

再造林の低コスト化に向けて放つ4本の矢 ～①一貫作業②コンテナ苗③低密度植栽④天然更新～

北海道森林管理局 森林整備部 森林整備第一課 小林 龍雄
上川南部森林管理署 新井 雄大

はじめに

北海道の人工林は、国有林・民有林ともに、高齢林分が多くを占める年齢構成となっており、主伐による利用が可能となりつつあります。主伐と共に急速に増加すると見込まれる再造林地において、確実な更新を確保していくため、再造林の低コスト化を図っていく必要があります。

このような中、北海道空知郡南富良野町の国有林3林班い小班（56年生のカラマツ林）と、ろ小班（63年生のトドマツ林）において、平成27年に幅40mの帯状伐採を行い、「一貫作業」「コンテナ苗」「低密度植栽」「天然更新」という4つの取組を実証しました。これを「再造林の低コスト化に向けて放つ4本の矢」と称し、平成29年までの3年間の取組状況を紹介します。

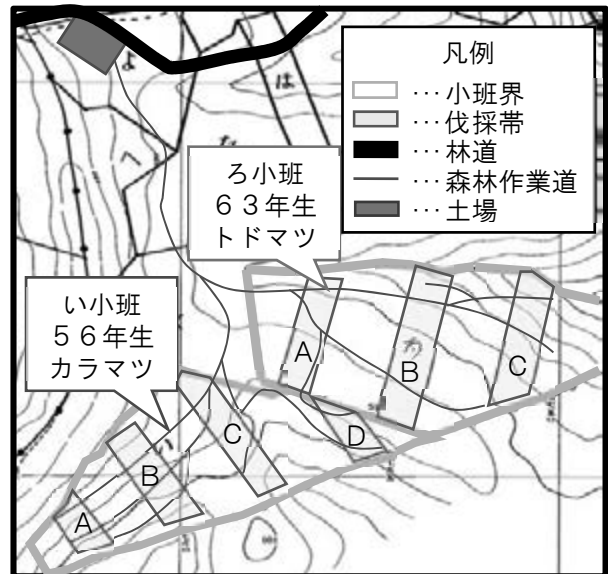


図1 現地の概要図
(南富良野町 幾寅国有林3林班)

取組① 一貫作業

伐採と造林の事業を一括発注し、同一の請負者が、両事業を同時並行的に実施することで、全体の作業効率を向上させようとするシステムを、伐採と造林の一貫作業（以下、一貫作業）と言います。この一貫作業の実践により、地拵とコンテナ苗の運搬に対する効果が明らかになりました。

まず、地拵については、伐採事業で用いたバケットとグラップルを活用（写真1）することができたため、機械運搬が不要となり、地拵コストを約2割削減できると試算できました。また、伐採と造林を別々に作業すると、その後の地拵を考慮しない伐出が行われ、林内に末木枝条が散乱し、地拵にくい環境となることがあります。しかし今回は、全木による木寄を行いながら、末木枝条をある程度林外に配置したことで、その後の地拵の作業環境を向上させることができました。



写真1 作業道作設等に用いたバケット（左）と木寄等に用いたグラップル（右）による地拵

次に、コンテナ苗は根鉢が付いているために重く、嵩張るため、裸苗よりも運搬に労力を必要とすることが課題となっていることから、搬出に用いたフォワーダをコンテナ苗の運搬に利用することの

効果を検証しました（写真2）。

土場で苗木をフォワーダに積み込んで出発し、植栽する箇所で苗木を下ろしてから、付近の材を積んで土場へ戻るという形で、搬出と苗木運搬を同時に行うことを実践し、積み下ろしの工期調査を行って



写真2 フォワーダによるコンテナ苗木運搬

試算したところ、人力で運搬する場合と比べて、苗木運搬経費を約8割削減できると試算できました。

さらに、過去に別の現場において、コンテナ苗を苗木袋に入れて人力で100m運搬したところ、根鉢に損傷を受けた個体が5%生じたという結果がありますが、今回の現場では、フォワーダで700m運搬しても損傷は全くなく、根鉢の損傷を回避する効果があることも分かりました。

