

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

担当G：森林環境部樹木利用G

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

研究期間：平成29年度～令和3年度 区分：経常研究

研究目的

本道に自生するツルコケモモを新規の栽培作物として農家へ普及させることを目的として、①遺伝資源の収集、②クローン苗の生産技術の開発、③系統の育成をおこなう。

研究方法(調査地概要や調査方法)

項目	方法
①遺伝資源の収集 ②クローン増殖技術の開発	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、開花期間の6月上旬から下旬に掛けて、早生1個体と中生2個体を選抜した(写真1)。



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

②クローン増殖技術の開発

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

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

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

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



写真-2 トレハロースを添加した培地で誘導した多芽体

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

道央地域の街路樹の植栽環境と生育特性に関する研究

担当G：森林環境部樹木利用G

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

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

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

研究成果

①街路樹の植栽環境調査

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

②街路樹としての樹木の生育特性調査

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

*1：形状比＝樹高÷胸高直径、太くて樹高が低いほど数値は小さくなる

*2：樹冠長率(%)＝樹冠長÷樹高×100、(樹冠長＝樹高－枝下高)

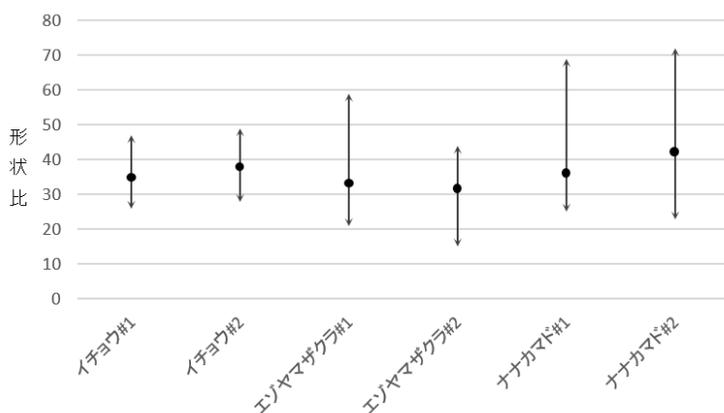


図-1 札幌市内6路線の各街路樹の形状比

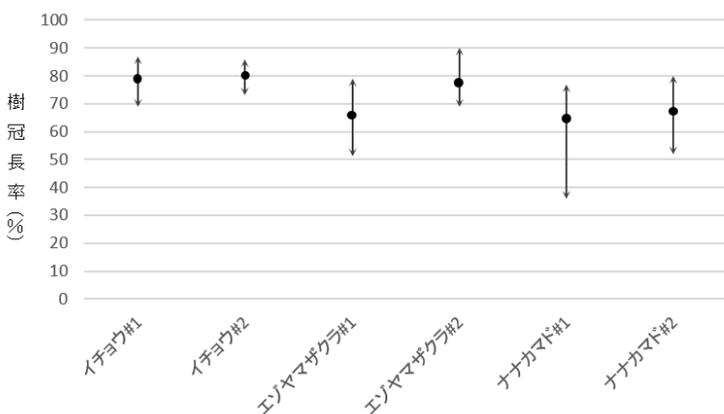


図-2 札幌市内6路線の各街路樹の樹冠長率

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

天然生林における単木・林分レベルの成長予測技術の高度化

担当G：森林経営部経営G

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

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

解析対象範囲：全道の天然林

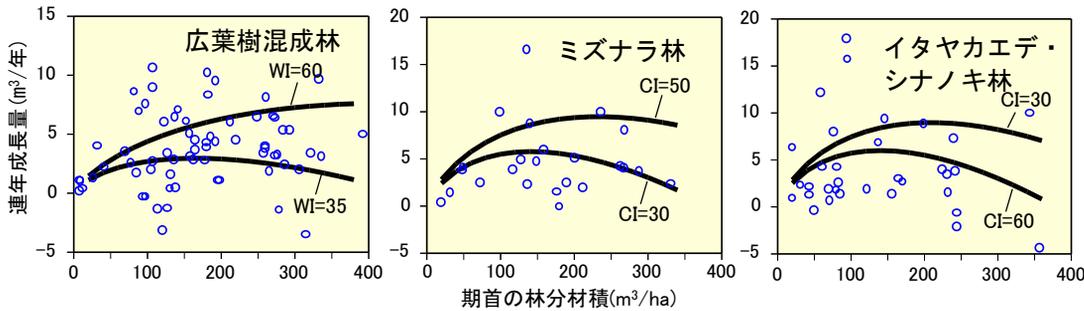
- ・林分レベルの成長解析（連年成長量）
林分数：約300
- ・単木レベルの成長解析（肥大成長量）
解析対象の立木本数：約15,000本

