

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

北海道森林管理局 森林技術・支援センター 山崎 孝一
谷村 亮

1 はじめに

北海道内における人工林資源の成熟に伴う主伐再造林の増加が見込まれる中、林業の採算性の悪化から再造林の低コスト化を図ることが課題となっています。北海道森林管理局では、再造林の低コスト化に向けた様々な取り組みがなされていますが、その解決に期待されている一手法として天然更新が挙げられます。

これまで道内の天然林施業では、更新を阻害するササの地下茎を除去する地表処理作業として「地がき」が多く用いられてきましたが、本技術を人工林主伐（帯状伐採）後に導入し天然更新を促すことで、低コストかつ効果的な更新が期待できます。

このため、カラマツ及びトドマツ人工林における具体的な作業方法の開発と導入条件及び効果の検証が必要と考えました。

本発表では、平成 27 年度から取り組んでいる技術開発課題のうち、カラマツ人工林での試験経過について報告します。

2 開発方法

（１）試験設計

実証試験は、伐採幅が異なる 2 箇所（試験地・対照区）で行い、光環境の違いによるカラマツ更新木の成長差を検証することとしました。

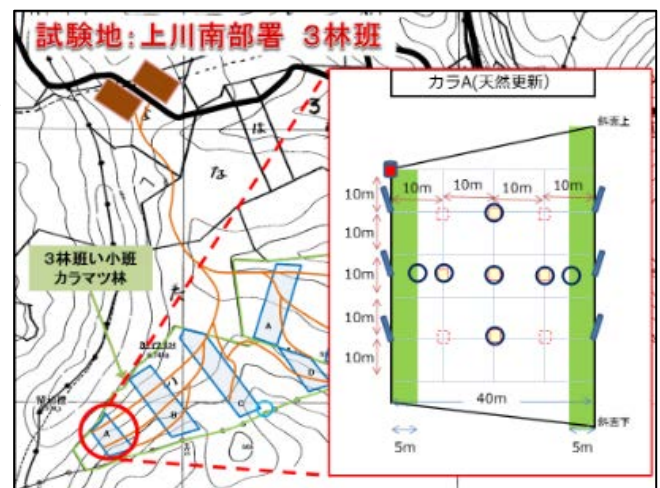
両箇所とも、周囲のカラマツ人工林の保残林分からの種子供給による更新の確実性を高めるため、暗色雪腐病菌とササの地下茎を除去する必要があったことから、地がきはバックホウバケットを使用し、A 層を取り除き B 層を露出させる仕様としました。

①試験地（上川南部森林管理署 3 林班い小班）

メインフィールドとなる試験地は、平成 27 年度に誘導伐を実施した南東斜面の 40m 幅（樹高の 2 倍）の伐採帯に設定しました。

伐採幅のうち、光要求度の高いカラマツの更新に不利となる林縁部（保残林分から 5 m 幅）については、地がきによる除去物の堆積場所として活用したため、実際の施工幅は 30m となっています。

また、傾斜は約 20 度で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 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）

対照区は、西向き斜面の 10m 及び 5 m 幅の帯状伐採帯に 7 試験区を設定し、平成 24 年度に地がきを施工しました。本区は、伐採幅の違いによる更新可能性や最低条件を比較検証するために活用しています。

（２）開発目標

本課題の開発目標として、コスト縮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ますが、その次に、人工造林と同程度の更新効果が求められ、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要であると考えます。

したがって、本課題においては以下の３点を目標と捉え、各目標に沿って検証結果を述べていきます。

- | | | |
|---------|-----|-------------------------|
| ①コストの縮減 | ・・・ | 人工造林（地拵＋植付）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）の達成 |
| ③確実性の向上 | ・・・ | 種子供給の確保、導入条件や作業方法の検証 |

