

UAVを用いた天然更新木の判読技術の開発

担当G：森林資源部経営G

協力機関、研究機関：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、石狩振興局森林室普及課

研究期間：平成29年度～31年度 区分：経常研究

研究目的

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(調査地概要や調査方法)

調査地

北見市・千歳市 民有林
皆伐跡地(伐採後5～7年)
更新地面積 約10ha

調査方法等

- 1.各天然更新地に10m×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※)

研究成果

1. 天然更新地における更新状況の実態把握

- 各調査地内に10m×10mのプロットを合計8個設置した。各プロットにおいて樹高1m以上の木本種について位置、樹高を計測し、高木種については胸高直径も計測した。
- 立木本数は1プロット当たり1000～8800本/haと大きくばらつきが見られた。

2. 天然更新地におけるUAVによる空撮方法の検討

空撮方法について以下のノウハウが得られた。

- a. 高解像度DSMを得るため、低高度(70m以下)及び高高度(100m以上)の二段階の自動飛行が必要
- b. 様々な天候に対応するための露出設定を把握
- c. ドローン(Phantom4)のみで作成したDSMよりも、機材を変更(ミラーレス一眼、対空標識(GCP)、高精度GNSS)し、後処理(PPK)をした場合、誤差(RMSE)が小さくなった(表1)
- d. 機材が異なるため正確な比較はできないが、毎木調査の立木位置をDSM上の立木と合致させるにはGCPと高精度GNSSを使った空撮が必要(図1、表1)

表1：撮影方法別のRMSE

UAV機材別 撮影方法	経度方向 RMSE(m)	緯度方向 RMSE(m)	標高方向 RMSE(m)	3方向合計 RMSE(m)
Phantom4	0.935367	1.41329	0.799914	1.87408
ミラーレス一眼+ GCP+高精度GNSS	0.497378	0.694809	0.057042	0.856386

GCPと高精度GNSSによって精度が向上した。立木位置情報と整合性を取る場合、Phantom4の水平誤差は樹冠半径を超え得るため無視できない。

3. 天然更新調査におけるUAV活用の可能性解明

夏期、秋期の2回の空撮撮影画像を使って、DSM、オルソ画像を作成した。下層植生の違い(ササ、高茎草本など)によって、樹木の識別や樹種の判読を行うための最適撮影時期、期間に違いがあることが想定された。

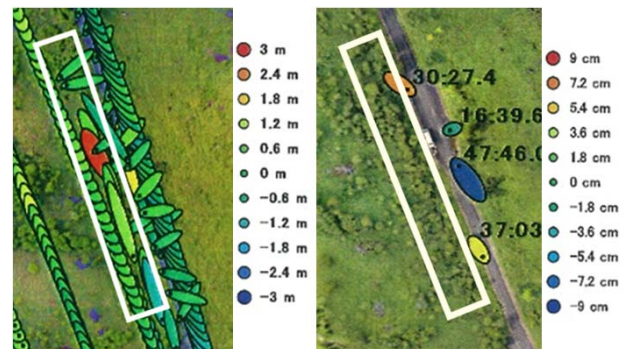


図1：調査地のオルソ画像と撮影方法ごとの誤差
左はPhantom4のみで作成、右はミラーレス一眼、GCP、高精度GNSSで作成した。矩形はプロットの範囲。楕円の変形方向が経緯度方向の誤差を表し、凡例は標高方向誤差を表す

※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・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

グイマツ雑種F₁に対応した成長量と出材量の予測

担当G：森林資源部経営G

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、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

- 森林吸収源調査データ、生育状況調査データ
(カラマツ 1376林分；うち180林分を解析対象、グイマツ雑種F₁ 98林分)
- 一般民有林森林GIS属性データ

解析方法

- 林分の平均樹高および個体の樹高に対する林齢や地域の効果を解析
- グイマツ雑種F₁の施業面積割合算出

研究成果

(1) グイマツ雑種F₁の成長データの収集及び生育特性の把握

- カラマツ人工林の林齢及び平均樹高との関係のグラフ(図-1、水色点)に、グイマツ雑種F₁の値(同、紺色点)を重ねて比較
- 林齢15～32年の範囲における平均樹高：カラマツ 13.9±3.08m、グイマツ雑種F₁ 14.3±2.96m

(2) グイマツ雑種F₁の成長量の推定及び収穫予測

- 上記F₁データ及び、林齢の同範囲であるカラマツ人工林データ(180林分)により、旧支庁や平均直径などを固定効果とした一般化線形モデルによるモデル選択を実施
- 林分の平均樹高に対する、平均胸高直径、林齢の正の関係を確認(図-2)
- 網走や十勝地域では、グイマツ雑種F₁でカラマツよりも、平均樹高が高く、個体レベルで樹高を比較した場合も、同様の傾向(図-2)
- 留萌地域などは、カラマツの方が樹高が高い