解析内容：

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

研究成果

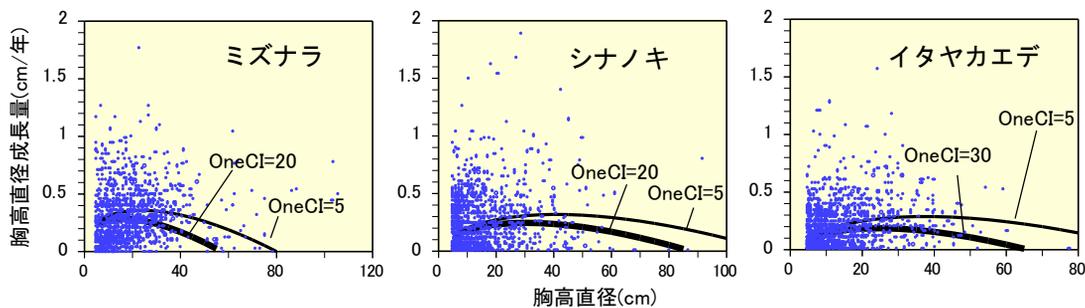
○林分の連年成長量に影響する要因



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

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

○単木レベルの肥大成長量に影響する要因



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

図-2 単木の期首の胸高直径と胸高直径成長量との関係

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

グイマツ雑種F₁に対応した成長量と出材量の予測

担当グループ：森林経営部経営G、道南支場

協力機関、研究機関：北海道水産林務部森林環境局森林活用課・林務局森林計画課、
林産試験場

研究期間：平成29年度～30年度

区分：経常研究

研究目的

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

研究方法(調査地概要や調査方法)

データ(以後、グイマツ雑種F₁を単にF₁という)

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

解析方法

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

研究成果

(1) F₁の成長データの収集及び生育特性の把握

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

表-1 地理的・気象的要因等により予測した振興局別の平均地位指数比較

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

(2) F₁の成長量の推定及び収穫予測

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

※全道平均：F₁ 23.0, カラマツ 22.3

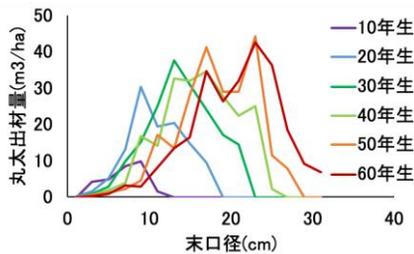


図-1 F₁の末口径階別丸太出材量予測(十勝総合振興局)

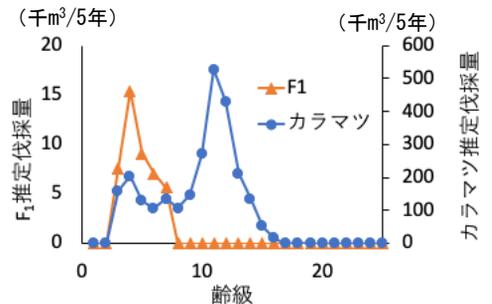


図-2 F₁及びカラマツの推定伐採量(材積)

(3) F₁の資源量把握と出材予測

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

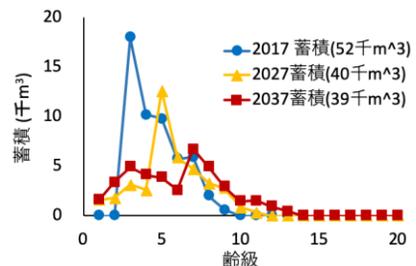


図-3 F₁人工林の年齢別材積(蓄積)分布の2017年現況(青)及び、10年後(黄)と20年後(赤)の予測

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

滝谷美香(2019)平成31年度森づくり研究成果発表会(4月札幌;口頭)