取組② コンテナ苗

裸苗の適期（春・秋）以外でも植栽できるとされているコンテナ苗を用いれば、伐採と植栽が一致する期間を長く設定できるため、一貫作業には有効であると考えられます。そこで、トドマツとカラマツのコンテナ苗の夏期植栽を行い、その事実を検証するため、その後の生存率と生長量を調査してきました。トドマツは7月22～24日、カラマツは8月6～8日に植栽し、調査サンプル数はトドマツ300本、カラマツ200本です。

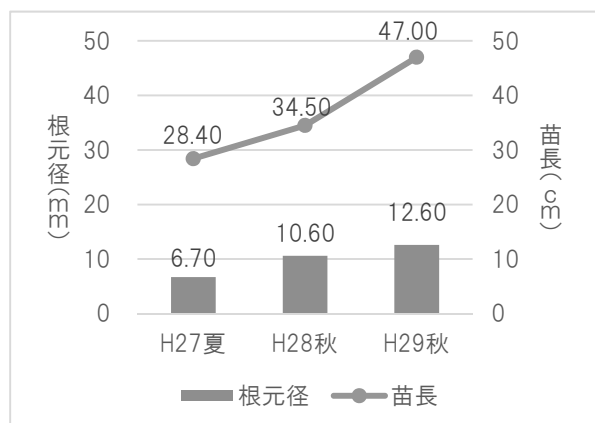
植栽から2年後の生存率は、トドマツは92.3%、カラマツは91.5%となり、夏期植栽の可能性が示唆される結果が得られました。このうちカラマツは、「植栽後10日以内に10mm以上の雨が降ることで活着率が向上する」という林業試験場の報告を参考にしました。天気予報を毎日確認し、請負者との打合せを十分に行って植栽日を調整した結果、植栽後10日以内に30mm以上の降雨実績がありました。

さらに本事業では、夏場は下刈の最盛期であったために造林班の手が回らず、植栽に慣れていない土木班の作業員による植栽が行われました。それでも、結果として高い生存率を残すことができていたため、コンテナ苗は植栽の習熟度を問わない「誰でも植えることができる苗」とも言えそうです。

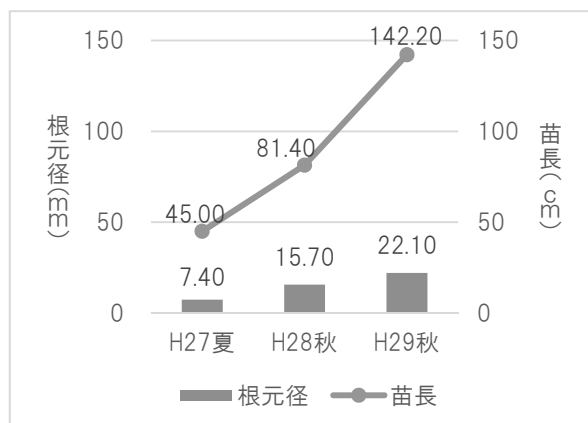
以上のことから、コンテナ苗の使用により植栽時期を拡大することができ、これは一貫作業に有効であることを実証することができました。

生長量調査は、植栽を行った平成27年の夏（8月）と平成28年秋、平成29年秋に実施しました。根元径をノギス、苗長をコンベックスで測定した結果、それぞれの平均の生長推移はグラフ1・2のとおりです。根元径も苗長も、トドマツ・カラマツともに順調に大きくなっていますが、このうちカラマツの苗長生長量は特筆できるものでした。植栽から2年間で平均1mも伸び、中には2mを超え

グラフ1 トドマツの平均生長推移グラフ



グラフ2 カラマツの平均生長推移グラフ



た個体もありました（写真3）。平均の苗長は142.2cmとなり、競合する草本類の平均植生高（約50cm）と比較しても大きく上回る個体が大半となっています。平成29年8月に下刈の必要性を判断する模式図（図2）を参考に評価したところ、下刈が必要と考えられる「C4」に当てはまる個体は15%程度でした。

