

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）

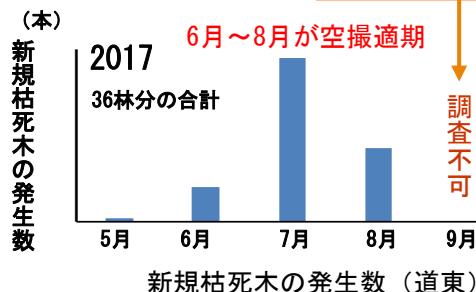
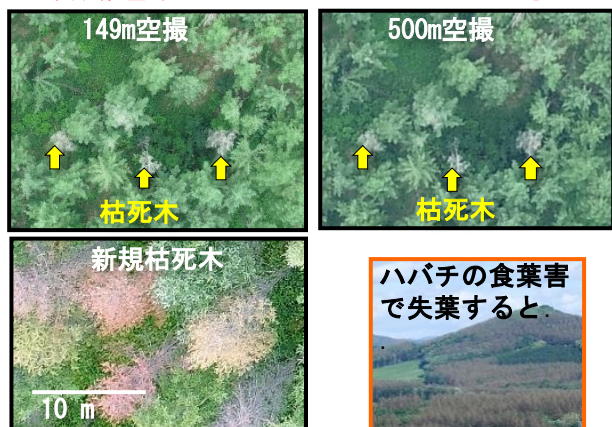
調査方法

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

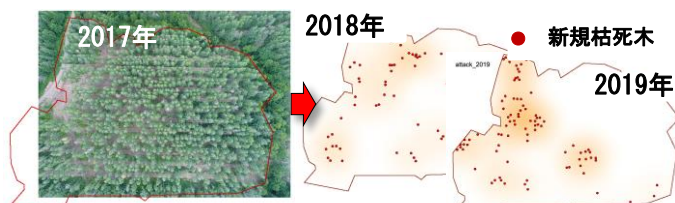
1 キクイムシ被害の早期把握技術の開発

- ・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

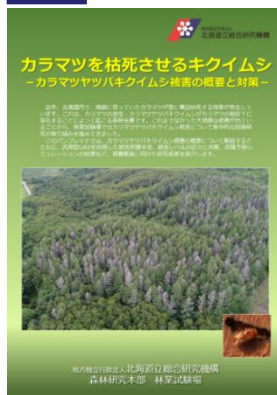
- ・本数被害率と林分の施業履歴・環境条件は無関係だった
- ・3年目まで被害が拡大し、4～5年で概ね収束した
- ・被害拡大後の間伐は、感染抑制の効果が低かった



