

I. 地がき更新作業

地がきによる天然更新成功のための技術的要点を、更新にとってより条件が厳しいとみられる低標高の人工林帯皆伐地（幅40～50m程度）を主な対象地として示します。ただし、要点のほとんどは、これまで主として地がきが行われてきた広葉樹天然林などを対象とした場合でも大きな違いはありません。

1. 目的樹種

標高が低いことや、地がき後のササの回復や草本類の繁茂のスピードに負けないようにするため、先駆樹種で初期樹高成長量の大きいシラカンバを主な目的樹種とします。なお、同じ先駆樹種で更新する可能性があるウダイカンバ、ハンノキ類、ヤナギ類も初期樹高成長量が大きく期待できます。トドマツなどの針葉樹（カラマツ除く）や広葉樹の一部の極相樹種（イタヤ類等）は初期樹高成長量が小さく、実生段階では存在しても、更新した先駆樹種やササ等の被陰などにより、その後はほとんど残りませんでした（表1）。

表1 地がき後の生残状況（幾寅：南富良野町）

樹種	2017(2年目)	2020(5年目)
	実生・稚樹	稚樹
シラカンバ	201	146
ヤチダモ	83	5
ヤナギ類	37	24
ウダイカンバ	20	17
キハダ	16	7
ヤマグワ	15	5
ニレ類	10	2
トドマツ	7	0
カラマツ	4	2
キタコブシ	4	1
ダケカンバ	4	1
イタヤ類	3	0
ハリギリ	3	0
シウリザクラ	1	0
ホオノキ	1	2
計	409	212
(haあたり)	21,302	11,042

注) ・稚樹は樹高30cm以上

・地がきプロット2m×2m 48箇所の本数データ



写真1 幾寅調査地の現況（2021年10月撮影）

現在（地がき後6年目）は、シラカンバを主体にササの桿高（120cm）を超えている更新木が、ヘクタールあたり7,917本生立しています。

2. 作業適地の条件

1) 傾斜

大型機械を使用するため、傾斜はおおむね20°以下が対象地です。

2) 方位

南斜面が適します。シラカンバは成長に強い光を要求する陽樹であることや、発芽成長に乾いた環境を好むためです。

3) 土壌条件

B_c（弱乾性褐色森林土）、B_D（適潤性褐色森林土）型が好適です。谷地、平坦地の凹地などの湿性土壌は、ヒヨドリバナ等の大型草本が繁茂しやすく、シラカンバの天然更新にとって条件が厳しくなります。ただし、近隣に母樹があれば、湿性土壌を好むハンノキ類やヤナギ類が更新する場合があります。

リサーチピックアップ 1 ➡

シラカンバの天然更新を阻害する土壤水分条件

土壤水分条件を変えた栽培試験

ヒヨドリバナは、北海道内の造林時に競合植生として一般的に見られるキク科の多年生草本です。そこで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壤水分条件で生育させ、光合成反応と成長反応の比較を行いました。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（コントロール）、3) 半分滞水（ポットの下半分が水につき土が常に湿っている状態）、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。

