

天然更新による広葉樹資源の持続的育成手法の確立

1. 取り組みの背景

天然林の広葉樹資源は充実する一方で、北海道の代表的な林床植生であるササが密生し、後継樹の更新を阻害している林分が多く見られ、天然林の特色である多様な樹種、多様な階層構造を維持し、公益的機能を持続的に発揮していくためには、この特色を生かした後継樹の育成が必要不可欠です。

しかしながら、後継樹の少ない林分では攪乱による林冠の回復までに長期間を要し、また、人工造林による場合では更に多大なコストを要するといった課題があることから、天然力を活用した低コスト更新補助作業技術の検討や将来への技術継承が必要です。

こうした中、森林総研北海道支所との共同で平成18年～25年度に取り組んだ技術開発課題「天然林での樹種の多様化を図る更新方法の開発」（以下、先行課題という）では、新たな更新補助作業の開発として、針広混交林において風害等による自然攪乱の要素を取り入れて、複雑な地表面の更新環境を創出するため、人為的に伐根を横転させることでマウンド・ピットといった地表の凹凸を形成する「根返し」と、林内照度が高くなならないことや母樹までの距離も近くなることで多様な樹種の更新が期待できる「小面積樹冠下地がき」を個別に実施しました。

先行課題での作業後10年目を迎えた令和元年度の成果として、小面積地がきはこれまでの大規模な地がきに比べて林内照度を30%程度に抑制することで、多様な樹種の更新が可能であることがわかりました。また、根返しではマウンド部の更新は地がきと同等以上の効果が期待できるとともに、その特徴として、地がき面よりも高い位置に更新サイトが形成されるため、ササによる影響が少なくその被圧による成長への影響を軽減し、加えて広葉樹の天然更新の阻害要因でもあるエゾシカの食圧に対して、その影響を軽減できる可能性があることがわかりました。

そこで、本課題では広葉樹資源を持続的に育成していくための更新補助作業として、先行課題での「地がき」と「根返し」を組み合わせ、「根返し周囲のササの処理」や「マウンド部の土砂の安定」に改良を加えた更新手法や、樹冠粗密度の違う林分での効果の検証に取り組むこととしました。

2. 開発目的・目標等

開発目的：広葉樹の後継樹を確保するための施業（更新補助作業）技術の確立

開発目標：先駆性のカンバ類等以外の極相性有用広葉樹の更新（アオダモを含む）

共同開発機関：森林総合研究所北海道支所

3. 試験地の概要

試験地は昭和59年に設定された夕張広葉樹施業指標林（空知森林管理署2513林班）に設定しました。

当該地は約36haの天然林をⅠ～Ⅷ区の施業区に分け、これまで回帰年を8年とし8つの施業区で2区毎に照査法による択伐を実施（第4施業期は全区で伐採見合わせ）してきており、第5施業期の開始に合わせて、施業区Ⅰ・Ⅱを本課題の試験区域に設定しました（表-1）。

表－1 これまでの施業（択伐）実施年

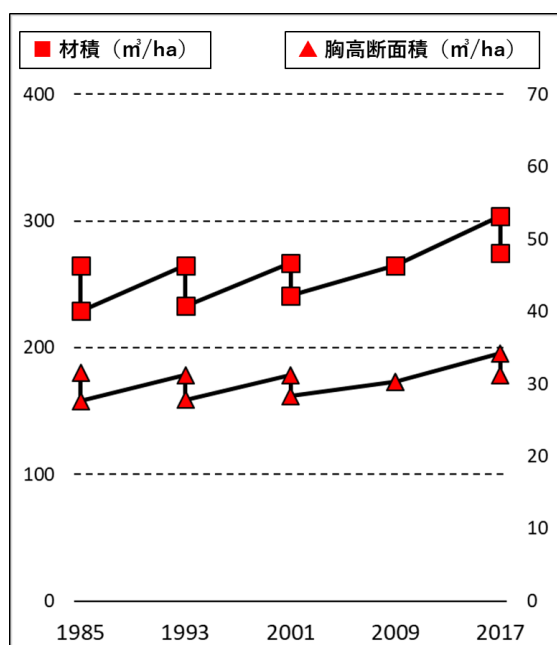
過去の伐採	施業区Ⅰ・Ⅱ	施業区Ⅲ・Ⅳ	施業区Ⅴ・Ⅵ	施業区Ⅶ・Ⅷ
第1施業期	S61 (1986)	S63	H2	H4
第2施業期	H6 (1994)	H8	H10	H12
第3施業期	H14 (2002)	H16	H18	H20
第4施業期	伐採無し			
第5施業期	H31 (2019)			

指標林設定当時は、アサダ、イタヤカエデ、モミジ、オオバボダイジュが本数比で約7割を占める広葉樹林となっており、構成比上位6種のうち5種が遷移後期種となっています（表－2）。