UAVを用いた天然更新木の判読技術の開発

担当G：森林経営部経営G

協力機関：工業試験場、北海道水産林務部森林環境局森林活用課・林務局森林計画課、
オホーツク総合振興局東部森林室、石狩振興局森林室

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法

調査地

北見市・千歳市・池田町・清里町
民有林
皆伐跡地（伐採後5～7年）

調査方法等

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

研究成果

1. 天然更新地における更新状況の実態把握

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

2. 天然更新地におけるUAVによる空撮方法の検討

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

3. 天然更新調査におけるUAV活用の可能性解明

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

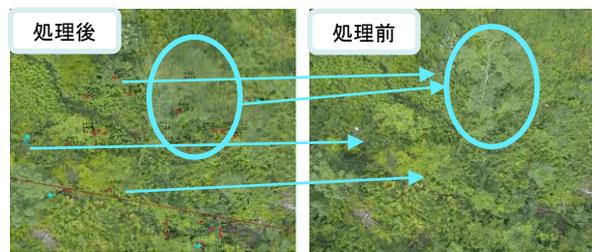


図-1：オルソ画像に立木位置を表示したもの（左図）
ほぼ同一地点の処理前の画像（右図）

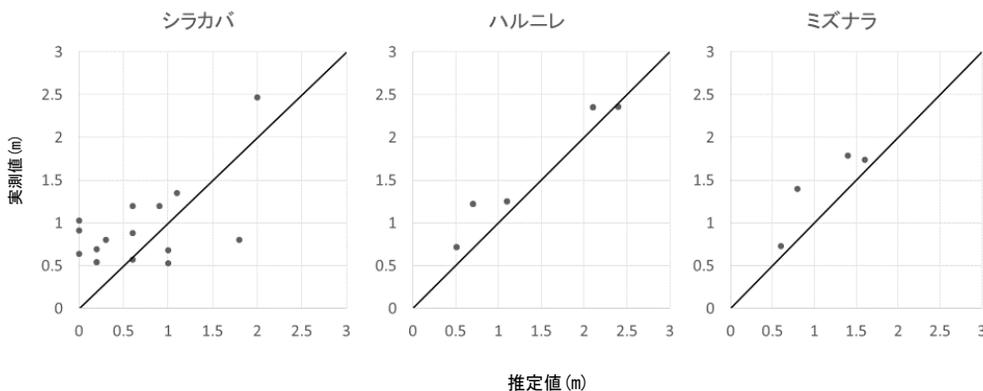


図-2：3Dの点群データから推定した樹高と実測値の比較
樹種の判別は毎木調査結果を元に目視で行った

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

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

車載カメラを用いた林道の三次元景観モデリングの可能性

担当G：森林経営部経営G

研究期間：平成30年度

区分：職員研究奨励事業

研究目的

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

研究方法

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

試験項目

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

研究成果

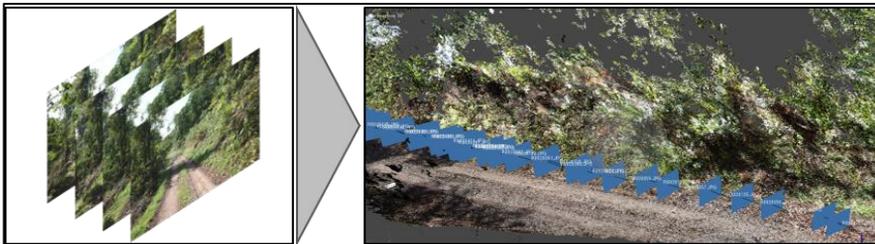


図-1. 解析のイメージ

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

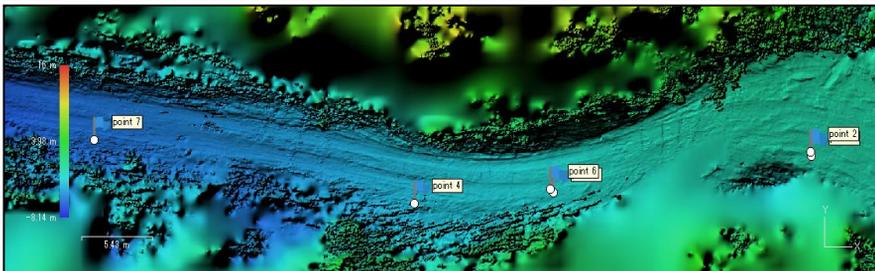


図 2. 路面の高精細凹凸モデル

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

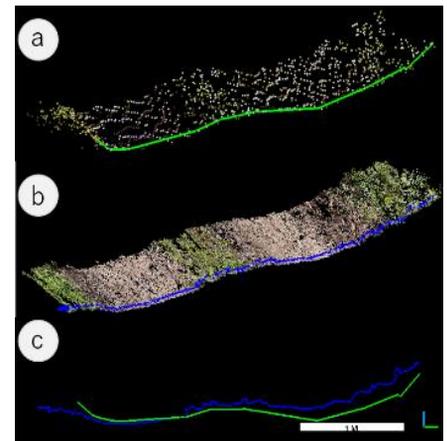


図-3. 地上レーザースキャナと車載カメラで作成した三次元点群と点群から作成した林道の横断面の比較
