「森林の更新技術に関する研究会」

報告書

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会

森林の更新技術に関する研究会

2019 年 3 月

目　次

【はじめに】……1

【研究会の経緯】……2

【研究成果】

［造林コストの低減］

・　皆伐再造林に関する地域における取り組み紹介（森林総合研究所）……4

・　機械地拵えによる再造林コストの低減（長野県）……6

［コンテナ苗の成長特性と育苗方法］

・　コンテナ苗育苗の新しい方向（森林総合研究所）……8

・　スギ大苗植栽試験地の苗木の生育経過および獣害状況について（群馬県）……10

・　コンテナ苗植栽初期の雪害発生を防止するための植栽方法の検討（富山県）……12

・　スギコンテナ苗の形状と植栽１成長期後の成長について（新潟県）……14

・　緩効性肥料を用いて育成したヒノキ・コンテナ苗の初期成長（岐阜県）……16

・　スギコンテナ苗と裸苗の時期別植栽試験１年目の結果（千葉県）……18

・　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（長野県）…20

［広葉樹の更新関係］

・　群状伐採地へ樹下植栽された落葉広葉樹 3 種における樹高成長（山梨県）……22

・　マツ枯れ被害跡地における広葉樹への更新について（長野県）……24

・　再造林放棄地における後継植生の成長（静岡県）……26

・　多雪地域のスギ林内に導入した落葉広葉樹が受けた諸被害と初期成長（岐阜県）……28

・　伐採跡地の天然更新による成林可否判定チェックシート（愛知県）……30

【おわりに】……32

＜表紙写真＞

機械地拵え後にスギコンテナ苗を植栽中の再造林地（長野県信濃町・霊仙寺山国有林、2016 年 7 月 6 日）

はじめに

現在、人工林資源の成熟に伴い、全国的に搬出間伐が積極的に実施されている。また、伐採・搬出の効率化と森林資源の持続的な利用のため、一部では皆伐と再造林も徐々に進みつつある。再造林を進めるにあたって、近年は伐出作業との連携や、コンテナ苗等の新規開発された苗木が利用されるなど、造林技術が多様化してきており、その評価が求められている。加えて、再造林が行われず放置されている伐採跡地も存在し、森林の公益的機能の維持に課題が生じている。

このような背景のもと、関東･中部林業試験研究機関連絡協議会に「森林の更新技術に関する研究会」が設置された。この研究会は、関東・中部地方の森林の更新技術に関する情報を集約し、現在行われつつある皆伐再造林に資することを目的として、関東･中部の９県の林業試験研究機関と（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所が参加し、平成 27～30 年度の４年間、活動が行われた。平成 27 年度は山梨県、28 年度は群馬県、29 年度は静岡県、30 年度は長野県で開催され、各年とも森林の更新技術に関する情報交換、事例報告を行い、各地域における課題とその解決策について議論を行った。本報告書はその成果をまとめたものである。

本研究会では、以下の２点を目的として各機関の情報共有を図り、研究を推進するものとした。１点目は「再造林技術の評価」で、再造林を行った際の地拵え・植栽（苗木の種類，植栽器具、植栽時期等）・下刈り等の効率的な手法及び問題点を検討した。２点目は「再造林放棄地の現況把握」で、放置された伐採跡地における高木性樹木の天然更新事例を収集し、施業判断のための参考資料としてまとめることとした。

全期間の成果として、コンテナ苗の林地における成長特性、伐採・造林一貫作業の生産性とコスト、伐採後の広葉樹発生状況等について、各機関から報告され情報共有するとともに、それぞれ学会等でも発表された。

しかし、残された問題点としてコンテナ苗の成長特性等に関しては未だ不明な点があるほか、下刈り、つる切り、除伐等の初期保育についても更に検討を進める必要がある。また、再造林放棄地における天然更新事例の収集については、報告事例が少なく各地域の実態は明らかになっていない。これらの積み残した課題については、次期研究会において引き続き検討を進めることを最終年度に参加機関で確認した。

