



低コスト再造林に役立つ “下刈り省略手法” アラカルト



国立研究開発法人森林研究・整備機構

森林総合研究所

森林総合研究所 第4期中長期計画成果22 (持続的林業-4)



目次

はじめに	1
プロジェクトの概要	2

I. 下刈り省略手法の実証事例から

1. スギ再造林で下刈り回数を半減する	4
～コラム1～ 隔年下刈りでカラマツの成長は？	6
2. 機械地拵えで雑草木を抑制する –バケット・グラップルの活用–	8
3. 機械地拵えで雑草木を抑制する –クラッシャの活用–	10
4. ワラビで雑草木を抑制する	12
～コラム2～ ワラビの販売収入は？	14
5. 除草剤で下刈り作業を軽減する	16
6. クリーンラーチの大苗で下刈りを省略する	18
7. 低密度植栽のスギの木材強度をはかる	20
～コラム3～ 低密度植栽のメリットは？	22

II. 下刈り作業の軽減に向けて

8. 一貫作業で1年目の下刈りを省略する	24
9. 平均樹高を目安に下刈り完了を判断する	26
～コラム4～ ドローンで雑草木が把握できる？	28
10. 自走式刈払い機で下刈り作業を楽にする	30
～コラム5～ 下刈りの機械化に向けた課題は？	32
11. 下刈りはどこまで削減できるのか	34

参考資料

プロジェクトの関連テーマ発表論文	36
関連文献、パンフレット	37

はじめに

森林・林業基本計画（平成28年）における“林業の成長産業化”では、2025年までに国産材の供給力を倍増し、木材の自給率50%達成を目標に掲げています。そのためには、伐期に達した多くの人工林で主伐－再造林を押し進める必要がありますが、再造林にかかる経費の高さが大きな障害となっています。この問題の解決策として期待されるのが、伐出から地拵え、植栽までの作業を連続的に行う「一貫作業システム」です。これにコンテナ苗を活用すれば、大幅な作業の効率化によりコスト削減が可能と考えられています。

この10年余りのあいだに、一貫作業システムに関する様々な実証試験が全国各地で行われてきました。例えば、森林総合研究所が中核機関となり実施された実証研究プロジェクトとしては、九州支所による「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」（平成21～24年）を皮切りに、東北支所による「東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの開発」（平成25～27年）や、全国展開で行われた「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（平成26～27年）があります。こうした流れを受けて、平成28年、本研究プロジェクト「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発」はスタートしました。

今回の研究プロジェクトでは、これまでの実証研究で開発された技術や成果をさらに深化させるとともに、とくに2つのテーマに力を入れて取り組みました。ひとつは、全国的に定着し

つつあるコンテナ苗（優良品種苗を含む）を大量かつ安定的に生産・供給していくために必要な技術やシステムの開発です。そして、もうひとつが、造林経費の多くを占める下刈り作業について、省略したり機械化等により経費の削減と労務の軽減をはかるための手法の開発です。本冊子は、この2つめのテーマの研究成果を中心にとりまとめたものです。下刈り作業“アラカルト”と題したように、低コスト化や省力化につながる様々な下刈り作業の省略手法について、注意すべきポイントを交えながら紹介しました。また、それらによるコスト削減の程度や、下刈り作業をいつ完了すればいいか、さらに軽労化のための機械の活用にも触れました。

ここに盛り込んだ実証試験の事例は、中部地方以北の各地で行われたものが多く、再造林の樹種はおもにスギやカラマツ、トドマツが対象となっています。しかし、紹介した技術は、他の地域や樹種についても、気象や立地条件、樹種特性に応じた工夫を加えれば応用できるものが多くあります。今後は、そうした技術の改良と普及が進み、主伐－再造林の循環で日本の林業の活性化につながればと願っております。

最後に、本研究プロジェクトの推進にあたっては、参画各機関や普及機関の関係者をはじめ、全国の国有林や各県の行政担当者、林業事業者の皆さまには現地調査や検討会などで多大なご協力を頂きました。研究者一同を代表して、厚くお礼申し上げます。

研究コンソーシアム代表
森林総合研究所 東北支所長 梶本 卓也

プロジェクトの概要

この研究プロジェクト課題「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発」は、農林水産省の「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」（生物系特定産業技術研究支援センター；平成28～30年）によるもので、研究と普及を担当する各地域の研究所

や関連の機関、大学、民間企業および、開発した技術の普及協力機関が参画するコンソーシアムを形成して実施しました。

研究課題は、大きく分けて次の3つで構成されています。

大項目① 低コストコンテナ苗の開発

- ・充実種子選別装置の開発、優良種子・苗木供給システムの開発
- ・コンテナ苗生産・品質管理

大項目② 一貫作業システムの高度化

- ・地拵え、下刈り作業の機械化による省力、低コスト化技術の開発
- ・優良苗を用いた低密度植栽手法の開発
- ・下刈り回数低減技術の開発

大項目③ 技術普及の評価

このうち、本冊子にまとめた大項目2のおもな内容と結果は次のとおりです。

まず林業機械（クラッシャ等）を導入した地拵えや、農業用刈り払い機を活用した下刈り作業の省力化、低コスト化のための技術開発に取り組みました。とくに、機械地拵えでは、破碎した枝条で表土を覆って雑草木を抑制し、下刈り省力化にもつながる新しい手法を提案しました（関連成果は、2、3、10章及びコラム5を参照）。

次に、下刈り作業の省略手法として、優良苗（クリーンラーチ、大苗）を利用した低密度植栽法について、低密度植栽で懸念されていた幹材強度への影響も調査しながら検討しました（6、7章、コラム3）。そして、一貫作業システムの導入だけでどの程度下刈り作業が省略できるのか、隔年下刈りな

ど回数の削減方法とともに（1、8章、コラム1）、雑草木の抑制にワラビを混植したり、除草剤を散布するなど、下刈り省力の様々な手法について検証しました（4、5章、コラム2）。

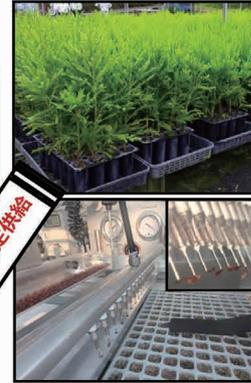
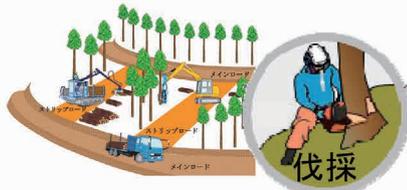
最後に、こうした下刈り省略の各手法については、従来の典型的な作業方法（人力地拵え、植栽後5～6年目まで毎年下刈）に比べて3割程度のコスト削減が可能なことから、各手法を適用する場合の注意点などを整理しました（11章）。また、今後の課題として、下刈り作業の完了を、雑草木の繁茂状況を目安に判断するための新しい手法の検討にも取り組みました（9章、コラム4）。

研究実施責任者
森林総合研究所 研究ディレクター 宇都木 玄

プロジェクトの課題構成と参画機関

1) 低コストコンテナ苗の開発

- (1) 充実種子選別機開発
- (2) 優良種子・苗木供給システムの開発
- (3) コンテナ苗生産・品質評価



2) 一貫作業システムの高度化



- (1) 地拵え・下刈り作業の機械化による省力・低コスト化技術の開発

- (2) 優良苗を用いた低密度植栽手法の開発

・下刈り回数低減への応用

- (3) 下刈り回数低減技術の開発



3) 技術普及の評価

- (1) 地域における現場普及活動
- (2) マニュアル等普及活動

コンソーシアムの構成

〔代表機関〕

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

〔参画研究機関・普及機関〕

九州大学、(株)住友林業、(株)九州計測器、高知県森林技術センター、
 岡山県農林水産総合センター生物科学研究所、徳島県立農林水産総合技術支援センター、
 (公社)徳島森林づくり推進機構、岐阜県森林研究所、長野県林業総合センター、山形森林研究研修センター、
 秋田県林業研究研修センター、(地独)青森県産業技術センター林業研究所、ノースジャパン素材流通協同組合、
 (地独)北海道立総合研究機構林業試験場、北海道山林種苗協同組合、(一社)北海道造林協会

1. スギ再造林で下刈り回数を半減する

長岐昭彦・和田覚・新田響平・金子智紀・須田邦裕

秋田県林業研究研修センター

下刈りを従来の毎年6回から3回に半減して、2・3・5年目に行った場合、連年下刈りと同様の樹高成長を示し、誤伐頻度も低くなりました。多雪地域で雪害頻度は若干高くなりましたが、樹高成長も低下せず、悪影響は小さいと判断されました。再造林経費全体では、一貫作業による機械地拵えと組み合わせれば最大35%削減できます。

下刈り省略試験

秋田県のスギ植栽地では、通例6年生まで毎年下刈りを行っています。一貫作業による植栽でこの回数を半減できないか検討してみました。下刈り回数を減らすと、樹高成長の低下や雪害の増加など植栽木への影響が懸念されます。そこで、秋田県由利本荘市西目（最大積雪深約1m、6月植栽）と羽後町（同約2m、11月植栽）のスギコンテナ苗植栽地に、連年下刈り区（連年区）、既存の下刈り省略林分を参考に設定した2・3・5年目下刈り区（2・3・5年区）、隔年下刈り区（隔年区）、無下刈り区（無施区）を設定し、6年目まで、樹高成長や雪害・誤伐の発生頻度を調べ、造林経費を比較しました。

樹高の成長

無施区では、被圧による樹高成長の低下が認められました。隔年区では、羽後で成長低下が認められたのに対し、2・3・5年区では、両地で6年生まで連年区と同様の成長を示しました（図1）。

雪害や誤伐のリスク

積雪が多い羽後では、下刈りを省略すると伸長

したタケニグサやススキの下敷きとなり、植栽木が倒伏する雪害が発生しました（写真1）。雪害を受けた本数割合は、連年区と比較し、2・3・5年区で1.5倍に、隔年区で1.9倍と多くなりました（図2）。雪害の頻度は高くなりましたが、2・3・5年区では樹高成長の低下は認められず、雪害の影響は小さいようです。

西目では雑草木の繁茂により、2年目まで植栽木の多くが被圧された状態で下刈り時に認識しづらく、誤伐の頻度が高くなりました。ただし、誤伐を受けた本数割合は、隔年区の14%に対し、2・3・5年区は5%と最も低く、連年区の半分でした（図3）。

下刈り省略と再造林コスト

裸苗を一貫作業による機械地拵え後に植栽し、2・3・5年目に下刈りした場合の経費が最も少なく、現状から35%削減できることがわかりました（図4）。

このように、“2・3・5年目”下刈りは、多雪地域でも、雪害や誤伐の頻度も少なく有効な下刈り方法と言えます。

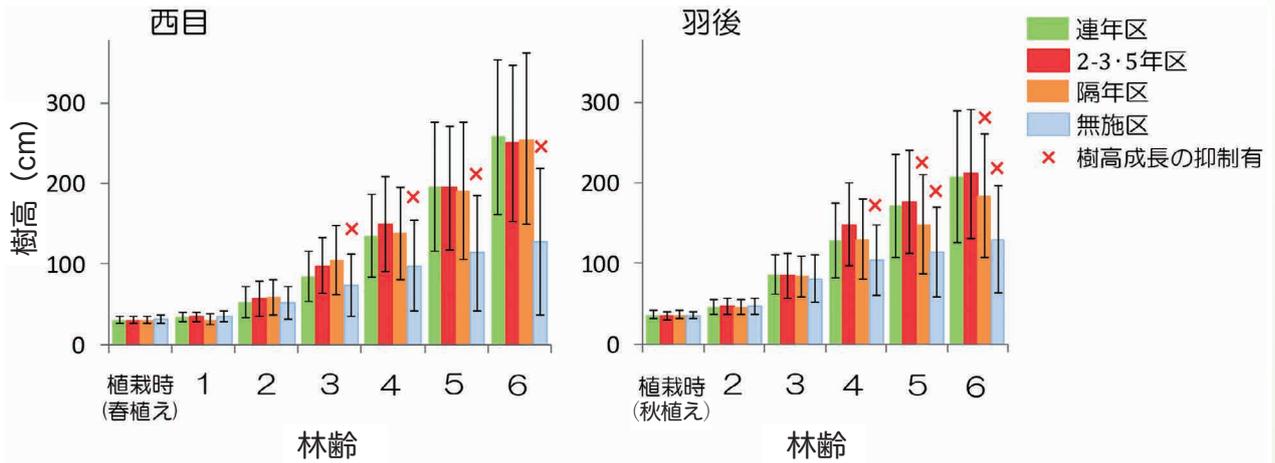


図1 スギコンテナ苗植栽地における下刈り有無別の樹高成長



写真1 タケニグサの下敷きとなって発生した雪害状況 (羽後試験区)