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。

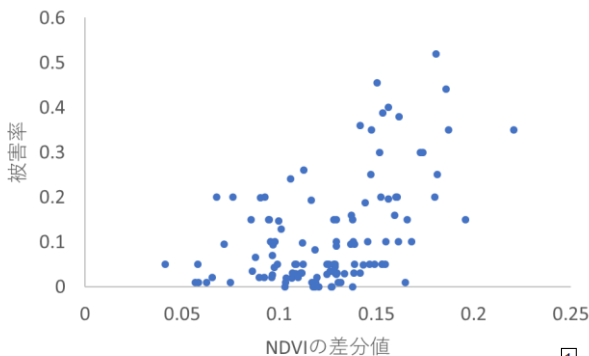


図-1 被害発生前後の衛星画像からカラマツ林を切り出し、草地などのノイズピクセルを除去した後にNDVIの差分値を算出し、カラマツ枯損被害率との関係を示した。

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。

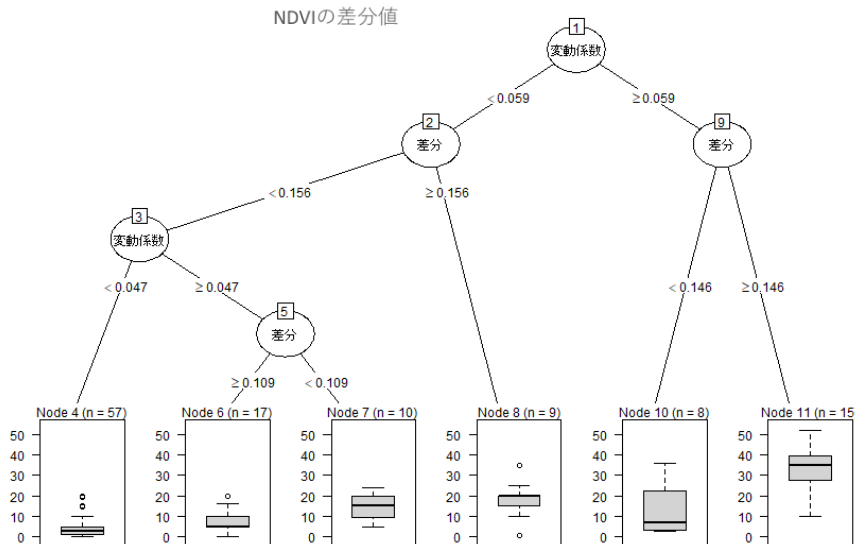


図-2 衛星画像から算出した各小班のNDVI統計値 (平均値と変動係数) を用いて3ha以上のカラマツ林小班を分類した結果と各分類クラスの被害率のボックスプロット

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

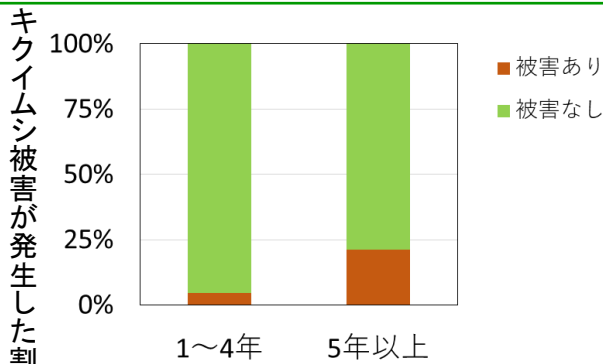


図-3 過去40年間の全道のカラマツハラアカハバチ被害発生イベントのうち、カラマツヤツバキクイムシ被害が同時に発生したイベントの割合

カラマツハラ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。



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。

カラマツハラアカハバチの被害連続年数(市町村単位)

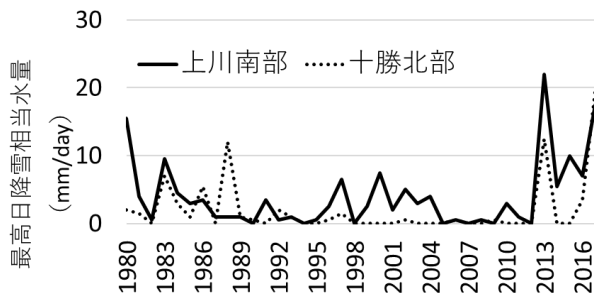


図-4 10月中に1日に降った雪の最大値の年変動。カラマツの葉に湿雪が付着し、雪の重みでカラマツに折損、倒伏被害が発生する。

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

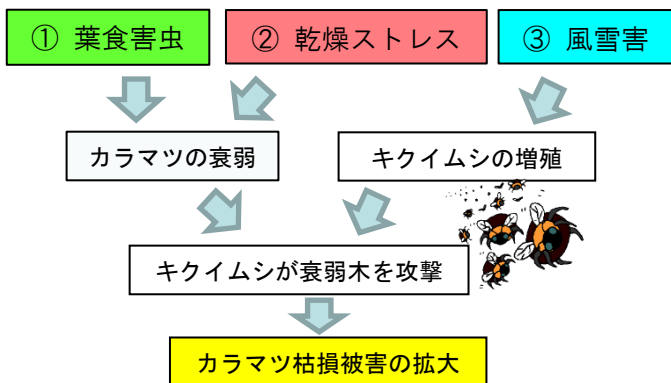


図-6 大量枯損被害発生に至る過程の予測

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。

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/kkoston.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。

