

天然力を活用した低コスト再造林技術への取組

～「表土戻し」地拵による天然更新～

北海道森林管理局 上川中部森林管理署 谷本 直緒子

北海道森林管理局 上川北部森林管理署 中嶋 佑輔

(両名とも 元・北海道森林管理局 空知森林管理署北空知支署)

1 背景

我が国の人工林の多くが主伐期を迎え更新量が増加する中、造林のコスト低減は喫緊の課題となっています。このような中、北空知支署管内は北海道内でも有数の寒冷多雪地域であり、更新・保育コストがかかり増しになりやすく、多くの人工林でカンバ類等の天然木が混交しています。このような人工林において、天然力を活用した低コスト再造林へ向けて、天然下種更新を利用する「表土戻し」地拵を取り入れました。

「表土戻し」とは、これまで北海道の寒冷多雪地域で行われてきた「地がき（かき起こし）」を高度化した作業です。「地がき」とは、重機により林床からササの根茎ごと表土を除去し鉞質土層を露出させ天然下種更新によりカンバ林を造成する方法であり¹⁾、基本的に植付や下刈が不要なため更新・保育コストを低減できます。また、道北や日本海側の多雪地域では地がきカンバ林施業の方が針葉樹人工林施業より施業全体の経営収支が良いとする試算結果も示されています²⁾。しかし、地がきは肥沃な表土も林地から除去するため、天然更新したカンバ類の成長量や埋土種子からの発生を制限させる可能性が指摘されてきました³⁾。

そこで、表土と下層植生を一旦除去した後、再び施工地に敷き戻し、肥沃な表土と埋土種子を再供給する「表土戻し」地拵（図1）が北海道大学雨龍研究林で考案され、20年以上取り組まれてきました。表土戻しはカンバ類の更新本数の多さと成長の早さの点で地がきを大きく上回ることが確認されており⁴⁾、いわゆる「早生樹」と同等の効果が期待できます。さらに、カンバ類の種子は豊凶があります⁵⁾、埋土種子も利用可能な表土戻しは確実な天然更新が期待できます。

また、これまではかき起こしたササを枯死させるための堆積期間が2～4週間程度必要といわれてきましたが、最近の報告では、下層にオオイタドリ等の高茎草本がなく、十分な種子供給が見込まれる等の条件が揃えば、堆積期間を設けない施工も可能とされています⁶⁾。これらの効果を期待し、令和2年度および3年度に北空知支署の森林整備事業へ取り入れました。

表土戻しを事業として行う場合、①作業工程のかかり増し、②天然更新完了基準達成までの期間、③競合植生の回復の早さの3つが課題となることから、これらの課題について検証しました。

作業工程は、ブルドーザを使用した先行事例では地がきの約1.4倍と報告されており⁷⁾、かき起こした表土を「戻す」ことにより通常的大型機械地拵と比べてかかり増しになることが懸念されました。また、天然更新完了基準については、国有林では「地表処理実施年の翌年から5年以内に30cm以上の更新木が10,000本/ha以上成立」の本数基準であるのに対し、民有林では「伐採年度の翌年度から5年以内に周囲の植生高より50cm以上高い更新木が3,000本/ha以上成立」の樹高基準で定められており、どちらも更新完了までの年数に制約があります。今回は事業として行うため表土の堆積期間

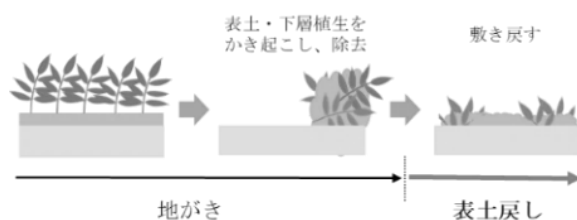


図1 表土戻しのイメージ

のない施工を選択しましたが、先行事例の地域と異なる場合、植生回復の早さや更新完了までの期間がどれほどになるか不明でした。

2 方法

(1) 試験地について

試験地は、①主伐（複層伐）跡地であること、②高茎草本（オオイタドリ）が無くクマイザサが下層の優占種であること、③周囲にカンバ類の母樹が存在することの3つを条件に2箇所設定しました（表1）。