大型機械地拵の実施によって植生の回復が抑えられ、どちらの樹種も植栽の翌年は下刈を実施しませんでした。植栽の2年目はトドマツ植栽箇所では下刈を実施し、カラマツ植栽箇所は下刈を実施せずに経過を観察しています。カラマツについては下刈を省略しても成林させることができるのではないかと期待できる結果が得られています。



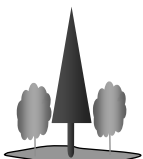
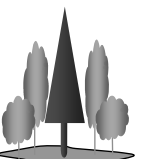
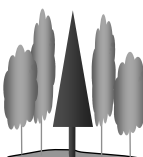
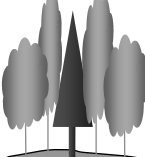
	
C1	C2
30.8%	34.1%
	
C3	C4
20.3%	14.8%

写真3 苗長2mのカラマツ 図2 下刈判断基準図

取組③ 低密度植栽

植栽をした伐採帯の更新方法を表1に示します。北海道森林管理局で定めている植栽の基準本数は、トドマツは3,000本/ha、カラマツは2,500本/haですが、この6割に当たるトドマツ1,800本/ha、カラマツ1,500本/ha（複層林施業における植栽本数の目安1,500～2,000本/haの範囲内）と、さらにその半分となるトドマツ900本/ha、カラマツ750本/haという低密度植栽を実施しました。

表1 植栽した伐採帯ごとの更新方法

小班名（上層木）	い小班（カラマツ）			ろ小班（トドマツ）	
伐採帯	B	C	D	A	C
地拵方法	筋刈			筋刈	
刈幅×残幅	3m×2m	3m×4m	3m×4m	3m×4m	3m×2m
植栽樹種	カラマツ			トドマツ	
haあたり本数	750本	1,500本	1,800本	1,800本	900本
条数	1条植	2条植	2条植	2条植	1条植

低密度植栽の効果を検証するには今後も経過を観察する必要がある、成果を得るまでに相当の時間を要するため、今回は基準本数植栽と低密度植栽の主伐までのトータルコストを試算・比較しました。

試算は、ある一定の条件を設定した上で、請負事業費の積算に用いるプログラムを使用して算出（直接費・間接費を含む）し、枝打は北海道造林事業標準単価を参考としています。主伐までの施業体系は、林業試験場が公表している「トドマツ・カラマツ人工林収獲予想ソフト」を用いて検討しました。

トドマツの場合、伐採と造林を別々に行う従来の作業（以下、単独作業）で裸苗を3,000本/ha植栽するパターンを基準とし、一貫作業によりコンテナ苗を3,000本/ha・1,800本/ha・900本/ha植栽する3パターンを比較しました。

