

北の森だより

Vol.21 平成31年3月

—目 次—

平成 30 年度北海道地域研究成果発表会 発表集

- ・ 研究プロジェクト「トドマツ人工林主伐に対応した低コスト
天然更新施業・管理システムの開発」の概要 石橋 聡 2
- ・ トドマツ人工林主伐後の地がきによるカンバの更新 伊東 宏樹 4
- ・ 地がき作業による土壌への影響評価 橋本 徹 6
- ・ 強光ストレス回避でトドマツの天然更新を促進 北尾 光俊 8
- ・ トドマツ人工林伐採後の施業選択 津山幾太郎 . . . 10
- 活動報告 12
- ・ 平成 30 年台風 21 号および北海道胆振東部地震への対応について



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

研究プロジェクト「トドマツ人工林主伐に対応した低コスト天然更新施業・管理システムの開発」の概要

地域研究監 石橋 聡

はじめに

森林総合研究所北海道支所では、トドマツ人工林主伐後（写真1）の更新コストを大幅に低減する方法として天然更新の活用に着目し、平成27年度から30年度までの4年間にわたって森林総合研究所の所内研究プロジェクト（交付金プロジェクト）「トドマツ人工林主伐に対応した低コスト天然更新施業・管理システムの開発」において研究を進めてきました。本稿では、この研究プロジェクトの概要を紹介します。



写真1 トドマツ人工林の主伐（带状皆伐）

研究の背景

トドマツ人工林は北海道内人工林面積の52%を占め、カラマツ人工林（29%）とともに道内の主要造林樹種ですが、その林齢は40～50年生に集中しており、今後主伐期を迎えるにあたり、年齢構成の平準化と造林経費の抑制が課題です。このような場合、伐期の延長が選択肢の一つとして考えられますが、トドマツは高齢になるほど立地条件や施業時の傷等に起因する根株腐朽の懸念があ



写真2 腐朽したトドマツ人工林材

り⁽¹⁾、また、寿命は150年程度とカラマツなどと比べ短いため材質の劣化が早くおとずれることから、スギなどのような長伐期化は難しい樹種といえます（写真2）。

このように、主伐を速やかに進めなければなりません。主伐を行うと造林が必要であり、その経費を低減することが重要な課題となります。造林経費を低減する方法としては、造林作業の機械化や植栽本数、下刈回数を減らす、などが考えられますが、本研究プロジェクトでは天然更新の活用に取り組むことにしました。

天然更新の方法

本研究プロジェクトでは、トドマツ人工林主伐跡地に導入する天然更新の方法として、地がきとトドマツ前生稚樹の利用を取りあげました。

1) 地がき

地がき（「かき起こし」ともいう）は、大型機械を利用して林床のササを根系から除去し、天然更新を図る方法です。地がきは1960年代から始まり、主に高標高の寒冷多雪地において、過去の伐採や風倒などによりササ地化している疎林や無立木地を森林化するために行われました。当初、地がきに使用する大型機械は、排土板を装着したブルドーザでしたが、表土の喪失を防ぐため櫛の歯状の「レーキ」が開発され、1970年代からレーキドーザに切り替わりました。近年は林業事業体のベースマシンがブルドーザから油圧ショベルに切り替わったことから、バケット、グラップル、グラップルレーキなどを油圧ショベルに装着して実施しています（写真3）。地がきを行う場所は、上木のない開放地のことが多いため、主に先駆樹種であるカンバ類が更新しています。これまでの更新成



写真3 油圧ショベルを利用した地がき作業

績はおおむね良好とされていますが、本プロジェクトが目指すトドマツ人工林皆伐跡への導入は初めての試みとみられ、その更新成績の追跡と施業法の検討を行うことにしました。また、地がきは地表面を攪乱しますので、環境への影響が懸念されます。そこで、本プロジェクトでは土壌などへの影響を調べることもあわせて行うことにしました。

2) トドマツ前生稚樹の利用

北海道東部の林床に主にミヤコザサが分布する地域では、天然更新が比較的良好です。この地域のトドマツ人工林では、場所によっては林床に天然更新したトドマツ前生稚樹が密生している林分がみられます(写真4)。もし、この前生稚樹を更新に利用できれば、初期造林経費は事実上ゼロとなり、大幅な経費の低減につながります。一方で、このような林分で上木を伐採すると、林床の前生稚樹は葉が褐変し枯死するとの伝聞がありました。そのため、北海道森林管理局の協力により標茶国有林に試験地を設定し、伐採による前生稚樹枯死の原因の解明と適切な施業方法の検討を行うことにしました。



写真4 トドマツ人工林林床のトドマツ前生稚樹

トドマツ人工林主伐後の施業選択

本プロジェクトでは、地がきやトドマツ前生稚樹の利用という施業技術の確立とともに、これらの施業法をトドマツ人工林主伐後に適切に選択できるようにするために、トドマツ人工林と地がきカンバ林およびトドマツ天然更新林を比較検討できる経営情報を提供することにしました。北海道内のトドマツ人工林は戦後の拡大造林期に植えられた造林地が大部分を占めており、ほぼ1代目といえます。このことから、トドマツ人工林主伐後の施業法を選択するための基盤として、地位分布予測とこれをもとにした経営収支を算出すること

により、地域ごとのトドマツ人工林を経営評価しました。この結果は、いわば現存するトドマツ人工林の棚卸しともいえます。そして、同様に地がきカンバ林とトドマツ天然更新林の経営収支を算出することにより、トドマツ人工林との収支を比較しました。

研究の目標

本プロジェクトの研究をチャートで示すと図-1ようになります。現存するトドマツ人工林の主伐後の施業方法として、トドマツ人工林を再び造成する、地がきカンバ林に転換する、トドマツ前生稚樹の利用によりトドマツ天然更新林とする、という3つの施業方法を選択するための経営情報を提供するとともに、地がきカンバ林とトドマツ天然更新林の施業技術の確立を目標にしています。なお、経営情報は地域的な単位となりますので、その成果の提供は、主として国有林などの大規模な経営体を想定しています。