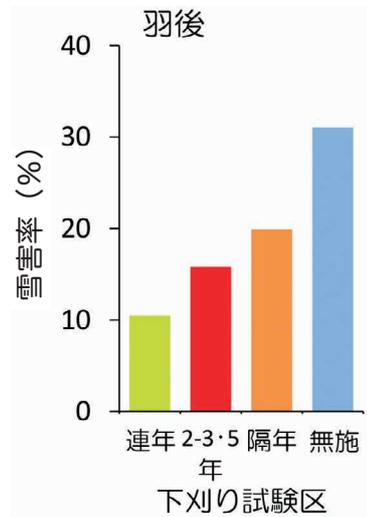


図2 植栽後5年間に雪害を受けた実本数割合

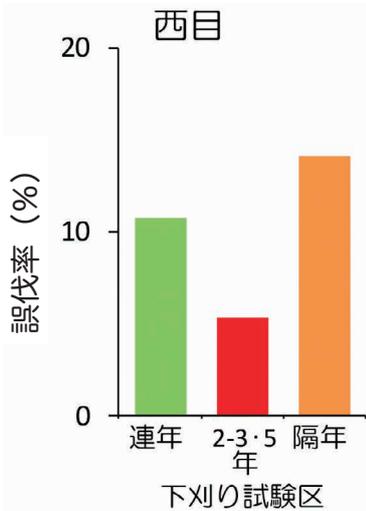


図3 植栽後6年間に誤伐を受けた実本数割合

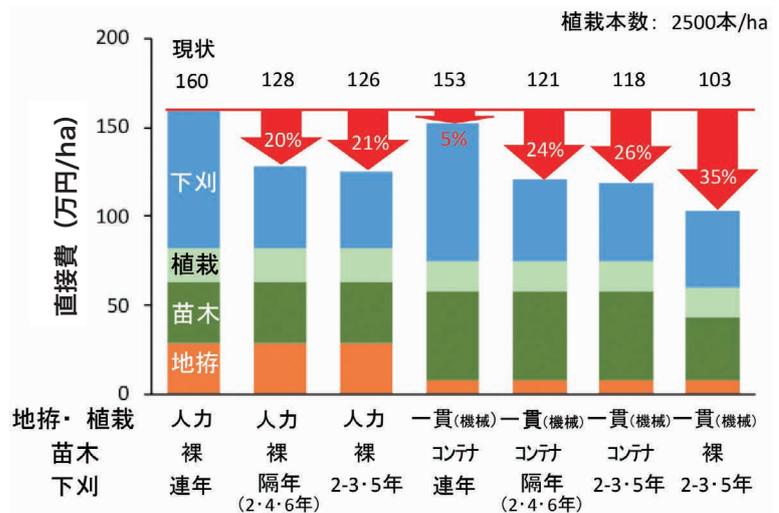


図4 下刈り回数の削減方法別の再造林コストの比較 (平成29年度秋田県造林補助事業標準単価表に基づく)

隔年下刈りでカラマツの成長は？

野口麻穂子・八木橋勉
森林総合研究所東北支所

下刈り回数を削減する手法のひとつに隔年下刈りがあります。比較的耐陰性が強いスギでは、大きな成長低下はないと報告されています。しかし、カラマツは光条件が良いと成長が速くなる一方で、耐陰性が低いことから、下刈りを省略して雑草木に覆われると、成長が大きく低下してしまう可能性があります。ここでは、隔年下刈りがカラマツの成長にどのような影響を与えるのか検討しました。

毎年刈り区



1・3年目区



写真1 異なる下刈りで管理したカラマツ植栽地の5生育期間後の様子
(2013年春植栽、2018年春撮影)

岩手県二戸市のカラマツ造林地で、4年間毎年下刈り（毎年刈り区）、1・3年目の隔年下刈り（1・3年目区）、2・4年目の隔年下刈り（2・4年目区）の3通りの下刈りスケジュールの試験区を設けて、植栽木の成長と生存を調べました（写真1）。植栽後5生育期間が経過した時点で比べると、植栽木の樹高および地際直径は、1・3年目区、2・4年目区ともに毎年刈り区より小さくなりました（図1、2）。

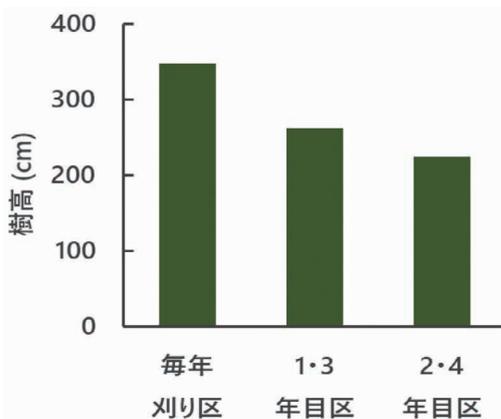


図1 カラマツ植栽木の平均樹高
(植栽から5生育期間後)

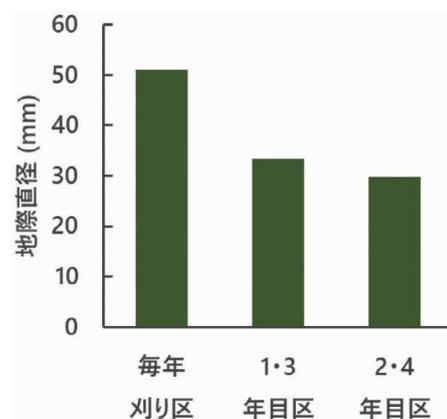


図2 カラマツ植栽木の平均地際直径
(植栽から5生育期間後)

生存率も、いずれの隔年下刈り区も60%台にとどまり、80%以上の毎年刈り区を下回りました（図3）。カラマツの場合、隔年下刈りをすると、成長だけでなく、生存率も低下することがわかりました。また同じ隔年下刈りでも、1年目に雑草木に覆われてしまった2・4年目区では、早期に多く枯死したことがわかります。

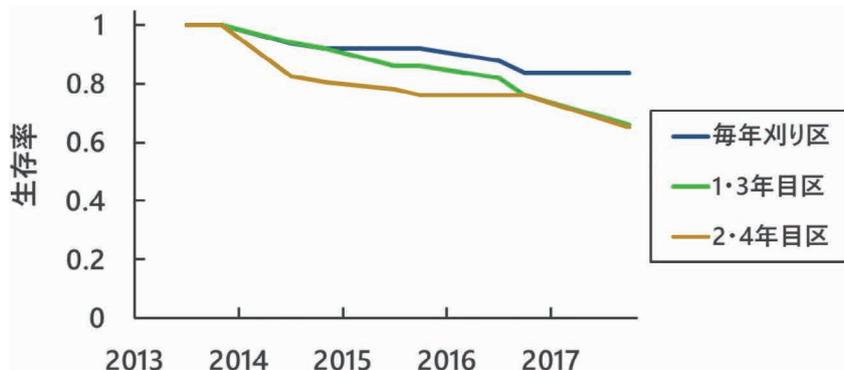


図3 カラマツ植栽木の生存率の変化
(植栽当年(2013年)から5生育期間)

植栽木と周囲の雑草木の高さの関係を調べたところ、カラマツの樹高は、毎年刈り区では下刈り終了年の秋(2016年の秋)には雑草木の背丈を1m以上も上回り、翌年以後もその状態が保たれていました(図4a)。一方、2種類の隔年下刈り区では、カラマツの平均樹高は、雑草木とほぼ同じ程度で推移し、5年目でも抜け出ることもなく(図4b、c)、今後も良好な成長が見込めないと考えられます。

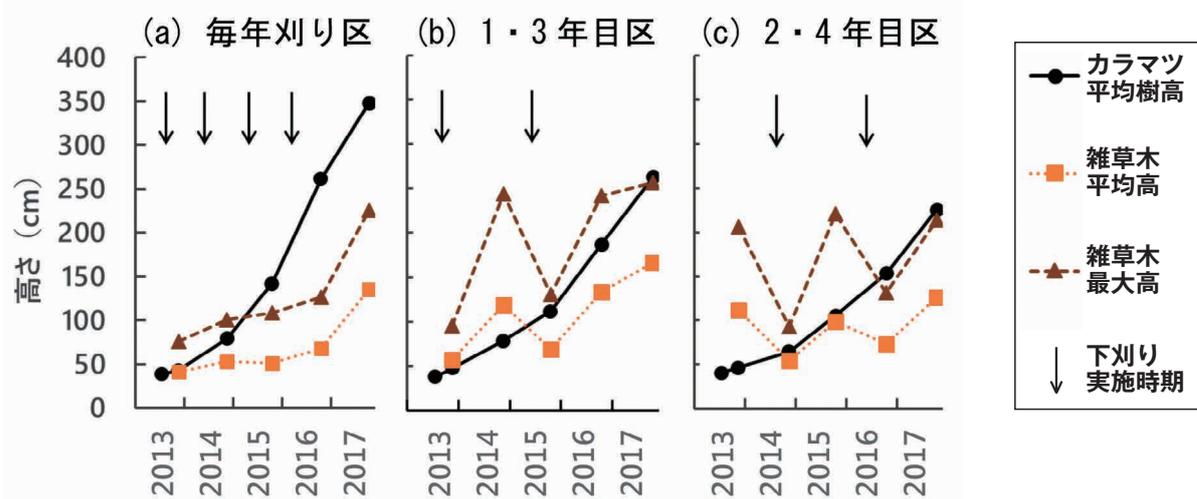


図4 カラマツと雑草木の高さの変化
(植栽当年(2013年)から5生育期間)

この事例のように、カラマツは雑草木に覆われると成長の低下が顕著で、隔年下刈りは雑草木があまり繁茂しないような場所を選ぶ必要があります。また、下刈りを省略する場合、例えば毎年5回から3回に削減するとしたら、1、3、5年目とするより、1、2、3年目に下刈りする方が、光条件が良いときのカラマツの初期成長の速さをうまく活かせると考えられます。

2. 機械地拵えで雑草木を抑制する —バケット・グラップルの活用—

大矢信次郎¹・中澤昌彦²・瀧誠志郎²・倉本恵生²

¹長野県林業総合センター・²森林総合研究所

機械地拵えでは、従来の人力地拵えに比べて作業コストが大きく削減できます。また、副次的な効果として、表土攪乱による雑草木の抑制が期待できます。とくにバケットで地拵えを行うと、植栽木が雑草木に被圧されることが少なくなり、植栽年だけでなく、2年目まで下刈りを省略できる可能性があります。

機械地拵え試験

機械地拵えでは、人力地拵えと比べると表土が攪乱されるため、雑草木の繁茂の抑制が期待できます。その効果を調べるために、バケットとグラップルによる機械地拵え（写真）、人力地拵え、無地拵えの比較試験地を、長野県信濃町の霊仙寺山国有林（2016年6月地拵え、スギ植栽）と御代田町の浅間山国有林（2017年8月地拵え、カラマツ植栽）の2箇所に設定し、各処理区で雑草木の回復状況と植栽木の成長を調査しました。

雑草木の抑制効果

雑草木の被度（植被率）と最大植生高は、いずれの試験地でもバケット地拵えで低く推移しました。下刈りを行わなかった各試験区で植栽木と雑草木の競合状態（植栽2年目の秋）をみると、雑草木が植栽木の高さ以上（C4）となる割合が、バケット<グラップル<人力<無地拵えの順で大きくなり、とくにバケットでは被圧された植栽木の割合が低く抑えられました（図1）。

バケットによる地拵えは、枝条だけでなく、埋土種子を多く含むA₀層を主体とした表土をかき寄せ

るとともに、木本類の伐根も引き抜いて寄せていたため、高茎草本類の発生や木本類の萌芽を抑制したと考えられます。これらのことは、バケットで地拵えすれば、スギ植栽地では2年目まで下刈りを省略できる可能性を示しています。

植栽木への影響

当初、バケット地拵えではA₀層が除去されるために、土壌が乾燥したり養分が減少して、植栽木の成長が低下することが懸念されました。しかし、植栽後2～3年目までの樹高成長に悪影響は認められず、むしろ被圧を回避したことで成長が促進され、生存率も高くなりました（図2）。

機械地拵えによる再造林コストの試算

地拵えから下刈りまでの各作業のコストを積み上げて従来の方法と比較すると、バケット地拵えでコンテナ苗を植栽する場合は40%、また裸苗を植栽する場合は68%のコスト削減がそれぞれ可能なことがわかりました（図3）。