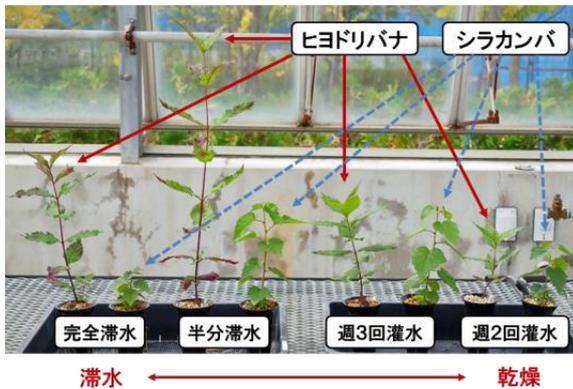


写真1 シラカンバとヒヨドリバナの成長

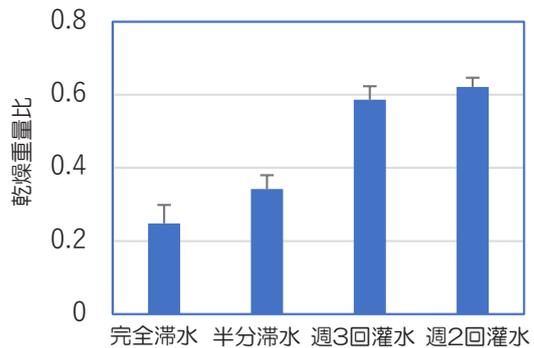


図1 シラカンバの乾燥重量/ヒヨドリバナの乾燥重量比

土壤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は、半分滞水処理で最も大きくなりました（写真1）。一方で、根、枝、葉を含めたヒヨドリバナに対するシラカンバの総乾燥重量の比については、滞水処理で顕著な低下が認められたことから（図1）、土が常に湿っているような環境ではシラカンバの競争力が著しく低下することが示唆されました。

土壤水分条件に対する光合成反応

光合成活性の指標として、クロロフィル蛍光反応測定によって得られる光化学系Ⅱの最大効率（ F_v/F_m ）という指標を用いました。 F_v/F_m はクロロフィルで受け取った光をどれだけ光合成で使うことのできるかの割合を表す指標です。健全な植物では、早朝、日の当たる前に測定した F_v/F_m の値は0.8を越えるくらいの値になることが知られています。シラカンバでは、完全滞水と半分滞水処理で生育した個体で、 F_v/F_m の値が低下し、0.8を下回る結果となりました（図2）。一方、ヒヨドリバナでは、 F_v/F_m に処理間の有意差は認められず、値も0.8を越える健全な数値を示していました。ヒヨドリバナでは、滞水環境でも根の機能を維持し、光合成活性の低下を防いでいることが考えられます。これらのことから、土が常に湿っているような環境では、シラカンバはヒヨドリバナへの競争力が大きく低下することが考えられます。

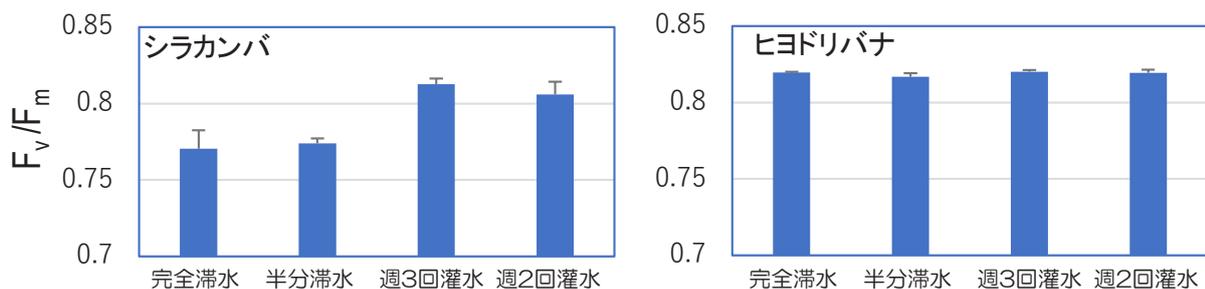


図2 シラカンバとヒヨドリバナの光合成活性 (F_v/F_m)

3. 種子の確保

種子の確保は更新成功のための必須条件です。これまでの広葉樹林を対象とした種子の確保法としては、更新面の幅は主風方向に直角の母樹帯から樹高の2倍程度まで、あるいは更新面に中大径の母樹（胸高直径30cm程度以上）をhaあたり15～20本程度散在残存させる、と示されています。