試験地Aはトドマツ人工林で、ウダイカンバ、シラカバ、ダケカンバ、シナノキ、ホオノキ、センノキで構成されます。2020年6月に帯状の小面積皆伐（誘導伐）を実施し、同年7月に表土戻しと対照区として通常の大規模機械地拵（以下、通常地拵）を4m刈3m残の筋状で施工しました。同年10月に刈幅にトドマツを250本/ha（苗間5m列間7m）で植栽しました。

試験地Bはカラマツ人工林で、ウダイカンバ、シラカバ、ダケカンバ、ミズナラ、ホオノキ、イタヤカエデで構成されます。2021年5月に小面積皆伐（誘導伐）を施工し、同年6月に表土戻しと通常地拵を全面的に施工しました。同年11月に表土戻し箇所の一部および通常地拵箇所の全体でクリーンラーチを500本/ha（苗間4.6m列間4m）で植栽しました。

また、試験地A・Bともに、施工の翌年以降、苗木の周囲のみの下刈（坪刈）を毎年6月から8月の間に1回または2回行いました。なお、試験地は褐色森林土であり、クマイザサの根茎は地表から深さ約40cmまででみられました。

表1 試験地概要

| 試験地 | 場所 | 施工時期 | 面積 | 施工方法 | 仕様 | 植栽 |
|-----|--------------------|---------|---------|----------------|----------------|---------------------------|
| A | 407・408林班 (雨竜町) | 2020年7月 | 3.01 ha | ①表土戻し ②通常地拵 | 筋刈 (4m刈3m残) | トドマツ 250本/ha |
| B | 468・470林班 (北竜町) | 2021年6月 | 9.11 ha | ①表土戻し ②通常地拵 | 全面 | ①クリーンラーチ 500本/ha ②植栽なし |

(2) 作業方法および工期調査

表土戻しと通常地拵はバックホウアタッチメントのザウルスロボを使用しました。表土戻しは、深さ約40cmで表土と下層植生をバケットにより一旦かき起こし、掴んでその場で戻す手順で行いました（写真1）。作業にあたっては、①ササの根茎が地中に残らないようにしっかりとかき起こすこと、②ササの根茎を確実に枯死させるため表土と下層植生を戻す際に下層植生から表土を軽くふるい落とし、ふるった表土の上に下層植生と残りの表土を置くことの2点に注意しました。



写真1 表土戻し作業中

作業工期を調べるため、試験地Aでは4×50mの標準地を6箇所、試験地Bでは10×20mの標準地を8箇所設定し、標準地内での作業にかかる時間を計測しました。計測した作業時間と標準地面積を下記の式に当てはめ、haあたりの人工数を算出しました。

$$\text{haあたり人工数} = \text{計測した作業時間} / \text{標準地面積 (ha)} / \text{1日あたり作業時間 (8時間)}$$

(3) カンバ類の天然更新・植生調査

本試験では施工の翌年を生育期間の1年目と定義しました。カンバ類の天然更新状況を調べるた

め、試験地Aでは施工完了から1-3年目にあたる2021年10月・2022年9月・2023年10月に、半径50cmの円形プロットを表土戻し区に18個、通常地拵区に9個設定し(図2)、プロット内に出現した樹高10cm以上のカンバ類の本数と樹高を調査しました。試験地Bでは施工完了から1・2年目にあたる2022年9・10月・2023年10月に、2×10mのラインプロットを表土戻し区に12本、通常地拵区に6本設定しました。さらにラインプロット内を1×1mのセルに分割し、14個のセルで樹高30cm以上、6個のセルで樹高10cm以上の出現したカンバ類の本数と樹高を調査しました。また、試験地Bのラインプロットにおいて、2023年10月に各セルの植生の被覆率を目視で判別しました。一部のプロットではドローン(UAV)による空撮を行い(飛行高度10~20m)、画像により判別しました。加えて、天然更新への影響が大きいクマイザサについては、画像上の種判別が容易であったため被覆度も判別しました。

