

北の森だより

No.28 令和4年7月

—目次—

令和3年度 北海道地域研究成果発表会 発表集

- ・地表処理法としての地がき、盛り土、天地返しの比較 橋本 徹・・・2
 - ・シラカンバ若齢一斉林の間伐試験 伊東 宏樹・・・4
 - ・天然更新を活かした地がきカンバ林の施業適地を予測する 津山幾太郎・・・6
 - ・湿った土壌では、競合植生となるヒヨドリバナに対する競争力が大きく低下し、シラカンバの天然更新が難しくなる 北尾 光俊・・・8
 - ・UAV と AI を活用した採種園着果情報の提供 花岡 創・・・10
- 刊行物紹介
- ・低コストカンバ施業マニュアルを発行しました 藤原 健・・・12



国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所
Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

地表処理法としての地がき、盛り土、天地返しと比較

チーム長(北方林生態環境担当) 橋本 徹

はじめに

北海道で持続的な森林経営を進めるためには、再造林を低コストで行うことが重要です。低コスト再造林の選択肢の一つとして、カンバ、ハンノキ等の有用樹の天然更新が考えられ、効率的に天然更新を促す手法として地がきがあります⁽¹⁾。地がきでは、更新を阻害する要因となるササ根系を剥ぎ取りますが、その際に、養分が豊富で、団粒構造も発達している表層土壌を一緒に取り除いてしまいます。そのことが、地がき後に定着した樹木の成長に悪影響を与える可能性があり、影響の有無を確認する必要があります。一方、北欧などでは、地表処理法の一つとして盛り土や天地返しも行われています⁽²⁾。盛り土とは、落葉層、表層土壌(A層)、下層土壌(B層)を上下逆にした状態で掘った穴の横に盛り上げる処理、天地返しとは、落葉層、土壌A、B層を上下逆にした状態で掘った穴に埋め戻す処理と定義します(図1)。盛り土や天地返しでは、通常の地がきと異なり、土壌養分がその場に保持されるメリットが考えられます。そこで、従来の地がきに加えて、盛り土、天地返し処理を行った場所にシラカンバの種子を散布して、その後のシラカンバ実生とシラカンバと競合するその他の植物(競合植生)の定着と生育状況を調べました。

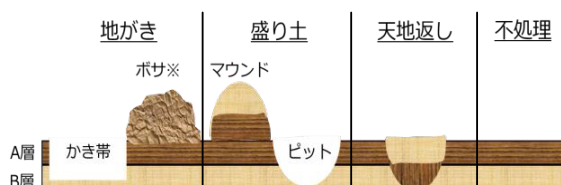


図1 各地表処理法の概念図

※ボサとは、地掻きで生成されるササ根系、落ち葉、土砂等の混合物

調査地と方法

調査は、森林総合研究所北海道支所の羊ヶ丘実験林7林班い小班で行いました。傾斜0～3度の西向き緩斜面にシラカンバ、ミズナラ等が優占する二次林を伐開し、5m×2mの方形区を単位として、浅い地がき(約5cmの深さ)、深い地がき(約10cmの深さ)、盛り土、天地返しの異なる処理をした4区と処理をしない不処理区の計5区画をそれぞれ3反復ずつ配置しました。0.5m³バケツにつけ



図2 処理直後(上)と処理2年後(下)の盛り土区の状況
青枠内がマウンド、橙枠内がピット。

た油圧ショベル(コマツ PC-120)で2019年7月22日に地表処理を行いました(図2上)。

地がき区ではかき帯とボサに、盛り土区ではマウンド(土を盛った部分)とピット(土を掘った部分)に、天地返し区と不処理区では方形区の中央部に、それぞれ0.5m×0.5mの小区画4つを設定しました。そのうちの2区画に、シラカンバの種子を2019年10月9日に約2万粒/m²となるように播種しました。以降、種子を蒔いた小区画を播種区、残りの2つの播種していない小区画を不播種区と呼びます。

植生調査は2021年8月24日に行いました(図2下)。小区画内のシラカンバの植被率(%) (小区画内で対象植物の占める面積割合)と最大高を測定しました。競合植生については、種を区別せずに植被率(%)を調べました。その後、各小区画内での最大優占種の種名を記録し、それらの最大高を測

定しました。

結果と考察

シラカンバ実生の植被率の平均は、播種区で6.1%、不播種区で2.9%でした(図3)。かき帯(浅)(深)やピットといった凹地で植被率が高い傾向が見られました。一方、盛り土区のマウンドや天地返し区での植被率は凹地に比べて低くなりました。

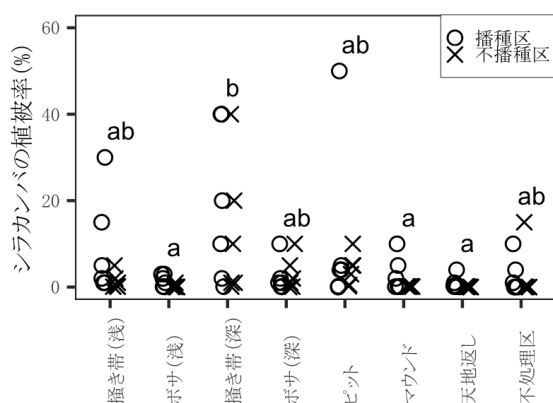


図3 各地表処理区でのシラカンバの植被率(%)
図中の異なるアルファベットは、不播種区の多重比較で処理区間に有意差があることを示します。

播種区では処理区間で有意差が認められませんが、不播種区間ではかき帯(深)の植被率が有意に高くなりました($P < 0.05$)。播種後1年の時点ではここでの植被率はそれほど高くなかったことから、2020年に周囲の木から散布された種子が定着したと考えられます。類似の条件にもかかわらずかき帯(浅)やピットでは不播種区の植被率が高くないことから、かき帯(深)は特に種子の発芽・定着に有利な環境条件となっている可能性があります。