(3) グイマツ雑種F₁資源量把握と出材予測

- 一般民有林のグイマツ雑種F₁林分における間伐の実施は32%(平成26年時)
- 齢級構成から、今後は利用間伐も増加と考察

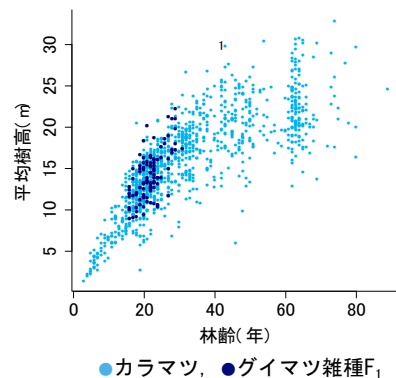


図-1 林齢に対する平均樹高の関係の比較

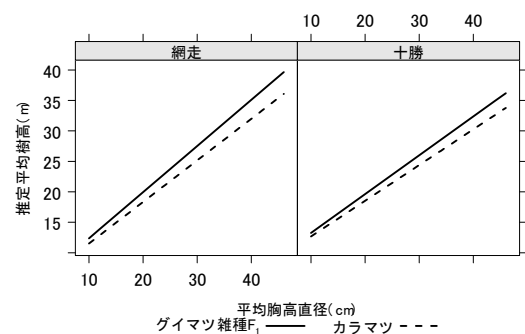


図-2 20年生林分における平均直径との平均樹高(推定値)との関係(網走、十勝の例) 平均胸高直径に対する平均樹高の値は地域的な影響を受ける。網走や十勝地域では、グイマツ雑種F₁で高い傾向にある

※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

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 滝谷美香 (2018) 北海道におけるグイマツ雑種F₁及びカラマツ人工林の成長の比較. 第129回日本森林学会大会(高知市)

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

木質バイオマス供給量の増産の是非について、バイオマス生産に関連する木材生産力について、富良野圏域5市町村の素材生産事業体への聞き取り調査を実施。

2. バイオマス発生量予測マップの作成

富良野圏域5市町村における低質材の利用可能量について、伐採地とチップ工場およびこれらを繋ぐ路網データより推定。

研究成果

1. 賦存量・利用可能量の推定方法の開発

11の事業体への聞き取り調査の結果、近年の木材需要増加を受けて、最近の木材生産量は創業以来の生産量に達している状況にあり（10事業体）、現状では増産の余地が無いことが明らかとなった（図-1）。

2. バイオマス発生量予測マップの作成

富良野圏域での低質材の材積は24千 m^3 と推定された。一方、チップ工場への原木の経済的な輸送距離を考慮した場合、利用可能となる量は19千 m^3 と推定された。特に、チップ工場が近隣に無い占冠村では、既存のチップ工場を利用する場合、低質材のうち10%のみが経済的に利用可能と推定された（図-2、3）。

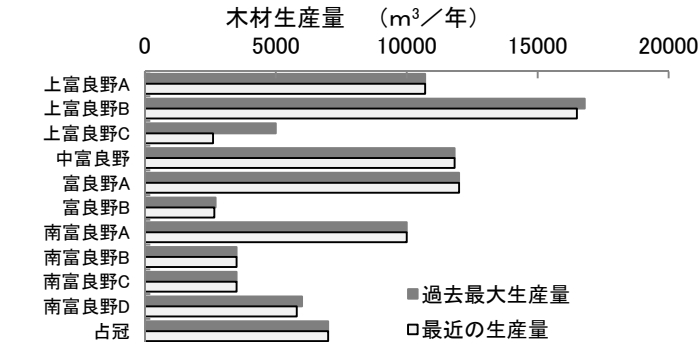


図-1 富良野圏域で活動する事業体の製材・パルプ等を含む木材生産力

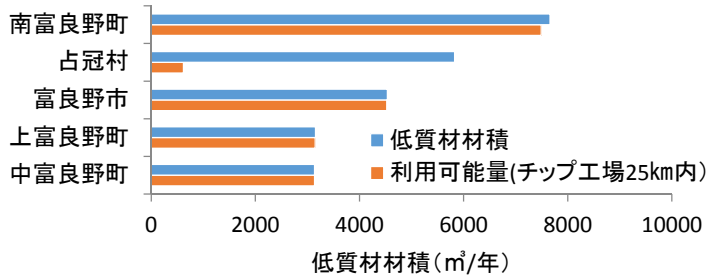


図-3 市町村別の低質材材積および利用可能量

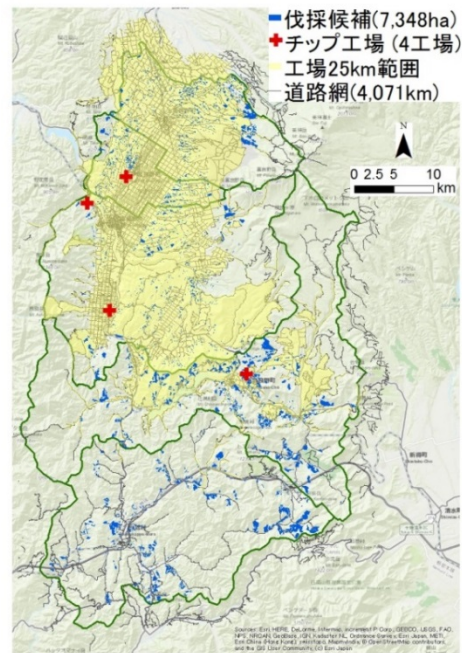


図-2 抽出された伐採候補の小班とチップ工場から25km範囲の位置

研究成果の公表

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

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条件を解析する。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どうかを検討するため、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) 直近の7年間(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) 得苗率に関わる気象条件 成績集計より、得苗成績には夏期までの幼苗数が重要であった。カラマツ・トドマツの夏期の幼苗数に影響した気象要因やその他の属性を解析したところ、樹種や播種の季節によって結果は異なった(表1)。例えばカラマツ・春播種の場合には、灌水使用の効果に加え、6月下旬の寡雨が環境ストレスとして検出された(図1)。灌水等の育苗体系や、播種季節、播種タイミングを適切にすることによってストレス回避を図れる可能性があることがわかった。

