

トドマツ人工林主伐後のカンバ類天然更新 —恵庭市における地がき実施後5年目の状況—

森林総合研究所北海道支所

伊東宏樹・中西敦史・
津山幾太郎・関剛・
菊地賢・石橋聡

はじめに

北海道では、地がきによるカンバ類の天然更新補助作業が広くおこなわれている⁽⁴⁾。地がきはササ類を地下部から除去する地表処理で⁽⁴⁾、従来は、ササ原などで実施される例が多かったが、トドマツ人工林主伐後に、カンバ類（シラカンバ・ダケカンバ・ウダイカンバ）の天然更新を図る施業として実施することも検討されている⁽⁵⁾。

伊東ら⁽⁶⁾は、トドマツ人工林主伐跡地において、地がきによるカンバ類天然更新への効果について試験をおこなった。その結果、地がき実施後2年目の段階において、地がきにはカンバ類の稚樹密度を増加させ、稚樹と競合するササ・草本などの群落高を抑制する効果があることが示唆された。一方、本試験地におけるこの時点でのカンバ類稚樹密度は、既往の研究例よりも低く、カンバ林の成立に十分な密度の幹が更新できるかが懸念された。稚樹密度が低かった理由としては、周辺の母樹が少なかったため、散布種子が少なかったことが考えられた⁽⁶⁾。

一方で、地がき2年後以降のカンバ類の稚樹の生残・成長、および競合植生の成長も、カンバ林の成林の可能性に影響すると考えられる。今回、この試験が実施された試験地のひとつにおいて、地がき後5年目におけるカンバ類の更新状況を調査し、地がきの有効性について再検討したの

で報告する。

調査地および調査方法

調査地は、石狩森林管理署 5181 林班ろ・り小班（恵庭市）のトドマツ人工林主伐後の伐採跡地である⁽⁵⁾。2016年7月から8月に伐採がおこなわれ、その直後に、3ヶ所の伐区（A区:50m×90m, B区:30m×90m, C区:およそ50×60m）のそれぞれ半分に相当する面積で地がき処理が実施された^(5,7)。2018年6月には、石狩森林管理署が、A区の5分の3の範囲を囲むようにシカ防護柵（以下、「シカ柵」とする）を設置した。

2018年7月に3ヶ所の伐区に82個の方形区（2m×2m）を設置し、カンバ類を含む高木性樹種の更新状況を調査した⁽⁵⁾。このときのカンバ類の稚樹密度は、樹高5cm以上で1.8本/m²、樹高30cm以上で0.02本/m²だった⁽⁵⁾。

その後、C区では通常の植栽がおこなわれたため、2021年6月に2つの伐区（A区:40方形区およびB区:24方形区）で再調査を実施した（図-1）。各伐区には、全面地がき区・筋状地がき区・残し区の3つのブロックが設定されており、2016年にはそれぞれに応じた処理が施された。筋状地がき区では、地がき処理をおこなう列とおこなわない列とをそれぞれ5m幅で交互に配置した。残し区は、対照区

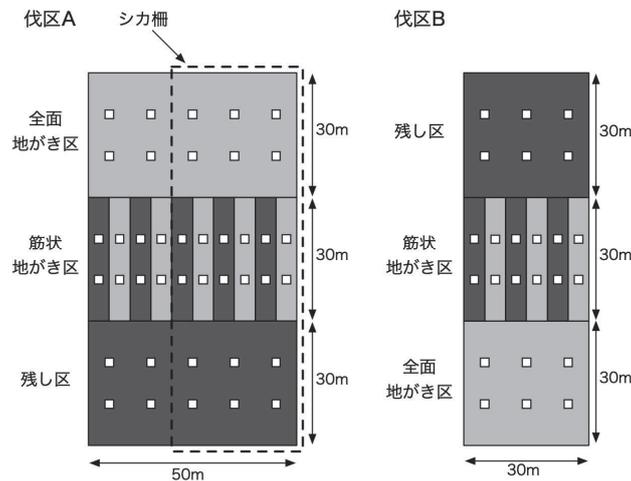


図-1 試験地の模式図

薄い灰色は地がきを実施した区域を、濃い灰色は実施しなかった区域を示す。小さな正方形は方形区を示す。

Hiroki ITÔ, Atsushi NAKANISHI, Ikutaro TSUYAMA, Takeshi SEKI, Satoshi KIKUCHI, Satoshi ISHIBASHI (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8512)