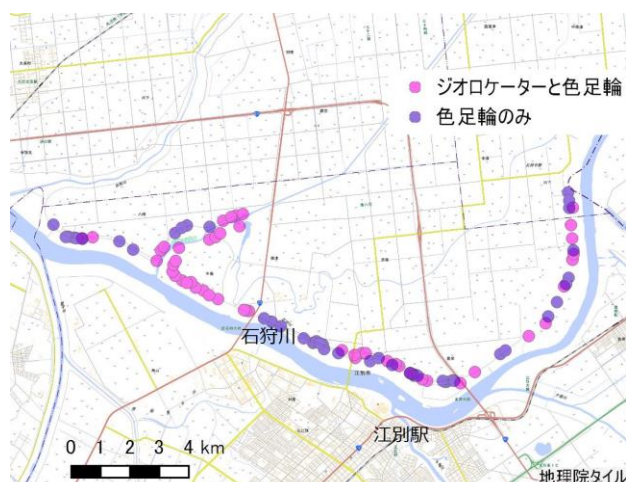


図-1 令和1年のノビタキ捕獲地点
石狩川河川敷(江別市・新篠津村)

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立するために、効果的にエゾシカを捕獲できる草地を選定するとともに、非積雪期の草地に適用できる囲いワナを開発する。

研究方法

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、鉬塩、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。鉬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）。