樹種・季節	選択された変数			
	気象1	気象2	属性1	属性2
カラマツ 春播種	6月下旬 降雨 (+)*		播種 量 (+)*	灌水 無→有 (+)
		4月下旬 気温 (-)*	播種 量 (+)*	種子 ロット (X)*
トドマツ 春播種	播種20～30 日後気温 (-)*	3月 中旬 降雨 (-)*	播種 量 (+)*	所在 地域 (X)*
		7月下旬 降雨 (-)*	3月 中旬 降雨 (+)*	播種 量 (+)*

* p < 0.05, (*) 0.05 < p < 0.1

表1. 発芽当年夏期の幼苗数に影響を与えた要因統計解析により選択された変数を示し、カッコ内に効果の向きを示す(表せない名義変数の場合はX)

- (2) 育苗環境、遺伝的背景の違いによるパフォーマンス差 とくに開葉期の乾燥ストレスがカラマツの成長に顕著な影響を与えることが示されたが、ストレス条件下でも成長が大きく劣らない家系がみられ(図2)、今後の遺伝的改良の可能性があることがわかった。

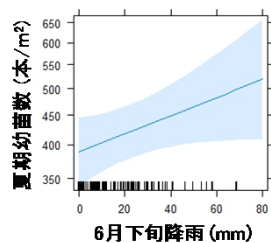


図1. 気象要因の効果 実線が推定値曲線、網掛けが信頼区間

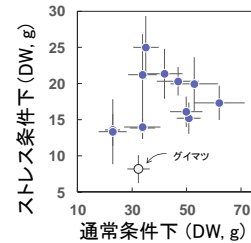


図2. カラマツ家系列の異なる水分条件下での成長応答 通常、ストレス条件にて育苗

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

石塚 航 (2018) 適応進化を考慮した林業の展開と挑戦(シンポジウム 進化を考慮した応用生態学の展開:理論と実践)、第65回日本生態学会大会

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) 森林研究・整備機構 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。

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) グイマツ精英樹等29家系(上記2家系含む)。カラマツ属他種10家系(比較対象)。

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な変異情報収集。開葉、黄葉フェノロジー等調査。

研究成果

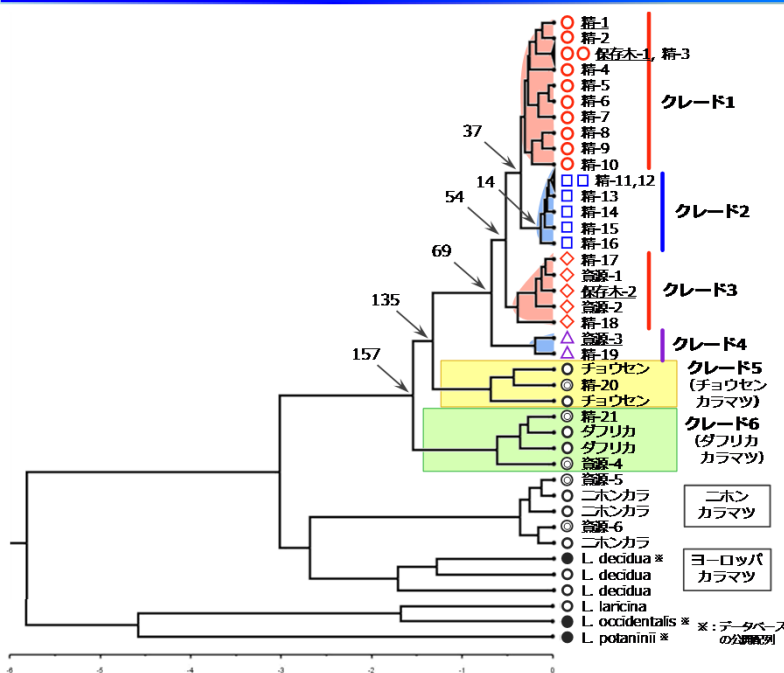


図. 葉緑体全ゲノム情報を用いた遺伝的系統と分岐年代推定系統樹末端にサンプル情報を示す(グイマツは精英樹(精)、遺伝資源木(資源)、保存木に区分)。枝の数字が推定分岐年で単位は万年。

・グイマツ系統的ルーツの解明

全サンプルで葉緑体全ゲノムを解読し、その配列比較から遺伝変異情報を網羅的に収集した。変異情報をもとに遺伝的系統関係を推定したところ、グイマツの中に4つのクレード(遺伝的に単一のまとまり)を認めることができ、色丹島にルーツを持つクレードが2つ(クレード1、3)、樺太にルーツを持つクレードが2つ(クレード2、4)があると推定された(図)。これらの遺伝的分化は浅いこと、また、色丹島ルーツのクレードが派生的なことが分かった。さらに、グイマツ精英樹や遺伝資源の中には、チョウセンカラマツやダフリカカラマツに分類されるものがあることも新たに分かった。

