

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。林業試験場の担当は、従来の研究では捉えられなかった走行後1～4年間に於いて同一作業道の経年変化を追い、土壌締固めからの回復過程（経時パターン）を検証する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

試験地

月形：集材路（2017年作設）支線区間
美唄：作業道（2012, 2015年作設）
当別：集材路（2016年作設）緩勾配、急勾配区間
各試験地の対照：周辺林地

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）

研究成果

■Nc値（5kgのおもりを0.5mの高さから自由落下させ、ロッドが0.1m挿入される打撃回数）の値から佐藤ら（2018）が考案した汎用的に締固め程度を評価する土壌締固指数（対照と同じになると1.0）により回復過程を評価する。

佐藤弘和ら（2018）トドマツ人工林間伐時の車両走行により締め固められた集材路における土壌貫入抵抗の経年回復。日林誌 100：110-115.

【月形の事例】

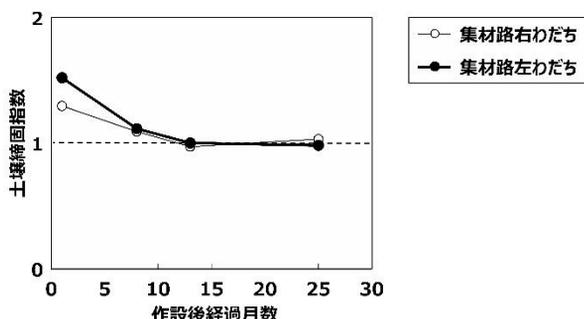


図-1 月形試験地における土壌締固指数の経年変化



写真-1 月形試験地の植生回復 作設25か月後

月形では、作設後1年で林地レベルまで回復していた（図-1）。これは作設時のインパクト（のり面形成土工や路面転圧など）が小さかったことが理由として考えられた。同試験地の作設25か月後には、ほぼ路面のみにスゲ類が繁茂した（写真-1）。

【美唄の事例】

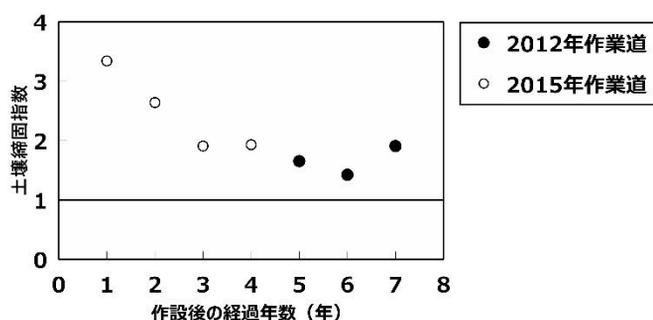


図-2 美唄試験地における土壌締固指数の経年変化

作業道として作設された美唄2015年（作設）作業道では、作設後1～3年で指数が急減するが、4年目は微増した（図-2）。路面での植生も、1～3年で被度が急増したが、4年目では増加割合が低下した（写真-2）。2015年作業道のデータから求めた指数回帰式による予測では、対照区間レベルに至る回復年は17年と推定された。

作設後5～7年になる美唄2012年（作設）作業道では、経年変化による土壌締固指数の低下はみられなかった（図-2）。この理由として、幹線利用により車両走行による締固めの度合いが大きかったことが示唆される。



写真-2 美唄試験地の植生回復 左から作設1年後、2年後、3年後、4年後の様子

【当別の事例】

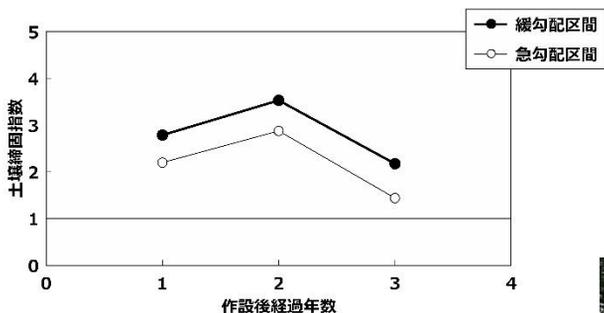


図-3 当別試験地における土壌締固指数の経年変化 ※作設後2年後に土壌締固指数（＝調査区間のNc値の加重平均／対照区間のNc値の加重平均）が増加したのは、締め固められた調査区間におけるNc値の加重平均値（分子の値）が作設後1年目より低下していたものの、林地の加重平均値（分母の値）の低下がそれより大きかったためである。

当別では、作設後2年目を除き、3年目では1年目より締固指数が低下したが、1.0には至らなかった（図-3）。ただし、急勾配区間での締固めは、経過年に関わらず緩勾配区間より小さかった。車両の勾配抵抗（車重×sinθ（θ：路面勾配））が大きくなる急勾配区間では、登坂・降坂時において履帯の突起部による土の練り上げが大きかったことが示唆される。緩勾配区間より急勾配区間での植生繁茂が多かった（写真-3）。



写真-3 当別試験地の植生回復 左：緩勾配区間、右：急勾配区間

■試験地の概要と回復傾向を一覧できるように、表-1にまとめた。

路網作設と車両走行による土壌締固めの回復年は、集材路では1年と早い事例もあったほか、先行研究（佐藤ら 2018）も考慮すれば5年程度は掛かることが推測される。ただし、作設時のインパクトが大きい作業道では、回復年は10年を超えるようである。

表-1 調査区間の特徴と回復傾向

試験地	調査区間	クラス	幹支線	のり面の有無	作設経過年	回復傾向
月形	左右わだち	集材路	支線	両のり面なし	0～2年	1年で回復
美唄	2012年作業道	作業道	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～4年	1～3年で急回復。4年目で回復が止まる。推定17年で回復
	2015年作業道	作業道	幹線	切土のり面・盛土のり面あり	4～7年	5～7年で回復傾向なし（データは5年目からのものを使用）
当別	緩勾配区間（勾配0.9°）	集材路	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～3年	3年目回復途中
	急勾配区間（勾配9.8°）	集材路	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～3年	3年目回復途中（緩勾配より早い）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・ 佐藤弘和ら（2019）集材路での車両走行後における土壌物理性の回復。第130回日本森林学会大会企画シンポジウム（新潟）
- ・ 倉本恵生ら（2018）同一林分内の作設年代の異なる森林作業道上の植生発達。北方森林研究 66：23-26
- ・ 佐藤弘和ら（2017）過去に使った森林作業道の再利用―道路の締固めは重要です―。光珠内季報 182：6-10

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：道南支場

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～R1年度)
知的障がい者のための森林教育活動の立案・実践に必要な配慮事項探索のため、活動を構成する諸要素(テーマ・時間配分・指導者の働きかけ等)と評価の良否との関係性を明確化することを目的に、知的障がい者施設・特別支援学校等での森林教育活動の実践・活動構成諸要素の把握と支援者(施設職員・教師等)からの情報収集(アンケート調査)に取り組んだ。

昨年度に用いた活動評価に影響を与えると考えられる条件を再検討し(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)、事例数を118(H16～R1年度に実践した活動)に増やして統計手法(因子分析・数量化I類)を適用した。

その結果、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ところ、「場所」「参加形態」「移動」「動植物」「安全管理」「時間」「不快指数(活動実施日の天候)」への配慮の重要性が見出された(図-1)。

2) 重度者の参加様態の精査(H28～R1年度)

重度者の参加への配慮事項として「内容」「場所」「参加形態」「移動」「要求動作」「器材」「動植物」「安全性」「時間」「降雨」「不快指数(活動実施日の天候)」が強く求められることがわかった(図-2)。

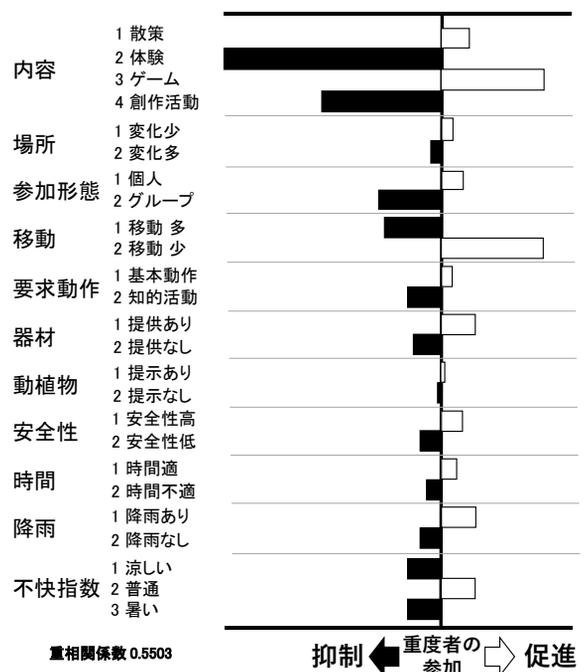
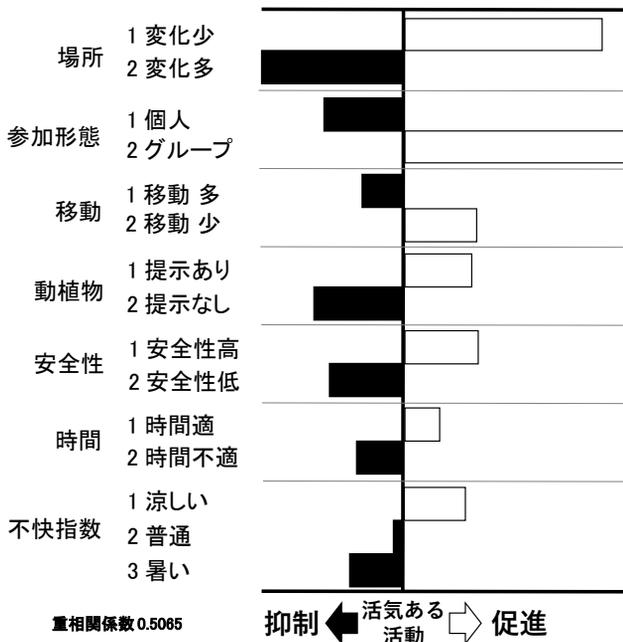


図-1 活気ある活動づくりに関連する条件

図-2 重度者との活動づくりに関連する条件

3) 森林活動のストレス低減効果の検討 (H28~R1年度)

森林体験活動の実施前後に心拍数を指標とするストレス測定を継続的に実施した。被験者の活動前のストレスの状況を概観すると、①常に高ストレス(スコア ≤ 40)、②高ストレスと低ストレスが混在(スコア ≤ 40 ・スコア > 40)、③常に低ストレス(スコア > 40)に大別できた。これらのうち、常に高ストレスの被験者、高ストレスと低ストレスが混在している被験者の「高ストレス時」の測定結果(活動前後のストレススコア)に統計手法(対応がある場合のWilcoxonの符号付き順位和検定)を適用した(図-3)。

被験者の森林での活動前後のストレス値の変化を比較したところ、散策型の活動において、より多くの参加者のストレスが軽減されることが示唆された(図-4)。散策型の活動においては被験者9名のうち6名(被験者A,B,D,E,I,M)にストレスの低減が認められたのに対し、体験・ゲーム型の活動において有意な差が認められたのは6名中3名であり、そのうちの2名(G,P)はストレスの低減が認められたが1名(I)はストレスが高まる状況が認められた(図-5)。思い通りに穏やかに過ごすことが主体の散策型の活動に対し、体験やゲーム活動は参加者の情動への訴求が大きく、このために高ストレス(交感神経優位)の状況が作られやすいと推測された(図-5)。



- G1 常に高ストレス (交感神経優位な人: ストレス状態)
- G2 高ストレスと低ストレスが混在 (交感神経優位だったり副交感神経優位だったり)
- G3 常に低ストレス (副交感神経優位な人: リラックス状態)

- G1とG2の高ストレス時の測定結果
- 活動前後の測定値の差の検定を実施 (対応がある場合のWilcoxonの符号付き順位和検定)
- 検定の枠組: 森林散策活動・体験活動やゲーム

図-3 ストレス値の比較の枠組み

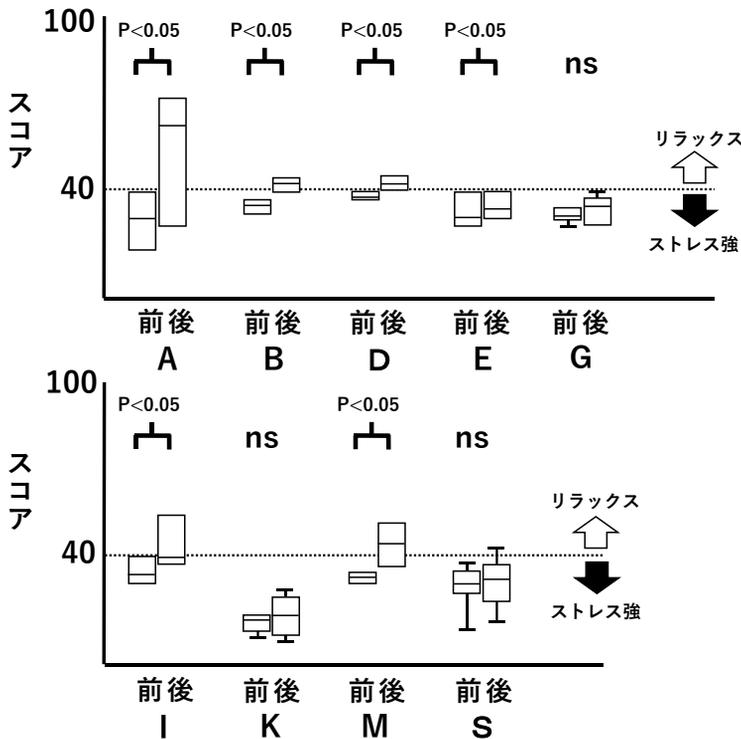


図-4 散策活動時のストレス値の変化

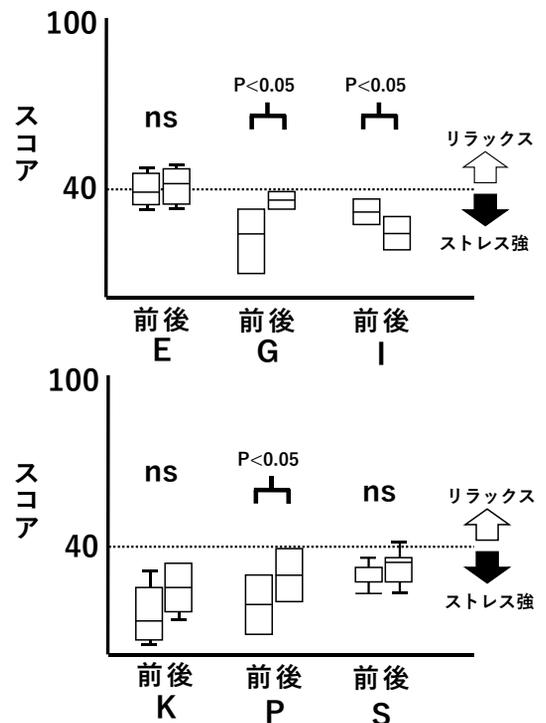


図-5 体験・ゲーム活動時のストレス値の変化

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

—講演・実技研修—

- i 2016.09.09 知的障がい者のためのプログラムの紹介と実践(北海道夕張高等養護学校の教師・生徒:夕張市)
- ii 2017.09.08 知的障がい者のためのプログラムの紹介と実践(北海道夕張高等養護学校の教師・生徒:夕張市)
- iii 2018.02.15 障がいのある人たちのための森林活動の実践(北海道函館盲学校の教師・生徒-蝕察活動を主体に-:函館市)
- iv 2018.08.25 知的障がい者のための森林体験活動の進め方(札幌協働福祉会職員・施設利用者とその保護者:仁木町)
- v 2019.06.07 知的障がい者のための森林体験活動の実践(札幌協働福祉会事業所施設長を対象とした研修:仁木町)
- vi 2019.10.05 科学へジャンプ・イン・北海道(視覚に障がいのある児童生徒のためのプログラムの展開:札幌市)ほか

—刊行物—

- i 「障がい者の利用」を視点とした森林公園の路網状況の評価:光珠内季報181号
- ii 施設の職員から見た知的障がい者に望ましい森林体験活動の条件とは?:光珠内季報185号
- iii 知的障がい者のための森林活動への電波探知技術の利用-簡易FOX送信機の作成と森林活動の実践-:光珠内季報189号
- iv 森林体験活動時における知的障がい者のコミュニケーションの特徴-参加者のコミュニケーションパターンの類型化から考える-:光珠内季報193号

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：北方建築総合研究所地域研究部環境防災G（主管）、
地質研究所地域地質部地質防災G、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

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：重点研究

研究目的

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時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(調査地概要や調査方法)

調査地について
調査地：釧路市有林（音別海岸防災林）
林帯サイズ：幅100m、長さ1000m
樹種：グイマツ、カシワ

調査および津波シミュレーション方法
調査方法：16.7m×100m帯状区の毎木調査
測定項目：胸高直径、樹高、枝下高
シミュレーション方法：二次元非線形長波方程式

研究成果

1. 海岸保全施設等の整備による津波の勢いの変化の予測

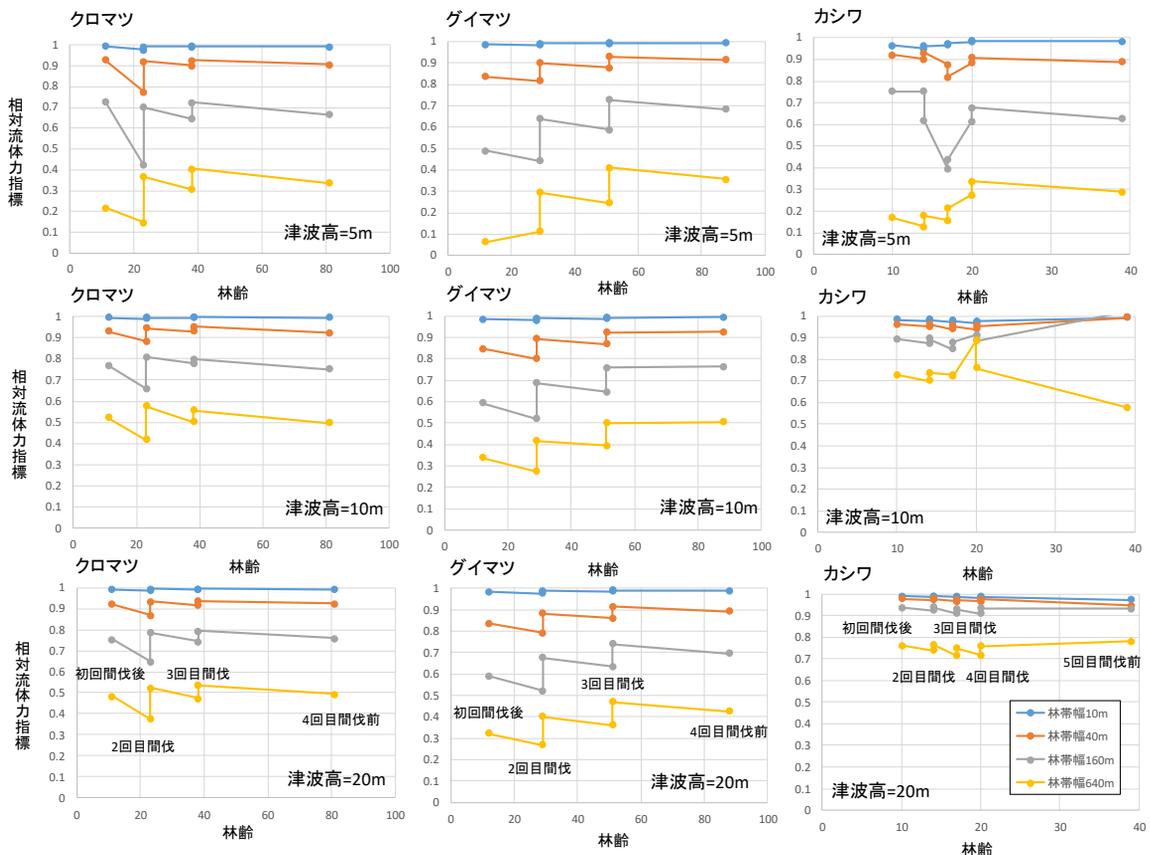


図-1 主要3種海岸防災林の施業体系に沿った津波減勢効果の時系列変化。相対流体力指標は林帯後方の流体力指標（水深×流速²で流れの勢いを示す）の林帯が無い場合を1とした相対値。

一定の地形を仮定し、林帯幅、津波高を変えて林帯背後の流体力指標を計算したところ、間伐後から次の間伐にかけて減勢効果が大きくなり、間伐後に小さくなるというサイクルを繰り返した(図-1)。地域の防災対策を検討する上では、初回間伐から減勢効果が発揮され、その後も大きな変化がなく推移することを前提としてよいと考えられる。

2. 釧路市音別町での実証的展開

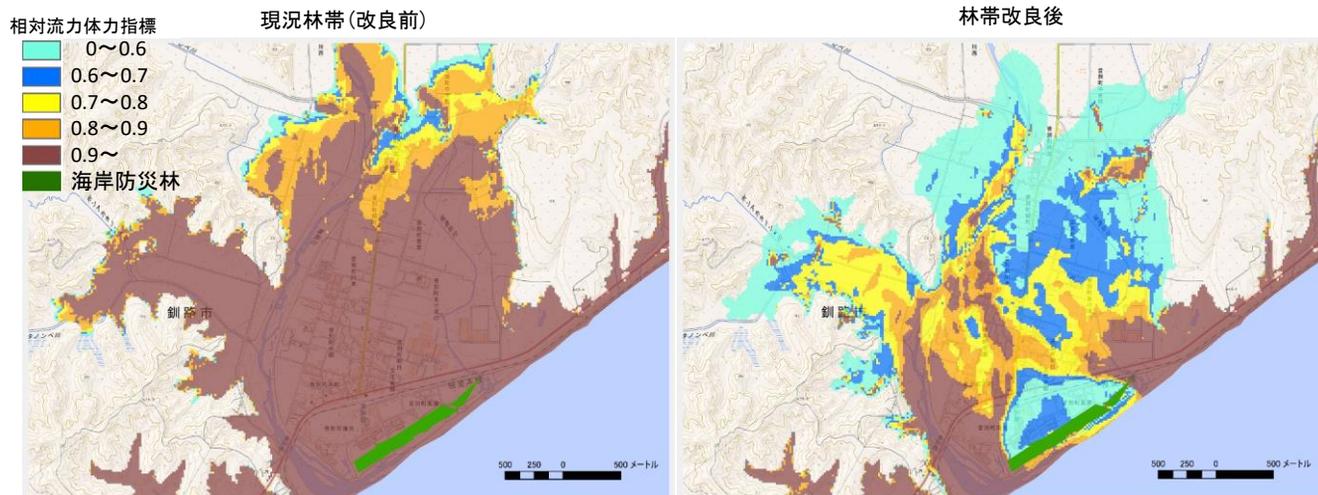
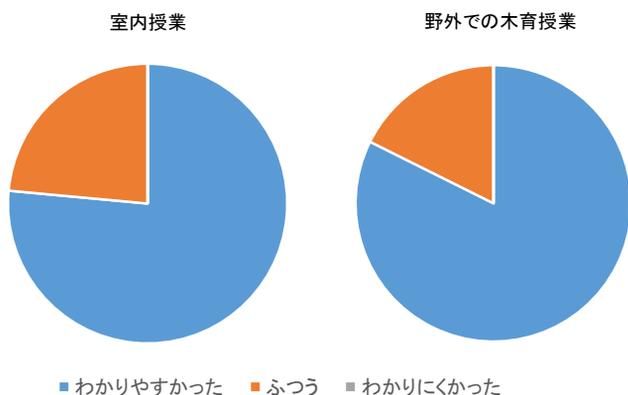
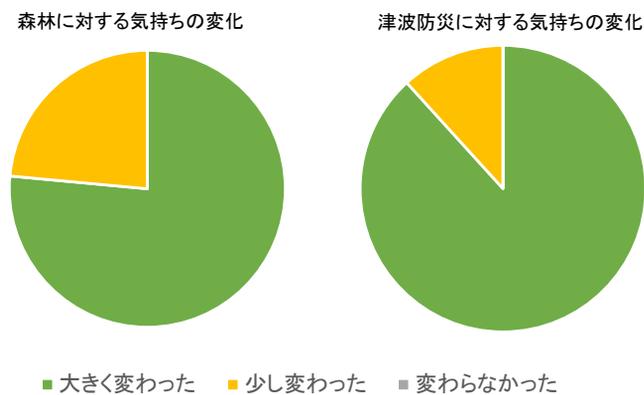


図-2 釧路市音別町の海岸防災林の改良工事（林帯の海側に堀と盛土を造成し、盛土上には植栽を行う）を行った場合の相対流体力指標の変化。

改良工事に先立って、改良の効果をシミュレーションにより計算したところ、現況に比べて改良後には減勢効果が大きくなることが明らかになった(図-2)。計算結果を事業主体に伝えることにより、計画が事業に結びついて実証的展開が図られた。



■ わかりやすかった ■ ふつう ■ わかりにくかった



■ 大きく変わった ■ 少し変わった ■ 変わらなかった

図-3 室内授業、野外授業のわかりやすさ

図-4 授業前後の森林や津波防災に対する気持ちの変化

防災林の改良工事を地元住民の防災意識啓発に結び付けるため、音別小学校5、6年生を対象に室内での森林、防災に関する授業、改良工事の盛土上での木育授業、植樹体験を行った。参加児童へのアンケートでは、授業は「わかりやすかった」が多数を占め(図-3)、森林や津波防災に対する気持ちの変化が「大きく変わった」が多数を占めた(図-4)。海岸防災林の改良工事を活用した津波防災教育には一定の効果があったと考えられ、地域防災力を高める意味で地域への実証的展開が図られた。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

佐藤創・田中規夫・鳥田宏行・真坂一彦・阿部友幸・岩崎健太・佐藤弘和(2017) L2津波によるカシワおよびグイマツの被害パターン。北方森林研究65:75-78。
 君和田祐弥・田中規夫・佐藤創・座波健仁・五十嵐善哉(2018) 既存海岸林の海側スペースに堤防と堀を導入するハイブリッドな津波減勢手法に関する研究。土木学会論文集B1(水工学)74(5):1,1243-1,1248。
 五十嵐善哉・座波健仁・田中規夫・佐藤創・鳥田宏行(2018) クロマツ防潮林の間伐と成長段階に応じた津波減勢効果と樹木破壊割合の変化。土木学会論文集B2(海岸工学)74(2):1,229-1,234。
 佐藤創(2018) 今後の津波に備えた海岸防災林整備。森林科学84:27-29。
 佐藤創(2020) 海岸防災林は津波による被害をどのくらい弱めるか?グリーンテック60。

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

「流域圏」は人間を含めた生物の共生空間であるとともに、農林水産業や工業を営む上で重要な基盤であり、「流域圏」の持続性を高めるための取り組みが求められている。上・中・下流（森・川・里・海）を通じて営まれる一連の人間活動（各種産業や都市生活）のつながりを扱うには、研究分野を横断して水・物質循環の視点から流域圏を理解することが不可欠である。

本研究では、常呂川流域圏を対象に、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、水・物質循環の状況を明らかにした。さらに、流域圏内の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調査した。

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：

- 常呂川流域における浮遊土砂（SS）の定量的評価
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）において出水時に採水し、イベント時データを加味しSS負荷量を算出する。
- 浮遊土砂（SS）流出特性の長期的変化
公共水質データの収集と解析を行う。