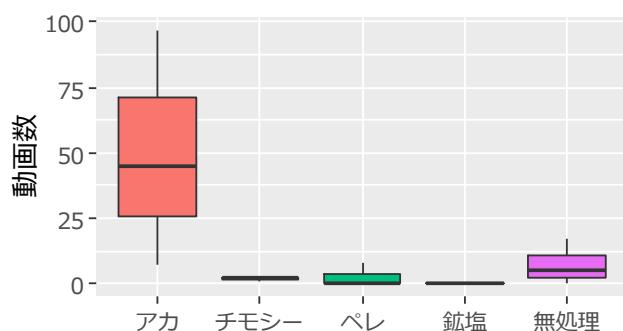


図-1 草を食べたシカが撮影された動画数

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。

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）。

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。

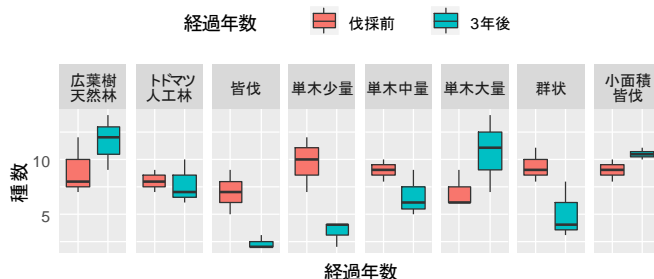


図-1 実験区の中心部の半径50m円内で観察された鳥類の全種数の変化

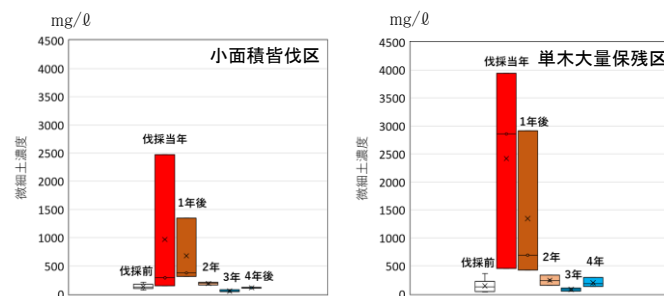


図-2 出水時に計測された微細土濃度の伐採前後の比較グラフは、各年7～10月に発生した出水イベントで観測された微細土濃度のレンジを示している。

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

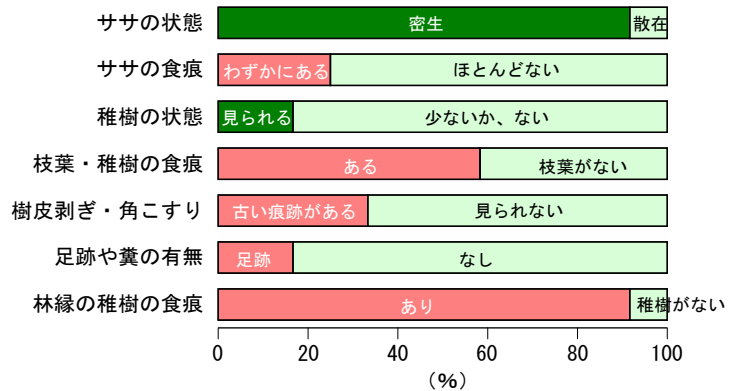


図-1 天然林における簡易チェックシートによるエゾシカの痕跡等の調査結果

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

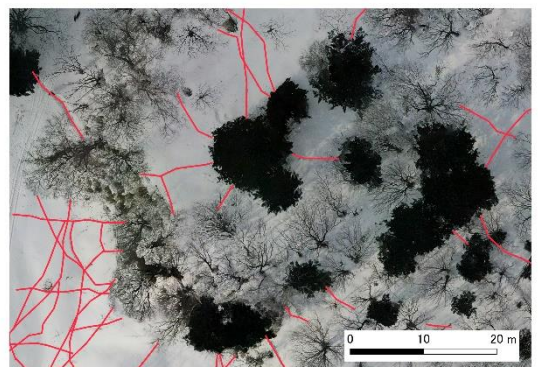


図-3 UAV画像から作成したオルソ画像の判読によるエゾシカの足跡の分布(赤線は足跡を示す)