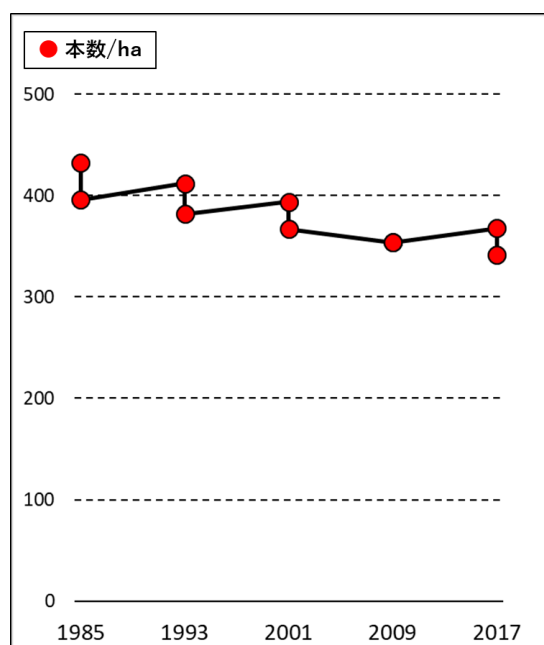
これまでの択伐施業の結果、伐採後の材積・胸高断面積は次施業期までにはほぼ回復していますが、立木本数は施業を経て徐々に減少している状況です（図－1、2）。

表－2 指標林設定当時の樹種構成

樹種（上位6種）	構成比（本数）
アサダ	28%
イタヤカエデ	14%
モミジ	13%
オオバボダイジュ	12%
シナノキ	7%
サワジバ	4%



図－1 材積・胸高断面積の推移



図－2 立木本数の推移

各施業期の直径階別の推移は、施業期を経るごとに35 cm以上の本数と割合が増加する一方で、17～34 cmは減少しています（図－3）。これは、施業期期首に見られていた16 cm未満の後継樹について、上位の直径階への移行が少ないことが考えられます（図－4）。加えて、本数構成比の最も高い

アサダは、期首時点から後継樹が少なく、天然更新が難しい樹種であることが推察されます（図-5）。

これまでの本指標林で行われてきた択伐施業の課題として、後継樹の更新・育成が必要となっています。

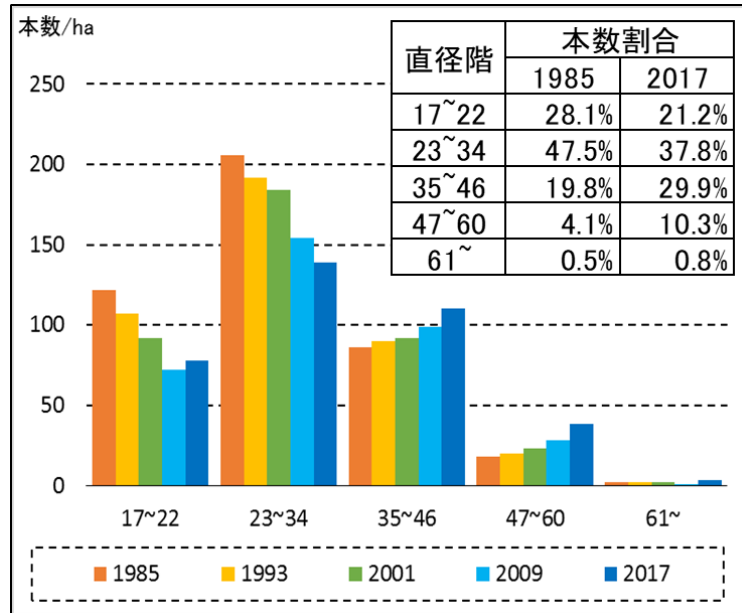


図-3 施業期・直径階別の本数推移

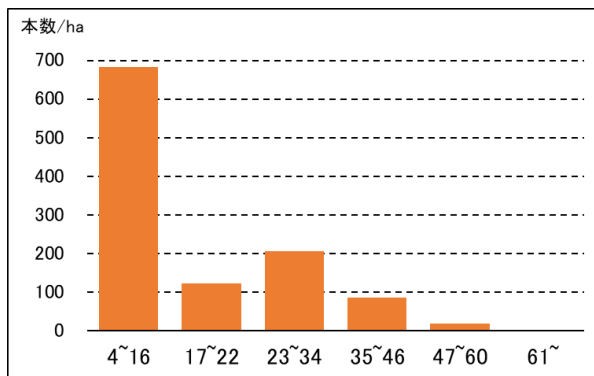


図-4 施業期期首（1985）の直径階別の本数

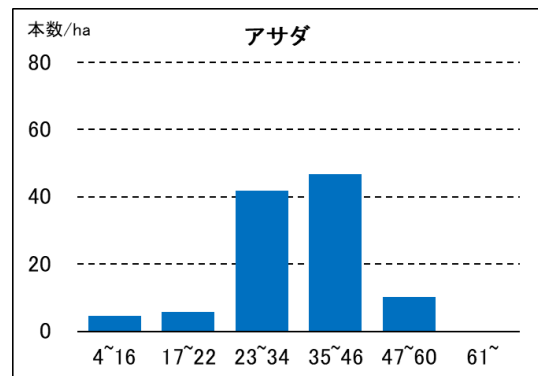


図-5 施業期期首（1985）のアサダの直径階別の本数

4. 実施計画

当初の開発期間は5カ年を予定していましたが、本課題の成果を普及するためには、長期にわたるエゾシカの食害データの収集やシートトラップによる種子散布量の調査、様々な照度環境の更新状況についても考察を行う必要があることから、当初予定した開発期間では不十分であると判断し、開発期間を15年に延長しています（表-3）。

