

人工林の保残伐がもたらす生態系サービスを 大規模実証実験で明らかにする

担当G：森林環境部機能G、森林資源部保護G

共同研究機関：(国研)森林総合研究所北海道支所、北海道大学

研究期間：平成25年度～29年度 区分：公募型研究

研究目的

近年、木材生産と生物多様性の両立をめざす森林管理法として、保残伐* (retention harvesting) が世界的に導入されており、これは生態系サービス(生態系が人間にもたらす利益、公益的機能など)を損なわないように森林を管理することを目標としている。日本では1,000万haの人工林が主伐期を迎え、国産材の有効活用を図るために、このような伐採方法の開発が必要になっており、北海道ではトドマツ人工林の伐採、管理手法が求められている。そこで、トドマツ人工林で保残伐実験を行い、伐採前後5年間での生態系サービス(具体的には水土保持、虫害抑制、山菜の供給)の変化を明らかにする。

*本研究では保残方法として、トドマツ林内に混生する広葉樹を残したり、トドマツを群状に残すなどの施業を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：道有林空知管理区241～249林班
トドマツ人工林、天然生広葉樹林小流域
(流域面積10ha前後)
伐採方法：皆伐、広葉樹少量(10本/ha)保残、
中量(50本/ha)保残、大量(100本/ha)保残

保残伐施業前後の調査項目
1.水土保持サービス：水量、水質、底生動物相
2.虫害抑制サービス：害虫の天敵生息状況
3.山菜供給サービス：山菜の現存量変化

研究成果

1. 水土保持サービス

1) 伐採前後の流量変化

流量の連続観測を実施している流域(皆伐、中量保残、大量保残、非伐採)で、伐採前・伐採後それぞれ1年間の水流出率(年流出量/年降水量)を比較した。非伐採流域(対照)の流出率変化の割合を1とすると、施業を行ったすべての流域で流出率が増加し、その変化は皆伐流域で最も大きかった。(図-1)。

2) 伐採前後の水質(窒素負荷量)変化

平水時・出水時の硝酸態窒素(NO₃-N)濃度と採水時流量の関係式を用いて年間窒素負荷量を算出し、これを流域面積で除した比負荷量により、各流域の伐採前後の変化を比較した。伐採後、保残の程度にかかわらず比負荷量は2.2～2.5倍となり、保残伐といえども主伐であり、皆伐と比較して水環境への影響が小さくはないことを示唆した。

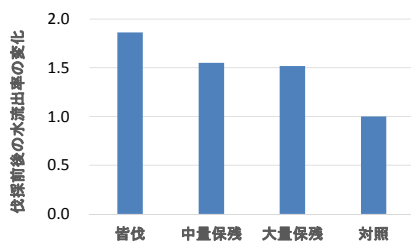


図-1 各流域における水流出率の変化割合
(対照区の変化を1とする)

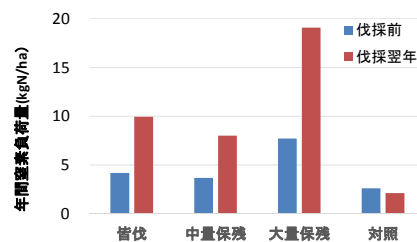


図-2 各流域における伐採前後のNO₃-N比負荷量
(負荷量は30分ごとの流量と濃度の積を時間積算し、年間負荷量を算出)

・伐採前:2014年5月15日～2015年5月14日 伐採後:2015年10月25日～2016年10月24日

2. 虫害抑制サービス

粘土製のダミーイモムシを使い鳥類の捕食効果を調べたが、捕食率と保残方法との明確な関係は見られなかった。

3. 山菜供給サービス

自動撮影カメラの設置により車両の通行状況を調べたところ、5月下旬～6月上旬の利用が多く、年に約1600台の入林があった。また、直接聞き取りにより、山菜の種類や供給状況を確認した。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・長坂 有ら(2017)トドマツ人工林の保残伐施業試験地(REFRESH)における伐採1年後の水質変化。第128回日本森林学会大会 鹿児島

防風林が飼料作物の収量に及ぼす影響の評価

担当G：森林環境部環境G

協力機関：(独)家畜改良センター新冠牧場、根室振興局森林室

研究期間：平成26年度～28年度 区分：経常研究

研究目的

北海道における飼料自給率向上を目的とした防風林の維持や造成を促進させるため、防風林が飼料作物の収量に及ぼす影響を明らかにする。また、防風林からの距離および防風林の林帯構造によって生じる飼料作物の収量差を明らかにし、増収効果を高める防風林の配置方法および管理技術を提案する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地： ✓ 新冠牧場(新ひだか町)内の
牧草地および飼料用トウモロコシ圃場
(3列の耕地防風林に隣接)
✓ 別海町内の牧草地
(幅約180mの幹線防風林に隣接)

方法： 微気象観測、収量調査、生育調査

測定項目：

- ✓ 防風林風下の風向風速・気温・地温・日射量
- ✓ 牧草・飼料用トウモロコシの乾物重量・草丈
- ✓ 飼料用トウモロコシの葉数・葉面積

研究成果

牧草については、別海ではいずれの年も主風向において防風林の風下で風上より乾物率(生重量に対する乾物重量の割合)が高かった。また、防風林の風下で移流霧の進入や葉面への結露が抑制されることが微気象観測から明らかになった。そのため、根釧地域では収穫後速やかに乾燥させ良質な飼料を生産するために幅の広い林帯を維持し、霧や露による過度な葉の濡れを防ぐことが有効であると示唆された。

飼料用トウモロコシについて、防風林によって風速が低下し地温が上昇した領域では、ドローンを用いて空撮されたNDVI(正規化植生指数といい、植生の活性度を示す指標)が高く、生育が早まっていた(図1)。また、収量はばらつきが大きかったが、4年間の結果を平均すると、日陰域で20%減少し、地温上昇域で5%増加した(図2)。

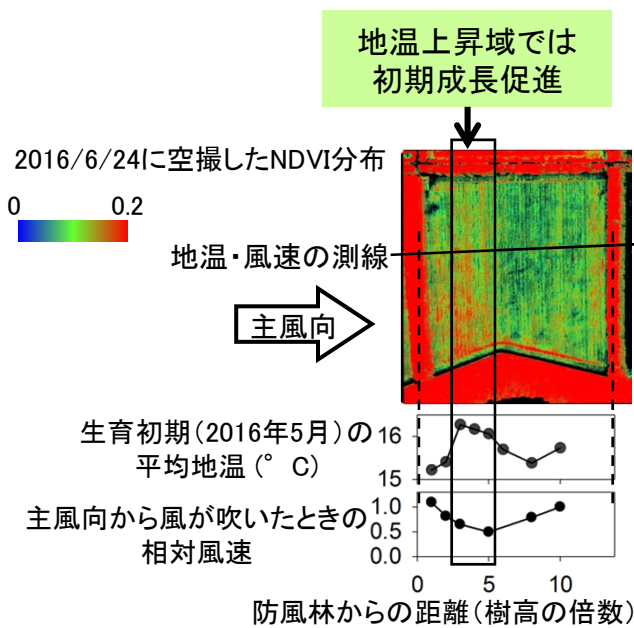


図1 新ひだかのカラマツ防風林が設置されたトウモロコシ圃場内のNDVI、地温、風速分布
NDVIが高い赤く表示された領域では、トウモロコシの生育が進んでいる。

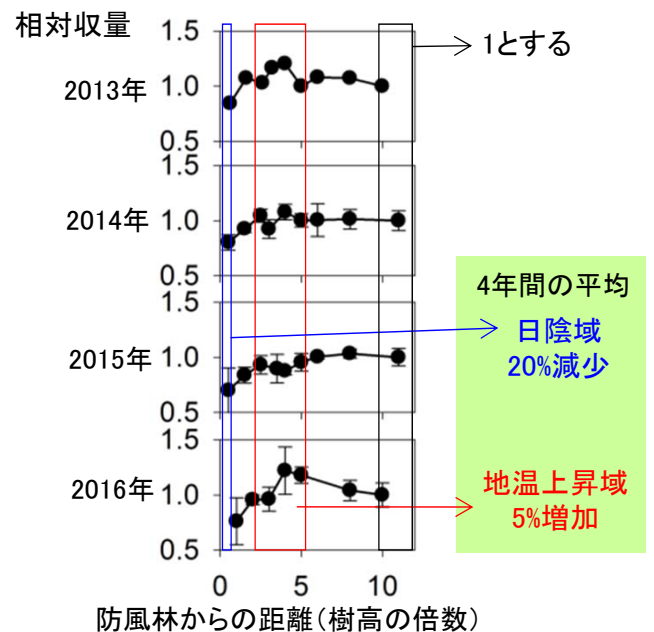


図2 新ひだかの圃場内における4年間の防風林からの距離とトウモロコシ収量の関係
収量は防風林から最も離れた地点を1とした相対収量で示す。プロットは平均値、バーは標準偏差。

5樹種を含む16林分における風速測定結果から、林帯構造（葉面積密度・林帯幅）と風速分布の関係式を作成した。これに既存の微気象モデルや作物モデルを改良して組み合わせることにより、飼料用トウモロコシ収量への防風林の影響を任意の地域・年・林帯構造について予測できる簡易なプロセスベースモデルを構築した。新ひだか町の調査林分において、このモデルから圃場内の収量分布を予測した結果、地温上昇による増収が日射量低下による減収を上回り、圃場全体で2%増収した（図3）。さらに、このモデルと各樹種の地位指数曲線を組み合わせることにより、圃場全体の収量を増加させる防風林管理技術を提案できるようになった（予測事例を図4に示す）。

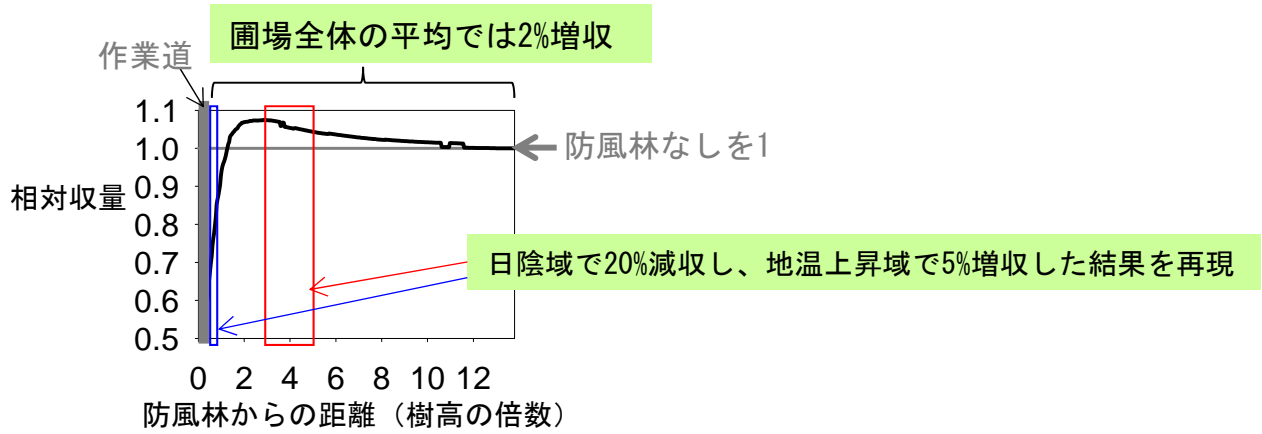


図3 新ひだかのカラマツ防風林が設置されたトウモロコシ圃場における防風林風下の収量分布の予測値
収量は防風林がない場合を1とした相対収量で示している。

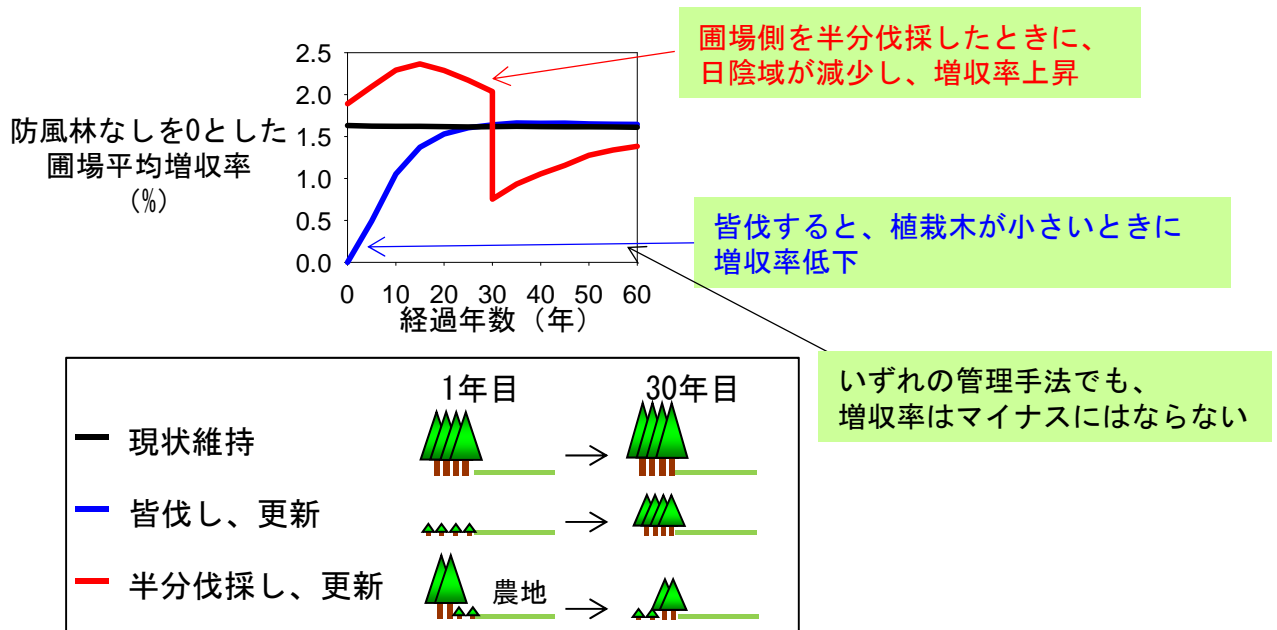


図4 防風林管理方法が圃場平均増収率の経年変化に及ぼす影響の予測
予測は新ひだか町の調査圃場を対象として行った。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・岩崎健太・鳥田宏行(2017) 防風林による地温上昇効果—日高地域の飼料用トウモロコシ圃場における事例—, 光珠内季報182: 11-14
- ・岩崎健太(2016) 農作物への防風林の効果は古い研究テーマか?—いま改めて求められる防風林研究—, 北海道森づくり研究成果発表会
- ・岩崎健太・鳥田宏行・福地稔・阿部友幸(2017) 防風林から牧草地への夜間の暖気流出—北海道東部の格子状防風林における事例—, 第128回日本森林学会大会

北海道太平洋沿岸の海霧を考慮した 気候的乾湿度に対する海浜樹木の環境応答

担当G：森林環境部環境G

協力機関、研究機関：(国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所

研究期間：平成26年度～28年度

区分：公募型研究

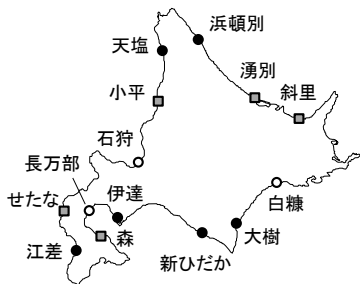
研究目的

本研究では、気候変動に対する樹木の応答能力についての基礎的データを得るため、北海道太平洋沿岸に特徴的な海霧を考慮に入れた、地理的スケールにおける気候的乾湿度に対する海浜生カシワの生理学的な応答様式を明らかにすることを目的とする。

研究方法

- ◆**地域気象の観測**：北海道沿岸部に気象観測装置を設置して気候的乾湿度を推定(石狩・天塩・浜頓別・白糠・浜大樹・新ひだか・伊達・長万部・江差)
- ◆**カシワの生理生態学的特性の調査**：葉の蒸散速度、炭素安定同位体比、クロロフィル量等の測定
- ◆**土壌の蒸発散量の推定**：石狩と白糠に土壌水分計を設置し、土壌水分動態をモニタリング
- ◆**湿地周辺の土壌水分環境の調査**：湿性気候における過湿地土壌の蒸発散量を推定(長万部)

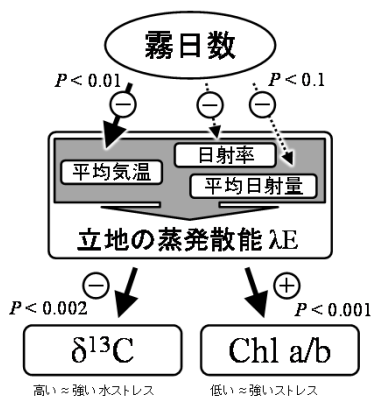
研究成果



- 気象観測, 葉サンプル採取, 蒸散測定
- 気象観測, 葉サンプル採取, 蒸散測定, 土壌水分測定
- 葉サンプル採取, 蒸散測定

調査地

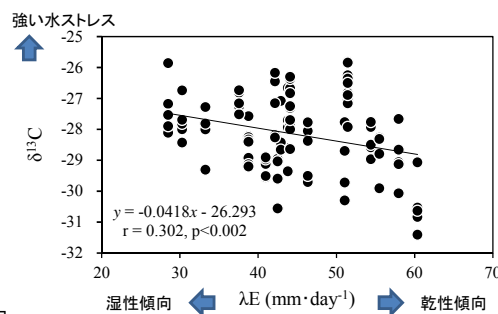
道内のカシワ海岸林9カ所に気象観測機器を設置して気象をモニタリング



植物のストレス指標

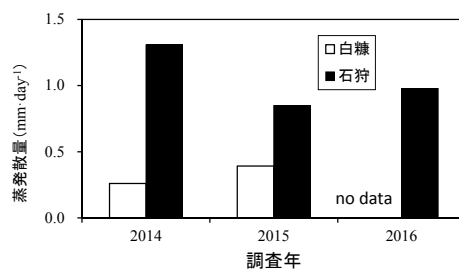
霧日数が植物の水ストレスへ与える影響の流れ

＋は正の関係、－は負の関係を表す



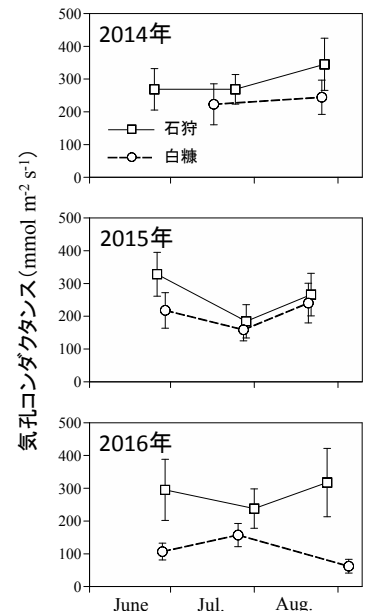
δ¹³Cと蒸発散能λEの関係

湿性環境では葉の蒸散が抑制されるため、δ¹³Cの値が高くなると考えられる



白糠と石狩でのカシワ林縁における地表の日蒸発散量の違い
相対的に乾燥気候の石狩の方が蒸散量が多い

海霧によって湿性化するとストレスを受ける



石狩・白糠におけるカシワ葉の気孔コンダクタンス(各10個体)
白糠での値は常に石狩での値より低いことが分かる

グイマツ海岸林の密度管理および地位指数曲線の作成

担当G：森林環境部環境G、道南支場

協力機関、研究機関（北海道水産林務部林務局治山課、各総合振興局・振興局林務課）

研究期間：平成27年度～29年度 区分：経常研究

研究目的

北海道に広く見られるグイマツ海岸林の造成・維持管理指針を提示するため、林齢が異なるグイマツ林の毎木調査を行い、密度管理図および、地位指数曲線を作成する。また、林分構造と枝の枯上がり高との関係を調査し、適正密度と耐風性のパラメータの一つとなる樹冠長の関係を評価する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

林齢が異なるグイマツ林を対象として毎木調査を行い、密度管理図および地位指数曲線を作成する。
調査地：全道のグイマツ海岸林（林齢10～53年生、67データ）

密度管理図作成のための基本調査、および地位指数曲線作成のための樹幹解析（24林分の上層木）
方法：植栽枋面積に応じたプロット内の毎木調査
測定項目：胸高直径、樹高、枝下高

研究成果

1. 密度管理図作成のための毎木調査

昨年度までの得られたデータ（n=49）に18林分のデータを加え、計67データから密度管理図を作成した（図1）。各林分の生枝下高を説明する要因として、上層高Hと林分密度N、林分材積V、その交互作用を想定した一般化線形モデルGLMによるモデル選択の結果、Hがもっとも説明力が高い要因となった（図2）。

2. 地位指数曲線の作成

樹幹解析による時系列データ（24林分）および上記の毎木調査データから、林齢20年生を基準とする地位指数曲線群を作成した（図3）。地位指数は汀線からの距離で変わり、同じ距離で比較すると太平洋側>オホーツク海側>日本海側の順で大きかった（図4）。

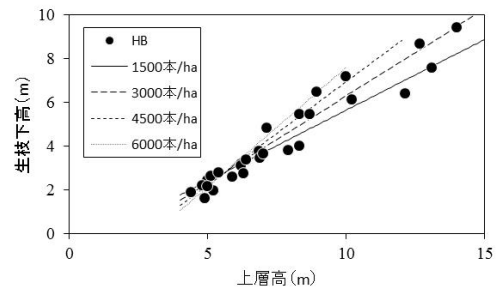
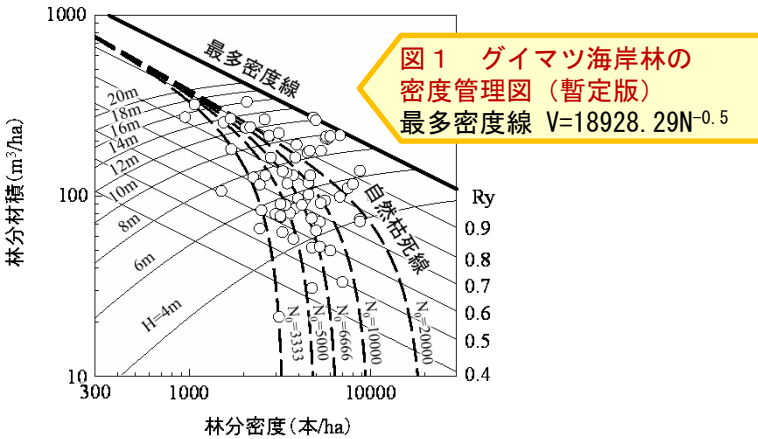


図2 平均生枝下高 (H_B) と上層高 (H) の関係
HB-H関係には林分密度も影響する。

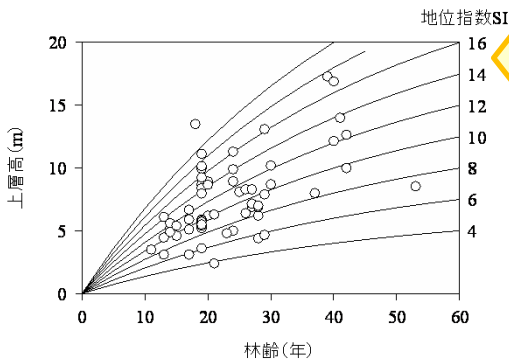


図3 グイマツ海岸林の地位指数曲線群（暫定版）
20年生時を基準林齢とする。

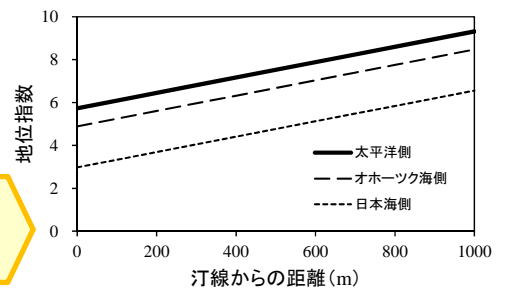


図4 地位指数と汀線からの距離の関係
地域によって大きく変わる。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・真坂ら（2016）北方森林学会，ポスター発表