競合植生の植被率は、凹地で低い傾向があり、特にピットで低くなりました(図4)。一方、マウンドやボサ(浅)(深)で植被率が100%に近くなっていました。天地返し区でも植被率は高くなりました。重機のバケット1回程度の土量では、盛り土でも天地返しでも処理後2年で競合植生に対する抑制効果が期待できなくなると考えられます。

競合植生は、試験地全体でワラビとオクヤマザサが優占していました。それらの最大高の平均値は、盛り土区のマウンドでは67.5cm、天地返し区では84.3cmでした。一方、シラカンバの最大高の平均値は、播種区でも不播種区でも有意な処理区間差は認められず、播種区で12.7cm、不播種区で

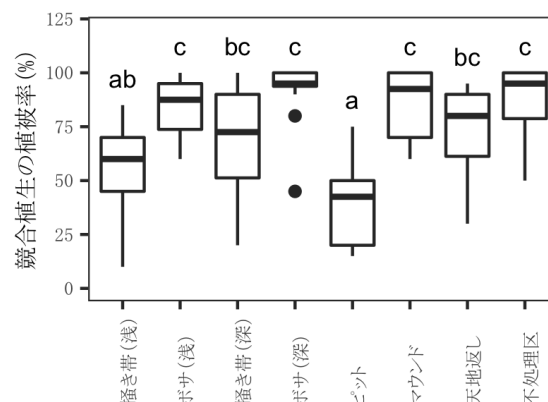


図4 各地表処理区での競合植生の植被率(%)
図中の異なるアルファベットは、多重比較で処理区間に有意差があることを示します。

12.8cmでした。盛り土でも天地返しでも、シラカンバ個体の多くは競合植生に被陰されている状況と言えます。

おわりに

今回の試験では、新たな地表処理法として試した盛り土も天地返しもシラカンバの定着にはあまり効果がありませんでした。現時点では、通常の地がきが最も良いと考えられます。

引用文献

- (1) 伊藤江利子ら(2018)北海道における地がき更新補助作業と今後の課題.森林立地60:71-82.
- (2) Örlander G et al.(1990)Sitepreparation: A Swedish Overview. BC Ministry of Forests. FRDA Report 105, 61. ISSN 0835-0752.

シラカンバ若齢一斉林の間伐試験

森林育成研究グループ 伊東宏樹

関 剛

中西敦史

はじめに

北海道では、地がき(かきおこし)によりカンバ類(主にダケカンバ)の天然更新を図る施業が従来から行われています⁽¹⁾。また近年では、トドマツ人工林主伐後に、主にシラカンバの天然更新を目的とした地がき施業も検討されています⁽²⁾。

地がきによるダケカンバの天然更新については成功例が比較的多い一方、更新した後のカンバー一斉林の除間伐方法についての研究例は多くありません。ダケカンバに関しては初期に強度の除伐(間伐)を実施することを推奨する研究結果⁽³⁾が示されていますが、シラカンバに関してはほとんど知見がないのが現状です。

そこで、この研究では、一斉更新した若齢のシラカンバ林において複数の条件で間伐試験を実施し、どのような除間伐方法が有効であるのか検討しました。

試験地および試験方法

試験は、北海道支所実験林 4 林班に成立していたシラカンバー一斉林で実施しました。この林分は、2004 年 11 月に皆伐され、その際に地表攪乱を受けました。そして、翌 2005 年に主としてシラカンバが天然更新したという履歴を持ちます。

2019 年 4 月、この林分に 40m×40m の大きさの試験区を設定しました。この試験区を、20m×20m に 4 分割して、以下の 4 種類の処理区を設定しました(図 1)。

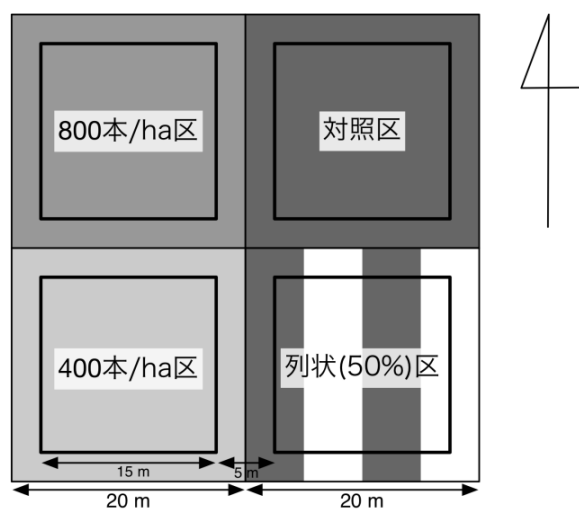


図 1 試験区の設定

- 800 本/ha 区
- 400 本/ha 区
- 列状(50%)区
- 対照区(無間伐区)