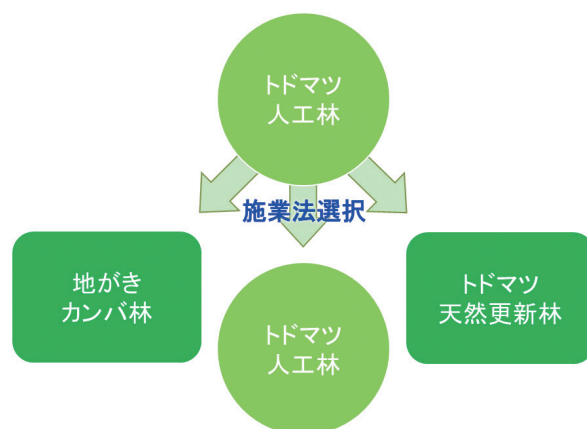


図-1 研究の目標

おわりに

本プロジェクトの研究成果を本号および次号の北の森だよりで紹介します。また、研究成果をわかりやすくとりまとめたマニュアルを作成しました。これらの成果が現場での実際の施業実行や管理に役立てて頂ければ幸いです。

なお、本プロジェクトの推進にあたり、現地調査などでご協力頂いた北海道森林管理局および各森林管理署の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- (1) 徳田佐和子・滝谷美香・津田高明・八坂通康(2016) 北海道のトドマツ人工林資源の現状と課題, 北方森林研究, 64: 1-4.

トドマツ人工林主伐後の地がきによるカンバの更新

チーム長（北方林更新動態担当）伊東宏樹
森林育成研究グループ 中西敦史・津山幾太郎・関剛
森林植生研究領域 倉本恵生
九州支所 飯田滋生

はじめに

地がきによってカンバ類を天然更新させる施策は、北海道内ではこれまで実績もあり、おおむね良好な結果が得られています。しかし、トドマツ人工林の主伐後ではあまり例がありません。これまで地がきによるカンバの天然更新が行なわれた場所は、比較的標高の高い天然生林が隣接するササ原などが多く、更新樹種もダケカンバが多いようです。一方、トドマツ人工林は比較的標高の低い場所が多く、これまでの例と同様に比較的簡単にカンバ類の天然更新ができるかどうかは検証する必要があります。今回、トドマツ人工林主伐後に地がきを行なった場所でのカンバ類の稚樹の更新状況を調査したので、その結果を報告します。



写真-1 幾寅試験地（上）と恵庭試験地（下）。
いずれも地がき実施後 2 年目の写真。

カンバ類の更新調査

道内 5 か所（幾寅・恵庭・歌登・下川・留萌）に試験地を設定し、地がきを実施した場所でのカンバ類の天然更新の状況を調査しました。写真-1 はそのうちの幾寅試験地と恵庭試験地の様子です。各試験地で地がき実施後 2 年目に、地がきを実施した箇所と無処理の箇所のそれぞれに方形区を設置し、その中のカンバ類稚樹（樹高 5cm 以上）の密度を測定しました。その結果は、平均して 1.2~2.4 本/m² でした（図-1）。既往の研究例では、地がき後のカンバ類稚樹密度は 10~100 本/m² との報告もあり、これらと比較すると今回の稚樹密度は低いものでした。ただし、全体としては地がきを実施した箇所の方で密度が高くなっていました。

カンバ類の散布種子密度

カンバ類稚樹密度が既存の例よりも低かった理由としては、散布種子密度が低かったことが考えられます。図-2 は、幾寅試験地と恵庭試験

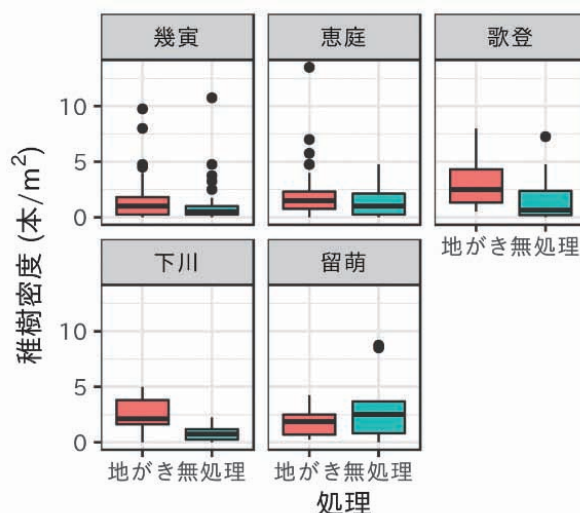


図-1 各試験地における、地がき処理の有無ごとのカンバ類稚樹密度。箱の上は全体の 75% の、下は 25% の値を、中央の線は中央値をそれぞれ示します。縦線は外れ値を除いた最大値と最小値を、点は外れ値を示します。

地に設置した種子トラップで測定したカンバ類の散布種子密度です。それぞれ、豊作年では 200～300 粒/m² でした。既往の研究例では、大豊作の年のカンバ種子散布密度は数千～数万粒/m² あり、これと比較すると今回の結果は低いと言えます。この理由としては、周囲にあるカンバ類の母樹が少ないことや、大豊作の年にあたらなかったといったことが考えられます。

このほか、一部ではキイチゴや草本などの植生が密生するところも見られました。植生の被度が大きく、高さが高いところでは、カンバ類稚樹密度が低くなる傾向も認められ、植生の発達がカンバ類の更新を阻害する可能性のあることもわかりました。一方、地がきは直接カンバ類稚樹を増やす効果と、植生を抑制して間接的に稚樹を増やす効果の両方の効果を持つこともわかりました (図-3)。