一方、人工林内の帯状皆伐地における地がき後の更新状況をみると、本プロジェクトの調査地のうち、幾寅（南富良野町）、恵庭（恵庭市）では、シラカンバを主体に多数の更新木がみられましたが、湯ノ岱（上ノ国町）では更新木は少ない状況でした（表2）。これらの調査地について、皆伐地の伐採縁から25m以内の隣接林分内におけるカンバ類の母樹本数を調べたところ、幾寅26本、恵庭31本に対し、湯ノ岱はウダイカンバ1本だけでした。この結果から、カンバ類種子の飛散距離は100m程度はあるとされるものの、皆伐地に隣接した林分内の母樹は必須であると考えられます。なお、帯状皆伐前の人工林にカンバ類が混交している場合は、皆伐地に母樹として保残すれば有効ですが、それ以外の樹種（特に常緑針葉樹や広葉樹極相樹種）は天然更新が期待できないうえ、カンバ類等の陽樹の更新木を被陰してしまうので保残するべきではありません。

シラカンバ種子の豊凶の差は小さいとされます。そのため、更新期間を地がき翌年、翌々年の2年間とすると、大きな問題はないと考えられます。ただし、事業的に可能であれば、春の開花状況から凶作を避けて地がき作業を行うことが望ましいといえます。なお、種子供給量が少ない場合は、播種も検討事項の一つです。1m²あたり1g程度を播種します。

表2 地がき後の更新状況

樹種	幾寅 (5年目)	恵庭 (5年目)	湯ノ岱 (4年目)
シラカンバ	7,604	21,042	0
ウダイカンバ	885	1,458	1,583
ダケカンバ	52	0	0
ヤナギ類	1,250	1,667	0
キハダ	365	1,042	750
ヤマグワ	260	833	1,667
カラマツ	104	208	167
その他広葉樹	521	833	417
計	11,042	27,083	4,583

注) ・調査対象は低木種を除く樹高30cm以上の稚樹
 ・調査面積：幾寅192m²、恵庭48m²、湯ノ岱120m²
 ・単位：haあたり本数



写真2 湯ノ岱調査地における地がき後4年目の状況

地がき後4年目ですが、草本が繁茂し、ササも回復してきています。成長の早いカンバ類などの陽樹の更新木はほとんどなく、成林が不安視されます。この調査地のようにカンバ類の母樹が少ない場合は、播種や植栽を実施すべきです。

4. 地がき作業

1) 作業

土壌中のササを根系から除去するため、地がき作業には櫛の歯状のレーキドーザ、グラップルレーキやバケットつきグラップル（ザウルス）等を使用します。表土は振り落とすなど残すと更新木の成長が良くなりますが、埋土種子によるイチゴ類や大型草本の繁茂を助長する場合があります。そのため、母樹が少なかったり、大型草本繁茂が予想されるなど更新成績に不安がある場合は、表土戻しは行わず更新木の確保を優先します。なお、羊ヶ丘（札幌市）での地がき作業後2年目までの結果では、人工的な盛り土や天地返しによる顕著な効果は見いだせませんでした。

リサーチトピック 2

2) 仕様

一般には地がきは筋状に行いますが、ササの早期の回復と地がき面へのかぶりを防ぐため、地がき幅はできるだけ広くすることが望ましく、周辺ササ桿高の2倍以上（最小5m）とします。残し幅は5m程度までです。地がき筋の方向は種子や土壌の流出を防ぐため、急な傾斜地では斜面方向は避けます。やむを得ない場合は、斜面を水が走らないようにジグザグにするなどの工夫が必要です。

3) 時期

地がきは種子落下ピーク時期の前、7月～8月中旬までに実施します。シラカンバは早ければ7月から種子の散布が始まりますが、9月までに散布された種子は当年の秋に発芽し、翌春から大きく成長する場合がありますため、7月に入ったら早めに地がきを実施することが良い更新成績を導きます（ダケカンバでも同様の報告があります）。

地表処理法としての盛り土と天地返し of 検証

盛り土と天地返し

地がきは土壌理化学性に優れた地表をササ根系と一緒に剥ぎ取ってしまうため、その後定着した樹木の成長に悪影響を与える可能性があります。そこで、地表処理法として、盛り土（リター層、土壌A、B層の順番を上下逆にした土を掘った場所の隣に盛り上げる処理）、天地返し（同じように逆にした土を掘った穴に戻す処理）を試しました（図1）。これらの方法であれば、ササを土中に埋めて、かつ表層土壌の養分がその場に保持されるメリットが考えられます。