・育種利用の評価

台帳情報や形態から推定されてきたこれまでの2系統がクレード1、2内で混在すること、また、育種利用はクレード1に偏ることが分かり、今後のグイマツ育種に向け有益な知見を得た。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚ら(2017) グイマツ育種材料の系統評価—葉緑体全ゲノム情報を用いて—, 森林遺伝育種学会第6回大会
Ishizuka W. et al. (2017) Draft chloroplast genome of *Larix gmelinii* var. *japonica*: insight into intraspecific divergence, J. For. Res., 22 (6), 393-399
石塚航(2017) 北海道内のグイマツの遺伝資源情報, 林業試験場年報, 54, 23-29.
LC228570, LC228571, LC228572 ; DDBJ (<http://www.ddbj.nig.ac.jp>) ※葉緑体全ゲノム配列の公表番号

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（隔年・連年区）、まるやま（隔年・連年区）

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

研究成果

施肥を処理した区画では着果数が無処理区に比べ多く、無処理区での処理前後の変化量を1とした時、尿素隔年区では1.3倍、尿素連年区では3.8倍、まるやま隔年区では2.6倍、まるやま連年区では1.8倍だった。特に、尿素連年区では2,624個、4,079個着果した個体があった。

8月に球果を採取し長径・短径、種子重を測定した結果、球果サイズと種子重量には正の関係があったが、施肥により球果サイズを大きくする効果は認められなかった。

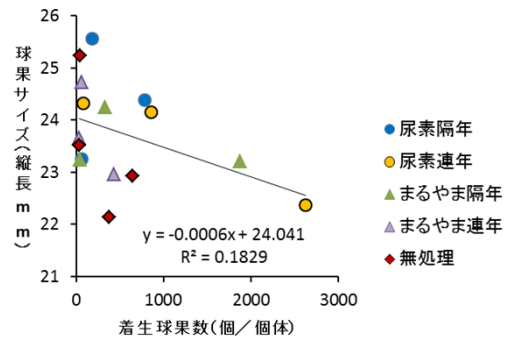
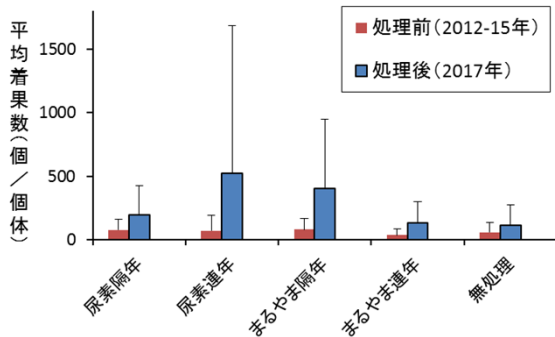


図1 グイマツの処理別にみた処理前後の着果数
2015～2016年に処理し2017年の着果数を調べた。

図2 グイマツの球果数と球果サイズの関係

カラマツ接ぎ木ポット苗に施肥した結果、一部のクローンで、施肥量が多いほど着花数が増えた。



写真1 尿素連年区で4,000個以上着果した個体

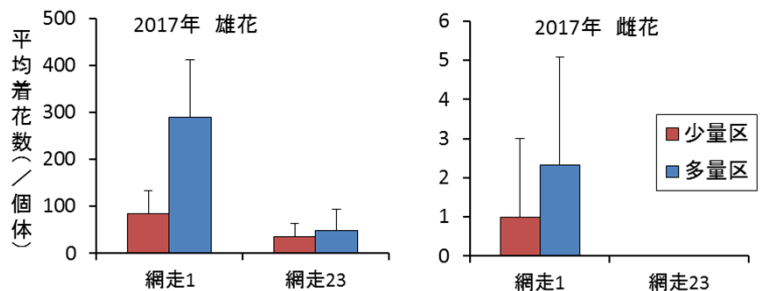


図3 カラマツポット苗での施肥翌年の雄花と雌花の平均着生数

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

平成29年度道有採種園整備実施体制プロジェクトチーム第2回会議, H30年1月26日

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：芦別市、三笠市、浦臼町・当別町、美唄市・奈井江町、厚真町、中川町、浦河町、津別町)

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(5m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

表-1 崩壊地点のロジスティック回帰分析結果

- 合計227箇所の路網崩壊箇所を確認した。各地区とも盛土側の斜面崩壊は多く確認された。一方、三笠・岩見沢地区や美唄・奈井江・赤平地区では路面侵食、中川地区では切土側の斜面崩壊、津別地区では路体や橋の崩落が多く確認された(表-1)。
- 崩壊形態を従属変数としたロジスティック回帰分析により要因を分析した。その結果、切土法面及び盛土法面の崩壊では集水地形と未固結地質(火山灰地等)が要因と考えられた。また、切土法面の崩壊では法高、路面侵食では道路勾配と河川横断が要因と考えられた。

