林学会大会, 新潟, 2019年3月
- 石塚航・新田紀敏・田畑あすさ・小野清美・原登志彦(2019) 植物標本のゲノム情報を用いたカラマツ属の系統復元の試み, 第66回日本生態学会大会, 神戸, 2019年3月
- 石塚航・田畑あすさ・小野清美・福田陽子・原登志彦(2018) オルガネラゲノム情報を用いた *Larix* の交配樹種・系統判別, 森林遺伝育種学会第7回大会, 東京, 2018年11月

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）の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および対応策の提案を行う。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す。

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
道内の林業事業者に聞き取り調査を行い、伐採計画策定での考慮項目（木材需要の情報等）や項目毎の重要度、伐採計画の変更可能時期を明らかにする。

②林業労働力からみた原木供給能力の推定
林業事業者の人員体制や機械稼働率等を併せて調査し、現時点での原木供給能力を分析する。

研究成果

1) 林業事業者の原木需要への対応状況

・林業事業者8社（森林組合6社、素材生産事業者2社）に対し、①伐採計画立案での優先事項及び情報源、②原木需要への対応方針、③原木の流通先及び流通経路の3点について聞き取り調査を行った。その結果、自社の製材工場がある事業者では主伐を積極的に選択していること、需要への対応は、造材丸太から選別することで対応していること、造材終了から運材・納品の期間は概ね1ヶ月と判明した（表-1）。

表-1 林業事業者への聞き取り調査結果概要

林業事業者	伐採樹種	主な伐採方法	原木需要の情報元	造材後納品までの期間
A組合(道南)	スギ	間伐	道森連, 商社, 他社工場	1ヶ月程度
B組合(道央)	カラマツ	主伐	自社の製材工場の原木在庫, 道森連	1ヶ月程度
C組合(道東)	カラマツ	主伐	自社の製材工場の原木在庫, 道森連	1ヶ月程度
D組合(道東)	カラマツ	主伐	自社の製材工場の原木在庫, 道森連	1ヶ月程度
E組合(道東)	カラマツ	主伐	自社の製材工場の原木在庫, 道森連	1ヶ月程度
F組合(道東)	カラマツ	間伐	道森連, 他社工場	1ヶ月程度
G会社(道央)	トドマツ	間伐	商社, 他社工場	1ヶ月程度
H会社(道東)	カラマツ	間伐・更新伐	自社の製材工場の原木在庫, 他社工場, 木質バイオマス発電施設	1ヶ月程度

注) 緑色の網掛け：自社で製材工場を所有する林業事業者

2) 林業労働力からみた原木供給能力の推定

・「平成29年度林業労働実態調査」(北海道)等の統計資料より、素材生産に係わる労働者数、高性能林業機械台数等を整理した。素材生産に係わる振興局別の労働者数は158±135名(平均±標準偏差)と振興局により差が大きく、素材生産量が大きいオホーツクに労働者が集中していた(図-1)。

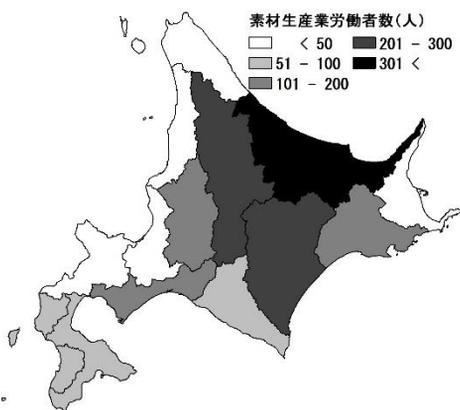


図-1 素材生産に係わる労働者数

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業者の対応状況。北方森林研究 第67号：15-18

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：保護種苗木育種育苗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×ニホンカラマツ）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のための技術の開発を本課題の中で目指す。本年はとくに、試験育成した育種材料を用いた検定林の新規造成、既存検定林の整備を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

