

北海道における低コスト再造林を目指した 天然更新活用型作業方法とその効果の検証

森林技術・支援センター 山崎 孝一
谷村 亮

1. 課題を取り上げた背景

北海道内における人工林資源の成熟に伴い主伐量が増加している中、林業の採算性の悪化から再造林の低コスト化が課題になっています。

その解決に期待されている1つの手法として天然更新が挙げられます。

これまで道内で実施されてきた天然林施業における更新作業では、更新を阻害するササを根茎から除去する地表処理として「地がき」を多く実施してきましたが、この技術を人工林主伐（帯状伐採）後に活用するため、その手法や導入条件についての検証が必要と考えました。

本課題では、平成 27 年度から技術開発課題としてカラマツ林、トドマツ林での検証を実施していますが、本発表ではカラマツ林での試験経過を報告します。

2. 試験設計

(1) 実証試験地の設定

カラマツ人工林での実証試験地は2箇所とし、帯状伐採後に保残林分からの種子供給が期待できるカラマツを更新させるため、地がきはバックホウバケットを用い、暗色雪腐腐の防止とササの根茎を除去するためA層を取り除きB層を露出させる仕様としています。

① 共同試験地（上川南部森林管理署 3 林班い小班）

平成 27 年度に誘導伐を実施した伐採帯の1つで地がきを施工し、森林総研北海道支所との共同試験地としています。

伐採幅 40m（樹高の2倍）のうち、光要求度の高いカラマツの更新に不利となる林縁部については、地がき除去物の堆積場所として活用し、実際の施工幅は 30m となっています。

斜面方向は南東で伐採帯も同一方向に設定され、傾斜は約 20 度と土砂流出が心配されたことから、斜面下部に側溝を作設しています。

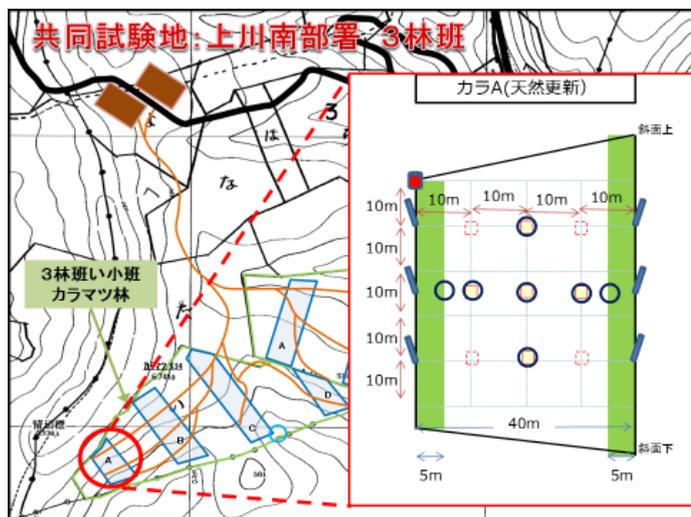


図 - 1 共同試験地概略図

② 対照区（上川北部森林管理署 2 3 3 7 林班へた小班）

帯状伐採後の林分で、平成 24 年度に地がきを施工し、10m・5m幅の7試験区（A～G）を設定しています。

伐採幅 10m は樹高の 1/2 程度、5 m は樹高の 1/4 程度となっています。

斜面方向は西向きで伐採帯もほぼ同一方向、10 度未満の緩傾斜となっています。

本課題では共同試験地を人工林主伐（帯状伐採）を想定したメインフィールドとし、伐採幅が狭く設定された対照区は、伐採幅の違いによる更新可能性や最低条件を検証するために活用しています。