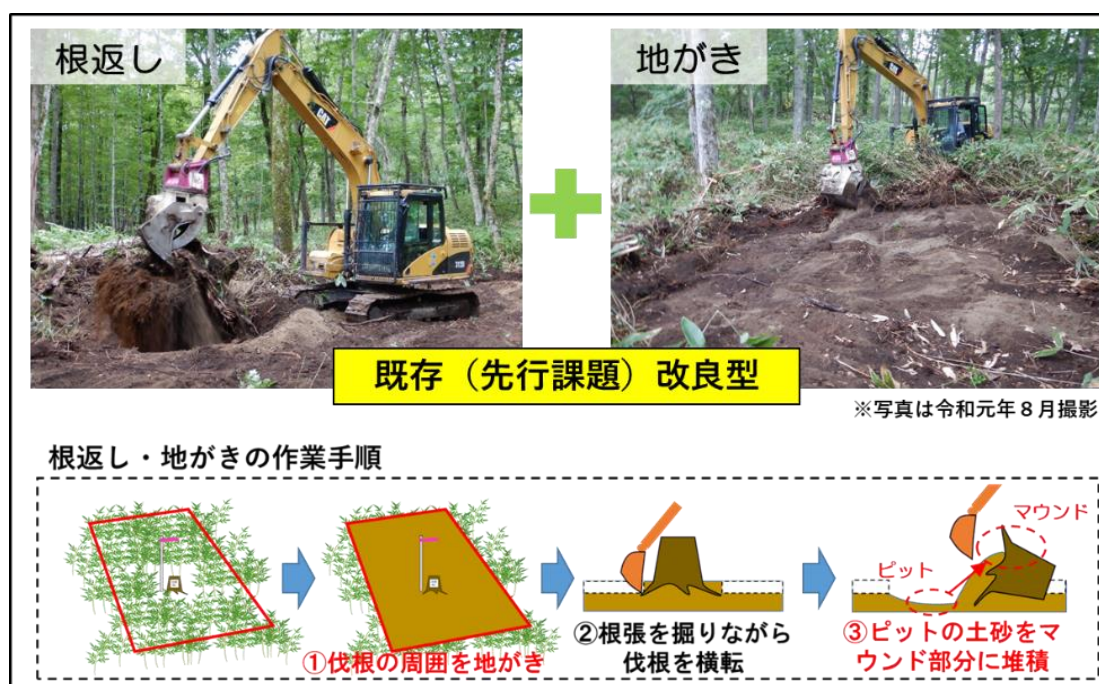
表－3 年度別の実施計画表

	平成30年度	平成31年度 令和元年度	令和2年度	令和3～ 6年度	令和7～ 14年度
調査	<ul style="list-style-type: none"> ○夕張広葉樹施業指標林の第4施業期までの総括 ○試験伐採の調査 ◎各種調査区的设计・調査 <ul style="list-style-type: none"> ・測量 ・植生 ・照度 ・シードトラップ ◎更新補助作業の功程調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◎各種調査区的设计・調査 <ul style="list-style-type: none"> ・測量 ・植生 ・照度 ・シードトラップ ◎更新補助作業の功程調査 	<ul style="list-style-type: none"> ◎各種調査区的设计・調査 <ul style="list-style-type: none"> ・調査プロット ・鹿柵設置 ・照度 ・シードトラップ 	<ul style="list-style-type: none"> ◎各種調査区の調査 <ul style="list-style-type: none"> ・植生 (3、6年度) ・更新木 (3、6年度) ・シードトラップ 	<ul style="list-style-type: none"> ◎各種調査区の調査 <ul style="list-style-type: none"> ・植生 ・更新木 (11年度)
事業	<ul style="list-style-type: none"> ○試験伐採の事業実行 (平成31年1月) 	<ul style="list-style-type: none"> ○更新補助作業の事業実行 (令和元年8～10月) 			
報告 とりまとめ	経過報告	経過報告	○中間報告	経過報告	<ul style="list-style-type: none"> ○中間報告 (7.12年度) ◎完了報告 (14年度)

5. 開発方法

先行課題の継続調査により、根返し伐根周囲のササの除去とマウンド部の更新面を確保するための土砂の定着が更新結果にプラスになると考えられたことから、本課題では後継樹の更新の阻害となるササの地下茎を除去する「地がき」と伐根を横転させ複雑な地表面の更新環境を創出するための「根返し」を組み合わせて、伐根に土壌を多く残しつつピット部の土砂をマウンド部分に堆積させる作業手順を追加して実施しました (図－6)。