伐採処理は 2019 年 5 月に実施しました。800 本/ha 区および 400 本/ha 区では、残存木の全体的な配置を考慮しつつ、主に下層木を伐採して、収穫時に想定される立木密度がそれぞれの値となるように間伐を実施しました。列状(50%)区は、幅 5m で伐区と残存区とを交互に配置し、伐区内の立木をすべて伐採しました。対照区では、伐採を行いませんでした。

伐採に先立ち、4 月に毎木調査を実施しました。毎木調査は、各処理区内に設置した 15m×15m の方形区で実施しました。方形区は、隣の処理区からの影響を考慮し、各処理区の中央に設置するようにしました(図 1)。各方形区で、胸高(1.3m)以上の樹高を持つ全樹種の幹を対象として本数を計数し、胸高直径 3cm 以上の立木については胸高直径を測定しました。

間伐から 3 成長期を経た 2021 年 10 月に、再度毎木調査を実施しました。2019 年の調査と同様に、樹高が胸高以上の樹木の本数を計数し、胸高直径 3cm 以上の立木については胸高直径を測定しました。

間伐前後の状況

各処理区の方形区内でのシラカンバの立木密度は伐採前には、800 本/ha 区で 6800 本/ha、400 本/ha 区で 4000 本/ha、列状区で 11244 本/ha、対照区で 9511 本/ha でした(図 2 左)。400 本/ha 区は立木密度が低いほか、平均胸高直径も 3.3cm と、他の処理区よりも小さく、もともと土地条件などの違いにより、成長が悪かった可能性があります。

カンバ類以外の樹種の本数は、全方形区を合計して(面積 900m²)、バッコヤナギが 28 本、ヤマナラシ 7 本、ホオノキ 5 本、ミズナラ 4 本、イヌコリヤナギ・オニグルミ・オノエヤナギ・タラノキ・ヌルデが各 1 本でした。

間伐後のシラカンバの密度は、800 本/ha 区で 1022 本/ha、400 本/ha 区で 578 本/ha となり

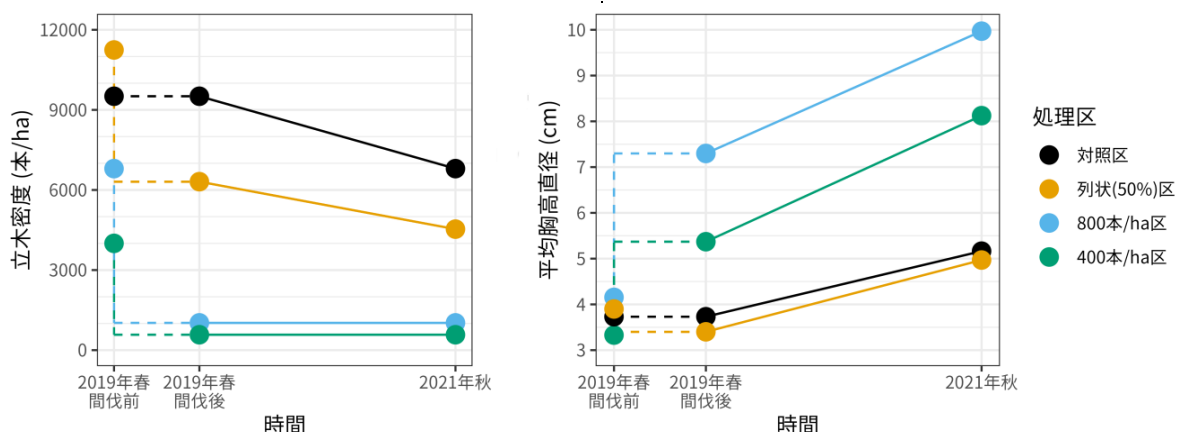


図2 間伐前後および3成長期経過後のカンバ類の立木密度の変化(左)と平均胸高直径の変化(右)

ました(図2左)。15m×15mの方形区内の密度が設定と少し異なるのは、20m×20mの範囲で、設定した立木密度になるように間伐を実施したためです。また、列状区の密度は6311本/haとなりました。(図2左)。

間伐前後でシラカンバの平均胸高直径を比較してみると、800本/ha区と400本/ha区で大きく増加していました(図2右、それぞれ4.1cmから7.3cm、3.3cmから5.4cmに)。これは小径木を中心に伐採したためです。列状区では3.9cmから3.4cmへやや減少しました。対照区は3.7cmのままです。それぞれの処理区で、これらの値から間伐後にどのくらい成長したのかを評価しました。

成長期経過後の変化

間伐後3成長期経過後のカンバ類(対照区で1本だけウダイカンバの加入がありましたので、シラカンバとまとめてカンバ類としています)の立木密度は、自然枯死により列状区および対照区ではそれぞれ4533本/ha、6800本/haに減少しました(図2左)。一方、400本/ha区および800本/ha区では枯死木はなく、幹密度に変化はありませんでした。平均胸高直径の変化をみると、400本/ha区、800本/ha区ともに1成長期あたりの成長量はおよそ1cm近い値でした。これに対して、列状区および対照区では0.5cm程度でした(図2右)。

すなわち、列状区では対照区と直径成長量あまり変わらなかった一方、400本/ha区と800本/ha区では、それらのおよそ2倍の成長量が確認されたという結果となりました。