順応的管理

これまで地がきによるカンバ類の天然更新が実施された場所ではカンバ類の母樹が比較的豊富だった可能性があります。しかし、トドマツ人工林主伐跡地では、周囲にカンバ類母樹が多いとは限りません。既往の研究例からすると、30～70 本/ha 以上の母樹密度が必要なようです。これだけの母樹密度があったとしても、地がき実施の年が豊作年になるとは限りません。また、場所によっては植生が急速に回復してカンバ類稚樹を被陰するというおそれもあります。

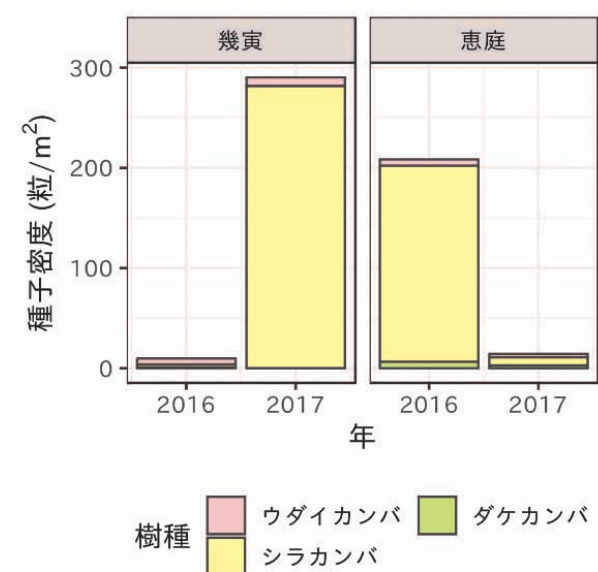


図-2 幾寅試験地と恵庭試験地におけるカンバ類の散布種子密度

地がきによるカンバ類の天然更新には、このような不確実性があります。そのような場合、不確実性があることを認め、計画に織り込んでおくことが有効でしょう。すなわち、「順応的管理」が望ましいと考えられます。

「順応的管理」とは、生態系管理や自然再生事業などでも使われる言葉です。予測に不確実性があることを認識し、当初の予測どおりとならない事態もあらかじめ管理システムに組み込んでおいたうえで、モニタリングによる評価と検証を行ない、その結果に応じて対応を変化させつつ管理する、という手法です。⁽¹⁾

地がきによりカンバ類の天然更新を図る場合には、たとえば、散布種子密度が大きく不足するようであれば播種をおこなう、下層植生が発達するようであれば下刈りを実施する、といった対策をあらかじめ用意しておき、現場の状況をモニタリングし、必要に応じて用意しておいた対策を実行するという方法が考えられるでしょう。

引用文献

- (1) 中村太士 (2018) 順応的管理. (柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一編「保持林業-木を伐りながら生き物を守る」, 築地書館):93-94.

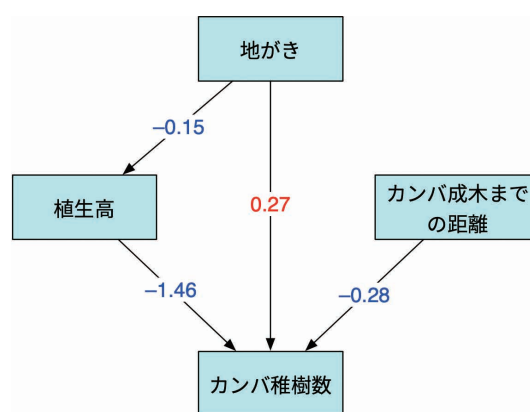


図-3 地がき、植生高、カンバ成木までの距離がカンバ稚樹数に及ぼす影響の模式図。プラスの数値は増やす方向に、マイナスの数値は減らす方向に影響することを示します。地がきは植生高を下げることで間接的にもカンバ稚樹数を増やす効果を持ちます。

地がき作業による土壌への影響評価

チーム長（北方林生態環境担当） 橋本 徹

植物土壌系研究グループ 伊藤江利子・梅村光俊

森林総合研究所 チーム長（土壌調査担当） 相澤州平

はじめに

トドマツ人工林を主伐した後、低コストで次世代の森林を更新する技術として、「地がき」が考えられます。地がきは北海道の林床に多いササを根系ごと除去するために行われます。この地がきによる天然更新促進作業は、カンバ類を中心とする広葉樹を低コストで比較的容易に更新させると期待されます。しかし、現在主流の重機とバケットを用いた作業では、ササと同時に表層土壌をも除去してしまう可能性があります。表層土壌は特に土壌構造が発達していて、通水、保水、通気性に富んでいます。また、養分豊富で、樹木細根のほとんどは表層で養水分を吸収しています。このように樹木の成長を支える重要な表層土壌を除去することは林地生産力の持続性を毀損するのではないかと懸念されます。そこで、本研究では、地がきによる天然更新促進作業が土壌に与える影響を調べました。

地掻き前後での土壌断面の変化

まず、地がきによってどれくらいの深さ、どのように表層土壌が変化するかを調べました。2カ所の試験地で、重機により筋状地がきを行いました。筋状地がきでできた地がき帯と残し帯の境を中心とした土壌断面を作成して、断面形態を観察しました（写真1、図1）。その結果、場所によっては10cm程度の表層が除去されましたが、全体



写真1 土壌断面。左側が地がき帯、右側が残し帯。

としてはそれほど深い地がきにはなりません。また、土壌硬度計で土の硬さを調べましたが、地がきによって土壌下層が硬くなるということはありませんでした。地がきの度合いは、地点によ