調査地区	切土斜面崩壊	盛土斜面崩壊	路面侵食	路体・橋崩落	側溝侵食
当別・月形・浦臼・新十津川	12	25	13	0	0
三笠・岩見沢	3	10	19	0	0
美唄・奈井江・赤平	1	5	9	0	0
芦別	7	16	3	2	0
厚真	11	24	0	4	0
中川	13	13	0	1	0
浦河	7	14	5	1	0
津別	1	3	0	4	1
総計	55	110	49	12	1

2) GISによる崩壊現場の地形解析

- 厚真地区で確認した崩壊地点(30地点)と未崩壊地点(95点)を解析対象地点とし、崩壊形態を従属変数、解析対象地点の周囲半径10m以内の地形量を説明変数とした決定木分析を行った。その結果、盛土法面の崩壊は地形変換点を示す地形量、切土法面の崩壊は縦断曲率と標高で判別可能と分析された。この結果より、潜在的な崩壊危険地の推定図を作成した(図-1)。

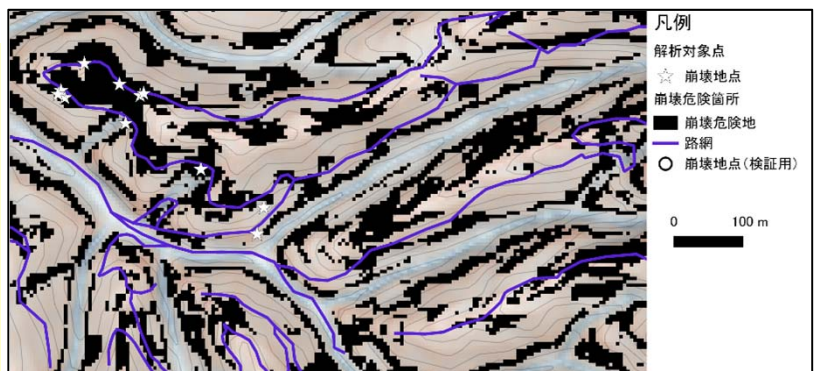


図-1 潜在的な崩壊危険箇所の推定図

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

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

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・森林資源部経営G・林産試験場製品開発G

共同機関：(国研)森林研究・整備機構 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(110箇所)
 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1ロット、母樹別採種園産種子5ロット)
 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工程調・労働強度調査(1か所)

研究成果

1 苗木規格の提案

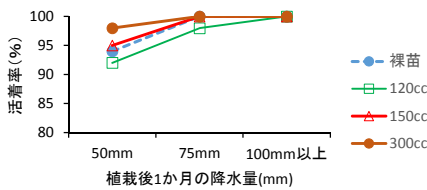


図-1 カラマツコンテナの活着率

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前の低温湿層処理により発芽率が高まり、93%(図-2)、平均苗長37cm、平均根元径4.0mmで1粒播種でも実用化可能な結果であった。また、母樹別の複数ロットの種子でも高い発芽率が得られた(表-1)。

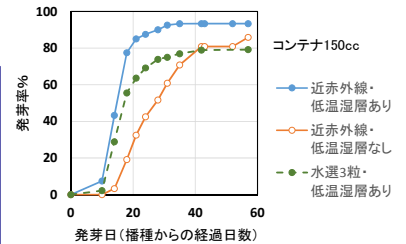


図-2 カラマツ近赤外線選別種子の発芽率(母樹混合事業用種子)

トドマツ、カラマツのコンテナ苗の生残率は裸苗より高いが植栽月降水量が少ないと低下する傾向があった(図-1)。苗木規格別の活着成長は、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。

表-1 近赤外線選別したカラマツ母樹別種子の発芽率

項目	留萌4	根室8	中標津2	上川23	空知9
近赤外光採択率%	44.4	48.7	49.4	51.7	88.7
(調査種子数)	(723)	(700)	(792)	(776)	(779)
発芽率%	97	98.1	100	97.9	97.9
(調査種子数)	(33)	(53)	(96)	(96)	(96)

発芽試験の条件：プレート30℃12h/20℃12h3週間

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



図-3 開発した小型運搬機

小型運搬機の運搬により梱包作業がなくなることで、小運搬効率が高まることにより苗畑の梱包からの植栽までの生産性が10%向上した(表-2)。またオーガ植栽(オーガ穴掘り・穴入れ)は、クワ植栽より心拍数が減少し、労働強度が軽減された(図-4)。

工程	既存方法		改良方法	
	器具等	人工数(人・日)	器具等	人工数(人・日)
梱包	ダンボール	0.56	コンテナ容器	-
トラック輸送	ダンボール	0.31	専用棚	0.56
小運搬	苗木袋	1.06	小型運搬機	0.59
植栽	島田鍬	2.03	オーガ	2.07
植栽工程その他	移動・休憩等	0.26	移動・休憩等	0.57
コンテナ返却	-	-	宅急便	0.05
全体	-	4.21	-	3.84