・真坂・阿部（2017）2017年森づくり成果発表会，ポスター発表

海岸防災林の力学的モデルと成長モデルを 組み合わせた津波抵抗性の評価

担当G：道南支場

研究期間：平成27年度～29年度

区分：公募型研究

研究目的

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

研究方法

力学モデルの改良

方法：根系支持力に関するモデル式の差異が限界流速（被害が発生するときの流速）に与える影響をシミュレーションにより評価した。

立木の被害形態の解析

方法：根系支持力に関するモデル式の差異が立木の被害形態（幹折れ、根返り）に与える影響をシミュレーションにより評価した。

研究成果

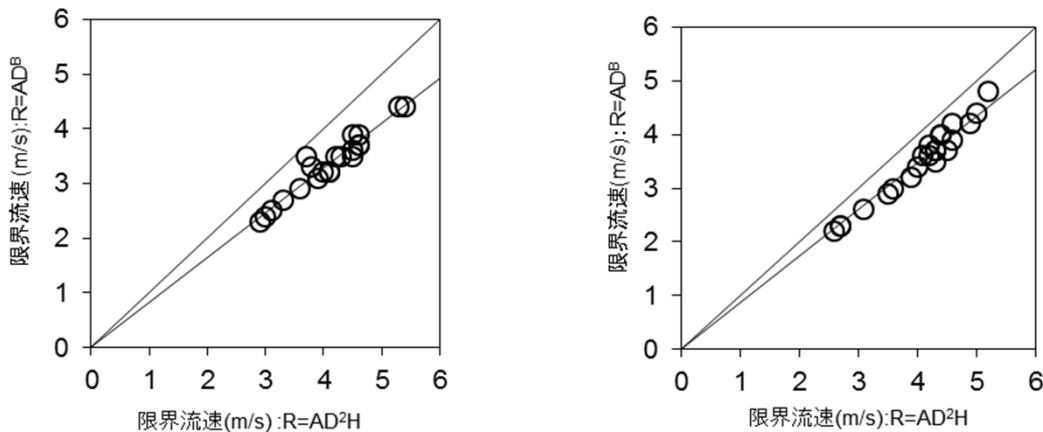


図1 限界流速の比較例

三沢市クロマツ海岸林の調査林分2カ所における各立木の計算例。右図：平均樹高：18.1m、平均胸高直径：22.6cm、浸水深：10m、左図：平均樹高：7.9m、平均胸高直径：8.8cm、浸水深：4m

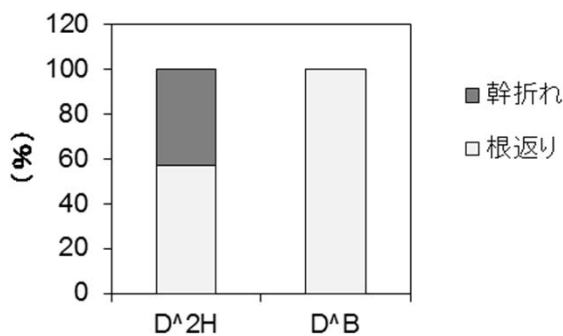


図2 被害形態の比較

立木の引き倒し試験から得られたデータ2事例（三沢、江差）をもとに、根返り抵抗モーメントに関する回帰式を材積指標（ D^2H ）と胸高直径 D のべき乗式により求めて限界流速を計算した結果、限界流速は、2事例とも材積指標による場合の方が、べき乗式による場合よりも高くなった（図1）。また、べき乗式による被害形態は、根返りしやすい特徴があった（図2）。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

第65回北方森林学会

GISを活用した森林機能評価および区分手法の開発

担当G：森林環境部機能G・森林資源部経営G

研究期間：平成27年度～29年度 区分：経常研究

研究目的

目的 森林の多面的機能のうち、木材等生産機能、生物多様性保全機能、水源涵養機能について評価手法を開発するとともに、GISを利用した森林機能区分の表示システムを開発する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地等について

調査地：道央地域

使用データ：森林調査簿、地形データ等

調査項目

1. 木材生産機能維持増進林分の評価手法の開発
2. 生物多様性保全および水源涵養機能の評価方法の開発
3. 森林機能区分の表示手法の開発

研究成果

1. 木材生産機能維持増進林分の評価手法の開発

トドマツの地位指数推定式を用いて、美幌市民有林の地位指数を小班単位で推定した(図1左)。

2. 生物多様性保全および水源涵養機能の評価方法の開発

標高、傾斜、疎密度、針広混交率、ササの種類等のGISデータを使用して、美幌市民有林を対象として林小班単位で林床植生の多様性を予測し、GIS上での表示形式を検討した(図1中)。また、「北海道森林機能評価基準(<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srk/hyouka/standard/index.htm>)」の水土保全機能の評価方法を用い、美幌市民有林を対象として林小班ごとの評価を行い、GIS上での表示形式を検討した(図1右)。

3. 森林機能区分の表示手法の開発

昨年度一部の市町村に対して実施した聞き取り調査から、機能区分は市町村における森林管理の基本的な指針を反映しているとの情報を得たことから、市町村により木材等生産を重視するか、公益的機能を重視するかといった特徴の違いがあるのかどうかを民有林GISのデータを用いて解析した。小班ごとに指定された「森林の区分」を自治体ごとに面積集計し、自治体間の類似度を算出したところ5グループに分けられた。この結果は、「森林の区分」は市町村における森林管理の基本的な指針を反映したものであるとする昨年度の聞き取り調査の内容に概ね沿うものと考えられたため、新たに開発する機能評価方法によって得られた結果を地域に提供する際の留意点と考えられた。

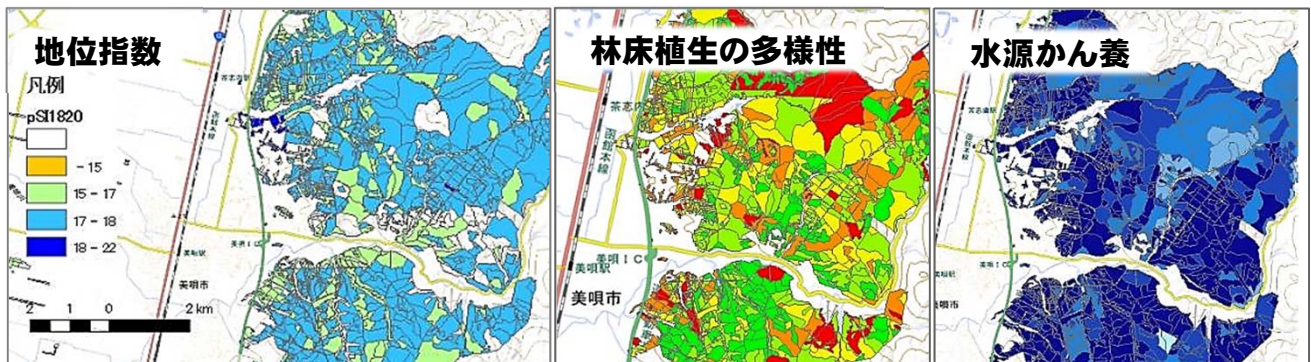


図1 美幌市民有林を対象に実施した機能評価の結果。

左：小班ごとに予測したトドマツの地位指数。この地域は地位17-18と比較的よい立地が多いことを示し、地位18以上の地位の高い小班は標高が低く平坦な地区に分布するという結果を得た。

中：標高、傾斜、疎密度、針広混交率、ササの種類等のGISデータを使用して予測した林床植生の多様性の指標(種の豊富さを表す「Gleason's formula」を用いたもの)。緑色が多様性が高い小班、黄色-橙-赤に向かうにつれ低くなると予測された小班を表す。

右：北海道森林機能評価基準を用い、小班毎に水源涵養機能の値を算出したもの。100点からの減点によって表され、色が濃いものほど減点されておらず機能が低いことを表している。

カシワ海岸林の密度管理図の作成と天然林構造を 目標とした管理手法の検討

担当G：森林環境部環境G

協力機関：北海道水産林務部林務局治山課、各総合振興局・振興局林務課

研究期間：平成28年度～30年度 区分：経常研究

研究目的

本研究では北海道のカシワ海岸林の造成・維持管理の指針を提示するため、カシワ海岸林の密度管理図および地位指数曲線を作成する。海岸林管理者が排水工など適切な改良工事の導入を図れるように、地位指数によって生育環境を評価できるようにする。また、人工林を高齡天然林のもつ構造へ誘導する密度管理手法*を検討する。

※「天然林のもつ構造へ誘導する密度管理手法」を検討する理由：

海岸防災林としての最適な林分構造は現段階においては未知であり、改善の誘導目標として天然林の構造が適切と考えられたため。

林分としての防災機能を向上させるには林冠を鬱閉させる必要があるが、これには本数密度が高い方が有利である。しかし個々の樹木の健全性を向上させるには幹を太くして頑丈にし、かつ樹冠を大きくさせなければならないが、これには本数密度が低い方が有利となる。このように林分としての防災機能と個々の樹木の健全性の同時追求は二律背反となり、両者をバランスする最適な林分構造は研究段階にあり未知である。この段階で密度管理の目標を設定するならば、飛来塩分や強風、濃霧（低温、日照不足、過湿が付随）などに耐え、長期間安定して森林状態を維持してきた実績のあるカシワ天然林の構造が手本の一つとして有望と考えられた。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：留萌・オホーツク・檜山・十勝管内の
カシワ海岸防災林
(人工林48箇所、天然林4箇所)

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

研究成果

密度管理図と地位指数曲線を試作した。今後はデータ数を増やし、図表の正確度と頑健性を高める。

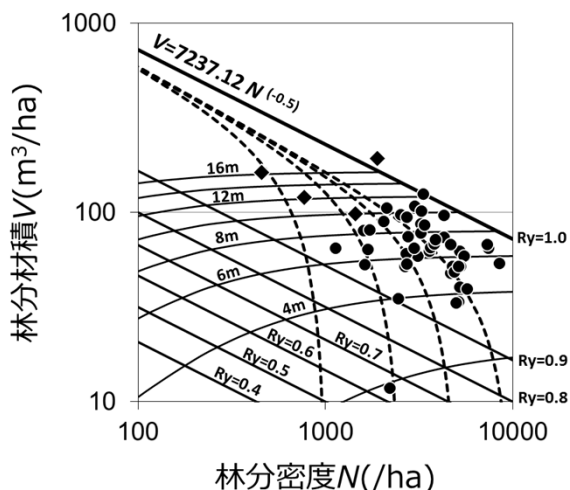


図1 カシワの密度管理図(暫定版)
カシワ海岸人工林データ(●)で作成
◆：カシワ海岸天然林

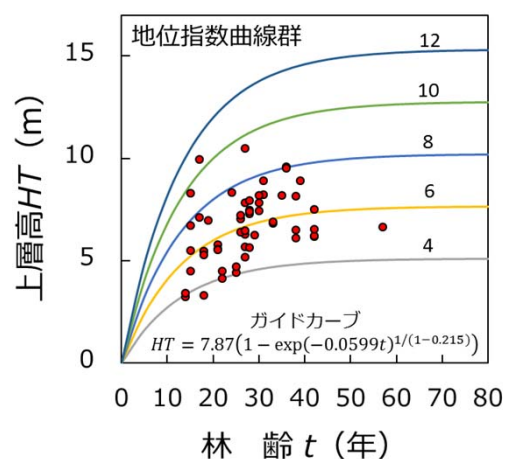


図2 カシワの地位指数曲線群(暫定版)
基準林齢は20年生とした

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・真坂一彦・阿部友幸(2017) 除間伐試験結果に基づく海岸林の密度管理方法の提案、平成29年北海道森づくり研究成果発表会、(ポスター発表)

地中レーダーを活用した樹木の 植栽基盤診断高度化への検討

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：地質研究所

研究期間：平成28年度

区分：職員奨励研究

研究目的

環境林では、硬い地盤や過湿といった土壌環境（植栽基盤）の不良を原因とした樹木の枯損や生育不良が生じやすい。そのため、植栽樹木を正常に生育させるためには、植栽基盤の良否を診断し、不良の場合には土壌改良などの対策を講じる必要がある。しかし、土壌環境は空間的にばらつきが大きく、不均質であるため、適切な対策を行うためには、土壌硬度や土壌水分の空間分布を「面的に」捉える技術が必要である。そこで、海岸砂丘や火山灰土壌など多様な土壌環境をもつ衰退林分と健全林分において、地中レーダー探査を点的な土壌調査および樹木の生育状況の調査とあわせて行うことにより、様々な土壌環境における植栽基盤診断への地中レーダー適用の可否を解明する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：長万部町内の海岸林2林分
新ひだか町内の内陸防風林1林分
美唄市内の内陸防風林3林分
士幌町内の内陸防風林1林分
当別町内の牧野跡地における植栽試験地

調査方法：

- 林内の測線に沿った地中レーダー探査（図1）
- 測線上の数地点における土壌水分計付貫入計および検土杖を用いた点的な土壌調査
- 樹木の生育調査（樹高・生残等）

研究成果

各調査地点における結果を表1にまとめる。砂地・重粘土・黒ボク土壌では、全て地中レーダーを適用可能であり、地下水面や土壌水分の変化点、土壌境界面等を把握できることがわかった。たとえば、レーダー反射面上端が土壌水分の変化する深度と概ね一致していたことから、長万部旭浜の海岸林では火山灰層もしくは緻密な砂層により土壌水分が高くなっている深さを把握でき、一方、新ひだかの牧草地に隣接した防風林では硬盤によって体積含水率が変化した深さを把握することができた（図2）。さらに、当別町の農耕地跡の植林地では、土壌改良方法が異なる3試験区（盛土・天地返し・無処理）間の表層付近における硬い元地盤が反映した土壌水分の違いも把握することができた（図3）。それに対し、地中レーダーによる植栽基盤診断が困難と判断された土壌環境は、泥炭地および礫質な土壌であった。泥炭地（美唄）では浅い深度で電磁波が減衰し、礫質な土壌（士幌）では礫により強い反射が生じたため、土壌水分や土壌境界に関する情報を読み取れなかった。

表1. 各調査地における地中レーダー探査の結果

調査地	林の種類	土壌	樹木生育状況	地中レーダー探査結果
長万部 (豊野)	海岸林	砂	砂丘下部で不良	地下水面を把握可能
長万部 (旭浜)	海岸林	砂 埋没火山灰	不良	埋没火山灰や緻密な砂層による体積含水率の境界面を検出可能
新ひだか	防風林	黒ボク	良好	深さ30-60cmの体積含水率の境界面を検出可能
当別	牧野跡地 への植林	重粘土	畝上げ・天地返し で無処理より良好	試験区（畝上げ・天地返し・無処理）間の深さ0-30cmにおける体積含水率の差を検出可能 畝上げ区では、盛土と元地盤の境界を検出可能
美唄	防風林	泥炭	3林分のうち 1林分で不良	浅い深さで減衰し、適用困難
士幌	防風林	黒ボク 礫層混じり	良好	礫で反射し、適用困難

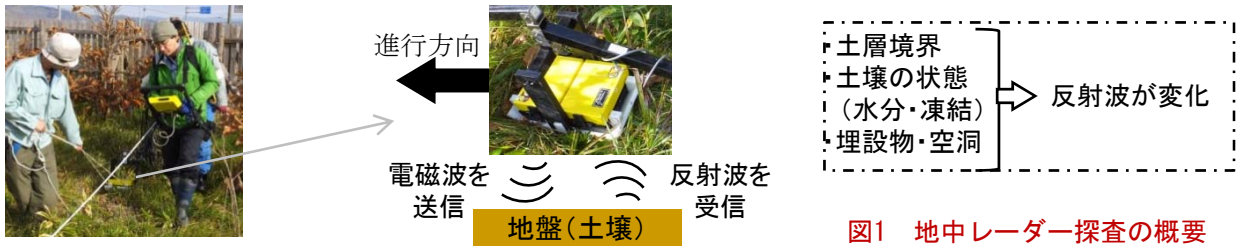


図1 地中レーダー探査の概要

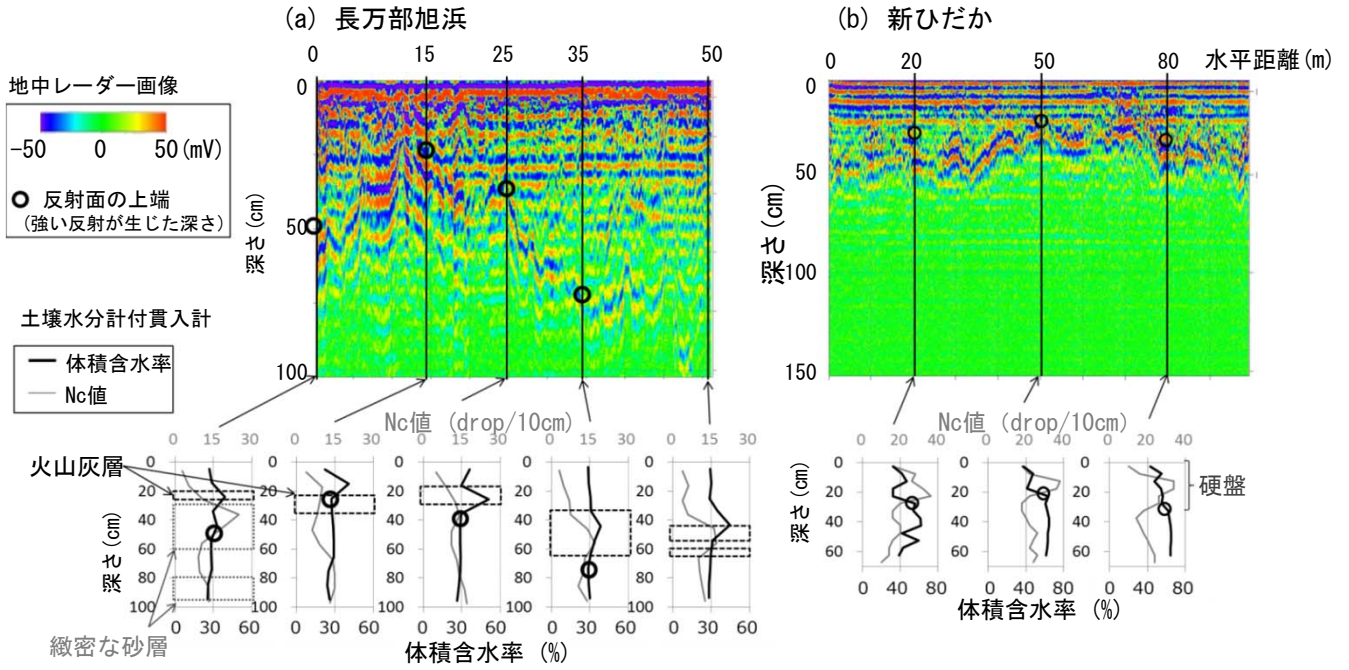


図2 長万部旭浜(a)と新ひだか(b)における地中レーダー探査および土壌水分計付貫入計による調査の結果
長万部旭浜の結果には、検土杖調査から得られた火山灰層および緻密な砂層の深さもあわせて示す。

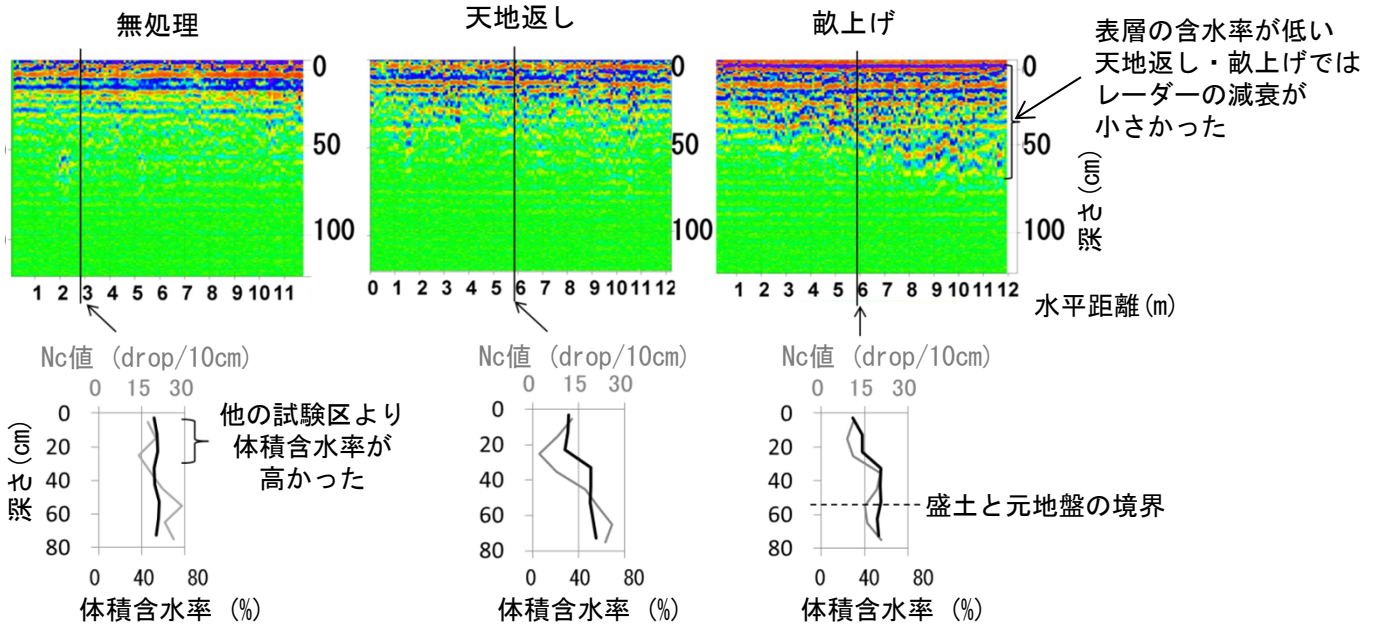


図3 当別における地中レーダー探査および土壌水分計付貫入計による調査の結果
凡例は図1と同じ。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

岩崎健太・田村慎・真坂一彦・佐藤弘和・佐藤創・山川陽祐・小杉賢一朗(2016) 土壌水分計付貫入計と地中レーダーを用いた海岸林の植栽基盤診断, 日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会合同研究発表会

林内機械作業による土壌・植生への攪乱とその持続性の解明

担当G：森林環境部環境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～31年度 区分：公募型研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地1：2016年に間伐されたトドマツ人工林内に作設された森林作業道
 調査地2：2012～2015年に間伐が行われたトドマツ人工林において毎年作設された森林作業道（4区間）

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

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

研究成果

継続調査
 を行う
 試験地1

- この作業道では、グループ付きコンボ・ハーベスタが10回以上走行した。
- 作業道作設前のNc値では、表層0.1mでも根の伸長が阻害されるといわれる値（ $Nc = 5$ ）を超える箇所が現れ、石礫等の存在により $Nc > 20$ の箇所も多かった（図-1）。
- 作業道作設後もNc値に大きな変化がみられない地点も多かった。
- 住宅跡地で作設前の土壌が硬いため、ここでの継続調査は難しいと判断した。

作設年が
 異なる
 試験地2

- 深さ0.3mでは、平成27年度（作設後1年経過）と平成26年度（2年経過）作設区間の中央値は同じであったが、平成25年度（3年経過）から平成24年度（4年経過）と経過年数が経つにつれ減少し、対照区間の中央値に近づいた（図-2）。
- 深さ0.1mと0.2mでは、平成25年度区間の中央値がそれぞれ最も高かったため、作設年数の経過による明瞭な減少傾向はみられなかった。
- ただし、平成25年度区間の記録を除けば、深さ0.1mと0.2mでも作設後の経過年数とともに対照区の中央値に近づく傾向がみられた。