写真1 各地拵え作業の状況（霊仙寺山）

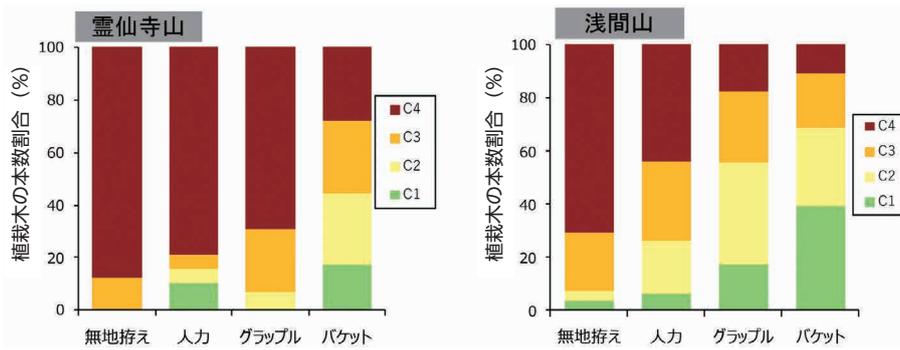


図1 地拵え区分ごとの植栽木と雑草木の競合状態（植栽2年目の秋）
（雑草木との競合関係（C1からC4）の定義は、8章を参照。）

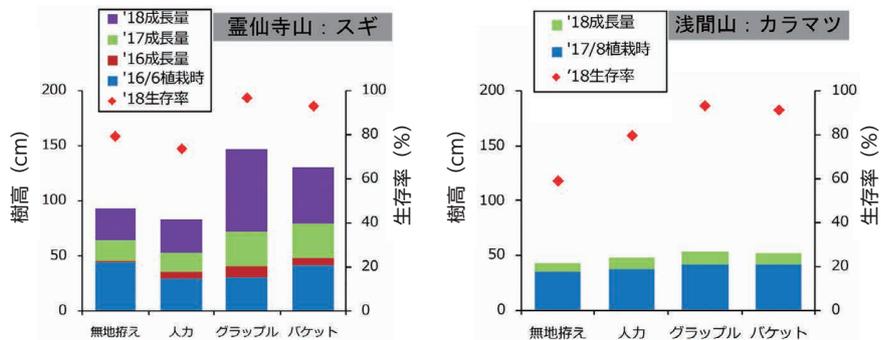


図2 地拵え区分ごとの植栽木の成長量（いずれも下刈りなし）

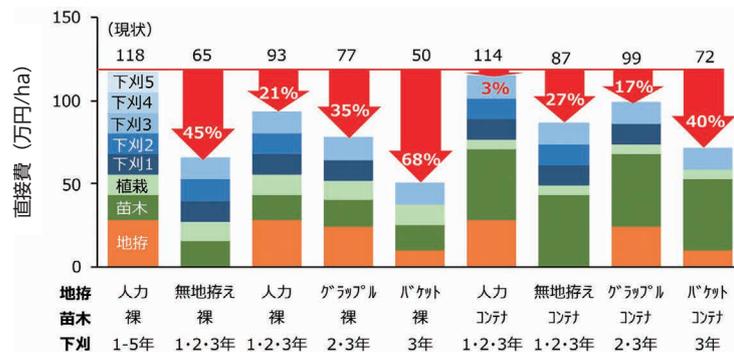


図3 地拵え・苗木・下刈り回数ごとの再造林コストの比較
（バケット及びグラップル地拵えは実測、人力地拵えは、平成30年度信州の森林づくり事業標準単価表に基づく。）

3. 機械地拵えで雑草木を抑制する —クラッシャの活用—

山田 健・佐々木尚三・原山尚徳

森林総合研究所北海道支所

地拵え用にクラッシャを導入し、下刈り作業の省力を試み、作業コストも試算してみました。クラッシャの活用は、地拵え作業を大幅に省力化できるだけでなく、破砕物で地表を覆って雑草木を抑制することで、下刈り作業も軽減することができます。再造林経費も、従来の地拵え工程に比べて、最大4割ほど削減できることがわかりました。

クラッシャ地拵えの効果

地拵え作業を省力化するために、北海道下川町の試験地に、末木枝条や植生を破砕することで地拵えを行うクラッシャ（エクスカベータマルチャ）を導入しました（写真1）。地掻きや大径残材移動の利便性のため、レーキを付加しました。クラッシャによる地拵えの作業能率は、従来型（人力地拵え）と比較すると大幅に高く、バケット地拵えと比べても事後の補正刈り作業が不要な分、高能率でした（図1）。また、クラッシャ地拵え跡地の地表を覆う末木枝条の破砕物には、雑草木の再生を抑える効果があり（写真2）、破砕物の被覆が厚いほどその効果が大きいことがわかりました。湿地性の草本類が繁茂するなど抑制効果が得にくい場所もありますが、通常は地拵えの翌年までは効果が持続し（図2）、下刈り回数を減らすことができます。また、成長の早いカラマツ育苗や、もともと樹高の高い大苗を植栽することで、下刈り回数をさらに減らすことも可能です。従来型の地拵えでは、集積された末木枝条により面積比にして21～28%程度生じていたつづれ地が、クラッシャ地拵えではほぼ解消されます。クラッシャ地拵え作業

は、傾斜20度程度まで実施可能です。

クラッシャ地拵えで再造林コストの削減

再造林経費を、その他の地拵え方法と比べてみると、クラッシャ地拵えでは、破砕物が障害となり植栽経費が1.4倍ほど増えます。しかし、地拵えや下刈り経費が大きく削減するので、人力地拵えと比較すると最大39%再造林経費が削減できます（図3）。

さらなる省力化の可能性

クラッシャの作業性能を高めるために大型のベースマシンに取付けてみました。しかし、作業能率は向上するものの、ベースマシンの償却費や運送費などがかさみ、低コスト化にはつながりませんでした。また、クラッシャ地拵えを全面と筋状に行い比較したところ、実作業面積あたりの作業工程は変わらず、全体では筋状の方が高くなりました。ただし、筋状の地拵えは野鼠の増加を招く恐れがあり、そうした被害が少ない場所に限るなどの注意が必要です。



写真1 クラッシャによる地拵え作業

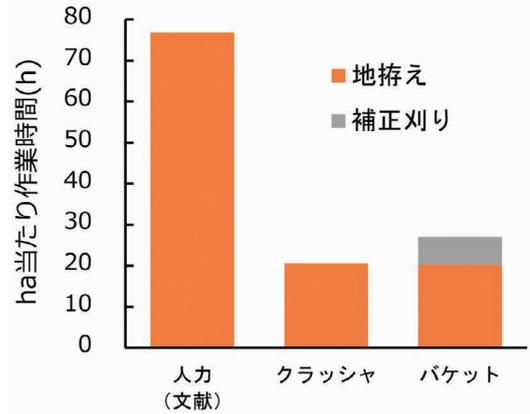


図1 地拵え作業能率



写真2 クラッシャ地拵え跡地

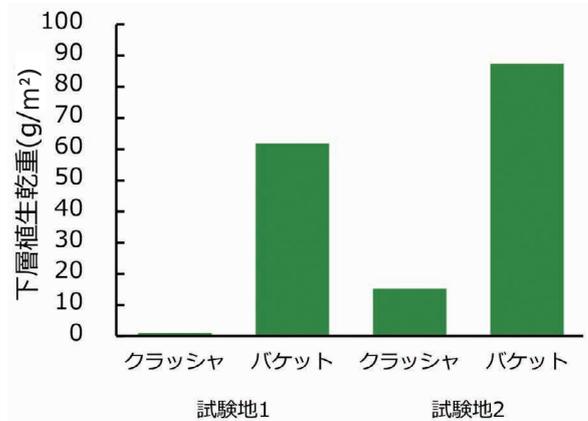


図2 地拵え翌年夏の下層植生量 (前年5月地拵え)

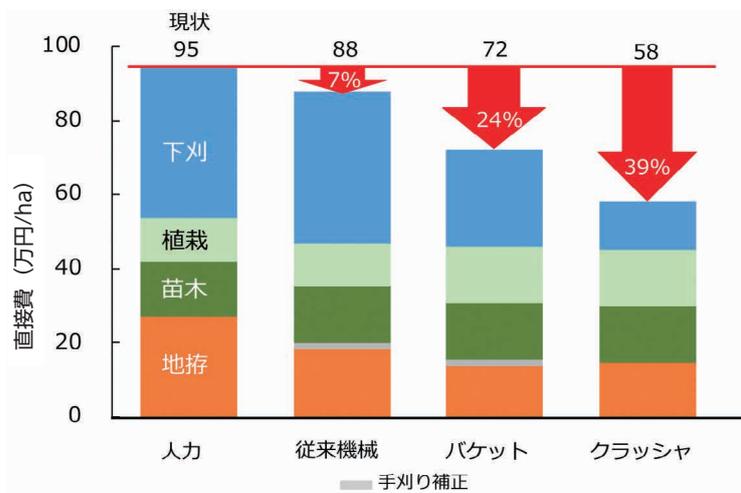


図3 地拵え方法の違いによる再造林コストの比較
平坦地、カラマツ裸苗2,000本/ha植栽で試算
(バケツ地拵えとクラッシャ地拵えは実測、その他は平成30年度北海道造林事業標準単価表に基づく。)

4. ワラビで雑草木を抑制する

中村人史・渡部公一

山形県森林研究研修センター

再造林時にワラビを混植し、ワラビの被覆効果（カバークロップ）で下刈りが削減できるのかを調べました。その結果、他の雑草木の出現がほとんどなくなり、カバークロップとしての効果が大きいことがわかりました。山形県では通常6年程度下刈りを行います。ワラビのカバークロップ効果により、下刈りを3回以下に省略することができます。

スギとワラビの混植試験

山形県内3か所（金山町、鶴岡市、小国町）に、スギとワラビを混植して生育状況を調査しました。スギは2,000～3,000本/haで方形状に植栽し、その対角線の交点にワラビを植栽しました。植栽後、ワラビの生育促進のため施肥を行い、下刈りはワラビがスギを覆う場合のみ実施しました。

その結果、試験地は2年目にはほぼワラビで被覆され、雑草木の出現がほとんどなく、カバークロップとしての高い効果が認められました。ワラビの高さは1～1.5mで止まるため、スギの樹高はワラビの高さを抜けていることがほとんどで、4年目には樹高が250～300cmに達していました（図1、写真1）。

下刈り回数を削減する目安

ワラビが植栽地を完全に被覆するまで2年かかるため、再生の早い雑草木が多い場所では、1年目の下刈りが必要になります。2年目は、場所によらずワラビを含めて雑草木を下刈りする必要があります。3年目は、スギがワラビの背丈を下回る場合にのみ下刈りが必要となります。4年目以降は、スギはワラビの高さを超えているため下刈りは不要

となります。以上のことから、最も少ない場合は下刈りが1回で済み、多い場合でも3回で済みます（図2）。

ワラビ導入時の再造林コスト

ワラビの導入には経費がかかるので、下刈り回数に応じたワラビ導入時の経費を試算しました。

植栽本数2,000株/haでのワラビの導入経費は苗作りに80,000円（40円/株）、定植に33,000円、施肥に53,600円かかり定植年に計166,600円/ha必要です。また、管理のための施肥には、53,600円/年必要です。これらの経費を従来の再造林経費と比較すると、従来を100%として下刈り3回の時は113%、2回の時は104%、1回の時が96%となり、下刈りを2回以上行くと経費が掛かり増しとなりそうです（図3）。しかし、ワラビの販売収入を考えると、黒字化も可能となります（コラム2参照）。

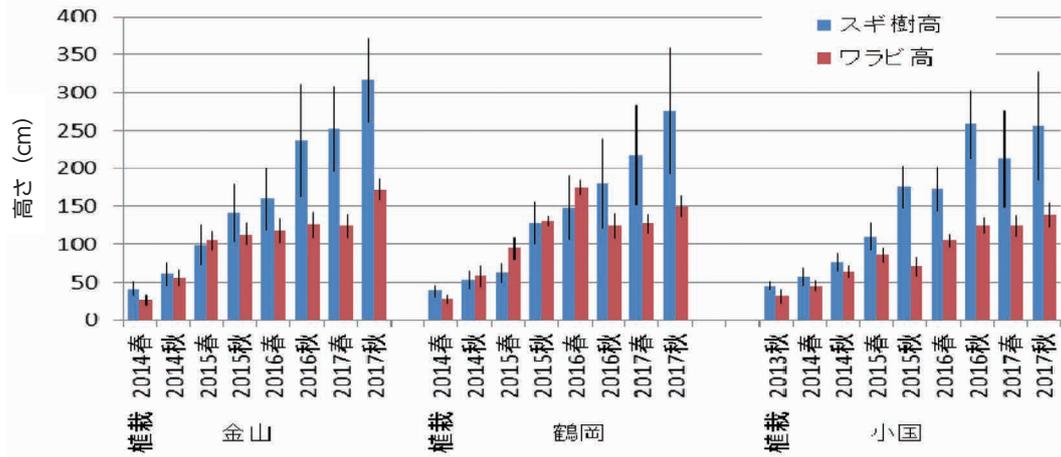


図1 混植後のスギとワラビの高さの推移



図2 ワラビカバークロープによる下刈り回数

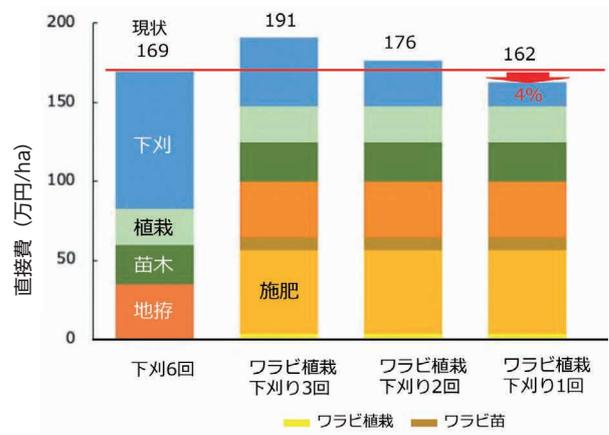


図3 ワラビ導入時の再造林コストの試算
(ワラビ植栽経費は実測に基づき、その他は平成29年度山形県造林事業標準単価表に基づく。)



写真1 各試験地の植栽年と5年目の状況

ワラビの販売収入は？

中村人史・渡部公一
山形県森林研究研修センター

ワラビはカバークロップとして混植すると、下刈り回数削減においてその有効性が確認されています(4章参照)。しかし、それだけではなく山菜として販売することもできます。そこで、ワラビを販売した場合の収支を計算してみました。