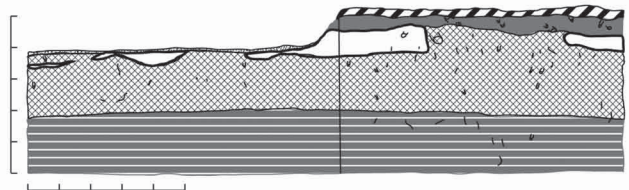


図1 土壌断面の例。スケールは一目盛り 10cm。左側約10cm厚の表土が地がきで削られている。

って大きく異なりました。これは、微地形による凹凸や根株等の障害物のために一様の深さで地がきができなかったためと考えられます。

地がき後のシラカンバ苗の成長

ササを除去した地がき地にカンバ類の種子が散布されれば、それらが発芽して定着することが期待されますが、その後の成長はどうなるでしょうか？ そこで、①地がきした場所 ②地がきして表土を戻した場所 ③ササを残しつつ、ササ稈を束ねてシラカンバ苗に光が当たるようにした場所 ④対照（ササ地）の4条件でシラカンバ苗を植えて、1年目の成長を調べました。その結果、最も成長が良かったのは②表土戻しをした場所で、①と③はほぼ同じで、④対照が最も成長が悪いという順になりました。ただし、統計的に有意に異なったのは、②と④の間だけでした。このことから、地がきによる表土の除去は、生育初期段階では、シラカンバ苗の極端な成長低下をもたらすほどではないと考えられます。

時間経過に伴う土壌の変化

今回の研究では、2カ所で実際に地がきを行いました。しかし、その2カ所で地がき後の土壌の変化を調べようと思ったら数十年の時間がかかります。そこで、過去の様々な時期に行われた筋状地がき林分で、地がき帯と残し帯の土壌の理化学性を調べました。それらのデータを地がき後の経過年数で並べることにより、時間経過にともなう土壌の変化を推定しました（クロノシーケンス法）。その結果、細土容積重（土壌の硬さの指標）でも全窒素濃度（土壌養分の指標）でも、地がき後の経過年数に伴う変化は認められませんでした。地がき後40年以上は土壌に対する地がきの影響が残ると言えます（図2、3）。一方、火山灰の有無で土壌に対する地がきの影響程度が異なっていました。しかし、火山灰には軽石や粘土など多様

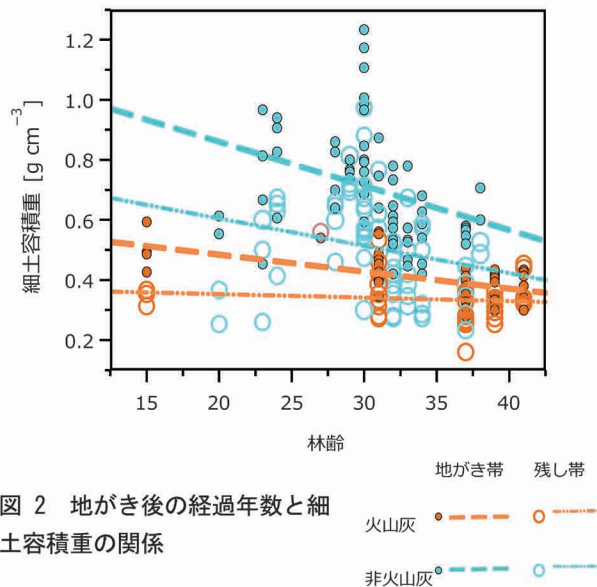


図 2 地がき後の経過年数と細土容積重の関係

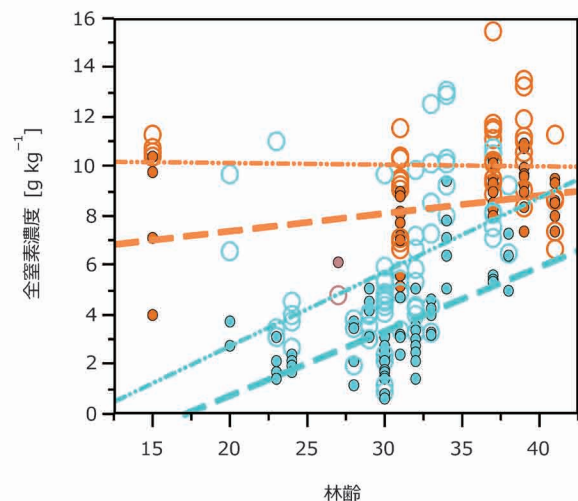


図 3 地がき後の経過年数と全窒素濃度の関係

な土性があります。非火山灰土にも多様な母材があり、単純な二分法では解釈が難しいところです。

地がきしていないところにカンバが更新していた事例

経過年数の異なるカンバ林調査の過程で、筋状地がきの地がき帯ではなく、残し帯にダケカンバが多く見られる事例が複数ありました。そこで、そのような場所で微地形と立木位置の関係を調べたところ、凹んだところ（地がき帯）ではなく、マウンド（残し帯）にダケカンバが多く生えていることが確認できました（図4）。これまで、地がきによるカンバ更新では、地掻きした面にカンバ類が生えると考えられていたので、これまでの定説を覆す発見です。その原因究明は今後の課題で