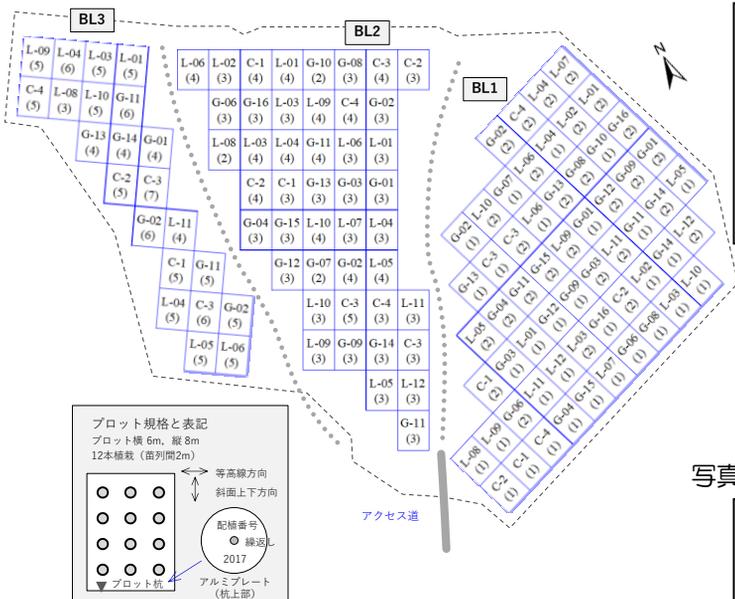
材料：

- (1) ニホンカラマツ延べ12家系、雑種F1延べ19家系を使用。新規造成検定林の対象地は環境の異なる3地域（北見市、士別市、岩見沢市）。
- (2) 既存の雑種F1検定林（富良野市）の全個体（570個体）と、採種園（訓子府町）の花粉親候補（340個体）。

調査方法：

- (1) 早期選抜可能性の評価；苗木での育成段階における成長調査と家系間差の解析、3試験地（各約1ha）への試験材料の植栽、追跡調査ならびに環境データ収集。
- (2) 特定家系選抜の可能性評価；既存検定林での成長量の年次推移と遺伝統計量推定、幼者相関解析。全植栽個体と花粉親候補からのDNA抽出、遺伝子型の判定、ならびに親子解析。

研究成果



(1) 早期選抜に向けた検定林造成 無作為プロット配植の方法を用いて、検定材料の3試験地への植栽を済ませた（図・写真）。既に樹高には明瞭な家系間差があることを確認した。自然交配の活用は効率的に苗木を確保して検定林へ導入できるため、早期選抜に向けて利点となるとわかった。



写真. 次代検定林の植栽とプロットの様子（'18年5月）

(2) 特定家系選抜に向けた調査 これまでの成長データから、遺伝統計量推定に立地の影響の加味が必要だと判断した。抽出したDNAより一部親子解析を進め、花粉親を確かに特定できることを確認した。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・成田あゆ・今博計・佐藤弘和・黒丸亮・来田和人（2019）カラマツ類の苗木の成長動態と次代検定に向けた評価,北海道林業試験場研究報告, 56, 1-13
 石塚航・新田紀敏・田畑あすさ・小野清美・原登志彦（2019）植物標本のゲノム情報を用いたカラマツ属の系統復元の試み, 第66回日本生態学会大会, 2019年3月

造林作業（地拵え・下刈り等）の軽労化に向けた多目的 造林機械の開発・改良

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道造林協会、美瑛町森林組合、北海道森林整備公社

研究期間：平成30年度 区分：受託研究（(株)筑水キャニコム）

研究目的

北海道の造林事業に従事する労働者数は減少傾向にあり、年齢構成においては高齢化の傾向にある。そのため、造林工程の機械化を進めることにより、軽労化を図るとともに魅力ある作業にして、若年労働者の定着率を上げる必要がある。そこで、新たに開発された地拵え・下刈り機能を有する機械（(株)筑水キャニコム社製 CG510KZCYT 山もっとジョージ）について、林地での実証試験を実施し、その性能を明らかにする。