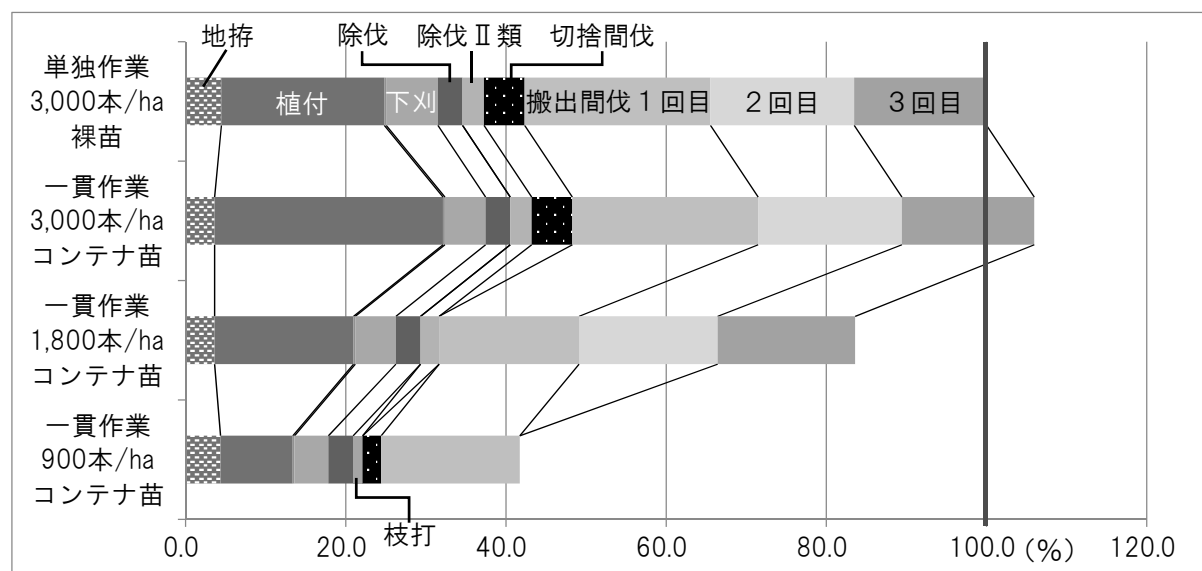
地拵は、一貫作業によって機械運搬が不要となり、同じ仕様であれば経費を抑えられます。コンテナ苗は裸苗よりも価格が高いものの、植付功程が良いことに加え、1,800本/haまで本数を減らせば、植栽経費を削減することができます。その後はいずれのパターンもほぼ同じ保育を行います。900

本/ha では枝打ちを追加しています。間伐は、400 本/ha 程度に仕立てるために、3,000 本/ha のパターンでは切捨間伐も含めて4回実施するのに対して、1,800 本/ha では3回、900 本/ha では2回と回数が減ります。以上のことから、基準に対して、1,800 本/ha では16%、900 本/ha では58%のコストカットが可能であると試算できました（グラフ3）。

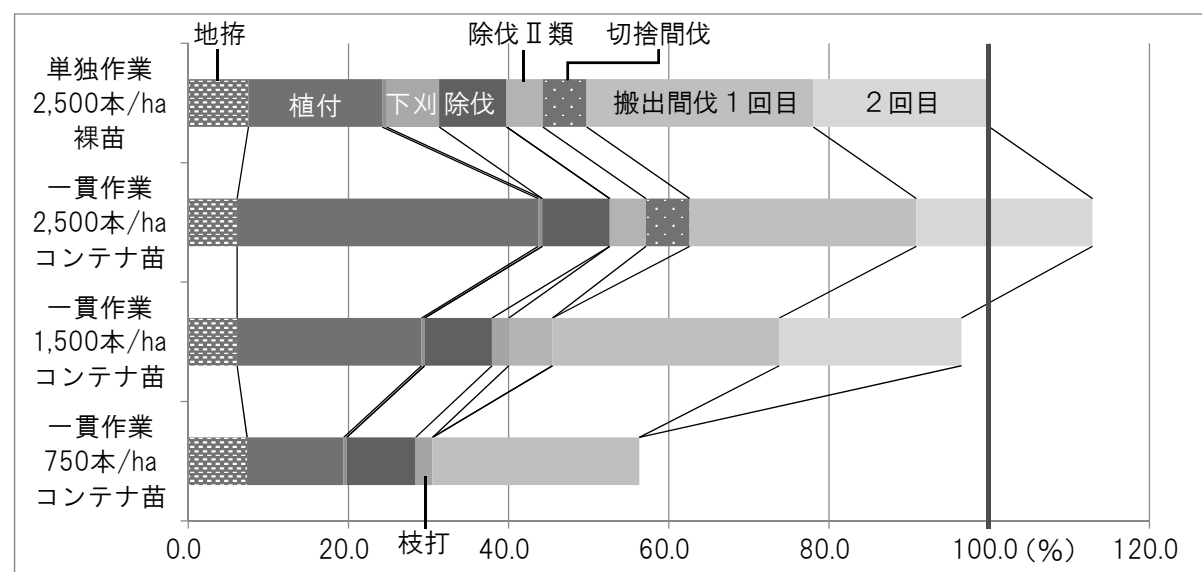
カラマツの場合、単独作業により裸苗を2,500 本/ha 植栽するパターンを基準とし、一貫作業によりコンテナ苗を2,500 本/ha・1,500 本/ha・750 本/ha 植栽する3パターンを比較しました。