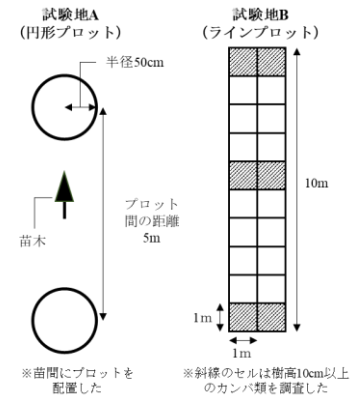


図2 調査プロット

3 結果

(1) 作業工期

試験地Aでは表土戻しの方が通常地拵よりも人工数が低く、工期が良い結果でした。試験地Bではほとんど変わりませでした(図3)。

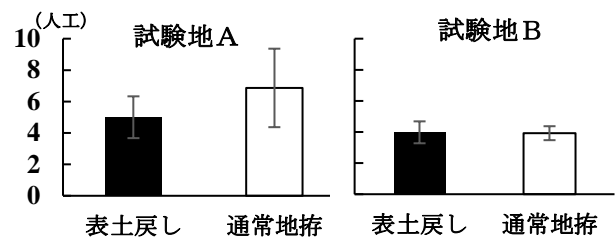


図3 工期調査結果 エラーバーは標準偏差を示す。

(2) カンバ類の天然更新

試験地Aの表土戻し区におけるカンバ類の出現本数は、すべての年で通常地拵区の2倍以上でした(図4)。さらに施工後2年目から樹高30cm以上のカンバ類がhaあたり換算で10,000本以上確認され、樹高の高い実生が多くなっていました(図4)。また、3年目に出現したカンバ類の8割は、一般的に材価が高いと言われるウダイカンバでした。

試験地Bの表土戻し区におけるカンバ類の出現本数についても、通常地拵の3倍以上でした(図5)。施工後2年目で樹高30cm以上のカンバ類がhaあたり換算で26,000本以上成立し(表土戻し-500本/ha植栽区)、樹高120cmを超える個体も確認されました。(図5)。また、施工後2年目に出現したカンバ類の2~3割がウダイカンバでした。

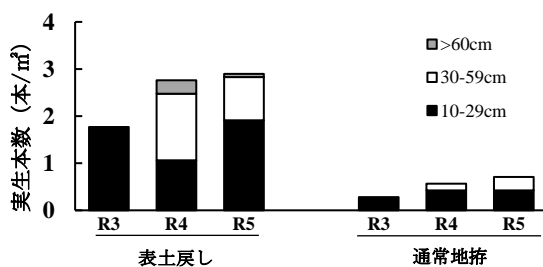


図4 カンバ類実生調査結果(試験地A)

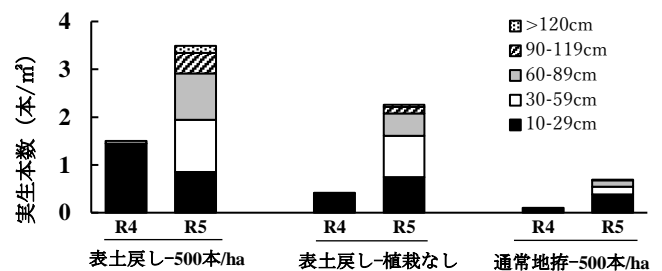


図5 カンバ類実生調査結果(試験地B)

(3) 植生回復

試験地A・Bそれぞれの表土戻し区では、施工直後は地表にかき起こしたササが散在しており、施工後2・3年目は相対的に植生回復が早かったもののササは少なく草本が中心でした(写真2・3)。試験地Bについては被覆度を調査し、表土戻し区が60%、通常地拵区が20%で、表土戻し区に

おける植生回復が早かったです（図6）。一方、天然更新への影響が大きいクマイザサの被覆度は表土戻し区で約15%でした（植栽あり区及び植栽なし区平均）。



写真2 施工後の植生の変化（試験地A）
（左から：表土戻し施工後翌年春（2021.5）、表土戻し施工後3年目（2023.10）、
通常地拵施工後翌年春（2021.5）、通常地拵施工後3年目（2023.10））