Birch natural regeneration five years after clear-cutting and soil scarification at an artificial fir stand in Eniwa, Hokkaido

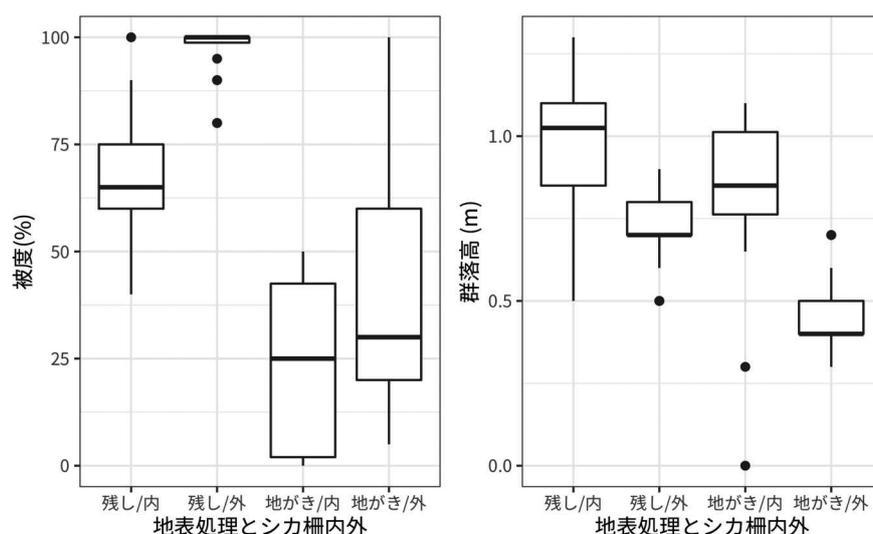


図-2 地表処理（残し/地がき）およびシカ柵内外についての、クマイザサの被度および群落高の比較
 箱の中央の線は中央値を、箱の上下端はそれぞれ第3および第1四分位点を、線の上下端はそれぞれ外れ値を除く最大値および最小値を、点は外れ値を示す。外れ値は、第1四分位点から第3四分位点までの距離の1.5倍よりも、箱の上下端から離れている点としている。

表-1 全64方形区において、樹高30cm以上の稚樹が確認された樹種とその個体数

樹種	個体数	樹種	個体数
シラカンバ	199	トドマツ	3
キハダ	7	アオダモ	2
イヌエンジュ	5	ハルニレ	2
ウダイカンバ	5	ウワミズザクラ	1
オノエヤナギ	5	カラマツ	1
ヤマグワ	5	キタコブシ	1
バッコヤナギ	4	ホオノキ	1
ミズナラ	4		

として地がき処理を実施しなかった。今回は、全面地がき区と筋状地がき区はとくに区別せず、「地がき区」として扱う。

また、前述のとおり、A区の一部にシカ柵が設定され、24個の方形区がその中にはいった（シカ柵外の方形区は40個）。

再調査では、各方形区で、樹高30cm以上の高木性樹種の稚樹個体について、樹種を同定し、樹高を測定した。また、稚樹と競合するササや草本類などの競合植生について、被度を目視で測定し、群落高を測定した。

各方形区で確認されたカンバ類稚樹の個体数に対する地がきおよびシカ柵の効果を一般化線形混合モデルで解析した。この解析では、誤差構造を負の二項分布、リンク

関数を対数とし、調査地内のブロック（A区およびB区の6ブロック）を切片に対する変量効果に指定した。また、カンバ類稚樹の樹高に対する地がきおよびシカ柵の効果を線形混合モデルで解析した。この解析では、調査地内のブロックと方形区を切片に対する変量効果に指定した。これらの統計解析には、R 4.10⁽¹⁾のlme4パッケージ⁽²⁾およびlmerTestパッケージ⁽³⁾を使用した。

結果と考察

クマイザサの被度は、残し区では大きく、とくにシカ柵外では20方形区中、100%となっている方形区が15個あった（図-2）。一方、地がき区ではシカ柵外の1個のみであった。シカ柵内では、シラカンバやタラノキが1m以上の高