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）。

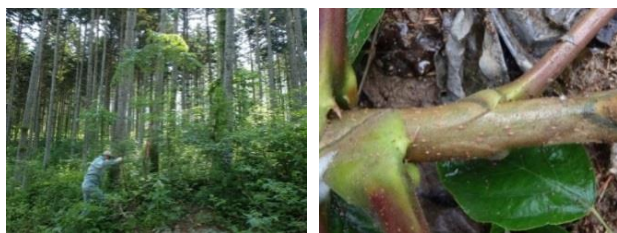


写真-1 下川町有林（左）で選抜した個体（右）

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

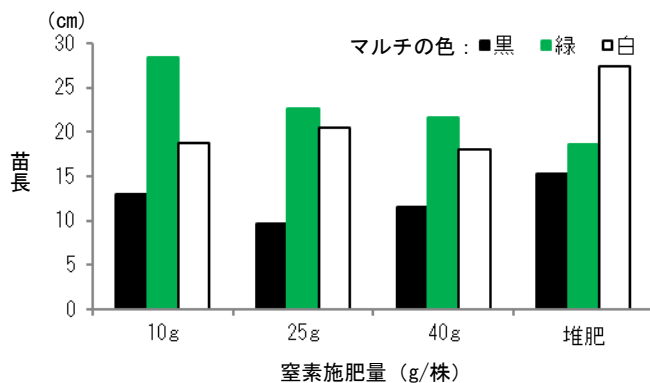


図-1 苗長に及ぼすマルチの色と窒素施肥量の効果



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。

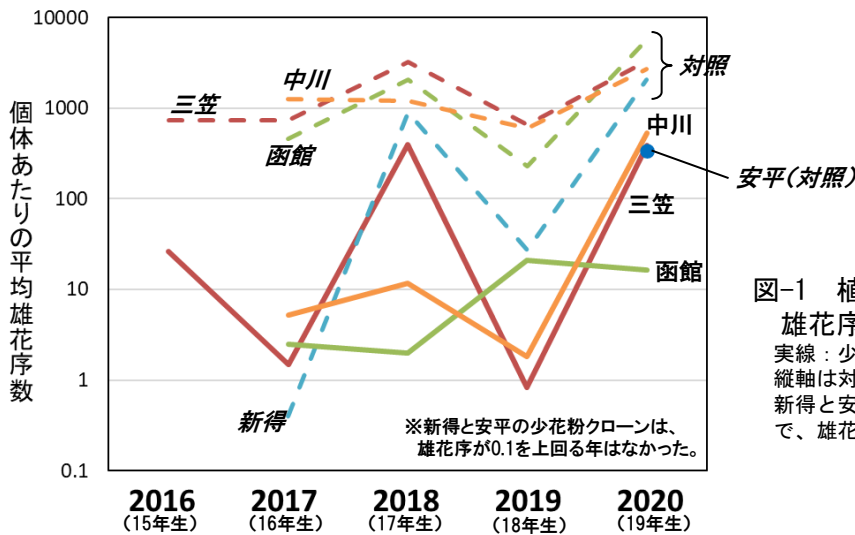


図-1 植栽地ごとの少花粉株と対照株の雄花序数の推移

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。

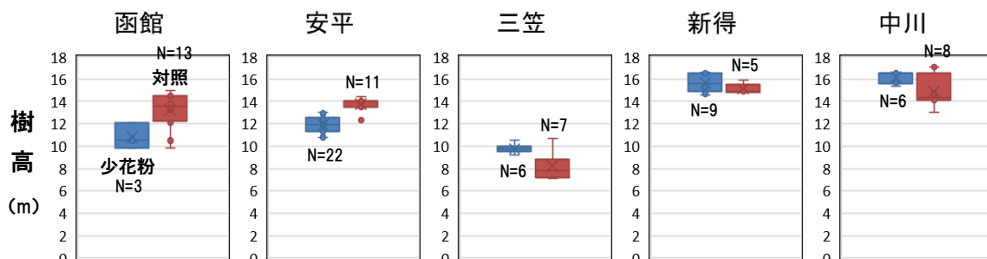


図-2 19年生時の少花粉クローン、対照クローンの樹高

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

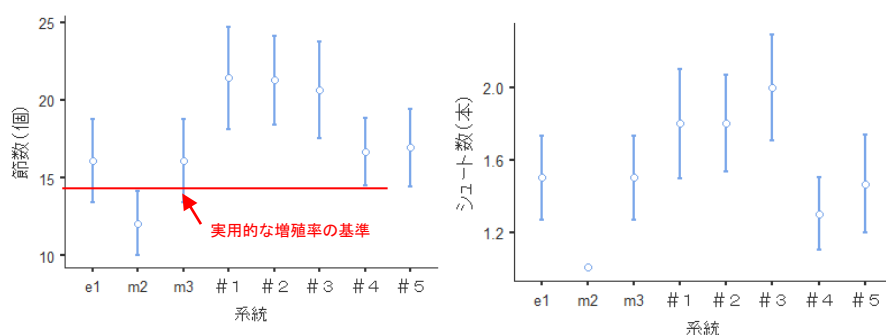


図-1 3節の節部切片を30日間培養したときの成長量
(左：節数 中：シュート数 供試数：30個体/系統)



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。グリーントピックス 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。