写真3 施工後の植生の変化（試験地B）
（左から：表土戻し施工後翌年春（2022.6）、表土戻し施工後2年目（2023.10）、
通常地拵施工後翌年春（2022.6）、通常地拵施工後2年目（2023.10））

4 考察

（1）作業方法・工期

地がきは掘削の深さに注意する必要があります。A層をすべて除去する深い地がきはカンバ類の成長に長期的な負の影響を及ぼす可能性があり¹⁾、逆に掘削が浅すぎるとササの回復速度を早め、カンバ類が被陰される可能性があります。そのため、地がきは施工地の土質や施工時の天候に合わせて表土を掘削する技術が必要です。

今回実施した表土戻しは、最終的に表土を元の場所に戻すため、作業者は深掘りに注意する必要がなく、ササの根茎に達する深さまで十分にかき起こすことができます。また表土を戻すことで、カンバ類の成長に必要な透水性・保水性が高い環境が作られると考えられます。表土戻しは地がきと比較して、経験の有無に関わらず、導入が容易な再現性の高い作業であると考えられます。

表土戻しの工期が通常地拵と変わらなかった理由として、ザウルスロボのヘッド性能が高く、掘る・掴む・回転させる作業が可能であったこと、表土の堆積期間を設けなかったことで堆積場所への移動が必要なく、表土の移動（地がき→表土戻し）の一連作業が機械の旋回範囲で済んだことの2点が考えられます。

（2）カンバ類天然更新

今回施工した表土戻し区におけるカンバ類の天然更新状況は、通常地拵区よりも成績が良好であることが示されました。

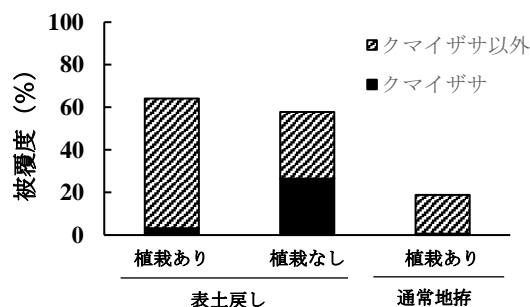


図6 下層植生の被覆度（試験地B）

カンバ類の発芽時期のピークは5月下旬～7月下旬で9月中旬まで見られ、種子散布時期については、ウダイカンバやシラカバで8月上旬以降、ダケカンバで8月下旬以降であるとされています⁸⁾。本試験の施工時期は6月中旬～7月中旬で、カンバ類の発芽時期に施工が完了したことから、施工年内に当年度の種子からの発芽があったと考えられます。また、カンバ類は埋土種子として少なくとも2年間は発芽能力を維持するとされている⁸⁾ことから、過去2年間分の埋土種子から発芽した可能性も考えられます。表土戻しによる肥沃な表土の供給に加え、施工時期が早かったことと、発芽可能な埋土種子の多さが、更新の良さにつながった一因と推察されます。

また、試験地Aでは表土戻し後2年目で樹高30cm以上のカンバ類が17,000本/ha出現しており、試験地Bでも表土戻し区は施工後2年目で26,000本/ha出現していました(表2)。地表処理後の天然更新完了基準と比較すると、国有林の基準については両方の試験地で施工後2年目に達成しており、表土戻しは国有林の本数基準の早期達成が可能であると考えられます。一方、民有林の基準では、周囲の無施工地の植生高は120cmであったことから、樹高170cm以上の更新木が3,000本/ha以上必要であり、施工後2年目および3年目では達成できませんでした。しかし、表土戻し区では樹高30cm以上のカンバ類が多く出現していたことから、将来的には早い段階で達成することが期待されます。

表2 カンバ類天然更新調査結果(本/ha)

| | 樹高 | 試験地A | | | 試験地B | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2021.10 | 2022.9 | 2023.10 | 2022.10 | 2023.10 |
| 表土戻し | 30cm以上 | — | 17,000 | 10,000 | 500 | 26,000 |
| | 170cm以上 | — | — | — | — | — |
| 通常地拵 | 30cm以上 | — | 1,000 | 3,000 | — | 3,000 |
| | 170cm以上 | — | — | — | — | — |
| 更新完了基準 | 国有林 | × | 表土戻しは完了 | | × | 表土戻しは完了 |
| | 民有林 | × | × | × | × | × |