 aは地上レーザーのデータ。bは車載カメラのデータ。cは両データから作成した横断面の比較（緑色：地上レーザー、青色：車載カメラ）。車載カメラでも地上レーザーと同様にわだちを表現できているが、モデルの一部で歪みが認められる。

高精細森林情報を用いた針葉樹人工林の 地位指数推定技術の高度化

担当G：森林経営部経営G

協力機関：北海道水産林務部森林環境局道有林課、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、千葉大学園芸学部、東京大学空間情報科学研究センター

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

研究目的

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

研究方法

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

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

研究成果

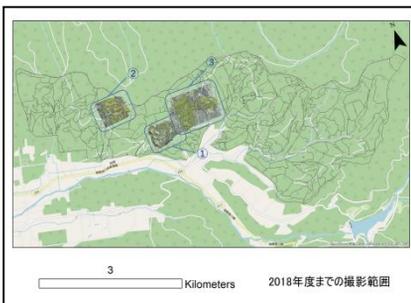


図-1. モデル地区全景と撮影範囲

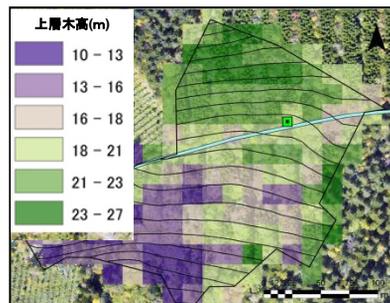


図-2. DCMより作成した上層木高の空間分布

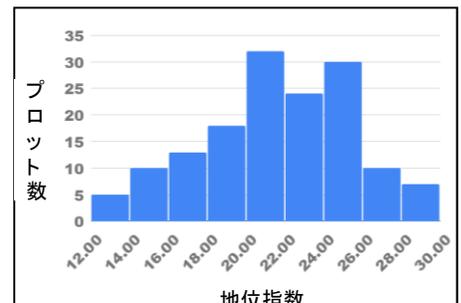


図-3. 図2で示した小班内の地位指数の頻度分布

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

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

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

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

UAVを活用した低コスト森林調査手法の研究

担当G：森林経営部経営G

共同研究機関：工業試験場情報システム部

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

研究期間：平成30年度～令和2年度

区分：経常研究理事長枠

研究目的

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

研究方法

調査地：当別町有林3ヶ所、光珠内実験林1ヶ所、十勝管理区1ヶ所、上川南部管理区1ヶ所の計6ヶ所(39～57年生)のトドマツ人工林

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

研究成果

1. 空撮画像及び現地調査による単木材積の推定

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

表-1：実験林トドマツ樹高推定結果
(n=25)