本報告書は、将来の主伐後の更新技術において指針のひとつとなると思われるため、ぜひ積極的に現場で活用されることを願うものである。

最後に、研究会の開催ならびに運営にご尽力いただいた各県及び森林総合研究所の皆さまに深く謝意を申し上げる。

森林の更新技術に関する研究会幹事
群馬県林業試験場　　川島　祐介

研 究 会 の 経 緯

1　研究会の名称：森林の更新技術に関する研究会（分科会無し）
　　設置期間：平成２７年度～平成３０年度（４年間）

2　提案機関：長野県林業総合センター
　　幹　事：長野県林業総合センター、群馬県林業試験場、
　　静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

3　参画機関：群馬県林業試験場、千葉県農林総合研究センター森林研究所、新潟県森林研究所、
富山県農林水産総合技術センター森林研究所、山梨県森林総合研究所、
長野県林業総合センター、岐阜県森林研究所、愛知県森林・林業技術センター、
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター、
国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所

4　活動内容：平成 27 年度から、山梨県、群馬県、静岡県、長野県が開催県を務め、研究会を開催した。各年とも森林の更新技術に関する情報交換、事例報告を行い、各地域における課題とその解決策について議論を行った。

5　年度別実施概要

【平成 27 年度】山梨県森林総合研究所主催、平成 27 年 10 月 14 日～15 日

(1)事例報告

〈皆伐再造林関係〉

・皆伐再造林に関する地域における取り組み紹介（森林総合研究所）
・スギ実生コンテナ苗の植栽月別成長について（群馬県）
・多雪地域でのコンテナ苗植栽における積雪被害の発生（富山県）
・コンテナ苗育苗技術の取り組み（新潟県）
・カラマツ植栽木の成長に及ぼす苗木種別と下刈り方法の影響（長野県）
・愛知県におけるイチイガシの造林試験（愛知県）

〈広葉樹の更新関係〉

・高齢ナラ類における萌芽枝の消長について（長野県）
・再造林放棄地における後継植生の成長（静岡県）
・多雪地帯のギャップ下に植栽した広葉樹の雪圧害と初期成長（岐阜県）

(2)現地検討会：甲府市有林　針広混交林施業地

【平成 28 年度】群馬県林業試験場主催、平成 28 年 9 月 1 日～2 日

(1)事例報告

〈皆伐再造林関係〉

・群状伐採地に樹下植栽した落葉広葉樹 3 種の成長（山梨県）

・強度抜き伐りによる下層植生等の 10 年間の変化（静岡県）
・スギコンテナ苗の形状と植栽後 1 成長期間の成長について（新潟県）
・コンテナ苗植栽初期の雪害発生を防止するための植栽方法の検討（富山県）
・ヒノキ・コンテナ苗の活着及び初期成長に及ぼす植栽時期の影響（岐阜県）
〈広葉樹の更新関係〉
・皆伐後未植栽地で天然更新を成立させるための要因検討（愛知県）
(2)現地検討会：林木育種場、赤城自然園

【平成 29 年度】静岡県森林・林業研究センター主催、平成 29 年 9 月 7 日～8 日
(1)事例報告
〈皆伐再造林関係〉
・スギ大苗植栽試験地の苗木の生長経過および獣害状況について（群馬県）
・新潟県内のコンテナ苗の植栽事例と成育状況（新潟県）
・スギコンテナ苗の時期別・植栽器具別の植栽試験（千葉県）
・植栽時期の違いによるコンテナ苗の引き抜け抵抗性の変化（富山県）
・機械地拵えによる再造林コストの低減（長野県）
・緩効性肥料を用いて育成したヒノキ・コンテナ苗の初期成長（岐阜県）
〈広葉樹の更新関係〉
・ナラ枯れ被害地における整備が下層植生の再生に与える影響（愛知県）
・強度間伐実施後の下層植生と地表性甲虫群集の変化（静岡県）
〈その他〉
・森林・林業分野における研究開発ニーズの動向（森林総合研究所）
(2)現地検討会：・静岡県西部農林事務所育種場、静岡県立森林公園（バードピア、早生樹見本林）