研究成果

- 常呂川流域における浮遊土砂（SS）の定量的評価
 - ・年間の浮遊土砂（SS）負荷量を精度よく推定するため、出水時の現地採水に有効とされるライジングステージ・サンプラー（写真-1）を常呂川流域5地点に設置し、採水分析を行った。
 - ・試料から得られたSS濃度に流量を乗じて負荷量を算出し、流量との対応関係を検討したところ、出水時に増大する傾向が明瞭に見られた（図-1）。
 - ・平水時SSの関係式に、出水時SSの関係式を併用して年間負荷量を計算したところ、平水時の関係式のみで計算した値の2～10倍になった。
 - ・これらの差は、とくに下流地点で大きくなったことから、出水時の流出特性データを加味してSS負荷（濁り）の影響を評価することが重要であると考えられた。



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。

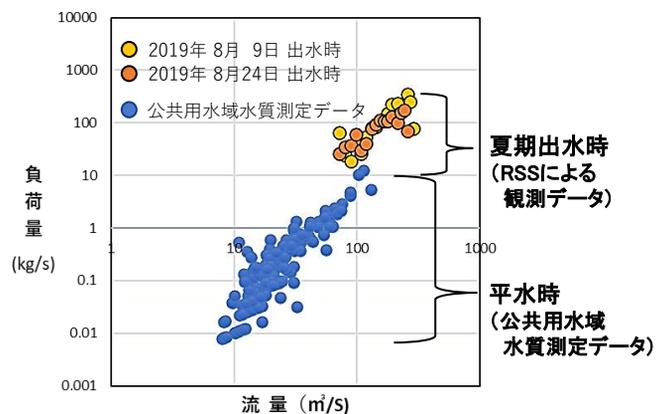


図-1 常呂川最下流地点（上川沿）における採水試料から得られたSS負荷量と流量の関係
2019年8月の降雨出水時に採水した試料水データを使用。

●浮遊土砂(SS)流出特性の長期的変化

- ・常呂川本・支流におけるSS流出量の長期的変化を把握するため観測資料を収集、とりまとめた。
- ・下流地点(上川沿)では、連続観測を開始した1973年以降、1980年ごろまでのSS濃度が高い水準※にあり、1980年代以降に比べ平水時の水質レベルが悪かったことが示された(図-2)。

※生活環境の保全に関する環境基準では、河川水のSS濃度は25 mg/lと定められている(昭和46、12、28環境庁告示第59号)。

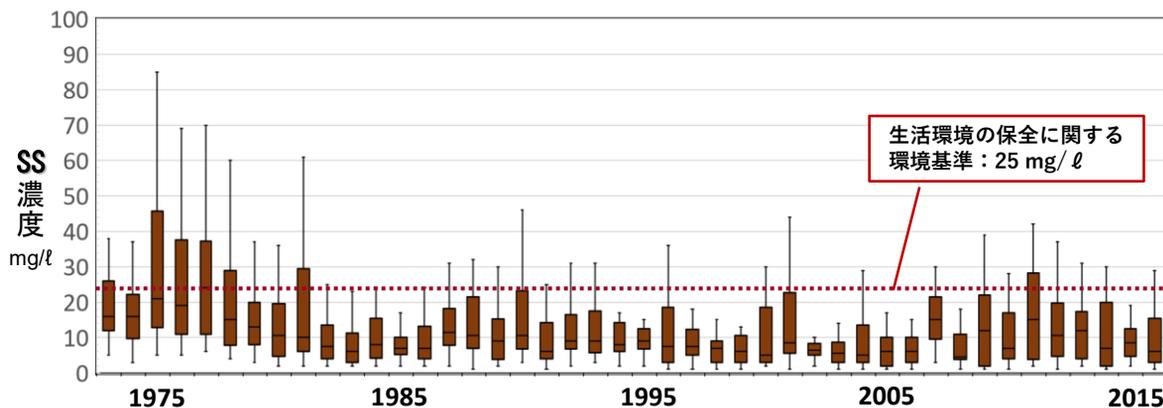


図-2 常呂川下流地点(上川沿)における平水時の濁り(SS濃度)の1973-2016年の推移

データ出典：北海道の水環境 (<http://envgis.ies.hro.or.jp/index.asp?category=mizu>)

- ・各年、毎月観測されたSSの値をプロットしたもの。
- ・箱の下端はその年の観測値の第1四分位を、上端は第3四分位を示す。

- ・1973~2016年のSS濃度と流量データを整理し、流量-負荷量関係式(LQ式)を求め、時代ごとの特性を比較した。
- ・低水量時のSS負荷量は1970年代のほうが高く、2010年代は改善されている傾向を示したが、流量増加に対する負荷量の増加傾向が異なり、2010年代は、流量が増加すると一気に濁る傾向にあることを示した(図-3)。
- ・この流量-負荷量(LQ)関係の変化の要因として、低地域の作付変化(水田→たまねぎ)や水利用の変化などが想定されるが、複合的と考えられる。
- ・将来に向けては、大雨(降雨強度の大きなイベント)の頻発が懸念されることから、下流域へのSS流出量増大が予想される。

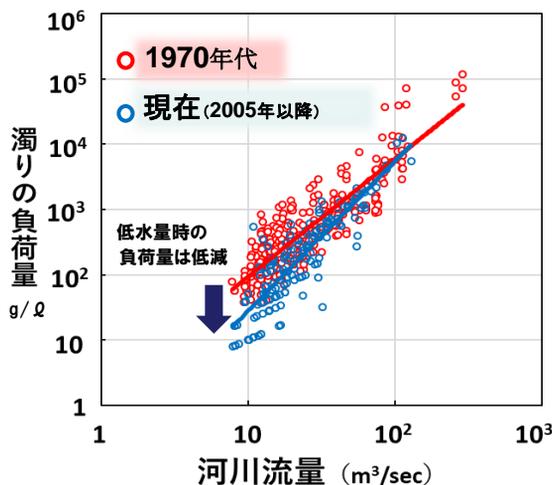


図-3 常呂川最下流地点(上川沿)における平水時SSの流量-負荷量関係の年代による違い

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を検討する。

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

2) 新たな蜜源の環境整備調査(2017～2019年度)
足寄町活込地区(写真-1)において方形枠(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(3区画・30プロット)。2019年度も2018年度に引き続きクローバーの開花が少なく、各プロットで見出された花の数は計74であった。2019年度においても採蜜に足りる花の密度が保たれておらず、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(後に蜂場に蜂箱を置いている養蜂業者に照会したところ、クローバー蜜の収穫はなかったことが確認された)。

2017年はクローバーの花の密度が著しく高く、多くのクローバー蜜が得られたが(1蜂群あたり24Kg, 1haあたり43.6Kg)、2019年もクローバー蜜が得られる花の密度に未達であったと推測される。

2018年に引き続き花の数が少ない理由として以下の点が考えられた。

①クローバーの開花と気象条件

開花が多かった2017年と開花がなかった2018年、2019年の気温・日照時間・降水量をみると、気温については、2017年は7月上旬に20℃を超える状況であったのに対し、2018、2019年は約15℃と低かった(図-1)、日照時間は2017年の7月上旬で約100時間であったのに対し、2018、2019年は約50時間程度に止まっていた(図-2)、降水量は2017年、2019年はほぼ同様であったが、2018年は著しく多かった(図-3)ことが、花数が少ない要因として考えられた。また、牧草としての利用を図る場合、クローバーは他のイネ科草本と一緒に播種し、上繁草(イネ科草本)と空間を立体的に使って生育させて収量を増大させるが、今回示したような気温・日照時間・降水量の問題は、上繁草の収穫(一番草の収穫)を遅れさせることにもつながり、結果として下層のクローバーが上繁草に覆われた状態となり、ミツバチの訪花を妨げる状況が生じる。

②セイヨウミツバチの訪花

クローバーの蜂蜜は北海道においては道東地域が主産地である。道東地域の気候的特徴として、夏期の気温上昇があまり大きくない点と気温の較差が大きい点が挙げられる。また、北海道特有の現象として、オホーツク海高気圧による冷たい北東季節風がもたらす「曇りがちで肌寒く、ぐずついた天候」(蝦夷梅雨)が見られる。クローバーの採蜜期である6～7月(初夏)はこのような状況を背景に寒暖の差が大きく、ぐずついた天候となりやすい。

こうした気候下にセイヨウミツバチは訪花を行うが、その活動に適した気温は概ね18～25℃といわれ、17℃を下回ると巣箱から出ることがなく採蜜が行われない。図-4に、2017年から3年間の気温の推移とセイヨウミツバチの活動温度の下限(18℃)を示す。これによると、2017年は6月上旬より気温が上昇し下旬には18℃を超え、さらに7月上旬には約23℃となり、セイヨウミツバチの活動に適した気温であった。一方、2018、2019年はその上昇が鈍く、7月上旬においても気温が18℃を下回っており、訪花を行う条



写真-1 調査地と蜂場の位置(足寄町活込地区)

件が整っているとは言い難い状況にあると考えられた。

③クローバーの開花・結実習性

クローバーの開花と日長・気温・光量との関係性に関する過去の調査事例からは、長日条件や光量が多い条件はクローバーの開花盛期を早め、花の数を一時的に増加させるが、その後の個体・群落の生育力の減衰も早まるため種子採取量の減少につながる事が指摘されている。即ち、クローバーは習性として、気候的好条件により開花が著しく多くなった後には個体・群落に衰退傾向が現れて花数が減少する傾向を有する。これを今回の調査結果と合わせると2017年の大量開花後には当地の個体・群落に衰退傾向がみられるようになり、結果として、2018年、2019年には花数が減少し、天候の不順とも相まって蜂蜜の収穫が認められない事態になったと推測することが可能になる。

クローバーは持続性に課題を抱える植物であることから、採蜜を目的にクローバー畑を造成する場合には定期的に播種を行い、新しい個体・群落への更新・育成を図ることや播種を行う地域の気候やその他の特性に適した品種を用いることで、持続的に蜂蜜を生産することが可能になると考えられる。

④乙部町の気候

北海道南西部に位置する乙部町は今回の調査地（十勝管内）とは気候条件が異なる。乙部町が位置する道南地域の気候の特色として、①日本海側の沿岸部は対馬暖流の影響で夏・冬ともに北海道の中では最も平均気温が高く、ケッペンの気候区分では温暖湿潤気候に属する。②最南端地域の1月の平均気温は-0.9℃と対岸の青森(-1.4℃)よりも高い。③夏季は気温が上がりやすく本州の日本海側の気候に近い状況を呈する。

2019年の両地域の気温の推移を比較すると(図-5、出典：十勝管内農作物の生育状況・気象庁アメダスデータ(道南地域))、十勝地域に比較して乙部町の方が気温が高い状態で推移していることが理解できる。また、十勝地域においては7月中旬に気温が約18℃に達したのに対し、乙部町では6月の下旬に気温が18℃を上回り、十勝地域より早期にセイヨウミツバチが訪花を行う体制が整う状況であった。

乙部町は十勝地域に比較して温暖である点からセイヨウミツバチの活動性やクローバーの開花については一定の見通しを持つことができるが、クローバーの個体・群落の育成・更新などの管理面のあり方を考え(管理に要するコストや蜂蜜による収益性など)、導入の是非について検討を進めるべきと考える。

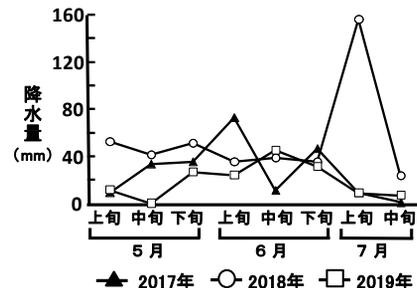
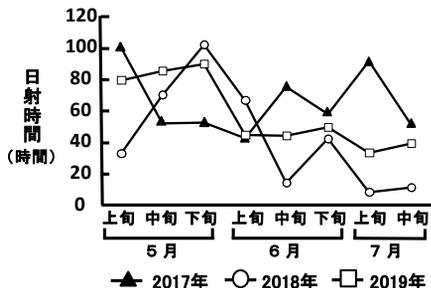
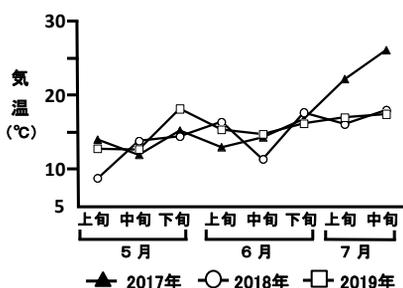


図-1 3カ年の平均気温の推移 (5月上旬～7月中旬)

図-2 3カ年の日射時間の推移 (5月上旬～7月中旬)

図-3 3カ年の降水量の推移 (5月上旬～7月中旬)

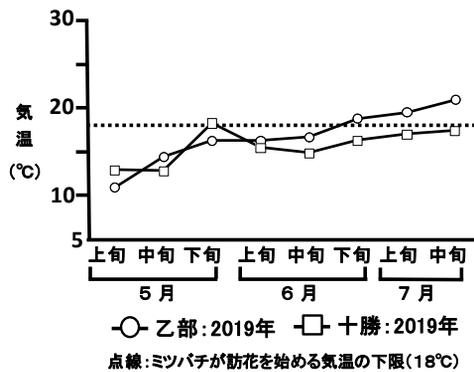
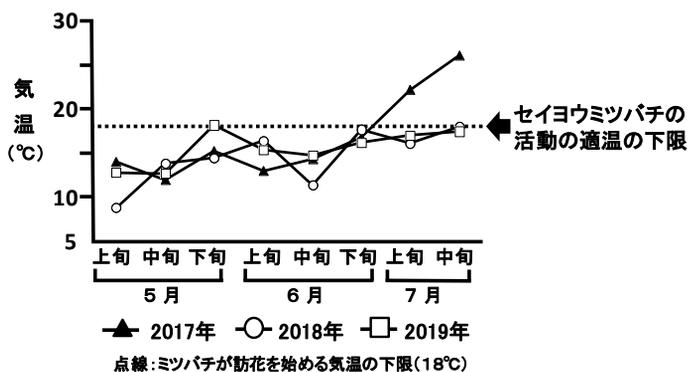


図-4 3カ年の気温とセイヨウミツバチの活動適温

図-5 十勝地域と乙部町の気温の推移

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

公表 受託研究成果報告書 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(2019.03)

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樹種を提案する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

主な調査地

士幌町内の防風保安林更新試験地(図-1)
 ✓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

- ◆ 風速観測+シミュレーション(防風林更新試験地)
- ◆ 防風林更新地における植栽木の生育調査
- ◆ 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 防風林伐採手法の提案

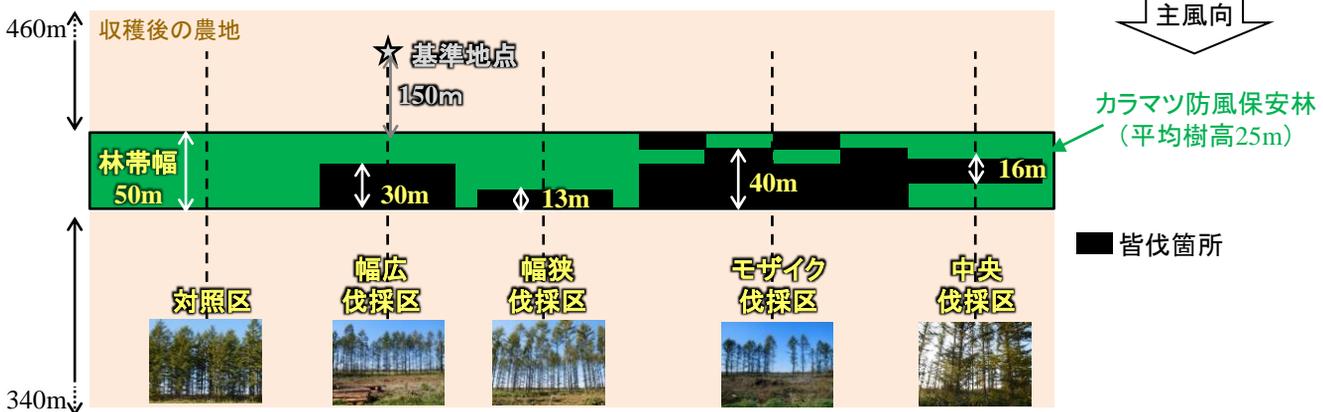


図-1. 防風保安林更新試験地の概要

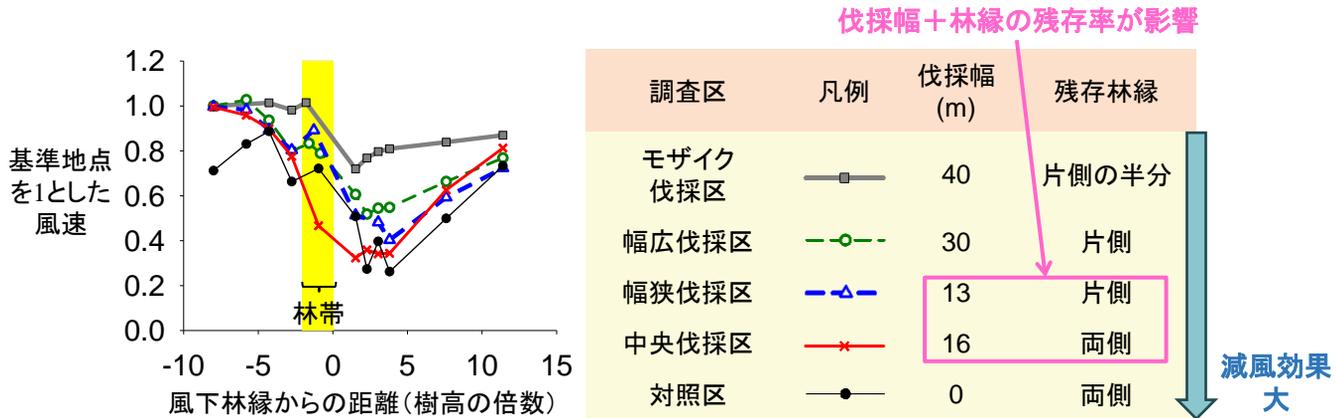


図-2. 伐採方法の異なる試験区における減風効果

伐採幅だけでなく林縁の残存率も減風効果に影響することがわかった(図-2)。林縁は枝葉密度が大きいので、少なくとも一方の林縁を残すべきと考えられた。

② 防風林植栽樹種の提案

【樹高の初期成長】

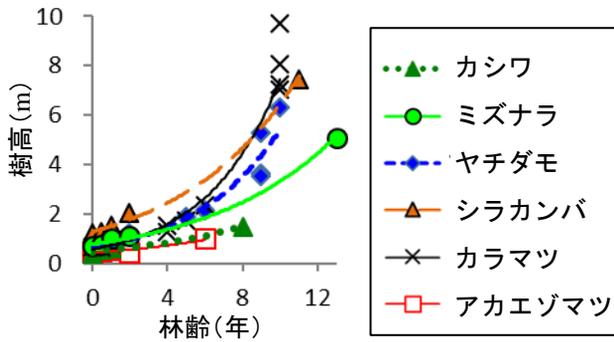


図-3. 樹高の初期成長の樹種間差 (十勝管内における防風保安林更新地)

【景観への影響】

・魅力的な印象：生育の良否が影響 (図-4)

透視図法的な構造
→ 高い眺望性



生育が良い防風林: 直線の存在を強調

図-4. 魅力的な印象を与える景観の特徴

・自然か人工的か (緑が多くみえるか) という印象には、樹種も影響

【樹種特性のまとめ】

表-1. 樹種特性のまとめ

	樹高成長 (図-3)	開葉時期 (春先の風食防止 に間に合うか)	森林被害への耐性			景観
			風	冬季乾燥	過湿	
カシワ	×	×	○	○	×	自然
ミズナラ	△	△	—	○	×	—
ヤチダモ	○	×	○	○	○	人工的
シラカンバ	◎	○	×	○	×	人工的
カラマツ	◎	○	×	○	×	自然
アカエゾマツ	×	◎	△	×	○	自然

◎ 最良
○ 良
△ 中間
× 不良
— データなし

いずれの樹種も一長一短あった (表-1)。そのため、**複数樹種の組み合わせ** (残存林帯と異なる樹種を選択) により、短所を補うのが良いと考えられた (図-5)。

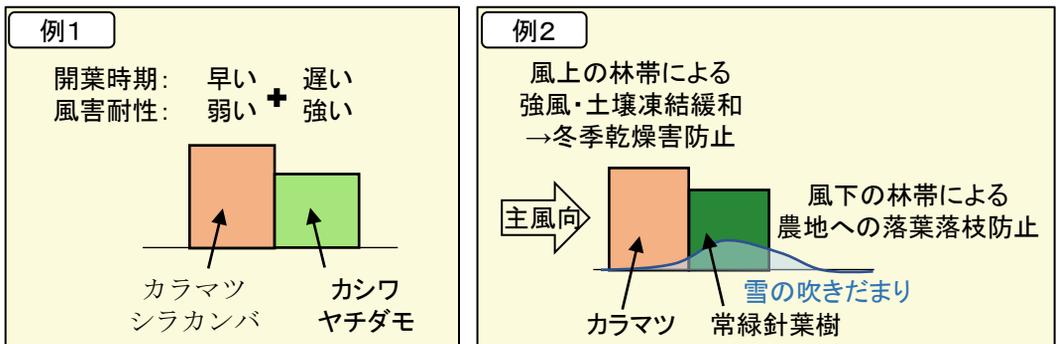


図-5. 複数樹種の組み合わせ方法の一例

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(2020)山づくり 令和元年度/十勝地域版, 9; 岩崎(2019)第68回北方森林学会大会

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

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

協力機関：JR北海道帯広保線所、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：新得町内のヨーロッパトウヒ鉄道防雪林
(2006年植栽、平均樹高6m)
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
※ 枝打ち高：1.5m(樹高の25%)
除伐率：40%

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

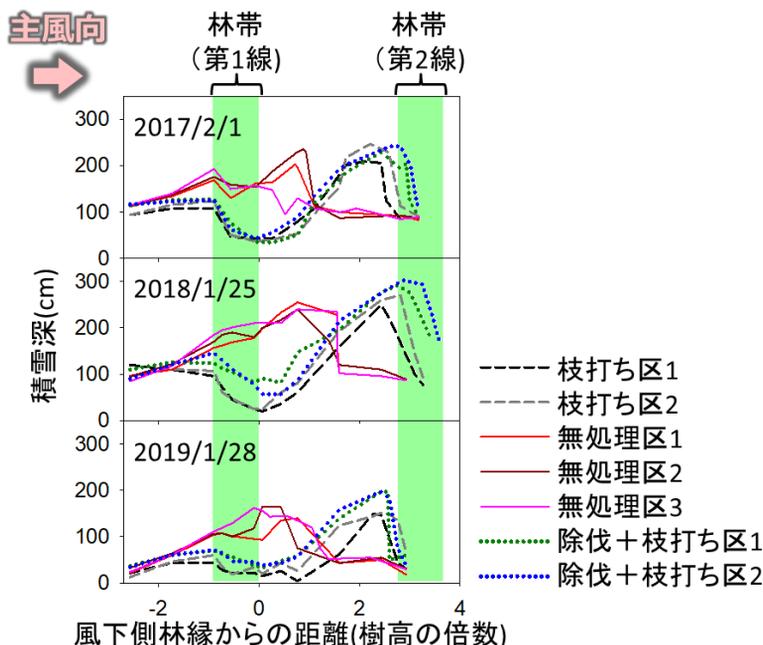
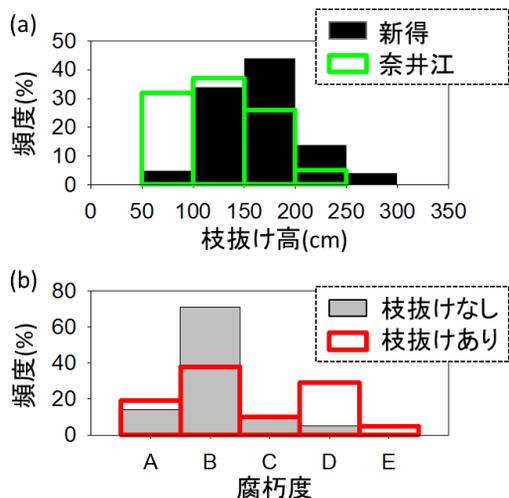


図-1. 各年の1月後半～2月前半における積雪分布

いずれの年においても、無処理区では林内～樹高の1倍風下に吹きだまり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、樹高の1～3倍風下に吹きだまりが形成された。枝打ち区と除伐+枝打ち区を比較すると、吹きだまり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



枝抜け被害が生じた樹木の割合は、新得では風上側の林帯で90%を超えたが、奈井江(11年生)・岩見沢(36年生)では豪雪地帯であるにもかかわらず10%程度にすぎなかった。岩見沢では、枝抜け被害の痕跡はあったものの全て回復していたことから、被害が生じるのは10年生前後の若い林分に限られると考えられた。

新得と奈井江のいずれにおいても高さ50cm以下の枝では枝抜けが生じておらず、新得では高さ100~200cmに被害が集中していた(図-2a)。

枝抜け跡がある高さとなし高さで腐朽診断装置による測定を実施した結果、枝抜け跡がある高さで幹の腐朽が進行していたが、枝抜け跡がある場合でも、57%の個体が健全と診断された(図-2b)。

図-2. (a)新得と奈井江における枝抜け高と
(b)新得における腐朽度のヒストグラム
※ 腐朽度はAとBの場合に健全と判断される

③ 模型林を用いた風洞実験

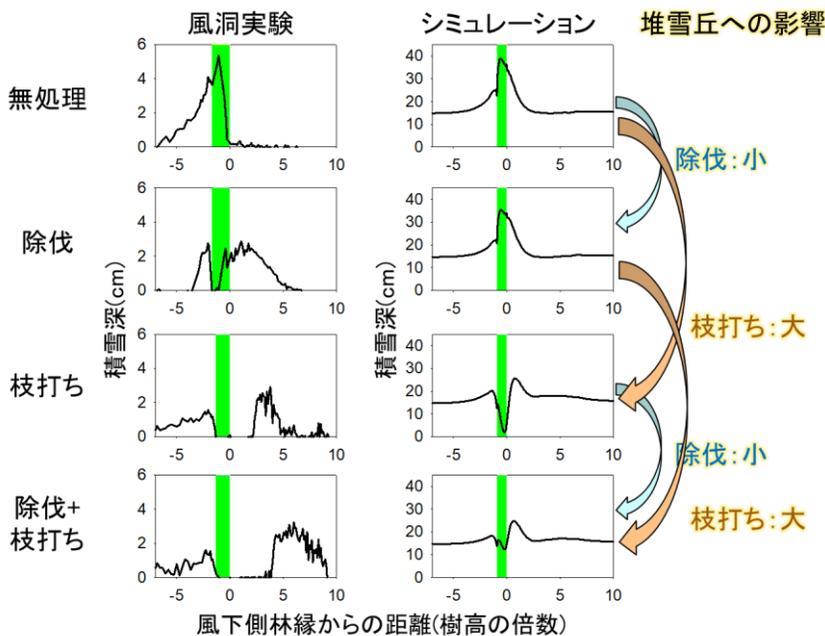


図-3. 風洞実験(枝打ち高: 樹高の21%、除伐率50%)と
シミュレーション(枝打ち高: 樹高の25%、除伐率40%)による積雪分布

積雪深が最大になる地点は、風洞実験と数値シミュレーションにおいてそれぞれ、除伐では樹高の2倍と0倍、枝打ちでは樹高の5倍と1倍風下に移動しており、除伐より枝打ちで堆雪丘への影響が大きかった(図-3)。

以上のように、枝打ちは除伐より防雪機能を大きく低下させることが示された。さらに、枝抜け被害は深刻でなかったことから、多くの林分において枝打ちは不要であることがわかった。