以上の結果から、シラカンバの若齢一斉林では、収穫時の立木密度に近い値にまで一度に間伐を行うことが有効である可能性が示されました。これはダケカンバにおける例⁽³⁾とほぼ同様と考えられます。

ただし、立木密度を小さい値にまで落とすため、風害などの危険が増す可能性もあります。

一方、50%の列状間伐区の成長は、対照区とあまり変わらないものでした。効果的な間伐とするためには、伐区幅をより広く、残存区幅をより狭くするといった方策を検討する必要があるでしょう。

おわりに

今回の研究結果は1か所の林分におけるものです。シラカンバ一斉若齢林の除間伐手法の確立のためには、多様な林分で研究を実施し、さらに多くの知見を蓄積する必要があります。

引用文献

- (1) 伊藤江利子ら(2018) 北海道における地がき更新補助作業と今後の課題. 森林立地 60:71-82.
- (2) 伊東宏樹ら(2019) トドマツ人工林伐採後の地がき施業によるカンバ等の更新への効果. 森林総研研報 18:355-368.
- (3) 佐野友紀・渋谷正人(2015) かき起こし跡地のダケカンバ二次林の成長に対する除伐の影響. 日林誌 97:25-29.

天然更新を活かした地がきカンバ林の施業適地を予測する

北海道支所 森林育成研究グループ 津山幾太郎

北海道支所 北方林管理研究グループ 石橋 聡

北海道支所 地域研究監 嶋瀬拓也

はじめに

北海道では、針葉樹人工林の多くが主伐期を迎えています。主伐後の再造林を行う上で、場所ごとの環境条件にあった適切な施業方法を選択するための技術を開発することが重要な課題となっています。カンバ類は、近年の加工技術の向上により用途開発が進み、それに伴って需要が高まっています。本研究では、天然更新を活用した地がきによるカンバ林施業の有効性を検証するため、地がきカンバ林の経営収支を予測し、北海道における施業適地を明らかにすることを目的としました。

地がきカンバ林の経営収支

地がきカンバ林の経営収支を予測するため、以下の手順で解析を行いました。まず、シラカンバとダケカンバの分布と最大樹高を環境要因(気候、地質)から説明する統計モデルを構築し、それぞれの樹種の分布可能な立地と最大樹高を北海道全域を対象に予測しました。得られた最大樹高の予測値と、現地調査等から作成した地位指数曲線を照合することで、分布可能な立地における両樹種の地位指数を予測しました。地位指数とは、対象地における造林の好適さの指標で、上層木(林分内で樹高が最も高い個体群)の40年生時点における平均樹高を用いています。予測した地位指数と林分調査データに基づき、伐期を40年と60年としたときの素材収入を算出し、地がき費や主伐費を差し引くことで、地がきカンバ林の経営収支を予測しました。なお、本研究では、地がきによるカンバ類の天然更新が成功し、獣害による影響を受けない場合を想定しています。

その結果、両伐期において、シラカンバ林は分布可能な立地の全域で収支がプラス(施業適地)になると予測されました。中でも、道北や道東北部などの盆地や丘陵地で特に収支が良くと予測されました。ダケカンバ林は、40年伐期では、収支がマイナスになる場所が高標高域や火山灰地などで予測された一方、60年伐期では、大径化に伴う材単価の上昇を受けて、分布可能な立地の全域で収支がプラスになると予測されました。

地がきカンバ林の施業適地

予測した経営収支に基づき、シラカンバ林とダケカンバ林のどちらが経営的に有利であるかをマップ化しました(図1)。

その結果、40年伐期の場合、低標高域ではシラ

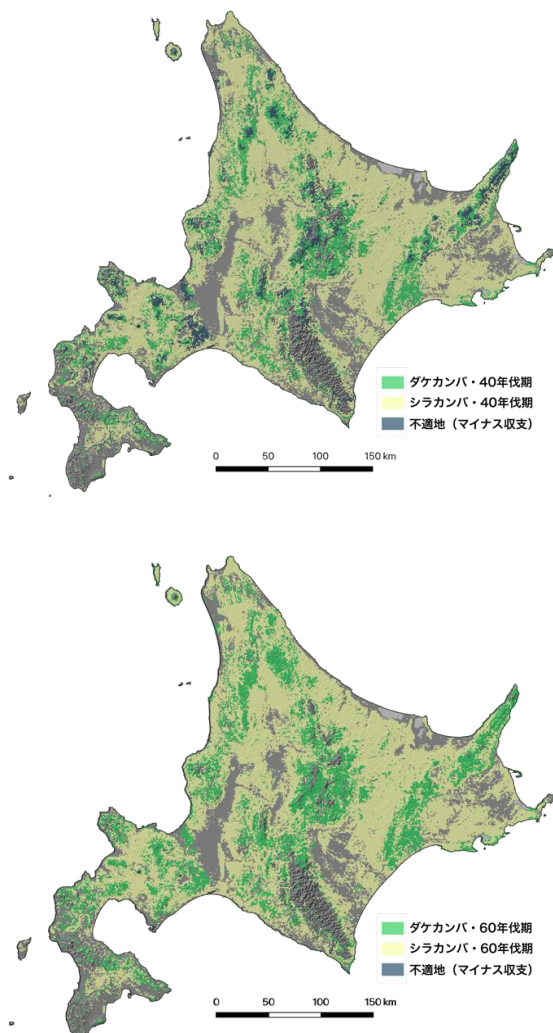


図1 地がきカンバ林の施業適地マップ

上は40年伐期、下は60年伐期でシラカンバ林とダケカンバ林の経営収支を比較した結果を示します。濃い緑はダケカンバ林が、薄い緑はシラカンバ林が経営的に有利なエリアを示し、濃い青はどちらも収支がマイナスになる施業不適地を示します。灰色は解析対象外のエリアです。