なお、地がき作業は、周囲の保残木の樹幹から2mの範囲は除外しています。



図－6 根返し・地がきの作業手順

6. 試験区の設定

林分状況の異なる箇所、地がき区、根返し区、特別試験区の3つの試験区を設定しました（図-7）。

地がき区は、上層をトドマツが占める小面積林分で、樹冠の空いた箇所で地がきのみを実施し、上層トドマツのほか、周囲の広葉樹からの種子供給により、更新時からの針広混交林化を検証する試験区としました（表-4）。

根返し区は、広葉樹林の樹冠疎密度が高い箇所で、周辺母樹からの種子供給により、特に遷移後期種を主体とした更新を期待した試験区とし、小面積の開空地で根返しと地がき（根返し伐根数 26、地がき 24 箇所）を実施しました。また、根返しを予定していた伐根のうち、保残木への損傷や作業の安全上の理由により一部中止し、代替え手法として、伐根の代わりに土砂のみを堆積した人為マウンドと伐根を維持したまま土砂をふりかけたマウンドを 1 箇所ずつ作成しました（表-4）。

なお、根返しによるエゾシカ食圧の軽減効果を検証するために、地形別（尾根、谷地、平衡斜面）の 1 箇所ずつに鹿柵を設置しています。

特別試験区は、根返し区に比べて樹冠疎密度が低い箇所で、区画の形により地がきの作業条件が異なる全面区（根返し伐根数 24）、筋状区（根返し伐根数 16）において根返しと地がきを実施しました。更に更新補助作業を実施しない無施業区、地がき後にトドマツを植栽する植込区を設定しました（図-8、表-4）。このうち、全面区と筋状区を2分するように鹿柵（50m×50m）を設置しています。