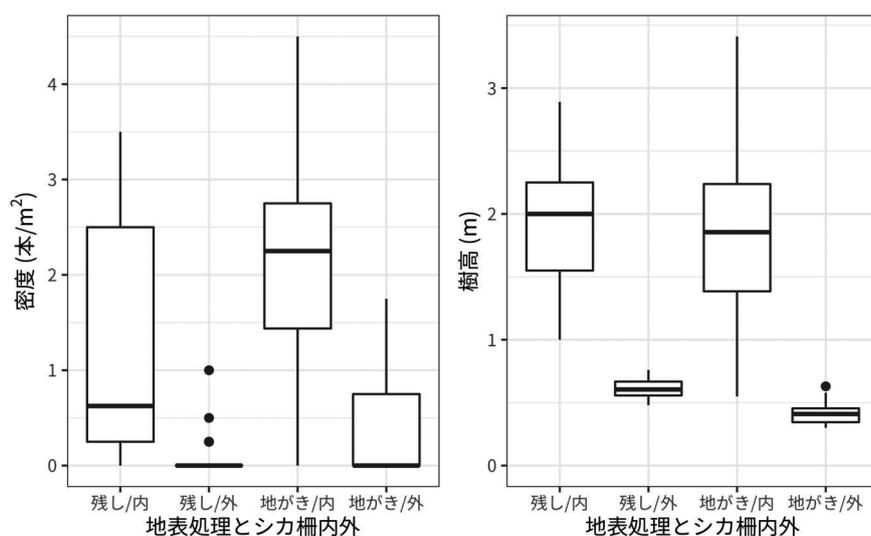


図-3 地表処理（残し/地がき）およびシカ柵内外についての、カンバ類稚樹（樹高 30 cm 以上）の個体密度および樹高の比較
箱ひげ図の要素は図-2 に同じ。

さにまで成長して、クマイザサの被度が小さくなっている方形区もあった。一方、シカ柵外ではクマイザサの群落高が低い傾向にあった（図-2）。

クマイザサの群落高は、いずれの処理区においてもおおむね 1m 以下であった。競合植生としてクマイザサ以外では、エゾイチゴやスゲ類の優占する箇所が主にシカ柵外にあったが、群落高は 30cm 程度であった。

2021 年には、A 区および B 区の全 64 方形区において、高木種の稚樹（樹高 30cm 以上）として 15 種 245 個体が確認された。各樹種の個体数を表-1 に示す。シラカンバが 199 個体で圧倒的に多かった。カンバ類としてはほかに、ウダイカンバも 5 個体確認された。

カンバ類稚樹の個体数密度は、全体を平均すると樹高 30cm 以上で 0.80 本/m²、樹高 1m 以上では 0.61 本/m² だった。シカ柵内に限れば樹高 30cm 以上で平均 1.7 本/m²、樹高 1m 以上でも 1.6 本/m² であり、ともにヘクタールあたりで 1 万 5 千本を超える稚樹密度となった。地表処理とシカ柵との関係でみると、シカ柵内では密度・樹高とも高くなっており、クマイザサの群落高（おおむね 1m、図-2）を超えるシラカンバの個体も多かった（図-3）。

一般化線形混合モデルによる解析の結果、地がき処理の効果の係数は 1.30（標準誤差 0.45）と推定され、地がきのカンバ類稚樹個体数を増加させる効果が認められた（ $P < 0.01$ ）。この係数の値から、地がき処理を実施することにより個体数が 3.7（ $=e^{1.30}$ ）倍となることが期待される。同様に、シカ柵の効果の係数は 1.33（標準誤差 0.37）と推定され、シカ柵設置のカンバ類稚樹個体数を増加させる効果が認められた（ $P < 0.01$ ）。この係数の値から、シカ柵を設置することにより個体数が 3.8（ $=e^{1.33}$ ）倍となることが期待される。

線形混合モデルによる解析の結果、地がき処理によるカ

ンバ類樹高への効果の係数は -0.12（標準誤差 0.12）と推定されたが、この効果は有意なものではなかった。一方、シカ柵設置によるカンバ類稚樹の樹高への効果の係数は 1.46（標準誤差 0.12）と推定され、シカ柵設置は樹高を高くする効果が認められた（ $P < 0.001$ ）。