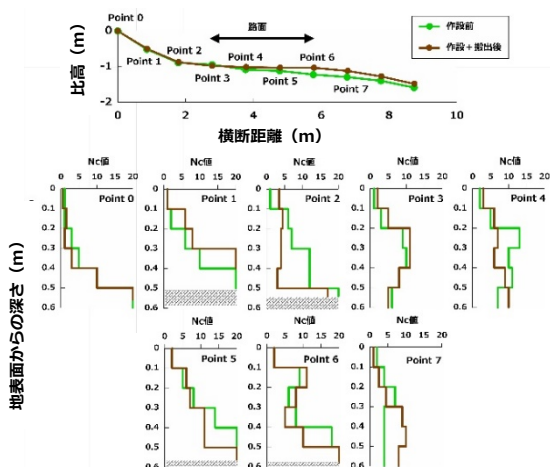


図-1 試験地1における貫入試験結果
 灰色のバーは石礫等、緑線は作設前、茶線は作設後を表す

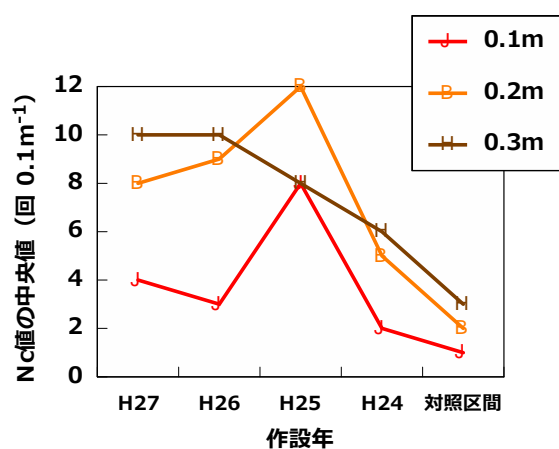


図-2 各区間における深さ0.3mまでのNc値の中央値
 対照区間は林地

佐藤弘和・山田健・佐々木尚三・岩崎健太（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。

酸性雨モニタリング（土壌・植生）調査

担当G：森林資源部経営G

共同研究機関：環境科学研究センター、中央農業試験場

協力機関：北海道環境生活部

委託元：環境省

研究期間：平成28年度～32年度 区分：道受託研究

研究目的

本調査は、環境省の「越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング計画」に基づき、日本の代表的な森林における土壌及び森林のベースラインデータの確立及び酸性雨による生態系への影響を早期に把握するため、森林モニタリング（樹木衰退度調査・森林総合調査）および土壌モニタリングを実施することを目的とする。

研究方法

調査地や材料について

酸性雨モニタリング（土壌・植生）調査地は知床国立公園および支笏洞爺国立公園内に設定された特定調査プロット（各地点とも林分数1、土壌プロット数2、植生プロット数1）。

調査項目や分析方法について

酸性雨モニタリング調査（土壌・植生）
（1. 樹木衰退度調査、2. 森林総合調査、3. 土壌モニタリング）

研究成果

知床国立公園および支笏洞爺国立公園に設定された特定調査プロット（表-1、図-1）において下記の調査を実施した。結果は北海道環境生活部を通じて環境省に報告された。

1. 樹木衰退度調査（林業試験場）

知床国立公園および支笏洞爺国立公園のプロット内にある、それぞれ約20本の観察木について、直径・樹高を測定し、衰退度を記録した。

2. 森林総合調査（林業試験場）

今年度は調査なし。

3. 土壌モニタリング（環境科学研究センター、中央農業試験場）

今年度は調査なし。

表-1 調査地点の概要

	知床	支笏洞爺
市区町村	斜里町	札幌市南区
標高(m)	約350	約830
土壌種	褐色森林土	暗色系褐色森林土
林相	天然林	天然林
優占樹種	トドマツ	ダケカンバ



図-1 支笏洞爺国立公園内の特定調査プロットの林相

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

平成26年度までの調査結果は環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/acidrain/index.html> にて公開されている。

量的・質的研究アプローチによる知的障害者のための 森林教育活動に関する研究

担当G：道東支場

協力機関・研究機関：道内の知的障がい者施設・特別支援学校

研究期間：平成28年度～30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

本研究は科学研究費(基盤研究C)(日本学術振興会)の追加採択を受け、平成28年度末より取り組みを始めたものである。このため、研究初年度は、研究担当者が過去に取り組んだ研究データの分析を実施した。

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(H28~30年度)

施設職員は森林活動を評価する上で、「活動の雰囲気」「重度者の参加」を重視していた。これらと活動構成要素との関連性を検討したところ活動の雰囲気では「内容」「場所」「移動の有無」「要求動作」、重度者の参加では「内容」「場所」「要求動作」「動植物の提示」との関わりが強いことが示唆された(図1)。

2) 施設状況に応じた森林活動の試行と評価(H28~30年度)

過去の映像より障がいの重い人たちの活動参加時における行動をM-ABCチェックリスト注1に記載されている評価項目等に基づくカテゴリにあてはめ、多変量解析(数量化Ⅲ類)を適用したところ「多動性・衝動性」「言語使用・参加姿勢」の軸が見出され、参加者は大きく、①能動的で多動性・衝動性が高いグループ、②受動的で多動性・衝動性が低いグループに大別された(図2)。

3) 森林活動のストレス低減効果の検討(H28~30年度)

研究担当者による唾液コルチゾールを指標とした過去の測定では、各被験者の数値からは明確な傾向などは見出されず、理由として測定器機のパフォーマンス(測定に要する時間や侵襲性等)が考えられた。こうした課題を軽減できる器機を用いた測定を29年度より試みる。

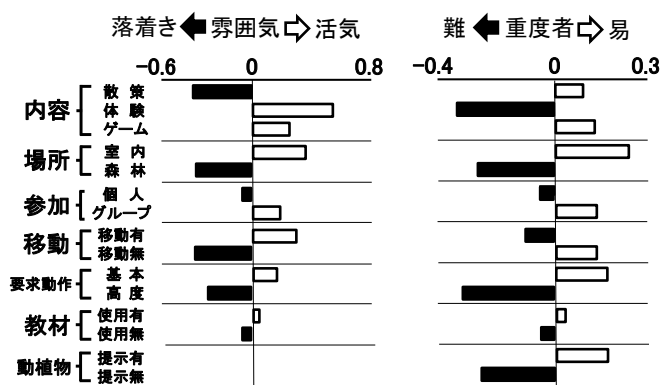


図1 雰囲気・重度者への配慮と活動構成要素 (80事例に数量化Ⅰ類を適用)

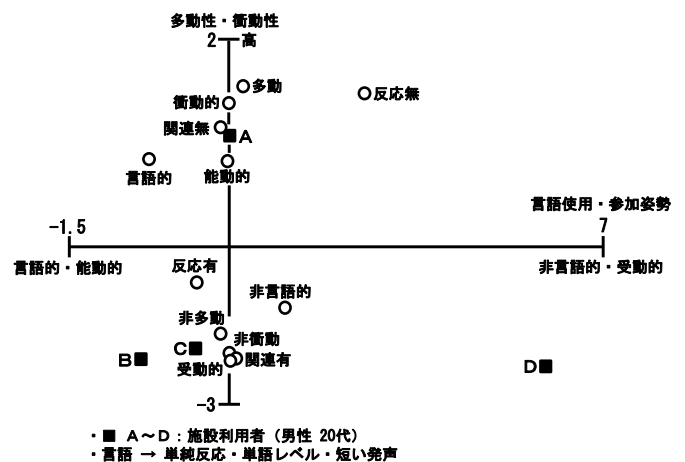


図2 障がいの重い人たちの森林散策時の行動施設利用者4名の映像データに数量化Ⅲ類を適用

森林管理と連携したエゾシカの個体数管理手法に関する研究

担当G：森林資源部保護G

共同研究機関：環境科学研究センター（主管）、酪農学園大学

協力機関：北海道水産林務部、環境生活部、胆振総合振興局森林室、
釧路総合振興局森林室

研究期間：平成24年度～28年度 区分：重点研究

研究目的

エゾシカを森林資源としてとらえ、森林の管理と一体的にエゾシカの個体数管理を推進するため、連携体制のモデルを構築し、対象森林におけるエゾシカの相対密度把握手法や、エゾシカによる天然林被害評価手法、森林資源データ等を活用した捕獲適地の抽出手法及び効果的な捕獲技術を確立する。林業試験場では、主に天然林被害評価手法について担当する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

道有林胆振管理区
道有林釧路管理区

調査方法

植生調査区：各管理区20箇所(10×10m)
調査項目：稚樹密度、食痕率等

研究成果

エゾシカ広葉樹の食痕率を稚樹本数の変化の指標として活用できることを明らかにし(図1)、食痕率40%以上では稚樹が減少し、エゾシカの影響が継続すると稚樹密度5本/100m²以下になることを示した。

4年間の継続調査において、高さ50cm以上に新たに加わった稚樹の多くは萌芽であった(図2)。萌芽が成長できるかどうか、エゾシカによる強い影響を受けた森林における回復の指標になると考えられる。

本研究の成果とこれまでの研究成果を統合し、森林管理者向けのエゾシカに関する調査手法及び捕獲手法に関する手引を作成した(図3)。



図2 調査時点(5月)でエゾシカの食害を受けていないシウリザクラの根萌芽(この後10月までに食害を受けた)

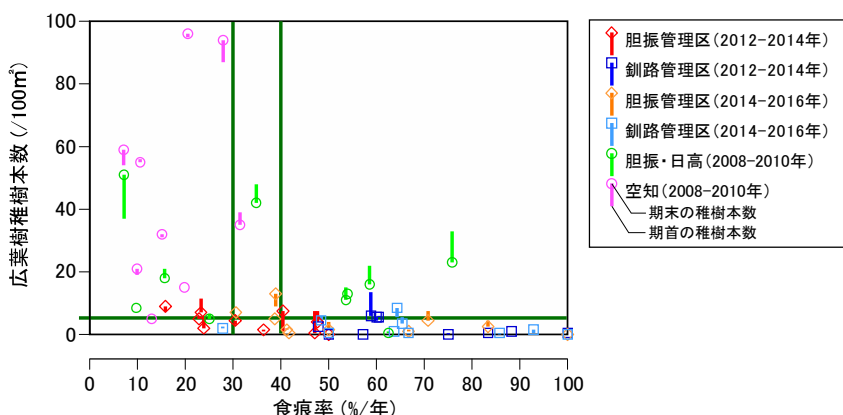


図1 枝葉の食痕率(樹高50cm以上で高さ150cm以下に枝葉のある樹木のうち、エゾシカの食痕のある本数割合)と広葉樹稚樹本数の変化



図3 森林管理者のためのエゾシカ調査の手引き

研究成果の公表

- ・特集「森林におけるエゾシカ対策はどこまで進んだか」北方林業 67: 81-96
- ・明石信廣(2016) 森林におけるエゾシカの影響を把握する。森林科学 79: 14-17

分子データに基づくハバチ類幼虫の同定

担当G：森林資源部

共同研究機関：国立科学博物館

研究期間：平成25年度～28年度

区分：公募型研究

研究目的

食植性昆虫の代表的な一群であるハバチ類について、日本各地で幼虫と成虫の資料を収集し、これまで使われていなかった分子生物学的手法を用いて成虫と幼虫の対応関係を確定し、できるだけ多くのハバチ類幼虫の種の同定を可能にする。

研究方法

調査地について等

サンプル収集（美唄市を中心に道内各地）

調査方法等

ハバチ類成虫・幼虫サンプルを収集し、成虫を同定し、幼虫の形態・生態的特徴を記録する。

研究成果

全研究期間を通じて約85種を収集し、そのうち25種は幼虫から飼育し特徴や生態を記録した。106種について分類、生態、被害等に関する知見を学会誌等で公表した。また、林業試験場ホームページ森とみどりの図鑑、樹木の昆虫において北海道の森林・樹木害虫であるハバチ13種（内7種は初記録）の追加または更新を行った。

- 北海道から新たに記録されたハバチ類害虫（寄主）
 - ヒメマツハバチ *Microdiprion hakusanus*（マツ属）
 - キタマツノミドリハバチ *Nesodiprion kagaensis*（マツ属）
 - シモツケマルハバチ *Apareophora japonica*（シモツケ）
 - アメイロハバチモドキ *Beleses satonis*（サルナシ）
 - ダケカンバハバチ *Dineura betulivora*（ダケカンバ）
 - タケウチマドハバチ *Empria takeuchii*（レンゲツツジ）
 - コブシハバチ *Megabeleses crassitarsis*（モクレン、コブシ）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- Hara, H., 2016. Zootaxa, 4127(3): 537-552.
- Hara, H., 2016. Japanese Journal of Systematic Entomology, 22: 149-153.
- Hara, H. & Shinohara, A., 2017. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series A, 43: 53-69.
- Shinohara, A., Hara, H., Kramp, K., Blank, S.M. & Kameda, Y., 2017. Zootaxa, 4221(2): 220-232.

トドマツ根株腐朽被害地における次世代林造成技術の開発

担当G：森林資源部保護G

協力機関：十勝総合振興局森林室、北海道森林管理局

研究期間：平成26年度～28年度 区分：経常研究

研究目的

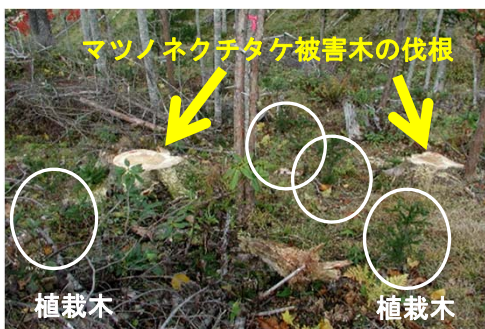
トドマツ根株腐朽被害跡地に造成する次世代林では、被害軽減を目標とした施業を行う必要がある。また、効果的な防除法を提案するためには、被害を起している病原菌の種類を明らかにする必要がある。そこで本研究では、根株腐朽被害跡地における健全な次世代林の育成に資するため、感染拡大を防ぐ手法の開発、樹種選択の基準となる感受性の確認、および根株腐朽菌の省力的な同定手法の検討を行う。

研究方法

- | | | |
|--|--|---|
| <p>1. 次世代林の追跡調査
道有林1林分（2000年に68年生トドマツを皆伐、2002年にトドマツを再造林）で、更新木および被害木伐根の状態を調査。</p> | <p>2. 植栽試験、接種試験
被害木伐根16個の周囲に針葉樹（トドマツ、アカエゾマツ、エゾマツ、カラマツ、グイマツ雑種F1）を植栽。トドマツ成木に病原菌接種。</p> | <p>3. 多地点調査向け手法の提案
伐根調査法および腐朽材採取法を提案。北海道森林管理局が調査実施、日本大学に腐朽材のDNA解析を依頼。</p> |
|--|--|---|

研究成果

1. 次世代林に根株腐朽が伝播、被害木伐根が感染源。病原菌は伐根内で10年以上生残



被害木伐根の間で育つ苗木（2003年）



被害木伐根（左）と更新木（2014年）



更新木の根の一部が枯死、樹幹にヤニ



被害軽減には短伐期化、被害木伐根を対象とした対策（引き抜きや林内からの除去）、低密度植栽、広葉樹との混交林化が望ましい

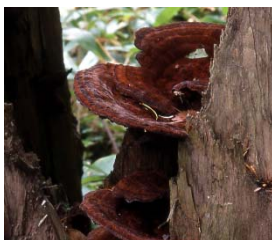
2. 成木への接種試験では感染せず。植栽試験は継続中

- 強制的に接種しても感染しづらいため、接種試験による抵抗性樹種の選抜はかなり困難
- カラマツ類にならたけ病（根株腐朽病）が発生したが、短期間の植栽試験では結果がでにくい

長期的な現場データの蓄積が必要

3. 腐朽菌相解明への手がかりができた

- 日本大学の解析により検出された主要な菌種は腐生性。数は少ないが根株腐朽菌（カイメンタケ、ハナビラタケ、キンイロアナタケ、レンゲタケ、ミヤマトンビマイなど）、幹腐朽菌（モミサルノコシカケ、ナミダタケモドキ、チウロコタケモドキなど）が検出された。



カイメンタケ



ハナビラタケ



ミヤマトンビマイタケ

根株腐朽菌の種類を腐朽材から調べる最新の方法をトドマツで試すことができた

今後の発展に期待

研究成果の公表

- 太田祐子ほか（2017）トドマツ人工林腐朽材から分離された腐朽菌相。第128回日本森林学会大会

情報化学物質によるカラマツヤツバキクイムシの モニタリング技術の開発

担当G：森林資源部保護G

協力機関：空知総合振興局森林室、上川総合振興局南部森林室

研究期間：平成26年度～28年度 区分：経常研究

研究目的

カラマツヤツバキクイムシのモニタリングを全道規模で実施するためには、低コストのモニタリング手法の開発が不可欠である。そこで、高価な薬品である人工合成フェロモンの効率的な利用方法および安価な代替薬品の利用方法を検討する。

研究方法

調査地

- 道有林空知管理区の6林分
(35、39、54、56、79、80林班)
- 道有林上川南部管理区の3林分
(1、48、52林班)

調査方法

- フェロモンや樹木由来成分を用いたトラップによるカラマツヤツバキクイムシの捕獲試験
- 野外で使用したフェロモンバッグのフェロモン残存量について時系列データを取得

研究成果

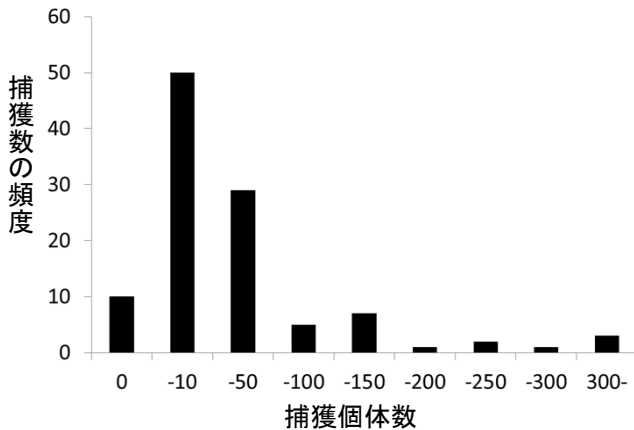


図1 フェロモンバッグを用いたトラップで捕獲されたカラマツヤツバキクイムシの個体数の頻度分布

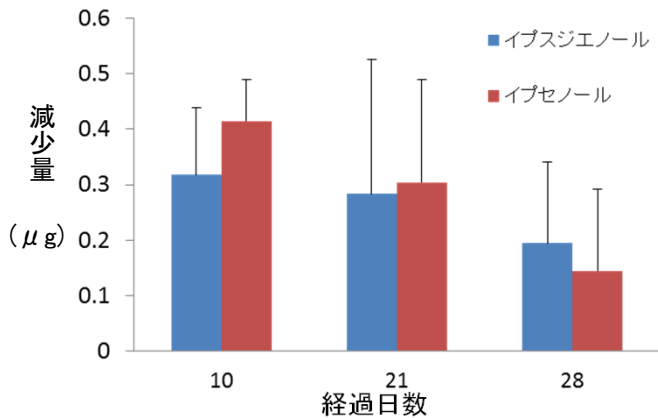


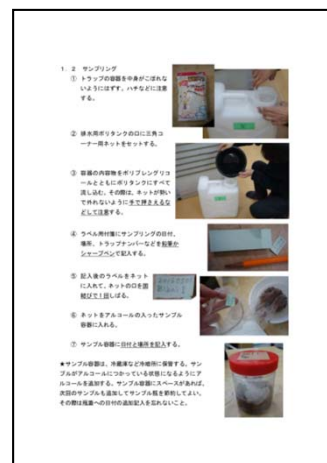
図2 低濃度フェロモンバッグを野外で使用した時の成分の1日あたりの減少量 (エラーバーは標準偏差)

① 低濃度フェロモンバッグの適性試験 (図1)

カラマツ林脇の林道沿いに約2週間設置したトラップで10~150頭程度捕獲できた。トラップによる捕獲数は多い時で数100頭程度が理想である。多すぎると捕獲個体のカウントの労力が大きくなる。また、調査地のクイムシ個体群への影響からモニタリング精度の低下も危惧される。作成したフェロモンバッグはモニタリングに用いるための要求を満たすことができた。

② フェロモンバッグの成分残存率試験 (図2)

イプセノールおよびイプスジエノールは、ほぼ一定の割合で減少した。イプセノール、イプスジエノールともに28日後も1~2割残存していた。野外設置後14~28日の間もクイムシ誘引効果を確認した。



低濃度フェロモンバッグを用いたカラマツヤツバキクイムシのモニタリング手順書(左図)を作成した。手順書は北海道庁によるモニタリング事業等で活用されている。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・小野寺賢介・徳田佐和子(2016)カラマツヤツバキクイムシのモニタリングのためのフェロモントラップの開発, 山つくり No.485: 4-5

北方林における攪乱後の主要樹種の成長と死亡： 長期ストレスとしての個体間競争の影響

担当G：森林資源部経営G

研究機関：北海道大学北方生物圏フィールド科学研究センター、北海道大学農学部、
千葉大学園芸学部

研究期間：平成26年度～28年度 区分：公募型研究

研究目的

天然生林を構成する樹木の健全な生育の維持に資するため、攪乱（食葉性昆虫による激しい食害）を受けた広葉樹二次林において、個体レベルの年輪幅の年変動（成長履歴）の推移とそれに影響する要因の抽出を行い、主要樹種の成長・死亡パターンを明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：道有林上川南部管理区214林班
林分概況：ウダイカンバ二次林
(林齢約100年の山火再生林)
試験地の大きさ：0.2ha

調査方法：
・毎木調査：生残状況、胸高直径の測定、
立木の位置測量
・年輪解析：コアの採取、年輪幅の測定

研究成果

○主要樹種の年輪幅の年変動に及ぼす要因の抽出

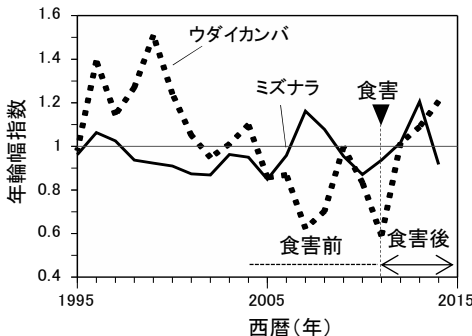


図1 食葉性昆虫が大発生した広葉樹二次林におけるウダイカンバとミズナラの年輪幅指数

* 年輪幅指数：すべての調査個体の年輪幅を標準化した相対的な値。1<：成長良好、1>：成長不良

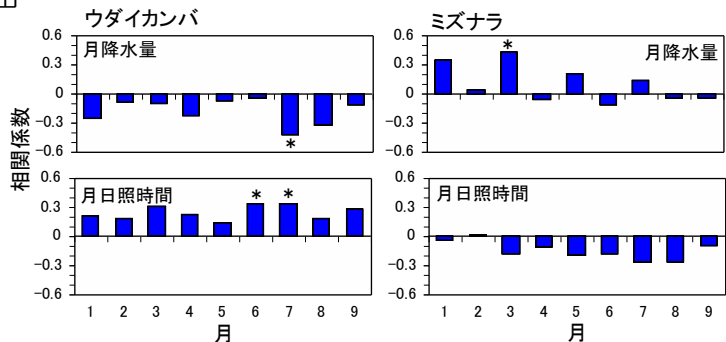


図2 年輪幅指数と生育当年の月ごとの気象との相関関係
食害前の1978-2010年の気象データを用いて解析。

*は5%水準で有意を示す。

食害を受ける以前からウダイカンバ (Bm) とミズナラ (Qm) の輪幅指数の時系列変動は異なるパターンを示した(図1)。この変動は、異なる時期の気象要因と相関があり、Bmの肥大成長は、6、7月の日照時間、7月の降水量がそれぞれ正、負の相関を示し、Qmでは、3月の降水量と正の相関が認められた(図2)