カンバ林が、高標高域ではダケカンバ林が有利になる傾向がみられました(図1上)。また、伐期を60年まで延長すると、40年伐期で不適地となった高標高域などにおいても、地がきダケカンバ林による施業が経営的に成り立つと予測されました(図1下)。

地がきカンバ林と針葉樹人工林との経営収支の比較

地がきカンバ林の経営収支を、過去の交付金プロジェクトで得られた針葉樹人工林の経営収支⁽¹⁾と

比較することで、北海道における経営上有利な施業方法の予測マップを作成しました。地がきカンバ林の40年、60年伐期と、針葉樹人工林(トドマツ、カラマツの40年伐期)について、収支を年間額に割り戻し、最も収支が良かった施業法を経営上有利な施業と判定し、マップ化しました(いずれも補助金なしを想定)。針葉樹人工林については、従来型の作業システムを用いた場合の結果を使用しました。なお、カンバ林・針葉樹人工林ともに、搬出時の森林作業道走行はなく、作業工程間の待ち時間はないケースを想定しています。

その結果、地がきカンバ林を40年伐期とした場合、道北や日本海側などの多雪地域や、根室地方を中心に、地がきカンバ林が針葉樹人工林に比べ有利な施業タイプとなることが示唆されました(図2上)。多雪地域においては、トドマツの場合植栽後7~9年間、カラマツで5~6年間の下刈りが必要となるのに対し、地がきカンバ林では1回の地がきで育林作業を済ませることが可能です。こうした育林費の差が、多雪地で地がきカンバ林が有利となる主な要因と考えられます。地がきカンバ林を60年伐期にした場合(図2下)についてもほぼ同様の傾向でしたが、オホーツク地方や日高地方などで地がきシラカンバ林がカラマツ人工林より有利になると予測されました。なお、スギに関する評価を行っていないため、道南地方に関しては解釈に注意が必要です。

以上の結果から、現在の針葉樹人工林を主伐した後の施業法として、地がきがでできる立地(緩傾斜など)で天然更新が成功し、かつエゾシカの食害の影響がないという条件のもとですが、特に多雪地域において、地がきカンバ林が有力な候補となり得ることが明らかになりました。

おわりに

本研究で得られた成果は、今後、獣害の防止や天然更新の成功条件に関する研究を進めることで、次代の林分の施業方法を選択する上での基盤情報として役立つと考えられます。

本研究は、林野庁の森林資源調査データ解析事業(第4期)において提供を受けた、森林生態系多様性基礎調査データ(第3期 ver.1.0)を用いた成果です。

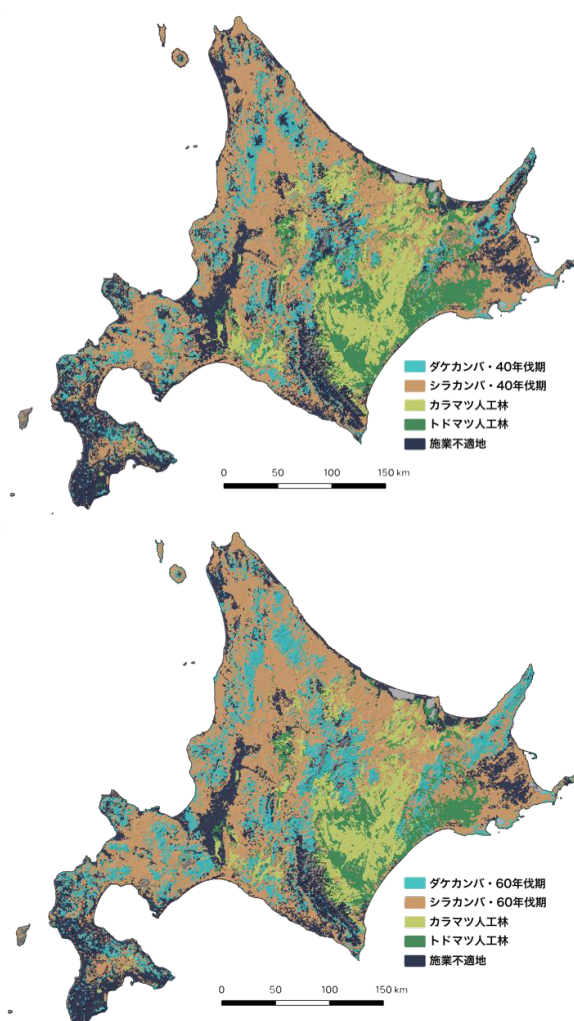


図2 経営収支に基づく地がきカンバ林と針葉樹人工林の比較

上は40年伐期の地がきカンバ林を、下は60年伐期の地がきカンバ林を比較対象とした場合の最も収支が良かった施業方法を示します。図中の灰色は、解析対象外のエリアを示します。

引用文献

- (1) 森林総合研究所(2020)資源と需要のマッチングによる北海道人工林資源の保続・有効利用方策の提案、森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果 No.83.
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu83.pdf>