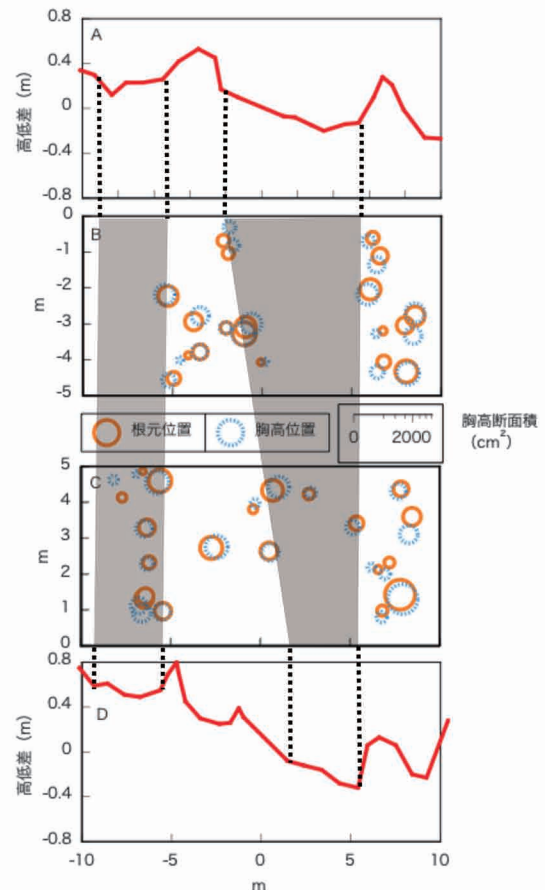


図 4 筋状地掻き後にダケカンバが優占的に更新した林分での微地形とダケカンバの立木位置

パネル A と D はそれぞれ 20m×20m プロット上辺と下辺（筋状地掻きと直交する）を横から見た時の微地形を表す。パネル B と C はそれぞれプロット上辺と下辺から 5m 範囲を上から見た時の立木の根元位置と胸高位置を表す。円の大きさは、胸高断面積を表す。灰色の部分はそれぞれの林分において地掻きしたと推定される部分を表す。

すが、深すぎる地がきとボサによるマウンドの形成が鍵と考えられます。

おわりに

以上をまとめると、土壌と更新木に対する地がきの影響はそれほど深刻ではなさそうです。しかし、深すぎる地がきは林地生産力の持続性を毀損する怖れがあるので、現段階で許容される地がきの深さは、ササ根系の大部分を除去できるくらいの深さと考えます。適切な地がきの深さを決める要因究明は今後の課題です。

本研究は、森林総合研究所交付金プロジェクト「トドマツ人工林主伐に対応した低コスト天然更新施業・管理システムの開発」の成果です。

強光ストレス回避でトドマツの天然更新を促進

植物土壌系研究グループ 北尾光俊・原山尚徳
地域研究監 石橋 聡・北方林管理研究グループ 古家直行
森林総合研究所 植物生態研究領域 韓 慶民・上村 章

はじめに

トドマツは耐陰性が高く、林内の暗い環境でも稚樹の生存が可能です。北海道東部では雪が少なくササとの競争が少ないため、トドマツ人工林の林床に前生稚樹が生育するところが多く見られます。現在、北海道東部地域では、トドマツ伐採後の造林コストを前生稚樹の天然更新によって削減させることが期待されています。そこで、伐採率を変えて冬季に上木伐採を行い、光環境の変化によるトドマツ前生稚樹の光合成活性への影響、そして、成長量および生存率への影響について調べ、天然更新を促進するための施業法について考察しました。

伐採によるトドマツ人工林の前生稚樹への影響

北海道森林管理局が根釧西部森林管理署標茶国有林に設定した試験地で、トドマツ人工林の伐採試験を行いました。試験地は2014年に設定され、2015年10月、2016年1月に異なる伐採率(0, 33, 50, 66, 100%)で上木の伐採が行われました。2016年5月に現地を調査したところ、伐採率が66%以下の試験地では稚樹の様子に目立った変化はなく、そのほとんどが生存していたのに対し、皆伐区(伐採率100%)では生育していたほとんどの前生稚樹で葉が褐変し、枯死した個体も多くみられました(写真1)。当年秋の調査によると、二つの皆伐区の前生稚樹(樹高30cm以上)の生存率は2割程度でした(伐倒集材による損壊枯死を含む)。



写真1 伐採によるトドマツ前生稚樹への影響

皆伐前(左)、皆伐後に褐変枯死したトドマツ前生稚樹(右)

上木伐採後の光阻害と成長低下

トドマツ伐採試験地において、異なる伐採率で上木を伐採した際の光環境の変化が、トドマツ前生稚樹の光阻害と成長低下に及ぼす影響を調べました。光阻害とは、「必要以上の光が当たることで生じる光合成活性の低下」と定義されますが、同時に様々な環境ストレスの指標になります。冬季の上木伐採(2015年10月、2016年1月)による

光の増加により、トドマツ伐採前に展開した葉において春季の光阻害が増大するとともに(図1)、伐採後1年目に伸長した枝の成長が低下することがわかりました(図2)⁽¹⁾。また、伐採後2年目の継続調査によって、光阻害によって生じた伐採前展開葉の落葉は、樹体内で利用できる窒素栄養を減少させ、2年目に新たに伸長した枝の成長も抑制することが明らかになりました⁽²⁾。

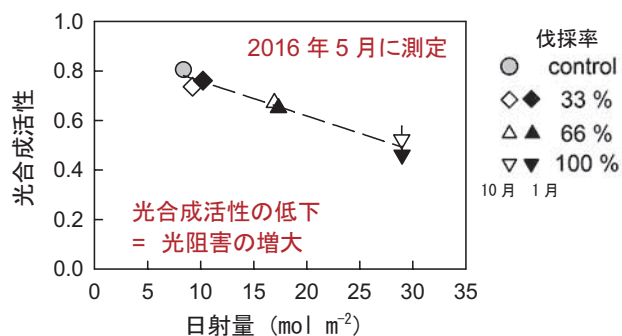


図1 日射量の増加による伐採後1年目の春の光阻害の増大

光合成活性はクロロフィル蛍光反応によって測定しました。

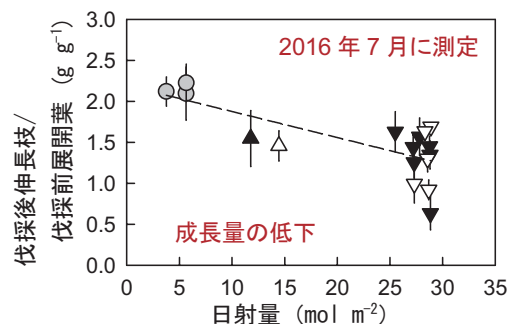


図2 日射量の増加による伐採後1年目の成長量の低下

成長量は伐採後伸長枝の重さを伐採前展開葉の重さで割った値で表しました。伐採前伸長枝の長さから落葉する前の伐採前展開葉の重さを推定しました。

皆伐試験地におけるトドマツ前生稚樹の生存率

トドマツ前生稚樹の生存率を調べるために、皆伐試験地においてドローンによる空中写真撮影を行いました(写真2)。撮影は2016年7月と2017年7月の2回行いましたが、伐採後1年目の夏にあたる2016年7月に生存していた個体の多くは伐採後2年目の夏にも生存していたことから、冬季の伐採後、1年目の春の光阻害に耐えて生き残ることが、トドマツ稚樹の生存率を決める主たる要