実測平均樹高(m)	推定平均樹高(m)
22.5	22.8

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

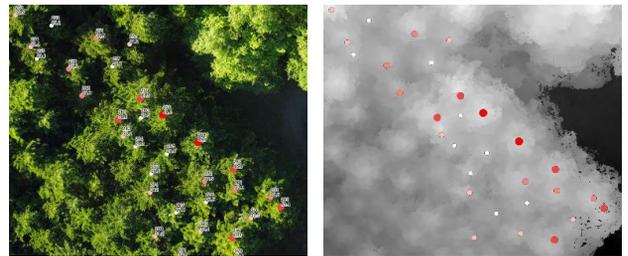


図-1：オルソ画像(右)とDSM(左)に立木位置を重ねた図
左はオルソ画像、右はDSM。点の位置が立木位置、点の大きさと色は径級

2. 立木本数推定のための機械学習、及び主要樹種判別のための機械学習

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



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

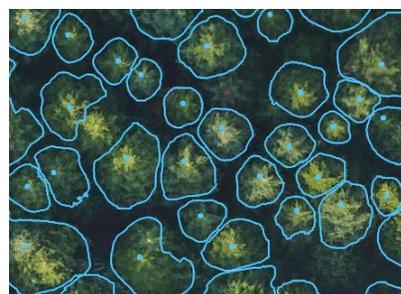


図-3：機械学習により推定した樹冠領域と樹頂点位置

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・竹内史郎・近藤正一・滝谷美香・蝦名益仁・石濱宣夫・大野康之・全慶樹・藤澤怜央(2019) UAV-SfMデータとDeep Learningを用いたトドマツ人工林単木材積推定の試み、第130回日本森林学会大会