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: 鳥田ら(2019)雪氷研究大会: 岩崎ら(2019)日本農業気象学会北海道支部大会

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

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、空知総合振興局森林室森林整備課、上川総合振興局南部森林室森林整備課

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*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、被害実績に応じた体系化した対策指針を構築する。

*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）を示したものの。植栽本数と管理密度が異なる数種類のタイプがあり、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）や、本研究で明らかにしていくように気象害対策の為にも使い分けられるよう、想定されている。

研究方法

1. 被害実績の要因解析
調査地：十勝地方民有林、方法：被害データのGIS化、地形因子のGIS化、統計モデリング
2. 森林構造からみた風倒害感受性の評価技術の開発
方法：立木引き倒し試験、材強度試験、限界風速（風倒害感受性）を導出する力学モデル構築
3. 被害実績に応じた対策指針の提示
方法：システム収穫表による成長予測、力学モデルによる限界風速の導出

研究成果

1. 被害実績の要因解析

2002年台風21号時は内陸の池田町・幕別町で被害が多く、2016年台風7,10号では太平洋沿岸および浦幌町で被害が多いなど、被害が集中した地域は台風によって異なっていたが（図-1）、被害箇所の地形的な特徴は共通していた（図-2）。

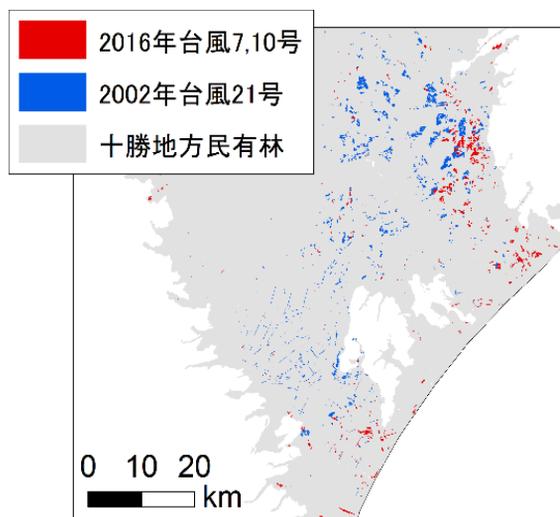


図-1 十勝地方民有林における風倒害分布

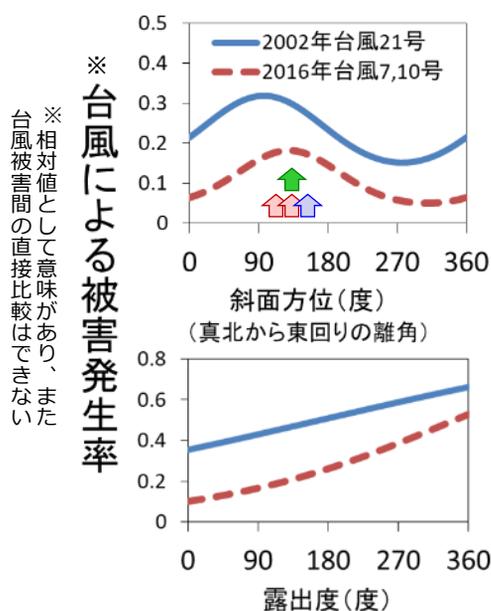


図-2 地形条件からみた風倒害の受けやすさ
(上) 斜面方位、(下) 露出度
斜面方位は、0,360度：北、90度：東、180度：南、270度：西を表す。
矢印は、池田町において風倒害を発生させた台風の日最大風速風向を表し、
緑：1981年台風15号、青：2002年台風21号、
赤：2016年台風7,10号、をそれぞれ表す。

引用等の著作権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

2. 森林構造からみた風倒害感受性の評価技術の開発

限界風速(風倒害感受性)を導出する力学モデルに組み込むパラメータとして、根返り抵抗力・幹の曲げ強さを測定した。その結果、土壌タイプ(黒ボク土・褐色森林土)や地域(幕別町・浦幌町・美幌市)に依らず、根返り抵抗力と D^2H の関係はほぼ同じ傾向を示した(図-3)。また統計モデルによると、曲げ強さ fm は、林齢Ageが高くなると大きくなり、中央径 Dc が大きくなると小さくなったが、説明変数の影響力は、林齢の方が中央径より大きかった。

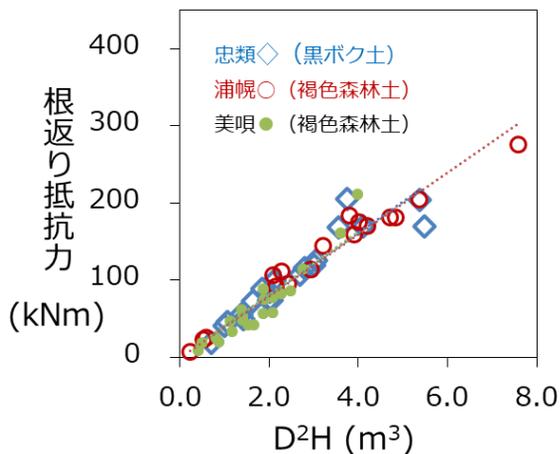


図-3 トドマツの根返り抵抗力
D: 胸高直径、H: 樹高

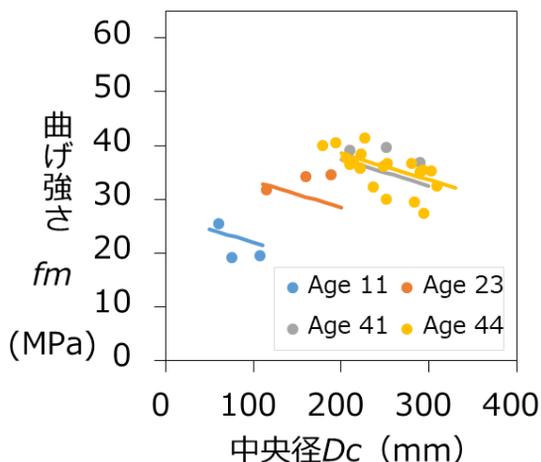


図-4 トドマツ丸太の曲げ強さ

3. 被害実績に応じた対策指針の提示

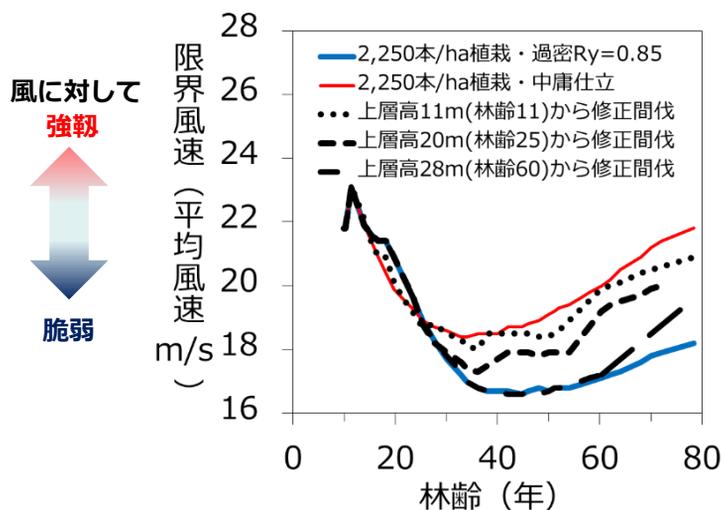


図-5 カラマツの過密林分に修正間伐をした場合の限界風速の推移
(地位指数25、被害実績が少ない地域の場合)

カラマツの過密林分に修正間伐をしたとき、限界風速がどのように推移するかを検討した。

その結果、上層高が低く過密の程度が小さい林分ほど、間伐によって内容改善を図ることができることが示された(図-5)。

引用等の著作権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

- 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返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)
- 鳥田宏行・阿部友幸・岩崎健太・佐藤創・石塚航・真坂一彦(2020)針葉樹の枝下高および枝下直径の推定. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.29)
- 蝦名益仁・石塚航・阿部友幸(2020)地上レーザー測量とボクセル解析を用いた40年生常緑針葉樹の三次元形状の推定. 森林計画学会誌. 54: (印刷中)
- 石塚航・阿部友幸・蛸名益仁・早坂一文・成田あゆ・今博計・長坂有・鳥田宏行(2020)トドマツの風害抵抗性に関わる諸形質と地域変異の検討. 北海道林業試験場研究報告. 57: 13-23.

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)

研究内容：

- 1) 平水時の水質と流域面積、地質の関係把握
- 2) 出水時の上～下流の流程に応じた窒素流出実態の把握

調査地：

- ・トドマツ人工林、カラマツ人工林、天然生広葉樹林をそれぞれ主体とした森林流域（各数十箇所）

調査方法：

- ・流域面積が1000ha前後の流域をひとつの単位として、上流から下流にかけて流域サイズを段階的に変えて採水地点を設定。
- ・支流や溪流近傍の湧水も含め多地点で採水し、硝酸態窒素等の水質を分析する。

研究成果

- 1) 地質の異なる天然林流域（上川管内）の各数十地点において採水分析を行ったところ、地質タイプに依らず窒素濃度は 0.5mg/L 未満とトドマツ林流域（昨年度調査）に比べて低く、流域面積の拡大にともなう濃度変化は見られなかった（図-1）。
- 2) トドマツ林流域の上流（7ha）と下流（256ha）で出水時採水を行い、平水時データのみで算出したときの硝酸態窒素比負荷量と比較した。平水時は、流域サイズが大きくなると比負荷量は減少したが、出水時には流域サイズに拘わらず同程度の高い値となった（図-2）。このことから、評価指標検討の際には、出水時負荷量も加味する必要があると考えられた。

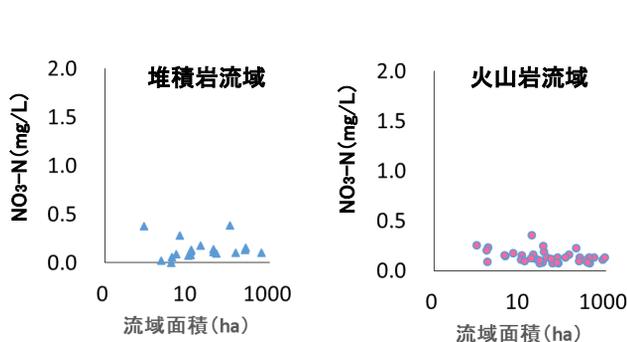


図-1 地質の異なる天然林2流域における流域面積と平水時の硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)濃度の関係

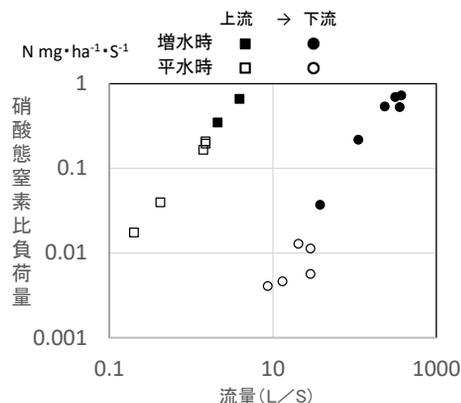


図-2 堆積岩トドマツ林流域における平水時と出水時の硝酸態窒素比負荷量の変化（流域面積：上流 7ha 下流 256ha）

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)

長坂有・長坂晶子・岩崎健太（2019）第68回北方森林学会（札幌コンベンションセンター，2019.11.6）

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での環境DNAメタバーコーディングおよび魚類の捕獲調査を通じて、治山ダム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

1) 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、SalmoND2
- 調査時期：2019年7～8月

2) 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

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
 - 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

研究成果

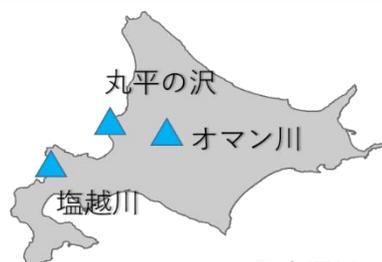


図-1 調査河川位置図。

1) 環境DNAによる魚類相推定

- 環境DNAによる魚類相推定結果を電気ショッカーによる捕獲調査の結果と比較した。
- 2手法の結果が一致した割合は91%と良好であった（全9魚種の平均）。
- MiFishとSalmo ND2の2プライマーを併用した場合、サクラマスおよびアメマスに対する在・不在の評価が概ね可能であることがわかった。

2) 治山ダムの改良効果の検証

- 採捕数が多かった主要3種（図-3）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。
- 但し、丸平の沢では①改良直後については、増加が認められなかった。これは、工事直後の土砂流出による負の効果が、改良の正の効果を上回ったためと考えられた。
- これらから、単年度の評価では改良効果を見誤る可能性が示唆された。

魚道設置



複断面化



図-2 オマン川における治山ダム改良の例。

サクラマス



アメマス



ハナカジカ



図-3 改良効果の検証に用いた溪流魚。

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

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

湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- ・現地調査：水温、気温を通年計測。各調査点に温度ロガーを設置し、1時間毎に温度を記録。
- ・解析：流域地質と気温および夏季水温との関係を一般化線形混合モデル (GLMMs) で解析。

調査地

- ・北海道 (道央・道東)、本州 (関東・中部)
- ・地点数：北海道 (59)、本州 (35)
- ・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

研究成果

■ 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- ・多くの地域で気温に加え流域地質が夏季平均水温に強く影響しており、第四紀の火山岩が卓越する流域では、夏季平均水温が低くなる傾向があった (図-1：北海道・道央3.1℃、本州1.1℃)。
- ・道央地域で水温と水位変動の関係性を調べた結果、第四紀の火山岩流域ではその他の地質が卓越する流域に比べ夏季平均水温と水位変動がともに低いことが示された。
- ・水温や水位の高い安定性は湧水環境に特徴的なものであり、これらの結果から、第四紀の火山岩が卓越する流域は湧水涵養量が多く、結果として流域内に水温の低いエリアを形成することが示唆された。

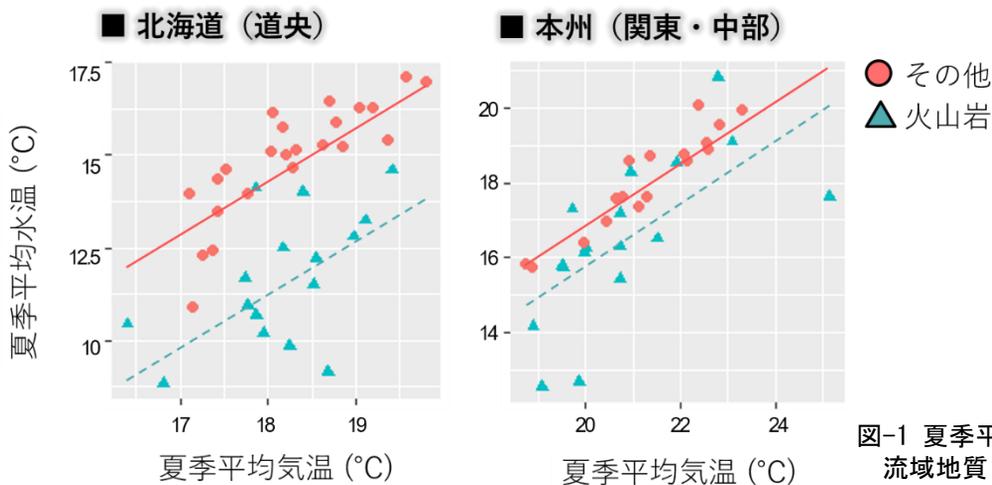


図-1 夏季平均気温および流域地質と夏季平均水温との関係。

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・石山信雄・鈴木開士・小泉逸郎・中村太士 (2019) 流域地質が河川上流域の水温および冷水性魚類の分布・生活史に与える影響。第27回応用生態工学会。
- ・石山信雄・鈴木開士・末吉正尚・小泉逸郎・中村太士 (2019) 森林溪流の水温レジームと魚類分布：流域地質が果たす役割。第68回北方森林学会。

森林の循環利用を学ぶためのカードゲーム開発

担当G：道南支場、道東支場

協力機関・研究機関：林産試験場（主管）、ものづくり支援センター、工業試験場、
札幌市立大学、北海道教育大学、北海道水産林務部森林環境局森林活用課

研究期間：平成30年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
学校教育や木育マイスター事業で活用可能な、森林と木材のつながりを理解するための児童用木育ツール（カード型）を開発する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地
函館市：教科書の調査
旭川市・札幌市：聞き取り調査

調査方法
○森林・木材に関する学習指導内容の調査と
絞り込み（林業試験場 担当分のみ掲載）
・小中学校の教科書の記載内容の調査
・森林・林業関係者や教員からの聞き取り調査

研究成果

1) 森林・木材に関する学習指導内容の調査と絞り込み（林業試験場分：H30～R元年度）

①戦後の教科書における森林・林業の取り扱い方の変遷
小学校低学年では一貫して、身近な草花を見つけたり育てたり、また、これらを用いて遊ぶ内容が見られた。平成10～20年代も上記の内容に変化はなく、校庭や学校周辺の公園などで草花や樹木を探したり、草花の種子をまいて育てる活動を通じ、植物の成長過程を調べる内容が主体であった。

小学校高学年では草花の観察・栽培・実験のほか、森林の学習（昭和20～50年代まで）や生き物のくらしと環境（平成元～20年代）が取り上げられていた。また、昭和20～30年代は有用植物（資源としての植物）が見られたが昭和40年代以降は掲載されていない。「生き物のくらしと環境」（平成以降）では、空気・水と人のくらしといった「人と環境とのつながり」から環境を広く捉える内容となり、戦後の個々の植物を資源として細かく学ぶ内容とは方向性が異なることが理解できる（図-1）。

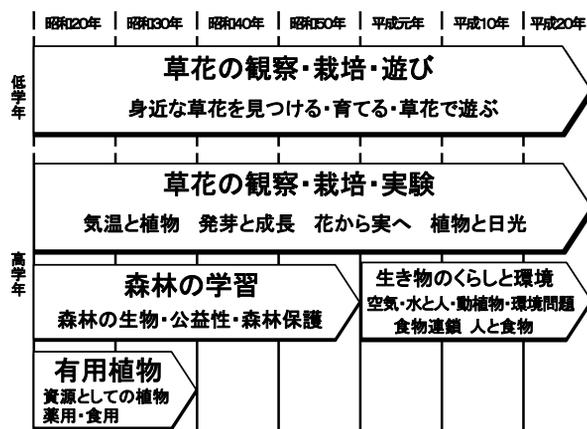


図-1 小学校理科の記載内容の変遷

②小学校社会科の教科書における記載内容の変遷

小学校低学年では、昭和20～40年代まで「山で働く人たち」の記述が設けられ、山村のくらしの様子が取り上げられていたが、昭和50年代以降は記載が見られない。

小学校高学年では、昭和20～40年代まで日本各地の林業の様子が取り上げられていたが、昭和50年代には見られなくなった。また、昭和40年代には「公害」や「自然保護」に関する記載が始まり、現在の教科書でも「環境問題」として取り上げられている。

森林・林業は、平成元年度より再び教科書への記載が認められ、林業が「環境を守る仕事」と位置づけられた。平成10～20年代の教科書においてはさらに内容を深め、林業を「環境を守り、木材を作る仕事」と位置づけ、人工林と天然林の違いや林業の仕事の内容も詳細に紹介されるようになった。加えて、昭和50年代には森林の公益性を学ぶ内容が見られるようになり、森林の公益的機能が取り上げられるようになった（図-2）。

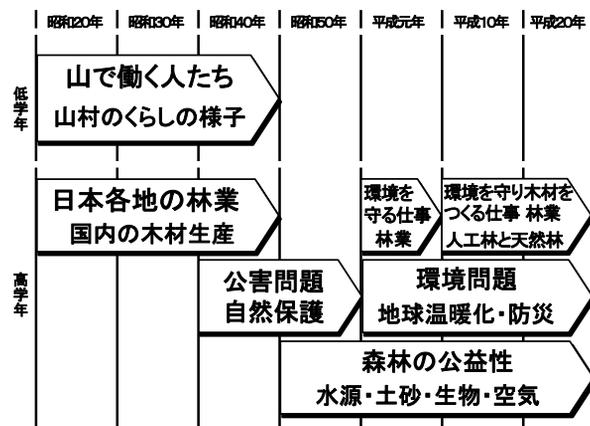


図-2 小学校社会科の記載内容の変遷

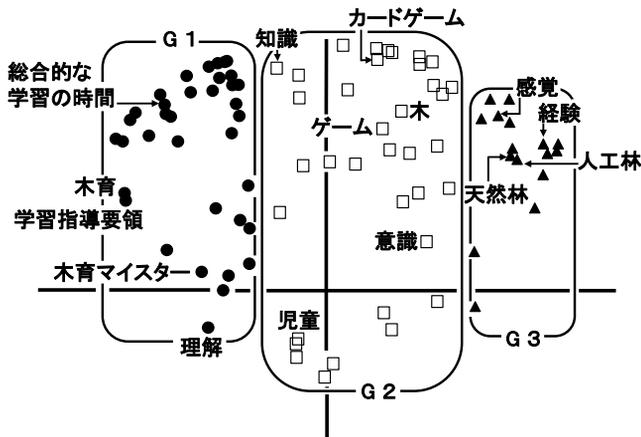
(2) 教育関係者からの聞き取り調査

森林・林業関係者や教師にカードゲーム開発に必要となる情報収集を目的に聞き取り調査を実施した。聞き取りの様様をVTR撮影し、映像と音声データから会話内容のテキストファイルを作成し、ここから形態素(意味を持つ表現要素の最小単位)の抽出(茶釜 ver.1.0(奈良先端科学技術大学))と品詞の判別を行い、回答者ごとに集計したものを主成分分析・クラスター分析によって類型化を行った。

図-3に主成分分析とクラスター分析の結果を示す(出現頻度≥6の形態素を対象)。出現頻度が6以上の形態素は88種認められ、第1主成分、第2主成分で構成される座標上に図-3のように布置された。また、各形態素の主成分得点(第1・第2主成分)にクラスター分析を適用し、3つのグループに分け、形態素や発言内容を把握したところ、被験者の発言内容は大きく、①学習指導要領・総合的な学習の時間・木育への意見、②カードゲームへの要望、③天然林・人工林へのイメージ(森林をどのように子供達に教えるか?)の3つに分類できた。

表-1に調査参加者の具体的な発言をグループ(以下、Gと表記)ごとに分けて示す。G1では学習指導要領が求めている事柄の変化(知識の習得から考える力の育成)、総合的な学習の時間の困難性(学習におけるインターネットの利用のさせ方)、森林に関する単元の取り扱われ方(年度末の最後に教えるため時間がとれない)、森林や木育を学習対象とする事の困難性(学校教育現場の事情やイメージのしづらさ)が認められた。

G2ではカードゲームへの要望が直接的・間接的に認められ、樹木を伐採する「行為」の是非や必要性に係る明確な理由が曖昧である点、カードゲームの開発・利用を肯定的に捉える意見の一方で、学習指導要領が求める目的達成への有用性を求める意見が見られた。G3では天然林・人工林をキーワードに、戦後の日本に於ける天然林の取り扱われ方や両者の様相・相違点・役割を授業で取り扱う場合のイメージのしづらさを表明する内容が認められた。



- グループ1: 学習指導要領・総合学習・木育への意見
- グループ2: カードゲームへの要望
- ▲ グループ3: 人工林・天然林へのイメージ

図-3 グループ化した形態素 (出現頻度≥6 主成分分析・クラスター分析)

表-1 具体的な発言の例

- G1: 学習指導要領・総合学習・木育への意見(例)
- 学習指導要領は「知識の習得」から「考える力の育成」にシフトしている
 - パソコンで調べて終わりっていう総合的な学習の時間はいっぱいあると思います
 - 木育には森林体験活動(緑の木育)、木工体験活動(茶の木育)がある
 - 森林の内容は教科書の最後に載っているの、だんだん時間が無くなって、年度末に急ぎ足で教えて終わりになる
 - 子供達が現状で木を欲している(木について学びたいと強く考えている)とか、そういうことがない限り、木育は、なかなか学習対象にはならない
- G2: カードゲームへの要望(例)
- 「林業の人たちがいるから木があるんだ。」とまではいきますけど、木を伐採することがプラスになること(必要なこと)だとは思っていない
 - 「せっかく伸びているのに何で伐っちゃうの?」木ってそういう印象があるのかな?
 - 木を伐採することをどう思っているか子供達に聞くと、はじめは「絶対悪い。」とは言うが、(伐採の必要性を)説明すると、「ああ、そうなんだ。」ってなる
 - 森林循環を学べるゲームは「緑の木育」でも「茶の木育」でも使えるので良い視点だと思う
 - カードゲームが上手になる事は学習指導要領が求めている力とどうリンクしているか? それがなければ(カードゲームを)やる必要がない
- G3: 人工林・天然林へのイメージ
- 日本は戦時中に天然林をたくさん伐ってきた その歴史は子供達にきちんと伝えるべき
 - 森林は5年生の社会科で扱われ、人工林・天然林はそこで取り上げられます。両者の違いは教科書で扱われるけど、正直大きく何が違うのかは実感しづらい。子供達に「人工林だけではダメなの?」と聞くと、「なんか、みんな人工林でもいいのかな?」と言う子もいるし、「いや、ダメだ。」って言う子もいるし、理由が今ひとつ理解しづらい。

※ 聞き取り調査時の会話を「話し言葉」のまま表記
 ※ () 内の文言は筆者が追記

(3) カードゲームの開発に求められる事柄

(1)、(2)の結果より、「森林循環を学ぶためのカードゲーム」には以下のような点が求められる。

- ①森林・林業に関わる基礎的な事柄(天然林・人工林の違い・役割・取り扱われ方・伐採などの森林を改変する行為の必要性など)を理解し易く伝えること(森林・林業に関わる「基本的知識」を正しく伝える機能)
- ②ゲームという擬似的体験のなかであっても可能な限り、森林・林業を実感できる内容とすること(プレイヤーの視点に合わせて森林・林業の姿を擬似的ながらも適切に再現する機能)
- ③学習指導要領が求めている「考える力の育成」を念頭に、ゲームをプレイする中で参加者(子供達)が考える場面を確保すること(得られた知識を材料としたプレイヤーによる思考が促される機能)
- ④ゲームの体験を通じ、次の段階として、実際の森林・林業の現場に赴こうとする意欲や問題意識をもたらすものとする

カードゲームを「上手にできるようになる」ことが目的なのではなく、カードゲームをプレイすることにより、森林・林業に関する「知識」を獲得し、獲得した「知識」を生かして「思考する」活動が促進されるような構成・内容づくりが求められる。

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

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

- 付着塩分量は、強い海風が吹いた降雪時に大きくなる傾向が見られた（図-1）。
- 石狩湾沿岸では、石狩湾新港の東側では砂の堆積により海岸線が伸びているのに対し、港の西側では海岸侵食が起こっている。港の東側と西側の1測線ずつで毎木調査を実施した結果、港の東側においては雪解け後に水たまりが生じる砂丘間湿地では樹高成長が抑制されたものの、それ以外の地点では上層高が最近17年間に平均3m伸びていた。一方、港の西側における現在のの上層高は、港の東側における2003年時点の上層高と同程度と低かった（図-2）。このことから、石狩海岸林の近年の樹高成長は、港湾建設に伴う海浜地形の変化に影響されている可能性が示された。