なお、両試験地の地がき施工年が異なるため、本発表時点で共同試験地は地がき後 2 年、対照区は地がき後 5 年の経過となっています。



図－２ 対照区概略図

（２）開発目標

本課題の開発目標としては、コスト削減の数値を設定していますが、当然それだけを達成すれば良いということにはなりません。

前提として低コストであることが挙げられ、その次に、人工造林と同程度の効果が求められ、最後に、技術確立に必要な確実性を確保するための条件等の検証が必須と言えます。

したがって、以下の 3 点を目標として、その達成や検証が必要と考えました。

- ①コストの削減・・・人工造林コストの 3～5 割
- ②更新の効果・・・天然更新完了基準（国有林と北海道の基準の双方）の達成
- ③確実性の向上・・・天然更新の導入条件と作業手法の検証

3. 試験結果

（１）コスト削減

表－１では、各実証試験地の地がき作業の時間観測による時間生産性から、ha 当たりの経費を算出しています。

また、機械地拵からコンテナ苗植栽までの人工造林経費を算出しています。

なお、人工造林経費には初期保育の下

刈（カラマツの標準的な目安 4 年 5 回）は含めていません。これは、天然更新の場合は、更新完了までの保育の省略と完了後の下刈実施を前提とすることが必要であると考えたため、保育に掛かる試算は分けることとしています。

コスト比較では、地がき作業は造林経費の 4～5 割で、特に主伐（誘導伐）を実施した共同試験地では 4 割で実行が可能という試算になります。

根茎除去の効果は、対照区の 5 年後時点のササ本数密度で回復を抑制しており、B 層を露出させる地がきは、コストの削減やササの抑制に有効であると考えます。

表－１ 地がきと人工造林のコスト比較

コスト比較	時間生産性	Ha 当たり経費(税抜)	人工造林コスト (機械地拵～コンテナ苗植栽)
共同試験地	0.03ha/時	324,091円/ha	41% 795,900円/ha
対照区	0.02ha/時	374,400円/ha	48% 784,500円/ha

※地がき実施は、機械チャーターを想定して積算
再造林コストは、平成29年度北海道造林事業標準単価により算出

(2) 更新の効果

両試験地とも地がきによりササの回復を抑制している反面、草本類が繁茂し更新木と競合しています。特に、被度や植生高は年々高くなっていることから、更新完了までの保育の省略による低コストを前提とする場合は、カラマツ更新木の生育環境が悪化する前に、短期間で更新完了させることが必要となります。

①更新完了基準

天然更新の効果を評価する際には、更新完了となる基準を達成しているかが重要になりますが、国有林では「地表処理箇所の更新状況確認調査要領」、北海道では「天然更新完了基準書」によって、いずれも伐採（地表処理）年の翌年から5年以内の調査によってその成否を判断することになっています。

その主要な要素としては、期間・樹高成長・更新本数の3つが挙げられますが、ここでは、より早く更新完了させるという視点から期間と樹高成長について考えていきます。

表－2 天然更新完了基準

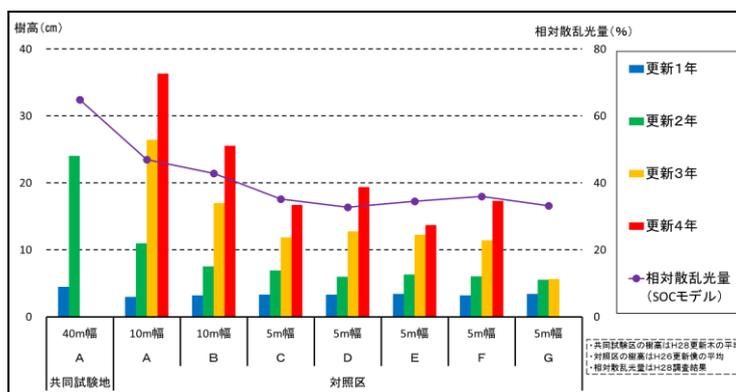
	国有林	北海道
調査時期	地表処理の翌年から5年以内	伐採年の翌年から5年以内
判断基準	30cm以上がおおむね10,000本/ha	調査時の植生より50cm以上のもの立木度3以上、下層木3,000本/ha
未完了	経過観察箇所は調査翌年から3～5年後に再調査 困難箇所は再度更新補助作業もしくは植栽	伐採年の翌年から7年以内に達成できるよう天然更新補助作業もしくは植栽