湿った土壌では、競合植生となるヒヨドリバナに対する競争力が大きく低下し、シラカンバの天然更新が難しくなる

植物土壌系研究グループ 北尾光俊

はじめに

シラカンバは山火事跡のような荒廃地に真っ先に侵入してくる遷移初期種(パイオニア種)として知られています。種子は小さく軽いので、風によって広範囲に散布されます。シラカンバは林床のような暗い環境では生きていくことができませんが、明るい環境では旺盛な成長が期待できます。

近年、家具や床板などの新たな利用の拡大によってシラカンバを含むカンバ材の需要が高まりつつあります⁽¹⁾。そこで、低コスト林業の一つの試みとして、シラカンバの天然更新を利用し、森林伐採後の苗木植栽を省略してシラカンバ林を成立させる施業方法が検討されています。



写真1 シラカンバ成木と種子

シラカンバ種子の発芽率は他の植物に太陽光が遮られていると低下しますので、シラカンバの天然更新の第一段階である種子からの発芽を促すためには、競合する植生の除去が重要となります。また、シラカンバ実生の成長を確実なものとするためにも、シラカンバと競合するその他の植物(競合植生)を取り除き、光が十分に当たる環境が保たれることが大切です。

北海道においては、ササによる被覆がシラカンバの天然更新において大きな問題となります。ササは地下茎で増殖しますので、地がきによりササを根こそぎ取り除き、ササの更新を抑えることが必要です。では、ササを取り除けばそれだけでよいかと言えば、話はそれほど単純ではありません。

雑草の中にはシラカンバと同じように風によって種子が運ばれてくるものがあります。ヒヨドリバナやヨツバヒヨドリはキク科の多年生草本ですが、その種は風によって広範囲に運ばれます。シラカンバと

同じく明るい立地を好むため、伐採後の造林地などで植栽木の競合植生として問題となります。シラカンバとヒヨドリバナの競争においては、資源としての光の獲得、すなわち、いかに早く伸びて相手を被覆することができるかが勝負の分かれ目となります。



写真2 下川町クリーンラーチ植栽地

植栽したクリーンラーチを取り囲むようにヒヨドリバナが密生しています。

ヒヨドリバナは半地中植物と呼ばれる多年生草本です。秋になると地上部は枯れて、根と、比較的地表に近いところに埋まっている芽の状態越冬します。地上部は毎年枯れてしまいますので、冬までの地下部への蓄えが翌春の成長に大きく影響を及ぼすと考えられます。一方でシラカンバは落葉広葉樹であり、秋に落葉し、幹、枝と冬芽の状態越冬します。ヒヨドリバナが毎年地表面から伸長成長を始めるのに対して、シラカンバは前年に成長した苗木の高さから伸長成長を始めます。更新の初期段階で高さ方向の競争に勝つことは、シラカンバの天然更新を有利に進めることにつながります。

それでは、シラカンバの成長を促し、ヒヨドリバナの成長を抑えるような環境要因や生育条件というものが存在するのでしょうか。ここで、私たちは土壌の水分環境に着目しました。

土壌水分条件を変えた栽培試験

土壌水分条件の違いがシラカンバとヒヨドリバナの成長反応に与える影響を明らかにするために、シラカンバとヒヨドリバナの実生を乾燥から滞水に至る様々な土壌水分条件で生育させ、成長の比較を行いました。栽培は森林総合研究所北海道支所の温室内で行いました。6月末に種をまき、7月末から

水分条件を変えて9月末まで栽培しました。水分処理は1)週2回灌水(乾燥)、2)週3回灌水(標準的な条件)、3)半分滞水(ポットの下半分を水につけた状態、常に土が湿っている)、4)完全滞水(ポットを完全に水没させた状態)の4つの処理を設けました。

土壌水分条件に対する成長反応

シラカンバとヒヨドリバナの成長量については、苗の高さと苗の乾燥重量(根、茎・幹、枝、葉を含む)ともに半分滞水処理で最も大きくなりました(図1a、b)。週3回灌水処理区では、シラカンバとヒヨドリバナの高さに違いは見られませんでした。それ以外の処理区ではヒヨドリバナの方が苗高が高くなる結果となりました(図1a)。苗の乾燥重量の比較では、すべての処理区でヒヨドリバナの方が高い値を示しました(図1b)。また、半分滞水区と完全滞水区において、成長量の差が大きくなり(図1a、b)、土壌が常に湿った状態ではシラカンバのヒヨドリバナに対する競争力が大幅に低下することが示唆されました。

一方で、地上部(茎・枝、葉)と地下部(根)との重量比を比較すると(図1c)、シラカンバが2程度の値を示すのに対して、ヒヨドリバナは1前後の値を示しました。このことから、シラカンバは地上部への投資が多く、高さ方向の成長を稼いでいるのに対して、越冬時に地上部が枯れてしまうヒヨドリバナは根へ多くの投資をしていることがわかります。

根の成長を調べると、半分滞水区では、地上部だけでなく、ヒヨドリバナの根の成長量も顕著に大きくなるという結果になりました(図1d)。ヒヨドリバナでは根に蓄積された養分によって翌春の初期成長が行われますので、地上部だけでなく、根の成長を抑えるという観点からも、湿った土壌水分条件を避けることがシラカンバの天然更新のために重要であると考えられます。