以上のことから、地がきがカンバ類稚樹の個体密度を増加させる効果は施業実施後 5 年目においても認められ、シカ柵の設置はカンバ類稚樹の個体数と樹高の両方に正の効果およびすことが示された。

シカの影響については、施業後 5 年を経ても樹高 1m を超えるまでに成長したカンバ類稚樹がシカ柵外では存在しなかったという著しい相違が認められた（図-3）。シカの影響が強い地域において地がきによるカンバ類天然更新施業を実施する際には、シカによる採食を抑制する方策が更新成功のための必要条件であるといえる。しかし、シカ柵の設置は低コストという本施業の利点を損なう。シカの影響の少ない場所を選定する、あるいは、より安価なシカ被害防除法を検討するといった策が必要となろう。

前述のとおり、地がき実施後 2 年目の時点では、稚樹密度の低さから、カンバ類の天然更新について懸念があった⁽⁵⁾。しかし今回、樹高 30 cm 以上のカンバ類稚樹が全体の平均で 8000 本/ha 程度、シカ柵内に限れば 1 万 5 千本/ha を超える密度で確認された。この値を、成林したシラカンバ林の密度と比較すると、たとえば北大天塩第 2 演習林のシラカンバ二次林では、間伐前の 17 年生時点での密度は 3600~4500 本/ha 程度であった⁽⁴⁾。また、東大北海道演習林のシラカンバ人工林では 4000 本/ha の密度で植栽され、10 年後の間伐前の密度は 3300 本/ha ほどであった⁽⁶⁾。このほか、平均的な 50 年生シラカンバ人工林の密度は 600 本/ha 程度と見込まれている⁽¹⁰⁾。これらを考慮すると、今回の密度でも、順調に生育すればカンバ林として更新する可

能性はあると考えられる。

とはいえ、今回の結果におけるシラカンバ稚樹の密度も、地がきによるカンバ類天然更新の既往研究と比較すると決して多いとは言えない。北大天塩演習林において地がきを実施し、ダケカンバが多く更新した場所における、6年後のダケカンバの稚樹密度は27万本/ha程度であり、かつ半数ほどが樹高階級100 cm以上であった⁽⁹⁾。また、北大雨竜研究林において地がき後6年目のシラカンバ稚樹密度は6万本弱/haであった⁽⁹⁾。本試験地におけるカンバ林の成林の可能性を検証するには、カンバ類の稚樹および競合植生の動態をさらに調べる必要があるだろう。

謝辞

本研究の実施にあたっては、石狩森林管理署より調査許可をいただいた。ここにお礼申し上げる。本研究は、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)により実施した。

引用文献

- (1) 合沢義孝・滝川貞夫 (1962) 北大天塩第2演習林におけるシラカンバ2次林の間伐とトドマツ樹下植栽. 日林北支講 **10**:47-50.
- (2) Bates D., Mächler M., Bolker, B. and Walker S. (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Softw.*, **67**(1): 1-48.
- (3) 原田 茜・吉田俊也・Victor Reco de Dios・野口麻穂子・河原輝彦 (2008) 北海道のササ掻き起こし地における施工後6~8年の高木性樹種の動態. 日林誌 **90**:397-403.
- (4) 伊藤江利子・橋本 徹・相澤州平・石橋 聰 (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.
- (5) 伊東宏樹・中西敦史・津山幾太郎・関 剛・倉本恵生・飯田滋生・石橋 聰 (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.
- (6) 岩本巳一郎・高田功一 (1970) シラカンバ人工造林地の生長資料—第1回間伐後の成績—. 日林北支講 **18**:49-52.
- (7) 倉本恵生・伊東宏樹・関 剛・津山幾太郎・石橋 聰 (2018) トドマツ人工林主伐後の重機による地表処理における処理幅と作業方向による作業効率と植生除去効果の違い. 森利誌 **33**:5-13.
- (8) Kuznetsova A., Brockhoff, P.B. and Christensen, R.H.B. (2017) lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Softw.*, **82**(13): 1-26.
- (9) 松田 彊・滝川貞夫 (1985) ササ地の天然更新補助作業に関する実証的研究. 北大農演報 **42**:909-940.
- (10) 大野泰之 (2018) シラカンバ人工林の成育実態—径級別の原木供給ポテンシャルの試算—. 北方林業 **69**:97-99.
- (11) R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.