因であると考えられました。また、全天写真による太陽軌跡の解析により、残存木により太陽光が遮られる場所で生存率が高い傾向が見られました（写真3）。このことは、光障害が稚樹の生存を決める要因であることを示唆しています。さらに解析を進めることで、トドマツ稚樹の生存率は、連続して太陽光が当たる際の積算日射量が大きくなると低下し、日影になる時間が多くなると上昇することがわかりました。



写真2 空中写真を用いたトドマツ稚樹の生存判定

空中写真は伐採後1年目夏（2016年7月）に、皆伐試験地において撮影しました。水色：生存個体、ピンク：枯死個体。

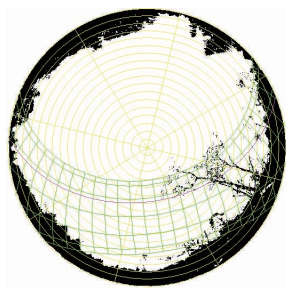


写真3 全天写真による太陽軌跡の解析

ピンク色の線が太陽の軌跡（2016年4月15日で計算）

トドマツ天然更新を促進する施業法とは？

本研究により、冬季伐採を行った際には翌春の光障害によってトドマツ前生稚樹の成長や生存が制限されることが明らかとなりました。また、稚樹の生存率を高めるためには、連続して直射日光が当たらないようにすること、日影になる時間を長くすることなどが有効であることがわかりました。本研究結果に基づき、保残木の配置による生存率の予測を行いました（図3）。10m間隔で上木を残すと前生稚樹の生存率は90%となり、ほとんどの稚樹が生き残ります。10m（南北）×40m（東西）だと63%、20m×20mだと55%となり、保残木がない場合の22%より3倍近く生存率が高くな

ります。一方で、40m×40mだと31%となり、保残木の効果はあまり期待できません。稚樹の生存率を高め、トドマツ天然更新を促進するためには、目標とする生残稚樹本数にあわせて保残木を配置することが有効な施業法として考えられます。

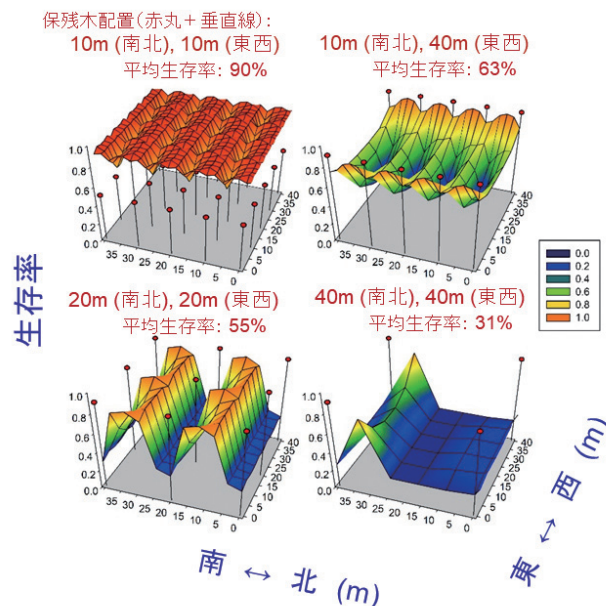


図3 保残木の配置から予測される前生稚樹の生存率

保残木の大きさは伐採試験地で平均的なサイズである樹高20m、樹幹直径0.3mとしました。樹冠長は5m、樹冠直径は4mに設定しました。保残木がない場合の平均生存率は22%となりました。

引用文献

- (1) Kitao, M. et al. (2019) Sustained growth suppression in forest-floor seedlings of Sakhalin fir associated with previous-year springtime photoinhibition after a winter cutting of canopy trees. Eur. J. For. Res. 138, 143-150.
- (2) Kitao, M. et al. (2018) Springtime photoinhibition constrains regeneration of forest floor seedlings of Abies sachalinensis after a removal of canopy trees during winter. Sci. Rep. 8, 6310.

謝辞

本研究は、森林総合研究所交付金プロジェクト「トドマツ人工林主伐に対応した低コスト天然更新施業・管理システムの開発」による成果です。

トドマツ人工林伐採後の施業選択

森林育成研究グループ 主任研究員 津山幾太郎
元北方林管理研究グループ 嶋瀬 拓也
地域研究監 石橋 聡

はじめに

北海道のトドマツ人工林は、その多くが主伐期を迎えており、伐採後の再生林における最適な管理手法を特定することが重要な課題となっています。そこで、トドマツ人工林の造林に適した環境条件と、地位の分布を地理的に明らかにするとともに、地位ごとの素材収入と育林や主伐のコストから経営収支を算出し、マップ化しました。また、地がきによって誘導するダケカンバ林と、トドマツ人工林内に自生するトドマツの稚樹を活用したトドマツ天然更新林について、代表的な林分条件を仮定し、経営収支を推定した上で、トドマツ人工林に再生林した場合との経営収支の比較を行いました。