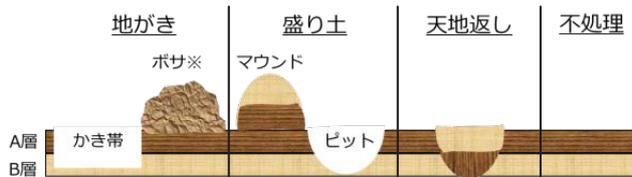


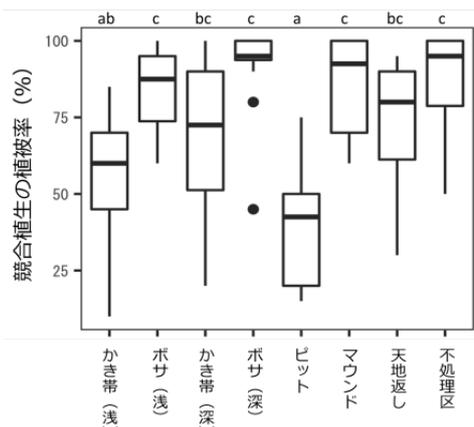
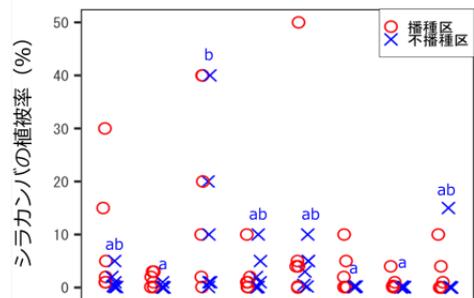
図1 各処理法の概念図

※ボサとは、地がきで生成されるササ根系、落ち葉、土砂等の混合物

図2（右図） 各処理区のシラカンバの植被率（上）と競合植生の植被率（下）

- ・地がき（浅）— 約5cmの地がき
かき帯（浅）： 浅く地がきした帯
ボサ（浅）： 地がきで発生したボサ
- ・地がき（深）— 約10cmの地がき
かき帯（深）： 深く地がきした帯
ボサ（深）： 地がきで発生したボサ
- ・盛り土処理
ピット： 掘られた凹地
マウンド： 盛り上げられたところ
- ・天地返し
- ・不処理区

それぞれシラカンバ種子を人工散布した播種区とそうでない不播種区があります。上図での異なるアルファベットは、不播種区における処理区間の多重比較で有意差があることを示します。下図での異なるアルファベットは、処理区間の多重比較で有意差があることを示します。



地表処理2年後のシラカンバの定着と競合植生の繁茂状況

地表処理2年後のシラカンバの植被率を調べたところ、約10cm地がきした区（かき帯（深））で、その植被率が高い傾向がみられました（図2上）。一方、盛り土処理のマウンドや天地返しでは、それほど高くありませんでした。

各処理区のシラカンバの最大高の平均は約13cmでしたが、大きい個体では75cmを超えるものもありました。深い地がき帯やピットに定着していた大きい個体は、地表処理後1年後からの1成長期で50cm以上の成長を示しており、土壌条件が良なくても光条件が良ければ、良い初期成長をする可能性が示唆されました。

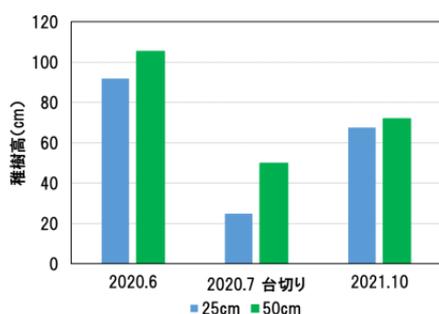
競合植生の植被率では、かき帯（浅）、かき帯（深）、ピットで小さく、マウンドと天地返しではほぼ100%に近くなっていました（図2下）。ほとんどの処理区で、オクヤマザサとワラビが優占していました。かき帯より深いピットの方でより植被率が小さいことから、競合植生の回復を遅らせるという点からみると、地がきは深く掘り下げた方が良いと考えられます。