【平成 30 年度】長野県林業総合センター主催、平成 30 年 7 月 24 日～25 日
(1)事例発表
〈皆伐再造林関係〉
・コンテナ苗植栽試験（群馬県）
・スギコンテナ苗と裸苗の時期別植栽試験 1 年目の結果等（千葉県）
・苗床で育苗した一年生苗の移植によるコンテナ育苗（新潟県）
・積雪によるコンテナ苗の倒伏が初期生長に及ぼす影響（富山県）
・根鉢の低いヒノキ・コンテナ苗の育苗と植栽初期の成長（岐阜県）
・伐採跡地の天然更新による成林可否判定チェックシート（愛知県）
・コンテナ苗育苗の新しい方向２（森林総合研究所）
〈広葉樹の更新関係〉
・該当なし
(2)現地検討会：・霊仙寺山国有林、アファンの森、充実種子県別装置の見学

（静岡県森林・林業研究センター　山本茂弘）

【研究成果】

皆伐再造林に関する地域における取り組み紹介

森林総合研究所　宇都木 玄

１．皆伐再造林の必要性

皆伐再造林は、今後の森林の持続的な利用において、森林の若返りを図るためにも重要な作業である。再造林コストは伐採した木々の立木価格から賄われるために、立木価格の適正化と再造林の低コスト化の両面が求められる。丸太価格が国際競争により１万円/m³と定義すれば、立木価格は主伐経費（約 7000 円/m³;伐採・搬出・運材経費）の残りであり、現状 3000 円/m³程度である。再造林作業が赤字にならないためには、主伐経費を削減するか、同一事業体による主伐―再造林の統合と利益の再配分が必要となろう。主伐経費削減のためには、高性能林業機械を効率的に利用する事が必要であり、そのためには高蓄積林分を皆伐することがポイントになると考えられる。このために、蓄積（個体サイズ）と斜面傾斜による機械稼働効率の検討、大径材に備えた川下での利用体制の変革が求められる。

皆伐再造林の確実な実行に向けて現在進められている技術研究は、再造林の低コスト化である。Ⅱ齢級までの再造林コストはおよそ 5000 円/m³（シカ対策無し、主伐材積 300m³/ha を仮定）であり、上述の立木価格と 2000 円/m³の差がある。この差は簡単には埋まるものではないが、技術は着実に進歩している。日本は東西南北に広く、標高も大きく異なるため、立地ごとの技術のカスタマイズが必要である。そこで地域による技術の考え方と、その実践方法を概観してみよう。

２．機械化の進展

一貫作業システムは、主伐を行った林業機械でそのまま地拵えを行い、材の搬出機械で苗木を運搬し、主伐直後（または雑草の繁茂の前）に植栽まで行うシステムである。このことにより、植栽当年の下刈りを減らすことができる。さらに主伐と地拵は一年を通じて行われるため、裸苗より植栽可能時期が長いとされる「コンテナ苗」を利用することが重要である。現在の全国平均の地拵－下刈りまでのコスト（造林－保育コスト）を見ると、下刈り経費、地拵え経費が高い。「地拵えを機械化」し、伐ったらすぐ植えることで「下刈り回数を削減」すれば、経費が高い二つの工程にメスを入れることができる。