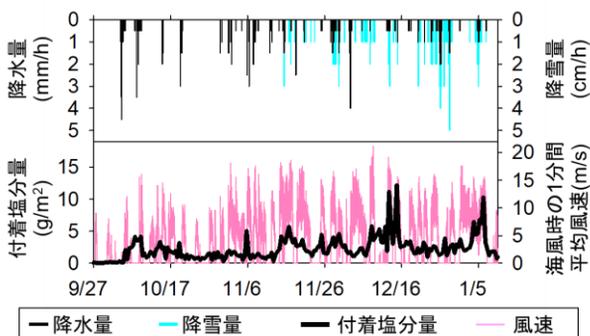


図-1. 海岸林前面における気象要素の経時変化
※風速は海風時のみのデータ

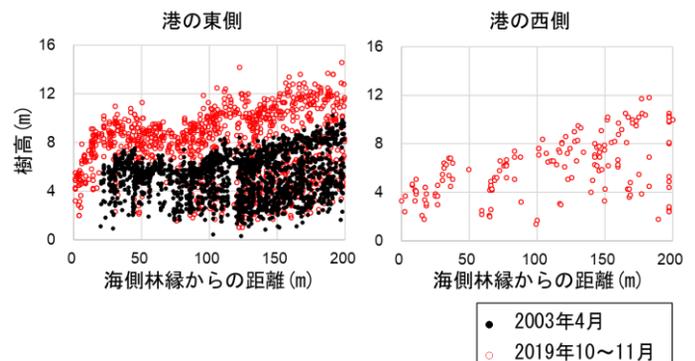


図-2. 港の東西の測線における樹高分布

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

岩崎ら(2020)第131回日本森林学会大会（誌上発表）
宮崎ら(2020)第131回日本森林学会大会（誌上発表）

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

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：森林環境部

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～3年度

区分：公募型研究 等

研究目的

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

海岸防災林の津波抵抗性

方法：樹冠形状が立木の津波抵抗性に与える影響を評価するため、力学モデルによりシミュレーションを実施した。

海岸防災林の津波による被害形態の予測

方法：林帯幅100mの無間伐クロマツ海岸林（三角樹冠）に対し、津波が林帯を通過したときの被害形態をシミュレーションにより予測した。

研究成果

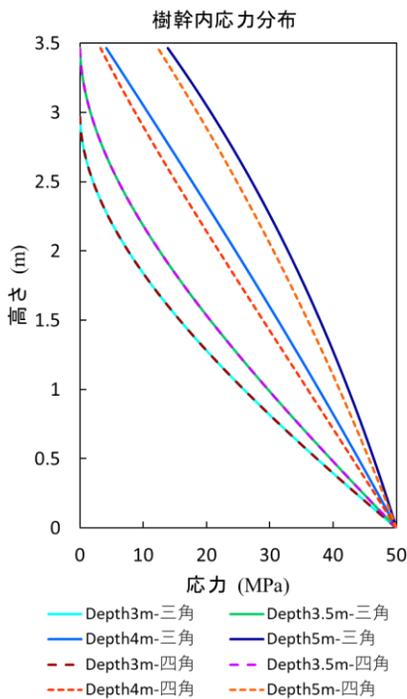


図-1. 樹冠形状と応力分布の関係
樹高：10.1m，枝下高：3.5m，DBH：19.5cm

樹冠形状は、三角形と四角形を想定した結果、浸水深（Depth）が枝下高以下では、どちらも応力分布に差異はなく、浸水深が枝下高を超えると、三角形の樹冠の方が応力が高くなった（図-1）。

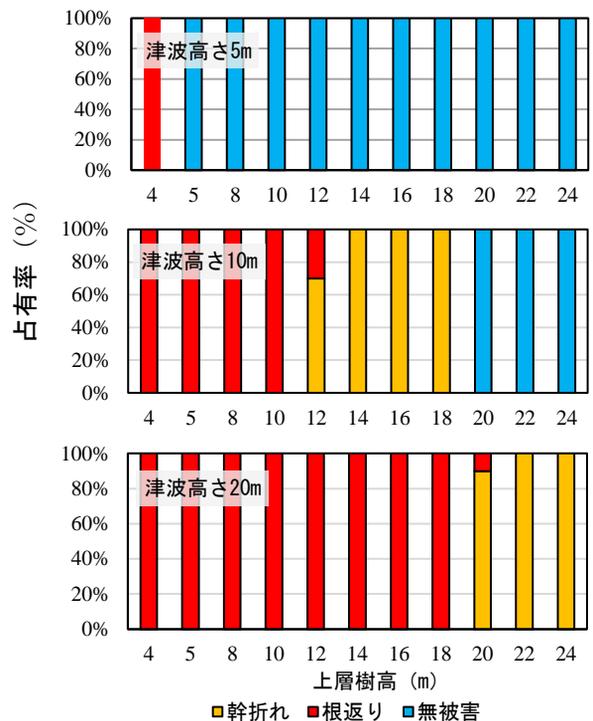


図-2. 林帯の成長と被害形態の変化
(クロマツ無間伐，林帯幅100m)

林帯幅100mの無間伐クロマツ海岸林（三角樹冠）に対し、津波が林帯を通過したときの被害形態を予測した結果、被害形態が津波高さと同様に林分の成長段階で異なることが示された（図-2）。

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。

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：地質研究所、北海道水産林務部林務局治山課、空知総合振興局林務課・森林室

研究期間：令和元年度～3年度 区分：経常研究

研究目的

森林溪流では、流域の土砂動態を安定化させ荒廃溪流化を防ぐため、治山ダムと呼ばれる小型の河川横断工作物が設置される。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

1. 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討
 - ・小型UAVによる空撮（10月・3フライト）
 - ・3Dモデルの構築と精度比較
2. 治山ダム設置前後の地形変化
 - ・過去の治山台帳のデータ収集
 - ・トータルステーションを用いた現地測量

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

1. 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討

治山ダム周辺の地形まで見通せる落葉後の10月に、UAVの飛行条件（飛行高度70、100、150m）による測量精度の違いを検討した結果、高度100mの測量精度が最も高かった（2.67cm/ピクセル；図-1）。

2. 治山ダム設置前後の地形変化

過去の治山台帳から治山ダム設置前（1985年）の縦断勾配を復元するとともに、現地ではトータルステーションを用いて治山ダム設置後（2019年）の縦断測量を行った。その結果、ダム設置から34年後の溪床高は堤高とほぼ等しく、計画勾配（3%）を達成していた。一方ダム直下の溪床は、1mほど洗堀されていた（図-2）。

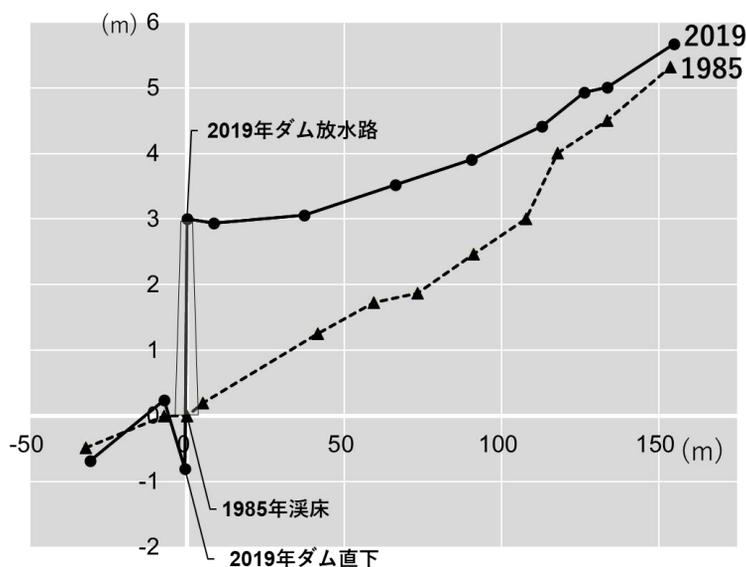


図-1：UAV測量で最も精度が高かった
測量結果から構築した3Dモデル

図-2：治山ダム設置前（1985）と設置後（2019）の溪床高

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

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）：環境科学研究センター（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I・アイ・ピー（株）、アリュージョ（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

1. 海岸流木漂着量の迅速把握手法の開発
UAVによる漂着流木の空撮画像から、AIによる自動識別器を試作した。
2. 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発
GISを用いて、衛星画像から自動分類で漂着流木を抽出し、その精度を確認した。

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

1. 海岸流木漂着量の迅速把握手法の開発

UAVによる空撮画像から流木を自動識別する識別器を試作した。識別結果は概ね良好であったが、波や海岸林の一部、柵等を流木と誤認識する事例や、認識漏れ（流木が存在するのに識別しなかった）が確認された(図-1)。

2. 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発

試行エリアにおいて、SPOT衛星（解像度1.5m）とWorldView衛星（解像度0.5m）の画像を入手し、解像度と漂着した流木の分布面積割合との関係性を検討した。流木の分布面積割合は、海岸を50m間隔で区分した範囲をセグメントとし、衛星画像から自動分類で求めた流木の分布面積がセグメントに占める割合として求めた。これらの値と航空写真からマニュアルで抽出した流木の分布面積割合を真値として比較した結果、相関係数はSPOT画像で0.72(P<0.05)、WorldView画像で0.84(P<0.05)であり(図-2)、両衛星画像とも流木の多寡を抽出可能な解像度を持っていると考えられた。

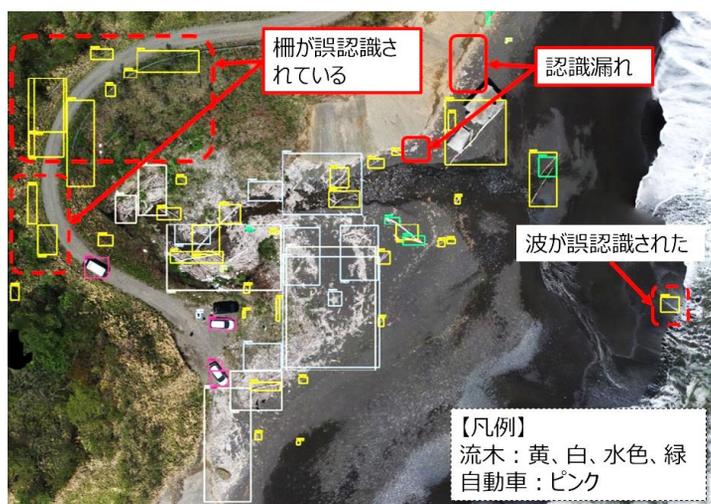


図-1 試作器による識別結果

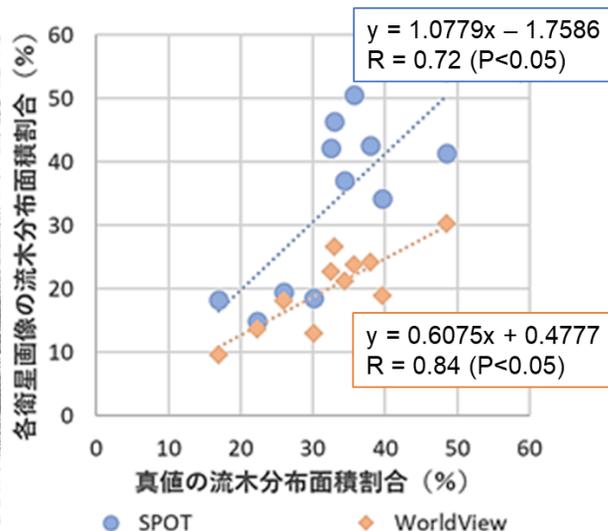


図-2 解像度と漂着流木の多寡との関係

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

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、崩壊斜面について植生基盤としての評価に労力・費用がかかることと、崩壊斜面における植生の生育状況についての情報が不足していることが問題となっている。本研究では、崩壊斜面の土壌について植生基盤としての評価を簡易に判定できる手法の開発と、崩壊斜面における植生基盤の状態に応じた植生導入手法の検討を行う。

研究方法

調査地

- 道有林胆振管理区厚真町高丘地区
(崩壊斜面)
- 厚真町有林幌内・東和地区
(崩壊斜面)

研究内容

- 植生基盤評価の簡易判定手法の開発
 - 土壌調査(土壌硬度、透水性)、土壌評価(3区分)、土壌評価区分の簡易判定手法の検討
- 植生導入手法の検討
 - 植栽試験、航空実播を想定した緑化試験、自然回復試験
 - UAVによる土砂移動量調査

研究成果

1. 植生基盤評価の簡易判定手法の開発

主に土壌調査を行った。崩壊斜面においては、表層(表土落ち残り)は軟らかく、透水性は良く、基盤層(風化粘土層)は硬く、透水性は中～悪であった(図-1)。ただし、表層が厚い箇所は部分的で、全体的には薄いことが分かった。

2. 植生導入手法の検討

2019年6～11月にかけて、崩壊斜面において、植生基盤の評価別に、植栽、航空実播を想定した緑化、自然回復の各試験地を設定した(写真-1)。

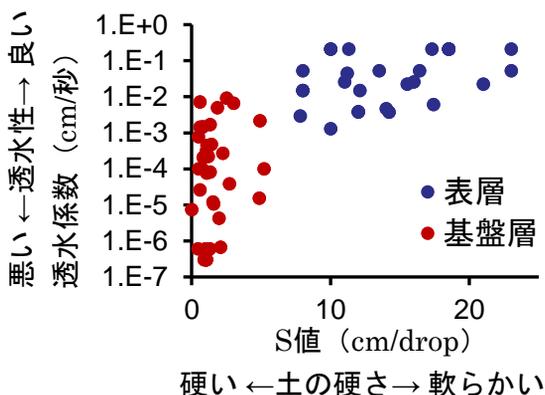


図-1 S値と透水係数との関係



植栽試験地(秋植え)



緑化試験地



自然回復
試験地

写真-1 令和元年度に設定した各試験地の状況

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

蓮井ら(2020)北海道胆振東部地震後の森林再生に向けた取組み, 令和2年北海道森づくり研究成果発表会

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
UAVを用いた空撮を行い、空中写真を用いて、3次元モデルの作成した。さらに河川環境把握のために、水位観測機器やタイムラプスカメラを設置した。

調査地：雨竜町尾白利加川

・流域面積157.3 km²、流路延長42.1 km

※尾白利加ダムより上流を対象

・年間平均気温7.3℃、年間平均降水量1099mm

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

河道内での流木の動態や発生場・捕捉場の条件を把握するため、尾白利加川（北海道雨竜町）を対象地とし、UAVによる空撮・3次元モデルの作成を開始し（図-1）、さらに水位観測機器などの設置を行い、モニタリング体制を整備した。

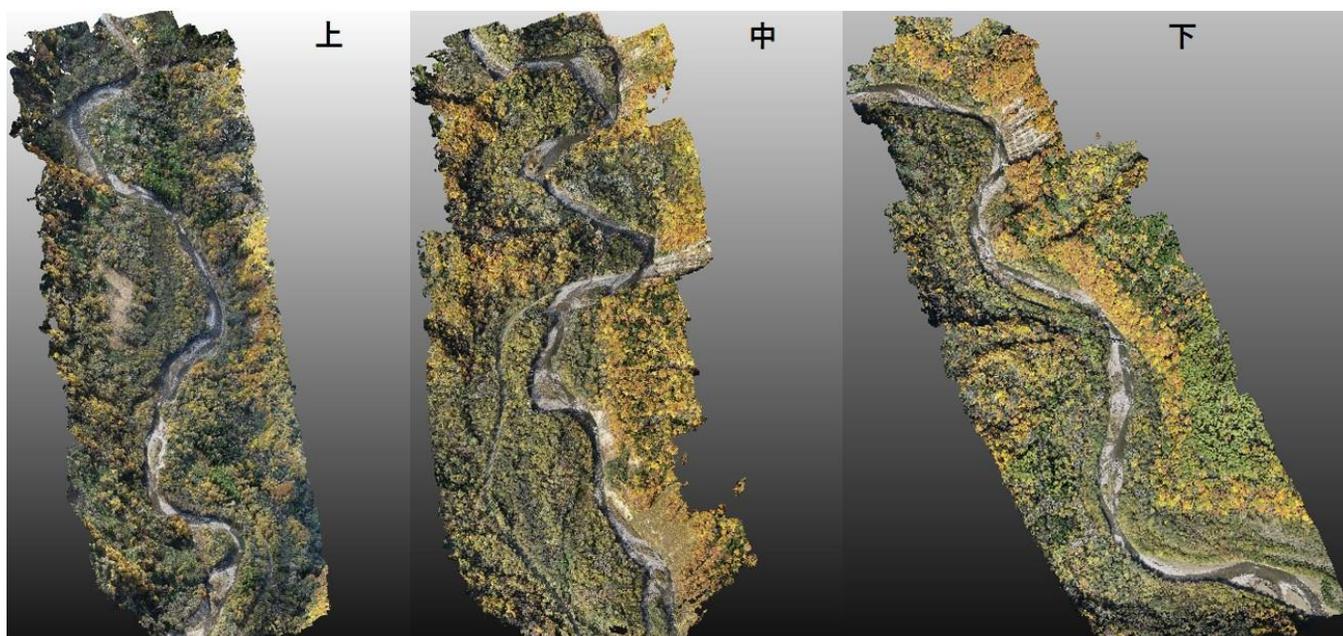


図-1 UAV空撮画像から作成した3次元モデル（尾白利加川の調査範囲内：上流・中流・下流）

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

2018年9月6日北海道胆振東部地震により発生した斜面崩壊に関して、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

調査地

- ・道有林胆振管理区厚真町内の崩壊斜面
- ・厚真町有林内の崩壊斜面

研究内容

1. 斜面崩壊地の解析
 - ・UAVによる地形解析
2. 崩壊メカニズムの解明
 - ・崩壊深および流出した樹木の根系調査

研究成果

1. 斜面崩壊地の解析

2019年4月から10月までの地形変化の解析結果では、高丘地区は東和地区よりも斜面表層の変化量が2.3倍ほど多く、土砂が多く生産されていることが示唆された(図-1)。また、崩壊斜面表層の変化の特徴としては、雨裂中心に近いほど、また崩壊地辺縁に近いほど浸食量が多かった(図-2)。

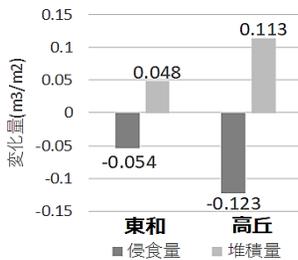


図-1 崩壊斜面表層の変化量

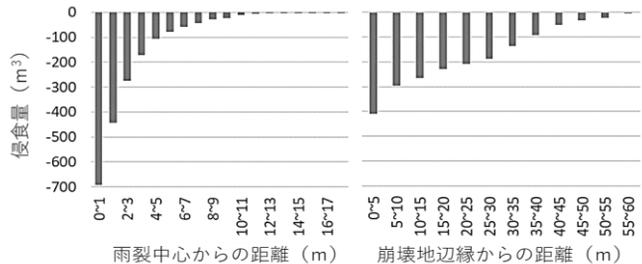


図-2 雨裂中心・崩壊地辺縁からの距離に応じた変化量(東和)

2. 崩壊メカニズムの解明

崩壊地(厚真町吉野地区)に生育していた樹木の根系深(図-3)は崩壊深(図-4)に比べて浅かった。このため、根系は崩壊防止に対する杭効果をほとんど発揮しなかったことが示唆された。

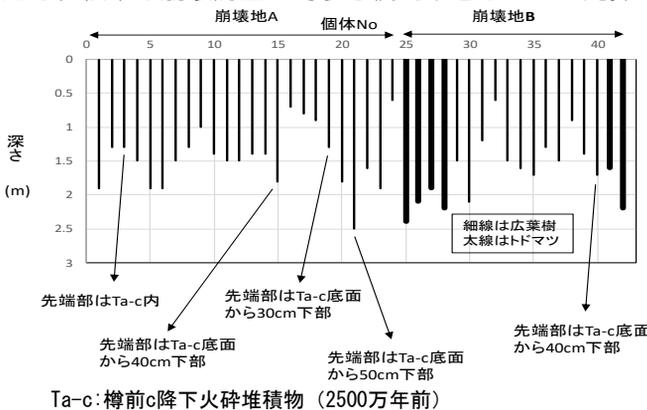


図-3 吉野地区の42個体の根の深さと土層内の位置

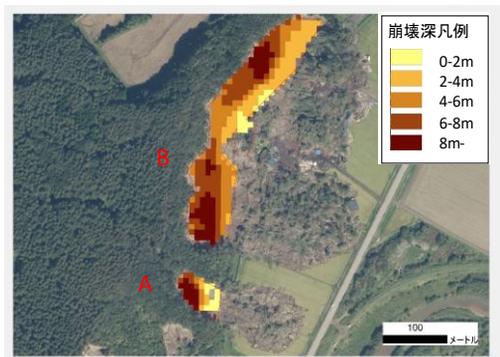


図-4 厚真町吉野地区(調査地A,B)の崩壊深の分布

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

中田康隆・速水将人・輿水健一・竹内史郎・蝦名益仁・佐藤創(2020) 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).

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：令和元年度～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の提案を目的とする。

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
 - ・既往観測点の探索
- 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、地形等が流域内でばらつくよう流域全体に複数地点を設定

研究成果

■全国スケールでの河川水温推定

研究開始年度にあたる今年度は、観測ネットワークの構築および基盤データの整備を行った。

- ・全国スケールで水温モデルを構築するため、2019年7～9月にかけて北海道の天塩川と四国の肱川流域に水温および気温ロガーを設置した（図-1、北海道：30地点、四国：26地点）。
- ・既往の観測地点の利用可能性について調査した結果、九州では九州大学および熊本大学が管理する123地点、中部では土木研究所が管理する90地点についてデータの使用許可を得た。

■生物分布の変化予測・将来予測

ロガーを設置した四国において既存生物データに関する情報収集を行った。

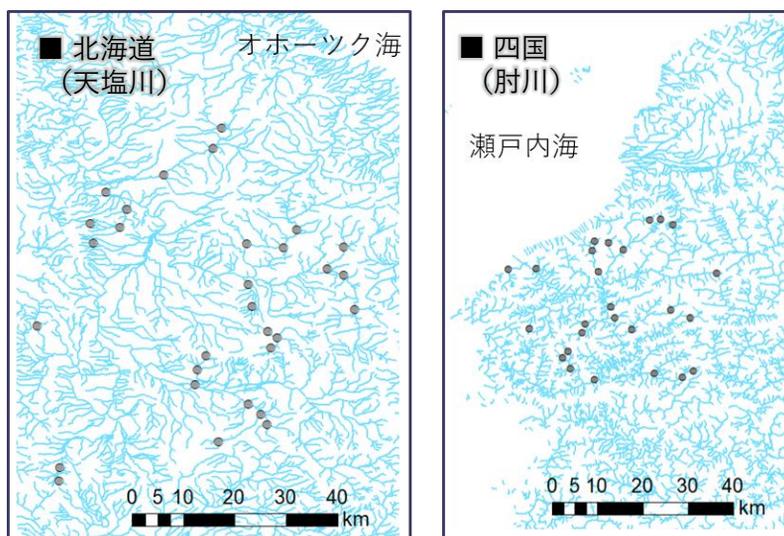


図-1 北海道および四国地方の温度ロガー位置図。

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)

・ Garia Molinos J., Ishiyama N., Sueyoshi M., Nakamura F. (2019). Development of catchment-scale statistical models for prediction of water temperatures across Japanese river networks to assess nation-wide effects of climate warming on freshwater biodiversity. AGU Fall Meeting 2019.

実験林等で先端的な研究を実施するための情報収集と試行

担当G：企画調整部、森林経営部、保護種苗部、森林環境部、道南支場、道東支場

協力機関：林産試験場

研究期間：令和元年度 区分：経常研究

研究目的

森林研究のフィールドにおいて、先見性・先端性のある研究を実施するための技術・装置導入に向けて、その先進地や関連展示会等にて導入すべき先端技術・装置を調査し、同時にその導入にかかるインフラ整備に向けた試行を行う。

研究方法

① 先端技術の調査

AI、IoT、リモートセンシング技術や、VR・MRなど仮想現実空間技術等の先端技術・装置・製品の展示会等を調査しながら、今後、実験林や試験林等に導入可能な技術・製品を把握する。

② 技術導入に向けた試行

森林でのIoTを実現するインフラ整備に向けてLPWA (Low Power Wide Area) の導入を図るべく、親機、中継器、子機を用いて、単独通信試験(通信能力)ならびに中継器通信試験(通信距離)を行う。

研究成果

① 先端技術の調査

様々な展示会等にて、産業用・サービス用ロボット、ドローン/ドローンソリューション、知能化技術/AI、駆動技術、センシング技術、各種部品・材料等を視察、調査した(表)。特にVR・MRなど仮想現実空間技術による森林環境に対するシステム開発に可能性を感じた。

視察先	開催地
北海道衛星データ利用ビジネス創出協議会	札幌市
スマート農業を目指す先端技術フェア in 愛知	名古屋
森林GISフォーラム2019東京シンポジウム	東京都
InterAqua 2020	東京都
第4回ロボテックス	東京都
ウェアラブルEXPO	東京都
農林水産省	東京都
ベンチャー/生産現場連携促進シンポジウム	東京都
シンポジウム「気候変動と持続可能な発展」 公衆衛生と政策	東京都
3D&バーチャルリアリティ展	千葉市
日本ものづくりワールド2020	千葉市

③ 今後の課題等

見通しが利かない条件で通信が途切れることに対して、電波出力の強化があげられるが、特定小電力無線(20mW以下)を超える可能性と消費電力の増加から困難と思われる。また、森林で見通しを確保するには、樹木よりも高いところへのアンテナ設置が必要で、こちらも維持やコスト面から難しいと思われる。

今後、上記を踏まえて、導入すべき技術や装置の選定や、LPWAの性能検証(データ量や速度等)を行う必要がある。

② 技術導入に向けた試行

森林でのIoTを実現するためにはインフラ設備が不可欠であるが、既存インフラ(固定電話回線、光ファイバー網、衛星回線、携帯電話網など)を導入するには膨大な予算が必要となる。そこで免許不要の周波数帯域を利用し、省電力な無線データ通信システムLPWA(Private LoRa:920MHz帯、送信出力20mW以下)を使用したネットワークの可能性を検討した。その結果、平地では見通しが良好ならば4kmほどの通信は可能であったが、建物や森林で見通しが利かない条件では通信が途切れることがわかった(図-1)。

数cm単位のRTK-GNSS測量を目指して、RTK固定局および、導入技術の一例として光合成活性測定用機器の整備を行った。今後、UAVによる精密な位置データ取得やマルチスペクトル画像による植物活性観測のデータ取得(Ground Truth)等に活用する予定である。



図-1 LPWAの性能調査

(林業試：赤印との通信可能であった所：紫印)

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

供試ネット：
新開発ネット（イザナス入りネット）
従来ネット（ステンレス線入りポリエチレン）

研究成果

- 新開発ネットにおいても、設置年数に伴いネットの破網数が増加したが、ポリエチレン＋ステンレス線の従来ネットより破網数は少なかった。また、4冬経過後の破網部の大きさは、従来ネットより新開発ネットでは小さかった（図-1）。
- 北海道の設置基準では、支柱の中間部の2か所以上ステーブルでネットを固定することになっているが、固定した直下でネットが破網した（写真-1）。また、ネットを従来法（吊りロープを支柱側面に固定、ネットを中間2点で支柱に固定）で設置すると、吊りロープの落下、ネットの中間固定部上部の破網、固定部下部の破網と段階的に複数個所でネットの損傷が発生した。そのため、中間部は固定しない方がよいことが明らかとなった。
- ネットの落下や破網は最大積雪深を記録する2月以降に生じていた。平成28年度の冬は積雪が少なく各試験地の最大積雪深は、石狩試験地で86cm、林業試験場試験地で65cm、美唄東明試験地で78cmであり、どの試験地においても新開発ネット、従来ネットともに被害は発生しなかった。一方、積雪の多かった平成27、29、30年度は、最大積雪深が石狩試験地で148cm、185cm、165cm、林業試験場試験地で132cm、150cm、132cm、美唄東明試験地で185cm、124cm（平成29、30年度のみ）であり、多くの破網被害が発生した。このことから、1m弱程度までは被害は少ないかほとんど発生しないが、それを超えると被害が多発すると推測される。