食害後(2011-2014年)のBmの死亡率には、個体サイズ、食害以前(2004-2010年)の競争効果と肥大成長量が影響しており、胸高直径が小さく、食害前に、より大きなサイズのQmからの競争効果をうけ、低成長であった個体ほど死亡率が増加した(図3)。

○攪乱後の主要樹種の成長、死亡発生パターンの解明

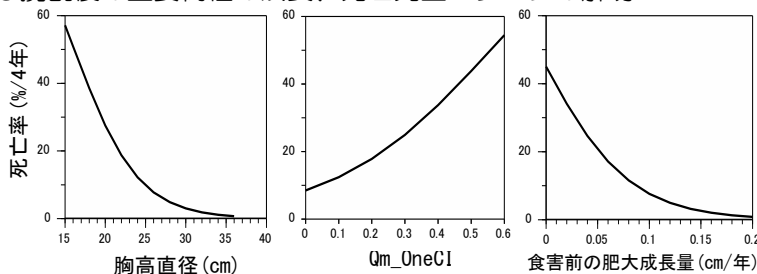


図3 予測された食害後のウダイカンバの死亡率

Qm_OneCI：ウダイカンバ対象木の周囲に存在する、よりサイズの大きなミズナラからの局所的な競争効果。

森林内におけるエゾシカ捕獲のための効果的な給餌手法の確立

担当G：森林資源部保護G

協力機関：環境科学研究センター、占冠村、知内町、釧路総合振興局森林室、
(株)ドリームヒル・トムラウシ、(株)シンカン

研究期間：平成27年度～29年度 区分：経常研究

研究目的

本研究では、エゾシカを誘引するために有効な餌の種類や効果的な給餌手法を確立し、森林内におけるエゾシカ捕獲の効率を高め、誘引捕獲の普及・推進を図ることを目的とする。

研究方法

1) 給餌に対する誘引状況の調査
 試験地：美幌市（光珠内実験林、グリーンプール）
 試験期間：2016年6月～11月
 目的：誘引までに必要な期間、誘引可能な時期等を明らかにする。

2) 胃内容物分析による捕獲個体の食性解析
 調査地：三笠市、浜中町
 調査期間：2017年1月～2月（三笠市）、
 2016年2月（浜中町）
 目的：誘引捕獲によって捕獲された個体の胃内容物を解析し、捕獲個体の食性などを明らかにする。

研究成果

1) 給餌に対する誘引状況の調査
 ・給餌からシカが誘引餌を食べ始めるまでに要した日数は、1日～17日（平均約4日）であった。
 ・月別の出没頻度に明瞭な傾向はみられず（図1）、餌場に継続的に出没していることが確認された（写真1）。
 ・餌資源の多い季節であっても給餌によってシカを誘引出来ることが確認され、冬季以外にも誘引捕獲が出来る可能性が示唆された。

2) 胃内容物分析による食性調査
 ・三笠で捕獲された個体からは、ササや木本類とともにハイヌガヤの枝葉が多く出現した（図2）。
 ・浜中の捕獲個体では、ササ以外のグラミノイド（誘引餌として用いられていた牧草サイレージも含まれる）の割合が高く、ササの割合は少なかった。（図2）。



写真1 餌場に集まるエゾシカ

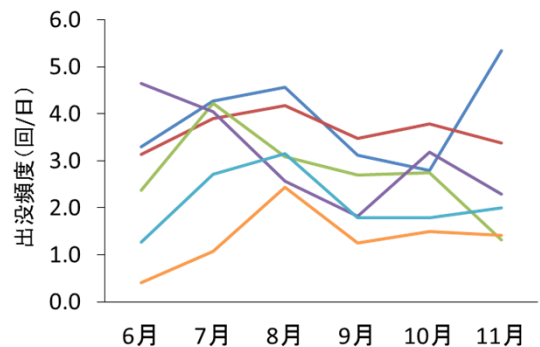


図1 餌場(6カ所)におけるエゾシカの出没頻度

※出沒頻度：自動撮影カメラの撮影間隔を5分間に設定し、30分以上撮影間隔が空いた場合、別の出沒とした。

林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない。

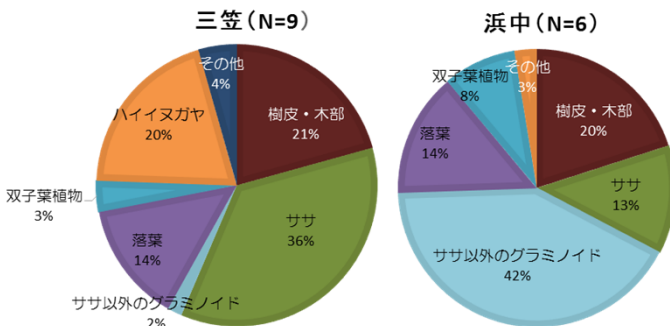


図2 三笠及び浜中で捕獲されたエゾシカの胃内容物の構成比

※グラミノイド：イネ科、イグサ科、カヤツリグサ科の総称

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・南野一博（2016）エゾシカの誘引餌における嗜好性と地域性。日本哺乳類学会2016年度大会
- ・南野一博（2016）オミット式カフェテリア法によるエゾシカの嗜好性試験。北方森林研究 64：23-25
- ・南野一博（2016）飼料穀物4種に対するエゾシカの嗜好性。第127回日本森林学会大会

食葉性昆虫の大規模食害による失葉に対する樹木の応答 — 成長と木質形成への影響 —

担当G：森林資源部経営G

協力機関、研究機関：北海道大学

研究期間：平成27年度～29年度

区分：公募型研究

研究目的

激しい食害が報告されているウダイカンバとカラマツを対象に、食害時期、強度の違いが幹の肥大成長と木部の組織構造に与える影響を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：カラマツ人工林
(九州大学北海道演習林、足寄町)
30林班、23林班、11林班
林齢：47～58年生

方法：年輪解析用の木部試料の採取
カラマツ：24個体
測定項目：年輪幅の測定
年代照合
年輪幅指数の算出

研究成果

○食害履歴の明らかな立木からの木部試料採取および組織構造の観察、解析

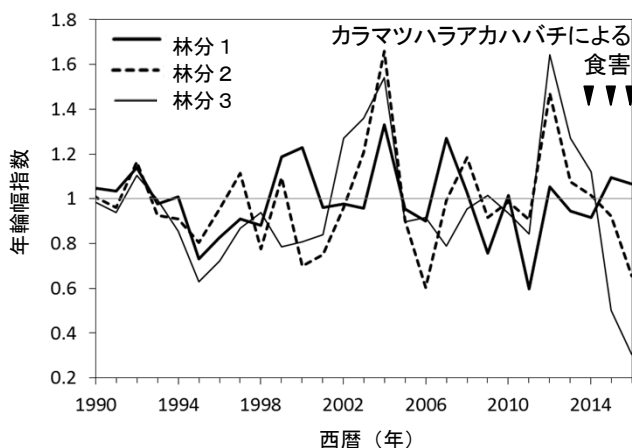


図1 食害履歴が異なるカラマツ人工林(足寄町)における年輪幅指数

2014～2016年の食害状況：

林分1：2014～2016年に微害

林分2、3：2014年と2016年に激害、2015年に微害

*年輪幅指数：すべての調査個体の年輪幅を標準化した相対的な値。1<：成長良好、1>：成長不良

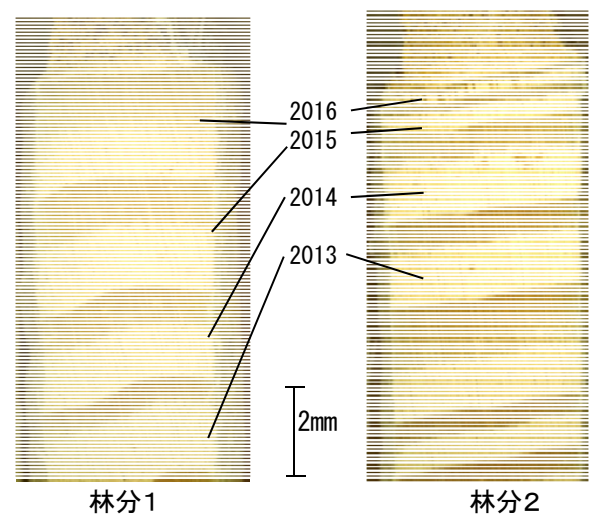


図2 年輪解析に用いたカラマツの木部試料の様子

カラマツの年輪幅指数は林分間で異なり、2014年と2016年に激害であった林分2、3では、その後、顕著な成長の落ち込みが認められたのに対し、微害であった林分1では成長の落ち込みは確認されず(図1、2)、年輪幅指数の変動と食害履歴とが対応していた。

獣害防止ネットにおける耐積雪性に関する研究

担当G：森林資源部保護G

協力機関：そらち森林組合、サージミヤワキ株式会社

研究期間：平成27年度～30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）
石狩市（一般民有林）

試験内容：1）新開発ネットの耐積雪性の検証（美唄市）
2）吊りロープに適した素材の検討（石狩市）

研究成果

1）新開発ネットの耐積雪性の検証

高強力ポリエチレン繊維を採用した新開発ネットと吊りロープに伸縮性の少ないワイヤーを使用して柵を設置（写真1）した結果、2016-2017年にかけての積雪条件下（図1）では、支柱間隔（2.5m、4m、5m）に関係なく、破網などネットの損傷を抑えることが出来た。



写真1 ワイヤーロープと新開発ネットを用いた柵の設置状況

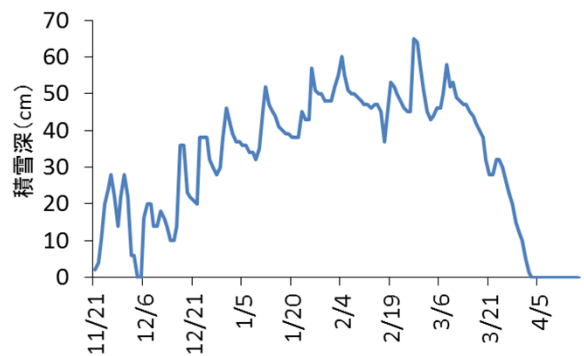


図1 試験地（美唄市）における積雪深

2）吊りロープに適した素材の検討

2016-2017年における試験地の積雪深を図2に示す。平成27年度の試験では、積雪荷重を受けてポリエチレン製の吊りロープが弛むことでステابلで固定された網糸に荷重が集中し、破網することが確認された。そこで、ネットを支柱側面に固定せず、吊りロープに伸縮性に富むゴムロープ（写真2）と伸縮の少ないワイヤーを使用した結果、ゴムロープでは、破網は確認されなかった。一方、ワイヤーロープでは、ワイヤーの緊張が十分でなかったことから7スパン中1カ所で支柱上部にかかる網糸の切断が確認された（写真3）。



写真2 積雪荷重を受けて伸張したゴムロープ



写真3 ワイヤーロープが弛んだことで切断した網糸

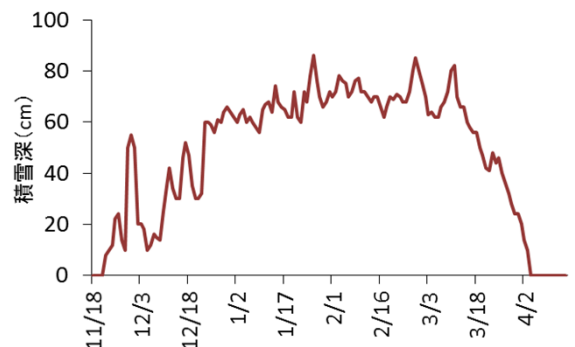


図2 試験地（石狩市）における積雪深

林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない。

保残伐施業が伐採直後の鳥類群集に与える影響の解明と植生変化の把握

担当G：森林資源部保護G・経営G

協力機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課、空知総合振興局森林室、(国研)森林総合研究所、北海道大学

研究期間：平成28年度～31年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法

調査地域：道有林空知管理区225～250林班
 実験区：広葉樹単木少量保残区、広葉樹単木中量保残区、広葉樹単木大量保残区、群状保残区、人工林皆伐区、受光伐区、広葉樹天然林対照区、人工林対照区

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

研究成果

保残伐施業が伐採直後の鳥類群集に与える影響の解明

- 伐採翌年の第2セットでは、伐採前の鳥のなわばり数に比べ、皆伐、群状保残、単木少量、単木中量で大きくなわばり数が減少したが、単木大量や受光伐では減少が少なかった。
- 伐採後翌年の第1セット中量保残における鳥のなわばり数の減少は皆伐や単木少量などの伐採区に比べて少なかったが、第2セットの中量保残では同程度に減少した。
- 森林性鳥類の種数は、保残のおこなわれた実験区での減少は、皆伐区より少なかった。

植栽木の成長の把握

- 植栽から2生育期が経過した単木大量保残区と単木少量保残区において植栽木の伸長量と各植栽木上の開空度を測定した。

保残木の生残の把握

- 風倒被害の激しかった第2セット単木中量以外は、今年度までは設定した保残密度をほぼ保持していた(図1)。
- 伐採年秋までに、林内作業上伐採されたものや風倒などにより消失した保残木の胸高直径は 19.9 ± 7.1 cm(平均 \pm SD)、残った保残木は 27.1 ± 9.6 cmと消失した木は細かったが、30cm以上の太い木の消失もあった。また、樹種により消失率が異なる傾向を示した。

■：単木大量 黒・実践：第1セット
 ●：単木中量 赤・破線：第2セット
 ▲：単木少量 緑・ドットとダッシュ：第3セット

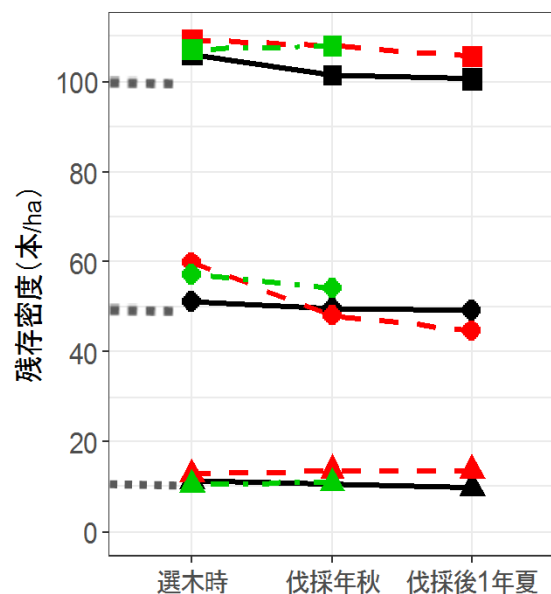


図1 保残木の残存本数密度

縦軸の灰色点線は実験設定本数密度を表し、上から単木大量区(100本/ha)、中量区(50本/ha)、少量区(10本/ha)。

研究成果の公表

雲野明・山浦悠一(2016)保残伐施業(REFRESH)：第2セットまでの伐採前後における鳥類相の比較。日本鳥学会2016年度大会。

保残伐による森林景観の持続的管理手法の提案

担当G：森林資源部保護G、森林環境部機能G、道南支場

共同研究機関：(国研)森林総合研究所、環境科学研究センター

協力機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課、空知総合振興局森林室

研究期間：平成28年度～29年度 区分：公募型研究

研究目的

北海道の人工林は1960～1980年代に植栽された林分が多いため、今後主伐期を迎える人工林が急増し、大面積の森林伐採が生物多様性保全等に及ぼす悪影響が懸念される。そこで、保全と生産を両立する施業方法として欧米を中心に注目されている「保残伐施業」について、トドマツ人工林を対象とした大規模実験によって、その効果を林分スケールで検証するとともに、評価を景観スケールに拡張し、木材生産を維持しつつ公益的機能を持続的に発揮できる森林管理について、長期的な視点から提案する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：道有林空知管理区225-250林班のトドマツ人工林(芦別市、深川市、赤平市)
 実験区：皆伐、広葉樹単木少量保残、広葉樹単木中量保残、広葉樹単木大量保残、群状保残、小面積皆伐、広葉樹天然林対照区、人工林対照区

研究項目：
 林分スケールでの調査：植物、鳥類、昆虫類
 小流域スケールでの調査：河川の底生動物、水質
 景観スケールでの森林の評価：森林現況の把握、木材生産と生物多様性の評価

研究成果

保残伐施業の実証実験の実験区のほか、8-44年生トドマツ人工林に新たに18箇所の調査区を設定し、既存の178箇所と合わせて下層植生のタイプを7つに区分した。これらのタイプは標高、間伐・主伐後年数、広葉樹胸高断面積から推定できた(図1)。

天然林小流域1箇所、伐採前の広葉樹の割合が異なるトドマツ人工林小流域5箇所等で採集したトビケラ目昆虫を同定したところ、少なくとも53種以上のトビケラ目昆虫が確認された。優占種2種が捕獲数の44%を占め、これらが季節消長や群集構造に大きく影響していたが、小流域における広葉樹の割合との関係は認められなかった(図2)。

空中写真をもとに、トドマツ人工林における広葉樹率を推定し、小班ごとの森林現況を地図化した。

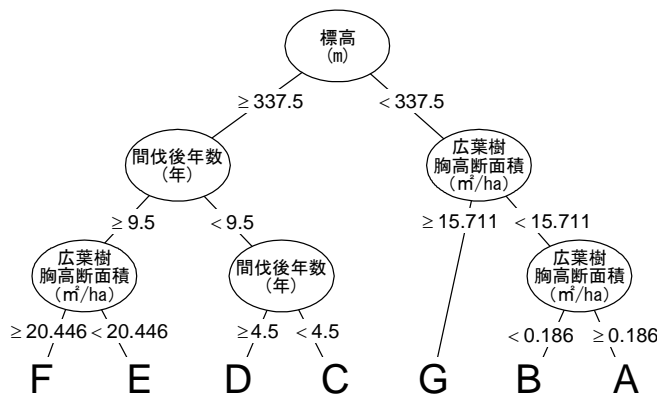


図1 トドマツ人工林の間伐履歴等から推定される下層植生のタイプ(A~F)

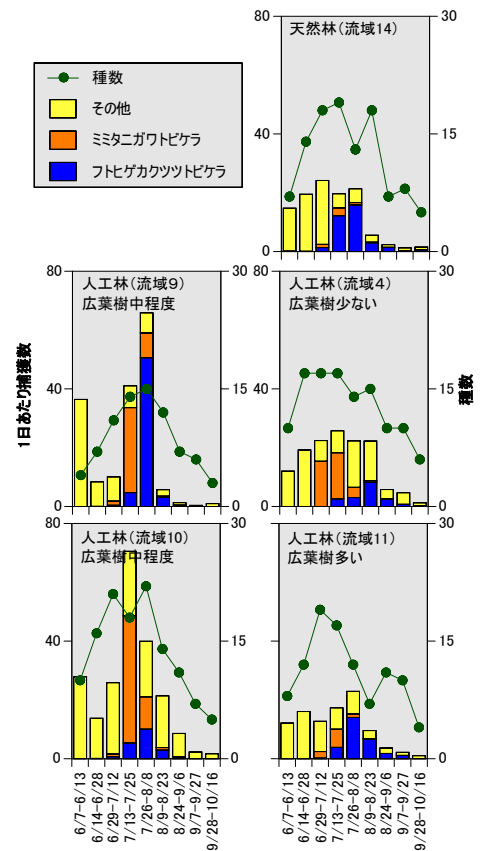


図2 トビケラ群集の季節消長

研究成果の公表

・明石信廣ほか(2017) トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験(REFRESH)における実験区の伐採前の林分組成. 北海道林業試験場研究報告 54: 31-45

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：森林資源部保護G

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

研究期間：平成28年度～31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(調査地概要や調査方法)

1. データ

北海道森林管理局、北海道が集計した人工林におけるエゾシカの食痕の有無
北海道が集計した狩猟者によるエゾシカ目撃数

2. 解析

人工林のデータのうち、カラマツ類と常緑針葉樹について、地域、林齢ごとの被害率を集計
地理情報システムを用いて被害の分布を地図化

研究成果

釧路総合振興局管内では、カラマツの枝葉食害は1～4年生に多かったが、被害林分では下刈り期間が長くなるなど、施業コストの上昇につながっていると考えられた。常緑針葉樹の樹皮食害・角こすりは、被害率は低いが高齢級まで発生していた(図1)。

カラマツ類(1～5年生、6～20年生)、常緑針葉樹類(1～5年生、9～40年生)の4つのカテゴリーについて、被害率の分布を地図化したところ(図2)、狩猟者によるエゾシカ目撃数の多い地域で被害率が高い傾向は認められたが、被害率の高い地域はカテゴリー間で必ずしも一致せず、被害レベルの評価は樹種ごとに検討すべきであることが明らかになった。

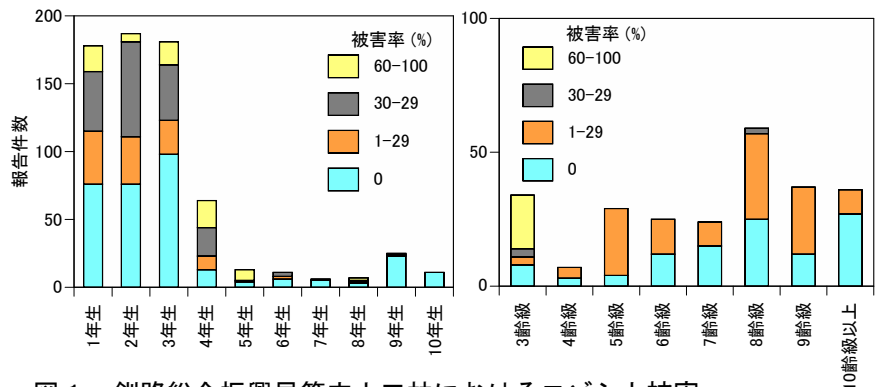


図1 釧路総合振興局管内人工林におけるエゾシカ被害対象小班における本数被害率を50本程度の抽出調査または目測により記録。(左)カラマツ類の枝葉食害、(右)常緑針葉樹類の樹皮食害・角こすり

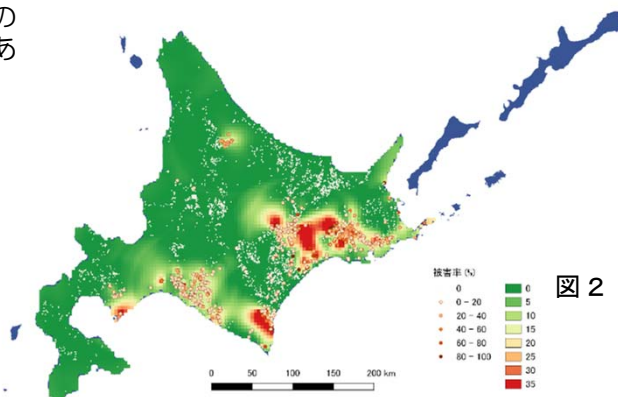


図2 カラマツ類1～5年生人工林におけるエゾシカ被害の被害率の分布

研究成果の公表

- ・飯島勇人・明石信廣・日野貴文・安藤正規(2016) <公募セッション>森林におけるシカ問題を解決するための知見の集積. 森林技術 890: 26-27
- ・明石信廣(2016) 森林におけるエゾシカ被害対策のあゆみ. 北方林業 67: 81-84
- ・永田純子・明石信廣・小泉透(2016) シンポジウム: シカと森林の管理. 哺乳類科学 56: 215-224
- ・明石信廣・長池卓男(2016) シカと森林の持続的な管理に向けて一赤谷プロジェクトと占冠村の事例一 哺乳類科学 56: 225-231