３ 調査結果

（１）コストの縮減

①コスト比較

人工造林のコスト試算は、下刈保育の期間を含めずに、機械地拵からカラマツコンテナ苗を植栽基準本数 2,500 本/ha を植付した場合とし、平成 29 年度の北海道造林事業標準単価により算出しました。

地がきによる天然更新のコストは、時間観測により算出した時間生産性から、機械チャーターを想定して算出しました。

コスト比較の結果、地がきによる天然更新では人工造林の場合と比較して４～５割で実行可能となり、コストを大きく縮減できるという効果が期待できます。

更に、５年間の更新期間中に刈り出し等の補助作業を実施せずに更新完了することができれば、人工造林の下刈保育に係るコストを更に削減することが可能となります。

作業年次	1	2	3	4	5	6
人工造林	地拵・植付	下刈	下刈	下刈	下刈	
天然更新	地がき					
更新期間（５年）						

人工造林は下刈保育の期間を含まず試算
※地がき費用は、機械チャーターを想定して試算
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

コスト比較	人工造林コスト (機械地拵＋コンテナ苗植付)	地がきコスト	地がき 時間生産性
試験地	795,900円/ha	324,091円/ha	0.03ha/時
対照区	784,500円/ha	374,400円/ha	0.02ha/時

コストを大きく縮減することが可能

更新期間中の更新補助作業をせずに更新完了
下刈保育に係るコストを更に削減することが可能

図－２ 人工造林と天然更新のコスト比較

②地がきの効果

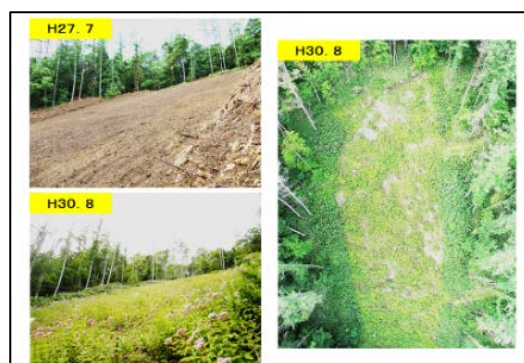
地がきによりササの地下茎を除去しているため、現状の推移からは、少なくとも５年間の更新期間内では、地がき前の密度や被度状態まで回復することはないと考えられます。このことから、Ａ層を除去する地がきは、ササの回復を抑制する効果が高いと言えます。

しかし、ササに対する効果の反面、大型草本類やイチゴ類の繁茂が見られ、これらの被度や植生高は年経過により高くなり、カラマツ更新木と競合することが予想されます。

このため、地がきの効果を最大限に活用し、カラマツ更新木の成長をより確実のものとするためには、競合する大型草本類等の植生による影響が少ない更新初期の成長を促す必要があると考えます。

表－１ Ａ層除去による下層植生への影響

下層植生		試験地		対照区	
		地がき前	３年経過	地がき前	５年経過
ササ	本数密度	－	－	40.6本/㎡	1.1本/㎡
	被度	76.0%	7.6%	－	5.7%
	植生高	104cm	41cm	140cm	31cm
イチゴ	被度	－	14.4%	－	30.3%
草本類	被度	－	33.3%	－	31.6%



図－３ 試験地の様子

（２）更新の効果

更新初期の成長を評価する指標として、天然更新完了基準があります。

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」によって定められています。（表－２）

両基準とも、期間・樹高成長・更新本数の３つの要素で構成されていますが、期間内に更新未完了となった場合は、更なる時間とコストが必要となることから、低コスト技術としては、基準の５年以内で完了することが前提となると考えます。