収支計算は、広葉樹伐採跡地にワラビのポット苗を植栽し、ワラビ園地化した場所(0.3ha)で経営を行っている沼山ワラビ愛好会(山形県西川町)を対象に行いました。それによると、ワラビ苗の植栽(2,000本/ha)に要する経費は初年度166,600円/ha、その後管理経費として毎年53,600円/ha、収穫を行った際の選別を含めた作業経費が毎年336,000円/ha必要となります(表1)。

表1 ワラビ導入に要する経費

植栽時にかかる経費			
苗づくりに	資材・管理費・人件費	40円/株	80,000円
苗定植に	1分未満/株 33時間	1000円/h	33,000円
施肥は	鶏糞2000kg × 15円/kg		40,000円
	散布 8時間 1700円 × 8h		13,600円
			初年度 166,600円
植栽後にかかる経費(毎年)			
施肥は	鶏糞2000kg × 15円/kg		40,000円
	散布 8時間 1700円 × 8h		13,600円
			収穫年数 × 53,600円
収穫選別にかかる経費(毎年)			
16日収穫年	800円/h		336,000円
	延べ420h収穫		
			収穫年数 × 336,000円

表2 ワラビの販売収支

沼山わらび愛好会での収量		
16日収穫年	800円/h	1380kg/ha
延べ420h収穫	336,000円	
1380kg × 400円 =	552,000円	差引 216,000円
山形県での一般的ワラビ園での収量		
16日収穫年	800円/h	2000kg/ha
延べ609h収穫	487,000円	
2000kg × 400円 =	800,000円	差引 313,000円

一方、毎年の収入は山形県の一般的な販売価格(400円/kg)と沼山ワラビ愛好会の収量(1,380kg/ha年)をもとにすると216,000円/haとなります(表2)。ただし、沼山ワラビ愛好会のワラビの収量は、同会のワラビ収穫の経験が浅いことなどから山形県内のワラビ園の平均収量(2,000kg/ha)より低くなっていますが、今後さらに経験を積むことによって県内平均程度までの増収が期待できます。

そこで、県内の一般的なワラビ園での収入313,000円/ha(表2)を達成できると考えて、これをもとにワラビの販売収入と再造林経費の収支を試算しました。

試算結果によると、造林補助金を含まない場合、5年間ワラビの収穫を行い、下刈りを2回以下にできれば、ワラビの販売収入で再造林経費を全て賄うことができるだけでなく、再造林経費以上の収入を得られることがわかりました(図1)。

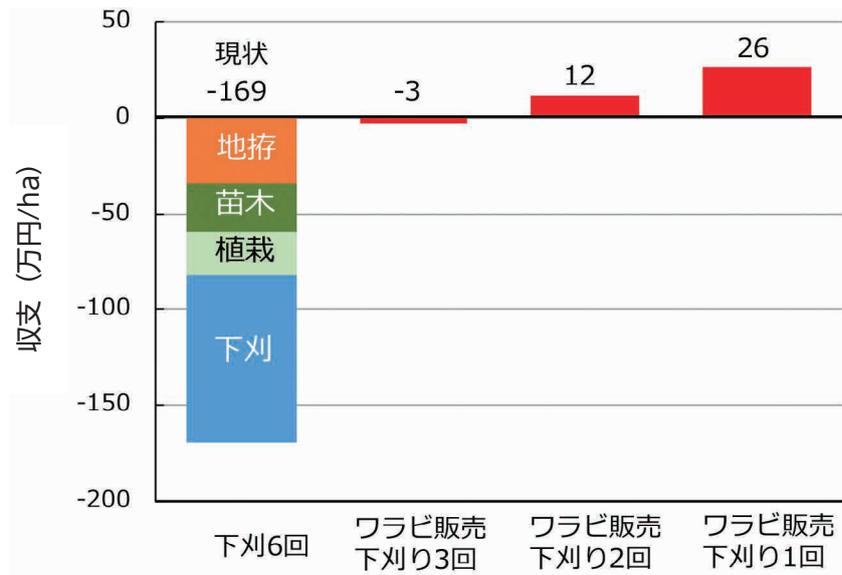


図1 ワラビの導入時の再造林コストの収支

このように、ワラビは下刈り回数削減のためのカバークロープとしての役割だけでなく、山菜として販売することで収入源にもなります(写真1)。ワラビは、ツル植物やササ等が繁茂している場所では成長が抑制されるため、ワラビの導入に当たっては造林地の植生を考慮することが必要です。その場所がワラビの生育に適した条件であれば、下刈り回数削減とワラビ販売という一挙両得も期待できるでしょう。



写真1 (左) 沼山ワラビ愛好会ワラビ園と (右) 選別作業の様子

5. 除草剤で下刈り作業を軽減する

外館聖八朗

ノースジャパン素材流通協同組合

再造林経費を削減するため、地拵えから下刈り完了までの期間にグリホサート系の除草剤を使用する方法を試行しました。除草対象がササの場合は主伐前の全面散布、雑かん木の場合は下刈り後に隔年筋状散布をすることで、再造林作業の労力を従来の方法の30～60%、経費を20～50%低減できることがわかりました。

除草剤の種類

使用した除草剤は、グリホサートを主成分とする茎葉散布の除草剤（液剤）です。この除草剤は植生に対する選択性はなく、土壌に落下すると分解されて除草効果がなくなります。また、希釈水が必要なため、散布場所までの水の運搬が必要となります。

除草対象と効果的散布法・散布工期

スギとカラマツの植栽地で、薬剤散布の効率的な実施方法を明らかにするため、植生の異なる場所を実証試験を行いました。

まず、下刈り対象がササの場合（岩手県：一関市、洋野町、岩泉町、盛岡市、軽米町）には、苗木植栽前（作業工程的には主伐前）に全面散布（写真1）して、ササを枯殺してから植栽する方法が有効です。その工期は、動力噴霧器使用の3人セット作業で2.36人/haとなりました。

一方、対象が雑かん木の場合（紫波町、盛岡市、遠野市、一関市、一戸町、洋野町）では、地拵時に重機を使用すると、それらの切り株が根こそぎ除去されることから、下刈り後に植栽木の列間に筋状に散布（写真2）するのが効果的な方法です。そ

の工期は、背負式噴霧器使用で2.66人/haとなりました。

除草剤散布の作業システムと労力・経費の低減

地拵時から下刈り完了時（植栽後5年目）までの再造林作業の労力と経費を、現状の作業と除草剤散布作業で比較しました。下刈り対象がササと雑かん木の場合、現状ではどちらも植栽前年に地拵を行い、翌年に植栽と下刈り、植栽翌年から5年までは毎年1回下刈りを行っています。一方、除草剤散布を実施する場合には、表1のような作業スケジュールとなります。

ササ地での主伐前全面散布では、労力は50～60%、経費は40～50%低減し、雑かん木地での下刈り後の隔年筋状散布では、それぞれ30～35%、20～25%の低減となりました（図1）。

ただし、土壌状態が良好な林地では雑かん木が除草剤で枯れても、他の植生（主として草本類）が再生して繁茂するので、除草剤による下刈り効果は十分に発揮されません。そのため、植生の繁茂状況を考慮して散布の適否を判断する必要があります。また、言うまでもなく除草剤散布は周辺の環境に十分留意して行わなければなりません。



写真1 動力噴霧器による主伐前全面散布（一関市）



写真2 背負式噴霧器による下刈り後筋状散布（洋野町）

表1 除草剤散布作業スケジュール

除草対象	除草剤 処理方法	作業	前年	植栽 当年	2年目	3年目	4年目	5年目
ササ	主伐前 全面散布	下刈り				○		○
		除草剤散布	○					
雑かん木	下刈り後 筋状散布	下刈り		○		○		
		除草剤散布		○		○		

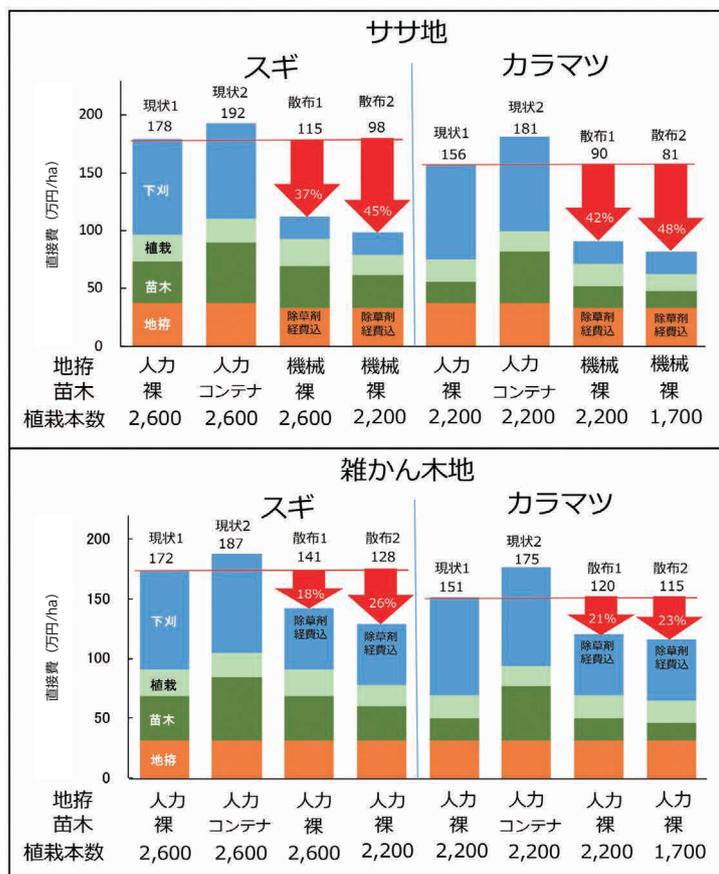


図1 除草剤散布作業による再生林コストの削減効果

(現状作業の経費は平成29年度岩手県森林整備事業標準単価、散布作業は作業実績と平成29年度公共工事設計労務単価および現状資材費による。)

6. クリーンラーチの大苗で下刈りを省略する

原山尚徳¹・山田 健¹・佐々木尚三¹・宇都木玄²

¹森林総合研究所北海道支所・²森林総合研究所

カラマツ類の優良育種苗であるクリーンラーチは、カラマツよりも初期成長が早く生存率が高い特徴を持ちます。機械地拵えを行い、雑草木の繁茂を抑制した林地にクリーンラーチの大苗を植栽した場合、無下刈り施業も可能なことがわかりました。さらに、低密度植栽を行うことで、造林・育林作業の低コスト化も期待できます。

クリーンラーチ大苗植栽と無下刈り施業

カラマツ類の優良品種であるクリーンラーチは、グイマツ精英樹中標津5号を母樹、カラマツ精英樹を花粉親として開発され、従来のカラマツよりも初期成長が早いいため、下刈りを早く完了させることが可能です。この特徴を最大限に活かし、クリーンラーチの大苗を植栽することで無下刈り施業ができないか、3つの調査地で試験してみました。

この試験では、通常よりも1年長い3年間苗畑で育てた裸苗を植栽しました(図1A)。また、クラッシュ地拵え(3章参照)や、丁寧なバケット地拵え(2章参照)の跡地に植栽し、雑草木との競合を回避するようにしました。その結果、二つの調査地では、4年間無下刈りでも生存率が高く、樹高の成長も良好でした(図1B、図2緑・青)。一方、もうひとつの調査地では、植栽2年目に生存率が大きく低下し、樹高成長も乏しく、不成績造林地となりました(図2赤破線)。この差は、不成績の調査地では主伐時に発生した枝条量が少なく、破碎物による地表被覆効果が限定的で、クラッシュ地拵えでも雑草木が多く繁茂したためと考えられます(図1C・D)。

カラマツ類は雑草木による被圧の影響を受けやすいので、機械地拵えとクリーンラーチ大苗を組み合わせた場合でも、下刈りを省略する際には、植栽木が雑草木で覆われていないか確認することが重要です。

クリーンラーチ大苗・低密度植栽の再造林コスト

クリーンラーチは野鼠被害を受けにくく、低密度植栽が可能です。大苗の植栽で、増加する苗木や植え付けの費用を加味して再造林経費を試算しました。その結果、現状の植栽密度では、下刈り費用の削減分が大苗植栽の増加分で相殺され、コスト全体の削減幅は小さくなりました。クリーンラーチ大苗の植栽で大幅なコスト削減を行うには、機械地拵えによる雑草木の抑制効果が十分発揮され、高い生存率が維持できる林地を選び、低密度植栽を行うことが必要となります(図3)。