まとめ

シラカンバとヒヨドリバナを土壌水分条件を変えて生育を比較した結果、土壌が常に湿っているような条件ではシラカンバの成長に比べてヒヨドリバナの成長が顕著に大きくなり、シラカンバの競争力が低下することが示唆されました。シラカンバの天然更新を期待するのであれば、常に湿潤な立地は避けた方がよいと考えられます。

本研究の詳細については、Kitao et al. 2022, *Frontiers in Plant Science*⁽²⁾もご参照ください。

引用文献

- (1) 嶋瀬拓也(2021)北海道産カンバ類需要の現状と展望. 北方森林研究 69:35-37.
- (2) Kitao M et al. (2022) *Front Plant Sci* 13:464.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.835068>

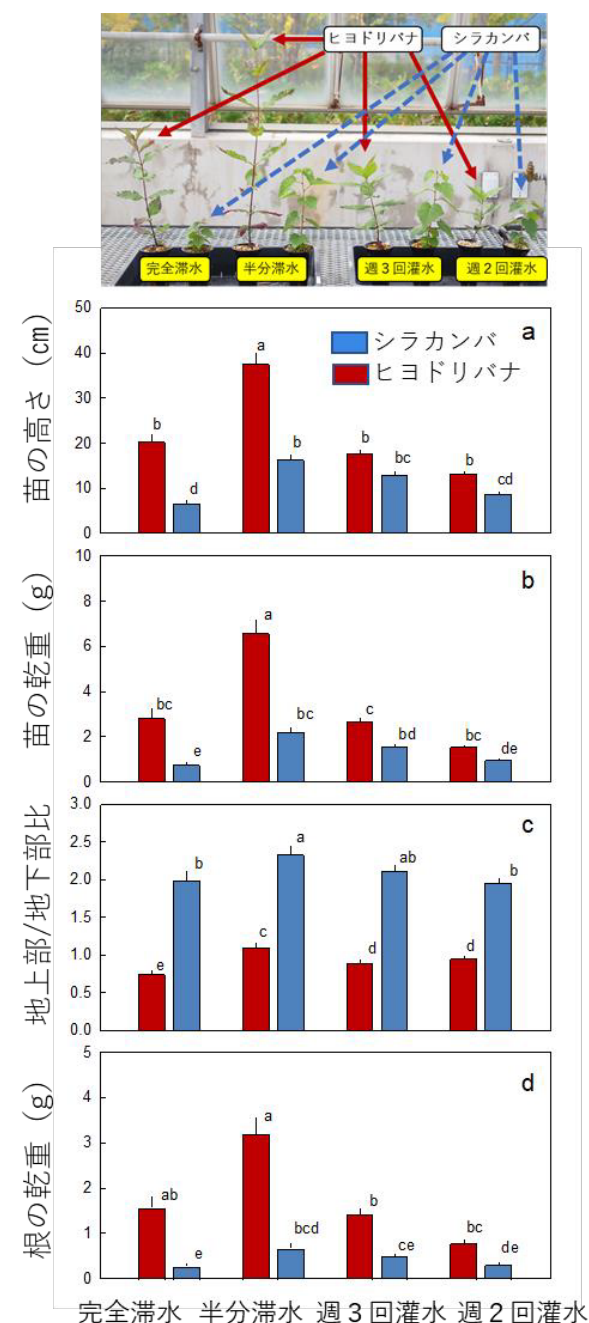


図1 異なる土壌水分条件に対するシラカンバとヒヨドリバナの成長反応 異なるアルファベットは処理間に有意な違い($p < 0.05$)があることを示しています(n= 20~24) Kitao et al. (2022)⁽²⁾より改変

本研究は、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト「天然更新による低コストカンバ施業システムの開発(課題番号 201903)」により実施しました。

UAV と AI を活用した採種園着果情報の提供

北海道育種場 花岡 創

はじめに

北海道の主要造林樹種の一つであるトドマツの造林用苗木を生産するための種子の大半は、育種により選抜されてきた個体である「精英樹」のクローン個体で構成された「採種園」から採取されています(図 1)。



図 1 国有林にある塩狩採種園の様子

トドマツの採種園は、北海道内の国有林に造成されたものだけでも 10 ヶ所あります。しかし、トドマツの種子生産には豊凶があり、毎年安定してたくさんの種子が採取できるわけではありません。精英樹の優良な特性を受け継ぐと期待される採種園産の「育種種苗」の供給を維持・促進するためには、苗木生産者の方々に少しでも多くの種子を採種園で採取していただくことが必要です。そこで、北海道育種場と北海道森林管理局が共同で毎年6～7月にかけて道内各地の国有林採種園で着果調査を実施し、採種園毎の種子生産の豊凶具合についての情報提供を行っています。採種園での着果調査は、各採種園 30～40 個体程度の固定調査木を対象に実施しており、個体毎に目視で樹冠に着生した球果の量を、「なし(1)」～「非常に多い(5)」といった具合に5段階評価するとともに、採種園毎に平均値を算出することで「凶作」～「豊作」の5段階評価値を公表してきました。しかし、国有林に設定された採種園の樹齢は 60 年を超えてきており、樹高が高く、また、林冠閉鎖も進行するなど、年々観察にかかる労力が増してきています。また、それに伴って観察者間の誤差も生じやすくなることが危惧されるようになってきました。そこで、小型の無人航空機(UAV)を