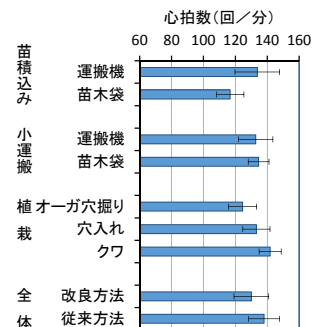


図-4 作業種別心拍数

傾斜角30度以下でコンテナ容器を4つを運搬できる小型運搬機を開発した(図-3)。

表-2 コンテナ苗1000本当たりの出荷から植栽まで必要人工数

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)、津山ほか、北方森林研究, 66: 69-72 (2018)
- ・発表：来田：「未来につなぐ森林づくり交流会」(2017)、来田ほか、129回森林学会 (2018)、津山ほか、129回森林学会 (2018)

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)森林研究・整備機構 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

1.カラマツ種子の直接コンテナ播種実証試験を2社で実施した。150cc、200ccコンテナで近赤外光選別種子で90%以上の発芽率が得られ、200ccコンテナの苗長と根径の平均値が2号規格(苗長25cm上、根径4mm上)を超えたことから実用可能であることが分かった(図1)。

2.(1)稚内市の主伐跡地でクラッシャによる根株破碎(地上部のみ)の作業工程を調査した。クラッシャによる破碎時間はトドマツ平均32秒/本、カラマツ43秒/本で、バケットによる根株掘り出しの1/6以下の作業時間であり、樹種別の根株破碎時間は根株体積と正の相関があった(図2)。
(2)カラマツ類幼齢林を対象に植栽木の樹高と植生高を多地点で調査した。クリーンラーチの平均樹高はグイマツ雑種F₁とカラマツよりも高く、下刈り期間の短縮が期待できる(図3)。
(3)カラマツとクリーンラーチの植栽試験地(岩見沢市)にて植栽後2年目の調査を実施した。いずれの処理区においてもクリーンラーチの苗高が大きく、苗の傾きが小さかった。クリーンラーチの幼齢時の良好な成長と傾き等の発生しにくさは、下刈り期間の短縮につながると考えられた。

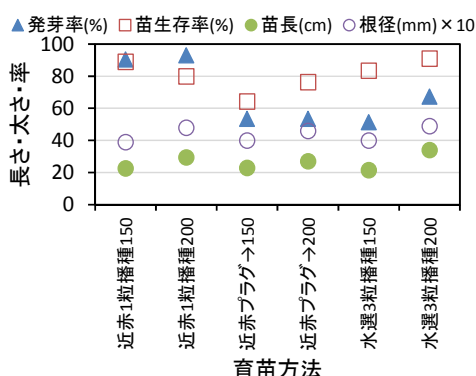


図1 近赤外光選別と水選種子のカラマツ播種苗木の成績
横軸凡例の数値はコンテナ容量(cc)、プラグは10cc程度の播種用コンテナで、発芽後、大きいコンテナに移植

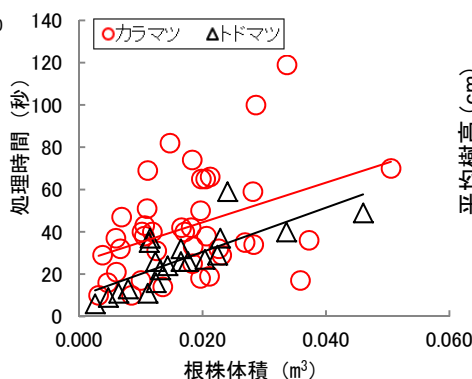


図2 根株体積とクラッシャ根株破碎時間との関係

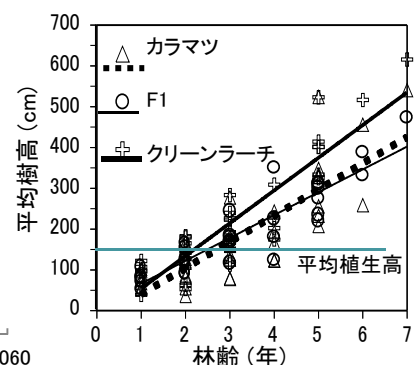


図3 カラマツ類造林地における林齢と平均樹高との関係

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

研究期間：平成28年度～30年度 区分：公募型研究

研究目的

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

研究方法

調査地：道北、道央、群馬県

試験項目：カラマツ球果内の充実種子数の計測、コンテナを用いたクリーンラーチの挿し木苗の成績

研究成果

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

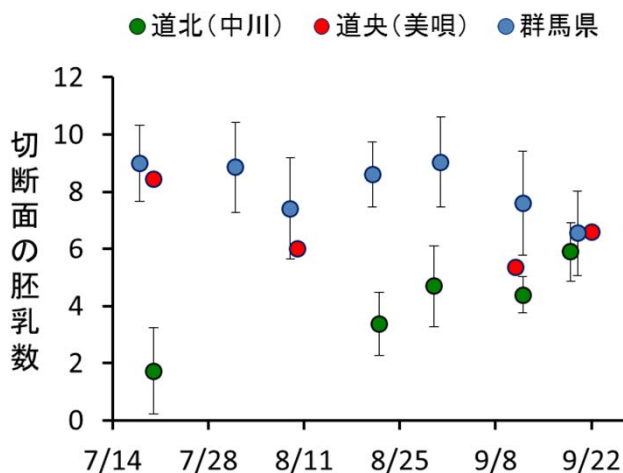


図1. カラマツ球果の切断面に見える胚乳数(上の写真)の推移

挿し木用土の構成割合と用土への元肥施用を見直したことで、挿し付け100日後には50ccコンテナ、93ccコンテナで根鉢が形成され、挿し木当年の秋(9月下旬)には移植できる育苗技術を開発した