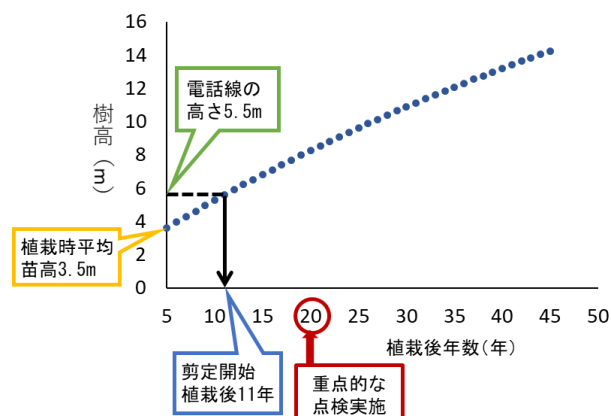


図-1 イチョウの樹高成長の予想曲線と管理適期
* 重点的な点検を要しない期間も定期的な点検は必要

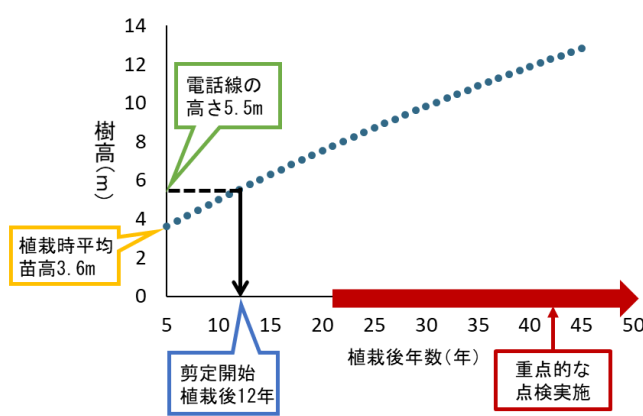


図-2 ハルニレの樹高成長の予想曲線と管理適期

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。

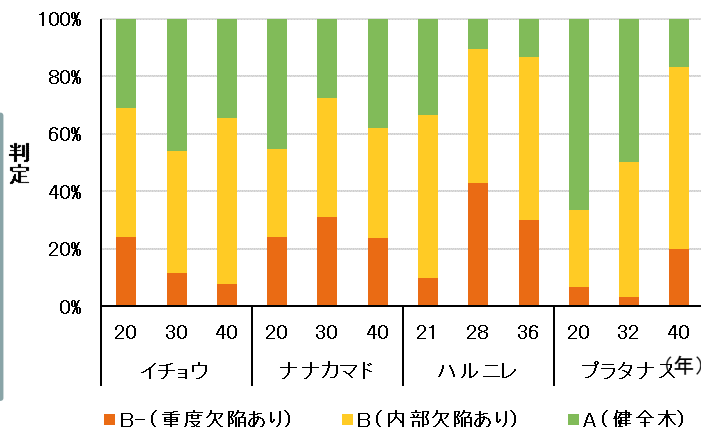


図-3 樹種別、植栽後年数別にみた樹木内部診断の結果*

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

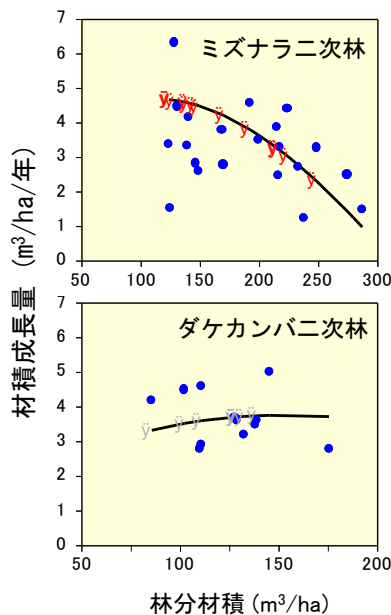


図-1 長期観察されている三笠市のミズナラ二次林（左）とダケカンバ二次林（右）における林分材積と材積（連年）成長量との関係

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、気象要因を与えて算出した材積成長量の予測値を示す。

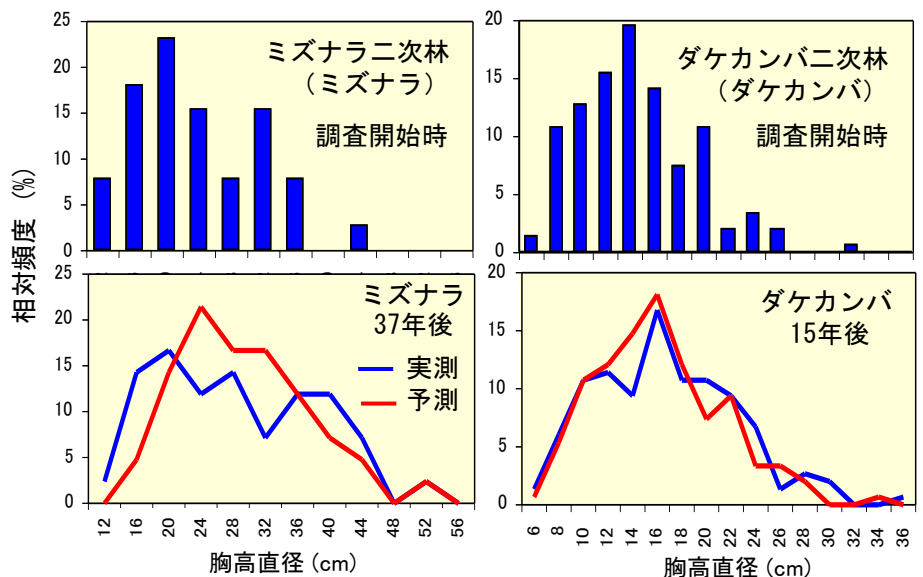


図-2 長期観察されているミズナラ二次林（左）とダケカンバ二次林（右）における立木の胸高直径階別の相対頻度分布の実測値と予測値

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）