研究方法(試験概要と開発機械の概要)

地拵え（根株粉碎）、下刈り工程に関する試験を美瑛町および京極町で実施した（表-1）。両試験地ともにカラマツ人工林主伐後2年半が経過。美瑛町は未植栽地、京極町は試験実施時に植栽1年経過したトドマツがあった。傾斜について、京極町では試験地の斜面中腹に最大傾斜27度の横傾斜地があった（図-1）。
表-1 試験地概要

場所(市町村)	美瑛町	京極町(図-1)
調査期間	H30.9.10～14	H30.7.11、10.9～18
所有形式	一般民有林	一般民有林
標高	500m	330～370m
傾斜	5～20度	0～27度
主伐時期	H28年3月	H28年3月
前生樹	カラマツ61年生	カラマツ45、49、51年生
植栽	未植栽	H29年10月トドマツ
植栽密度	—	1800本/ha(列間2.7m、苗間2.0m)
試験項目	<ul style="list-style-type: none"> ・根株粉碎性能 ・スパイク効果 ・コンテナ苗運搬機 ・レーキ作業 	<ul style="list-style-type: none"> ・根株粉碎性能 ・下刈り作業工程 ・従来方式(7月) ・根株粉碎付き(10月)

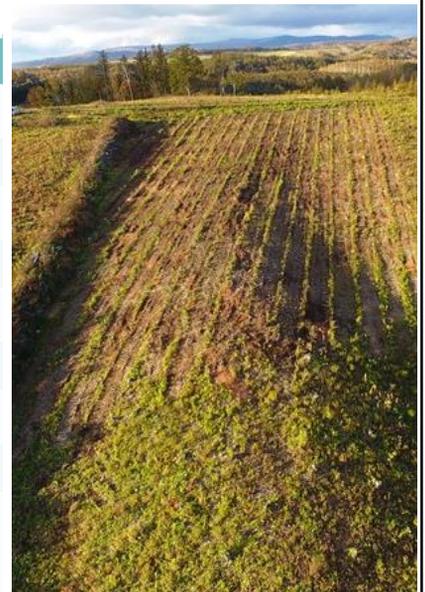


図-1 下刈り試験後の現地(京極町)

表-2 開発機械の概要

ベースマシン		マルチャーアタッチメント	
全長	3.555m	愛称	オーロラランプシエバー
全幅	1.605m	刈り幅	1.2m
全高	2.255m	刃数	40枚(10枚×4列)
最低地上高	0.260m		
機械質量	2440kg		



図-2 新たに開発・改良された小型マルチャー
((株)筑水キャニコム社製)

林業仕様機への開発・改良は、作業の安全性の確保、根株粉碎可能な機能、複数の工程での機能を目指とした。開発機械は機械運搬が容易に出来るように小型機械をベースとした（表-2）。操縦席のガード、機械腹部のアンダーガード、クローラの滑り止め、根株粉碎機械（マルチャー）が開発され（図-2）、複数工程への対応として、残材除去のための装置（レーキ）、植栽苗などの運搬装置が開発された。この開発機について、主に、根株粉碎機械の性能調査を実施した。

研究成果

1) 根株粉碎機（マルチャー）の性能

- ・カラマツ根株粉碎性能について、最も熟練した作業者のデータを用いて評価した（図-3）。
- ・粉碎した根株の平均直径は32.6cm（最大51cm，最小18cm），同じく平均高さは25.4cm（最大60cm，最小10cm）であった。
- ・本事業において目標とした根株の大きさ（根株直径30cm，根株高さ25cm）に当たる根株体積0.018m³での粉碎時間は75秒となり、目標とした根株粉碎時間の90秒を達成できた。
- ・ただし、作業者の熟練度などによる粉碎時間に差があり、根株体積0.018m³を代入して計算したところ、粉碎時間には最大2倍の差が発生した（図-4）。この機械によって根株粉碎作業を効率的に行うには、機械操作や粉碎方法などに一定程度の練度が必要であることが示唆された。