下刈りまで考えた機械化作業は、農食研事業「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発（H25-27）」や地域戦略プロ「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（H28-30）」において、緩中傾斜地での一貫作業システムとして研究が進展した。北海道で先進的に導入された地拵え機械は、LIPA社UFM-180クラッシャを、ベーストラクタFENDT社714WARIO(PTO出力107kw)に搭載した改造トラクタ(マルチャー型地拵機)があげられる。クラッシャはヨーロッパでの花崗岩粉砕用として発達し、破砕爪の部分を可動式にして林業用として販売された。平地での地拵え作業は非常に高速で、条件の良い平地において2ha/dayの作業能率である。傾斜が20度程度までの緩斜面ではエクスカベータを利用した地拵えの機械化が可能である。北海道では0.45サイズのエクスカベータと小型のクラッシャ(seppi社 MINI-BMS125)を用い、人力に比べて5倍の労働生産性を得ている。また長野県におけるバケット地拵では、人力に比べて2－7倍の労働生産性が得られ、さらにフォワーダを用いた苗木運搬能力では平均約2、000本/人時と報告された。茨城の急斜面に作設した作業路を用いた試験では、ロングリーチグラップルによる地拵えにより、通常のグラップル地拵えよりも8倍の面積の地拵えが可能であった。バケットは建設現場で見られる土壌採掘機であり安価であるが、クラッシャは輸入製品で導入コストが高いため、バケットによる地拵えとコストは変わらない。

この機械地拵えは樹木の競合植生である雑草の繁茂を抑制する効果がある事が分かってきた。北海道のクラッシャ地拵えでは、主伐後1年間の競合植生(雑草)の成長が一般的なバケット地拵の3%～30%程度に抑えられた事例や、長野県ではバケットによる地拵で、植被率が通常より50%程度抑えられた事例がある。このことから機械による地拵えを丁寧に行い、その後の雑草木の繁茂を適切に制御する研究事例を増やす事が必要であろう。

再造林は拡大造林と違い、主伐後の下草量も少ない。そうした事も勘案し、下刈りそのものの回数を減らす試みが秋田県を中心に行われた。誤伐率なども考慮して一貫作業後のスギ植栽試験地では、２-３・５年目のみの下刈りで、植栽から６年目の時点でもスギ樹高成長に低下は認めら

れていない。山形県では、ワラビをカバークロップとして用いた場合、その下草抑制効果により下刈り回数が植栽後の２年で完了でき、さらにワラビの売り上げを考慮すると、初期保育経費全てが賄われ、黒字に転じる可能性が示唆示された。このように機械化と雑草抑制、下刈り判断基準、カバークロップの利用により50%以上の再造林経費が削減された事例も生まれてきたが、適用条件は限られており、ざっくり言えば緩傾斜で見回り頻度を多くできる場所（道に近い）に限られると言える。

３. 苗木と植栽密度の高度化

機械化を中心とした施業技術改革に対し、苗木の成長パフォーマンスにより低コストを図る動きもみられる。北海道のカラマツ人工林において、初期成長に優れた育種苗（クリーンラーチ）を低密度(1500本/ha)で植栽し、クラッシャによる地拵えと組み合わせることで下刈り回数が1回となり、再造林経費を30%以上削減可能なことが示された。正し一部高茎草本が繁茂する立地ではこの作業は失敗している。現在戦略プロ「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発(H30-34)」において、森林総合研究所林木育種センター―の開発している精英樹や特定母樹を利用した下刈りの省力化が取り組まれている。雑草タイプや斜面位置、土質などに影響される地位によって複数のシナリオが考えられるため、まさに地域によるカスタマイズが重要なところとなろう。

苗木の成長とともに低密度植栽も考えなければならない。まだまだ事例が少ないためにモデル的な解析が主体となっており、デメリットとして病虫獣害等の枯死による本数減少リスクが大きい事、林地の閉鎖速度が遅いため、雑草木が繁茂しやすい事、枝下高が下がり（節が多くなる）、未成熟材の部位の増加による材質低下、うらごけ等形質の問題が考えられるため、慎重な対応が必要である。3000本/haの植栽密度が標準とされた理由は、生態学的な意味よりも社会的経済的な理由によると考えられている。昔と違う社会情勢、目標林型の中で、生物学的視点を加えながら考えていく必要がある。