②光環境別の樹高成長

グラフー1は、2箇所の実証試験地における光環境別のカラマツの平均樹高を示したもので、横軸に共同試験地と対照区を並べ、左から右に向かって伐採幅が狭くなっています。折れ線で示しているのは、全天空写真から計算した相対散乱光量で、伐採幅と同じく左から右に向かって低下しています。棒グラフは、カラマツの経過年別の平均樹高になりますが、共同試験地は地がき翌年の平成28年度の更新木のみ、対照区は地がき翌年が前年度の凶作の影響で更新は見られなかったことから、地がき後2年目の平成26年度の更新木のみを集計になります。

更新2年目の段階では、40m幅が最も良い成長を見せ、伐採幅が狭くなると平均樹高も低下しています。

更新4年目では、対照区内での比較になりますが、同じく伐採幅が狭くなると樹高成長も低下しています。



つまり、伐採幅を広くすることで、カラマツの樹高成長が大きくなり、短期間での更新完了が可能になると考えます。

③更新結果

次に、各実証試験地の更新結果についてですが、表－3の対照区については伐採幅ごとの試験区平均の値となっています。

まず、共同試験地の40m幅については、地がき後2年の段階ですが、カラマツの樹高30cm以上は3,000本/haで国有林の基準本数に満たないものの、あと1年で概ね10,000本/haに到達できる見込みとなっています。一方の北海道の基準では、現状で75cm以上（植生高＋余裕高50cm）に到達しているものはありませんが、平成29年度と同程度の

樹高成長が見られれば、平成30年度（地がき後3年目）には更新完了できる可能性がありますと考えています。

次に対照区の10m幅では、地がき後5年で国有林の基準本数をカラマツのみで満たしています。しかし、北海道の基準では現状で75cm以上（植生高+余裕高50cm）に達しているカラマツの本数が少なく更新完了となっていません。基準以下の本数が十分あることから完了の可能性はありますが、そのためには刈出しの実施が必要なことからコスト増というデメリットが発生します。

		共同試験地		対照区	
		40m幅	10m幅(2列)	5m幅(4列)	
伐採幅		40m幅	10m幅(2列)	5m幅(4列)	
開空度* (相対散乱光量)		38.2% (64.9%)	24.8% (44.9%)	19.0% (34.3%)	
植生被度**		31.1%	52.5%	77.0%	
植生高**		21.8cm	21.4cm	31.5cm	
経過年数**		地がき後2年	地がき後5年	地がき後5年	
国有林更新完了基準**	カラマツ	30cm以上3,000本/ha 平均樹高 40.0cm	30cm以上12,700本/ha 平均樹高 42.8cm	30cm以上1,100本/ha 平均樹高 36.9cm	
	広葉樹	30cm以上 300本/ha	30cm以上10,100本/ha	30cm以上7,500本/ha	
状況		あと1年で完了できる見込み	更新完了	更新未完了 更新補助必要	
北海道更新完了基準**	カラマツ	75cm以上 なし	75cm以上 300本/ha	85cm以上 なし	
	広葉樹	75cm以上 なし	75cm以上1,400本/ha	85cm以上100本/ha	
状況		あと1年で完了できる可能性	更新未完了 更新補助必要	更新未完了	

表-3 伐採幅別の更新状況

最後に、対照区の5m幅では両基準を満たしていないことから、低コストの更新技術としては難しいと言えます。

以上の結果から、

- ①B層露出の地がき、更新完了までの保育の省略により低コスト化が実現可能
- ②伐採幅を広くすることで早く更新完了が可能で、より短期間で完了するには40m（樹高の2倍）の幅が有効