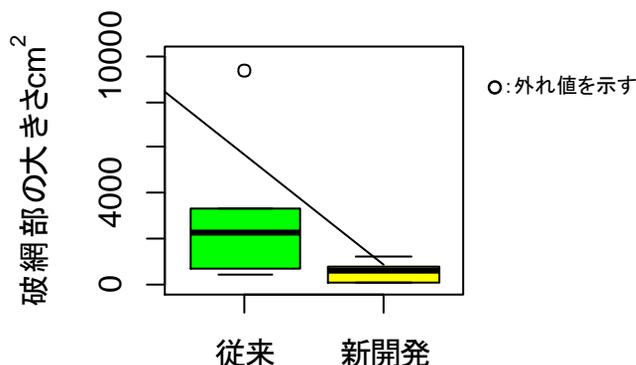


図-1 設置4冬経過後の破網した部分の大きさ
(吊りロープ固定部)

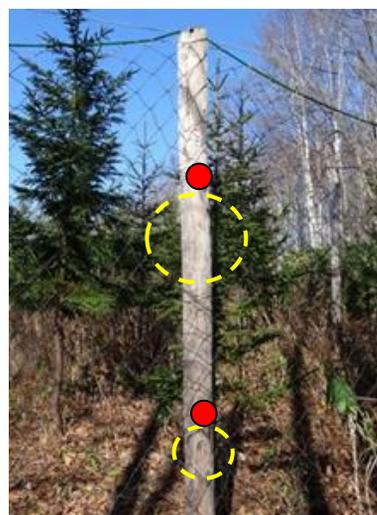


写真-1 ネット固定部の破網の様子
赤丸：固定部、黄色破線：破網部

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：道北支場

協力機関：北海道森林管理局、北海道水産林務部・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

天然林におけるエゾシカの生息状況と森林への影響
調査地：道有林網走東部管理区（津別町・美幌町）
調査方法：ライトランセクト法によるエゾシカ生息密度推定、針葉樹人工林調査区15箇所における広葉樹稚樹のエゾシカ食痕調査

カラマツの樹高成長に及ぼす影響
調査地：釧路市・鶴居村・白糠町
調査方法：各林分50本または100本についてエゾシカの食痕を調査
解析方法：個体の1年間の食害回数、樹高成長量、林分の被害本数率等の関係をモデル化

研究成果

1. 天然林におけるエゾシカの生息状況と森林への影響

2017～2019年11月に延べ321kmの林道等においてライトランセクト法による調査を行い、エゾシカ生息密度は6.3頭/km²と推定された。針葉樹人工林内に100m²の調査区を設置して継続調査したところ、ほとんどの調査区で稚樹がほとんどないか、減少傾向であった（図-1）。

2. カラマツの樹高成長に及ぼす影響

カラマツ幼齢林の食害について、本数被害率と林齢の影響を考慮した被害レベルの関係を明らかにした（図-2）。被害レベル2を超えると2回以上の食害を受ける個体が増加し、樹高成長が遅れて（図-2）、下刈り回数が1年長くなると予想された。

3. 森林所有者とシカ管理

エゾシカ捕獲によって天然更新の回復や林業被害の軽減を図るのは難しく、公的資金による捕獲や農業被害対策等との連携を検討していく必要がある。

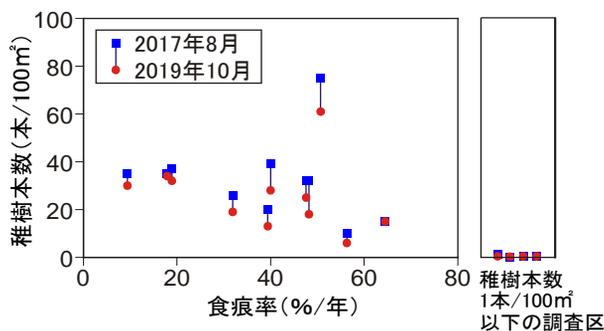


図-1 道有林網走東部管理区における稚樹の食痕率と本数の変化

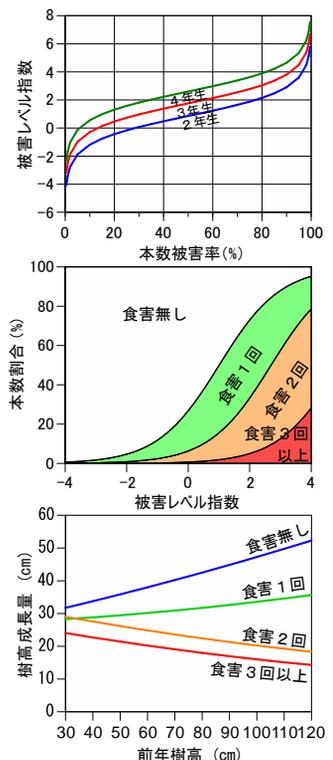


図-2 本数被害率、被害レベル指数、食害回数、樹高成長量の関係
被害レベル指数と食害回数の関係は樹高100cmの場合を例として示す

研究成果の公表

- ・明石信廣 (2019) エゾシカをおいしく食べるための捕獲とは. 光珠内季報 192: 1-4.
- ・明石信廣・南野一博・寺澤和彦 (2020) エゾシカの影響による林分構造の変化—17年間の追跡調査から—. 森林防疫 69: 5-12.

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、企画調整部企画G、道北支場

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林計画課・森林県境局道有林課・森林活用課、
十勝総合振興局林務課・森林室、陸別町、陸別町森林組合、上川総合振興局林務課・
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いる。2016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）

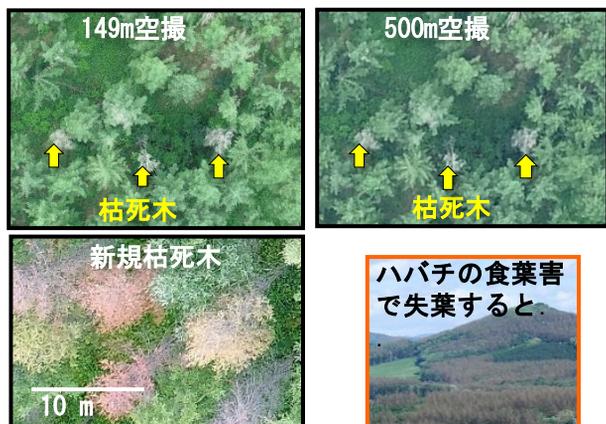
調査方法

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、収穫予測シミュレーション

研究成果

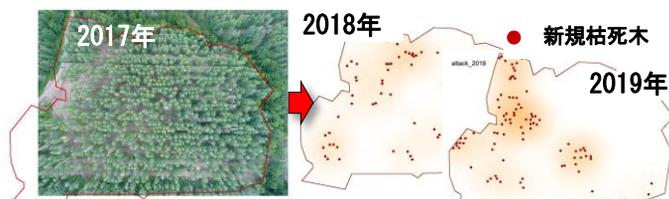
1 キクイムシ被害の早期把握技術の開発

- ・汎用型UAVで空撮、樹冠の色で被害判別できた
- ・高度500mでも、被害木把握に十分な精度だった
- ・新規枯死木は、5～9月に発生した
- ・本数被害率からハイリスク地域を抽出できた



2 キクイムシ被害の拡大過程の解明

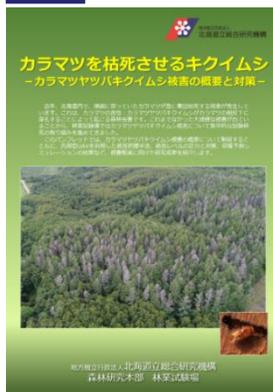
- ・本数被害率と林分の施業履歴・環境条件は無関係だった
- ・3年目まで被害が拡大し、4～5年で概ね収束した
- ・被害拡大後の間伐は、感染抑制の効果が低かった



被害率20%のときに初回の整理伐（伐倒・搬出）

整理伐を繰り返しても枯死木が発生し続けた

3 伐倒・搬出効果の検証と被害対策方針の提示



被害調査方法と被害対策についてまとめたパンフレットを発行した
<http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/kikuimushi.pdf>

- ・カラマツヤツバキクイムシの生態と被害、その傾向
- ・UAVによる被害把握方法
- ・被害拡大の様子
- ・被害レベルの判断基準
- ・被害林分の取扱方法

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)

- ・道総研林業試験場(2020)カラマツを枯死させるクイムシ-カラマツヤツバキクイムシ被害の概要と対策-. (パンフレット, 6pp.)
- ・滝谷美香ら(2019)カラマツヤツバキクイムシ被害林分の現状と施業方法の検討. 第68回北方森林学会
- ・和田尚之ら(2019)北海道東部で発生したカラマツ集団枯損における病虫害発生と生理状態の関係. 第68回北方森林学会

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、北海道水産林務部森林環境局森林活用課、十勝総合振興局林務課・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、道東地方を中心に平成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

・主に道東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
・気象 (降雪・降水量の年変動) と害虫被害発生記録の解析

研究成果

SPOT衛星画像によってカラマツ林を被害レベルでクラス分けする基準を作成した。また、過去最大規模の雪害、道東地方で初めてのカラマツハラアカハバチの連続被害、4年連続の乾燥ストレスが同時期に道東地方で発生したことがカラマツヤツバキクイムシ被害拡大の要因と推測されたので、各要因のモニタリングによる早期発見・対策を提案した。

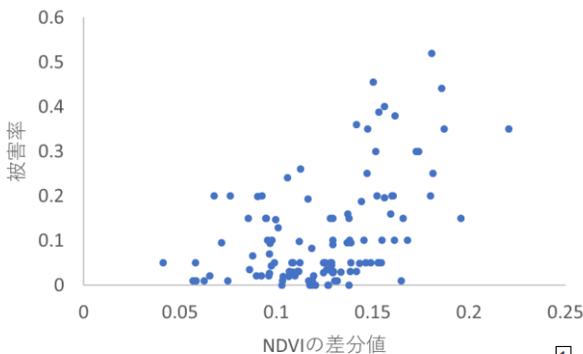


図-1 被害発生前後の衛星画像からカラマツ林を切り出し、草地などのノイズピクセルを除去した後にNDVIの差分値を算出し、カラマツ枯損被害率との関係を示した。

NDVIの差分値と被害率に相関が認められた。しかし、差分値だけで被害率を推定すると誤差が大きいことが示された。

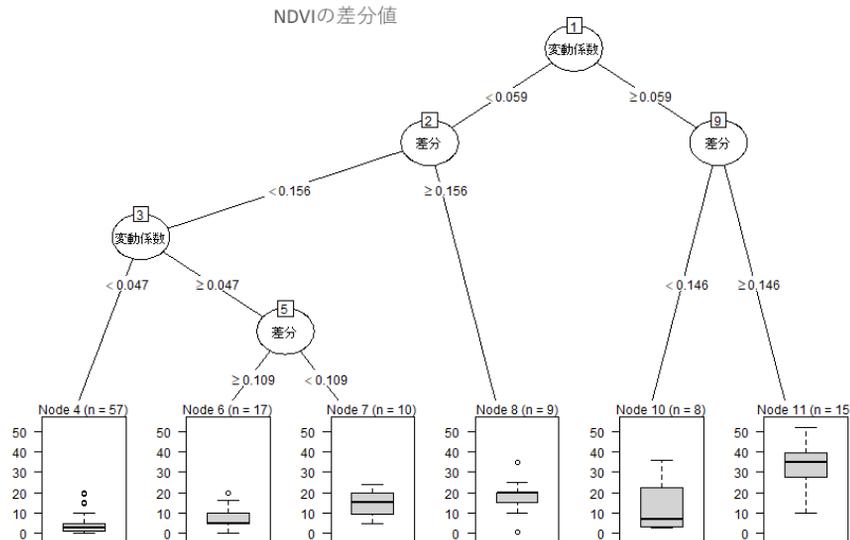


図-2 衛星画像から算出した各小班のNDVI統計値 (平均値と変動係数) を用いて3ha以上のカラマツ林小班を分類した結果と各分類クラスの被害率のボックスプロット

被害発生後の画像のNDVIについて変動係数が0.047以下の小班で最も被害率が低かった。変動係数*が高い上に被害発生前後のNDVI差分値が大きい小班で最も被害率が高かった。

*変動係数：標準偏差を平均値で割った値で、データのばらつきを評価する際に用いる数値

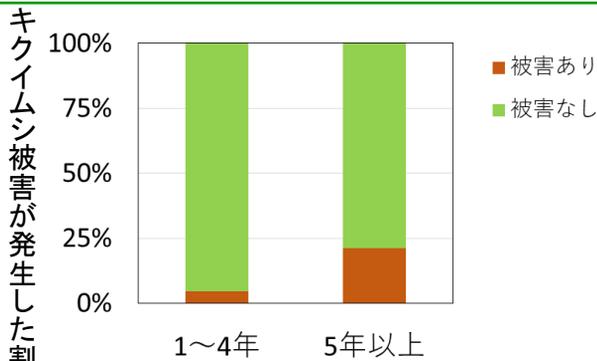


図-3 過去40年間の全道のカラマツアカハバチ被害発生イベントのうち、カラマツヤツバキクイムシ被害が同時に発生したイベントの割合

カラマツアカハバチ被害が連続するとクイムシ被害が発生しやすいことが示唆された。



カラマツアカハバチの被害連続年数(市町村単位)

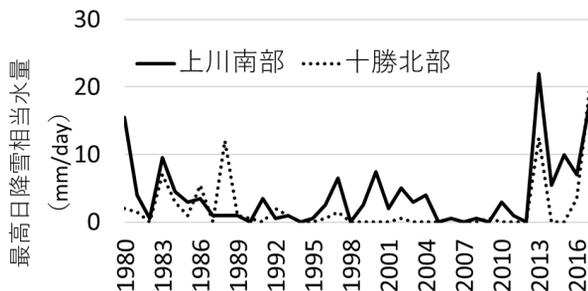


図-4 10月中に1日に降った雪の最大値の年変動。カラマツの葉に湿雪が付着し、雪の重みでカラマツに折損、倒伏被害が発生する。

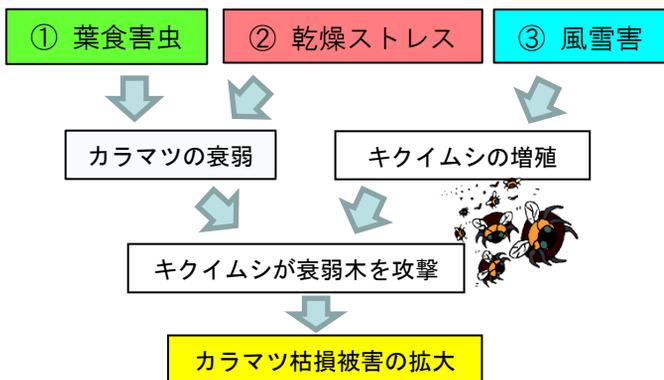
大量枯損発生地の2年前である2013年に過去最大規模の降雪が発生していた。雪害により発生した大量の倒木や折損木が餌となっており、カラマツヤツバキクイムシが増殖していたことが予想される。

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Blue																		

■ : 乾燥年
■ : 湿潤年

図-5 大量枯損発生地域における各年の5~7月の乾燥度合い。乾湿の判定は、降水量と蒸発散量の収支から算出した指数 (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) を基準として用いた。

被害発生地域では2012年から2015年まで4年連続でカラマツに乾燥ストレスがかかっていたことが推測された。2015年には特に厳しい乾燥状態であったことが分かった。



被害発生地域ではカラマツを衰弱させる3つの要因が重複して発生していた。衰弱したカラマツをカラマツヤツバキクイムシが攻撃されて大被害に発展したことが推測された。

図-6 大量枯損被害発生に至る過程の予測

林業試験場のホームページで被害発生要因の分析結果を説明したパンフレットを公開した。

<http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/kkoson.pdf>



研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・小野寺賢介(2019) カナダと北海道におけるクイムシ被害の発生状況の比較。光珠内季報190号
- ・和田尚之・小野寺賢介・徳田佐和子(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
- ・滝谷美香ら(2019) カラマツヤツバキクイムシ被害林分の現状と施業方法の検討。第68回北方森林学会
- ・徳田佐和子、小野寺賢介(2018) 道東で大発生しているカラマツヤツバキクイムシ被害とならたけ病について。北方森林研究第66号

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(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ー(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：ノビタキを捕獲し、ジオロケーターを装着して放鳥。

研究成果

- 平成30年度までに渡りのルートを明らかにしたキビタキに加え、令和元年度からはノビタキの渡り経路を明らかにする。そのため、96羽のノビタキを捕獲した(図-1)。
- 51羽のノビタキには、ジオロケーター装着した。また、令和2年度、帰還した個体を再捕獲しジオロケーターを回収するため、見つけやすいようにピンクのセルロイド製色足輪を装着した(写真-1)。
- 残りの45羽のノビタキは、ジオロケーターを装着することによる鳥への帰還率に対する影響を評価するため対照区として、色足輪のみ(オレンジ、白、水色、紫)装着した。
- 既存研究(Yamaura et al. 2017)では、ジオロケーターの電池が途中で切れ、帰路(越冬地から繁殖地である北海道まで戻るルート)が記録できなかった。また、帰還した2個体で鳥に取り付けるハーネスが切れていて、ジオロケーターを紛失していた。今回は電池切れにならないように不要な部材を削り、電池を大きくしたジオロケーターを使用し、ハーネスも耐久性のある素材を使用した。



図-1 令和1年のノビタキ捕獲地点
石狩川河川敷(江別市・新篠津村)



写真-1 捕獲したノビタキ

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）：環境科学研究センター（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
部環境局生物多様性保全課、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

酪農試験場天北支場：アカクロバー、チモシー、ペレニアルライグラス、鉦塩、無処理（既存牧草地）
標津町：えん麦、無処理（既存牧草地）

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

- 昨年度の誘引試験でもっと好まれたえん麦は越冬できないため、春の捕獲では利用できない。そこで越冬可能な牧草を用いて酪農試験場天北支場内に5つの処理区を設定し、自動撮影カメラにより撮影された動画数でシカの嗜好性を評価した。その結果、アカクロバーがペレニアルライグラス、チモシー、無処理より好まれた。鉦塩は全くシカになめられなかった。（図-1）。
- 標津町内の牧草地の一角に、有力な餌の候補であるえん麦を造成し、自動撮影カメラにより撮影された動画数でシカの嗜好性を評価した結果、シカが撮影された動画数は無処理よりえん麦で多く、昨年誘引試験を行った浜頓別以外の別の地域でもえん麦の誘引効果が高いことが示された。
- 誘引餌の候補であるえん麦をワナ内に造成し、秋に捕獲試験を行った。合計36頭のシカを捕獲することができ、シカがワナ内でえん麦を食べる様子が観察され、造成したえん麦がシカのワナ内での滞留に効果を発揮していることが確認できた（写真-1）。

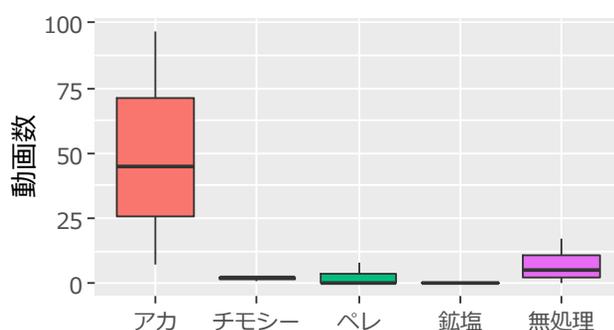


図-1 草を食べたシカが撮影された動画数

写真-1 ワナ内に造成したえん麦を食べるエゾシカ

アカ：アカクロバー、ペレ：ペレニアルライグラス

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（主管）

（北海道水産林務部森林環境局道有林課、空知総合振興局森林室、北海道大学、環境科学研究センター）

研究期間：平成30年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

2013年から北海道で開始した国内初の保残伐の長期・大規模実証実験において、伐採2～8年後を対象に生物多様性、水土保全機能、木材生産性に与える保残伐の影響を調査する。そして、その結果を伐採前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、小面積皆伐区（皆伐）、広葉樹天然林対照区、人工林対照区（トドマツ人工林）

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

研究成果

生物多様性調査

- 各実験区の中心部半径50m円内での鳥類調査の結果、全種数は伐採後に皆伐区、単木少量区、群状区で大きく減少した（図-1）。種を生息環境により森林性と開放地性に分けて分析すると、森林性は伐採後に皆伐区、単木少量区、群状区で大きく減少し、開放地性では変化は小さかった。
- 伐採後の下層植生は、皆伐区と単木少量・中量・大量区はともに攪乱に依存する草本種が優占したが、群状区では種組成は大きく改変されずに維持された。

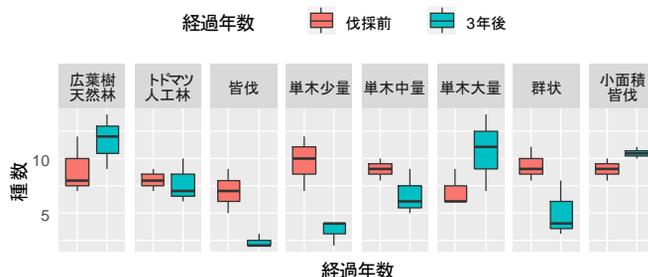


図-1 実験区の中心部の半径50m円内で観察された鳥類の全種数の変化

水土保全機能調査

- 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、小面積皆伐区、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、4年目に至ってもその状況が維持されていた（図-2）。

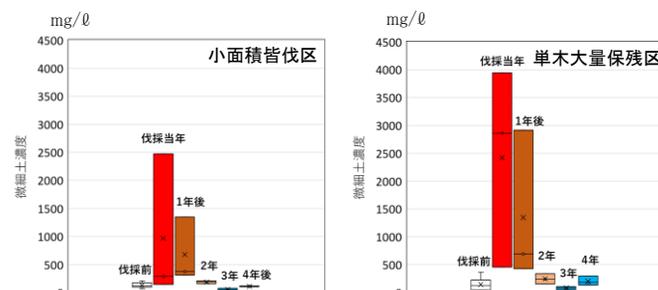


図-2 出水時に計測された微細土濃度の伐採前後の比較グラフは、各年7～10月に発生した出水イベントで観測された微細土濃度のレンジを示している。

木材生産性調査

- 第3セットの単木少量・中量・大量区と群状区で保残木の毎木調査を行った。また、第2セットと第3セットの単木少量区と単木大量区、第2セットの群状区で植栽木の調査を行った。

森林病虫害への網羅的な遺伝子発現解析の活用

担当G：保護種苗部保護G

協力機関・研究機関：北海道大学

研究期間：令和元年度 区分：職員研究奨励事業シーズ探索

研究目的

森林病虫害被害の発生・蔓延を防ぐためには、被害木の早期発見や被害発生前のリスク評価が重要である。遺伝子の発現パターンはその時の樹木のおかれている状態によって変化するため、遺伝子発現情報を利用することで病虫害被害の識別や衰弱個体の早期検出などが行える可能性がある。本研究では、カラマツの遺伝子発現パターンを調べることで、クイムシとならたけ病の被害木で遺伝子発現に違いがあるのか検証した。

研究方法

調査地：陸別町カラマツ人工林 2林分
各個体のクイムシとならたけ病の被害状況の調査と、シュートの形態評価・化学分析及び葉のRNA抽出を行った。

方法：

1. カラマツの遺伝子情報の取得
2. クイムシ・ならたけ病被害時の遺伝子発現の比較
3. クイムシ・ならたけ病被害時の形質情報の比較

研究成果

1. 実際の被害状況をもとに、カラマツを無被害木、ならたけ病被害木、クイムシ被害木、複合被害木に分類した。各分類群2個体、合計8個体から採取したRNAをもとにカラマツの遺伝子情報を構築したところ、高精度なカラマツ遺伝子断片情報を取得できた。

2. 遺伝子発現量を無被害木とクイムシ被害木、ならたけ病被害木とで比較したところ、各被害で発現パターンが変化した遺伝子が複数見つかった(表-1)。

3. 各個体の生理・形態情報を調べたところ、ならたけ病被害木に関しては無被害木と類似した傾向が多く(図-1)、特徴的な違いとしては葉の縮合タンニン量が多い傾向がみられたのみであった(表-2)。

2. 3. から、形質面からはあまり差の見られなかった無被害木とならたけ病被害木の間でも遺伝子発現の明瞭な違いがみられたことから、遺伝子発現による病虫害識別の可能性が示唆された。

表-1 無被害木と比較し発現量が変化した遺伝子数

	発現増加	発現減少	総数
ならたけ病	249	221	470
クイムシ	826	453	1279



図-1 被害別のシュートの様子

ならたけ病被害木ではシュートの形態にほとんど変化がみられない

表-2 ならたけ病、クイムシ被害時にみられた形質の変化

ならたけ病	クイムシ
縮合タンニン量	樹脂滲出量
	葉量
	総フェノール量
	総クロロフィル量

緑字：P<0.05、黒字：P<0.1
和田ら(2020)をもとに作成

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)

和田尚之・小野寺賢介・斎藤秀之・馬場俊希・徳田佐和子(2019)北海道東部で発生したカラマツ集団枯損における病虫害発生と生理状態の関係。第68回北方森林学会大会、札幌市

和田尚之・小野寺賢介・斎藤秀之・馬場俊希・徳田佐和子(2020)北海道東部で発生したカラマツ集団枯損における病虫害発生と生理状態の関係。北方森林研究 68, 31-34.