したがって、３つの要素のうち、特に樹高成長と更新本数をどのように満たすかが更新効果を評価する上で重要であると考えます。

表－２ 更新完了基準（有用広葉樹含む）

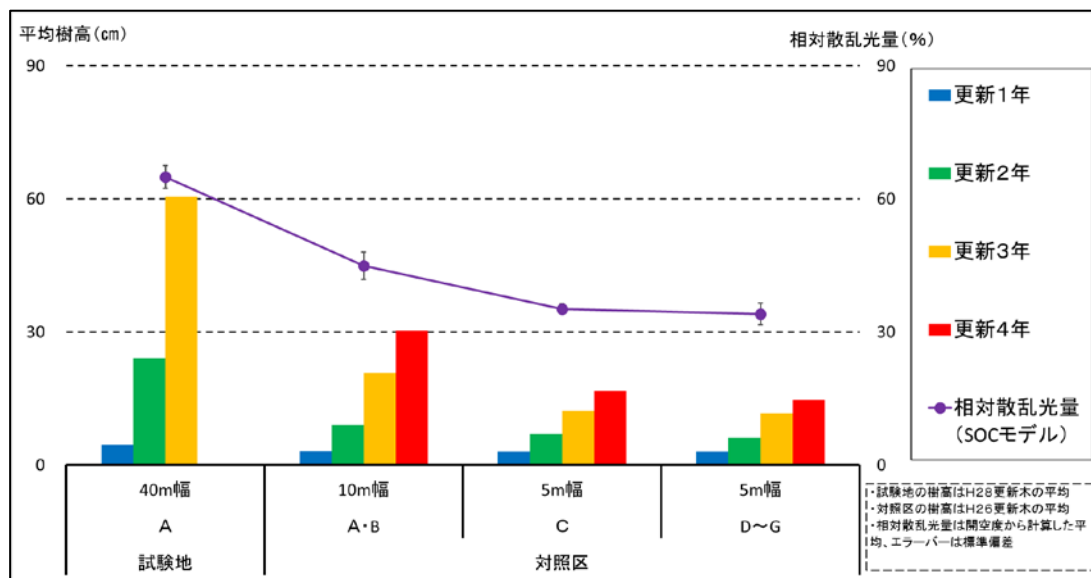
	国有林	北海道
調査時期	地表処理の翌年から５年以内	伐採年の翌年から５年以内
判断基準	30cm以上がおおむね10,000本/ha	調査時の植生より50cm以上のもの 立木度3以上、下層木3,000本/ha
調査結果 ↓ 未完了	経過観察箇所は調査翌年から3～5年後に再調査 困難箇所は再度更新補助作業もしくは植栽	伐採年の翌年から7年以内に達成できるよう天然更新補助作業もしくは植栽

①光環境別の樹高成長

グラフー１は、２箇所の試験地における光環境とカラマツの平均樹高を示したものです。

横軸は右に向かって伐採幅が狭くなるように試験地を並べ、折れ線は平成 28 年度に撮影した全天空写真から計算した相対散乱光量（光環境を示す指標のひとつ）を示します。棒グラフはカラマツの調査年毎の平均樹高になりますが、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に凶作の影響で更新が見られなかったことから、地がき後 2 年目の平成 26 年度の更新木のための集計になります。（試験地は平成 28 年度から平成 30 年度までの 3 年分のデータ、対照区は平成 26 年度から平成 29 年度までの 4 年分のデータ）

伐採幅と光環境の関係では、幅が広くなると相対散乱光量が大きくなり、伐採幅と光環境で相関関係（ $R=0.9957$ ）が見られました。また、光環境と樹高成長でも同様の関係（更新 3 年： $R=0.9770$ ）にあることから、カラマツ更新木の樹高成長を大きくするには広い伐採幅が必要であると考えます。