地域・産業特性に応じたエネルギーの分散型利用モデルの構築

担当G：森林経営部経営G・道南支場

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

研究期間：平成26年度～30年度 区分：戦略研究

研究目的

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

研究方法

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

研究成果

1. 枝条など未利用材の効率的な収集方法の検討

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



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

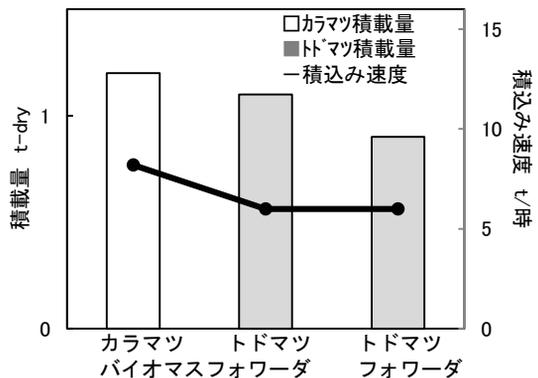


図-2 バイオマス収集工程調査結果

2. 富良野圏域の木質バイオマス増産可能性の検討

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

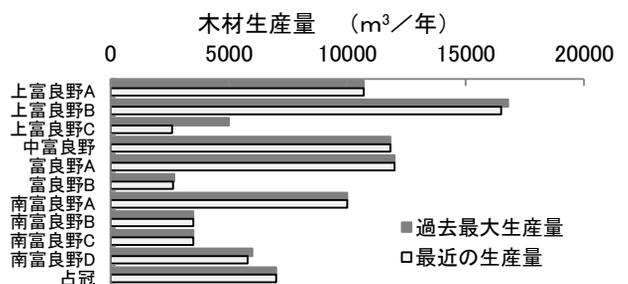


図-3 富良野圏域で活動する事業体の製材・パルプなどを含む木材生産量

3. 木質バイオマスの賦存量・利用可能量の推定手法の開発

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



図-4 一般民有林における伐採推計値と統計値の比較

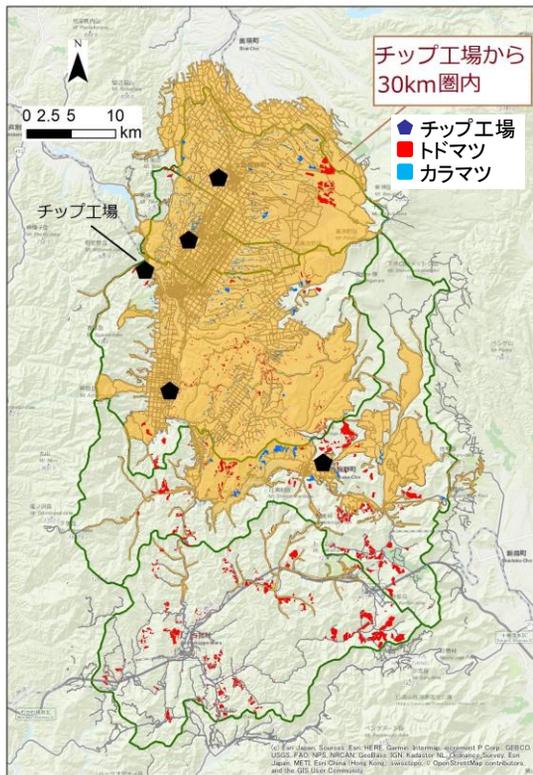


図-5 チップ工場と供給可能圏域 (30km圏内)