盛り土と天地返しの効果

盛り土の土壌を調べたところ、炭素濃度、窒素濃度ともに、深くなるほど高くなる傾向がみられました。盛り土と天地返しでは表層土壌の養分を深いところに保持していることから、その上に定着したシラカンバは今後、成長が加速される可能性があるものの、実生の定着段階では通常地がきに勝っている点はみられませんでした。

5. 初期保育一下刈（刈出し）

これまで地がきなどの天然更新施業では、通常下刈などの初期保育は行わず自然に推移させていました。しかし、標高の低い人工林皆伐地や湿性土壌の地がき地では、翌年にはイチゴ類やヒヨドリバナなどの大型草本が侵入繁茂し、更新を阻害する場合があります。そのため、このような状況下では、更新木の発芽成長を促すために下刈を実施するべきです。可能であれば選択的な下刈（更新木の刈出し）が望ましいですが、シラカンバは萌芽能力が高いので、作業効率を考慮して稚樹も含め全面を刈払うことができます（図1）。地がき翌年、翌々年の天然更新木をターゲットとし、大型草本の繁茂状況をみて地がき後2年目もしくは3年目に実施するのが有効と考えられます。コストはかかり増しになりますが、植栽よりは大きなコストダウンとなりますので、確実な成林のため行いたい作業です。なお、下刈の時期が遅いとシラカンバの萌芽能力が低下しますので、7月上旬までに実施します。

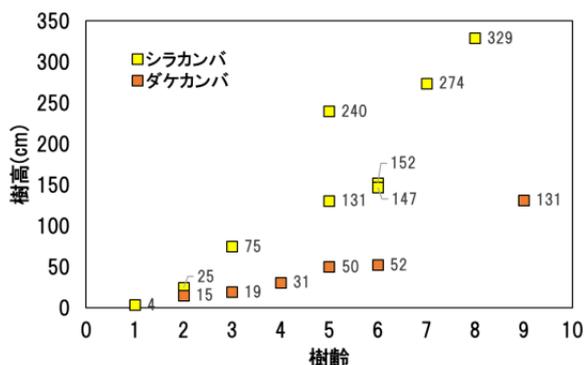


2種類の高さで台切りを実施したところ、両方とも9割以上の萌芽がみられ、シラカンバの萌芽能力は高いといえます。また、台切り高50cmよりも25cmの方が成長が良い傾向がみられました。過去の報告では台切り高は10cm以上を推奨していることから、下刈では10cm～30cm程度の高さで刈払うことが適当と考えられます。

図1 シラカンバの台切り試験結果（幾寅5年生時）

6. 更新完了の判断

更新完了の判断は、①潜在植生（一般にはササ）の高さを超えている更新木が、②判断時点で成林のために何本必要か、そして③更新面に均一にあるか、がポイントになります。地がきによって取り除かれたササの回復はササの種類によって異なり、クマイザサでは6～7年程度、チシマザサでは14～18年程度とされています。一方、同じカンバ類であっても初期樹高成長量は異なり、シラカンバはダケカンバに比べ大きい傾向があります（図2）。具体的な完了基準は、更新本数の違いによる成長経過を成林まで追った十分な数のデータがないため今後の検討事項ですが、更新完了の判断は年数を一律に設定せず、天然更新してくると予想される樹種の樹高成長と競合するササの潜在的な高さ（最大積雪深とほぼ一致します）を勘案し、地表面をササがおおむね覆った時期に、ササの高さを超えている更新木の状況をみて判断することが重要です。



シラカンバは調査地毎のデータ、ダケカンバは既報のデータの平均値です。これをみると、ダケカンバよりシラカンバの樹高成長の方が大きいことがわかります。

図2 シラカンバとダケカンバの樹高成長比較

参考文献

- 小山浩正（2002）シラカンバの発芽フェノロジーと適応戦略としての意義。北海道林業試験場研究報告 39：1-38
- 中野実・村井秀夫（1970）造林樹種の特性 前編 カンバ類の更新。北方林業叢書 46 118pp。北方林業会
- 北方林業会（1988）天然林施業Q&A。125pp。北方林業会
- 吉田俊也（2011）かき起こし施業の高度化へむけて-北大雨龍研究林での「表土戻し」の試み-。北方林業 63：6-9