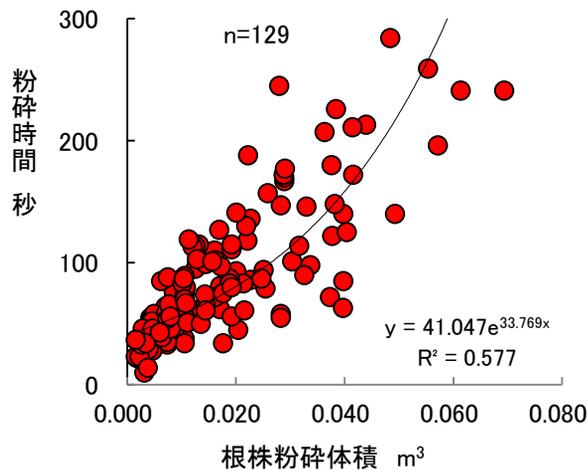


図-3 カラマツ根株の体積と粉碎時間の関係（美瑛町、京極町）

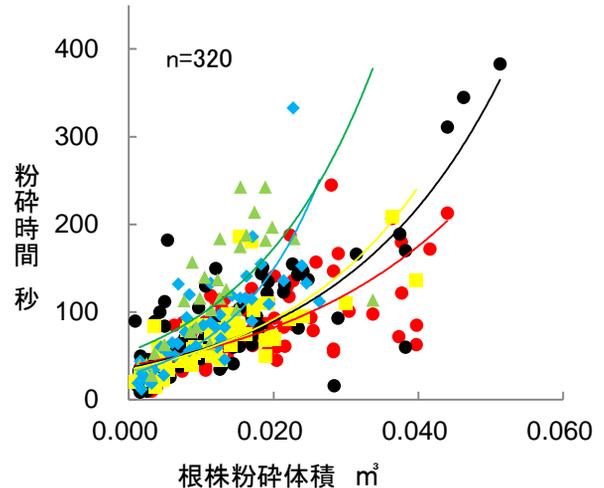


図-4 5人の作業員別にみた根株の大きさと粉碎時間の関係（京極町）* 色がそれぞれの作業員を表す

2) 下刈り作業工程

- ・マルチャーによる下刈り作業工程について、肩掛け式刈払い機による通常方式と比較検討した（図-5）。
- ・下刈り作業は、トドマツ植栽1年後の植栽列間（2.7m）で実施した。
- ・マルチャーによる下刈り作業は、カラマツの伐根（570本/ha）を粉碎しながらの作業である（図-6）。
- ・また、根株除去後の下刈り作業工程について、根株を粉碎した後の復路を対象とした。
- ・作業面積は0.64ha、作業時間は620分で、根株粉碎作業込みでの作業工程値は0.062ha/時となった。
- ・また、根株粉碎作業無しでの作業工程値は0.239ha/時となった。
- ・よって、マルチャーによる下刈り作業工程値は、通常方式に比較し、根株粉碎作業込みでは8割程度、根株粉碎作業無しでは3倍になる事が分かった。