トドマツ人工林の造林に好適な条件と場所

国有林と民有林のトドマツ人工林に関する 1112 地点のデータと、各地点における気温や降水量、日射量などの気候データや地質データ、地形データといった環境要因に関するデータを用いて、回帰モデルと呼ばれる統計モデルを構築し、トドマツ人工林の造林適地となる環境条件を明らかにしました。トドマツ人工林を造林する環境の好適さの指標には、成長の良さを示す地位指数（上層木の 40 年生時の樹高）を用いました。その結果、気候や地質的には、温暖で夏期降水量が多い場所が好適であることがわかりました。また、地形的には、北東斜面が特に好適であることが明らかになりました。これは、これまで林業関係者の間で経験的に言われてきたことと合致する結果です。一方で、低温かつ乾燥した地域や、地形的に水が集まりやすく過湿になりやすい場所は不適なことが示唆されました。

次に、上記のデータと、ランダムフォレストという、高精度な予測が可能な統計モデル（決定係数は 0.90）を用いて、北海道におけるトドマツ人工林の地位指数を予測しました（図 1）。その結果、十勝地方や、渡島西部や檜山南部の低地、日高西部や空知の低地などが、地位が高い造林適地と予測されました。一方、宗谷、根室、上川北部や留萌の低地などは、低温や乾燥などにより、地位が低い不適地であることが示唆されました。

トドマツ人工林の経営収支を予測する

次に、予測したトドマツ人工林の地位に基づき、伐期を 40 年に設定したときの経営収支を評価しました。素材収入は、北海道林業試験場のトドマ

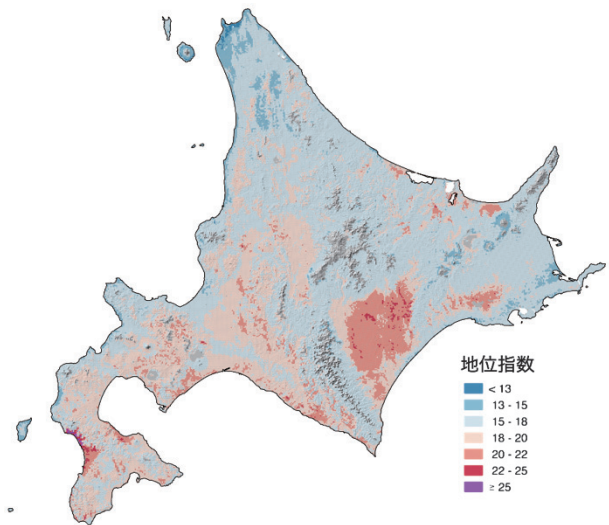


図 1 トドマツ人工林の地位マップ

地位が高い地域は赤系で、低い地域は青系で示す。

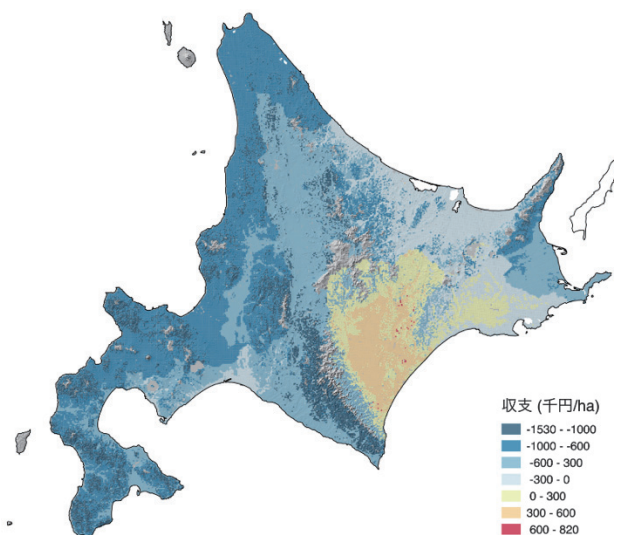


図 2 トドマツ人工林の経営収支マップ

緑～赤で示した場所は利益が、青系で示した場所は損失が出ると予測された地域であることを示す

ツ人工林収穫予測ソフト（ver.1.30）を使って収穫予測をした結果に基づき、地位と植栽本数を用いて予測した総収穫材積に、振興局別のトドマツ素材単価（北海道水産林務部および林野庁の統計・資料から算出）を乗算することで求めました。主伐費は、北海道水産林務部の低コスト施業の手引き（2014）⁽¹⁾を参照し、地位と植栽密度から主伐費を予測するモデルを構築して求めました。この際、傾斜 20° 以上の場所については、30%の掛かり増しとしました。育林費については、北海道水産林務部資料等を参照し、地拵え、植え付け、下刈り、苗木、苗木運搬、間伐にかかる費用を、傾斜、ササ丈、下刈り年数、地位や植栽本数に応じ

て求めました。主伐費と育林費を合わせた支出に間接費として25%を上乗せし、素材収入から引くことで、収支を算出しました（補助金は無しと仮定）。

解析の結果、トドマツ人工林の経営収支は、十勝や釧路中部で高く、日本海側や宗谷、根室などで低いと予測されました（図2）。これは、十勝地方では、トドマツの地位や単価が高く、下刈り年数が短いため育林コストも抑えられるのに対し、日本海側などの地域では、地位や単価が低く、下刈り年数が長いため育林コストも高くなることに起因すると考えられます。

地がきによるダケカンバ林との比較

ダケカンバ林の経営収支を評価するため、調査データから地位と伐期齢に応じた平均的材積と径級分布を求め、径級別単価を乗算して素材収入を算出しました。求めた素材収入から、支出（主伐費、地がき費、間接費25%）を差し引き、収支を算出しました。

次に、トドマツ人工林と経営収支を比較するため、トドマツ人工林とダケカンバ林の利益差を求めました。その結果、ダケカンバの地位が最も低い場所で40年で伐採した場合でも、十勝地域を除きダケカンバ林が経営上有利であり（図3）、地位が高い場所で60年生まで待つと全ての地域でダケカンバ林が有利になることが示唆されました。なお、ダケカンバの場所ごとの地位推定は、まだ十分なデータ数がないため今後の課題です。