用いて上空から短時間で多くの個体のデータを取得(写真を撮影)するとともに、撮影画像を人工知能(AI)を用いて解析することで、これまで以上に客観的で定量的かつ、高効率な採種園着果調査を実現できないかと考え、技術開発を行いました。

開発した深層学習モデルの概要

UAV を用いてトドマツの樹冠を撮影し、試行錯誤してみた結果、梢端から 10m 程度までの高度で撮影を行えば、着生した球果を判別できることがわかりました(図 2)。



図 2 UAV を用いて撮影したトドマツ球果の例

そこで、AI の一種である深層学習を用いて、UAV で撮影したトドマツの樹冠画像から球果を検出する深層学習(物体検出)モデルの作成を試みました。深層学習モデルを作成するためには、まず、たくさんの球果画像を集めなくてはなりません。UAV を用いて北海道育種場の場内でトドマツの樹冠を撮影するとともに、北海道森林管理局の協力を得て、トドマツの採種園や人工造林地で撮影した画像の提供を受けました。最終的に、356 枚、合計で 6138 個の球果が写った画像を基にして、YOLOv4 (Bochkovskiy et al, 2020) という物体検出アルゴリズムを用いた深層学習モデルを作成しました。作成したモデルを 92 枚、1692 個の球果が写った検証用画像に適用したところ(図 3)、球果を検出する際の設定によっても変動しますが、全体として 80～90%程度の精

度が得られました(結果の詳細については引用文献(花岡 2021)をご覧ください)。



図3 作成したモデルを用いて球果を検出した例

球果の着生量をだまかに把握することや、球果をたくさんつけた個体を探索すること等には十分に利用可能であろうと考えられました。

開発したモデルを活用した新しい取組

令和3年度には、開発したモデルを活用した着果調査を北見市常呂町にある岐阜採種園で試行しましたが、従来の目視による着果調査も7月に実施しましたが、それに加えて、岐阜採種園を所管する網走中部森林管理署にご協力をいただき、UAVの撮影に適した気象条件の日に岐阜採種園で撮影してもらい、撮影画像を北海道育種場へ送っていただきました。提供された画像を開発した深層学習モデルで解析し、その結果を従来の調査手法による結果と合わせて北海道育種場のウェブサイト

(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/hokuiku/business/chakka.html>)上で公表しました(図4)。



図4 実際に公表した解析結果の例
写真に写っている1個体から534個の球果が検出された

従来の情報提供は、採種園毎に一つの豊凶判断結果を示すのみでしたが、新しい技術の導入により、採種園のどの辺の場所(個体)にどれくらいの球果が着生しているか、といった情報提供を加えることができました。令和3年度は深層学習モデルを活用した調査を岐阜採種園の1ヶ所で試行したのみですが、今後は同様の取組を他のトドマツ採種園に広げていくことができると考えています。また、毎年の調査で撮影した画像を新たな学習用データとして活用することができますし、改良された新たな物体検出アルゴリズムが毎年のように公表されている状況もあります。今後も新しい画像や新しい技術を柔軟に取り入れながら、UAVとAIを活用した着果調査の精度向上を図っていきたいと考えています。

引用文献

Bochkovskiy Alexey et al. (2020)
YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv:2004.10934
花岡 創(2021)畳み込みニューラルネットワークを用いた無人航空機(UAV)撮影画像からのトドマツ球果の検出. 日本森林学会誌. 103: 372-377

低コストカンバ施業マニュアルを発行しました

産学官民連携推進調整監 藤原 健

令和元年度から3年度にかけて北海道支所が中心となって実施した森林総合研究所交付金プロジェクト「天然更新による低コストカンバ施業システムの開発」の成果を普及し、施業に役立てていただくため、「循環的なカンバ施業をめざして一地がきを利用した施業管理技術」を作成しました。

マニュアルでは、既知の知見にプロジェクトで新たに得られた研究結果を加え、地がきと呼ばれる更新補助作業によって伐採跡地にシラカンバを更新する施業法についてまとめています。地がき更新作業、シラカンバ林の成長予測、地がきカンバ林の施業適地の3つの章に分け、それぞれ幾つかのポイントに整理してわかりやすく記述するように工夫しました。

マニュアルには、今号に掲載した研究成果以外の成果も収録されていますので、併せて参考にしていただければ幸いです。なお、マニュアルの電子版は下記 URL から入手することができます。また、冊子体をご希望の場合は、北海道支所地域連携推進室へご連絡ください。

マニュアル電子版の URL

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/5th-chuukiseika13.html>

ISBN 978-4-909941-33-6

循環的なカンバ林業をめざして

一地がきを利用した施業管理技術



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所北海道支所
第5期中長期計画成果13（森林産業・4）

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所 研究情報誌
『北の森だより』 No.28 （27号よりユニバーサルデザインフォントを使用しています）

編集・発行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所北海道支所(担当:地域連携推進室)
〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘 7 番地
TEL(011)851-4131 FAX(011)851-4167
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/>
印刷 社会福祉法人 共友会 札幌福祉印刷
〒063-0061 北海道札幌市西区西町北15丁目5番7号
TEL(011)667-7771 FAX(011)667-9750

令和4年(2022年)7月4日発行

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所北海道支所の許可を受けて下さい。

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。



エコマーク商品
古紙パルプ配合率60%
19 107 003
王子製紙株式会社