トドマツと異なる点としては、まず植栽であり、コンテナ苗が裸苗の3倍の単価であることが大きく影響し、1,500 本/ha まで植栽本数を減らしても効果がありませんでした。よって、より大きなコスト削減効果を望むためには、コンテナ苗の価格が下がることが期待されます。しかし、保育の段階で下刈を省略することができれば、低密度植栽のパターンで枝打ちを追加しても、1,500 本/ha でも基準と同程度の経費となります。400 本/ha 程度に仕立てるための間伐は、2,500 本/ha のパターンでは切捨間伐も含めて3回実施するものと想定しましたが、低密度植栽では回数が減り、基準に対して、1,500 本/ha では4%、750 本/ha では44%のコストカットが見込めました（グラフ4）。

グラフ3 トドマツの植栽本数別の主伐までのトータルコスト



グラフ4 カラマツの植栽本数別の主伐までのトータルコスト



低密度植栽は、こうした低コスト化の他、色々なメリットが期待される一方で、デメリットも多数報告されています。今後も生存率及び生長量調査を継続しながら、低密度植栽の効果について検証していきたいと考えています。

取組④ 天然更新

カラマツ林のA帯では、森林技術・支援センターが主体となって取り組んでいる「カラマツの天然更新」に関する研究が行われており、研究者からの意見を参考に実施しています。

まず、カラマツが天然更新しやすい環境を作るためには、暗色雪腐病や他の樹種の埋土種子や大型草本類の根茎が含まれる表土（A0層及びA層）を除去し、B層を露出させる地がきが必要という林業試験場道東支場からの助言を取り入れ、20～30cmの表土をバケットで除去する地がきを行いました（写真4）。この結果、翌年春には実生の発生が確認でき（写真5）、施工から2年後の平成29年には40cmを超える個体も見受けられるようになっています。

また、伐採した当時の種子が豊作でなかったことから、より多くの実生の発生を期待するため、伐採帯周辺の母樹に、着花を促進する技術とされている環状剥皮を、平成28年6月に実施しました（写真6）。これには北海道育種場から直接ご指導いただきながら、森林技術・支援センターと上川南部森林管理署の職員が合同で行いました。平成29年6月に着果調査を行ったところ、15本のうち13本で豊凶度が増加するという結果が得られました（写真7）。環状剥皮の効果は数年維持されるとのことで、豊凶の差が激しいカラマツの種子供給量を確保する方法として高い効果が期待されます。



写真4 地がき作業



写真5 発生した実生



写真6 環状剥皮



写真7 カラマツの球果

また、トドマツ林のB帯は、森林総研北海道支所のプロジェクトの対象地となっており、「トドマツ人工林主伐後の天然更新技術」に関する研究が行われています。事業実行前には現地視察会（写真8）を行い、これまでに多種多様な調査が行われてきました（写真9～11）。現時点では結果が明らかにされていませんが、無処理区に比べ大型機械によって地がきをした区画の方が天然更新した実生の種数や個体数が多い傾向にあるようです。なお、こうした調査には、若手職員を中心とした「特命森林調査隊」のメンバーを中心に複数の職員が協力してきました。このように各機関と連携を図る中で、通常業務では経験できない調査に触れる機会に恵まれ、森林調査の知識と技術の向上を図っています。

これらの研究は今後も継続されることとなっており、数年後には各機関から新たな知見が示されることを期待しています。



写真8 現地視察会



写真9 全天空写真撮影



写真10 更新調査



写真11 シードトラップ

最後に

4つの取組はメリット・デメリット（図3内でそれぞれプラス・マイナス表示）を持ち合わせていますが、それぞれのデメリットは、他の取組のメリットにより解消できると考えられます。