コンテナ苗は苗木生産者の作業負担を減らし、需給調整不足による残苗リスクの軽減につながる。また裸苗に比べて耐乾性が高いため、夏場の枯死率を抑えられるとともに植栽作業の簡便化にも貢献する。一方でこれまで施設が必要なかった生産者にハウス等の初期投資を要することから、苗生産コストの低減化が課題である。高発芽率種子選別機械開発とコンテナへの一粒播種による効率化が考案されているが、得苗率の大幅な改善にはもう一段階研究が進む必要がある。植栽後の成長量に関してはコンテナ苗に大きな特徴は認められていない。コンテナ苗には根鉢があることから、弁当肥えなどの工夫、グルタチオンなどの新しい施肥効果も研究し、植栽当年から高い樹高成長を示し、可能な限り早急に雑草との競争を脱出する育苗方法や品種の開発が望まれる。またコンテナ苗は一貫作業との親和性が高いため、機械による苗木の運搬だけではなく、植栽位置決めや植栽穴掘削なども機械と連携して行い、大型苗も含めて様々な大きさの苗を使った施業が考えられるようになるであろう。

４. シカ害

ニホンジカを中心とした食害は、再造林経費を倍増させる忌々しき問題である。我々造林研究者はパッシブな防除法を考案しながら、最終的にはアクティブな個体群の縮小を待つしか無いのであろう。具体的にはシカ柵、チューブによる苗木個体防除、忌避剤、雑草による目隠し、非食品種開発が進められている。複数の手法を組み合わせる事で良いパフォーマンスを発揮できる手法は無いものであろうか？

５. まとめに変えて - ゾーニングの考え方 -

旧森林・林業基本法(1964～2001 年)では、循環型林業による林業振興そのものが森林を健全に維持することができると言う予定調和的な考え方であったが、拡大造林の反省もあり 2001 年以降の新森林・林業基本法では、生態系サービスの発揮のための多様な森林整備への大転換が行われた。しかし 2016 年の森林・林業基本計画では、国内の森林資源の充実に伴い国産材 50%自給率を目指す林業振興が謳われ、再び主伐と再造林に関する技術開発が進んでいる。我々の時代は過去の経験と GIS 技術を活かし、木材生産も含めた多面的機能が発揮できるゾーニングを行い、林業生産が可能である立地で目標林型を明確にした効率的な施業を行うことであろう。これまでの常識やしがらみに捕らわれていては前に進めない。森林技術者、または研究者として、まず森林がポテンシャルを発揮できるような技術理論を展開し、状況に合わせてそのポテンシャルをカスタマイズする技術が重要ではないだろうか。