和田尚之・小野寺賢介・斎藤秀之・徳田佐和子(2020)北海道で発生したカラマツ集団枯損における衰弱木の生理変化と遺伝子発現。第131回日本森林学会大会、名古屋市

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、北海道森林管理局、環境科学研究センター

研究期間：令和元年度～3年度 区分：受託研究

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

森林への影響把握

調査地：中川町内 12地点
方法：従来の簡易チェックシートによる調査
林縁の広葉樹稚樹の食痕調査

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 2台
UAVによる写真撮影

研究成果

1. 森林への影響の把握

林内を対象とする簡易チェックシートを用いて調査を行ったところ、11地点で群落高130～200cmのクマイザサが密生し、10箇所では広葉樹稚樹がほとんどみられなかった(図-1)。足跡や糞の確認地点も少なかった。

林道沿いなど林縁を調査対象に含めると、12地点のうち11地点で広葉樹稚樹の食痕がみられたほか(図-1)、オオイタドリなど高茎草本の食痕が観察された。

2. エゾシカの生息状況の把握

リチウム乾電池を使用した自動撮影カメラを11月下旬に設置し、気温-27度においてもカメラが稼働することが確認された。カメラ設置箇所では2箇所ともに12月上旬までエゾシカが撮影されたが(図-2)、その後3月下旬までの間には撮影されなかった。

3月3日にUAVによって撮影した画像からオル

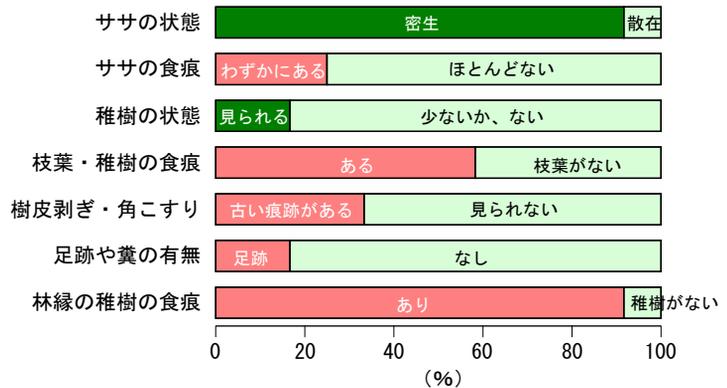


図-1 天然林における簡易チェックシートによるエゾシカの痕跡等の調査結果

ソ画像を作成したところ、解像度約3cmのオルソ画像でも樹木に被われていない部分ではエゾシカの足跡が確認でき、エゾシカの行動範囲等の情報を得られることがわかった。



図-2 中川町有林に設置した自動撮影カメラで撮影されたエゾシカ

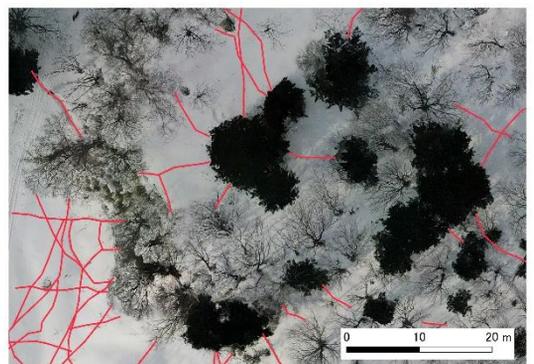


図-3 UAV画像から作成したオルソ画像の判読によるエゾシカの足跡の分布(赤線は足跡を示す)

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～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：①「たらの芽」生産用タラノキの選抜

②タラノキのクローン増殖技術の開発

③個体選抜からたらの芽生産に至る体系化の検討

方法：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

- 平成27-31年度の5年間で気候区分が異なる5地域において、トゲが無い・少ないタラノキ計35個体の選抜を行った（写真-1、表-1）。



写真-1 下川町有林（左）で選抜した個体（右）

表-1 タラノキの選抜の実施地域と選抜個体数

実施地域	実施年度（平成）					計
	27	28	29	30	31	
下川町	2	7	6	2		17
江差町				2	2	4
浦幌町					1	1
美唄市			6	5		11
夕張市（道有林内）			2			2
中標津町					3	3
計	2	7	14	9	6	35

②タラノキのクローン増殖技術の開発

- 選抜個体から採取した腋芽や幼葉を材料として、クローンを増殖する実用的な培養系を開発した（写真-2）。また、この技術は、民間企業（赤平オーキッド(株)）へ技術移転を行った。



①腋芽由来の不定胚

②不定胚の発芽

③不定胚由来のクローン

④クローン苗木

写真-2 タラノキの不定胚を経由する培養系の工程

③ 個体選抜からたらの芽生産に至る体系化の検討

- ・露地栽培におけるクローンの成長に及ぼすマルチの色（黒・緑・白）と窒素施肥の効果について、圃場への植栽当年に検証をおこなった（写真-3）。この結果、一生育期間の成長量（≡苗長）は緑>白>黒の順となり、ビニールマルチの色の間で統計的に有意な差異があった（図-1）。他方、窒素施肥量においては、処理区間に明瞭な差異は認められなかった。
- ・圃場への植栽から3年目のクローンについて、穂木の採取からたらの芽の生産、販売に至る工程を実証した（写真-4）。
- ・タラノキの選抜から、クローンの栽培、たらの芽の生産に至る過程を作業暦として取りまとめた（表-2）。



写真-3 圃場での栽培試験

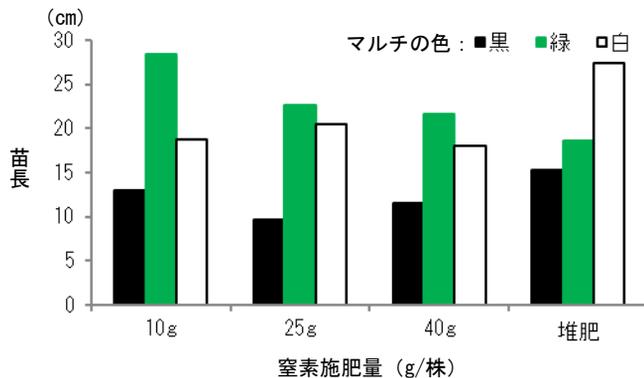


図-1 苗長に及ぼすマルチの色と窒素施肥量の効果



写真-4 穂木の収穫からたらの芽の生産に至る工程

作業内容	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
クローン増殖		○←	→○←		→○←			→○←				→○←
		野外で材料の採取		組織培養の開始		カルス誘導・増殖			不定胚の発芽			順化・育苗
栽培1年目		○←		栽培管理（除草など）			→○	越冬				
		クローン苗木の植え付け（苗木養成畑）		栽培管理（除草など）			→○	越冬				
2年目		○←		栽培管理（除草など）			→○	越冬				
		クローン苗木の定植（苗木養成畑）		栽培管理（除草など）			→○	越冬				
3年目		○←		栽培管理（除草など）			→○	越冬				
							○	穂木の収穫・保管				○
												○
												○

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・錦織正智（2019）北海道産「たらの芽」の生産を目指して、光珠内季報No.193
- ・錦織正智（2019）北海道ブランドになる「たらのめ」生産を目指す、グリーントップックスNo.59
- ・錦織正智（2020）地域でつくるタラノキ品種と「たらの芽」の産地形成 第6回道総研オープンフォーラム
- ・錦織正智、脇田陽一、市川裕章、和田末架（2019）北海道における木本植物の組織培養の成り立ちから現在まで 第37回日本植物細胞分子生物学会大会
- ・北海道新聞・朝刊（空知版）（2016）道産タラノメ 普及に弾み

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～令和元年度

区分：経常研究

研究目的

現場で選抜した少花粉個体からクローン増殖された苗木(約15年生)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、その他の特性を調査し、緑化樹としての新たな利用価値を持ったクローンの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

- ・三笠市、中川町、新得町、函館市、安平町
→選抜クローンと対照クローンをセットで植栽

調査項目

- 雄花序数：花序数のカウント
- 成長量：樹高・胸高直径・枝下高・樹冠径等
- 樹形等特性：長枝数・短枝数・葉数等

・選抜クローン

：札幌市内のシラカンバ植栽木を複数年観察、雄花序数が一般的な個体に比べ1%未満のシラカンバ8個体を選抜し、組織培養により増殖したもの。

・対照クローン

：雄花序数が一般的な個体を増殖したもの。

研究成果

- ・15年生から19年生にかけて少花粉クローンは対照クローンに比べて安定的に雄花序数が少ないことがわかった(図-1)。5年間の合計雄花序数は、少花粉クローンは対照クローンの5.4%であった。
- ・19年生時点の植栽個体のサイズ(樹高、胸高直径)を計測したところ、少花粉クローンと対照クローン間に顕著なサイズの違いは見られなかった(図-2)。
- ・少花粉クローンの樹形は対照クローンに比べて枝や葉の数が少なく幹が通直であり、緑化樹としての観賞価値があると考えられた。

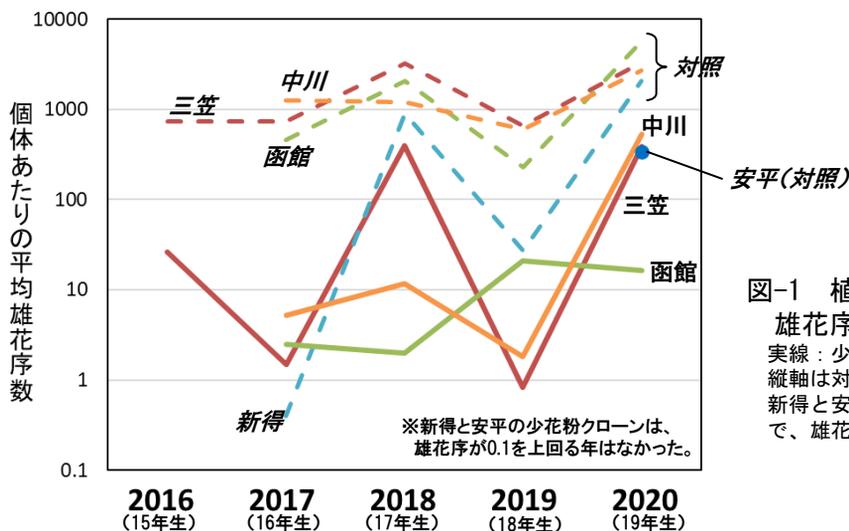


図-1 植栽地ごとの少花粉株と対照株の雄花序数の推移

実線：少花粉クローン、破線：対照クローン
縦軸は対数軸で示している。
新得と安平の少花粉クローンは調査を実施した5年間で、雄花序はほとんど観察されなかった。

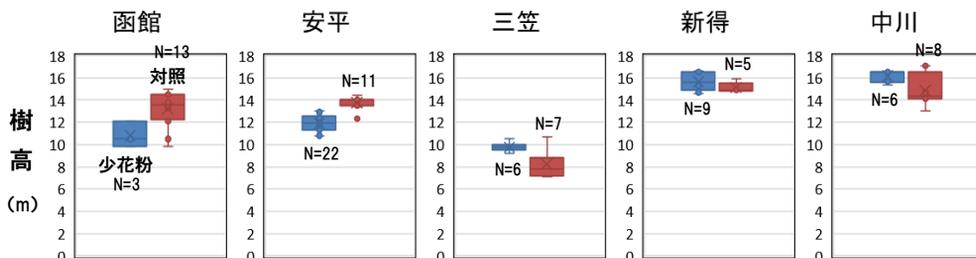


図-2 19年生時の少花粉クローン、対照クローンの樹高

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

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：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おこなう。

②組織培養によるクローン増殖技術を確立する。

研究成果

①遺伝資源の収集

- 自生地において、ツルコケモモの開花期間（6月中）の中で6月上旬に開花する5個体を選抜した。

②クローン増殖技術の開発

- 節ごとに切り分けた節部切片から植物体を増殖（個体再生）する培養系を確立した(写真-1)
- 3節を1単位とした節部切片を30日間培養した結果、8系統中7系統において、15節以上に増殖した(図-1、写真-2)。節数の増殖率が5倍以上/30日であることから、実用的な培養系であると判断した。また、節の増殖数には、系統間に0.1%水準で有意な差異を認めた。



①節部切片 ②シュートの伸長と節の切り分け ③切り分けた節の培養 ④節から個体再生
写真-1 節部切片から増殖させる培養系の過程

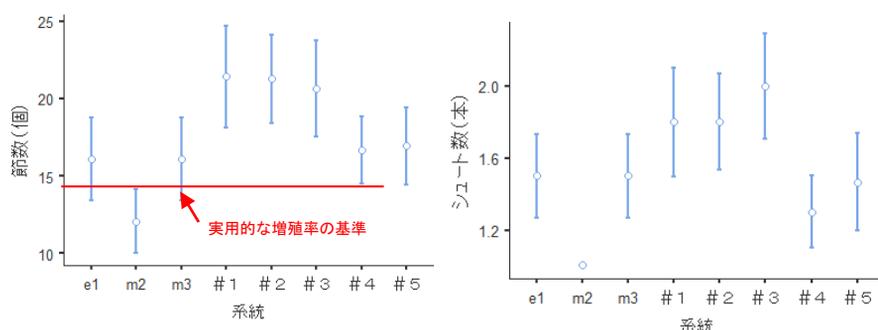


図-1 3節の節部切片を30日間培養したときの成長量
(左：節数 中：シュート数 供試数：30個体/系統)

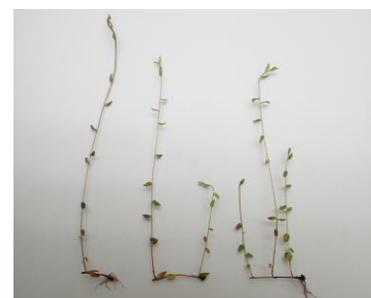


写真-2
節部切片からのシュート伸長

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 錦織正智（2019）北海道産ベリー「ツルコケモモ」の栽培化を目指す。グリーントップクス No60
- 錦織正智、脇田陽一、市川裕章、和田未架（2019）北海道における木本植物の組織培養の成り立ちから現在まで 第37回日本植物細胞分子生物学会大会

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

道央地域の街路樹について、植栽後の経過年数を尺度にして、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	方法
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	①樹高成長の予測曲線に基づいて、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	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

植栽後、最初の剪定が行われるまでの年数を推定した結果、イチョウ(図-1)は11年、ナナカマドは12年、ハルニレ(図-2)は12年、プラタナスは7年であった。

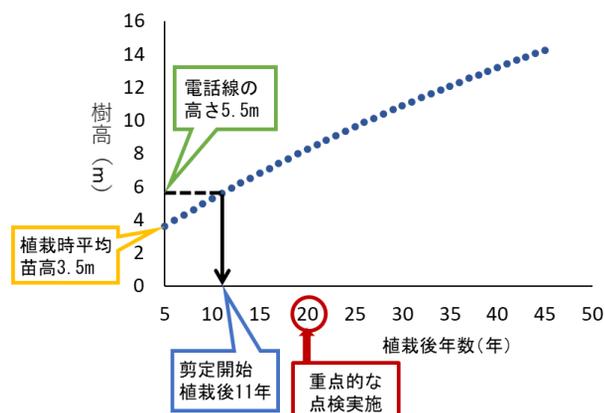


図-1 イチョウの樹高成長の予想曲線と管理適期
* 重点的な点検を要しない期間も定期的な点検は必要

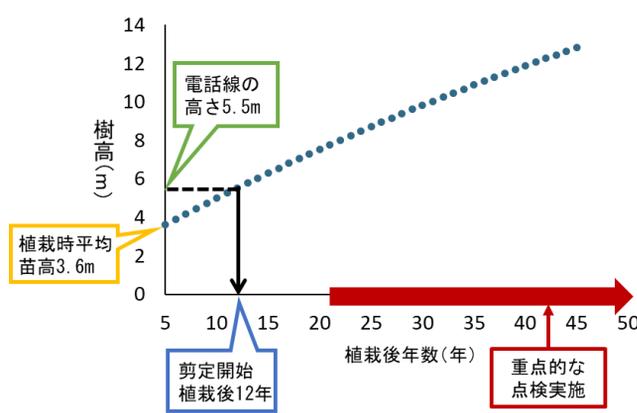


図-2 ハルニレの樹高成長の予想曲線と管理適期

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

植栽後の年数別に街路樹の内部診断を行った結果(図-3)、点検が特に必要となる時期は、イチョウは20年頃(図-1)、ナナカマドは若齢時から、ハルニレは20年以降(図-2)、プラタナスは40年以降であると考えられる。

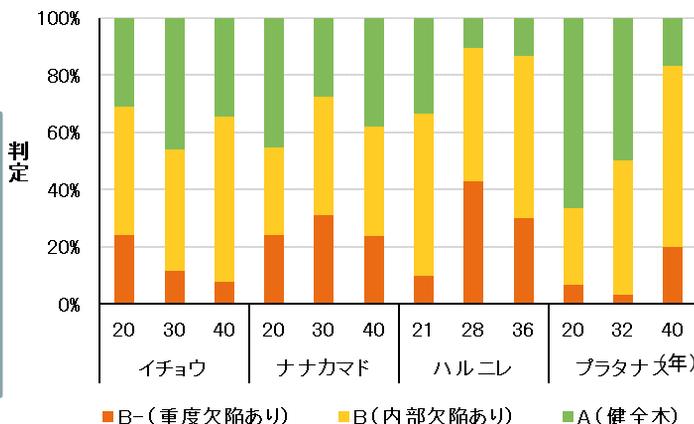


図-3 樹種別、植栽後年数別にみた樹木内部診断の結果*

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

内山和子、脇田陽一(2019) 街路樹4樹種の健全率の年次推移—樹木内部欠陥簡易診断装置を使用して—, 第131回日本森林学会大会

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、北海道水産林務部林務局森林計画課

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結果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. 連年成長量予測モデルの精度検証
 2. 単木の肥大成長量予測モデルの精度検証
- 1、2とも、長期観察を行っている三笠市のミズナラ林、ダケカンバ林の実測データとの比較

研究成果

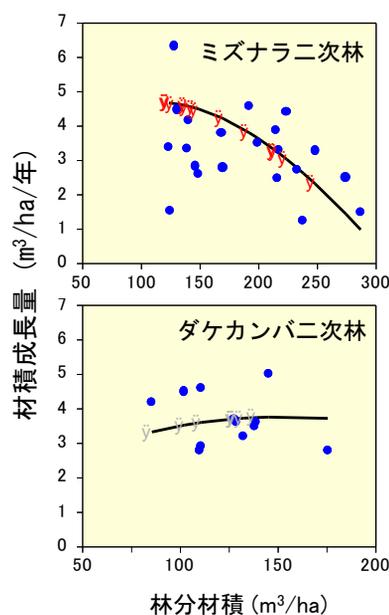


図-1 長期観察されている三笠市のミズナラ二次林（左）とダケカンバ二次林（右）における林分材積と材積（連年）成長量との関係

図中の線は平成30年度に構築した予測式に調査地の材積、気象要素を与えて算出した材積成長量の予測値を示す。

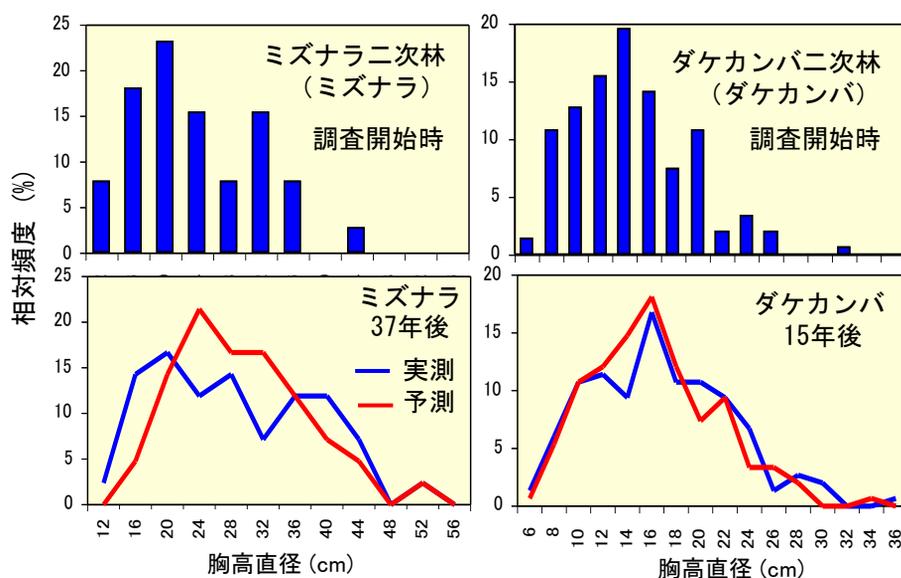


図-2 長期観察されているミズナラ二次林（左）とダケカンバ二次林（右）における立木の胸高直径階別の相対頻度分布の実測値と予測値

図中の赤線は平成30年度に構築した個体の肥大成長量を予測するための式を用いて算出した予測値を示す。

予測では、調査開始時の個体ごとのデータ（胸高直径）を初期値として用い、予測式によって算出した値を集計し、作図した。

林分の材積成長量と単木の胸高直径成長量を予測するための式の精度検証を対象に行った結果（図-1、2）、どちらの予測式においても予測値は実測の成長量の動向を反映していた。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・地域再生シンポジウム「持続的な広葉樹利用による地域再生」(岩手県盛岡市、2019年9月)

UAVを用いた天然更新木の判読技術の開発

担当G：道北支場

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結果の比較から、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

調査地に計15個のプロットを設置し、各プロットの樹高1m以上の木本種の位置と樹高、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600～15000本/haと差が大きかった。

2. 天然更新地におけるUAVによる空撮方法の検討

天然更新地を含む森林域でのUAV空撮は、農地等の平坦地のUAV空撮よりも撮影条件が厳しく、天候、適切な飛行計画、カメラ露出設定がより重要であった。

- ・天候の悪条件：強風（被写体の枝葉等がブレる）、快晴（コントラストが増し、濃い影ができる）
 - ・飛行計画の検討：飛行高度（最終的な解像度に影響）、撮影間隔（利用目的に応じて最適化）、飛行ルート（地形影響を考慮して作成）
 - ・オルソ化のためのカメラ露出設定：シャッタースピード1/800秒以上、露出補正值-0.7が標準
- これらの条件は、単純なスチール撮影でも、オルソモザイク作成目的であっても上記撮影条件は同様であるが、スチール撮影の方が多少の撮影条件の悪化も許容できると判断された。

3. 天然更新調査におけるUAV活用の可能性解明

UAV空撮によって、①更新木等の樹冠面積、②更新木等の相対的な高さ、③高精細な画像の3点が得られた。オルソ画像は不明瞭になりやすく、更新木の本数密度はわからなかった（図-1）。更新地面積はオルソ化することで計測でき、同時に得られる高さから林床植生と更新地の範囲を分類できた。前述の条件で撮影され、更新木の樹冠が発達していれば、相対的な樹高の計測が可能であった（図-2）。20m以下の低高度からの高精細な画像により、樹種を目視で判別できた（図-3）。しかし、低高度の画像から林分全体のオルソ画像作成は困難であった。

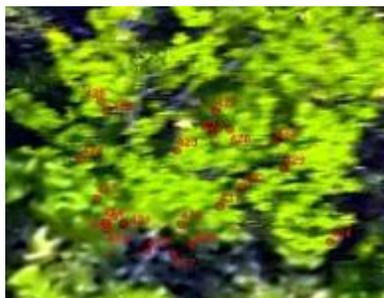


図-1：オルソ画像と立木位置の対応（赤点は更新木の位置）

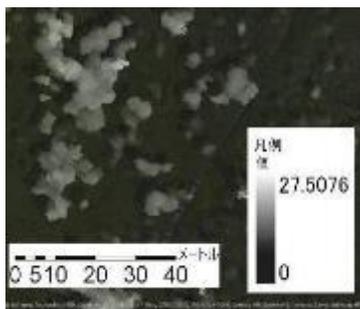


図-2：更新木の樹高計算例（白いほど樹高が高い）



図-3 低高度からの画像の例（イタヤカエデ、フキ、ササ、ヤマブドウ、ウド等が判別できる）

※DSM：数値表層モデル (Digital surface model)

※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・滝谷美香・石濱宣夫・蝦名益仁(2018) UAVを活用した造林未済地における天然更新状況の推定。第129回森林学会大会ポスター発表
- ・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 p1～4

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

本研究では、道有林上川南部管理区・津別町の針葉樹人工林を対象に、UAV・航空機LiDARから得た高精細情報から樹冠高データを取得し、小班内の地形情報の違いに対応して地位指数を推定するためのモデルを作成する。また、作成したモデルの精度検証を行う。

研究方法

解析に用いた航空機LiDAR計測概要

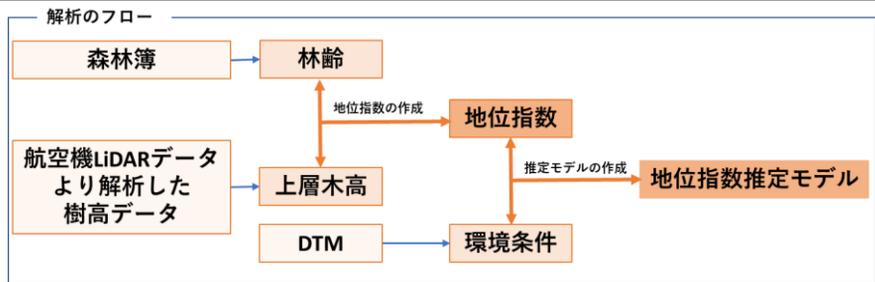
計測期間：2017年7/8～8/26

計測範囲：津別町内(401.28km²)

点群：4点/m²以上

樹高の誤差：

カラマツ・1.4m
エゾマツ/トドマツ・1.0m
広葉樹・1.3m



研究成果

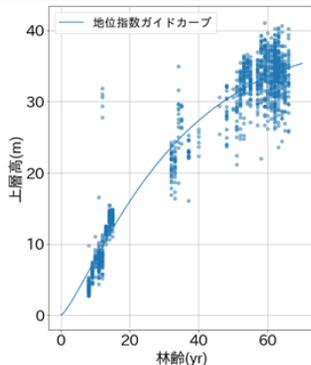


図-1. 津別町のカラマツ人工林における林齢と上層高の関係

曲線はそれを基に作成された地位指数曲線のガイドカーブ。外れ値は統計的に処理し、ガイドカーブ作成には用いていない。



図-2. 地位指数のマッピング

地位指数曲線を基に格子点ごとに算出した地位指数をマッピングし、一部を詳細に見せるため範囲を拡大したもの。

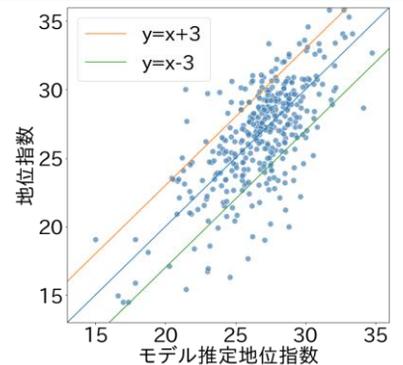


図-3. 地位指数推定モデルの精度検証

X軸は地形情報よりモデルを用いて推定した地位指数を表し、Y軸は地位指数曲線より算出した地位指数を表す。

LiDAR：レーザー測距及び検出 DTM：数値地形モデル

航空機LiDARデータより取得した樹冠高情報を用い、津別町内のカラマツ人工林を対象に地位指数モデルの作成を試行した。カラマツ人工林を50mの格子に分割し、各格子内の最高樹高を上層高とした。森林簿から得られる林齢の情報と格子に与えられた上層高との関係を曲線回帰し、これを地位指数曲線のガイドカーブとした(図-1)。作成した地位指数曲線より、各格子の地位指数(1273点、40年生での上層高)を算出した(図-2)。各格子の地位のデータの8割を解析用データとしてランダムに抽出し、地形情報(説明変数)との関係から地位指数推定モデルを作成した。モデル作成に用いなかった地位指数のデータ(全体の2割)を用いモデルの精度検証を行った。その結果、誤差7.18m(図-3)で地位指数を推定することができた。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

蝦名ら(2020) UAV-SfMを用いた高精細地位指数マッピングの試行 第131回日本森林学会大会(名古屋大学)

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

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：トドマツ人工林について昨年度の6林分に加えて、下川町1林分、上川南部道有林1林分、当別町2林分計10林分(林齢34～61年生)
カラマツ人工林について、芽室町4林分、陸別町3林分、中頓別町1林分、和寒町1林分の9林分(林齢28～50年生)

内容：

1. トドマツ、カラマツそれぞれについて、機械学習の樹冠領域推定用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. 昨年のトドマツ人工林2林分の毎木調査データを使って胸高直径推定モデル作成

研究成果

1. 機械学習用データセットについて

トドマツ12,766本、カラマツ3,724本を新たに作成した。さらに、オルソ画像に加えDSM※の値を用いて学習・推定が可能なデータセットへ拡張した(表-1)。

表1：機械学習用の樹冠領域数

樹種	平成30年度		令和元年度	
	林分(箇所)	樹冠(個)	林分(箇所)	樹冠(個)
トドマツ	3	3,338	4	12,766
カラマツ	0	0	6	3,724

2. 機械学習アルゴリズムの改良

機械学習による領域分割手法について、DSM入力に対応できるように改良した。これによって、平面のオルソ画像にDSMの深度情報を加えて、立体的な情報から樹冠領域が推定可能であることを確認した(図-1)。