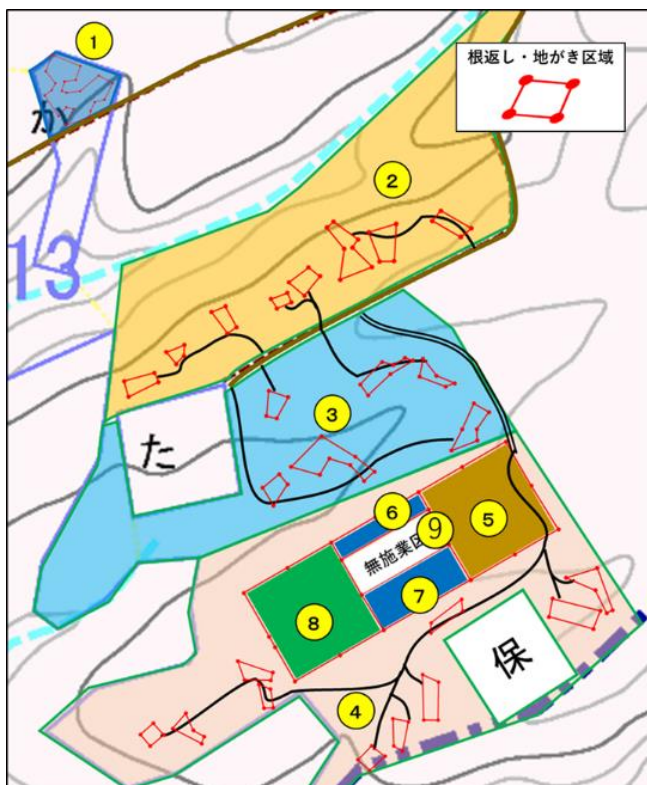


図-7 試験区位置図

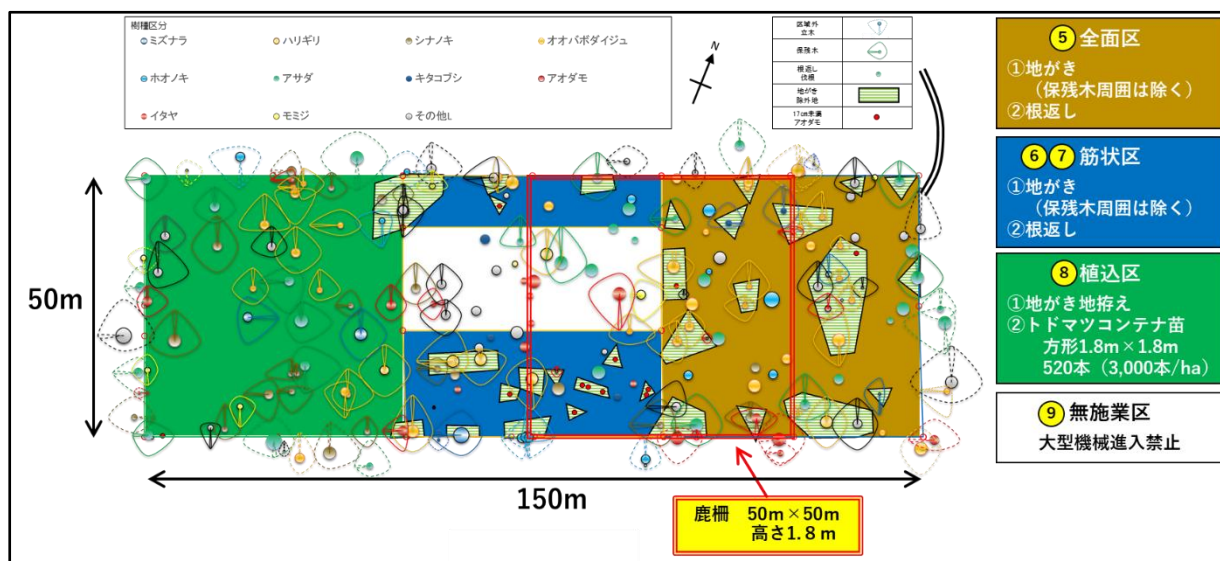


図-8 特別試験区詳細図

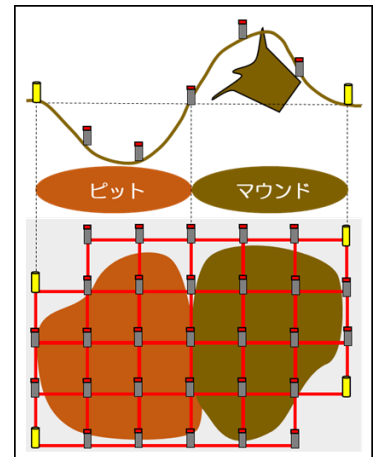
表－４ 設定した試験区の林分・仕様

試験区	細分	エリア	試験条件		更新補助作業	
			林分	区画		
地がき区		①	上層 トドマツ	対照区	地がきのみ	
根返し区		②③④	樹冠疎密度が高い林分 小さなギャップ	区画＝40㎡～350㎡ 尾根・谷地・平衡斜面の 地形ごとに分割	地がき＋根返し	
特別試験区	全面区	⑤	樹冠疎密度が低い林分	区画＝面的に広い (50m×50m)	地がき＋根返し	
	筋状区	⑥⑦		区画＝筋状 幅10m×延長50m 幅20m×延長50m		
	無施業区	⑨		対照区		なし
	植込区	⑧				トドマツ植込

7. 調査区の設定

更新及び植生調査は、1 m×1 mの方形区ごとに実施することとし、根返し区及び特別試験区（無施業・植込区は除く）では、マウンド及びピットを網羅する形で方形区を配置します（図－9）。加えて、その隣接地の地がき箇所にも方形区を配置し、根返しと地がきそれぞれの効果を比較することとしています（表－5）。

また、対照区として、根返し区の周囲及び特別試験区（無施業）の樹冠閉鎖地や開空地に方形区を配置し、対照区の一部に鹿柵を設置し、比較検証することとしています（表－5）。



図－9 調査区イメージ

表－5 試験条件と調査プロット数

試験区	細分	試験区						対照区			
		シカ柵内			シカ柵外			シカ柵内		シカ柵外	
		根返し		地がき	根返し		地がき	補助作業なし			
		マウンド	ピット		マウンド	ピット		樹冠下	開空地	樹冠下	開空地
特別試験区	全面	75	75	4	55	55	4	4	—	4	—
	筋状	40	40	8	50	50	8	—	—	—	—
	無施業							4	4	4	4
根返し区		43	33	12	125	101	12	12	12	12	12
地がき区				4			4	4	—	4	—

8. 令和2年度までの成果

(1) 工期調査

地がき・根返し作業は令和元年8月22日～30日に実施し、このうち4日間は作業中の様子をビデオカメラで撮影・時間計測を行い、残りの作業日については作業員から提出された日報から各作業の工期を算出しました。

作業時間は作業地までの移動時間は含めず集計し、生産性は1日の実稼働を6時間で計算しました。また、「根返し」の生産性は、1haあたり100本(100㎡あたり1本)の根返しをした場合の試算値としています。⑤全面区の工期は、「地がき+根返し」の日報による作業時間から、ビデオカメラで時間計測した「根返し」時間を差し引いた推定値としています。なお、地がき・根返し作業は、ザウルスロボとグラップル(ベースマシンは同一機種)を使用し、グラップルでは地がきや根返し伐根への土砂ふりかけにレーキ盤を利用し実施しました。

①ザウルスロボ

地がきの生産性(ha/日)は、特別試験区が0.13～0.15ha/日、根返し区が0.19～0.22ha/日となりました(表-6)。類似事例である上川南部署管内で実施したカラマツ天然更新試験地でのバックホウ地がきの生産性0.16ha/日と比較して、根返し区は高い生産性となりました(表-6)。

地がきと根返しの組み合わせによる生産性(ha/日)は、特別試験区が0.11～0.13ha/日、根返し区が0.13～0.14ha/日で、試験区別では大きな差はありませんでした(表-6)。