と考えます。

また、上記の条件以外に更新完了基準の最後の要素である更新本数の確保、つまり確実性の向上が必要になります。

カラマツは豊凶の差が激しく、凶作が数年続く場合もあり、豊作を予測しての事業実施は難しい実態にあります。前述の通り対照区では、地がき施工年の凶作の影響で翌年の更新は見られず、更新開始が1年遅れています。

このため、更新本数を確保するためには、種子供給確保のための作業手法や天然更新を導入する林分条件の検討が重要になると考えます。

(3) 確実性の向上

①環状剥皮の導入

種子供給を確保する作業手法の1つとして、着花促進のための環状剥皮が考えられます。

環状剥皮は、①形成層まで鋸で切れ目を入れ、②数cmの帯状に樹皮をはがしていき、③これを上下に半周分実施することで、水や養分の移動を制限させ、着花量を人為的に増やすことが可能です。剥皮を花芽の分化前に実施することで、翌年以降、数年間は効果が持続します。



図-3 環状剥皮の実施方法

作業スケジュールの例として、伐採の前年春に環状剥皮を施工し、着花量が増加した年の秋までに伐採から地がきを終了するというのが理想的です。

なお、共同試験地では平成 28 年 6 月に環状剥皮を実施し、平成 29 年には隣接伐採帯に設定した対照区と比較して、着花の豊凶度や種子供給量が増加するという効果が見られました。

表 - 4 着花効果

調査(平成29年6月)	共同試験地	
	環状剥皮区(伐採帯A)	対照区(伐採帯B)
豊凶度	3.33「並」*	2.00「並下」**
シートラップ	18.2 粒/1㎡	10.4 粒/1㎡

*は環状剥皮木15本の平均
**は着花調査木14本の平均

②種子供給の確保からの導入条件

着花促進以外での種子供給確保から考えられる導入条件としては、母樹の形状が挙げられます。

その理由としては、更新木への遺伝的な影響から樹幹が通直であることが望ましく、また、樹冠長率については、カラマツは樹冠全体に着花するため、その発達により単木での供給量の増加が見込める、という点から母樹の形状は重要な要素と言えます。

したがって、形質不良木が除去され一定の樹冠長率が保たれていることを考えれば、主伐までに適切に間伐が実行された林分での導入が望ましいと言えます。

③伐採・地がきの導入条件・作業手法

帯状伐採の作業手法としては、更新面の光環境という点で伐採幅を樹高の2倍を確保する設計となるのが望ましいと考えます。導入条件としては、傾斜方向は南斜面が最適であると考えます。北斜面では傾斜にもよりますが伐採帯を斜面方向に長くするなどの工夫が必要です。

次に地がきの作業手法としては、確実なB層露出によるササの回復抑制は必須となりますが、特に除去物の更新面からの排出では、当然のごとく伐採幅が広くなればA層の除去量も増加するため、更新に不利な林縁部へ堆積する方法が保残帯への影響を少なくできる有効な手法と言えます。導入条件としては、機械作業の安全性や土砂流出への配慮から、今回実施した共同試験地と同じ傾斜20度程度を上限とするのが良いと考えます。

4. まとめ

カラマツ人工林主伐後の天然更新を実施する際の導入条件としては、

- ①適切に間伐された人工林、
 - ②南斜面の傾斜は20度以下の林分、
- が挙げられます。

また、作業手法としては、

- ①主伐の前年の春に環状剥皮を実施、
- ②帯状伐採では樹高の2倍の伐採幅、
- ③地がきはB層を露出、除去物は林縁部へ堆積、
- ④伐採から地がきまでを一貫作業で実施、

以上の組合せで、低コストで、より早く、確実に更新完了させることが可能と考えます。

今後の課題として、事例の少ない更新完了後の保育手法について、適切な保育や野鼠防除の検証が必要と考えています。