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：緑化樹センター緑化G

協力機関：下川町、赤平オーキッド(株)、美唄市農協

研究期間：平成27～31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：“たらの芽”生産用タラノキの選抜
方法：道内の自生のタラノキから栽培特性（トゲが少ない、トゲが無いなど）の優れた個体の選抜を行う。

項目：タラノキのクローン増殖技術の開発
方法：組織培養等のクローン増殖技術を開発する。

研究成果

1) “たらの芽”生産用タラノキの選抜とクローン増殖

下川町有林内において、トゲなしタラノキをH27年度に2個体、H28年度に7個体見つけ、これらを材料に不定胚を経由するクローン増殖方法（培養系）を開発した（写真1）



写真1 下川町で見つけたトゲなし個体の選抜（左）からクローン増殖（右）までの経過

2) “たらの芽”生産用タラノキクローンの生育経過

クローン苗木の生育経過を把握することを目的に、下川町内にクローンを植栽した（写真2）。



写真2 クローン苗木（左）、植栽時の様子（中）、露地でのクローン苗木（右）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

H28年度北海道森づくり研究成果発表会（ポスター発表）
北海道新聞 空知版（H28年6月2日）
北海道新聞 全道版（H28年6月11日）

薬用系機能性樹木の生産効率化手法の開発

担当G：緑化樹センター緑化G

研究機関：(国研)森林総研、(株)ツムラ生薬研究所、鹿児島県森林技術総合センター

研究期間：平成27年度～28年度 区分：公募型研究

研究目的

薬用樹木キハダの栽培化を促進する技術開発として、選抜個体を効率的に増殖・普及させる実用的なクローン苗木生産システムを構築する。

研究方法

研究内容：組織培養手法の開発

研究項目：組織培養における培地組成等の諸条件(培地組成・培養環境等)を明らかにし、各条件を組み合わせ、培養系を確立する。

研究成果

1) 組織培養を用いた苗木生産技術の開発

キハダの成木から採取する「芽」を材料に用いて、組織培養でクローン苗木を生産する技術を開発した(写真1)。また、実用化に必要なクローン苗木生産についての作業暦を作成した(表1)。

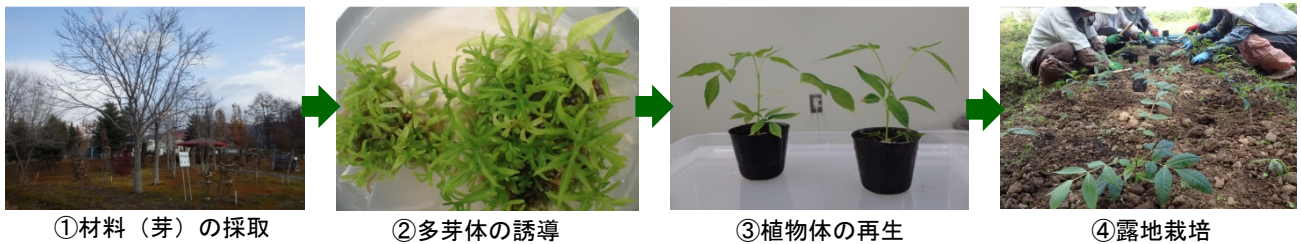


写真1 材料の採取(左)からクローン増殖(右)までの経過

表1 キハダの組織培養における作業暦

月	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
作業内容	培養開始 (材料の採取)	多芽体の誘導 と増殖	発根処理	順化と育苗	順化と育苗	順化と育苗	順化と育苗	露地へ 移植	培養の開始に向かない期 間(材料の殺菌が困難)			

2) 民間企業への技術移転

上記の培養系を民間企業へ技術移転し、実用的な技術であることを確認した(写真2)。



写真2 技術移転先におけるキハダのクローン増殖の様子

石炭露天掘り跡地の初期成長促進を 図る木本緑化技術の向上

担当G：緑化樹センター緑化G、森林資源部保護G

共同研究機関：空知炭礦株式会社

研究期間：平成25年度～29年度

区分：一般共同研究

研究目的

裸地化した石炭露天掘り跡地を植生遷移の軌道にのせるきっかけとなる木本群落（初期緑化目標）を早期に成立させる緑化技術を確立する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

- 歌志内市の空知炭礦(株)事業用地
- 美唄市林業試験場

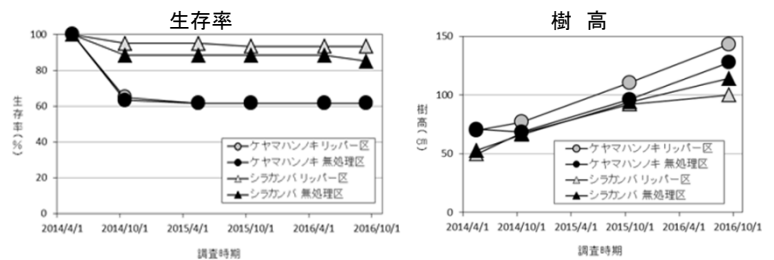
調査方法等

処理別の植栽樹木の成長調査：生存率、樹高、根元直径等
 エゾシカ食害軽減手法の比較調査：3種類（物理柵、電気柵・忌避剤、ツリーシェルター）の動物食害防止資材を設置し、自動撮影カメラによる動物出没頻度調査と動物食害防止資材の設置・維持管理経費調査を実施

研究成果

1. 苗木の成長促進を目的とする共生窒素固定バクテリア*の活用方法の開発

- 共生窒素固定バクテリア接種の有無別に植栽したケヤマハンノキ苗木の成長調査を行った結果、接種苗の方が樹高、根元直径ともわずかに大きかった。



2. 簡易な植生基盤改良手法の検討

- リッパー処理**区でシラカンバでは生存率が10%ほど大きく、ケヤマハンノキでは樹高成長が良い傾向がみられた（図1）。

3. エゾシカ食害軽減手法の比較調査

- 生存率は、物理柵区と電気柵・忌避剤区が高く、ツリーシェルター区と無処理区で低い傾向があった。
- 樹高成長は、ケヤマハンノキではツリーシェルター区が、シラカンバでは物理柵区が最も良好だった（図2）。シラカンバの無処理区ではウサギの食害により樹高が低下した。
- 動物の出没頻度は、シカでは柵内の撮影枚数は柵外より少なく、電気柵の侵入防止効果が認められたが、ウサギでは電気柵の効果はほとんどなかった。
- 各資材の維持管理経費は、電気柵・忌避剤区がツリーシェルター区、物理柵区より少なかった（図3）。

図1 リッパー処理有無別の生存率と樹高

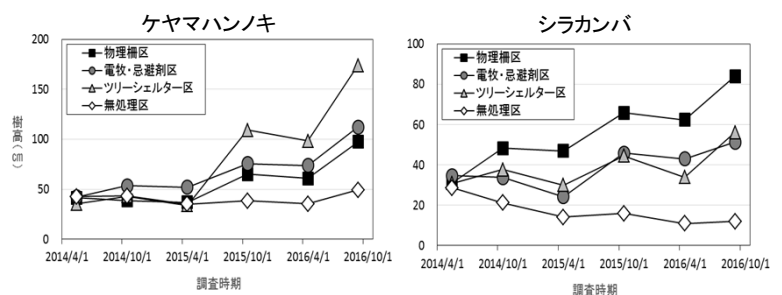


図2 食害防止資材別の樹高

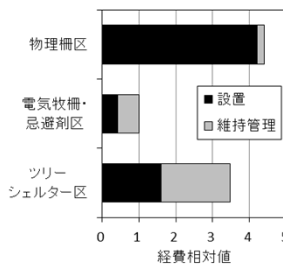


図3 資材別経費
 経費相対値：電気柵・忌避剤区を1とした場合の各処理区の経費

*共生窒素固定バクテリア：宿主となる植物の根に根粒を形成して植物と共生し、空中の窒素固定を行っている。

**リッパー処理：石炭探用重機後部の長さ約1mの爪状部で斜面に溝切りを実施

樹木内部欠陥を非破壊測定する装置の開発

担当G：緑化樹センター緑化G、工業試験場情報システム部計測・情報技術G

共同研究機関：広島大学生物圏科学研究所

協力機関：札幌市、(株)ダルテック

研究期間：平成27年度～29年度 区分：重点研究

研究目的

造林木や緑化樹の腐朽等による内部欠陥について、現場での非破壊で“迅速で簡易な診断”及び“画像化による精密な診断”を可能とする新たな「樹幹内部欠陥非破壊診断装置」を開発し、北海道の林業・緑化樹産業における樹木腐朽等のリスクの低減を図る。

研究方法(調査地概要や調査方法)

- 1) 内部欠陥を表す物性パラメーターの設定：主要な緑化樹や林木に対して、断面の物性評価を行うとともに共振周波数、共振スペクトルを測定する
- 2) 有限要素法コンピューターシミュレーションによる樹幹内部欠陥情報の解明：シミュレーションによる理想的円柱に対して、人工的に作出した欠陥位置と程度、その共振スペクトルの関係を明らかにする
- 3) 樹幹内部欠陥診断技術の確立：有限要素法コンピューターシミュレーションで得られた結果から、共振スペクトルの画像変換ソフト及び画像解析機の試作機を作製するとともに、内部欠陥診断技術の確立を図る

研究成果

1 内部欠陥を表す物性パラメーターの設定

●約50樹種1,600個体(針葉樹：イチョウ、カラマツ、スギ等8樹種717個体、広葉樹：エゾヤマザクラ、シラカンバ、プラタナス等41樹種889個体)について、本装置を用いて共振測定を行った。そのうち554個体について、実際に伐採して断面観察(針葉樹：6樹種355個体、広葉樹：24樹種103個体)による腐朽率と本装置による診断結果を比較・調査した結果、本装置で的確に判定できることが明らかになった(図1)。

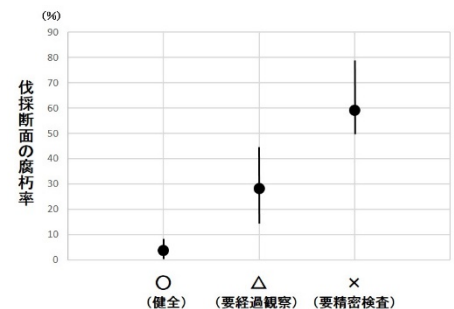


図1 伐採断面の腐朽率と本装置による診断結果の関係 ●は平均値

2 有限要素法コンピューターシミュレーションによる樹幹内部欠陥情報の解明

●有限要素法コンピューターシミュレーションを用いて、内部欠陥樹木や健全木に振動を与えた時に得られる振動情報にどのような差があるか比較した結果、共振周波数の減少割合と位相の乱れ割合により、欠陥部分の“大きさ”及び“位置”を推定できることが示唆された。これらの結果を活用し、欠陥部分の図示化による精密診断装置の開発を目指す。



写真1 作製した簡易診断装置

3 樹幹内部欠陥診断技術の確立

●本研究において得られた測定データ等を検証し、FFT演算法と内部欠陥の判定手法のアルゴリズムについて、iOSを対象にしてソフトウェアを開発し、“樹種にとらわれない、迅速で簡易な診断”を可能とする簡易診断装置(Tree Health Checker(仮称))を作製した(写真1、2)。

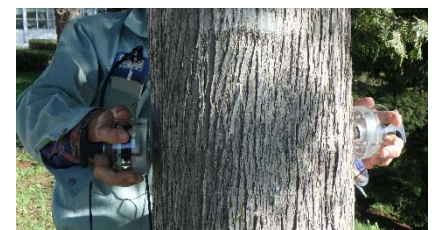


写真2 実際の測定の様子

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：緑化樹センター緑化G

研究期間：平成28年度～32年度

区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地は以下の選抜クローン苗木植栽地
三笠市、中川町、新得町、函館市、安平町（札幌産選抜株）
美唄市、剣淵町、帯広市、長野県佐久市（留萌産選抜株）

調査方法

雄花序数調査：花序数のカウント

成長量調査：樹高・胸高直径・枝下高・樹冠径等

樹形調査：長枝数・短枝数・葉数・果実数の測定、分枝角度の測定

研究成果

- 2016、17年春に1本の木に着いた雄花序数を数えたところ、札幌産選抜株は平均4個（0～116個）とほとんど着けておらず、ばらつきも少なかった。留萌産選抜株は平均174個（0～1360個）と平均は少ないもののばらつきが大きく、多くの雄花序を着けた木もあった。非選抜株は平均640個（0～2100個）とばらつきが非常に大きく、15年生、樹高13m、胸高直径16cm程度のもで1000個を超える雄花序を着けることも珍しくないことが分かった。
- 選抜クローンは、生育環境にもよるが、15年生で樹高15m、胸高直径18cmくらいには成長する可能性があり、一般的なシラカンバと大きな違いはなかった（図2）。
- 樹形調査は、図1のように1mの枝を取って長枝の成長量、長枝・短枝の数とそれぞれに着いている葉の数、果実数、雄花序数、枝の角度を計測した。選抜クローンの特徴としては、札幌産選抜株は短枝数・葉数・果実数が少なく、留萌産選抜株は短枝数が多く、果実数がかなり多かった。

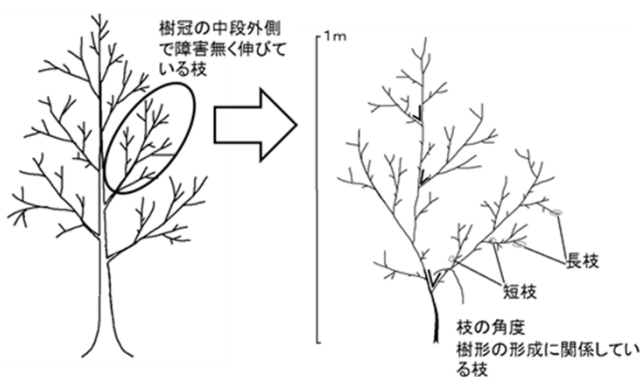


図1 調査した枝の模式図（葉は省略している）



図2 16年生の札幌産選抜株（安平町追分）
左手前の2本は例外的に雄花序が着いている

未知の絶滅危惧ジンチョウゲ科植物の分類学的検討と 保護対策に関する研究

担当G：緑化樹センター緑化G、森林資源部経営G、森林環境部機能G

協力機関：北海道大学総合博物館、斜里町立知床博物館、ロシア科学アカデミー極東支部
生物学土壌学研究所

研究期間：平成28年度～29年度 区分：公募型研究

研究目的

絶滅の危機にありながら、分類や生態等が不明であり行政などによる保護対策が講じられていない植物の絶滅を回避するために、現地調査と標本調査を行って分類を決定し、行政機関等に保護対策を提言する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

斜里町(現地調査)
北海道大学総合博物館標本庫、斜里町立知床博物館
標本庫、ロシア科学アカデミー極東支部生物学土壌
学研究所標本庫

調査方法

標本調査(道内・ロシア)
形態調査(葉・花・根等)
分布・生育環境・個体数調査

研究成果

- 1) これまでの標本調査からは、種の特定に至るデータは得られていないが、いくつかの形態からこれまで日本に分布していることが知られていない植物である可能性が高いことが確認できた。
- 2) 予想される希少性は国・道とも、最も絶滅の危険性が高いランクであるCR相当であった。



図1 知床博物館所蔵のカムチャッカ半島産 *Daphne kamtschatica* の国内唯一と思われる標本



図2 北海道大学総合博物館所蔵の *Daphne* 属標本
右：サハリン産、左：択捉島産で *D. kamtschatica* とラベルにあるがロシアの研究者 Barkalov が *D. jezoensis* に訂正している

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

防腐薬剤処理木材を使った道路構造物の 予防保全に関する研究

担当G：緑化樹センター緑化G、林産試験場性能部保存G（主管）

協力機関：北海道水産林務部、寒地土木研究所地域景観ユニット、北海道開発局

研究期間：平成28年度～30年度 区分：重点研究

研究目的

処理木材を用いた道路構造物の経年変化における耐朽性と強度性能のエビデンスを蓄積することで、予防保全の根拠となる耐用年数予測手法を確立する。これにより、効率的・効果的な補修・維持管理を行うことが可能となり、屋外木質構造物の長寿命化とライフサイクルコスト削減を目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

1) 木質道路構造物の耐朽性能評価 ①木質道路構造物の腐朽被害度測定
 当場で開発中の共振測定装置を用いて、木質道路構造物（高速道路進入防止柵）の被害度調査を行った。試験地は、道北地域6カ所（平成12年から17年設置）、道東地域3カ所（平成18年から21年設置）で、各カ所に付き20本の木製支柱を調査した。1本の支柱に付き、横梁の中間部（中段）から上へ40cmの位置（上段）と下へ40cmの位置（下段）の3カ所測定した。なお、腐朽被害度は、丸太内部の均一度合を5段階で評価した。均一度合が高い場合は、内部が均一であり“被害無し”と判断されるが、均一度合が低い場合は、内部に腐朽等の欠陥があるものと示唆される。

研究成果

1 木質道路構造物の耐朽性能評価 ①木質道路構造物の腐朽被害度測定

● 道北地域での測定結果を図に示す。測定の結果、全般的に上部の方が不均一（腐朽等の被害）になっている傾向にあった。これは、支柱丸太の木口面から雨等の水が入り、腐朽あるいは湿潤、乾燥を繰り返したため内部が不均一になったものと考えられる。また、設置年数による大きな違いは認められなかったが、平成12年製の構造物においては、丸太が柔らかく不均一（腐朽と考えられる）な個体が多く認められた。今後、さらに測定個体数を増やしていくとともに、ピロディン等の他の被害度診断結果を踏まえて経年劣化と被害度の傾向を把握していく予定である。

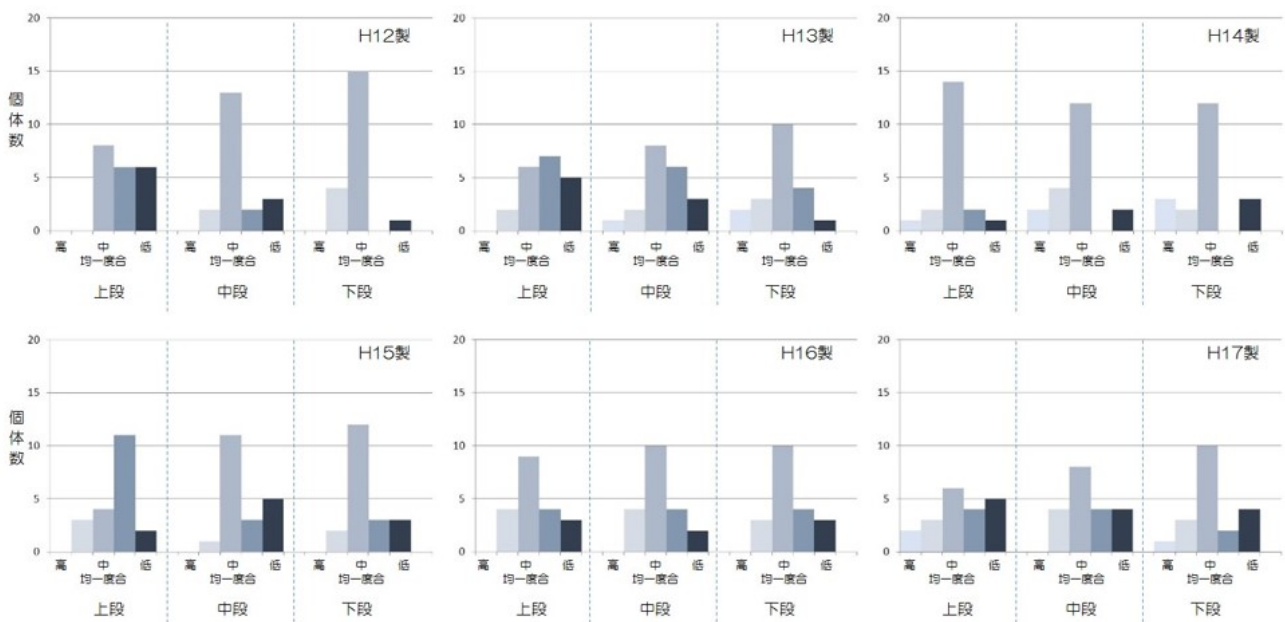


図 道北地域における木質道路構造物の共振測定による評価

アカエゾマツ人工林の間伐シミュレーション ソフトウェアの開発

担当G：森林資源部経営G

協力機関：上川総合振興局南部森林室、オホーツク総合振興局西部森林室、北海道水産林務部森林環境局森林活用課美唄普及指導員室、林産試験場

研究期間：平成26年度～28年度 区分：経常研究

研究目的

北海道のアカエゾマツ人工林は今後、資源が成熟し間伐・主伐期を迎える。しかし、既存のアカエゾマツ人工林の収穫予測表は高齢級林分に対応していない。そこで、本研究では林齢60年生までの除・間伐に対応した林分成長量予測システムを構築し、従来の収穫予測表に代わる間伐シミュレーションソフトウェアを作成する。また、早期枝打ちによる効果の検証を行い、除・間伐施業指針を提示する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地及び材料

- ①成長モデル構築：毎木調査データ収集(691林分)
- ②間伐シミュレーションソフトウェア開発：同じデータセット

成長モデル構築及び間伐シミュレーションソフトウェア開発：既往の毎木調査結果を解析
解析内容：林分データからシミュレーションに必要な各種曲線を決定するためのパラメータを推定

研究成果

1. アカエゾマツ人工林の成長モデルの構築

- ・アカエゾマツの地位指数に与える立地環境の影響について解析を行った結果、地位指数には暖かさの指数、寒さの指数、粘板岩、最大積雪深が負の影響を与え、湿性層黒ボク土が正の影響を与えていた。

2. 枝打ちによる立木への影響把握

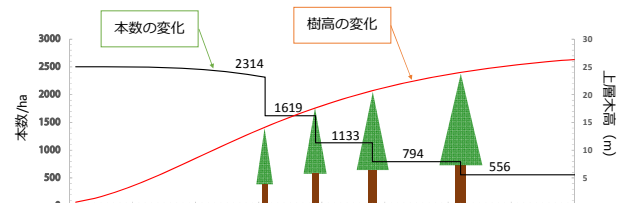
表1 後生枝の発生状況

	枝打ち区	間伐区	対照区
全立木本数	98	93	121
全立木平均DBH (cm)	17.8	17.3	16.3
サンプル数	26	28	26
サンプル木平均DBH (cm)	18.7	17.5	15.5
後生枝発生本率(%)	42.3	50.0	46.2
立木当たり後生枝数(本)	1.5	1.4	1.1

各処理区間の後生枝発生率の比較
Fisher exact test $p=0.8185$

- ・枝打ちと間伐によって、林内環境が明るくなくても後生枝の発生が有意に増えることはなかった。(表1)
- ・また、個体サイズによる影響も認められず、後生枝発生が問題になることはないと考えられる。

3. アカエゾマツ人工林の間伐シミュレーションソフトウェアの開発



	林齢(年)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
間伐前	上層高(m)			14.2	17.6	20.7	24.0			
	平均直径(cm)			17.2	22.0	26.4	31.5			
	材積(m ³)			164.1	261.7	352.0	450.9			
	枝打高(m)				4					
徐間伐	回数(回)			1	2	3	4			
	本数(本)			694	496	340	238			
	本数率(%)			30	30	30	30			
	材積(m ³)			49.2	78.5	105.6	135.3			