表-6 ザウルスロボによる生産性

事業エリア	作業仕様	計測方法	時間生産性 (ha/時)		生産性 (ha/日)	
			地がき	地がき+根返し	地がき	地がき+根返し
③根返し区	地がき+根返し	時間観測	0.036	0.023	0.22	0.14
④根返し区	地がき+根返し	時間観測	0.032	0.021	0.19	0.13
⑤全面区	地がき+根返し	日報・時間観測	0.025	0.021	0.15	0.13
⑦筋状区	地がき+根返し	時間観測	0.021	0.018	0.13	0.11
⑧植込区	地がき	日報	0.021	-	0.13	-
※上川南部(カラマツ)	地がき(バックホウ)	時間観測	0.025	-	0.16	-

根返し作業では、根返し伐根の伐採前胸高直径が大きくなると、作業時間が長くなる傾向があり、伐根の大きさが生産性へ影響していると推察されます(図-10)。

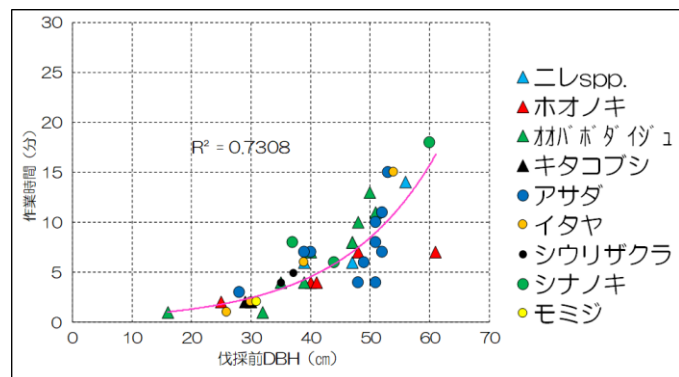


図-10 根返し伐根の伐採前の胸高直径と根返し作業時間(ザウルスロボ)

② グラップル（レーキ）

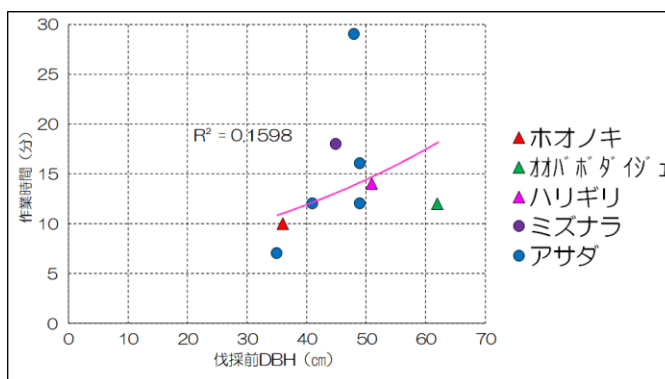
地がきの生産性（ha/日）は、地がき区が0.13ha/日、根返し区が0.17ha/日となりました。（表－7）。類似事例である上川南部署管内で実施したトドマツ天然更新試験地でのグラップルレーキ地がきの生産性0.21～0.40ha/日と比較して、やや低い生産性となりました。（表－7）。

地がきと根返しの組み合わせによる生産性（ha/日）は、根返し区で0.10ha/日となり、ザウルスロボと比較して若干低い生産性となりました（表－7）。

表－7 グラップル（レーキ）による生産性

事業エリア	作業仕様	計測方法	時間生産性（ha/時）		生産性（ha/日）	
			地がき	地がき＋根返し	地がき	地がき＋根返し
①地がき区	地がき	日報	0.021	－	0.13	－
②根返し区	地がき＋根返し	時間観測	0.028	0.017	0.17	0.10
※上川南部（トドマツ）	地がき（グラップルレーキ） 仕様：全刈・連続型	時間観測	0.034 ～0.067	－	0.21 ～0.40	－

根返し作業では、根返し伐根の伐採前胸高直径と根返し作業時間の関係はかなりばらつきが見られたことから、グラップルでの根返しはある程度の熟練が必要であると考えられます（図－11）。



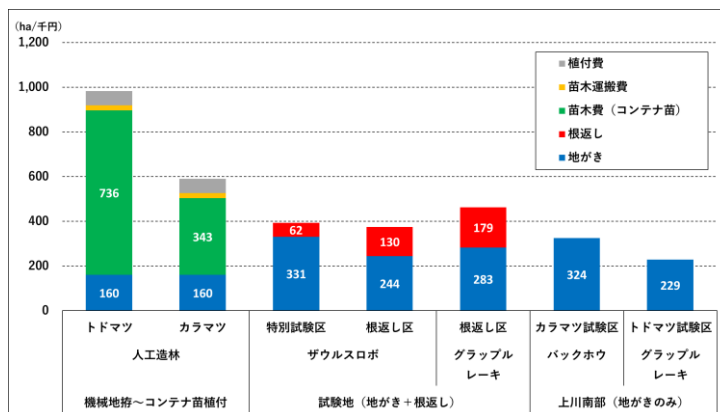
図－11 根返し伐根の伐採前の胸高直径と根返し作業時間（グラップルレーキ）

（2）コスト比較

時間生産性から試算した本試験地での各作業条件・使用した機械ごとの経費では、根返し区で実施したザウルスロボによる地がきと根返しを組み合わせた作業経費が374,124円/haと最も低く、機械地拵後にコンテナ苗を植栽した人工造林経費と比べて、トドマツ植栽の38%、カラマツ植栽の63%で実行が可能という試算となりました（図－12）。