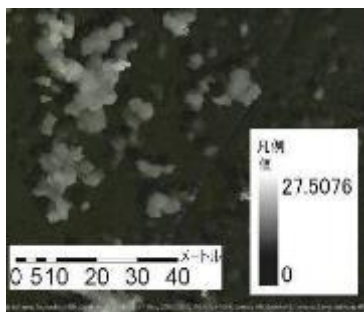


図-2：更新木の樹高計算例（白いほど樹高が高い）

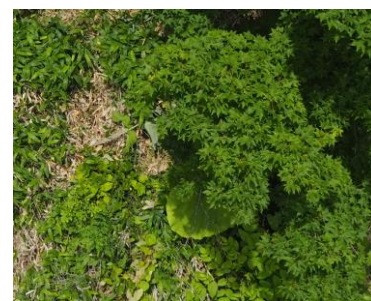


図-3 低高度からの画像の例（イタヤカエデ、フキ、ササ、ヤマブドウ、ウド等が判別できる）

※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)

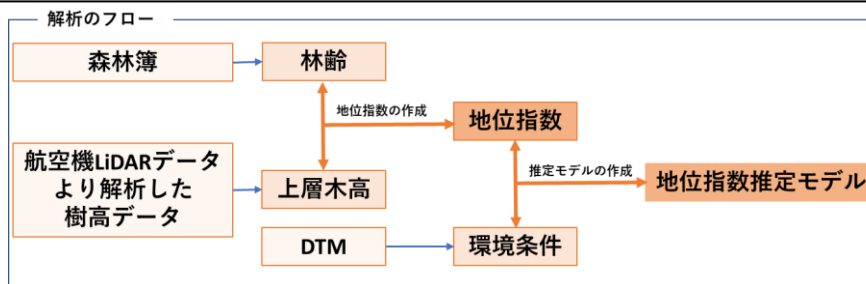
点群：4点/m²以上

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

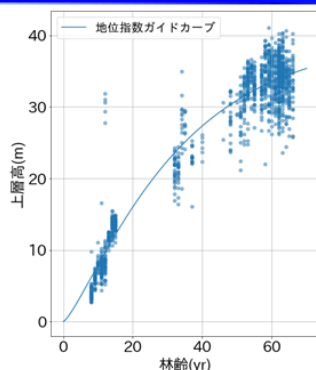


図-1. 津別町のカラマツ人工林における林齢と上層高の関係

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。

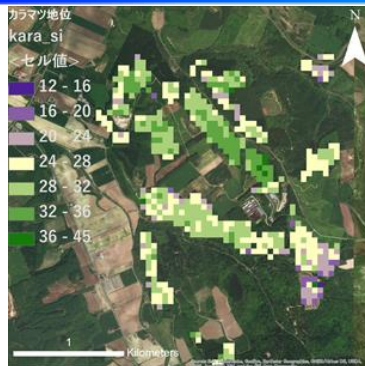


図-2. 地位指数のマッピング

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。

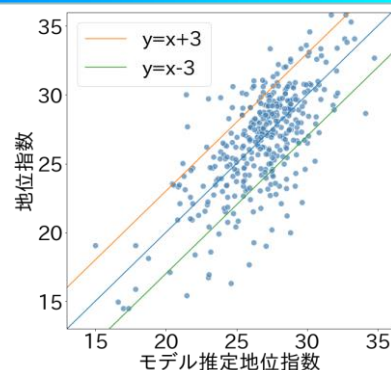


図-3. 地位指数推定モデルの精度検証

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)