図1 アカエゾマツ人工林の施業体系図 2500本/haの例

- ・昨年度までに作成した地位指数曲線と等樹高曲線、密度管理図に、今年度、作成したY-N曲線を統合することで収量-密度図を構築した。
- ・これをもとに、任意の林分の林齢と平均上層木高、植栽密度から材積と径級別本数が推定できる間伐シミュレーションソフトウェアを開発し、様々なパターンの施業体系図(図1)を自由に作成できるようになった。
- ・今後、インターフェースを整えた上で公開する。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

津田高明・大野泰之・山田健四・滝谷美香(2015) 高齢林分に対応したアカエゾマツ人工林の成長予測. 北方森林研究 第63号: 31-33
 竹内史郎・大野泰之・石濱宣夫・津田高明・滝谷美香・八坂通泰・今 博計・石塚 航(2015) アカエゾマツ人工林の成長・生残・形質に及ぼす植栽密度の影響. 第64回北方森林学会ポスター発表
 藤原宏行(2016) アカエゾマツ人工林の枝打ちについて. 北海道水産林務部 普及情報 第198号
 竹内史郎・大野泰之・石濱宣夫・津田高明・滝谷美香・八坂通泰・今 博計・石塚 航(2016) アカエゾマツ人工林の成長・生残・形質に及ぼす植栽密度の影響. 第127回森林学会ポスター発表
 竹内史郎・大野泰之・滝谷美香・石濱宣夫(2016) 枝打ち後一年経過したアカエゾマツ人工林における後生枝の発生状況. 第65回北方森林学会ポスター発表
 竹内史郎・大野泰之・滝谷美香・石濱宣夫・津田高明(2017) 多地点データを使ったアカエゾマツ人工林のY-N曲線の調製. 第128回森林学会ポスター発表

道南地域における人工林施業支援ツールの開発

担当G：道南支場、森林資源部

協力機関：渡島総合振興局東部森林室、渡島総合振興局西部森林室、はこだて広域森林組合、七飯町森林組合

研究期間：平成26～28年度 区分：経常研究

研究目的

目的 道南の人工林施業の支援を目的として、道南スギの林分の健全性を判定する指標などを明らかにし、施業提案に活用するツールを作成する。併せてGISデータを用いて施業の集約化に資するマップ等のツールを作成する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

文献調査：林分の健全性を判定する指標について調査
聞き取り調査：森林室、森林組合などを対象に、施業推進方法などについて聞き取り調査を実施

現地調査：渡島総合振興局管内スギ人工林に設置したプロット内で樹高、胸高直径、枝下高などを計測

研究成果

- 1) スギ人工林の健全性を高めるための提案型施業支援ツールの開発
 - ・スギ人工林の枝下高の推定式を得た。また、枯れ上がり始める時期を確認できたことから、虫害の軽減や節のない木材の生産などに必要な枝打ち開始時期を提案できるようになった。
 - ・林業普及指導員への聞き取り調査から、施業推進をする際に必要な情報を整理した。特に、間伐で材積が一時的に減っても成長により回復することを明示することが必要であった。この他、施業を行った場合と行わない場合の林況の違いを示すことも必要であった。様式は、現在の様子と将来予測、施業体系を示す簡素なものが良いことが分かった。これらの条件から、施業支援ツールとして、「道南スギ収穫予想ソフト」(マイクロソフト社エクセルで作成)の一部シートに情報を追加した(図-1)。また、施業提案用の資料作成シートを追加した(図-2, 3)。

		地位指数 21										植栽
収穫予測		主副林木(間伐前)										
		平均		/ha			形状比	胸高断面積合計	相対幹距比	枝下高	立木本数	
林齢	上層高	幹材積	胸高直径	立木本数	幹材積	収量比	%	m ² /ha	%	m	本	
年	m	m ³	cm	本	m ³		%		%			
47	22.9	0.50	25.0	1113	560	0.72	78.8	54.5	0.13	10.6		
48	23.1	0.52	25.3	1102	572	0.72	78.6	55.3	0.13	10.7		
49	23.4	0.54	25.6	1090	584	0.73	78.5	56.2	0.13	10.9		
50	23.6	0.55	25.9	1079	596	0.73	78.4	57.0	0.13	11.1		

図-1 『提案型施業支援ツール』からの抜粋

※間伐の評価基準として、従来の収量比数と形状比に、胸高断面積合計・相対幹距比・枝下高を追加した。高齢級林分を間伐しても形状比の変化は少ないことから、胸高断面積合計や相対幹距比などとの関係も見ながら総合的に間伐時期や伐採量を決めることができる。枝下高の変化を見ることで、樹冠長率や枝打ちしていない場合の枯れ枝が付いている高さを確認する事ができる。

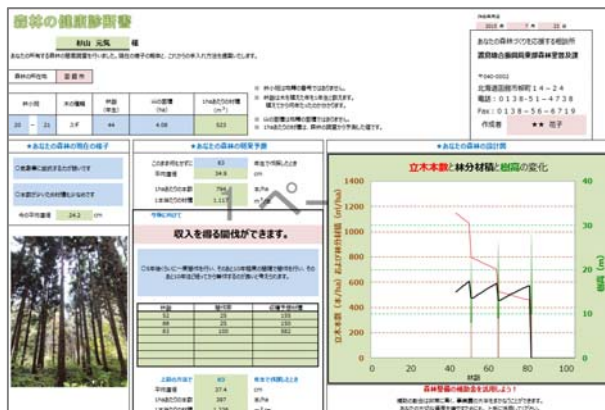


図-2 『森林の健康診断書』シート

※間伐による林分の変化を数値やグラフなどを用いて明示した、森林所有者に間伐の意義を伝えるための資料作成用シート。

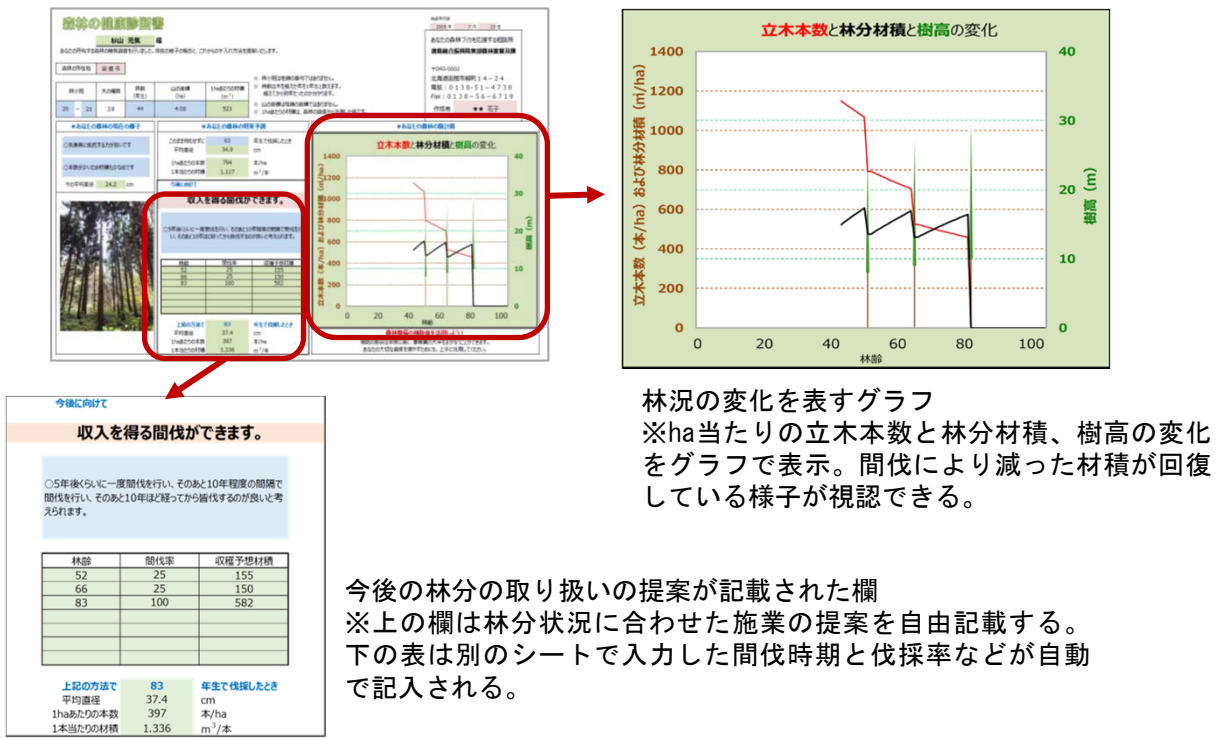


図-3 『森林の健康診断書』シートの詳細

2) 道南地域に適した施業の集約化施業支援ツールの開発

・森林組合等への聞き取りの結果、施業の集約は、過去の施業実績の有無や林分蓄積、道路からの距離等から判断することが分かった。事業の候補林分を検索する条件式を作成し、GIS上で集約化範囲を図示するプラグインツールを開発した(対応GISソフト: QGIS(ver2.16以降)、ArcGIS(ESRI社, ver10.1以降)。(図-4)。

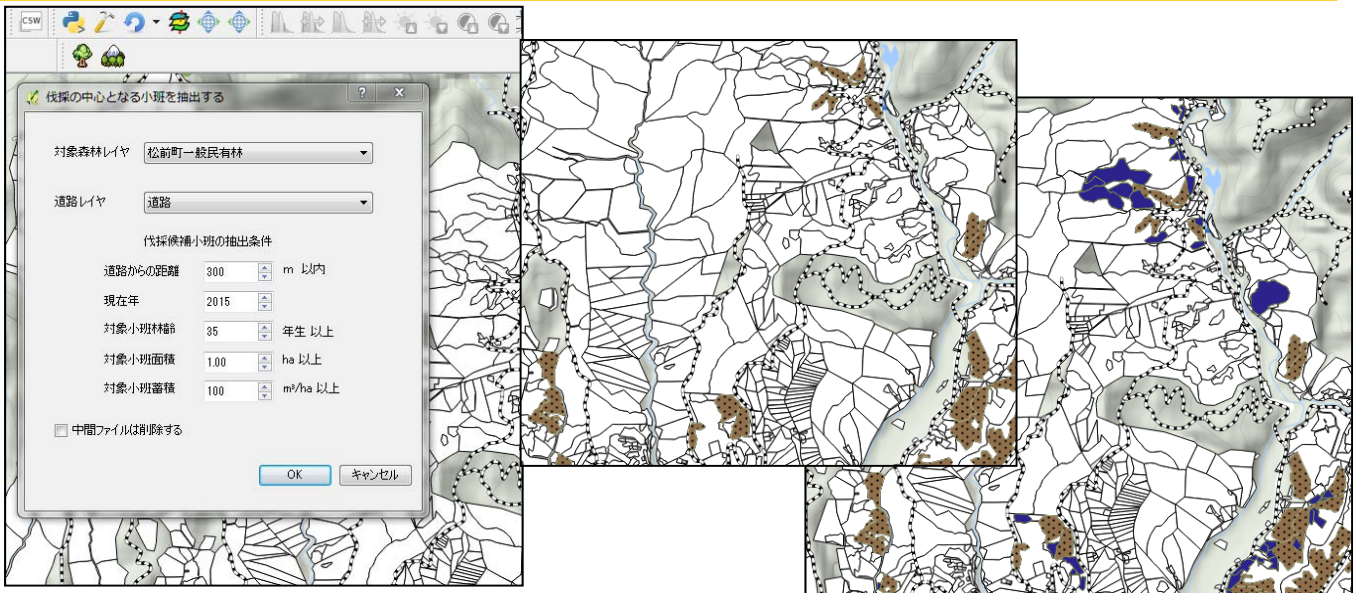


図-4 開発した集約化施業支援ツール

左: 支援ツールの入力画面(QGISでの表示)

中: 造林事業の候補地の抽出: 林種、林齢、面積、ha当たり蓄積、施業履歴、道路からの距離を入力し抽出(黄土色の小班)。

右: 集約化の候補値の抽出: 造林始業の候補値からの距離や林分状況(林齢、面積等)、同一の経営計画であることを条件に選抜(青色の小班)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

寺田文字・八坂通泰・菅野正人(2014) 道南地域におけるトドマツ人工林の林況と枝下高の関係性・第63回北方森林学会大会ポスター発表
 津田高明、寺田文字、八坂通泰、菅野正人(2016) 道南地方のスギ人工林における林況と枝下高の関係性、第65回北方森林学会大会ポスター発表

天然更新したカラマツ・トドマツ幼樹の成長を促す 施業方法の開発

担当G：道東支場

協力機関、研究機関：九州大学演習林、住友林業、北海道水産林務部森林環境局道有林課、
日高振興局森林室

研究期間：平成26年度～29年度 区分：経常研究

研究目的

目的

本研究は、天然更新したカラマツ・トドマツ幼樹の生育に必要な環境条件（光環境・広葉樹との競合緩和等）の探索と制御手法の提示によって、両樹種の幼樹の成長を促す技術を開発し、天然更新によって次世代の人工林資源を確保することができるようにするために行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

- 1：林業試験場道東支場（伐開幅の検討）
- 2：九州大学演習林（除伐）
- 3：東神楽町、九大演習林（地力と成長）
- 4：えりも町道有林（トドマツ生残と成長）

調査方法

- 1：カラマツ成木の枝の張り出し幅の調査
- 2：除伐区と対照区で胸高直径、樹高の調査
- 3：表土除去区と草刈り地拵区での樹高調査
- 4：皆伐区と対照区等で樹高・褐変度の調査

研究成果



写真-1 皆伐から3ヶ月後の試験地



写真-2 皆伐から4年3ヶ月後の試験地

林床に樹高30～100cmのトドマツ稚幼樹が密生するトドマツ人工林において皆伐施業を行ったところ、皆伐から3ヶ月後には、稚幼樹の葉が褐変した（写真-1）。皆伐前に着葉していた葉はその後に落葉したが、皆伐後に開葉した葉は褐変も落葉もしなかった。その結果、皆伐から2年10ヶ月後までには、褐変率は低下し、着葉率が皆伐前よりも高くなり、旺盛な樹高成長も始まっていた（写真-2）。これらのことから、トドマツ稚幼樹が天然更新している人工林では、皆伐によって稚幼樹の成長を促すことができると考えられた。

- ・カラマツの天然更新のためのカラマツ林内での伐開幅は20m～90mとし、母樹の林縁の樹幹から5mでは表土除去をせずに、中間の10～80mの範囲で表土除去をすることが望ましい。カラマツ林に隣接する林地で表土除去する場合は、カラマツ林の林縁の樹幹から5～45mの範囲で表土除去を行うことが望ましい。
- ・カラマツ幼樹と広葉樹の幼樹が混交しているカラマツ天然更新地で除伐試験地を設定し、除伐を実施した。カラマツ幼樹の林冠の相対照度は、除伐前は8～12%であったが、除伐後は100%となった。
- ・表土除去区では植栽後2年間の成長は低下したがその後成長が回復し、現在は草刈地拵区より成長がよい。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・中川昌彦ら（2016）オホーツク総合振興局西部森林室主催一平成28年度オホーツク管内林業グループ連絡協議会研修会
- ・中川昌彦ら（2017）トドマツ人工林内に天然更新したトドマツ稚幼樹の上木皆伐後の生残と成長、森林計画学会誌 50: 印刷中
- ・中川昌彦（2016）北海道上川総合振興局南部森林室主催一天然更新技術現地検討会
- ・中川昌彦（2016）上川北部流域森林・林業活性化協議会主催一カラマツの天然更新を活用した造林技術の開発現地検討会

道産カンバ類の高付加価値用途への技術開発

担当G：森林資源部経営G

共同研究機関：林産試験場（主管）、（国研）森林総合研究所北海道支所、旭川市工芸センター

協力機関：工業試験場、北海道森林管理局、北海道水産林務部、旭川市教育委員会、旭川

家具工業協同組合、三井物産フォレスト（株）、滝澤ベニヤ（株）、（株）カワムラ、昭和木材（株）

研究期間：平成27年度～29年度

区分：重点研究

研究目的

広葉樹資源として安定性の高いカンバ類を対象に、従来パルプなどが主な用途であった低質原木から、内装材や家具などの高価値な用途に利用できる材料を製造する技術を開発する。北海道の豊富なカンバ類の資源量を背景に、北海道独自の材料、加工技術を基に、ブランド力を強化するとともに、今後のカンバ類の木材資源としての収集と利用方法について提案することを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地や材料について

立木の外見的形質およびピスフレックの出現、発生部位については三井物産（株）社有林（厚真、沼田）、北海道大学雨龍研究林で、ウダイカンバ壮齡林に多発するキクイムシ類穿孔被害の実態については下川町で野外調査・試料採取を行った。

調査項目や調査方法について

①立木の外見的形質（樹高、胸高直径、枝下高、最大矢高）、②ピスフレックの出現、発生部位（ピスフレック数と採取部位）、③ウダイカンバのキクイムシ類穿孔被害の実態（加害種の同定、被害部位と加害形態の把握）について調査した。

研究成果

1. 立木の外見的形質

加工時の歩留まりに影響する平均胸高直径、平均枝下高はそれぞれ、雨龍シラカンバ22.5cm、8.8m、雨龍ダケカンバ15.3cm、6.9m、沼田シラカンバ22.6cm、10.3mであった。最大矢高（地上高0.3～4m）は雨龍では2樹種とも5～10cmが、沼田シラカンバでは10～15cmが最も多かった。二股木はほとんど出現しなかった（出現率5～6%）。

2. ピスフレック（PF）の出現、発生部位

似湾の試料（2015年採取分、各樹種5本、0.5mm以上のPF）を調査した結果、ダケカンバ樹幹下部の高さ方向へのハエのPF発生傾向はシラカンバの結果と似ていたが、ガのPFが認められない等の相違点もあった（図-1）。一方、ウダイカンバではPFはほとんど認められなかった（円板木口面で0.01個/cmf未満）。

3. ウダイカンバのキクイムシ類穿孔被害

枯損直前のウダイカンバに飛来したキクイムシを9種確認した。材利用の際に深刻な影響を及ぼす3cm以上の材内穿孔が確認されたサクラノホソキクイムシとナガキクイムシ科sp.の飛来数は比較的少なかった。

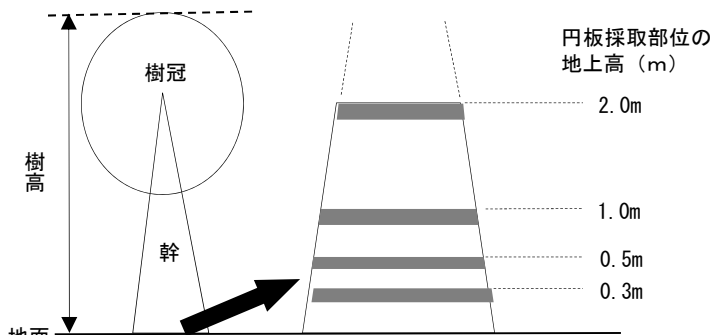
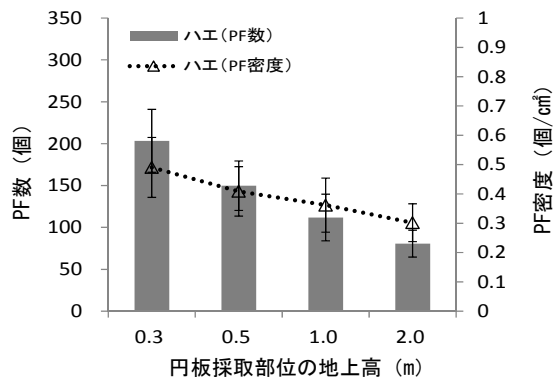


図1 樹幹下部の地上高0.3m、0.5m、1.0m、2.0m部位で採取した円板の木口面におけるPF数、PF密度の樹幹内変動（上図）および円板採取部位（下図）ダケカンバ5本平均。エラーバーは標準誤差を示す。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・石濱宣夫ほか（2017）胆振地方のカンバ類3種人工林におけるピスフレックの発生実態（予報），北森研65：51-54.

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：森林資源部経営G

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

研究期間：平成28年度～31年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

解析対象：全道の天然林（約1700箇所）
間伐試験：上川総合振興局北部森林室管内
広葉樹二次林（道有林324-59林小班）
間伐区、500本区、1000本区
（各0.1ha、間伐実施年は1985年）

解析方法：各調査林分（0.1ha）のデータチェック、
立木密度と林分材積の算出
間伐試験：胸高直径の測定、生残状況

研究成果

○単木・林分レベルの成長予測モデルの構築

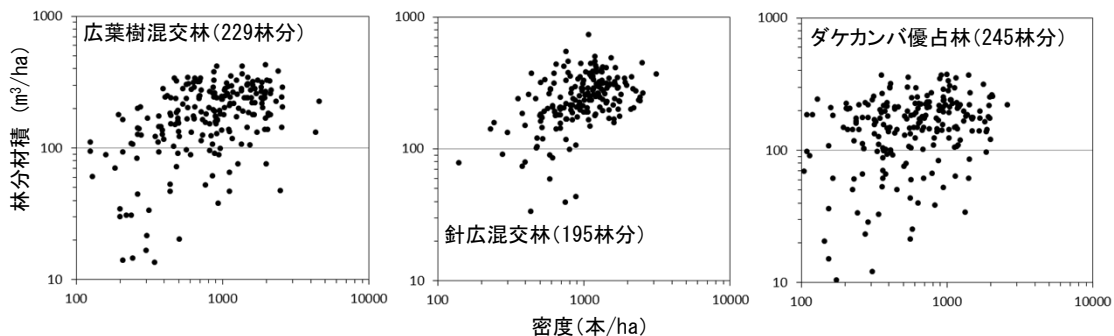
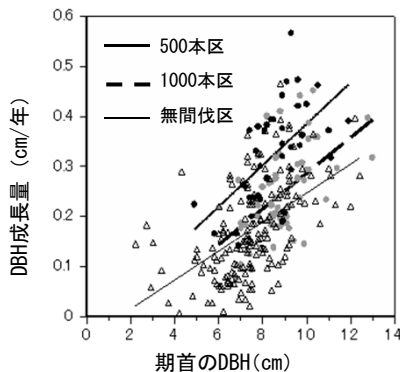


図1 主要な森林タイプにおける立木密度と林分材積との関係
低木性樹種、つる性木本植物を除いた胸高直径5cm以上の立木を対象としている。

○保育間伐等が林分・単木レベルの成長に与える影響



全道、約1700箇所の天然林データを精査し、林分成長量の解析に用いる立木密度と林分材積を林分ごとに算出し、両者の関係を主要な森林タイプごとに図示した（図1）。

間伐後、21年間が経過した広葉樹二次林における立木の平均DBH成長量は、期首のDBHと正の相関が認められた（図2）。ただし、DBH成長量は間伐強度によって異なり、DBHが同じ場合、500本区が最も大きく、無間伐区の立木が最も低かった（図2）。

図2 広葉樹の胸高直径(DBH)とDBH成長量との関係

林業用優良種子の安定確保に向けた採種園整備指針の策定

担当G：森林資源部経営G

共同機関：(国研)森林総合研究所

協力機関：北海道水産林務部林務局森林整備課、オホーツク総合振興局森林室、日高振興局森林室、北海道森林管理局、北海道山林種苗協同組合

研究期間：平成26年度～28年度 区分：重点研究

研究目的

カラマツ、トドマツの収穫時期を迎え、今後10年間に苗木の需要量が20～50%ほど増加すると予想され、早急な採種園の整備・造成が必要となっている。そこで、主要造林樹種であるカラマツ、グイマツ雑種F₁、トドマツの採種園の造成適地の選定と必要面積の評価を行い、採種園整備指針を策定する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：訓子府、新冠採種園、中川採種園ほか

測定項目：個体別の着果数調査と気象要因との関係解析、球果採取の功程調査、採種実績データの解析

研究成果

1 採種園の造成適地の選定

カラマツ類の着果量は、花芽を形成する時期(5月～7月)の乾燥に強く影響を受けていた(図1)。この時期に降水量の多い、道南や太平洋側は不適地であることをカラマツ類の採種園造成を計画している民間事業者へ説明し(図2)、場所を変更するなど対応を図った。

一方、トドマツは不適地はないことがわかった。

降水量300mm以下が適地

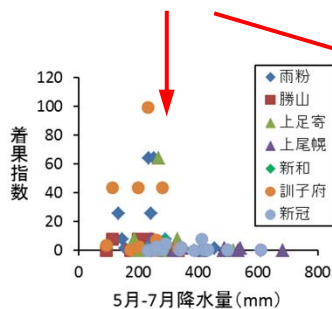


図1 5～7月の降水量と翌年のカラマツ着果量との関係。シンボルは採種園の違いを示す。

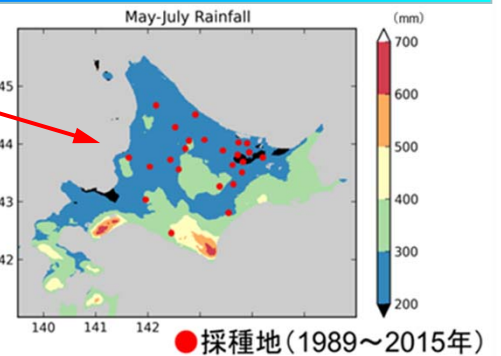


図2 カラマツ類の球果採取地と5～7月の降水量の平均値の分布。降水量の少ない地域で球果が採取されていることがわかる。

2 採種園の必要面積・適正面積の評価

必要面積

20年後の造林に必要な種子量

採種園1ha当たりの種子生産量

採種実績データから1ha当たりの種子生産量を推定し(図3)、採種園の施業要領(林野庁)と北海道森林づくり基本計画に基づいて、20年後(H48)の必要面積を求めた。この結果をもとに北海道採種園整備方針(H27.3)、道有採種園整備計画(H29.3)が策定された。

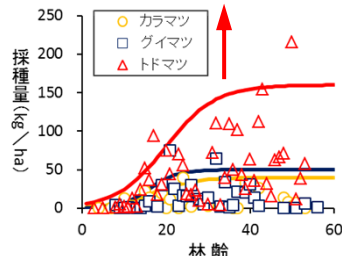


図3 樹種別の採種園の林齢と1ha当たりの採種量の関係。実線は豊作年の推定生産量を示す。



高所作業車を使用した採種功程/人日は、カラマツ類で635g、トドマツで3,172gだった。豊作年に4年分を確保するためには、カラマツ類だけでも3,000人工が必要である。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・今 博計(2016)地域林業の活性化に向けた特定母樹クリーナーチ(グイマツ雑種F₁)増殖促進の取り組み。山林1586(7): 27-32.
- ・今 博計ら(2016)気象データを利用したカラマツ採種園の適地評価。北海道の林木育種59(1): 11-13.