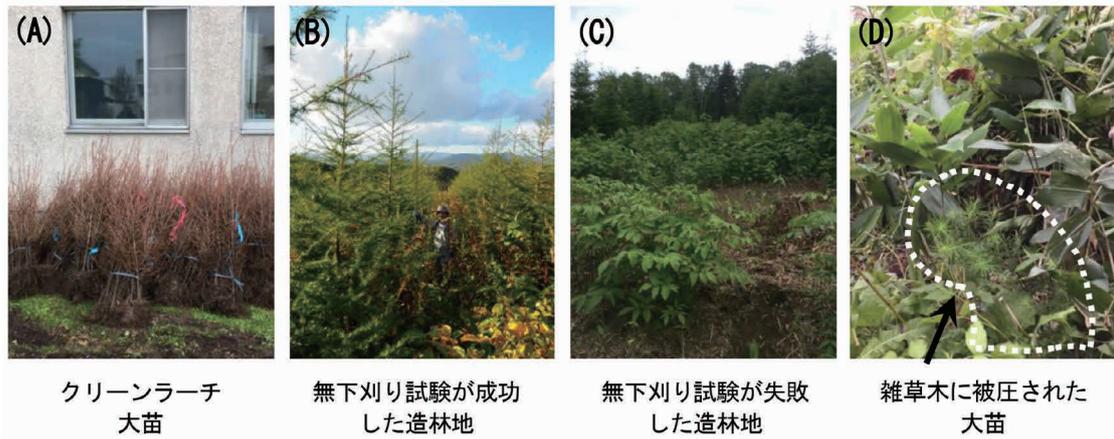


図1 クリーンラーチ大苗・無下刈り試験の様子

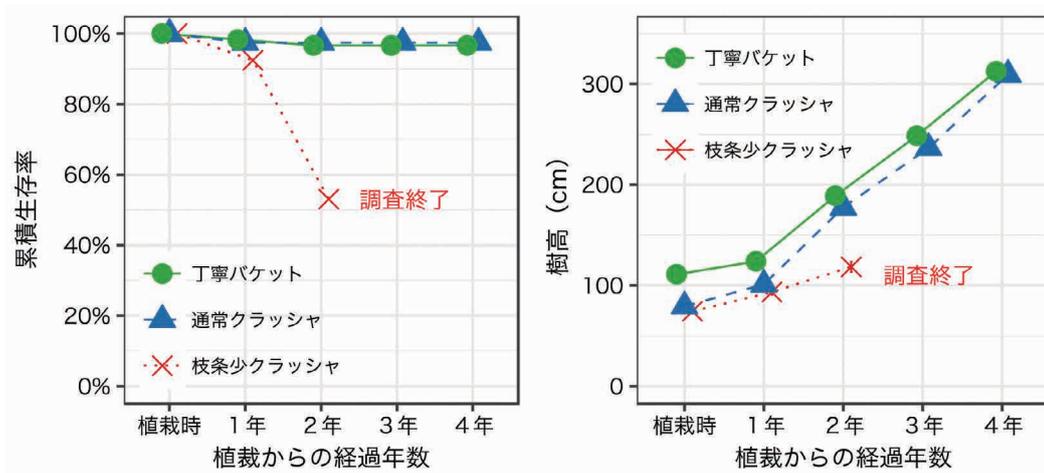


図2 機械地拵え・クリーンラーチ大苗・無下刈り試験での生存率と樹高の経年変化
枝条少クラッシャ試験地では、生存率が大きく低下したため植栽2年後に調査を終了した。

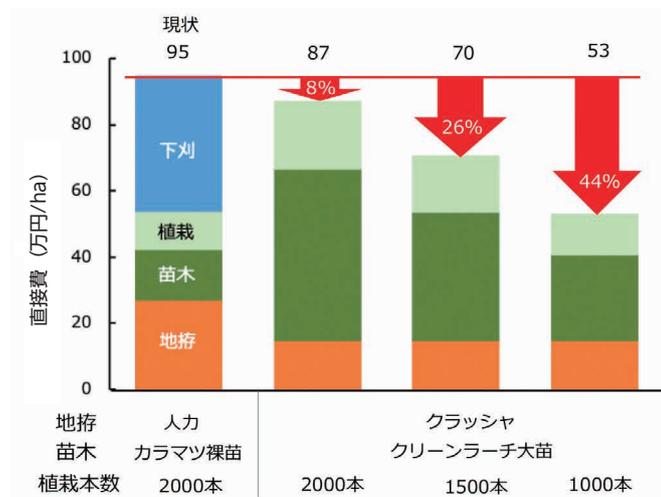


図3 クリーンラーチ大苗・無下刈り施業の再造林コストの試算

(クラッシャ地拵えは実測、その他の経費は平成30年度北海道造林事業標準単価表に基づく。クリーンラーチ大苗の苗木価格は、普通苗(2号規格)の1.5倍で試算した。)

7. 低密度植栽のスギの木材強度をはかる

上野文明・矢本智之

青森県産業技術センター林業研究所

低密度植栽されたスギ壮齢林の調査から、植栽本数が1,000~1,700本/haで除間伐を行っていない林分でも、植栽本数が2,000~3,000本/haで除間伐を行った林分と比較して遜色のない生育を示す事例があることがわかりました。また、調査対象のスギ林から立木を伐採し、木材の強度を調べたところ、対照林に比べてやや弱いものの、建築材としての利用が十分可能なことがわかりました。

低密度植栽林の調査

青森県のスギの植栽密度は、2,500~3,000本/haが普通です。植栽本数を減らすと、植栽や間伐コストの低減が期待できます。しかし、成長した木の形質や材質が低下しないか懸念されています。そこで、県内で低密度植栽されて60年以上経過した2カ所のスギ林について、生育状況や木材強度を調査しました(図1)。植栽密度は、むつ市が1,700本/ha、五戸町が1,000本/haです(写真1)。比較のために、隣接地から概ね同齢で通常の密度で植栽されたスギ林も対照林として選んで調査しました。

成長

低密度植栽林では、除間伐が行われなかったため、形状比や収量比数は対照林より高くなりましたが、直径や樹高の成長は遜色ないことがわかりました(表1)。

木材の強度

伐採した丸太を製材し(写真2)、建築に使う柱や梁のサイズで曲げ試験を行いました(写真3)。その結果、低密度植栽林では、木材強度を示す曲

げヤング係数と曲げ強さは対照林に比べてやや弱い数値となりました(図2)。しかし、曲げヤング係数は、JAS(製材の日本農林規格)の強度等級でE50からE90の範囲にあり(図2左)、また曲げ強さも建築基準の法令で定められるスギの基準強度のうち最も下位(22.2N/mm²)よりは高い数値となりました(図2右)。これらのことは、低密度植栽林の幹材でも、建築材への利用が十分可能な強度を保持していることを示しています。

今後の課題

木材の横断面を観察したところ、低密度植栽林では成長の初期は年輪幅が広く、20年頃から狭くなっていました(写真4)。このことが、木材の強度維持に関係している可能性があります。

今後は、低密度植栽が成長や木材強度に及ぼす影響を明らかにするために、調査林分を増やすとともに、材質と成長過程との関係についても詳しく検討する必要があります。



図1 調査地の位置



写真1 低密度植栽林の状況 (五戸町)

表1 低密度植栽林試験地の概況と調査結果

調査地	調査本数 (本)	植栽時密度 (本/ha)	調査時密度 (本/ha)	胸高直径(cm)		樹高(m)		形状比	収量比数	備考
				平均	標準偏差	平均	標準偏差			
むつ市 低密度植栽林 (60年生)	161	1,700	1,341	35.2	7.5	28.7	3.8	81.5	0.99	除間伐なし
	対照林 (60年生)	99	3,000	825	36.7	8.9	27.0	2.5	73.6	0.83
五戸町 低密度植栽林 (68年生)	90	1,000	750	41.8	8.6	33.9	2.7	81.1	0.90	除間伐なし
	対照林 (63年生)	74	2,000	620	39.6	6.4	25.6	2.0	64.6	0.71



写真2 試験に用いた丸太と製材



写真3 曲げ試験の実施状況

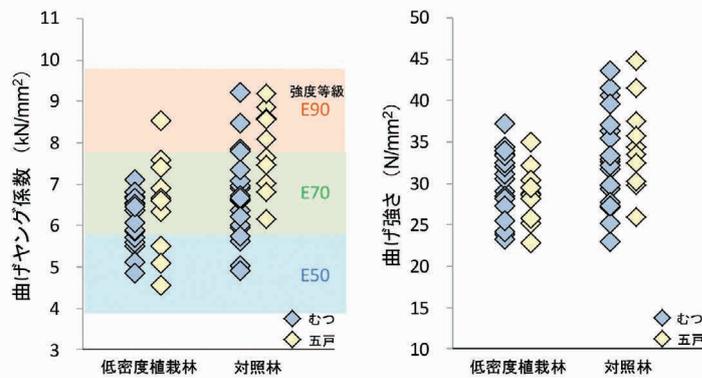


図2 曲げ試験の結果
(左)曲げヤング係数、(右)曲げ強さ



写真4 低密度植栽林の伐採木の断面

低密度植栽のメリットは？

駒木貴彰

森林総合研究所東北支所

今日、集成材や合板等の利用拡大に伴い、価格が安い並材へ需要がシフトしてきたことで多少の曲りや節があっても許容されるため、従来よりも少ない本数で森林を造成する施業もコスト削減の点で選択肢となり得ます。実際、造林補助対象となる植栽本数の下限を引き下げる自治体も全国で見られ、スギの場合は1,000～2,000本/haを下限とする自治体が増えていきます(写真1)。このように低密度植栽を後押しする仕組みが整い始めています。しかし、低密度植栽はどこでもやれるのでしょうか。これまでの低密度植栽に関する研究資料を基に、そのメリットやデメリットを検討してみました。その結果、低密度植栽は地域の気象や植生、立地条件等を十分考慮した上で実施の可否を判断する必要がありますが、条件が揃えば再造林コストを大きく下げることができるとわかりました。

表1 岩手県におけるカラマツ低密度植栽の事例

市町村	植栽本数 (本/ha)	苗木規格	植栽人工数 (人/ha)	A 植栽労務費 (千円/ha)	B 苗木購入費 (千円/ha)	(A+B)植栽コスト (千円/ha)	コスト削減率(%)
盛岡市	2,000	コンテナ苗	9.6	90	400	490	▲10
遠野市	1,289	裸大苗	13.3	146	88	234	48
宮古市	1,000	コンテナ苗	2.4	39	200	239	47
洋野町	2,060	2年生裸苗	12	113	124	237	47
洋野町	1,550	コンテナ苗	10.3	119	311	430	4
従来	2,500	裸苗	15.4	274	173	447	

注：標準単価は平成23～25年度の平均値。コスト削減率は人力による標準単価を基にした削減率。

大苗は平均苗高78cm。

出典：岩手県農林水産部森林整備課(2014)「低コスト再造林事例集」を改変

植栽本数が少なくなるため、苗木代や植栽労力が削減され植栽コスト削減につながります。例えば、岩手県のカラマツ植栽の事例を見ると(表1)、1事例(盛岡市)を除くと、従来型の植栽作業よりも経費が4～48%削減されています。ただし、現状ではコンテナ苗と裸苗の価格差が3倍程度あることから、植栽本数をどの程度とするかは、将来的な生産目標を定めた上で、植栽コスト面から苗木の種類と価格を考慮する必要があります。また、低密度植栽と下刈り方法(全刈りと坪刈り)を組み合わせ、下刈り作業を効率化する取り組みも行われています。静岡県のスギ植栽の事例によると、植栽本数が少なくなるほど坪刈りの効率がよくなることが示されています(表2)。

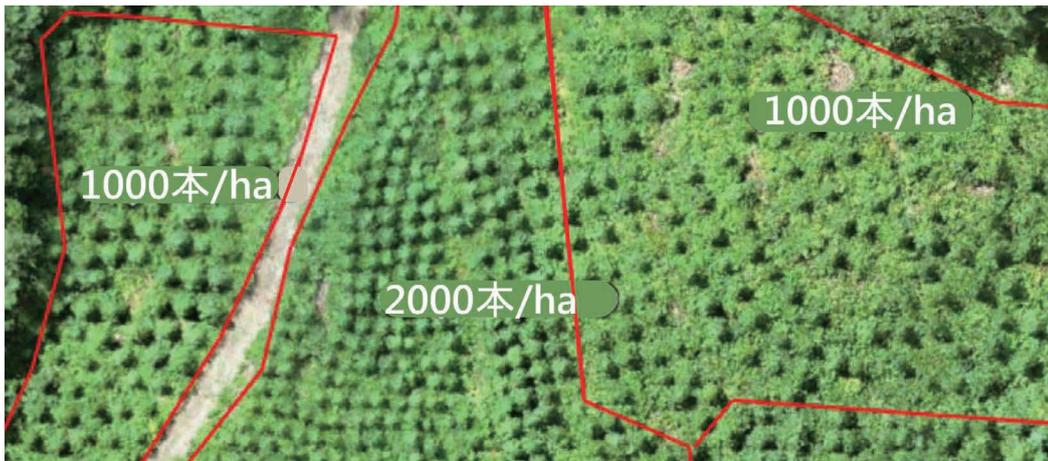


写真1 スギの低密度植栽地のドローン写真(宮城県白石市)
(写真提供:小谷英司氏・森林総合研究所東北支所)

一方、低密度植栽では植栽間隔が従来よりも広くなるため、林冠の閉鎖が遅れて雑草木が繁茂する期間が長くなります。そのため、下刈り期間が長くなったり、植栽木が被圧されて成長や樹形に悪影響が及ぶことで下刈りや除伐のコストが増大する可能性があります。また、低密度植栽した場所で雪害やシカ食害等を被ると、森林の造成そのものが危うくなる場合もあります。さらに、植栽木の初期成長は一般に良くなるために年輪幅が広くなったり(うらごけ樹形)、枝が太くなって節が大きくなるなど、収穫時に製材歩留まりや材質の低下を招くことも考えられます。