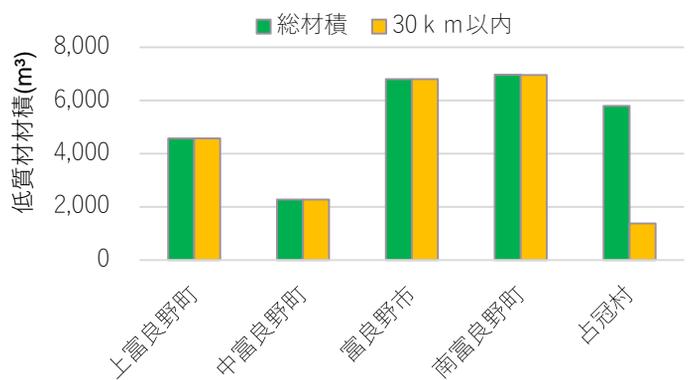


図-6 低質材供給可能量の推計

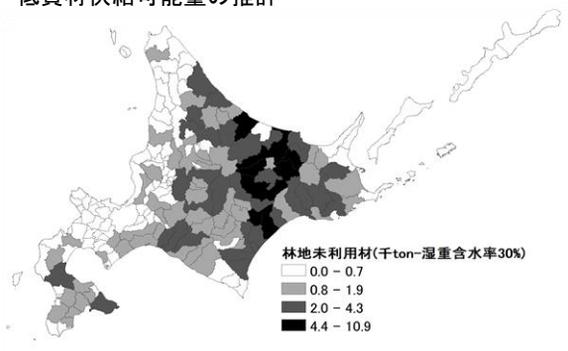


図-7 市町村別林地未利用材の供給可能量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

苗木需要量の増加に対応したコンテナ苗生産・植栽システムの開発

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

共同機関：森林総合研究所、九州大学

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

研究期間：平成28年度～30年度 区分：重点研究

研究目的

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

研究方法

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

研究成果

1 よいコンテナ苗とは一植栽成績から探る

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

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

+は要因の値が大きいくほど成長量が大
きい、-は逆

カラマツ

- 根元径が太い苗で成長促進されます。

トドマツ・アカエゾマツ

- 大きいセル容量（根鉢）のコンテナ、根元径が大きい苗or苗長が大きすぎない苗で成長促進されます。

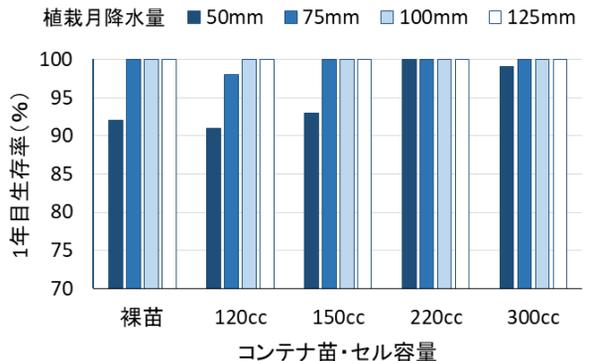


図-1 カラマツ裸苗とコンテナ苗の植栽月降水量別生存率

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

2 よいコンテナ苗を育てる—カラマツ1粒播種コンテナ苗育苗技術—

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

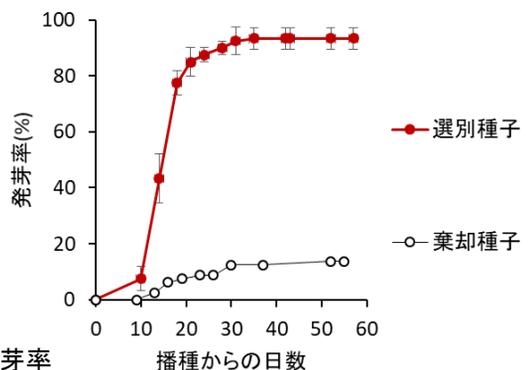


図-2 近赤外光で選別された種子と棄却された種子の発芽率

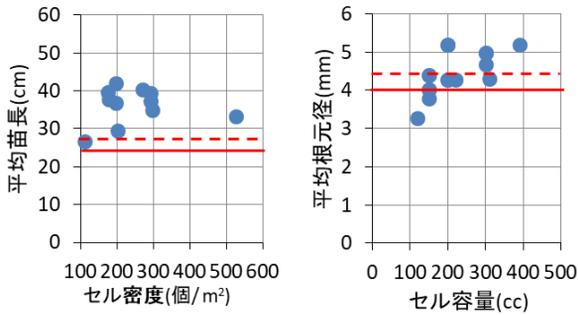


図-3 カラマツ播種コンテナ苗の成長とセル密度、セル容量の関係
実線は種苗生産団体が暫定的に定めた苗木規格の下限値、点線は下限値+10%

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

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

3

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



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

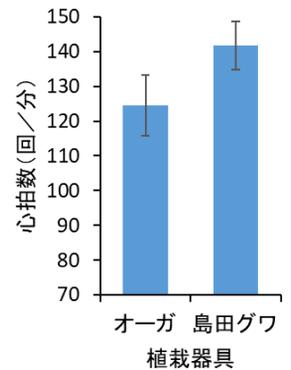


図-6 作業時の心拍数

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

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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

気候変動の影響緩和を目指した北方針葉樹の 環境適応ゲノミクス

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：東京大学、森林総合研究所、森林総合研究所 北海道支所

協力機関：明治大学

研究期間：平成28年度～令和元年度

区分：公募型研究

研究目的

樹木は、現在進行しつつある気候変動に迅速な対応ができず、成長パフォーマンスの低下といった負の影響も見込まれる。しかし、造林に用いる種苗の産地や母樹を適切に選択し、将来環境にも適応しうるゲノム組成を有する森林へと更新を図ることができれば、予想される気候変動の影響を緩和できる可能性がある。そのためにも、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。昨年より継続して、今年度もトドマツの検定林や交配試験地を材料に解析を行う。

研究方法(材料と調査方法)

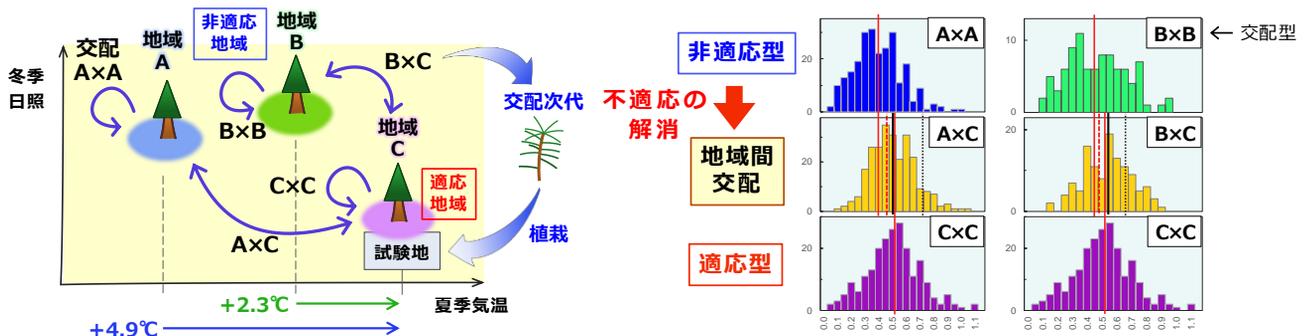
材料(調査地)：

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

調査方法・実験方法：

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

研究成果



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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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