まず、一貫作業は伐採と植栽のタイミングを合わせる事が難しいという課題がありますが、植栽時期が拡大できるコンテナ苗を用いることで解消できます。

コンテナ苗は、活着が良く、生存率も高まることから、植栽木の生存率を高めたい低密度植栽に用いることにより、成林の可能性は高まると期待できます。一方、運搬に労力を必要とする点と、根鉢を保護するために慎重に扱う必要がありますが、これらは一貫作業によりフォワーダを活用することで解消できます。そして「価格が高い」という点については、コンテナ苗を使用することが有効である一貫作業と低密度植栽が推進されることで需要量が増加し、大量生産の仕組みが整備されることにより、低価格化の実現が期待されることです。

天然更新の研究は依然として継続中ではありますが、伐採で用いた機械により植生を除去する地がき作業（更新補助作業）を行ったことが、天然更新する実生の種数や個体数の増加に寄与した可能性があるため、一貫作業によって機械の効率的な使用を図ることで、更新の不確実性が高く、難しい天然更新を成功させることができるかもしれません。

このように、4つの取組を効果的に組み合わせることで、デメリットを解消することができ、再造林の低コスト化に向けて前進していくことができると考えます。低密度植栽や天然更新の保育方法等の残された課題（図3内で三角表示）について、各機関との連携を強化しつつ、今後も各種調査を継続させながら、再造林の低コスト化に向けた取組を推進していきます。

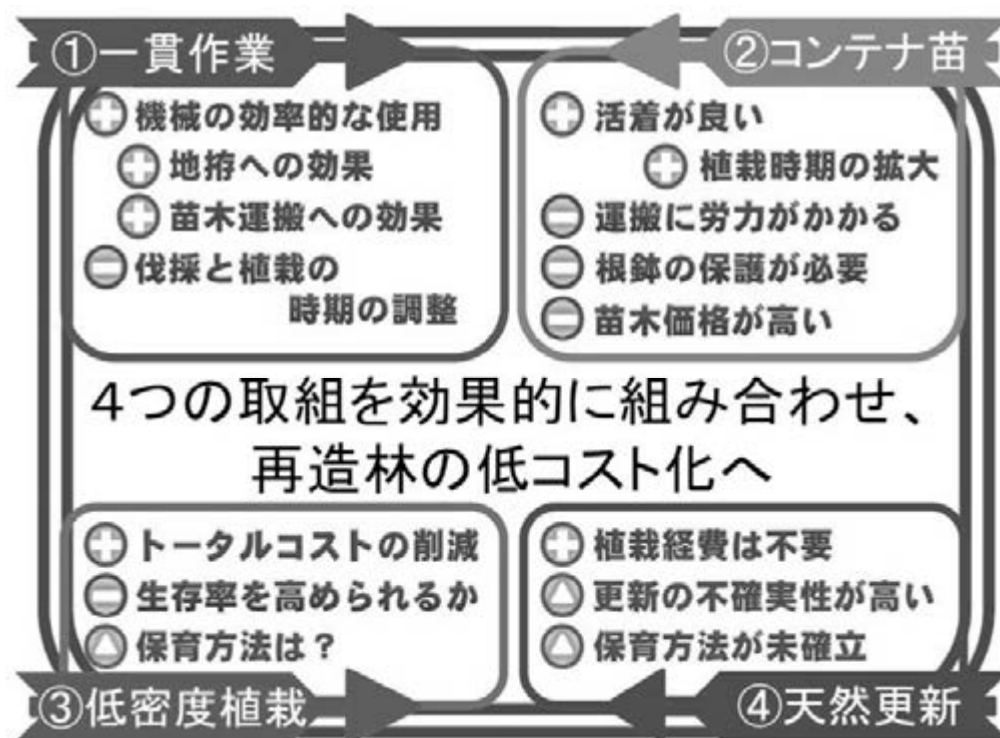


図3 「再造林の低コスト化に向けて放つ4本の矢」イメージ図