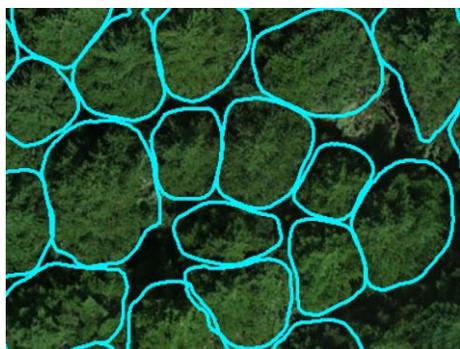


図-1：機械学習により推定した樹冠領域

3. トドマツ胸高直径推定モデル作成

機械学習による推定樹冠領域面積と推定樹高からDBHを推定する統計モデルを作成した。このモデルによる推定精度をモデルの作成に使用していない林分で検証した結果、単木DBH(n=28)を誤差(RMSE)3.2cmで推定できた(図-2)。

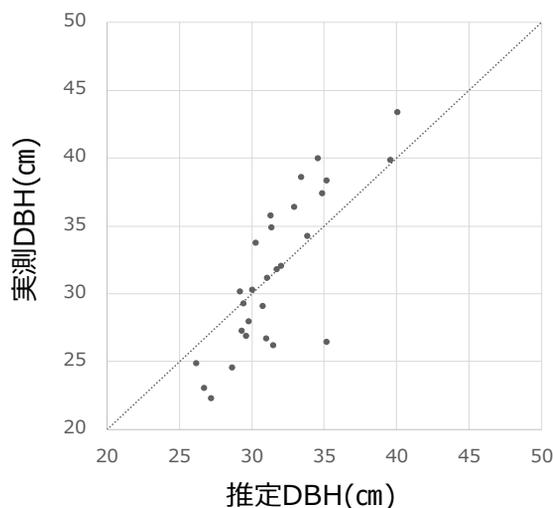


図-2：単木ごとのDBH推定精度

※DSM：数値表層モデル(Digital surface model)の略。森林表面部分も含む標高。

※DBH：胸高直径

※RMSE：平均平方二乗誤差

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・刈馬俊之(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

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（立木密度や径級分布など）を抽出する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

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

調査内容：

- 毎木調査（胸高直径、樹高、枝下高の測定）

研究成果

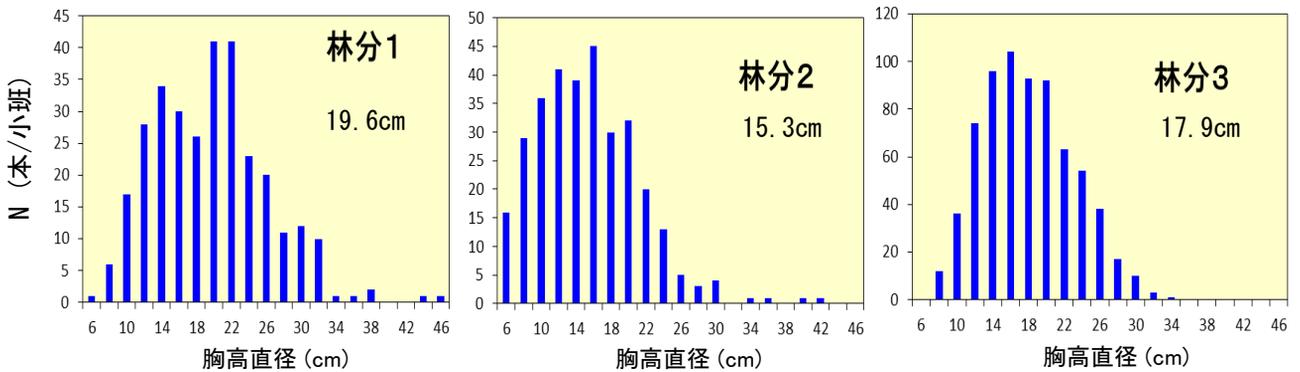
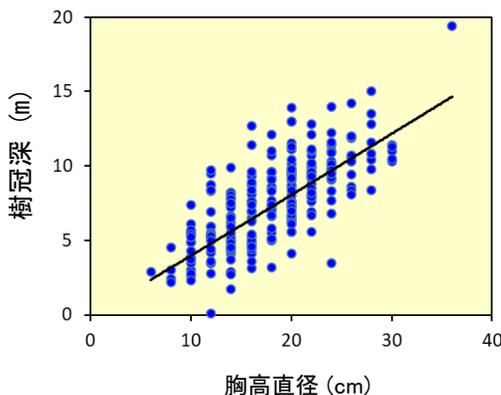


図-1 実証試験で伐採されるシラカンバの胸高直径階別の本数分布



実証（伐採）試験を実施する3林分におけるシラカンバの平均胸高直径は15.3～19.6cmであり、いずれの林分でも一山型に近い径級分布を示していた（図-1）。

シラカンバの胸高直径と樹冠深との間には正の相関が認められ（図-2）、胸高直径が大きい個体ほど大きな樹冠深を有していることを示していた。

図-2 シラカンバの胸高直径と樹冠深との関係
樹冠深は樹高から枝下高を差し引いた長さ。
3つの林分にそれぞれ設置した試験地のデータを込みにして作図。

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

多時期の衛星画像を利用した針葉樹人工林の抽出技術の開発

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課・林務局森林計画課

研究期間：令和元年度～3年度 区分：経常研究

研究目的

市町村単位以上の範囲を対象として針葉樹人工林の成林状況を低コスト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

調査地について等

調査地：当別町、光珠内実験林

使用衛星画像：Sentinel-2

WorldView-2

Pleiades

調査項目

1. 衛星画像の撮影時期による樹種毎のスペクトル特性の把握
(現地調査等による検証データ作成、衛星画像の分析)
2. 多時期の衛星画像による林相分類手法の検討
(衛星画像による樹種分類、精度検証)

研究成果

1. 衛星画像の撮影時期による樹種毎のスペクトル特性の把握

当別町の東部地域を対象に、3時期の高分解能衛星画像(2019.04.28撮影Pleiades、2019.05.24撮影WorldView-2、2018.10.22撮影Pleiades、分解能すべて0.5m)の目視判読により、精度検証用の林相区分図を作成した(図-1)。針葉樹人工林はほぼトドマツでカラマツはほとんど存在しないことが確認された。トドマツと広葉樹天然林で特に4月と10月の衛星画像の色調が異なっていたが、10月下旬は太陽高度が低いため、北斜面の森林が影となりやすく判読が難しいことが判明した。

2016年4月から2019年5月に取得したSentinel-2衛星画像のNDVI(※)を計算し、既知の林相区分ごとと比較した。4月はトドマツとカラマツ・広葉樹との差が大きく、5月と7月は針葉樹と広葉樹に差があることが示された。落葉期の11月はトドマツと広葉樹に差があるものの、場所によって値のばらつきが大きいことがわかった(図-2)。

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

2. 多時期の衛星画像による林相分類手法の検討

Sentinel-2画像から計算したNDVIからトドマツ林抽出を試みた。

2019.04.13撮影Sentinel-2画像から計算したNDVIが0.45以上の区域を図-3に示す。落葉広葉樹が開葉する前の4月の画像についてNDVIの閾値を設定することでトドマツ林の分布を推定できることが示された。

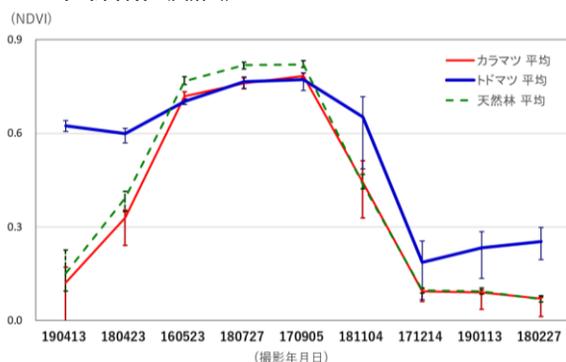


図-2 NDVIの季節変化(実験林)
(バーの幅は最大値、最小値を表す)

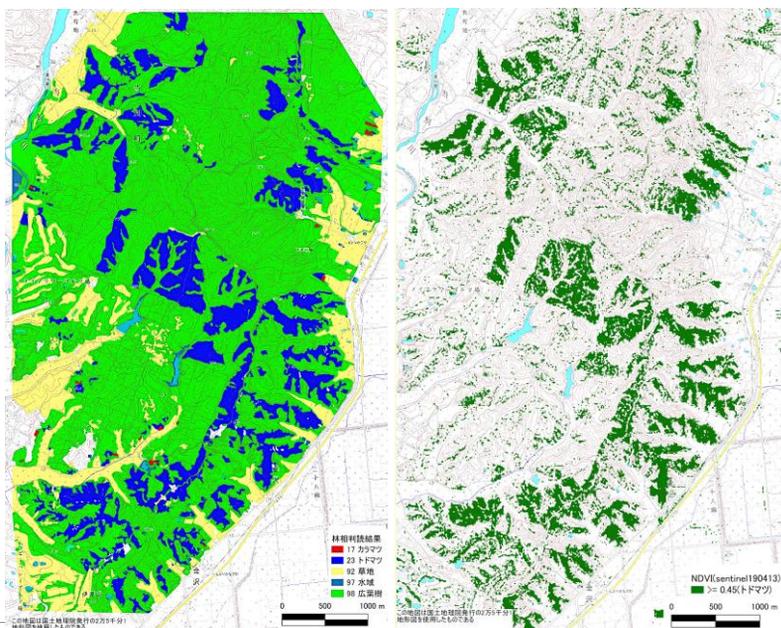


図-1 林相区分図

図-3 NDVIの閾値によるトドマツの抽出
(2019.04.13撮影Sentinel-2衛星画像から計算)

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
 処理項目：尿素（窒素単肥）散布、まるやま3号（窒素・リン・カリウムの複合肥料）散布

処理方法：6月に接ぎ木苗の根元へ粒剤散布
 調査項目：土壌化学性分析
 グイマツ中標津5号の着果調査

研究成果

訓子府採種園の土壌は、火山放出物由来の黒ぼく土であり（図-1）、リン酸吸収係数が高く（1,500以上）リンが欠乏状態にあること、無機態窒素も少ないことがわかった（表-1）。また、他県のカラマツ採種園と比べてもリンと窒素が低いレベルにあった。

表-1 カラマツ採種園の土壌化学性

施肥管理あり

項目	単位	訓子府	山梨県	長野県	岩手県	参考基準値
pH	—	5.9	6.2	5.6	5.5	5.5~6.0
アンモニア態窒素 (AN)	mg/100g	0.6	1.6	2.7	3.0	5.0
硝酸態窒素 (NN)	mg/100g	0.7	1.1	0.3	0.2	
有効態リン酸 (P ₂ O ₅)	mg/100g	1.2	< 5.0	3.0	10.4	10~20
交換性カリ(K ₂ O)	mg/100g	18.4	11.1	13.5	25.4	15~30
交換性苦土(MgO)	mg/100g	23.3	—	—	—	25~40
交換性石灰(CaO)	mg/100g	246.3	—	—	—	170~350
リン酸吸収係数	—	1,583	—	—	—	—

参考基準値は北海道でりんご栽培を行う場合の望ましい基準（北海道農政部）

他県の採種園の土壌データは、「カラマツ種苗安定供給のための手引き2019年」から引用



図-1 訓子府の土壌断面

窒素単独の施用（尿素）は、グイマツの着果促進にマイナスの効果がみられたが、リン、カリウムを加えた施用（まるやま3号）にはプラスの効果がみられ（図2）、土壌化学性分析の結果を反映していた。

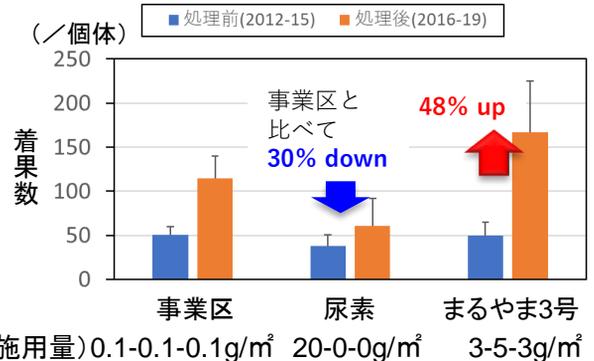


図-2 グイマツの施肥前後の着果数の比較

(N-P-Kの施用量) 0.1-0.1-0.1g/m² 20-0-0g/m² 3-5-3g/m²

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

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

寿命の長い樹木では、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。そのためにも、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。

研究方法(材料と調査方法)

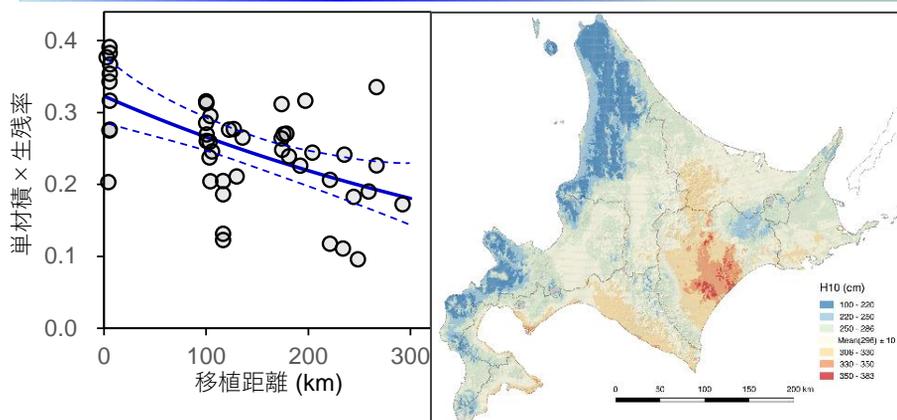
材料（調査地）：

- (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) 遺伝的な地域適応の評価；長期データおよび全検定林データの揃う10年時データを用いた解析
- (2) F₂集団を用いた適応形質の遺伝的基盤の評価；地域適応を担う形質の追加検証と遺伝解析
- (3) 自生集団を用いた遺伝的変異の評価；中立遺伝マーカーを用いた遺伝的多様性の地理的傾向の解明、および、局所適応する候補集団の探索

研究成果



左図. 根釧地域の検定林における35年生時の植栽パフォーマンスと自生地域からの移植距離との関係。右図. 根釧地域産種苗を用いた場合の10年生樹高予測図。左図では、移植距離の負の効果を表す回帰線を重ねて示す。右図では、青色ほど樹高が低いことを、赤色ほど高いことを表し、明瞭な地域性を見ることができる。

- (1) **地域適応** 自生地域から遠方への植栽は成長・生残両面に負の効果があることを示した(左図)。全道の環境データを用いて、植栽応答予測図を作成し(右図)、現在の需給区分が概ね妥当だと結論づけた。
- (2) **適応形質** シュートの枝形態の変異が支持力、水輸送能の違いと関わる適応形質とみられ、関連遺伝子座を検出することができた。
- (3) **遺伝構造** 低い遺伝的多様性を示した南限域で新たな遺伝資源集団を発見した。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- Kitamura K., Uchiyama K., Ueno S., Ishizuka W., Tsuyama I. and Goto S. (2020) Geographical gradients of genetic diversity and differentiation among the southernmost marginal populations of *Abies sachalinensis* revealed by EST-SSR polymorphism, *Forests*, 11, 233
- 石塚航・阿部友幸・蝦名益仁・早坂一文・成田あゆ・今博計・長坂有・鳥田宏行 (2020) トドマツの風害抵抗性に関わる諸要因と地域間差異の検討, 北海道林業試験場研究報告, 57, 13-24.
- 石塚航 (2020) 北方の樹木の南限を訪ねる, *森林科学*, 88, 42.
- 石塚航・今博計・来田和人 (2019) 台風被害にみられたトドマツの産地間差異, *日本森林学会誌*, 101, 82-87.
- 菅井徹人・石塚航・渡部敏裕 (2020) トドマツ苗木の個葉光応答に関する表現型可塑性の種内変異, 第67回 日本生態学会大会
- 石塚航・北村系子・原登志彦・後藤晋 (2019) トドマツ葉緑体ゲノムの解読と種内変異の評価, 森林遺伝育種学会第8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、森林環境部環境G、森林経営部経営G
 協力機関：厚真町、中川町、北海道水産林務部、(一社)北海道治山林道協会
 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した。

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の規模・土質、路体構造を現地調査し、崩壊要因を分析(調査地：芦別、赤平、三笠、岩見沢、浦臼、当別、月形、新十津川、美唄、奈井江、厚真、中川、浦河、浦幌、津別、上ノ国、松前、福島)

②費用便益分析による経済的な対策内容分析：路線上の崩壊危険箇所を抽出し、各箇所の崩壊対策実施による集材費縮減効果(便益)、及び対策方法(事後保全：原形復旧、予防保全：暗渠工・洗い越し工)毎の費用を比較し、最適な崩壊対策方法を評価

研究成果

1) 既設路網での崩壊状況の実態調査

- 【調査・分析方法】合計287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、崩壊箇所より原則100m以上離れた未崩壊箇所(157箇所)を対照区として調査した。調査結果に対し、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を行い、崩壊要因を分析した。
- 【結果1】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)。
- 【結果2】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3m以上の箇所で崩壊の危険性が高いと推定された(図-2)。

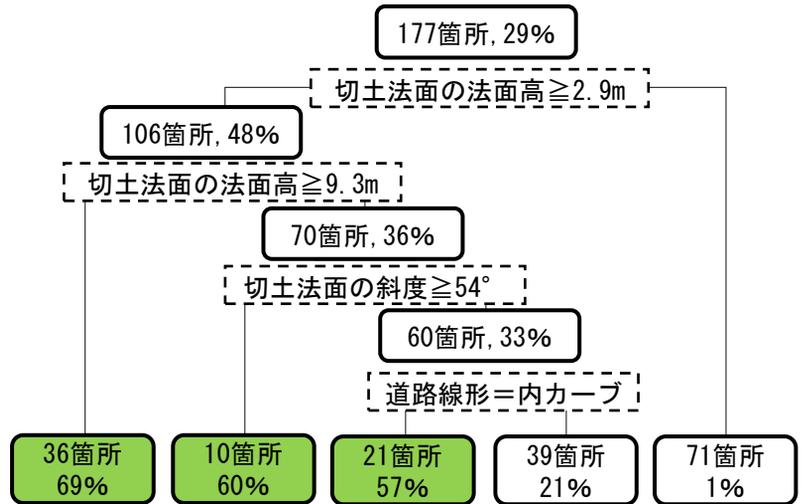


図-1 崩壊要因解析結果(切土法面)

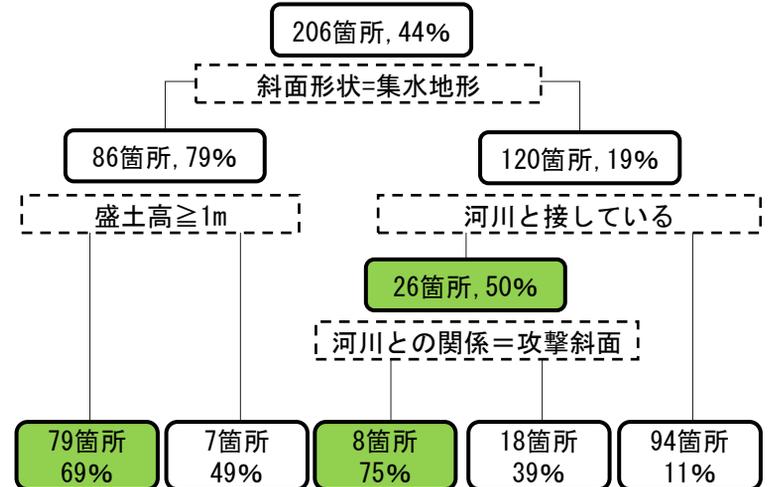


図-2 崩壊要因解析結果(盛土法面)

【図の見方】

実線枠：調査箇所分類の分岐点
 点線枠：分岐の条件。条件に適合した場合、左の分岐へ進む

【分岐点の数値の見方】

箇所数(箇所)：分岐点に含まれる調査箇所数
 割合(%)：崩壊地の割合
 緑色の分岐点：分岐に含まれる崩壊箇所の割合が50%以上

2) -1 崩壊対策による便益計算

・【調査・分析方法】厚真町有林をモデル地区とし、地形解析から崩壊危険箇所を抽出した。次に、林内路網のネットワーク分析により、各崩壊危険箇所を通過する材積及び崩壊した際の迂回距離を算出し、各箇所では崩壊対策をした際の便益（最短経路を進めたことでの集材費縮減効果の現在価値）を分析した。

・【結果】土場近傍の危険箇所の便益が大きいことが明らかとなった（図-3）。当該地区では、土場に接続する作業道が少ないため、当該箇所を回避しようとする大幅に迂回距離が大幅に伸びてしまう。このため、土場や林業専用道の配置の工夫で集材経路を工夫し集材経路を分散化・複線化することで、路網崩壊による集材距離への影響を回避できる。

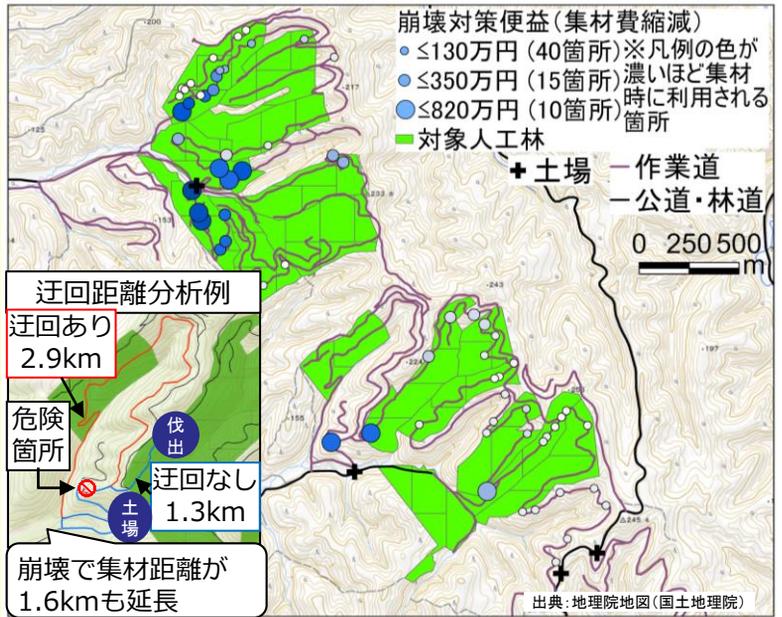


図-3 抽出された崩壊危険箇所と崩壊対策の便益

2) -2 費用便益分析による経済的な崩壊対策分析

・【調査・分析方法】集水地形での崩壊対策を①崩壊毎に原形復旧（事後対策）、②暗渠工（土管の敷設）、③洗い越し工の3種類とし、斜度と崩壊回数を基に算出した対策費用の現在価値から最も経済的な対策を分析した。次に、厚真町有林内で抽出された崩壊危険箇所について崩壊対策の費用便益分析を行い、最も経済的な対策を分析した。

・【結果】崩壊頻度が高い場合は事前対策（対策②や対策③）が経済的であった（図-4）。崩壊対策での便益が対策費用以下の箇所（図-5中「迂回路活用」の箇所）では、路網敷設時に崩壊危険箇所を回避することが重要であった。そして、各箇所での経済的な対策を崩壊頻度に合わせて選択することで、長期的な事業費の削減が可能となる（図-6）。

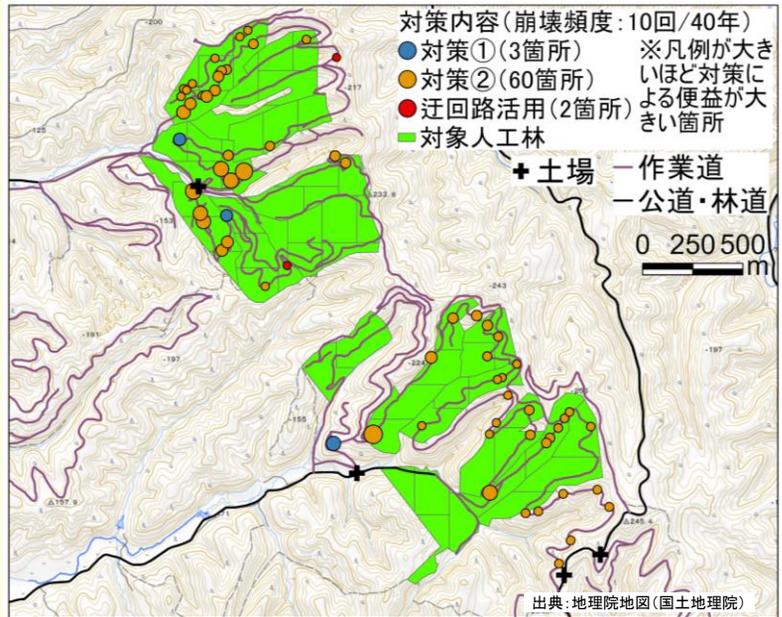


図-5 崩壊危険箇所における費用便益分析で選択された対策内容 ※対策に係る土工・費用単価は、北海道(2019)造林事業標準単価(森林作業道関係分)を基にした

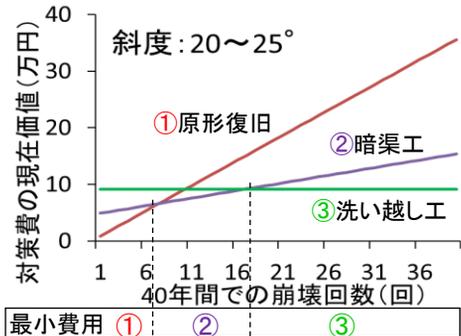


図-4 崩壊頻度毎の対策費現在価値 (斜度20~25°の場合)

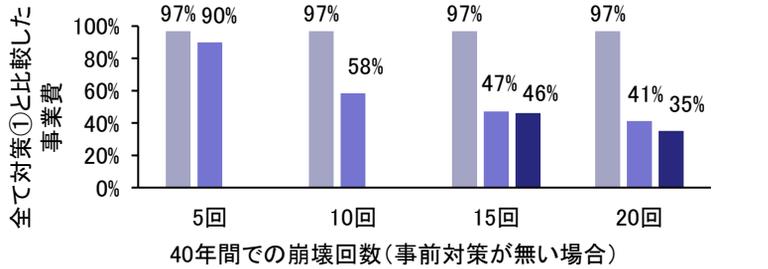


図-6 各対策導入による事業費の削減効果

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・対馬俊之（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 新潟県
- ・津田高明・佐藤弘和・対馬俊之・岩崎健太・蓮井聡（2018）路網崩壊による集材距離への影響度を基にした崩壊対策箇所の優先度評価。第129回日本森林学会大会 高知県

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（育苗試験：10処理）
植栽試験：カラマツ類植栽試験地（浦幌町）
・植栽密度：1600本/ha（クリーンラーチ、グイマツ雑種F₁(F₁)、カラマツ)

【方法】
育苗試験：グルタチオン等の施用試験（10処理）
植栽試験：植栽木の樹高測定、生存状況調査、植生調査

研究成果

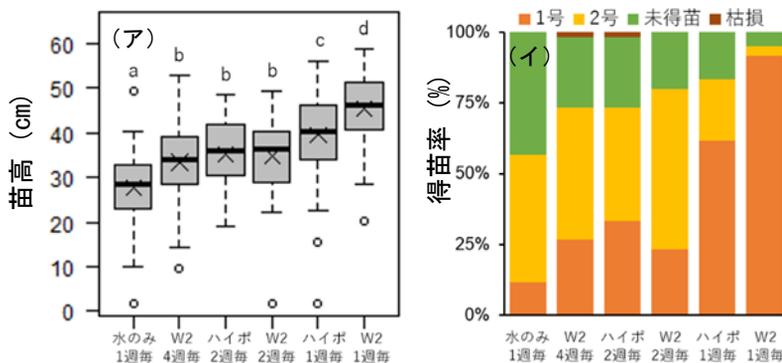


図-1 グルタチオン15%含有肥料(W2)または非含有肥料(ハイポネクス(ハイポ))を1, 2, 4週毎に与えたクリーンラーチ苗木の平均苗高 (ア) と得苗率(イ)
異なるアルファベットは多重比較検定において平均値に有意差があることを示す。