コンテナ容器 (93cc)

育苗箱 (従来型)

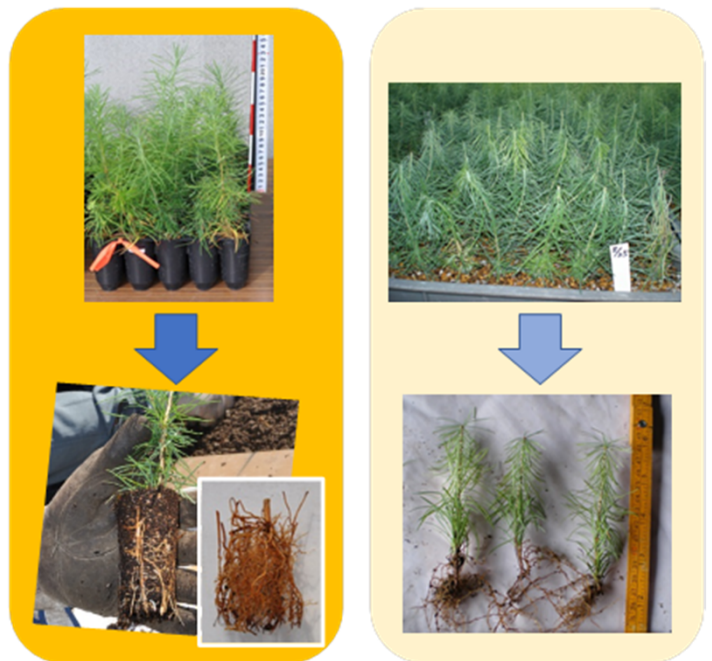


写真1 93ccコンテナ・元肥あり(左)と慣行の育苗箱・元肥なし(右)で育てた挿し木幼苗

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・クリーンラーチさし木技術向上研修会(2016年7月、2017年2月、2018年3月)
- ・第6回森林遺伝育種学会大会、2017年11月、東京大学
- ・第129回日本森林学会大会、2018年3月、高知大学

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)森林研究・整備機構 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～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。昨年より継続して、今年度もトドマツの相互移植試験、交配試験の解析を行う。

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
形質と遺伝変異の関連解析のために人工交配により作出し育成するF₂集団250個体。

調査方法・実験方法：

- (1) 現存5試験地における、30～35年生時の定期調査データ(成長パフォーマンス)と2016年の台風被害における遺伝的変異の解析。
- (2) 新設試験地へのF₂集団の植栽、DNA抽出と遺伝変異情報の収集。代表個体のRNA解析による全発現遺伝子情報の整理。

研究成果

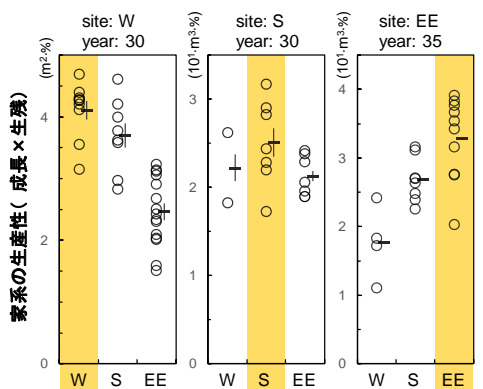


図1. 試験地別の代表3地域産の家系の生産性の比較

W; 西, S; 南, EE; 東端, ES; 東南, EN; 東北, N; 北

両図は、図中の丸が各家系値を、棒が地域平均を示し、記号が地域名を、橙色で示す場合は試験地と産地が同じであることを表す。

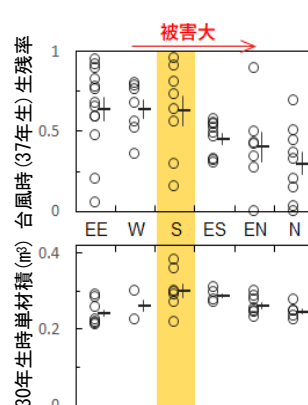


図2. 函館試験地における台風被害と成長の家系間比較

(1) 相互移植試験からみる地域適応

成長、生残ともに明瞭な遺伝的変異があることが分かり、各試験地で同地域産の家系の生産性が最も高い“地域適応”の傾向があった(図1)。函館試験地における台風被害も地域差があり、同地域産の家系は被害が少なく、かつ成長特性にも優れていた(図2)。これらから、将来の森林の健全性を図るためにも地域適応の考慮が有効であるという知見を得た。