グラフー１ 光環境とカラマツ更新木の平均樹高

②更新結果

先述の樹高成長を念頭に各伐採幅での更新結果について、更新完了基準に照らして評価していきます。

表－３ 伐採幅別の更新結果

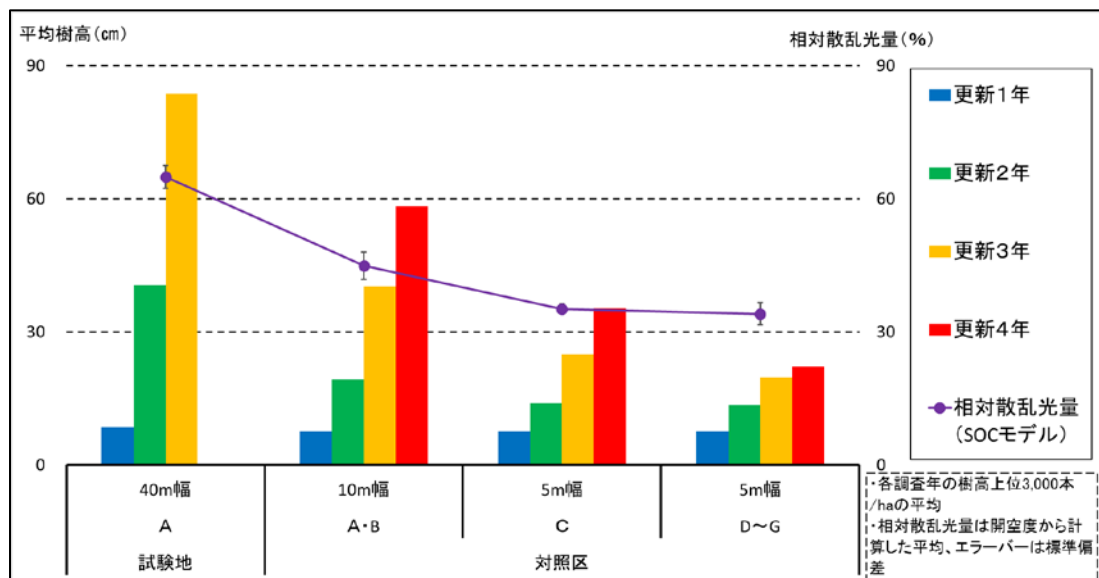
		試験地	対照区		
伐採幅		40m幅	10m幅(A・B)	5m幅(C)	5m幅(D～G)
相対散乱光量		64.9%	44.9%	35.2%	34.1%
植生高		36.8cm	21.4cm	12.5cm	36.3cm
経過年数		地がき後3年	地がき後5年	地がき後5年	地がき後5年
国有林 更新完了 基準	カラマツ	30cm以上11,800本/ha 平均樹高 57.0cm	30cm以上12,700本/ha 平均樹高 42.8cm	30cm以上3,600本/ha 平均樹高 34.8cm	30cm以上 500本/ha 平均樹高 41.2cm
	広葉樹	30cm以上3,100本/ha	30cm以上10,100本/ha	30cm以上10,000本/ha	30cm以上7,400本/ha
	状況	更新完了	更新完了	広葉樹含めると 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	90cm以上 700本/ha	75cm以上 300本/ha	65cm以上 なし	90cm以上 なし
	広葉樹	90cm以上 300本/ha	75cm以上1,400本/ha	65cm以上 なし	90cm以上 なし
	状況	更新未完了	更新未完了 更新補助必要	更新困難	更新困難
	補足	※3,000本/ha充足 最低樹高70cm	※3,000本/ha充足 最低樹高45cm	※3,000本/ha充足 最低樹高30cm	※3,000本/ha充足 最低樹高15cm

＜40m幅＞

最も伐採幅の広い試験地は、地がき後3年が経過した段階ですが、国有林の基準で必要とされる樹高30cm以上の更新木は10,000本/haを超え、更新完了と判断できます。

一方、北海道の基準では、目標樹高（植生高＋余裕高50cm）以上が700本/haと、達成にはもう少し時間が必要な状況です。これは、平成30年度に競合植生の植生高が上昇し、合わせて基準の目標樹高も上昇しているためですが、基準に必要な樹高上位3,000本/haに絞ってその成長を見てみると（グラフー2）、光環境と樹高成長で高い相関（更新3年：R=0.9754）が見られ、樹高上位の更新木への競合植生による影響は少ないことが推察されます。