また、上川南部署管内で地がきのみを実施した天然更新試験地と比較しても、本試験地での作業がやや高い程度で、地がきと根返しを組み合わせた作業は、実際の事業での活用も十分に可能であると考えます。

なお、地がき、根返し経費は機械チャーター経費を8,000円/時、人工造



図－12 コスト比較

林経費は令和2年度北海道造林事業標準単価から、苗木をコンテナ1号苗、トドマツ植栽本数3,000本/ha、カラマツ植栽本数2,500本/ha、地拵仕様を全刈機械地拵として計算しています。

(3) 作業方法 (成果)

地がきと根返しを組み合わせた作業で最も生産性が高かったのは、根返し区でのザウルスロボを使用した作業でしたが、地がきのみで見た場合はザウルスロボとグラップルを使用した根返し区での作業がザウルスロボを使用した特別試験区よりも高い結果となりました(表-6、7)。

根返し区のような小面積での地がきは、これまで行われてきた大規模な地がきと比べて更新面から除去物を排出する際の移動時間が少なくすむことから、地がきに係る作業時間を短縮することが可能と考えます。

根返しと地がきを行う場合の留意点として、根返し作業は伐根を横転させる前に伐根の周囲を十分掘削し周囲に伸びた根を切断させることで作業効率をあげるとともに、事前に伐根周囲を掘削することで伐根についている土を多く残すことができ、後継樹の定着場所を多く確保することが出来ます。

以上を踏まえ、本試験による地がきと根返し作業を普及・定着させていくために、作業手順や留意点をまとめたマニュアルを整備していきます。

9. 継続調査 (令和2年度までの調査結果)

(1) 植生調査

地がき・根返し前の植生調査として、令和元年7月に根返し区19個所に1m×1mの方形区を設置し実施しました。

いずれの調査区もササが占有した状態で、地形別に集計したササの状態は、被度・最大高・平均高はいずれも、高い順に①尾根、②谷地、③平衡斜面であり、木本類の実生はほとんど見られませんでした(図-13、14)。

なお、今後の植生調査は、方形区において更新調査と併せて行うこととし、根返し・地がき後の植生の回復状況、更新木への影響等について、試験条件ごとに比較検証することとしています。

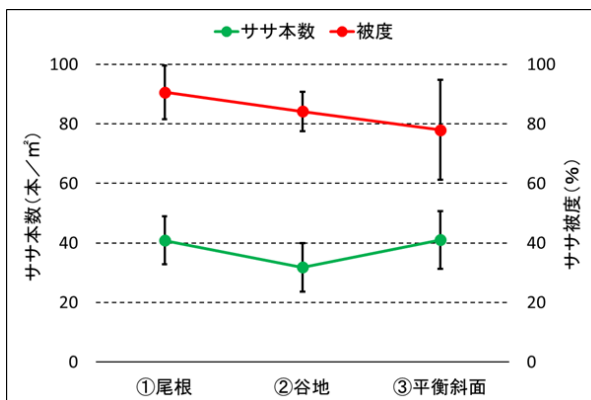


図-13 地形別のササの本数と被度

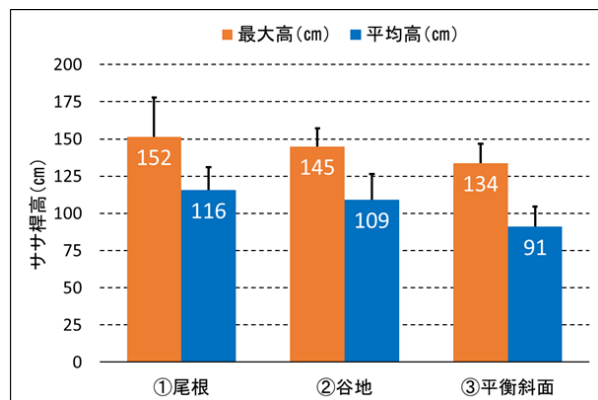


図-14 地形別のササの最大高と平均高

(2) 開空度調査

更新初期の光環境別による樹種別の更新状況、植生の回復状況を検証するために根返し・地がき実施後の令和2年8月に根返し区の開空度調査を実施しました。

なお、特別試験区の調査については、天候の関係で実施できなかったことから、令和元年8月の根返し・地がき前の調査結果を記載しています。なお、次回調査は令和3年度に実施する予定です。