表2 植生量を考慮した植栽密度別下刈り工期(スギの場合)

樹種	植栽密度 (本/ha)	下刈り 方法	作業工期(時間/ha) / 植生量(植被率×植生高)				通年の 坪/全(%)	通常施業 との比較
			1年目	2年目	3年目	通年		
スギ	1,000	全刈り	41.56	57.20	18.59	39.12		117
		坪刈り	19.74	12.54	13.89	15.39	39.3	46
	2,000	全刈り	42.40	32.43	28.20	34.34		102
		坪刈り	24.90	21.90	29.03	25.28	73.6	75
	3,000	全刈り	35.63	39.52	25.56	33.57		100
		坪刈り	22.96	38.12	22.45	27.84	82.9	83

出典:伊藤愛他(2015)「植栽密度の異なるスギ・ヒノキ造林地における下刈り方法の違いが作業工期と植栽木の初期成長量に及ぼす影響」(静岡県農林技術研究所研究報告第8号)を改変

現在では、合板や集成材の需要が大きくなり、また加工技術の進歩もあって年輪幅や節の影響といったデメリットはある程度クリアできそうです。また、懸念される材質の低下もさほどではなさそうですが(7章参照)、低密度植栽はあくまでも並材生産を前提にした再生林のコスト削減策として行う必要があります。

8. 一貫作業で1年目の下刈りを省略する

野口麻穂子・八木橋勉・天野智将・齋藤智之・梶本卓也

森林総合研究所東北支所

北東北では、主伐・地拵え・植栽を連続して行う一貫作業システムを適用すると、伐採から植栽までに数年経過した場合と比べると、植栽1年目は雑草木があまり繁茂せず、下刈りを省略できる場合が多いと考えられます。しかし、植栽2年目には、雑草木のうち、とくに木本類が伸びて植栽木を覆い始めるので、下刈りを行う必要があります。

一貫作業システムのメリットを検証

一貫作業システムは、主伐から植栽までの間に植物の生育期間を挟まないため、雑草木が繁茂しにくいと考えられます。しかし、下刈りをどれくらいの期間省略しても大丈夫かは明らかにされていませんでした。そこで、一貫作業システムを適用した岩手県および秋田県の6か所の植栽地（スギ、カラマツ）で、この地方で一般に下刈りする時期の直前にあたる6月下旬～7月上旬に、雑草木と植栽木の競合関係を調べました。

植栽1年目と2年目の比較結果

植栽1年目（植栽直後の生育期間）には、樹冠が雑草木から半分以上出ている植栽木（図1のC1）が全体の70%近くを占めていました。一方、周囲に高い雑草木があったり（C4Open）、雑草木に埋もれた状態（C4）の植栽木は10%に達しませんでした。植栽2年目（1年目の下刈りは省略）には約40%の植栽木が、周囲に高い雑草木があるか（C4Open）、雑草木に埋もれ（C4）、約20%の植栽木が雑草木とほぼ同じ高さ（C3）になっていました。植栽1年目から2年目の間に、雑草木の高さは平均で40cmから80cmに、被覆率は30%から

70%に上昇し、落葉広葉樹やキイチゴ類など、木本の伸びが著しいことがわかりました（図2）。

下刈り省略が可能な期間の目安

これまでの研究で、スギでは樹冠全体が、カラマツでは梢端だけ見える程度まで、それぞれ雑草木に覆われると、樹高成長が低下することがわかっています。今回の調査結果から、北東北において一貫作業システムを適用した植栽地では、どちらの樹種も植栽1年目は下刈りを省略できる場合が多いと考えられます。しかし、カラマツでは、2年目の成長に影響が出る可能性があるため、1年目も、通常より遅い時期（夏以降）に下刈りの実施を検討することが望ましいと思われる。また、いずれの樹種も、1年目に下刈りを行わない場合は2年目にすみやかに下刈りする必要があります。

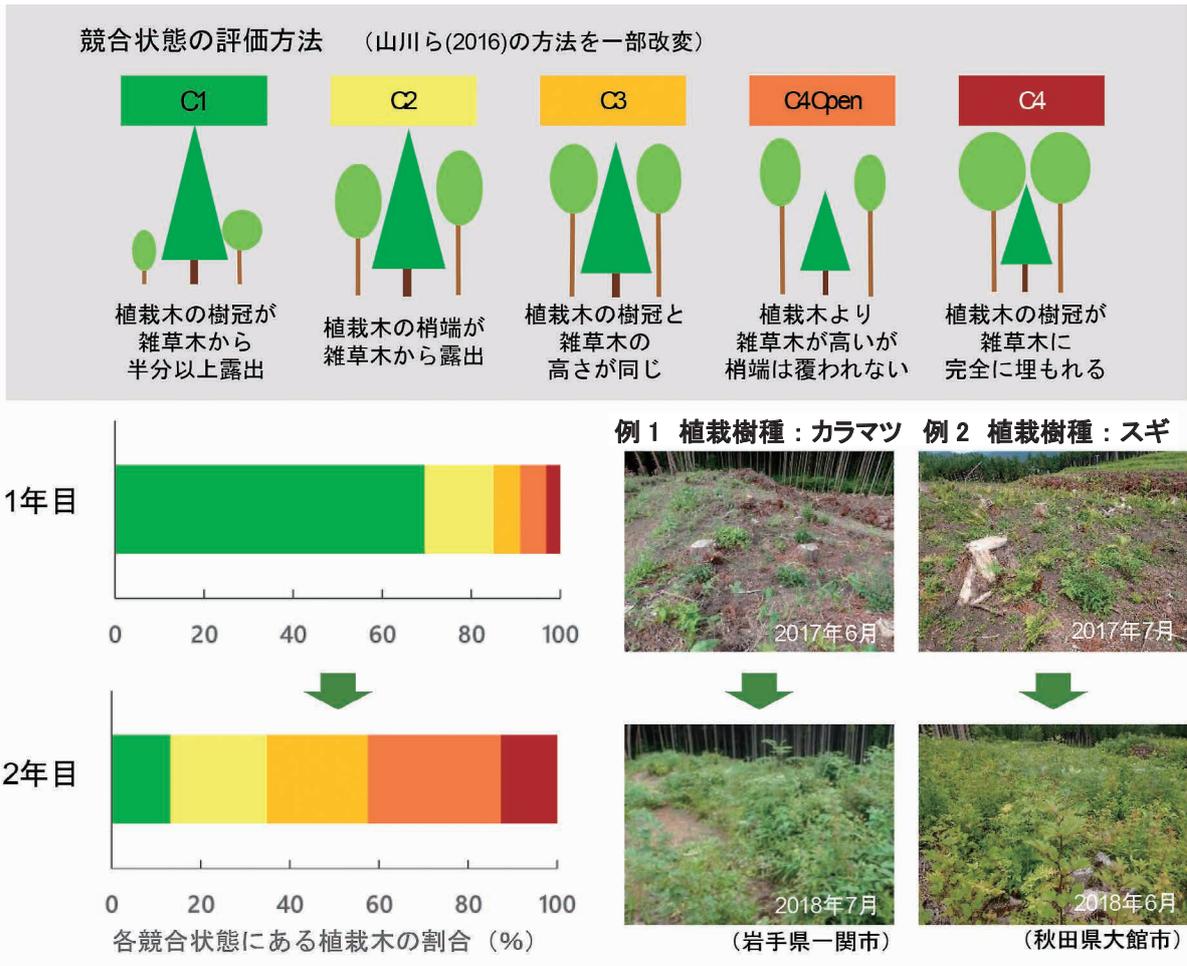
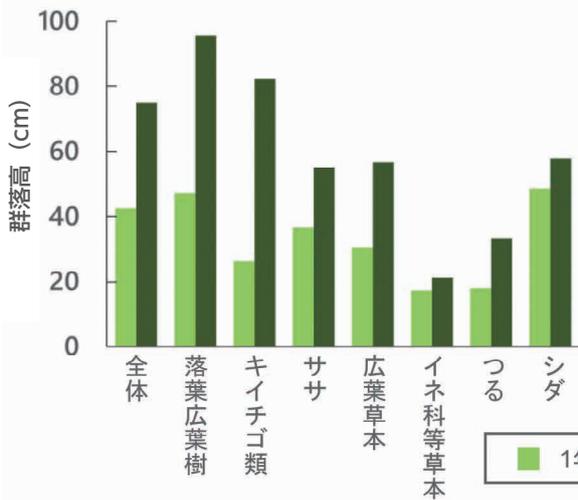


図1 一貫作業システムを適用した植栽地における植栽1年目から2年目にかけての競合状態の変化

植生の高さ（群落高）の変化



植生の被覆率の変化

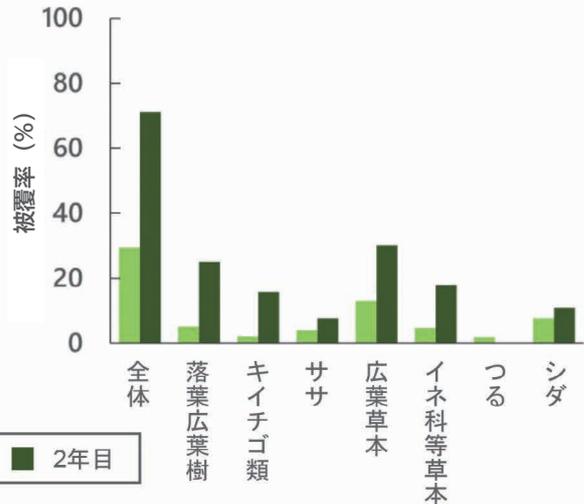


図2 一貫作業システムを適用した植栽地における植栽1年目から2年目にかけての植生の発達状況の変化

9. 平均樹高を目安に下刈り完了を判断する

壁谷大介

森林総合研究所

全国の苗木植栽試験地のデータを解析したところ、樹高の対数値のばらつき具合は平均樹高によらず、わりと安定していることがわかりました。この関係を用いることで、植栽木の平均樹高がわかれば全体の樹高がどの程度の範囲に分布しているのか推定できます。その結果、植栽木の何割が雑草木の背丈を上回っているのかがわかり、下刈り完了の判断を平均樹高を目安にできるようになります。

平均樹高だけでは不十分

スギやヒノキについては、植栽木の先端が雑草木の高さを越えていれば樹高の成長は抑制されないことが知られています。このため、雑草木の高さを目安にすれば、下刈り完了の判断ができそうです。しかし、単純に平均樹高がある閾値を越えた時点で下刈り完了と判断してしまうと、植栽木の半数近くはまだ雑草木に被圧されたままの恐れがあります。そこで、平均樹高がどの程度閾値を上回った場合、植栽木の何割が雑草木の高さを越えているのか簡易に予測する方法を検討しました。

樹高の「ばらつき」をとらえる

植栽木の樹高のばらつきは、平均樹高が大きくなるにつれて大きくなります(図1左)。しかし、樹高の対数値の分散を調べると、平均樹高によらず比較的安定した値をとることがわかりました(図1右)。これまで研究プロジェクトで収集した多数のスギ植栽試験地のデータを用いて、樹高が対数正規分布すると仮定してその分散パラメータの範囲を調べたところ、安定した値として推定できることがわかりました。そこで、この値を用いて、植栽木

の樹高分布がどの程度正確に推定できるかテストした結果、樹高の上位75%が含まれるケースを想定した場合は約9割の正答率、上位95%を含む場合では約6割の正答率となりました。

これらの結果をもとに、植栽木の平均樹高から植栽地全体での樹高の分布範囲を推定する図(図2)を作成しました。この図を用いれば、例えば雑草木(競合植生)の高さがおよそ2mの場合、植栽木の平均樹高が217cmであれば全体の75%が、また平均樹高が310cmに達していれば全体の95%(実際には90%程度)がすでに雑草木を上回っていると考えられます(図3)。

この推定方法は、植栽木と競合する雑草木のタイプに応じて変数を設定できるので、さまざまな植栽地で下刈り完了を平均樹高を目安に判断する場合に活用できそうです。

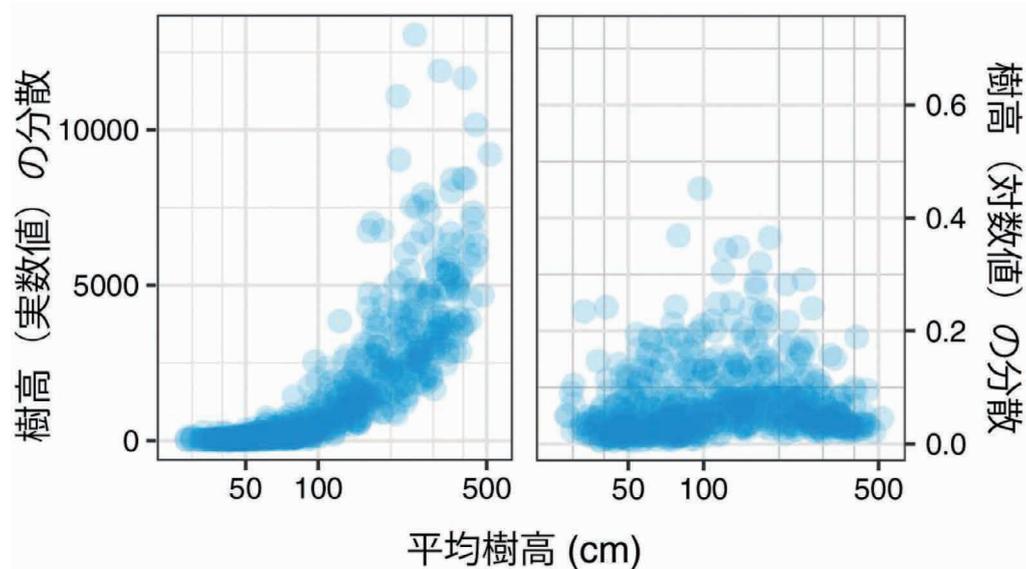


図1 スギ苗木の調査毎の平均樹高と樹高の分散の関係(左)と、平均樹高と樹高の対数値の分散の関係(右)
x軸は対数軸である点に注意。各点は個々の調査結果をあらわす。