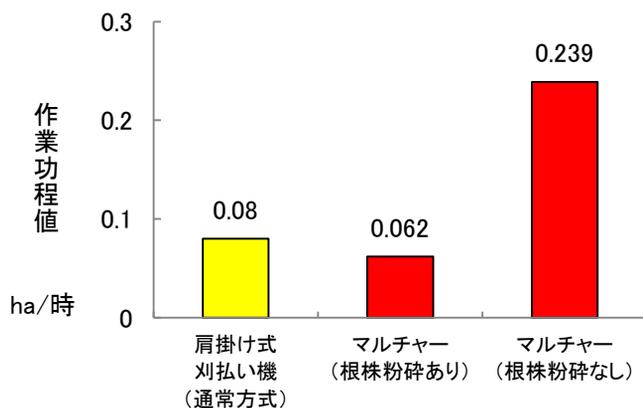


図-5 下刈り作業工程の通常方式との比較（京極町）



図-6 横傾斜での下刈り作業の様子（京極町）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 渡辺一郎（2019）新たな小型マルチャーによる根株粉碎性能、第130回日本森林学会大会（新潟市）
 渡辺一郎（2019）平成30年度スマート林業構築事業報告書、48～59、林野庁
 渡辺一郎（2019）造林作業機械化への挑戦 -根株粉碎機能を有した自走式刈払い機の性能-、平成31年北海道森林づくり研究成果発表会（札幌市）

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：森林総合研究所（主管）、三井物産フォレスト（株）、九州大学ほか

協力機関：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)

調査地：新規のカラマツ類植栽試験地（浦幌町）
（三井物産社有林、約2ha）

調査地：グイマツ雑種F₁植栽密度別試験地
（美唄市、林業試験場実験林）

植栽密度： 500、1000、2000、4000、
（本/ha） 8000

○新規カラマツ類植栽試験地

調査方法：植栽準備（植栽列の設定）
地形測量（UAV撮影）

○グイマツ雑種F₁植栽密度別試験地

調査方法：既存データの整理・集計（胸高直径）

研究成果

○新規のカラマツ類植栽試験地

優良育種苗を含むカラマツ類植栽試験地を造成するための準備を行った（浦幌町、約2ha）。地形の違いが植栽木の成長などを与える影響を調査するため、UAVによる空撮画像から数値表層モデル（DSM）を作成した（図-1）。また、植栽列を決めるための測量を行った。

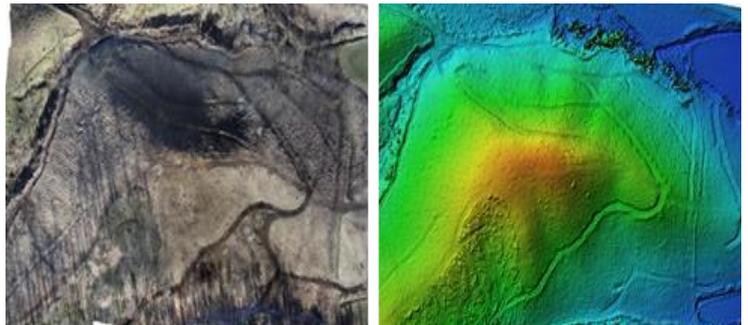


図-1 新規のカラマツ類植栽試験地のオルソ画像（左）と数値表層モデル（右、DSM）（浦幌町、約2ha）

○グイマツ雑種F₁植栽密度別試験地

施業モデルの構築を検討するために必要な植栽密度と肥大成長との関係について、グイマツ雑種F₁の既設試験地（美唄市）のデータを整備した（図-2）。

6年次の平均胸高直径（DBH）は、植栽密度間で大きな違いが認められなかったものの、その後、林齢とともに密度の影響が顕著になり、密度が低い林分ほどDBHが大きくなった。

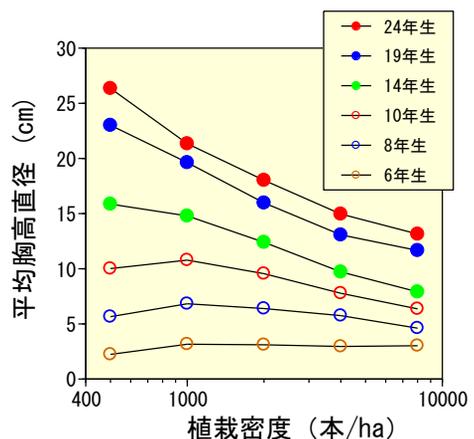


図-2 グイマツ雑種F₁植栽密度試験地における平均胸高直径の推移

研究成果の公表

・大野泰之・来田和人（2019）グイマツ雑種F₁幼齢林における植栽木の樹高成長と樹形。第130回日本森林学会大会