①根返し区

根返し区は、根返し伐根がある28箇所のマウンドの最も高い地点、ピットの最も低い地点で全天空写真の撮影を実施しました。

根返し区は、天頂部のギャップが小さかったことから、マウンドやピットの開空度・相対散乱光量は、箇所間の差は小さく、また、マウンドとピット間にも大きな差はなく、根返し区ではほぼ均一な光環境となっています（表-8）。

表-8 根返し区の測定値

調査箇所	開空度	相対散乱光量
マウンド	14.3~16.8%	23.9~30.3%
ピット	14.5~16.5%	23.7~29.4%

②特別試験区

特別試験区は、試験区内に均等配置した21箇所で全天空写真の撮影を実施しました。

特別試験区は、樹冠が大きく開空しており、根返し区よりも全体的な明るさは向上しましたが、区画内に保残木（樹群・単木）を配置したことで、結果として試験区内に幅広い光環境（相対照度30.1~56.8%）を創出することが出来ました（表-9）。

表-9 特別試験区の測定値

調査箇所	開空度	相対散乱光量
21箇所	18.5~31.6%	30.1~56.8%

今後の調査では、照度別の更新種の違いや成長について検証していく予定です。

（3）種子散布量調査

天然更新では種子の供給が必要不可欠であることから、種子の散布量を把握するため、根返し区24箇所、特別試験区21箇所にシードトラップを5月から10月まで設置しています。

令和元年は更新補助作業後の9月から10月まで、令和2年は5月から10月まで実施しています。

①集計が終了している令和元年度の結果

<遷移後期種>

林分の主要な構成樹種であり母樹密度が最も高いアサダ（56.2本/ha）は、大豊作により全調査箇所で大規模の採種が確認され平均採取量は921粒/m²でしたが、特別試験区での採取量が根返し区の6割程度でした。特別試験区は根返し区より母樹密度が低くなったため母樹との距離が離れたことから採取量が減少していると考えられます。

母樹密度の高いシナノキ（41.1本/ha）・イタヤ（47.6本/ha）・モミジ（18.7本/ha）は、採種箇所数が多く採種量は並作かそれ以上の採種が確認されました。特別試験区ではシナノキは周囲に母樹がなくても多くの採取が見られ、イタヤ・モミジは周囲に母樹が多いと採取量も多い傾向でした。

母樹の少ないミズナラ（6.7本/ha）は、豊作により母樹直下の調査箇所で大規模の採種が確認され採取箇所での平均採取量は224粒/m²で、同じく母樹が少ないアオダモ（5.2本/ha）は根返し区では確認されなかったものの、特別試験区の小径木の密度が高い箇所でも少量ですが飛散が確認されました。

<中間種>

母樹密度の高いオオバボダイジュ（54.9本/ha）は、採種箇所数も多く平均採取量は52粒/m²で並作かそれ以上の種子散布がみられました。オオバボダイジュはシナノキに比べて種子が重いことか

ら散布範囲は小さい傾向でした。

<遷移初期種>

カンバを主とした遷移初期種の試験区内での母樹はウダイカンバ (1.7 本/ha)、キハダ (1.3 本/ha) と少なく、採取量はごくわずかでありましたが、一部の調査区で近隣の人工林内に更新した母樹からと思われる採種がありました。また、明るい特別試験区では特に少なく、やや暗い根返し区でより多く見られたことから、結果として初期種のみが優先する可能性は低いと予想されます。

②令和2年度の実生の発生状況

更新調査はまだ実施していませんが、現地の状況として地がき・根返し後の種子散布によって出現したと思われる実生が多く見られます。また、地がきを実施していないササ地においても地がき実施箇所の隣接部では地がき前には見られなかった実生が確認されることから、択伐施業とササの除去で林床の光環境が変化したことによるものと考えられます。

10. 今後の展開

本試験では広葉樹資源を持続的に育成していくための更新補助作業の確立に向けて、「地がき」と「根返し」を組み合わせた更新手法や、樹冠粗密度の違う林分での効果について検証することとしています。

特に、先行課題から「根返し周囲のササの処理」や「マウンド部の土砂の安定」に改良を加えた根返しについては、地がきと組み合わせるとともに作業仕様を統一化したことで、試験条件ごとの比較検証が可能であると考えます。

今後の試験条件ごとの比較検証として、

- ・マウンド、ピット、地がき、対照区の各処理別に比較し、更新補助作業の効果について検証
- ・鹿柵内、鹿柵外別に比較し、エゾシカ食圧の軽減効果について検証
- ・特別試験区、根返し区を各処理別に比較し、光環境の違いによる更新樹種の特徴を検証

を考えていますが、先行課題の成果や試験地の状況から特に検証するポイントとして、実生の発生・消失のプロセスやマウンド・ピットによる更新種の違いを検証し、広葉樹の更新特性について解明できればと考えています。

また、根返しの特徴でもあるエゾシカ食圧の軽減効果を検証するために鹿柵内外で比較検証し、加えて、予想される更新種のうちエゾシカの嗜好性の高いアオダモを追跡することとしています。