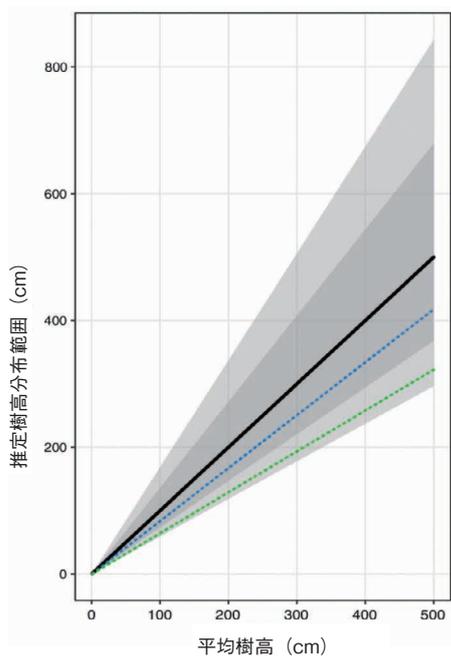


図2 スギの平均樹高から推定される樹高分布

実線(黒)が平均樹高で、灰色部分がそれぞれの平均樹高における樹高分布の範囲となる濃灰色:75%範囲(12.5%~87.5%)、淡灰色:95%範囲(2.5%~97.5%)。青の破線は、上位75%樹高の下限値を、緑の破線は、上位95%樹高の下限値を表す。

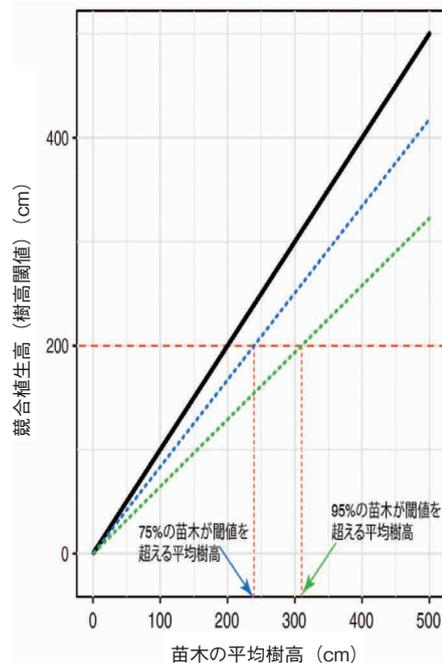


図3 図2を用いて競合植生高(樹高閾値)を越える植栽木の割合を求める方法

樹高閾値(赤破線、ここでは2mとする)と青破線の交点のx座標の値が、苗木集団の75%が樹高閾値を超えることが期待できる平均樹高を、また緑破線との交点のx座標が集団の95%が閾値を超えると期待できる平均樹高をそれぞれ示す。

ドローンで雑草木が把握できる？

中尾勝洋

森林総合研究所関西支所

一般に、造林地の下刈り作業は、植栽木が雑草木の背丈を十分抜けるまで5～7年間毎年行われます。いつまで下刈りを行うかは、事前の実施計画とともに、現場を観察したり、標準区の調査から判断します。しかし、雑草木の成長は造林地の中で一様ではありません。このため、適切なタイミングや場所で下刈りを実施するには、造林地全体で雑草木の繁茂の様子や、植栽木との競合関係を効率的に把握する必要があります。ここでは、こうした下刈り作業の有無等を判断する手法として、UAV（小型無人飛行機）、通称“ドローン”を活用した研究について紹介します。

空中を自由に移動できるUAVは、任意の時期に造林地全体を見渡すためのツールとして有効です。この可能性を明らかにするために、まず撮影技術を含む基礎的な課題として、様々な植生タイプや植栽年数の造林地においてUAVによる空撮を行い、撮影画像からオルソ画像を作成し、表面の凹凸情報を利用した植生高の推定を試みました。

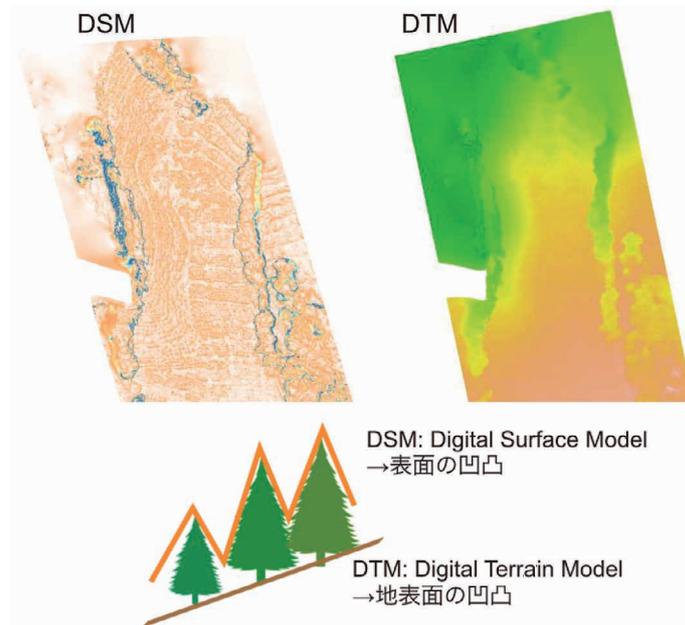


図1 植栽地における植生表面の3次元情報 (DSM、左上) と地表面の3次元情報 (DTM、右上)。これらの差分として植栽地内における任意の場所の植生高が推定できる(下)。

複数の画像から3次元モデルを作る方法をSfM(Structure from Motion) といいます。現在では、専用のソフトウェアを用いればパソコン上でも十分計算が可能です。

図1は、宮城県雨塚山の調査地について、この手法を用いてUAVで撮影した画像から作成した造林地の3次元モデルです。植生の少ない下刈り後に撮影した画像からは地表面の3次元モデルが、また植生が繁茂した時期の撮影画像からは植生表面の3次元モデルができるため、これらの差分により植生の高さが復元できます(図2)。例えば、5つの地点で実測値と比較したところ、最小30cm程度の誤差で植生高が推定できました。

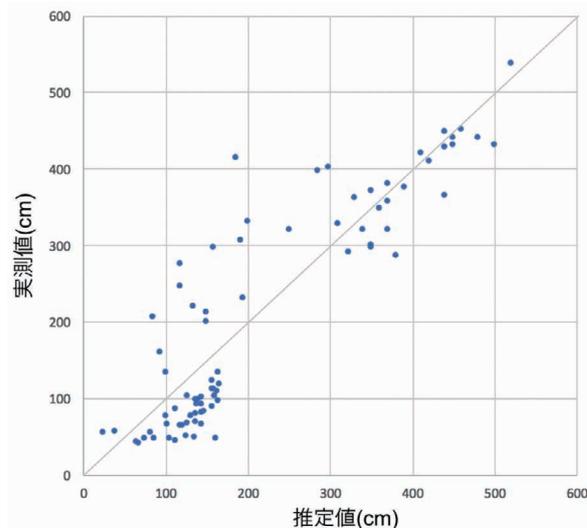


図2 3次元モデルから推定した植生高の推定値と実測値の関係

SfMで作成した植栽地の3次元モデルは、オルソ画像の作成にも活用できます(図3)。今後は、これらの画像情報を造林地のGIS情報と合わせて解析することで、任意の場所で植栽木と雑草木の競合関係が容易に把握できるかなど検討する必要があります。



図3 UAVによる撮影画像と表面3次元モデルから作成されたオルソ画像

10. 自走式刈払い機で下刈り作業を楽にする

渡辺一郎・対馬俊之

北海道立総合研究機構林業試験場

河川敷法面などの草刈り作業に開発された小型の自走式刈払い機2タイプについて、林地での走行性能や作業効率などを調べてみました。刈払い能力は、チシマザサや灌木の破碎も可能でしたが、残材や根株の存在が走行上大きな障害となりました。残材を除去できれば、その作業効率は従来の肩掛け式刈払い機を大きく上回ることがわかりました。

造林事業の機械化促進に向けて

北海道における労働者数の推移をみると、平成25年度より素材生産事業が造林事業を上回るようになってきました。道内の森林の多くが主伐期をむかえ、機械化が進む素材生産の現場では労働者が定着しやすくなる一方で、機械化が著しく遅れている造林事業では労働力の確保がより困難になっています。そこで、造林事業の軽労化と機械化を促進するために、既製品の小型自走式刈払い機を林地に持ち込み、森林での雑草木の刈り払いと地拵え作業に用いる場合の可能性や問題点を検討してみました。

刈払い機による地拵えと下刈り工程調査

調査は、岩見沢市の天然林の主伐後7年が経過したササが密生する林地で実施しました(表1)。使用した機械は、乗用型刈払い機(写真1)と歩行型刈払い機(写真2)の2機種(筑水キャニコム製)です。事前の仮走行試験では、刈払い機の能力については、灌木を粉碎してササ地をきれいにするには十分でしたが、根株や残材は粉碎できませんでした。そこで、走行の障害となった残材を除去して試験したところ、乗用型、歩行型ともに地拵

え作業が可能となりました。従来の肩掛け式刈払い機と作業効率を比べると、乗用型では約14倍、歩行型でも約4倍と大きく上回ることがわかりました(表2)。

次に、植栽後の下刈り作業の試験については、低密度植栽試験地(表3)で行いました。乗用型の機種は、やはり苗列間に残る根株が障害となり作業ができなかったため、小型の歩行型のみ試験しました。その結果、作業効率は肩掛け式刈払い機の約1.4倍高くなりました(図1)。

林地導入の可能性

既製の自走式刈払い機でも“残材が除去された林地”という条件だと、従来の地拵え方法より大きく作業効率がアップすることがわかりました。また、刈払い機は小型なため、伐採跡地へ運搬する点でもメリットとなります。今後は、さらに多くの林地条件でも試験を重ね、根株や残材にも対応できる切削能力をより強化した刈払い機の開発が期待されます。



写真1 乗用型刈払い機 (CG431)
 (ブッシュカッタージョージ)
 長さ:3.5m、幅:1.7m、高さ:1.4m
 質量:2t



写真2 歩行型刈払い機 (CG101)
 (ブッシュカッタージョージ Jr.草薙)
 長さ:1.8m、幅:1.0m、高さ:1.0m
 質量:260kg

表1 試験地概要



場所	北海道岩見沢市栗沢町
所管	一般民有林
前生林分	天然林 (主伐後7年)
植生	クマイザサ 被覆率 100%、植生高 1.2m 植生量 1.5kg/m ²
傾斜	5 ~ 20 度 (斜面上部に向かって急になる)

表2 乗用型および歩行型刈払い機による地拵え工程の比較結果

刈払い機	面積 (m ²)	観測時間	作業効率 (ha/6hr)
乗用型	750	0:31:00	0.87
歩行型	420	1:04:00	0.24

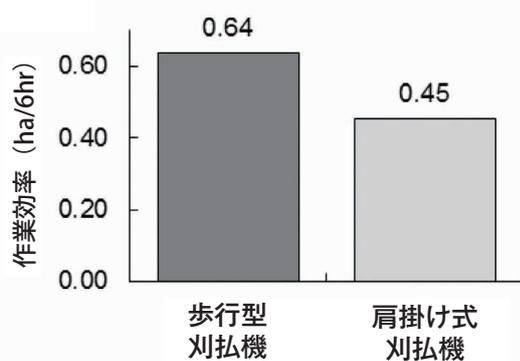


図1 下刈り作業工程の比較結果

表3 低密度植栽試験地の概要 (下刈り調査地)

植栽時期	2016年5月
植栽樹種	カラマツ、クリーンラーチ
面積	0.2ha
苗列間	苗間:2.0m、列間:2.5m
下刈り時の植生	セイトカアワダチソウ、ワラビ、 アキタブキなど (植生被覆率:70%、植生高:50cm、 植生量:0.63kg/m ²)