※民有林の更新完了基準の指標となる「周囲の植生高」は、試験地A・Bともに120cmだった

(3) 植生回復

表土戻し施工後2・3年目では、植生高が高い場所も部分的にありましたが、クマイザサによる被陰の影響も小さいことから、カンバ類が更新する場所は十分存在すると考えられます。また、クマイザサの急速な回復は見られなかったことから、現時点でカンバ類の天然更新および樹高成長への影響は小さいと考えられます。

5 今後の課題

今後の主な課題は①民有林の天然更新完了基準の達成、②エゾシカの食害、③カンバ類の密度管理です。施工後3年目時点では民有林の更新完了基準は未達成だったため、5年目までに達成できるか調査します。

また、天然更新を活用する上でシカによる食害は大きな課題であり、本試験においてもウダイカンバの食害を確認しました。しかし、北空知支署管内を含む道北地域はシカの生息数が比較的少なく、かつ表土戻しはカンバ類が高密度で発生することからシカの被食圧を上回る可能性があります。今後、更新木の食害の状況や成長への影響について調査します。

将来的にはカンバ類の適正な密度管理も必要になります。地がきカンバ林を含めたこれまでの事例では、コスト低減のため若齢期の強度の除伐が推奨されており⁹⁾、有効な方法も提案されています。刈払機もしくは中型・大型機械などを使用して、低コストで高効率な保育作業を実践していきます。

6 まとめ

本試験では、ザウルスロボによる堆積期間を設けない、事業に合った形の表土戻しを行いました。その結果、表土戻しの作業工程は通常の大規模機械地拵と同等で、2・3年目時点での植生回復は遅く、先行事例と同様にカンバ類の更新にとって有利であったことから、今回の表土戻しを事業として今後広く導入できる可能性があると考えられます。

近年はカンバ材の用途が拡大し市場価値が上昇するなど、林産業やエンドユーザーからのニーズが増加しています。将来的に川中・川下へ安定的に木材を届けるためにも、低コストでカンバ林を造成する「表土戻し」技術の確立に向け、今後とも取り組んでいきたいと思えます。

7 謝辞

本試験を行うにあたり、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション北管理部長の吉田俊也教授をはじめ、雨龍研究林の皆様、請負事業体の皆様には多くのご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

8 引用文献

- 1) 森林立地 60 (2) : 71-82 (2018) 北海道における地がき更新補助作業と今後の課題. 伊藤江利子・橋本徹・相澤州平・石橋聡
- 2) 循環的なカンバ林施業をめざして一 地がきを利用した施業管理技術一. 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期中長期研究成果 13 (森林産業-4), 本文全14ページ、発行日: 令和4 (2022) 年3月31日
- 3) 北海道における天然林再生の試み一かき起こし施業の成果と課題一. 梅木清 日林誌 85: 246-251, 2003
- 4) Journal of Forest Research_2023 Vol.28 No. 1, _51-56_Scarification with surface soil replacement can promote understory reinitiation as well as the growth of a secondary birch stand. Toshiya_Yoshida , Haruka_Yamazaki and_ Toshizumi_Miyamoto
- 5) 落葉広葉樹の種子繁殖に関する生態学的研究. 北海道林業試験場研究報告 水井憲雄 30号:P1-67, 1993年3月
- 6) 表層土壌を残存させるササ地の掻き起こし作業一表土戻し作業で表層土壌の堆積期間は必要か?一. 日本森林学会誌, 山崎遥・間宮渉・吉田俊也, _102 卷3号:P157-165, _2020年6月
- 7) かき起こし施業の高度化へむけて一北大雨龍研究林での「表土戻し」の試み一. 吉田俊也, 北方林業 63 卷_1号: P6-9, 発行年: 2011年
- 8) 中野実・村井英夫 (1970) 造林樹種の特性 前編 カンバ類の更新. 北方林業叢書 46, 全118ページ
- 9) 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. 日本森林学会誌, 佐野友紀・渋谷正人, 97 卷1号: P25-29, 発行年月: 2015年2月