地がき更新へのエゾシカの影響

エゾシカの生息状況

患庭調査地と幾寅調査地においてセンサーカメラを使用してエゾシカの生息状況を調査しました。その結果、月ごとの夜間撮影頭数をみると、幾寅調査地に比べ患庭調査地は撮影頭数が多く、このことが天然更新木の食害につながっていると考えられました（図1）。

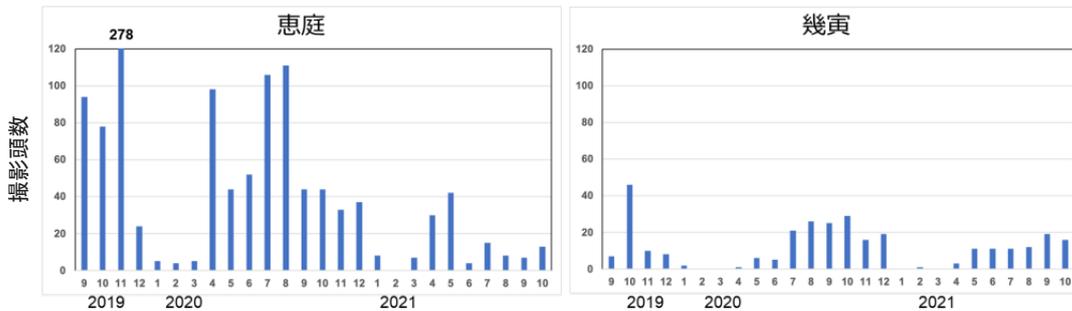


図1 センサーカメラによる月ごとの夜間撮影頭数

シカ柵の設置による地がき更新状況の比較

患庭調査地ではエゾシカの生息数が多いため、人工林帯状皆伐地（0.57ha）の半分をシカ柵で囲み、更新状況の比較調査を行いました。その結果、地がき後5年目の更新状況をみると、樹高30cm以上の稚樹の本数、樹高ともに明らかにシカ柵内の方が上回っており、エゾシカの食害が更新へ与える影響は甚大であることがわかりました（図2、3）。

今回の結果は、エゾシカの生息頭数が多くてもシカ柵を設置すれば更新が成功することを示していますが、設置には多大な費用がかかるため、地がき更新のみならず広葉樹の更新育成を図るためには、現在北海道で進めている頭数管理を徹底して実行していくことが必要と考えられます。

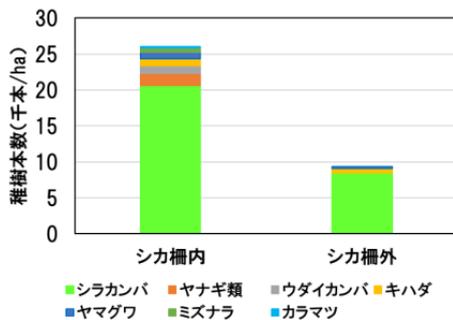


図2 地がき5年目のシカ柵内外の稚樹本数の比較

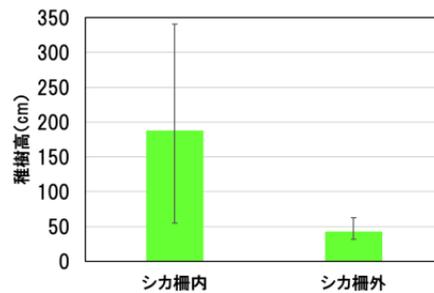


図3 地がき5年目のシカ柵内外のシラカンバ稚樹高の比較

調査面積はシカ柵内48m²、シカ柵外32m²。図3の線の上下端は最大、最小を示します。



写真1 ドローンによる画像（2021年10月撮影）



写真2 シカ柵内外の状況（2021年10月撮影）