(2) 交配集団等の遺伝的解析

F₂集団を植栽し、今後長期の成長動態に関わる遺伝的基盤の探索を行えるようにした。幼齢期の成長形質と遺伝変異の関連解析を進めるとともに、全発現遺伝子カタログTodoFirGeneを公開した(成果参照)。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石塚ら(2018) 自然攪乱の応答に地域変異があるか?—トドマツ産地試験地の台風被害から、第129回日本森林学会大会
 石塚 航(2018) 適応進化を考慮した林業の展開と挑戦(シンポジウム 進化を考慮した応用生態学の展開:理論と実践),第65回日本生態学会大会
 北村ら(2018) 北海道トドマツ保護林のEST-SSRによる遺伝的多様性と分化,第65回日本生態学会大会
 Ueno S. et al. (2018) TodoFirGene: developing transcriptome resources for genetic analysis of *Abies sachalinensis*. Plant & Cell Physiology, pcy058
 Goto S. et al. (2017) Genetic mapping of local adaptation along the altitudinal gradient in *Abies sachalinensis*. Tree Genetics & Genomes, 13, 104
 石塚 航(2017) *Abies* 2016「モミ属の生態・施業に関するIUFRO国際会議」参加報告, 森林遺伝育種, 6, 74-76

道北地域における有用広葉樹の効率的な人工造林手法の開発

担当G：道北支場

協力機関：中川町、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

研究期間：平成28年度～30年度 区分：受託研究

研究目的

道北地域では、成長が旺盛な高木性草本類やササ類が林床に広く分布しているため、植付けの前に、必要に応じてこれらの林床植生を根茎ごと除去する地拵えが行われる。この方法は、作業が容易であるため地拵え費用を低減できるとともに、刈払い程度の地拵えに比べると、林床植生の回復を大幅に遅らせることができる。また、地拵え後の植付け・下刈り作業が安全かつ容易となるため、これらの作業を省力化・低コスト化することができる。しかし、林床植生の根茎とともに植生の生育に適した表土を必要以上に除去することにもなるため、植付けした苗木の成長低下が問題となっている。これに対して、林床植生の根茎除去と表土埋戻しの両作業を行う地拵えは、根茎除去により自然植生の旺盛な回復を遅らせつつ生育に適した表土を確保できるため、植付けした苗木の成長を促進させる一方策であると考えられる。しかし埋戻した表土においては、やはり林床植生が早期に回復してくるため、下刈り作業の増加が懸念される。そこで本研究では、有用広葉樹苗木（ミズナラ・オニグルミ）の表土埋戻しや施肥による初期成長促進手法、および、自走式刈払機による下刈り作業効率化手法を明らかにすることを目的とした。また、広葉樹人工林実態調査による情報収集も行った。

研究方法(調査地概要や調査方法)

- 植栽試験：中川町町有林において、表土除去植栽、表土埋戻し植栽、施肥植栽の生育調査を行った。
- 下刈り作業効率調査：中川町私有林において、併用作業（自走式刈払機 筑水キャニコムCG101（1人）と肩掛式刈払機（1人））と、従来作業（肩掛式刈払機（2人））による下刈りの作業効率調査を行った。

研究成果

1. 植栽試験

植栽当年の地上20cmの直径成長量は、ミズナラは無施肥区より施肥区の方が高かった。オニグルミは①表土除去区では無施肥区より施肥区の方が高く、②無施肥区では表土除去区より表土埋戻し区の方が高かった。シュート伸長量は、ミズナラは表土埋戻しおよび施肥の効果は認められなかった。オニグルミは表土埋戻し区で無施肥区より施肥区の方が高かった（図1）。

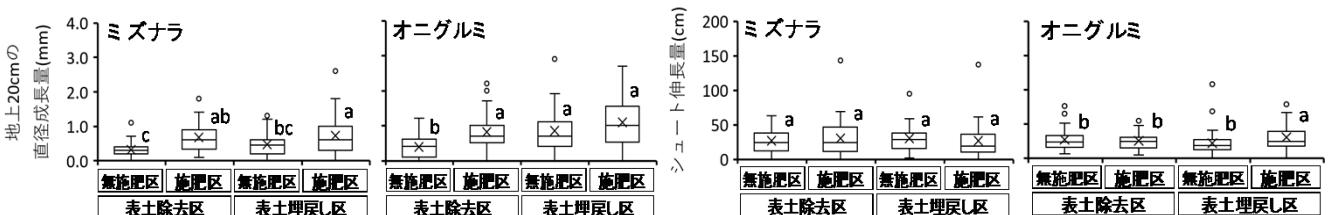


図1 処理区別の植栽当年の成長量

図中の異なるアルファベットは統計的に有意差があることを示す (Tukey's HSD test, $P < 0.05$)

2. 下刈り作業効率調査

下刈り作業の平均値は、併用作業（写真1）で813分/ha/人、従来作業（写真2）で1003分/ha/人であり（図2）、併用作業は従来作業に比べて作業効率が2割上昇した。



写真1 併用作業

写真2 従来作業

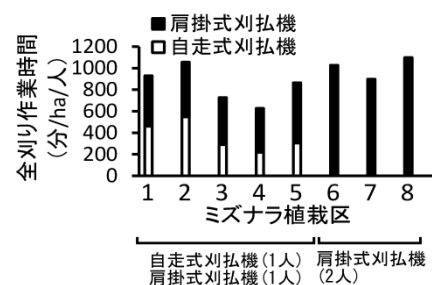


図2 作業種別の全刈り作業時間

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・ 蓮井聡、来田和人（2018）斜面の上部と下部におけるミズナラ人工林の成長比較。北方森林研究66：65-66。