また、目標樹高と3,000本/haを充足する最低樹高の差が確実に減少していることから、期間内において両基準を満たすことが見込まれ、人工造林の場合と同程度の更新効果が発揮できると評価しています。



グラフー2 光環境とカラマツ更新木の平均樹高
（樹高上位3,000本/haの平均）

＜10m幅＞

対照区の10m幅は、地がき後5年で国有林の基準を満たしていることから更新完了と判断できますが、一方の北海道の基準では、目標樹高に対し樹高成長が十分とはいえず、成長を促すために更新補助作業（刈り出し）が必要となり、更なる期間とコスト増というデメリットが発生します。

< 5 m 幅 >

対照区の 5 m 幅は、地がき後 5 年で両基準を満たしていないことから、天然更新の技術として実用は難しいと言えます。

以上のことから、天然更新として高い効果を発揮するには、本試験での樹高の 2 倍程度の広い伐採幅を確保することが、光環境の必要条件と言えます。

また、試験地でのカラマツの更新本数は 20,000 本/ha 程度と、他の事例や対照区に比べて決して多い本数ではありませんが、これらの更新木の樹高成長を確実に促すことは、更新の効果とともに確実性の向上にも寄与すると考えます。

(3) 確実性の向上

上記の光環境のほかに、天然更新の場合では、種子供給の確保について考える必要があります。

カラマツは風散布型の広い散布範囲を持つ種子を生産しますが、豊凶の差が非常に激しく、凶作の時には全く種子が生産されません。また、凶作が数年続くことがあるため、豊凶を予測しての地がきの実施は難しいと言えます。

本課題の対照区では、地がき施工の平成 24 年度が凶作だった影響で、翌年 1 年目の調査ではカラマツの更新がほとんど見られませんでした。

このため、種子供給の視点から天然更新を導入する林分条件や作業方法の検討が重要になります。

①環状剥皮

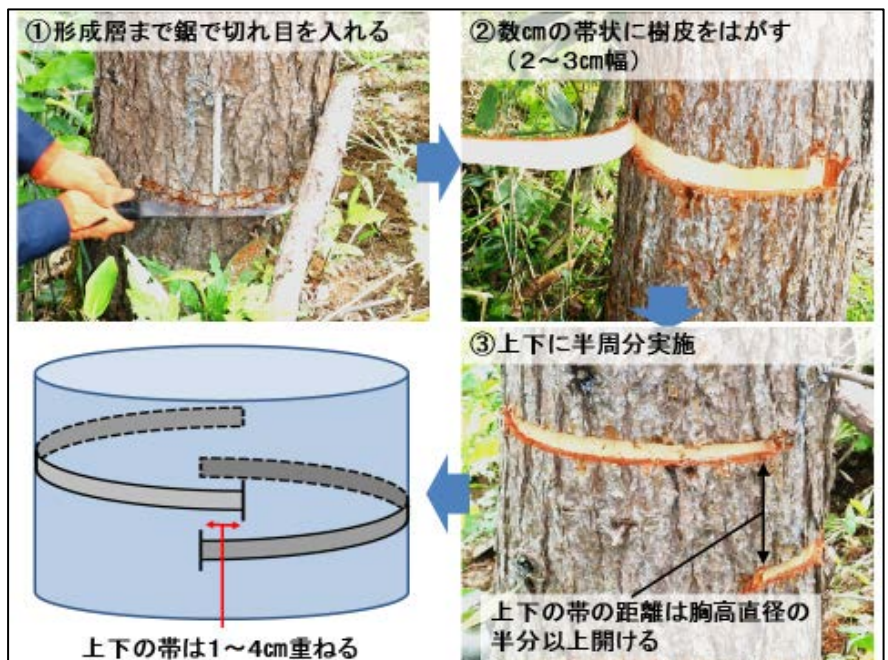
人為的に種子供給を確保する作業方法として、着花促進のための環状剥皮が考えられます。