下刈りの機械化に向けた課題は？

巻口公治
北海道造林協会

北海道造林協会では、林業事業者や関係機関を対象に平成28年度から3年間、道内10カ所で自走式刈払い機（筑水キャニコム製）を地拵えと下刈りに活用するための現場普及活動を実施しました。その結果、延べ868名（351団体）という多数の参加がありました。ここでは、乗用型と歩行型の2タイプについて、普及に向けた現地検討会の様子とともに、参加者からの改良への要望や意見を紹介します。機械の性能などの詳細は、10章を参照下さい。

北海道にはチシマザサやクマイザサなど、背丈が2～3メートルに達するササが山間部の全域にわたって分布しており、地拵えに多大な時間と労力を要する一因になっています。こうした場所の地拵えは、これまで肩掛け式刈払い機（ブラッシュカッター）による人力作業で行われてきました（写真1）。



写真1 肩掛け式刈払い機（ブラッシュカッター）による従来の地拵え作業（蘭越町）

この従来機による人力作業に比べると、もともと堤防等の草刈りに利用されていた2つの自走式刈払い機を使用することで、刈り払ったササや草本類は小さく粉砕されて全面に散布されます。そのため、刈払い物を片付ける作業も不要となり、地拵えの省力・軽労化がはかられます。さらに、作業員が地面の状態を容易に確認できるため、ササの刈り稈を踏みつけることによる負傷や転倒など、作業時の危険を避けることにもつながります。現地検討会では、参加者にも操作を体験してもらい、こうした刈払い機の様々なメリットを実感してもらおうことができました（写真2）。



写真2 自走式刈払い機による地拵え作業の様子
（左）乗用型（枝幸町）、（右）歩行型（上ノ国町）



写真3 自走式刈払い機による下刈り作業の様子(弟子屈町)
(上)乗用型、(下)歩行型

下刈り作業の現地検討会は、カラマツとグイマツ雑種F₁を低密度植栽している道内2カ所(池田町と弟子屈町)で実施しました。自走式刈払い機を使用すると、ササや草本類の地際近くまで刈り払えることに加えて、上述のように細かく粉碎された刈払い物が地表全面を覆うことで、ササや草本類の発生や成長を抑制することが期待できます。また、下刈り後は苗木への日照を確保し、通気性を改善して蒸れを軽減できます(写真3)。

ただし、伐根や枝条などを残した場所では、その除去のために作業が中断したり、障害物を避けるために余分な走行が必要になります。林業の現場で使用する上で、さらに改良すべき機能や操作性などについて、多くの意見や要望が寄せられました(表1)。

表1 自走式刈払い機に対するおもな意見・要望

- ・ 自走式刈払い機の活用で軽労化が図られ、若年労働者の確保にもつながる
- ・ 地拵え、除間伐、下刈りなどで年間活用できるアタッチメントの開発
- ・ 伐根があるなど、実際の作業に即した環境での作業状況の確認が必要
- ・ 操作する作業員の安全確保のための装備等の開発

11. 下刈りはどこまで削減できるのか

八木橋勉

森林総合研究所東北支所

下刈りは、一貫作業による機械地拵えなどによって、植栽木が雑草木に覆われないように工夫することで大幅に減らすことができます。初期成長の早い優良苗の大苗を併用すれば、無下刈りも可能な場合もあります。しかし、雑草木の茂り方には場所によるばらつきも見られるので、下刈りを省略する際には、雑草木の繁茂状態を確認することが重要です。

ここまで具体的な事例で紹介してきたように、下刈り削減方法として、直接回数を削減する方法を秋田県のスギ(1章)と岩手県のカラマツ(コラム1)で、ワラビをカバークロープとして混植する方法を山形県のスギ(4章、コラム2)で、除草剤を用いた方法を岩手県のスギとカラマツ(5章)で、機械地拵えによる方法を長野県(2章)と北海道(3章、6章)のカラマツ類で行いました。ここでは、各方法のポイントや注意点を簡単に整理しました(右ページ表)。

まず、岩手県の隔年下刈りのみ、連年下刈りと比較して明らかな成長低下が見られました。耐陰性の低いカラマツの場合には、隔年下刈りよりも、光条件が良いと成長が速い特性を生かして、植栽後3年目まで下刈りを集中するといった回数削減法が向いていると考えられます。

秋田県のスギ造林地では通常6年間下刈りを行うため、2・3・5年目下刈りで、下刈り回数は半減できます。山形県では、ワラビで被覆することで通常6年間の下刈りのうち、2回から5回省略可能と考えられます。岩手県の除草剤試験では、優占する植生によって差が大きいものの、クマイザサが繁茂する場所では、下刈りの削減効果は大きく、除草

剤散布2年後でも下刈りが不要でした。岩手県では通常5年目まで下刈りしますが、この方法で3年目の1回のみか、3、5年目の2回に削減できそうです。

次に、機械地拵えによる方法については、長野県のバケット地拵えのように、その効果で雑草木の繁茂が抑制されるため、通常5年目までの下刈り作業が、3年目の1回のみか、2・3年目の2回に削減できます。また、北海道のカラマツ造林地では、通常4～5年は毎年下刈りしますが、クラッシュ地拵えによる破碎物で地表を覆って雑草木の再生を抑えれば、通常のカラマツ苗の植栽でも2回に、成長優良なクリーンラーチの大苗だと無下刈りも可能となります。

このように、下刈り作業は、様々な方法で植栽木が雑草木に覆われないように工夫すれば大幅に減らすことができ、再造林コストも削減できます。しかし、雑草木の茂り方には、場所によるばらつきも見られるので、下刈りを省略する際には、雑草木の繁茂状態を確認することが重要です。

下刈りの削減手法のまとめ

傾斜地など人力地拵えの場合

	1年目 (植栽年)	2年目	3年目	4年目	5年目	6-10年目
従来	●	●	●	●	●	△
スギ	△	●	●		●	
カラマツ	●	●	●			

スギ：比較的耐陰性があるが、成長はそれほど早くない

- ・ 隔年下刈りでも成長低下はあまりないが、小さいうちは雑草木に覆われると見にくいので誤伐が増加。
- ・ 植栽初期に十分に光を当てて大きくしてから4年目と6年目を削減

カラマツ：耐陰性が劣るが、光条件がよければ成長は早い

- ・ 下刈りは隔年よりも初期に集中した方が良い。
- ・ カラマツ林は再生林でも競合植生が多めなので、初期の下刈りは特に重要

平坦地・緩傾斜など条件の良い場所

	植栽前年	1年目 (植栽年)	2年目	3年目	4年目	5年目	6-10年目
従来		●	●	●	●	●	△
回数削減(スギ)			●	●		●	
ワラビカバークロープ(スギ)		ワラビ植栽 △	●	△			
除草剤(スギ・カラマツ) ササ地	除草剤			●		△	
除草剤(スギ・カラマツ) 雑かん木地		● 除草剤併用		● 除草剤併用			
バケット地拵(カラマツ)			△	●	△		
クラッシュ地拵(カラマツ)			△	●	△		
クラッシュ地拵 (クリーンラーチ大苗)							

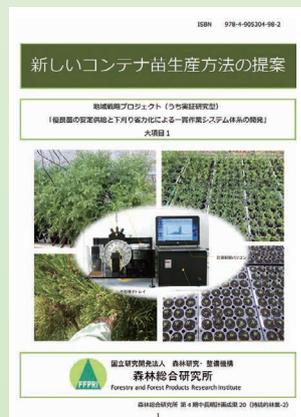
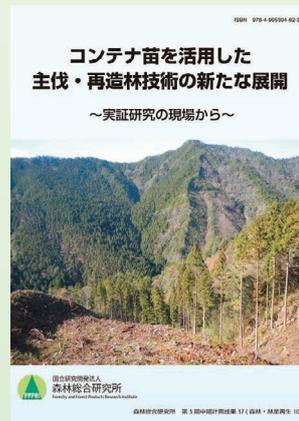
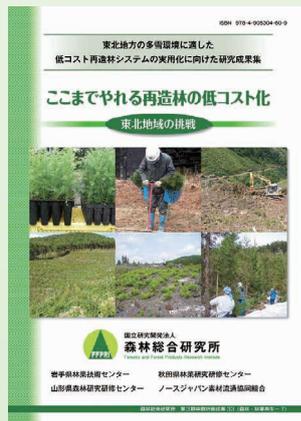
参考資料

■ プロジェクトの関連テーマ発表論文

- ・原山尚徳、津山幾太郎、倉本恵生、上村 章、北尾光俊、韓 慶民、山田 健、佐々木尚三 (2018) 雑草木による樹冠被圧がカラマツ植栽木の生残および初期成長に及ぼす影響. 日本森林学会誌 100 : 158-164.
- ・原山尚徳、上村 章、津山幾太郎、佐々木尚三、山田 健、渡辺一郎、宇都木玄 (2018) クラッシュ地拵による破碎物の量が下草繁茂に及ぼす影響. 北方森林研究 66 : 73-7.
- ・壁谷大介、宇都木玄、来田和人、小倉 晃、渡辺直史、藤本浩平、山崎 真、屋代忠幸、梶本卓也、田中 浩 (2016) 複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性. 日本森林学会誌 98 : 214-222.
- ・壁谷大介、宇都木玄、梶本卓也 (2017) 日本国内におけるコンテナ苗植栽試験地に関するデータベース. 森林総合研究所研究報告 16(3) : 147-153.
- ・梶本卓也、宇都木玄、田中 浩 (2016) 低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか - 研究の現状と今後の課題 -. 日本森林学会誌 98 : 135-138.
- ・駒木貴彰、梶本卓也、八木橋勉 (2019) 再造林コスト削減の取り組み - 低密度植栽と下刈り作業を中心に -. 東北森林科学会誌24 (印刷中)
- ・中村人史 (2017) カバークロップによる低コスト再造林技術の開発 - ワラビ被覆で下刈り回数軽減 -. 現代林業 614 : 36-40.
- ・大矢信次郎、斎藤仁志、城田徹央、大塚 大、宮崎隆幸、柳澤信行、小林直樹 (2016) 長野県の緩傾斜地における車両系伐出作業システムによる伐採、造林一貫作業の生産性. 日本森林学会誌 98 : 233-240.
- ・大矢信次郎、清水香代、小林直樹 (2016) カラマツの各種苗木における植栽後3年間の成長量とそれに及ぼす下刈り手法の影響. 中部森林研究 64 : 19-20.
- ・大矢信次郎、中澤昌彦、猪俣雄太、陣川雅樹、宮崎隆幸、高野 毅、戸田堅一郎、西岡泰久 (2018) 緩傾斜から中傾斜地における機械地拵の生産性とコスト. 森林利用学会誌 33 : 15-24.
- ・宇都木玄、原山尚徳、上村 章 (2017) 再造林に向けた低コスト林業への挑戦. 森林科学 80 : 2-5.
- ・渡辺一郎 (2017) 小型自走式草刈り機の林地導入への可能性. 機械化林業 768 : 9-14
- ・渡辺一郎 (2017) 北海道における育林作業機械化の現状と展望. 森林科学 80 : 6-9.
- ・渡辺一郎 (2018) 小型自走式刈払い機は林地でどこまで使えるか? - ブッシュカッタージョージの挑戦 -. 光珠内季報 188 : 1-5.
- ・八木橋勉、中谷友樹、中原健一、那須野俊、櫃間 岳、野口麻穂子、八木貴信、齋藤智之、松本和馬、山田 健、落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日本森林学会誌 98 : 139-145.
- ・山田 健、佐々木尚三、倉本恵生、上村 章、原山尚徳、宇都木玄、斎藤丈寛 (2018) 地拵え用クラッシュの作業性能と造林作業にもたらす効果. 森林利用学会誌 33(1) : 67-72.
- ・山川博美、重永英年、久保幸治、中村松三 (2016) スギ植栽木の樹高生長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日本森林学会誌 98 : 241-246.

■ 関連文献、パンフレット

- ・ 森林・林業の再生：再造林コストの削減に向けて－低コスト化のための5つのポイント（2012）森林総合研究所九州支所，6p.
- ・ 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集（2013）森林総合研究所九州支所，45p.
- ・ ここまでやれる再造林の低コスト化－東北地域の挑戦－（2016）東北地方の多雪環境に適した再造林システムの実用化に向けた研究成果集．森林総合研究所東北支所，27p.
- ・ コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開－実証研究の現場から－（2016）森林総合研究所，29p.
- ・ 新しいコンテナ苗生産方法の提案（2019）森林総合研究所，34p.
- ・ 育苗中困ったなという時に－コンテナ苗症例集－（2019）森林総合研究所，34p.
- ・ 岩手県低コスト再造林事例集（2014）岩手県農林水産部森林整備課，25p.
- ・ スギの再造林を低コストで行うために（2017）．秋田県林業研究研修センター，26p.
- ・ 低コスト再造林の進め方（2017）石川県農林総合研究センター林業試験場，よくわかる石川の森林・林業技術16，12p.



*森林総合研究所発行の各パンフレットは、下記 Web サイトからダウンロードできます。

・ https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/conwed/index_pro.html (再造林加速化プロジェクト)

・ <https://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/index.html> (東北支所)



この冊子に関するお問い合わせは、下記までお尋ねください。

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 東北支所

〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-25

編集・発行：森林総合研究所東北支所
編集責任者：梶本卓也、八木橋勉、駒木貴彰
発行日：2019年（平成31年）3月18日
問い合わせ：地域連携推進室
電話：019-648-3930
e-mail: www-thk@fpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。