グイマツ雑種F₁挿し木増殖率の向上に関する研究

担当G：林業試験場森林資源部経営G

共同機関：住友林業筑波研究所

研究期間：平成26年度～28年度

区分：一般共同研究

研究目的

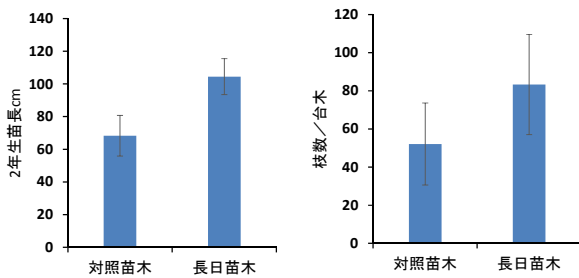
挿し木苗木の施設周年栽培の確立を将来目標として、長日処理によるグイマツ雑種F₁の挿し穂数増加効果、生育期間延長効果、挿し穂の成長促進効果を明らかにする

研究方法(調査地概要や調査方法)

- 試験1 2年生実生への長日処理、
- 試験2 1、2年生挿し木台木への長日処理と継続的な採穂
- 試験3 挿し穂への長日処理と温度、湿度制御

研究成果

1 挿し木台木の成長促進



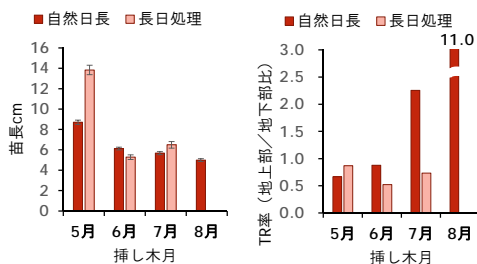
長日処理することにより、台木の成長が促進し、挿し木可能な枝の枝が増加する(2年生秋)

2 採穂数の増加効果

1年目採穂方法	日長条件	採穂数		
		1年目	2年目	合計
側枝のみ	長日処理	20.0	57.8	77.8
	自然日長	16.2	57.3	73.5
主軸+側枝	長日処理	14.3	74.0	88.3
	自然日長	10.2	89.2	99.4
採穂なし	長日処理	0.0	57.8	57.8
	自然日長	0.0	118.4	118.4

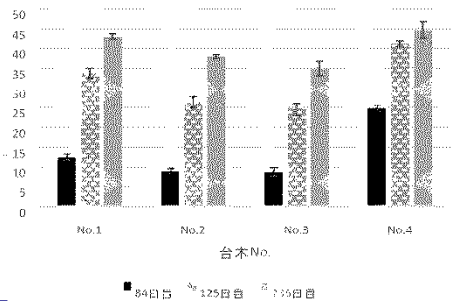
播種からハウスで育苗し、2年生夏まで継続して採穂すると、70本以上の穂が取れる。長日処理は、1年目の採穂を増加させる。

3 挿し木後の成長促進



長日処理はTR率を低下(=根の重量が増加)させた後、地上部の成長を促進する。

台木毎のクランパー挿し木の苗長の変化



閉鎖系施設で温度、湿度、光条件を制御することで、4か月約5cmから25cmまで挿し穂が成長する。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・学会発表：来田ほか：第128回日本森林学会大会(2017/3 鹿児島)
- ・特許出願中

地域・産業特性に応じたエネルギーの 分散型利用モデルの構築

担当G：森林資源部経営G・道南支場

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

研究期間：平成26年度～30年度 区分：戦略研究

研究目的

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

研究方法

1. 賦存量・利用可能量の推定方法の開発

- ①短幹集材時の残材収集量の推定
場所：南富良野町 対象：トドマツ人工林
- ②カラマツ人工林収穫予測ソフトの改良

2. バイオマス発生量予測マップの作成

北海道などの統計データおよび伐採計画などを元にGISを用いて利用可能量を推定。

研究成果

1. 賦存量・利用可能量の推定方法の開発

①短幹集材時の残材収集量の推定（トドマツ人工林58年生）

間伐率25%の列状間伐を実施した（面積1.83ha）。造材作業は残材を収集しやすくするため、全て作業路脇で行われ、間伐材積は214m³、収集された22,920kg（含水率24%）となった。これらから推定される林地残材収集率は、間伐材積に対して、風乾重ベースで約26%、絶乾重ベースでは約20%と推計された。

②カラマツ人工林収穫予測ソフトの改良

カラマツ人工林収穫予測ソフトを、末木や追上がバイオマスとしたときの評価ができるように改良し林業試験場のHPに公開した。

2. バイオマス発生量予測マップの作成（一般民有林）

富良野圏域での人工林の資源量、伐採量、パルプ材発生量から、低質材の発生量を1kmメッシュ単位で予測した（図-1）。南富良野町と上富良野町に発生量の大きいセルが多く分布する傾向がみられた。

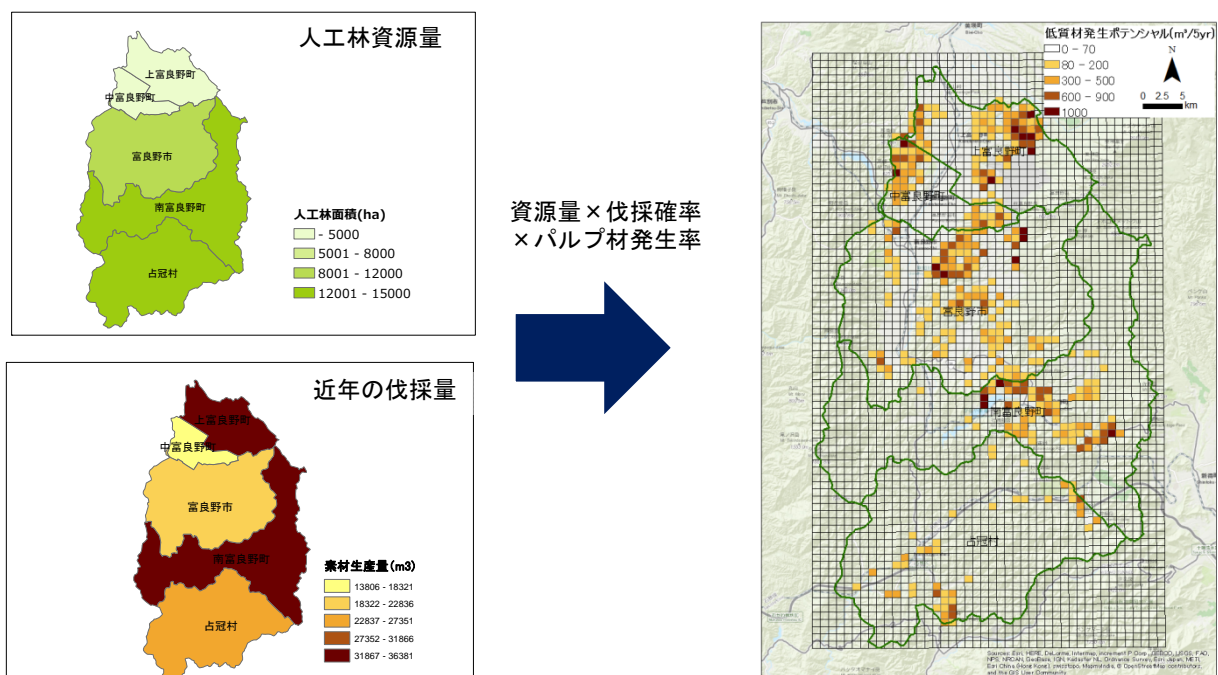


図-1 富良野圏域における人工林由来のバイオマス原材料発生量予測マップ（一般民有林）

カラマツ・トドマツ育苗期における 環境ストレス耐性の評価

担当G：森林資源部経営G

協力機関：北海道山林種苗協同組合、北海道水産林務部林務局森林整備課

研究期間：平成27年度～29年度 区分：経常研究

研究目的

カラマツやトドマツの人工林が主伐期を迎え、今後、造林量の増加が予想されているにも関わらず、カラマツ苗の得苗率の低さが最近問題になっている。とくに2013年にはカラマツ苗木が100万本不足する見通しも報告された。これには、発芽期・成長期における不適な天候といった環境ストレスが大きく影響すると考えられるが、過去に例のない被害であり、その原因の十分な検討が求められている。そこで、本課題では、カラマツとトドマツを対象に、実際に得苗率低下をもたらした気象要因を解析する。また、遺伝的改良や育苗環境の整備によって苗木のストレス耐性の向上や適切なストレス回避が図れるか検討するため、育苗期の環境ストレスに対する実生の応答様式と遺伝的変異の実態を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

材料：

- (1) 2010～2016年における苗木生産業者の得苗実績値、苗木生産各地域における当該期間の気象データ。
- (2) カラマツ・トドマツにおける母樹別次代苗。カラマツは訓子府採種園、トドマツは新冠採種園にて2014年に採種、翌年より育苗。

調査方法：

- (1) 得苗実績値の集計による、樹種別の生存率推移の定量化。ならびに、得苗率低下に寄与する気象条件(気象要因・期間)の探索。
- (2) 当試験場苗畑での育苗、および、ポット育苗を実施。育成にかかる灌水環境、絶水処理タイミングを変え、成長パフォーマンスを測定。

研究成果

(1) 得苗率に関わる環境条件の探索 幼苗得苗率の高低には発芽時期の降雨イベントが主要な影響因子として予測された。そのため、播種後の環境評価ができるデータセットを整え、詳細な解析をする。

(2) 育苗環境、遺伝的背景の違いによる成長パフォーマンスの差異の探索 とくにカラマツにおいて、育苗当年の水分条件が成長を規定すること、前年の環境との組み合わせで耐性形質を誘導できる可能性が示された(図1)。また水分ストレスに対して適応的な応答を示す家系もみられた(図2)。

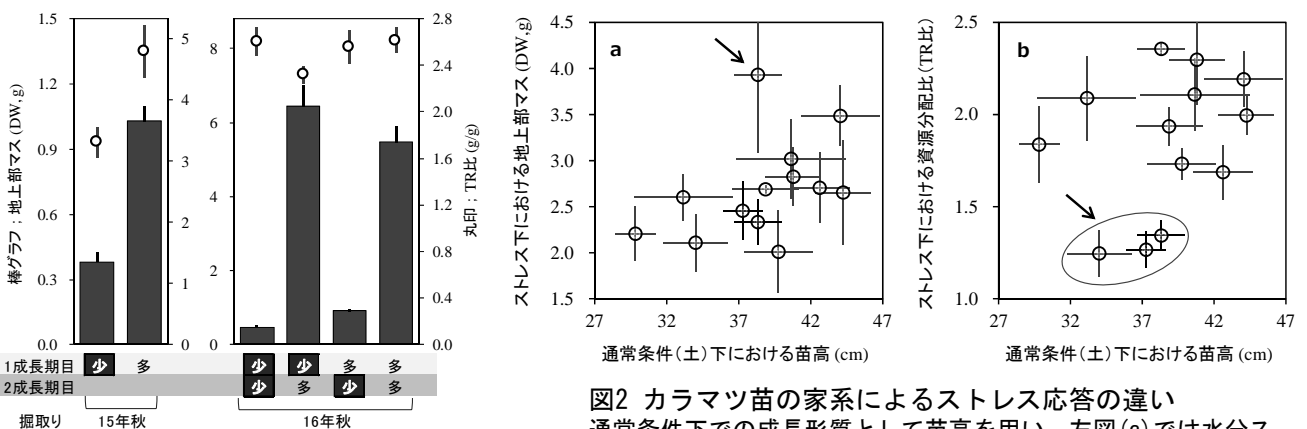


図1 灌水環境を変えたカラマツの成長の違い
2015年播種苗の2成長期間の成長を、横軸下に載せた灌水環境別(多：灌水多い、少：灌水少ない)に示した。

図2 カラマツ苗の家系によるストレス応答の違い
通常条件下での成長形質として苗高を用い、左図(a)では水分ストレス条件下での成長量との関係を、右図(b)では資源分配比との関係を示した。ともに家系別平均値をプロットした。矢印で示した家系は、ストレス条件への適応的応答を示した家系。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

とくになし(前年度に学会発表済み)

千島系・樺太系グイマツの系統的ルーツの解明と育種利用の評価

担当G：森林資源部経営G

協力機関：(国研)森林総合研究所 林木育種センター 北海道育種場、北海道大学 低温科学研究所、東京大学 北海道演習林

研究期間：平成27年度～29年度 区分：公募型研究

研究目的

北海道では、導入樹種であるグイマツの精英樹を母樹、同じく導入樹種であるカラマツの精英樹を花粉親として種苗を得る交雑育種が普及しつつある。このうち母樹のグイマツについては、過去に北方諸島の分布域より北海道に持ち込まれたとされ、その形態等から千島系・樺太系の2系統があると推定されているが、由来産地は不明である。今後、さらにカラマツ属種苗の需要増加が見込まれる中で、効率的に育種プログラムを進め、遺伝資源の利用を推進していくことが求められる。そこで、本課題では、グイマツの系統情報を明らかにし、グイマツの育種利用に系統的偏りがあるかどうかについても明らかにすることを目的とする。今年度は、葉緑体ゲノムの完全解読、ならびに系統間における遺伝的差異を探索することを目的とする。

研究方法(材料と調査方法)

材料：

- (1) 千島(色丹島)と樺太のそれぞれに由来することが確かな代表2家系。
- (2) 精英樹台帳をもとに選抜したグイマツ等19家系(ヨーロッパカラマツ1家系を含む)

調査方法・実験方法：

- (1) 次世代シーケンサーを用いた葉緑体DNAの大規模塩基配列解読。葉緑体ゲノムの構築。
- (2) 全家系の大規模塩基配列解読による網羅的変異探索。開葉、黄葉フェノロジー調査。

研究成果

(1) ゲノムの構築

ゲノムサイズの3,000倍の塩基配列を得て信頼度の高いゲノム解析を行うことができ、環状構造からなる葉緑体全ゲノムを構築することができた。塩基対数はグイマツの場合122,598塩基対であることを明らかにした(図1)。

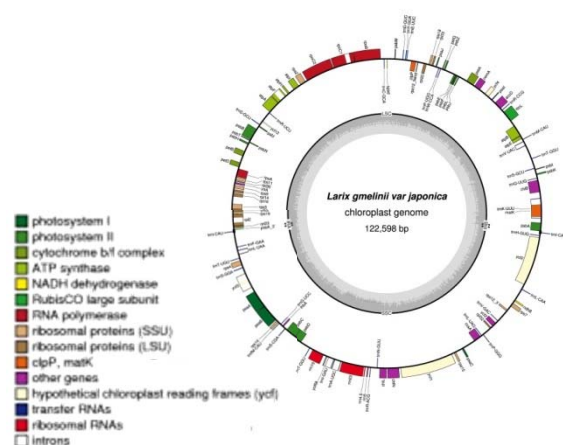


図1 グイマツ葉緑体地図の概観。
葉緑体は環状構造で示され、そこに色付き四角で示した遺伝子が座する。

(2) 家系間の変異探索

葉緑体DNA変異情報に基づき、系統関係を推定したところ、2系統群を見出すことができ、これらは開葉、黄葉フェノロジーでも明瞭な差異を示した。しかし、系統的な位置が中間の家系も存在し、開葉、黄葉タイミングも中間的な位置を示した(図2)。

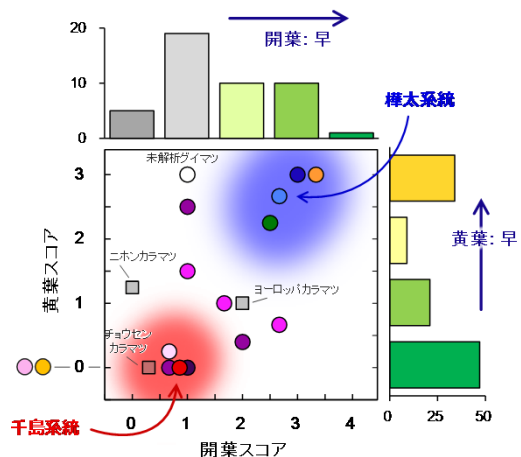


図2 遺伝変異情報とフェノロジー形質の対応関係。
葉緑体DNA変異をもとに推定した千島系統(赤)と樺太系統(青)は、開葉・黄葉フェノロジーが大きく異なることを示す。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚ら(2016) グイマツ葉緑体の完全長ゲノム配列の解読と構造変異の推定。森林遺伝育種学会第5回大会
 石塚ら(2017) 地理的隔離する北方樹木グイマツ2系統の復元ゲノム情報を用いて。第64回 日本生態学会大会
 石塚 航(2017) 北海道内のグイマツ遺伝資源情報。北海道林業試験場報告 54号

成熟化するトドマツ人工林材の 用途適正評価と利用技術開発

担当G：森林資源部経営G、道南支場

協力機関、研究機関：林産試験場（主管）

研究期間：平成26年度～28年度 区分：重点研究

研究目的

森林づくり基本計画では、北海道における木材供給量が平成44年には610万 m^3 に増加するとされており、その中心はトドマツとなると考えられている。しかし、現在の使用用途は中小径材が主でこれから増える大径材については材質や性能には不明な点が多い。そのため、中大径化が進むトドマツ人工林材について、天然林材と同等に扱えるのかを検証するとともに、腐朽材の選別基準や混入低減のための対応策を示して、トドマツ人工林資源の価値の適正評価や有効活用を図る。さらに、需給の安定化を踏まえた将来的な利用モデルを提案する。そのうち、本年度林業試験場は腐朽木発生低減対策を担当する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

腐朽状況調査
調査地：道有林空知管理区トドマツ人工林2林分
伐採前：胸高直径、幹部傷高さ及び程度、立木位置
集材路位置
伐採後：伐根面における腐朽有無、腐朽部長短径等

解析方法（2015、2016年調査結果より）
傷：集材路や周辺の伐根との位置関係
腐朽：幹部傷、集材路や周辺の伐根等との位置関係
解析：決定木構築による要因判別
施業と腐朽発生との関係を考察し、施業方法を検討

研究成果

トドマツ人工林材の利用モデルの提案

1. 幹部の傷及び伐根面の腐朽発生の要因

- ①幹部の傷発生割合（図-1）
 - ・伐根までの距離が近いほど、また集材路までの距離が近いほど幹部の傷が発生しやすかった。
- ②伐根面の腐朽発生割合
 - ・緩傾斜で幹の低い位置に傷がある場合、また集材路までの距離が近く幹の低い位置に傷がある場合に伐根面における腐朽が発生しやすかった。
- ③傷の被害程度と腐朽面積率（図-2）
 - ・傷の被害程度が大きいほど、腐朽面積率も高くなった。

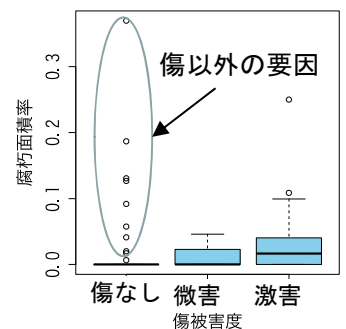
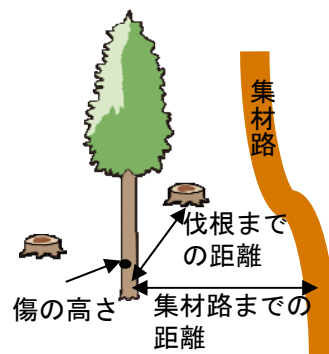


図-1 地際部における腐朽 図-2 幹部傷の被害程度と伐根面の腐朽面積との関係

2. 腐朽発生低減に有効な施業方法の提案

- ・従来の植栽方法よりも20%植栽本数を減らすなど、地際付近の腐朽発生を抑制する施業（表-1）を実施すると、主伐期の腐朽木本数を十数ポイント削減可能と予測できた（図-3）。

表-1 腐朽木発生の抑制を考慮した施業例

	従来方法	提案	効果
植栽本数	2500本	2000本	列状間伐による幅5mの伐跡を利用し、傷・腐朽発生リスク低減
列間	2m	2.5m	
初回間伐	定性	列状	

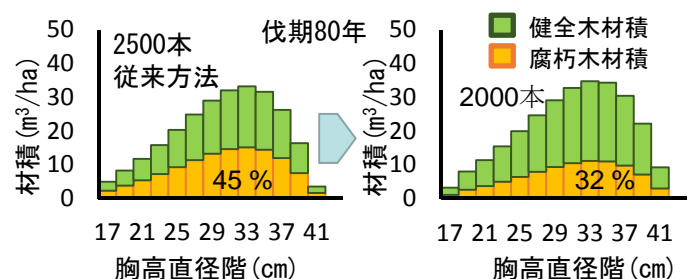


図-3 表-1による施業のシミュレーション結果
従来と比較し、10%以上腐朽本数を減らせる
と予測

「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)