トドマツの天然更新林との比較

全道の国有林で行った、トドマツ人工林における天然更新調査の結果を解析したところ、トドマツの稚樹は、ササ丈1m以下の場所（主にミヤコザサ帯）で最も多く生育し、ササ丈1~2mの場所（主にクマイザサ帯）で最も少ないことがわかりました。そこで、ミヤコザサ帯（豊岡1983⁽²⁾に基づく）を対象に、トドマツ人工林とトドマツ天然更新林の経営収支を比較しました。

トドマツ天然更新林の素材収入は、トドマツ人工林収穫ソフト ver.1.30（北海道林業試験場）を用いて、地位ごとに最も高密度な設定（4250本/ha）で材積と径級分布を算出し、径級別の単価を乗算して推定しました。求めた素材収入から、支出（主伐費、間接費25%）を差し引き、トドマツ天然更新林の経営収支を評価しました。

トドマツ人工林と天然更新林の利益差を算出した結果、伐期が40年でも対象地域の全域でトドマツ天然更新林が有利であり（図4）、伐期を60年に延ばすとより有利になることが示唆されまし

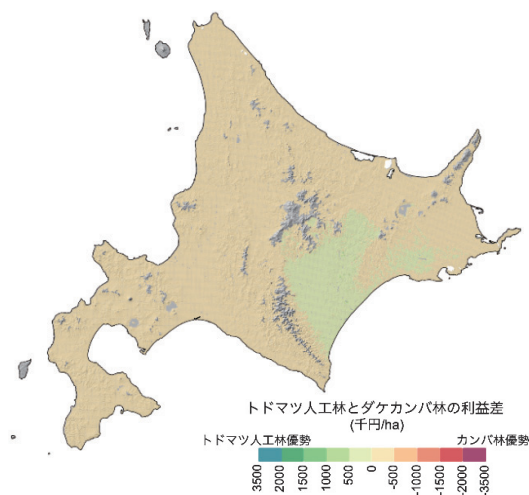


図3 トドマツ人工林とダケカンバ林の利益差マップ

低地位・伐期40年の場合。色が緑系の場所はトドマツ人工林が、赤系の場所はダケカンバ林が優勢な場所を示す。

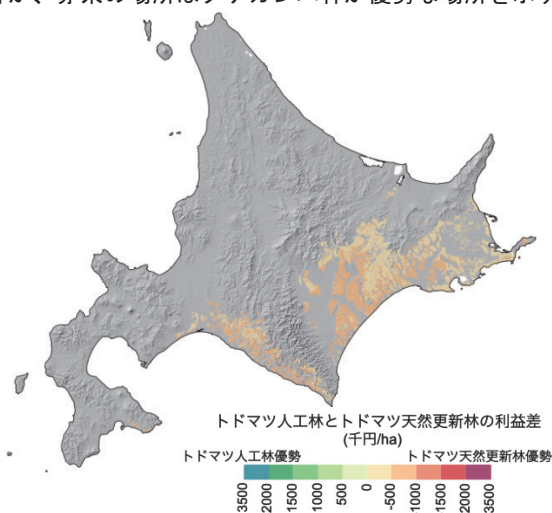


図4 トドマツの人工林と天然更新林の利益差マップ

伐期40年の場合。色が緑系の場所はトドマツ人工林が、赤系の場所はトドマツ天然更新林が優勢な場所を示す。

た。これは、トドマツ天然更新林では育林費が省略されること、伐期を延ばすことで、天然更新林では単価の高い径級の大きな個体が増えるためと考えられます。

これらの結果は、地域的な施業法の適性を判定し、現存するトドマツ人工林の主伐後にどのような施業法が適切かを選択する（再びトドマツ人工林にする、地がきによってカンバ林にするなど）ための情報として利用することが可能です。今後、このシステムをより精緻化・多様化することにより、トドマツ人工林主伐後に最適な施業方法を選択する上でさらに有益な情報を提供できるようになると考えられます。

引用文献

- (1) 北海道水産林務部(2014)低コスト施業の手引き。
- (2) 豊岡 洪(1983)北海道ササ分布図概説。

活 動 報 告

◆平成 30 年台風 21 号および北海道胆振東部地震への対応について◆

平成 30 年 9 月 5 日未明を中心に北海道西方海上を台風 21 号が通過し、さらに翌 9 月 6 日未明には最大震度 7 を観測した北海道胆振東部地震が発生し、各地に大きな被害をもたらしました。亡くなられた方々のご冥福を心よりお祈り申し上げますとともに、被災地の一日も早い復興をお祈りいたします。当支所構内においても、台風により実験林内の多数の倒木やフラックス観測タワー等の損壊が発生し、地震により長時間の停電や通信の遮断、建物や研究機器の破損、敷地の陥没等が発生しました。幸い人的被害はなく、すでに多くの倒木処理や建物・機器等の修理・交換が終了し、フラックス観測タワーの修復についても予算措置も含めた検討が行われています。また、地震に関しては、北海道水産林務部、胆振総合振興局、厚真町、安平町、むかわ町、森林組合、森林所有者団体、北海道森林管理局、公設林業研究機関等で構成される胆振東部森林再生・林業復興連絡会議にチーム長（北方林更新動態担当）を派遣し、情報共有や助言等を行っています。



実験林内の倒木



フラックス観測タワーの損壊状況

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』 Vol.21

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 <http://www.ffpri.affrc.go.jp/hkd/>
印刷 ひまわり印刷株式会社
〒053-0815 北海道苫小牧市永福町 2 丁目 1 - 4
TEL(0144)74-4500 FAX(0144)74-1151

2019 年 3 月 29 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。