環状剥皮は、花芽の分化前に実施することで、翌年以降の雌花の着花量が増加し、数年間効果が持続します。ただし、剥皮効果が翌年以降となるため、伐採の前年春に環状剥皮を実施し、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なスケジュールになります。

環状剥皮作業は、まず形成層まで鋸で切れ目を入れ、数 cm の帯状に樹皮をはがしていきます。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、雌花の着花量を増やします。作業自体は、1 本当たり十数分程度で鋸・鉋があれば実施できます。

試験地では、平成 28 年春に保残林分の 22 本に環状剥皮を実施し、隣接伐採帯に設定した対照区と種子供給量の比較をしています。環状剥皮により 2 年連続で種子供給量が増加するという効果が見られています。

ただし、環状剥皮の効果は、あくまでも種子供給量を底上げするもので、全く着花のない凶作を豊作に変えるという過度な効果を期待することはできません。



図－4 環状剥皮の実施方法

しかし、本課題の試験地のように確実な樹高成長が確保されれば、20,000 本/ha 程度であっても更新完了の可能性が高いことから、環状剥皮をその最低限の更新を確保するための補助作業として捉えれば、十分な効果が期待できると考えます。

②種子供給の視点からの林分条件等

林分条件として、まず、母樹の形状に着目すると、樹幹が通直なことや樹冠長率が高いといったことが挙げられます。その理由として、樹幹が通直なことについては、幹曲り等の遺伝的な影響を排除することで、木材価値を高めることにつながります。また、樹冠長率については、カラマツの雌花が樹冠全体に着花することから、樹冠の発達により単木での種子供給量の増加が見込めるといふ点から重要な要素と考えます。

以上のことから、適切な時期に間伐され、樹冠が発達した林分というのが最適な条件であると考えます。

また、カラマツ種子の散布は、豊作年であれば 100m 離れても 10,000 本/ha 程度の更新密度が期待できるとの研究成果がありますが、前述の通り豊作を前提に考えるのは確実性の観点から非常に危険です。このため、少ない種子供給量であっても更新の確実性を高めるためには、母樹との距離が重要な要素となります。

したがって、本試験の様な帯状伐採による施業は、周囲に隣接する保残林分の母樹から種子供給が期待できるという点で、地がきによる天然更新を活用しやすい方法と考えます。

確実性向上のための導入条件と作業方法をまとめると、

- ・光環境の確保は、帯状伐採の幅を樹高の 2 倍、傾斜方向は南斜面が最適
- ・地がき処理は、確実な A 層除去によるササの回復抑制、除去物については更新に不利な林縁部への堆積が有効
- ・林地傾斜は、機械作業の安全性や土砂流出への配慮から、試験地と同じ傾斜 20 度程度を上限
- ・地がき作業は、一貫作業で実施することで機械の運搬コストを縮減すると共に、作業の効率化を図ることが可能
- ・種子供給は、樹冠の発達した林分において、環状剥皮の実施を組み合わせることで確保

といったことが考えられます。

また、前生林で野鼠被害を受けた箇所では再造林後も被害を受けやすいことから、野鼠対策としての林分条件として、前生林の被害がない箇所が望まれます。

4 まとめ

天然更新は更新樹種、更新密度をコントロールするのが難しい技術です。これを人工林主伐後に活用するためには、どのように確実性を担保するのが課題ですが、少なくとも、本課題で取り上げたカラマツ人工林の場合は、伐採幅を広くする施業や導入にあたっての林分条件を踏まえ、地がき処理による効果を最大限に活用する作業方法により、低コストで確実に更新完了することが可能であると考えます。

最後に今後の課題として、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（密度管理）や野鼠防除の検証が必要と考えています。