グルタチオンの施用方法によって播種1年目のクリーンラーチの樹高成長は大きく異なり(図-1ア)、最も成績の良かった方法では、播種1年目で95%の苗木が出荷規格に達した(図1-イ)

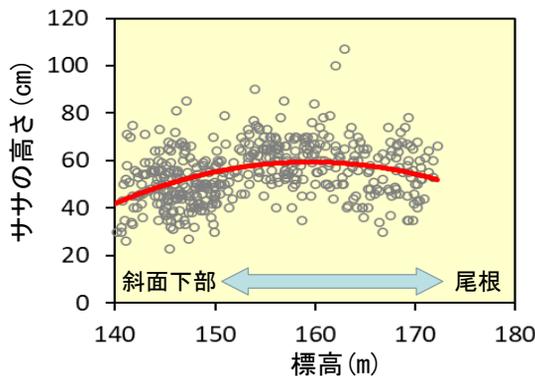


図-2 カラマツ類植栽試験地（浦幌町）における標高とササの高さとの関係

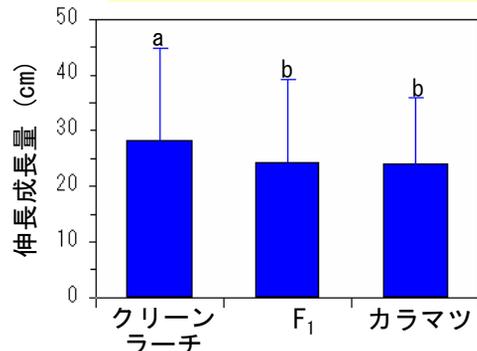


図-3 カラマツ類植栽試験地（浦幌町）における植栽当年の植栽木の伸長成長量
アルファベットの意味は図-1と同じ。

- ・カラマツ類植栽試験地における主要な競合植生はササであり、その高さは斜面中腹で最も高かった(図-2)。
- ・植栽当年のクリーンラーチの伸長成長量は、競合植生からの被覆の程度が同じ場合、F₁、カラマツと比較して大きな値を示した(図-3)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・大野泰之 他4名 (2020) 育苗方法の違いは植栽当年のカラマツ類の成長と死亡に影響するのか？ (第131回日本森林学会大会)
- ・成田あゆ 他3名 (2020) クリーンラーチ(グイマツ雑種F₁)コンテナ育苗におけるグルタチオン施用効果 (第131回日本森林学会大会)
- ・大野泰之 他4名 (2019) カラマツ類幼齢人工林における植栽木の生残と成長 (光珠内季報No192)

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F₁）を対象として、初期成長を用いた早期選抜と、DNA解析を用いた交配家系推定による特定家系選抜を行うための技術開発を本課題の中で目指す。本年はとくに、既存データを用いた年次間の遺伝相関の検証と、若齢時の成長形質に及ぼす遺伝・環境の効果の推定および評価を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

材料：

- (1) 既存のグイマツ雑種F₁検定林
造成地：新冠、造成年：1974年、親系統数：20、供試データ：5～31年生時毎木調査資料
- (2) 既存のグイマツ雑種F₁検定林
造成地：富良野市、造成年：2006年、母樹系統：グイマツ1系統、父親系統：採種園内の不特定カラマツ（open家系）、供試データ：10年生時の毎木調査資料

調査方法：

- (1) 早期選抜可能性の評価；各年次の成長形質を用いた育種価（対象形質の遺伝的特性を示す値。次世代の形質の改良程度を示す期待値にもなる）の推定、年次間の遺伝相関算出と評価。
- (2) 特定家系選抜の可能性評価；全植栽個体の空間情報の整備、空間構造を考慮した育種価の推定。ならびに、採種園における花粉親候補からのDNA抽出と遺伝子型の判定、親子解析。

研究成果

- (1) 早期選抜可能性の評価 通常の選抜齢の半分の齢でも高い精度で遺伝的特性を把握でき、早期選抜の有効性を示した（図-1）。一方、若齢（5年生）時の選抜では精度に課題があった。

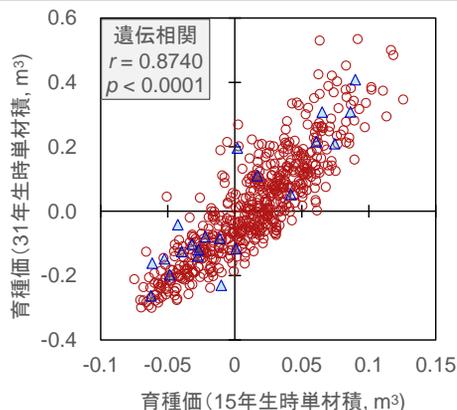


図-1. 単材積における遺伝相関

丸印が子、三角印が親の育種価で、15、30年生時の値を用いた。Aが育種価、Bが環境効果を示し、青色が負、赤色が正の効果を示す。

- (2) 特定家系選抜に向けた評価 立地条件に起因する空間的な成長の偏りがみられ（図-2B）、環境効果を考慮した上で遺伝的特性を把握することができた（図-2A）。有用な親家系の絞り込みに活用できるとみられた。

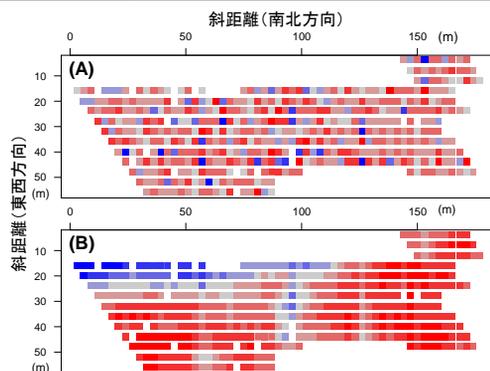


図-2. 植栽個体の空間的位置と遺伝・空間変量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚航・今博計・来田和人・黒丸亮・後藤晋 (2020) 若齢グイマツ雑種F₁における空間構造を考慮した遺伝パラメータの推定, 第131回日本森林学会大会
石塚航・松尾歩・陶山佳久・新田紀敏・田畑あずさ・小野清美・原登志彦 (2020) 植物標本とマルチシーケンス技術が紐解く北方樹種グイマツの系統分化と利用, 第67回日本生態学会大会

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を分析する。また、労働生産性の改善等による増産可能性を分析する。

研究成果

1) 林業事業者の原木需要への対応状況

・【調査・分析方法】素材生産現場での作業システムや流通先に関するアンケート調査を民間素材生産業者（計378社）に対して実施し、163社から回答を得た（有効回答率：43%）。これに前年度実施した森林組合への調査（79組合中74組合から回答）を含めて分析した。

・【結果】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かった(図-2)。

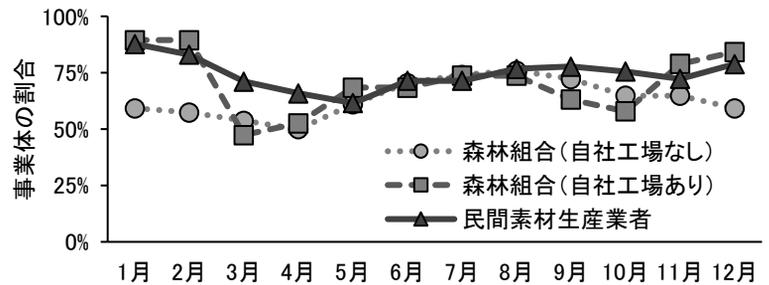


図-1 「造材後1ヶ月以内に原木出荷」と回答した事業者の月別割合

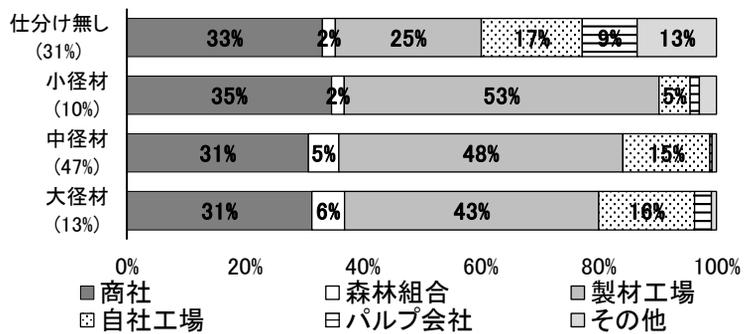


図-2 民間素材生産業者における素材の径級別販売先

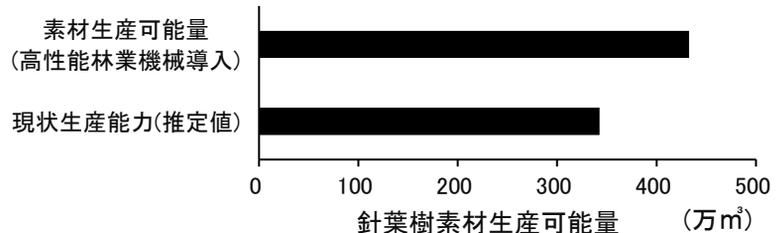


図-3 林業労働力からみた針葉樹素材生産可能量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

造林作業の省力化に向けたコンテナ苗植栽のための穴掘り機構および無線誘導技術に係る実証試験

担当G：森林経営部経営G

協力機関：美瑛町森林組合、山口県農林総合技術センター

研究期間：令和元年度 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。また、植栽の機械化が進めやすいと考えられているコンテナ苗の生産数は増えつつある。そこで、コンテナ苗植栽のための土壤穿孔機についてその林地適用性を明らかにする。

研究方法(試験地概要と試験方法)

1) 土壤穿孔機の穿孔深の精度検証

- ・試験地：山口県岩国市
- ・傾斜：10～35度
- ・土壌型：乾性褐色森林土

斜面横方向と斜面縦方向で土壤穿孔作業を実施し、土壤穿孔深を測定した。



図-1 土壤穿孔試験地(山口県岩国市)

2) 土壤穿孔作業の工期調査

- ・試験地：北海道美瑛町、山口県岩国市、福岡県うきは市

- ・傾斜：5～20度(山口県除く)

機械の開発・改良のタイミング(3回)に合わせて、土壤穿孔に係る時間を工程別に計測した。



図-2 開発された土壤穿孔試験機

研究成果

1) 土壤穿孔機の穿孔深の精度検証

表-1に土壤穿孔深の平均誤差の測定結果を示した。まず、オーガ引き抜き時にオーガの回転を止めて引き抜いた方が回転したままより穿孔深の誤差が小さくなる傾向が認められた。これは、オーガが回転したまま引き上げると穴の縁を壊してしまう傾向があったが、オーガ引き上げ時に回転を止めることによりオーガのブシを抑制できたからだと考えられた。また、斜面横方向での作業時の穿孔深の誤差は、斜面下方のオーガ(左側オーガ)での誤差が大きくなる傾向がみられた。作業方向(斜面横方向と斜面縦方向)での穿孔深の平均誤差は、斜面縦方向での誤差の方がやや大きい傾向がみられた。これらのことから、土壤穿孔作業におけるオーガの回転は引き上げ時には止める方がよく、また、穿孔深の誤差はいずれも浅くなる傾向にあったことから、穿孔深の設定はあらかじめ誤差を見込んで2cm程度深めにする方がよいと考えられた。

表-1 土壤穿孔深の精度

作業方向	引き上げ時の オーガの回転	穿孔数	穿孔深の誤差 (cm)	
			右側	左側
斜面横方向	有り	14	-2.4±4.7	-3.3±3.7
斜面横方向	無し	20	0.1±1.0	-1.3±2.5
斜面縦方向	無し	14	-1.9±2.6	-1.9±2.3

*土壤穿孔深は15cmに設定

2) 土壌穿孔作業の工期調査

図-4に土壌穿孔作業時間と作業工期分析結果について示した。なお、作業工期分析は表-2に示すとおり、7つの要素作業に分類して実施した。土壌穿孔にかかった時間は、試験を繰り返すたびに短くなった。3回目の福岡県の調査では、手持ちエンジンオーガによる土壌穿孔時間(表-3)とほぼ同等の作業時間になった。

繰り返し試験によって穿孔作業時間が短くなった要因について、要素別の作業時間に着目して検討した。

まず、1回目(北海道美瑛町)から2回目(山口県岩国市)にかけて、平均穿孔作業時間が約5秒速くなっているが、要素別作業時間でみると、「移動」、「オーガ下降」、「オーガ上昇」の要素での時間短縮が大きいことが分かった。「移動」については、1回目の土壌穿孔間隔が1.6mだったのに対し、2回目と3回目の間隔が1.0mだったことが影響したと考えられた。また、穿孔作業の中心的な3つの作業項目(「オーガ下降」、「穿孔作業」、「オーガ引抜き」)については、当初、操作者の手元のリモコンボタンで、それぞれの作業を順番に操作してしたが、2回目以降では1回のボタン操作で3つの作業を自動的に連動して動くように改善した効果が表れたものと考えられた。一方で、「穿孔作業」については作業時間が長くなった。これは急傾斜地(約30度)での作業であったことが影響していると思われる。特に、横傾斜での作業では傾斜上部と傾斜下部で、例えばオーガの土壌到達距離が異なるなど穿孔作業状況が違うことにより、穿孔確認に時間が取られたためだと推測された。機体は地面に対して平行になるようにコントロールされているが、斜面形状は様々ではないため、張り出したオーガと地面までの距離は左右で異なる可能性があり、特に、急傾斜かつ横傾斜での作業では顕著に表れたためではないかと思われる。

次に、3回目(福岡県うきは市)の結果について、平均穿孔作業時間が1回目と比較して約半分、2回目と比較しても4割速くなった。要素別作業時間からは、「穿孔作業」に掛かる時間短縮が最も大きいことが分かった。これは、オーガモータの変更によりオーガの回転数を175rpmから350rpmまで上げたためだと考えられた。また、「ユニット下降・上昇」にかかる作業が「オーガ下降・上昇」に完全に連動した形になり作業が統合されたことも時間短縮に大きく貢献した。

表-2 土壌穿孔作業の要素作業

作業要素	内容
移動	穿孔作業間の移動
ユニット下降	穿孔ユニットの下降(図-3)
オーガ下降(穿孔前)	オーガが土壌まで接地するまで
穿孔作業	土壌穿孔作業
オーガ引抜き	穿孔作業後オーガが土壌から出るまで
オーガ上昇(穿孔後)	土壌から出て一時停止するまで
ユニット上昇	穿孔ユニットの上昇



図-3 機体前方に設置された穿孔ユニット
*当初は、傾斜など障害物に対応するために、穿孔作業前後にユニット全体を上下させていた。福岡での試験時ではユニット両端のオーガの動作と連動するようになった。

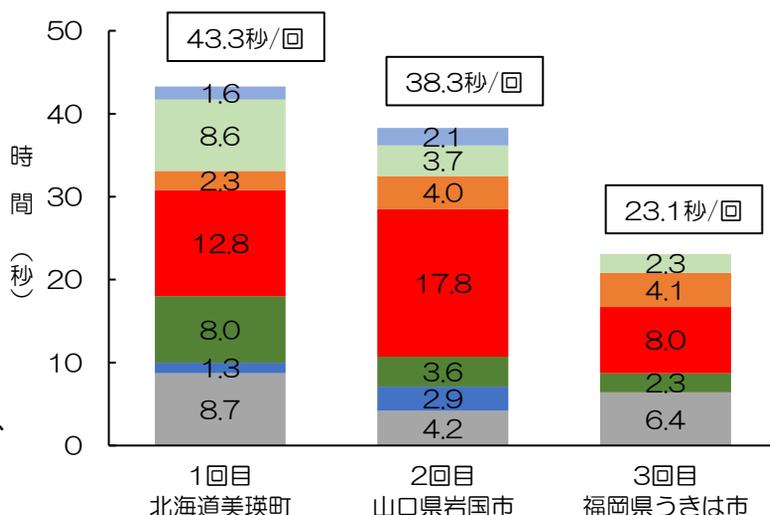


図-4 土壌穿孔作業にかかる要素別作業時間

- 移動
- ユニット下降
- オーガ下降(掘る前)
- 穿孔作業
- オーガ引抜き
- オーガ上昇(掘り後)
- ユニット上昇

表-3 手持ちエンジンオーガによる土壌穿孔時間(1穴当たり)

試験地	穿孔数	間隔	作業時間	平均穿孔作業時間(秒)
北海道美瑛町	20	1.6m	206秒	10.3秒/穴

コンテナ苗植栽機械化のための植栽機構および作業システムの検討

担当G：森林経営部経営G、保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：林産試験場（主管）

研究期間：令和元年度～3年度 区分：経常研究

研究目的

コンテナ苗の植栽機械化を進めるため、機械化に必要となる土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

コンテナ苗植栽機械化のために、植栽穴穿孔機に必要とされる土壤穿孔力を検討およびコンテナ苗挿入機構を設計し、小型運搬機に搭載可能なコンテナ苗植栽機械を試作する。また、エンジンオーガや試作機による植栽試験を行い、コンテナ苗の苗木活着・初期成長への影響について確認する。

研究成果

1. コンテナ苗植栽機械に必要とされる土壤穿孔機能の検討

オーガ試験機を作製し、穿孔試験を実施した（図-1）。

オーガは、ドリル:φ60mm、電動ドリル:720Wを使用した。林業試験場内の苗畑（土壤硬度は山中式硬度計で10mm程度）で、回転数を3水準、送り速度を7～8水準に変化させてドリルの送り速度変動、最大トルク、ドリルが受ける反力の変動、穿孔深さなどを測定した。

図-2にドリル送り速度と200mm深に達する掘削時間の関係を、図-3にドリル送り速度とその時に地面から受ける最大反力の関係について示す。初期送り速度はドリルが着土する前の送り速度の実測値を示す。掘削中の送り速度が一定であれば、掘削時間と送り速度は反比例する（図-2中の理論値）。苗畑では、ほぼすべての条件で十分な深さの穴が開いたが、初期送り速度が速いと地面からの反力が大きくなり（図-3）掘削にかかる時間が理論値より長くなった（図-2）。

2. 植栽ユニットの開発

苗の挿入機構の設計を行った。苗挿入機構は、2分割した挿入爪が土中に貫入した後、爪が開きながら引き上げられることで、爪および苗に過大な力が掛かりにくい設計とした。また、爪を引き上げるときに苗が持ち上がらないように押さえる構造とした。



図-1 試作したオーガ試験機による土壤穿孔力測定の様子

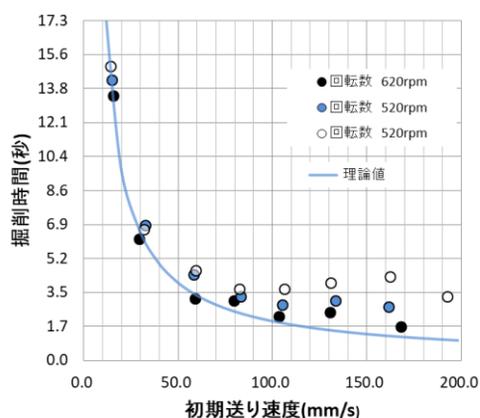


図-2 ドリル送り速度と掘削時間の関係

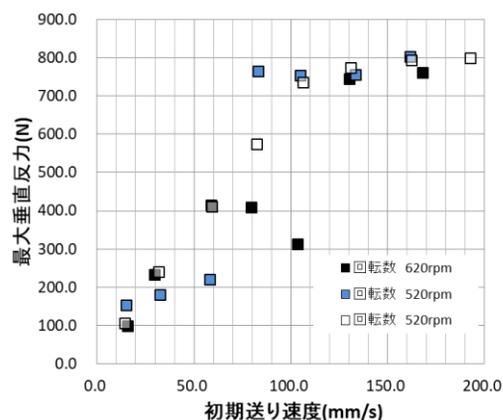


図-3 ドリル送り速度と最大反力の関係

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

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：環境科学研究センター、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

当別町的一般民有林における木質バイオマス資源量を把握するために、衛星画像を活用してトドマツ人工林における小班ごとのトドマツ占有率を推定した。

研究成果

1. 衛星画像によるトドマツ占有率の推定

2018.07.27撮影のSentinel-2衛星画像を用い、教師付き分類により樹種分類を行った。当別町の民有林は森林調査簿によるとトドマツと広葉樹が多く、画像分類も同様の結果が得られた。画像分類結果からトドマツ人工林の小班を対象にトドマツ面積率を計算し、それをもとにトドマツ人工林の成林状況をトドマツがほとんど存在しない小班（占有率30%未満）、トドマツがほぼ成林している小班（同70%以上）およびその中間の小班（同31～70%）の3段階に区分して表示した（図-1）。

当別町が管理している町有林と森林整備センター所有林のうち、森林調査簿において31年生以上のトドマツ人工林となっている856haについて、衛星画像解析から算出したトドマツ占有率ごとの面積と割合を図-2に示す。占有率30%未満は195ha、23%、同70%以上は305ha、36%であった。

また、グランドトゥルースデータを整備するため、トドマツ人工林間伐予定地においてUAVによる林分撮影と現地調査を実施した。これらのデータは、来年度以降、衛星データ等の判読結果との照合などに活用される予定である。

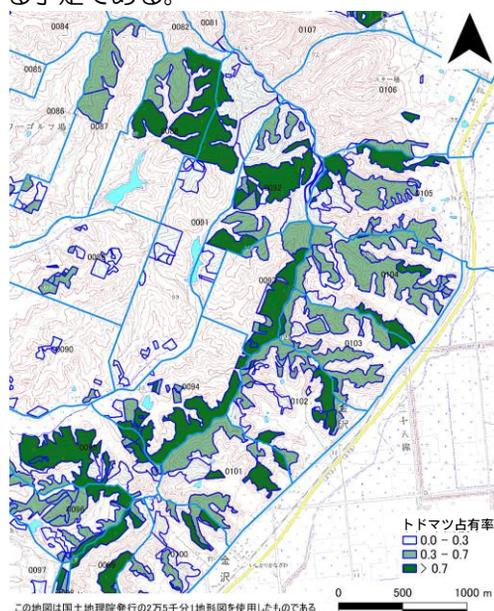


図-1 小班ごとのトドマツ占有率
占有率は①30%未満 ②31～70%
③70%以上の3段階で表示

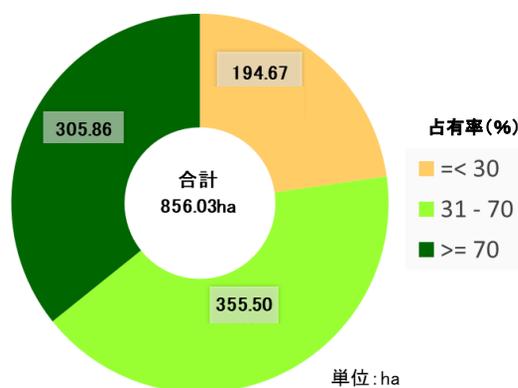


図-2 当別町管理のトドマツ人工林におけるトドマツ占有率ごとの面積と割合

図-1の解説

占有率30%未満はトドマツがほとんど存在しない小班、70%以上はトドマツがほぼ成林している小班、31～70%については両者の中間であると想定している。

クリーンラーチ挿し木苗の得苗率を向上させる 育苗管理技術の開発

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関（協力機関）：北方建築総合研究所地域研究部環境防災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～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

調査地：林業試験場圃場

試験内容：露地トンネル被覆における採穂台木の育成（図-1）

調査：気温、地温、土壤含水率の測定
フェノロジー（穂長）の計測

研究成果

トンネル被覆資材では、農POフィルムは日中の気温上昇が著しく（図-2）、土壤の乾燥が進み（図-3）、生存率が2割前後に低下した。不織布は気温の上昇が晴天時でも最大4℃であり、生育は順調で成長の促進が認められた。マルチ処理は、地温を高め、土壤水分の損出を抑制する効果があった。「不織布+マルチ」栽培は、現行の栽培法（無処理）に比べて、生育を2週間以上早め、6月20日には長さ5cm以上の穂を11本採ることができた（図-4）。

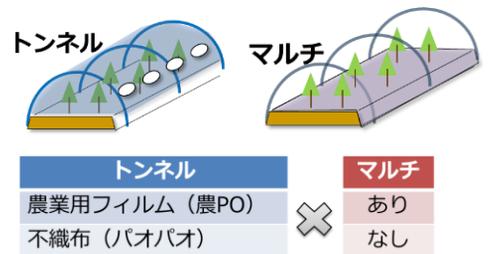


図-1 促成栽培試験の概略

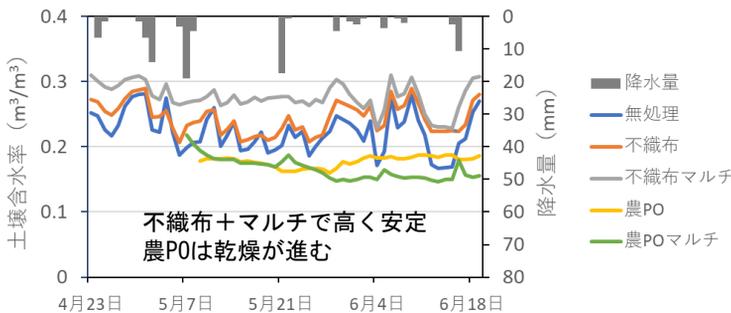


図-3 土壤の体積含水率の推移

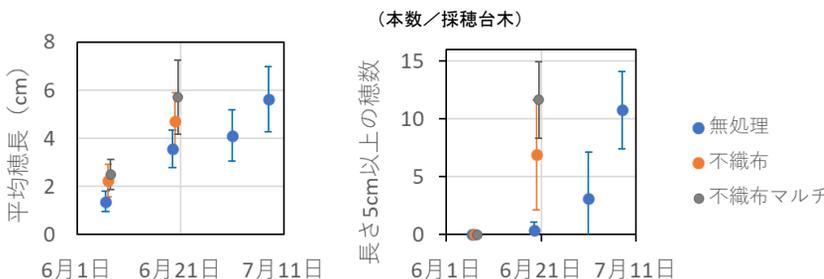


図-4 採穂台木あたりの平均穂長と穂の長さが5cm以上の穂数の推移
エラーバーは標準偏差を示す

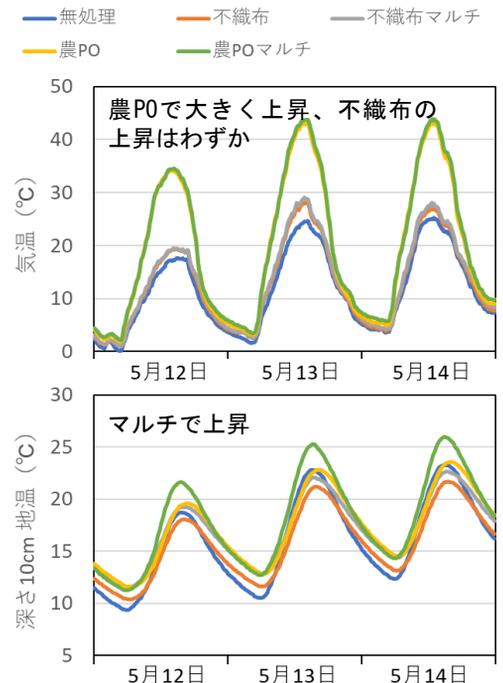


図-2 晴天期間の気温と地温の変化

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

令和元年度クリーンラーチさし木技術向上研修会、R元年9月12日（美唄）、R2年2月3日（札幌）