・滝谷美香・津田高明・大野泰之・来田和人・石濱宣夫・竹内史郎・今博計・石塚航・渡辺一郎・八坂通泰（2017）トドマツ人工林団体の根株腐朽発生要因。第128回日本森林学会

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：森林資源部経営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～32年度 区分：経常研究

研究目的

クリーンラーチ（グイマツ精英樹・中標津5号を母親、カラマツ精英樹を父親とする雑種F₁）の若齢採種園の肥培管理方法を提示するため、グイマツとカラマツの若齢接ぎ木クローンを対象に、施肥の種類と施肥の回数を変えた試験を実施し、成長と着花と球果サイズに及ぼす施肥の効果を検証する。

研究方法

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

処理方法：樹冠下への粒剤散布
調査項目：胸高直径、着果数

研究成果

訓子府採種園のグイマツを対象に、尿素区、まるやま3号区、無処理区を設定し、2015年6月に施肥を行った。2016年は凶作年で（図1）、無処理区での着果個体の割合は16%だったが、尿素区では27%、まるやま3号区では44%と増加した。

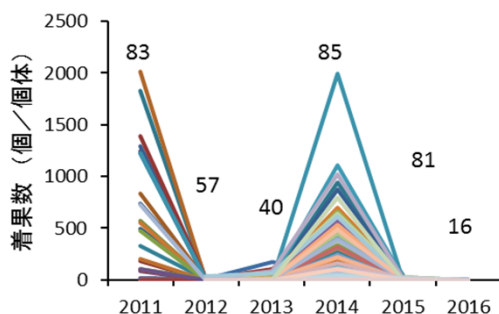


図1 グイマツの個体別の着果数の推移
図中の値は着果個体の割合を示す。

一般化線形モデルによる分析では、着果数は施肥処理と胸高直径に影響を受けていることが示された。尿素区で336個の球果を着けた1個体を除き、着果数は11個以下であり顕著ではないものの（図2）、着果数を増やす効果があることが示された。

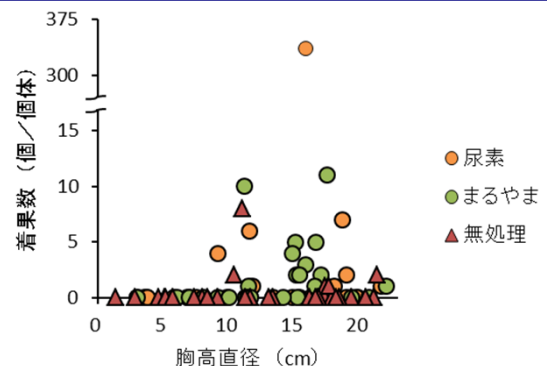


図2 グイマツの処理別にみた胸高直径と着果数の関係



写真1 カラマツ集植所での処理区の設定
根系を遮断するため40cm深の畔波を埋設している。



写真2 尿素散布の様子
地表に肥料を散布している。

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、森林環境部環境G、森林資源部経営G、道北支場

協力機関：厚真町

研究期間：平成28年度～31年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

①既設路網での崩壊状況の実態調査：既設路網で発生した崩壊箇所の規模・土質、路体構造の現地調査
(調査地：芦別町、三笠町、浦臼町・当別町、美唄市・奈井江町、厚真町、中川町 合計79箇所)

②GISによる崩壊現場の地形解析
・国土地理院発行のデジタル標高モデル(10mメッシュ)を元に、厚真地区を対象に崩壊現場の地形状況を解析

研究成果

1) 既設路網での崩壊状況の実態調査

- 厚真や中川では法面の崩壊、当別・浦臼、美唄・奈井江、三笠では路面侵食が多かった。
- これらの地区での切土のり面の崩壊は、法高3.0m以上で発生していた。芦別では、台風10号の影響により河川と隣接している盛土法面の崩壊が見られた。
- 溪畔沿いの道路における盛土のり面崩壊では、攻撃斜面(湾曲した川のカーブ外側部分)で発生することが多かった。
- 以上より、法面や路面侵食の発生には、火山灰土等の地質や道路勾配等の道路の敷設状況、河川との位置関係が影響していると考えられた。

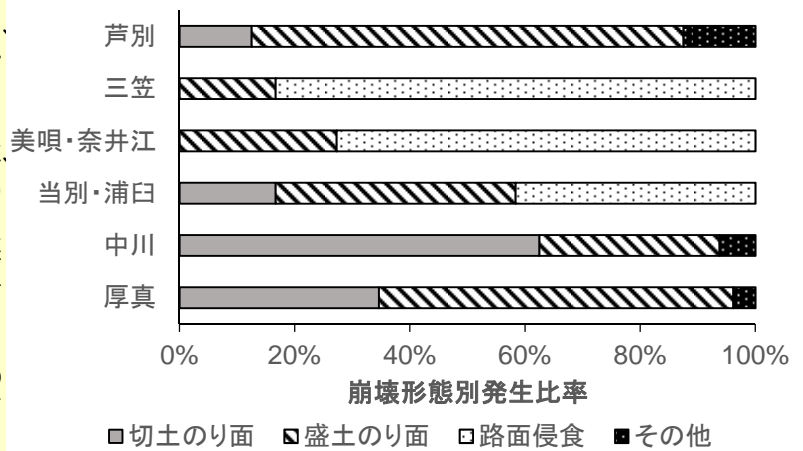


図1 調査地区ごとの崩壊形態

2) GISによる崩壊現場の地形解析

- 厚真地区では遷急点近くに森林作業道が敷設されており、崩壊位置も遷急点近辺で発生している箇所が確認された。

※遷急点：山地斜面を尾根から見下ろしたとき、急に傾斜がきつくなる地点。斜面崩壊や侵食が発生しやすい場所とされる。

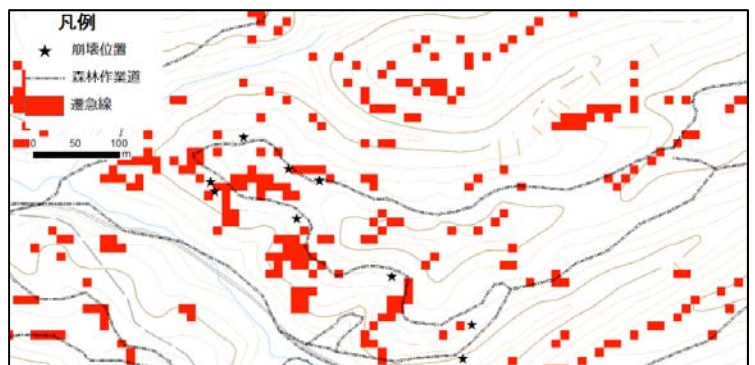


図2 厚真地区での崩壊位置と森林作業道、遷急点の位置関係

苗木需要量の増加に対応した コンテナ苗生産・植栽システムの開発

担当G：森林資源部経営G・林産試験場製品開発グループ

共同機関：(国研)森林総合研究所、九州大学

協力機関：工業試験場、北海道水産林務部林務局森林整備課・森林環境局道有林課、住友林業筑波研究所、北海道山林種苗協同組合、北海道森林組合連合会、北海道造林協会

研究期間：平成28年度～30年度 区分：重点研究

研究目的

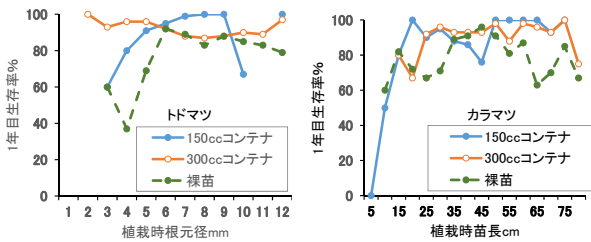
今後予想される植栽面積、苗木需要の増加に対応するため、コンテナ苗による苗木の効率的な生産と輸送から植栽まで一貫した生産・植栽システムを開発する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

国有林、民有林コンテナ苗植栽成績データの収集解析(109箇所)
遠赤外線を選別したカラマツ種子を用いた育苗試験
植栽器具の性能調査(6器具、3か所)、小型運搬機の開発、梱包から植栽までの作業効率性調査(1回)

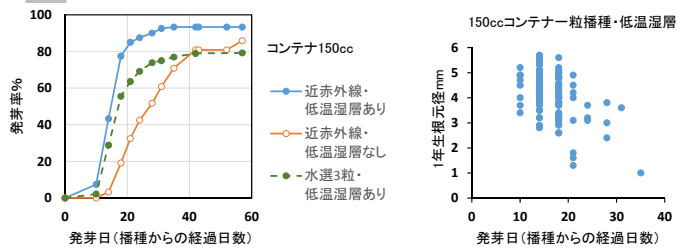
研究成果

1 苗木規格の提案



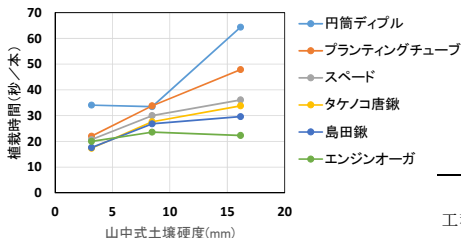
109箇所の植栽地の解析から植栽後の活着成長は、トドマツでは300ccコンテナ苗が良く、カラマツでは苗長25cm以上でかつ苗長/根元径比の低い苗木が良かった。

2 播種コンテナ苗生産技術の開発



近赤外線選別カラマツ種子の発芽率は93%で1粒播種でも実用化可能な高い値。得苗率を上げるためには、発芽が遅れた苗木を小型容器で準備した苗の補植が有効。

3 コンテナ苗の特性を生かした輸送、運搬、植栽システムの開発



土壌硬度に関わらずエンジンオーガの植栽効率が高い。

コンテナ容器運搬では梱包作業がなくなるため、苗畑の梱包から造林地の植栽まで一連の生産性が18%向上。小運搬、植栽器具の改良により一層の効率化が期待。

工程	既存方法		改良方法	
	器具等	苗木数 (本/日/人)	器具等	苗木数 (本/日/人)
梱包	ラップ	682	コンテナ容器	-
トラック輸送	ダンボール	2,162	専用棚	1,023
小運搬	苗木袋	2,833	専用器具	4,450
植栽	島田鍬	544	オーガ	445
コンテナ返却	-	-	宅急便	20,160
合計	-	243	-	286



除雪機を改良した小型運搬機は、傾斜30°以下の斜面を安定走行。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・投稿：来田・今：光珠内季報, 178,1-5 (2016) / 発表：来田：「未来につなぐ森林づくり交流会」(2017)。

優良苗の安定供給と下刈り省力化による 一貫作業システム体系の開発

担当G：森林資源部

共同研究機関：(国研)森林総合研究所(主管)、九州大学、住友林業(株)、(株)九州計測器、

岡山県農林水産総合センター、高知県森林技術センター、ノースジャパン素材流通協同組合、北海道山林種苗協同組合、(一社)北海道造林協会ほか

協力機関：北海道水産林務部、(株)千歳林業、(株)筑水キャニコムほか

研究期間：平成28年度～30年度 区分：公募型研究

研究目的

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

研究方法

1. 低コストコンテナ苗の開発
発芽率を向上させた種子の播種によって生産するコンテナ苗のコストと品質の評価
2. 一貫作業システムの高度化
 - (1)地拵え・下刈り作業の機械化による省力・低コスト化技術の開発(クラッシャ改良、自走式刈払機調査)
 - (2)優良種苗を用いた低密度植栽手法の開発(低密度植栽林分調査、導入条件検討)
 - (3)下刈り回数低減技術の開発(下刈り作業省力効果の検討)

研究成果

低コストコンテナ苗開発のため、北海道山林種苗協同組合の播種コンテナ苗生産の実証試験の指導を行った。地拵え作業の機械化のため、クラッシャを従来よりも大型のベースマシンにも取付けられるように改造し予備的な作業試験を行うとともに(森林総研北海道支所との共同)、公園緑地用の刈払機2機種(写真)について林地での走行性能と刈払い性能を調査した。優良苗を用いた低密度植栽手法および下刈り回数低減技術開発のために、植栽から7年生までの樹高・生存率の推移を東神楽町など5カ所でカラマツ類3品種(カラマツ、グイマツ雑種F₁、クリーンラーチ)で比較するとともに(図)、岩見沢市にカラマツ類による植栽試験地を設定し、植栽した苗木の成長や下草の回復状況の調査を行った。

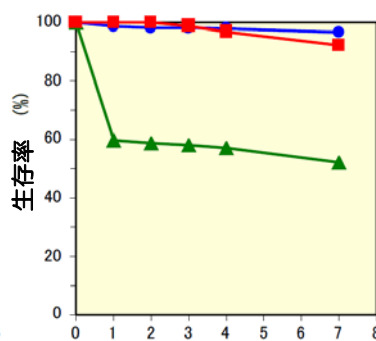
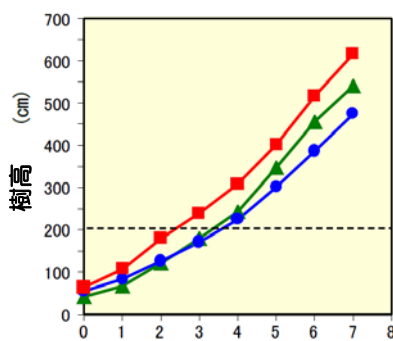


写真左 歩行型刈払機

残材がない条件では、従来に比べ地拵え及び下刈り作業で1.5～4倍の生産性を示した。

写真右 乗車型刈り払い機

残材がない条件では、従来に比べ地拵え作業で5～14倍の生産性を示した。



左：樹高

クリーンラーチは初期成長が早く下刈りが一年早く終了する。

右：生残率

クリーンラーチ、グイマツ雑種F₁は生存率が高く低密度植栽に適する。

図 カラマツ類の植栽試験地における7年生までの樹高と生存率

■：クリーンラーチ、▲：カラマツ、●：グイマツ雑種F₁、破線：植生高

カラマツ種苗安定供給のための技術開発

担当G：森林資源部経営G

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

研究期間：平成28年度～30年度 区分：公募型研究

研究目的

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

研究方法

調査地：さし木生産者17者、林業試験場

試験項目：コンテナ容器への挿し付け、人工気象器でのさし木発根に及ぼす温度の影響評価

研究成果

クリーンラーチの挿し木容器を従来から使用されているペーパーポット(セル容量120cc、565本/m²)からコンテナに変えることにより生存率が低下したが、セル容量を50cc(881本/m²)まで小さくすることで、生存率はほとんど低下せず、伸長成長が促進することが分かった(図1)。

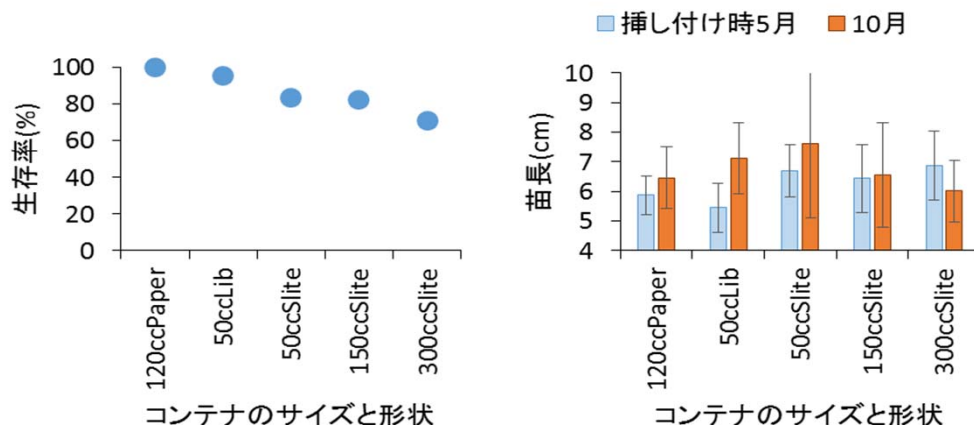


図1 コンテナ容器別の生存率(10月)と挿し木苗の苗長(5月:挿穂長、10月:地上部の長さ)

さし木の成否に及ぼす温度の影響を評価するため、5段階の温度に設定した人工気象器でさし木試験を実施した。

さし木の成功に最適な温度環境が、20℃前後であることが分かった(図2)。また、さし穂の発根は、伸長成長が停止し頂芽が形成された後に始まった。一方、温度が30℃以上になると発根率が大きく低下し、さし木生産においては、高温障害に気をつける必要があることが示された。

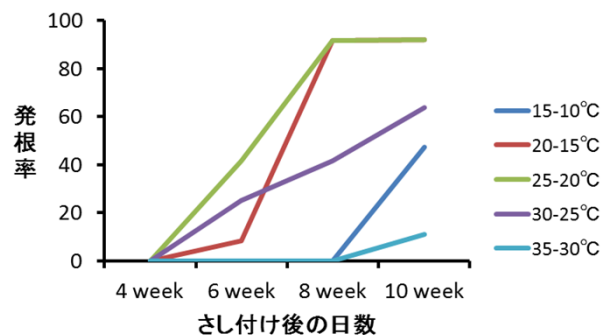


図2 異なる温度条件下におけるさし付け後の発根率の推移

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・クリーンラーチさし木技術向上研修会(第1回:7月21日、第2回:2月28日)

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：森林資源部経営G

共同研究機関：東京大学、(国研)森林総合研究所、(国研)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～31年度 区分：公募型研究

研究目的

樹木は、現在進捗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。今年度は、トドマツを対象として、自生地適応の実態の把握、遺伝子地図の構築を行う。

研究方法(材料と調査方法)

材料：

- (1) トドマツ精英樹次代検定林
1980年に精英樹のベ75家系の次代苗を、全道9ヶ所に設定した試験地へ相互移植。
- (2) 交配第2世代(F₂)集団
異なる生態型間の人工交配により作出し、ポット育苗されたF₂集団252個体。

調査方法・実験方法：

- (1) これまでの解析データ整備(植栽家系の由来地と試験地の位置・環境条件の付与)。成長パフォーマンスにおける地域変異の解析。
- (2) F₂集団の表現型計測。次世代シーケンサーを用いたDNAの網羅的解析による遺伝変異情報の収集。遺伝解析による遺伝子地図の構築。

研究成果

(1) 自生地適応の実態の把握

植栽家系の成長パフォーマンスとして、植栽木の幹材積と生残を加味したところ、明瞭な地域差が見出され、例えば根釧地域の試験地では、家系由来地と植栽地との間の距離が大きくなるにしたがってパフォーマンスが低下することがわかった(図1)。

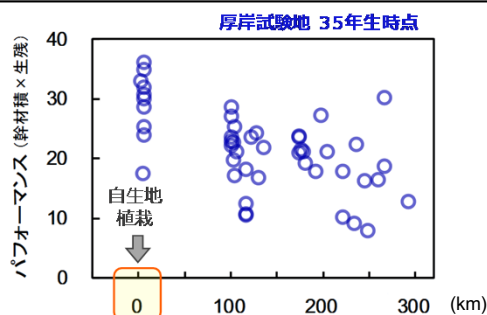


図1 厚岸試験地における家系別パフォーマンス
横軸は家系由来地と植栽地間の距離を示す。

(2) トドマツの遺伝子地図の構築

F₂集団とその交配親より網羅的に収集した遺伝変異情報より、12本の疑似連鎖群からなる遺伝子地図を構築することができた。これによって、計測した表現型値を説明する量的遺伝子座推定ができるようになった。これは環境適応、自生地適応に関わる遺伝変異セットを検出する基盤として活用できる。

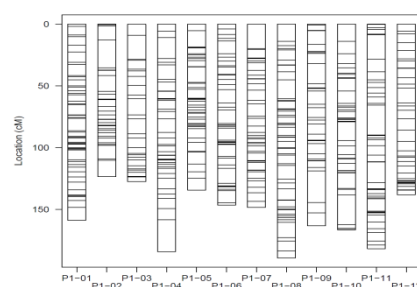


図2 トドマツにおける連鎖地図
推定した12連鎖群を並べて示す。縦軸は遺伝子間の推定距離。連鎖群内の横線は変異を検出したマーカー位置を示す。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚 航 (2016) 長期移植試験が語る北方針葉樹トドマツの局所適応, 森林科学, 78号
- Ishizuka et al. (2016) Evaluating the home-site advantage in *Abies sachalinensis* in Hokkaido, based on the long-term provenance trials. *Abies* 2016: The 15th International Conference on Ecology and Silviculture of Fir
- 上野ら (2016) TodoFirGene: トドマツのトランスクリプトームデータベースの構築, 森林遺伝育種学会第5回大会
- 後藤ら (2017) トドマツの標高適応に関連する生理形質の連鎖解析, 第128回 日本森林学会大会
- Goto S. (2017) Genetic basis of altitudinal adaptation in *Abies sachalinensis*. 第64回 日本生態学会大会
- 石塚・矢野 (2016) 国際会議*Abies* 2016の開催, 北海道の林木育種, 59号2巻

道北地域における有用広葉樹の 効率的な人工造林手法の開発

担当G：道北支場

協力機関：中川町、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

研究期間：平成28年度～30年度 区分：受託研究

研究目的

道北地域における有用広葉樹（ミズナラ・オニグルミ）の人工造林を効率化するため、植栽した有用広葉樹の初期成長を促進する手法を開発すること、および、広葉樹造林における下刈りを効率化することを目的とする。また、今後の有用広葉樹増人工林施業に役立つ情報収集を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

植栽試験地：中川町町有林
実態調査地：中川町民有林、北海道大学中川研究林

植栽試験の方法：植栽試験地の設定および作業効率調査、土壌調査
実態調査の方法：20m×40mプロットの毎木調査（胸高直径、樹高、枝下高）

研究成果

1. 植栽試験地の設定および作業効率調査

ミズナラ・オニグルミそれぞれの植栽試験における処理区は、ササの根茎および表土を除去した表土除去区（図1）、ササの根茎に付着した表土を振るい落とした表土埋戻し区（図1）とした。また、グループ付バケットを装着したバックホウによる地拵え作業時間は、表土除去区が33.2（時/ha）、表土埋戻し区が64.8（時/ha）であった。

2. 植栽試験地の土壌調査

表土除去区と表土埋戻し区とでは、物理的性質は異なるが、化学的性質に大きな違いは見られなかった（表1）。

3. ミズナラ・オニグルミ人工林の実態調査

広葉樹人工造林における適正な造林方法の検討に必要な基礎資料を得るため、広葉樹造林地の実態調査を行った（表2）。



図1 表土除去区（上）と表土埋戻し区（下）の施工状況

表1 植栽試験地の土壌調査

項目	表土除去区	表土埋戻し区
土質の分類名	砂まじり細粒分質礫	砂礫まじりシルト
有効態窒素(mg/100g)	2.6	2.7
有効態リン酸(mg/100g)	1.9未満	1.9未満
交換性カリウム(mg/100g)	27	31

注：調査委託先は（株）イーエス総合研究所。

表2 ミズナラ・オニグルミ人工林の実態調査

NO.	樹種	所在	植栽年	林齢年	面積ha	施業方法				生存本数/ha	生存率%	平均値			
						植栽	刈払幅m	置幅m	列間m			苗間m	直径cm	樹高m	枝下高cm
1	ミズナラ	中川町板谷	1992	25	0.48	3条植	3.0	4.0	1.0	1.0	2,860	65	10.4	9.3	383
2	ミズナラ	中川町蒼	1992	25	0.32	3条植	3.0	4.0	1.0	1.0	2,068	47	11.3	8.8	373
3	オニグルミ	中川町中央	1938	79	2.96	1条植	1.0	2.0	-	2.0	287	17	27.8	13.2	379

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・蓮井ほか（2016）道北地域における有用広葉樹の効率的な人工造林手法の開発（2016）。受託研究報告書 11pp