【研究成果】

機械地拵えによる再造林コストの低減

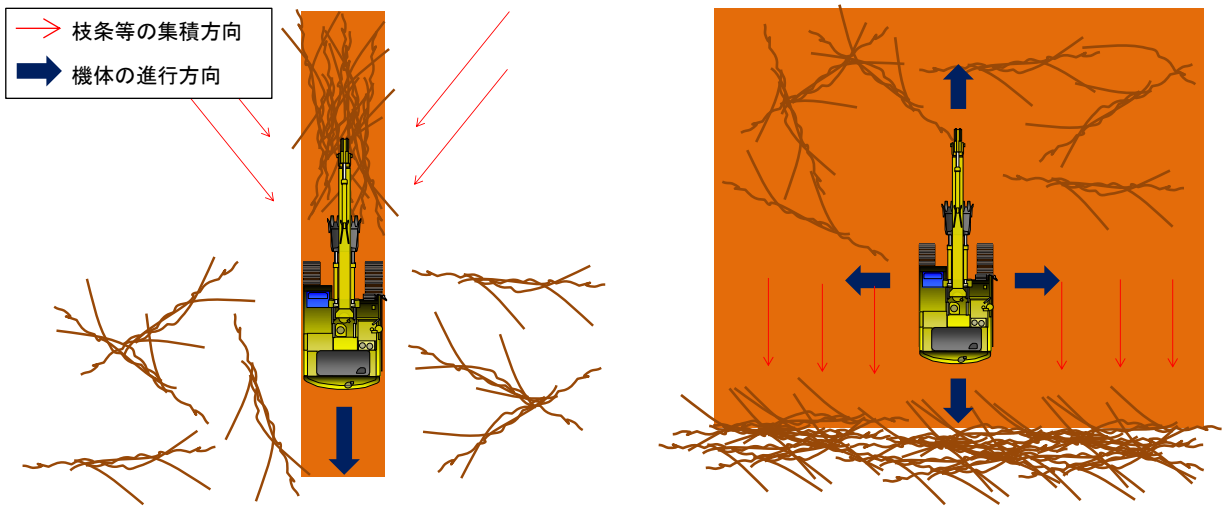
長野県林業総合センター　大矢信次郎

１．はじめに

造林作業にかかるコスト削減の方策として、伐採と造林を一体的に行う伐採・造林一貫作業システム（以下、一貫作業）が提案され、全国各地でその実証的研究が行われている。一貫作業では、皆伐時に使用した伐出機械を地拵え等に利用することにより、再造林作業の効率化とコストの低減が期待されている。本研究では、長野県の皆伐地２か所の緩傾斜地から中傾斜地において、バケットおよびグラップルローダによる機械地拵え作業を行い、その生産性とコストについて人力地拵え作業と比較するとともに、機械地拵えにともなう植生抑制効果を利用した下刈り回数削減の可能性を検討した。

２．調査方法

機械地拵えの功程調査と土壌硬度測定、植生の評価を長野県内の２カ所の国有林において行った。試験地は、長野県北部の信濃町に位置する霊仙寺山国有林（以下、霊仙寺）と、長野県東部に位置する浅間山国有林（以下、浅間）の皆伐地である。両皆伐地とも、緩傾斜地（0～15°）と中傾斜地（15～25°）において、バケット及びグラップルによる機械地拵えと、人力地拵えを行い（霊仙寺：2016/6/22、浅間：2016/8/26）、各作業時間と処理面積（地拵え棚を含む）から地拵えの労働生産性（m^2/人時）を求めた。なお、機械地拵えは、霊仙寺では機械が斜面上方から後退しながら機体前方左右の枝条を機体前方に集積し、浅間では機械が伐採地を自由に走行し作業道脇に枝条を順次集積するという作業手順とした（図－１）。枝条の量は棚の起点から延長方向１ｍごとに幅と最大高を測定し、断面を半楕円状と仮定して層積（m^3）を求めた。また、山中式土壌硬度計を用いて各試験区の全植栽木周囲の土壌硬度を簡易的に測定するとともに、秋季に植被率等を調査し、土壌硬度と植被率の関係を比較した。

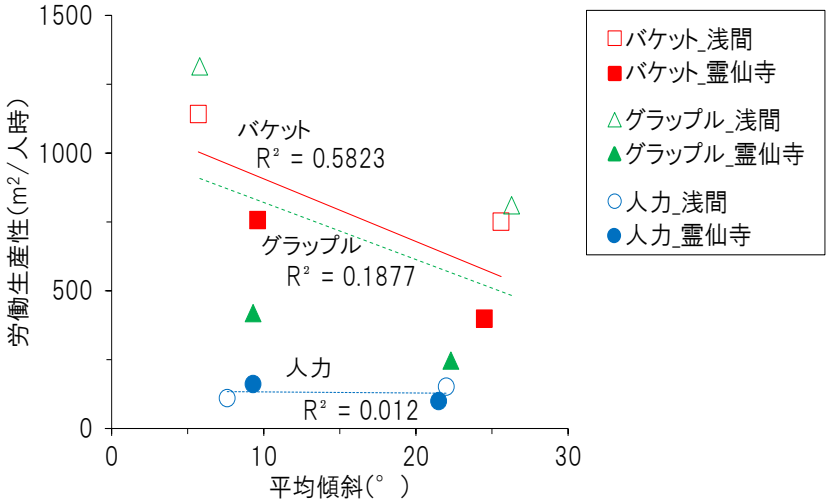


図－１　機械地拵えの作業方法（左：霊仙寺山国有林、右：浅間山国有林）

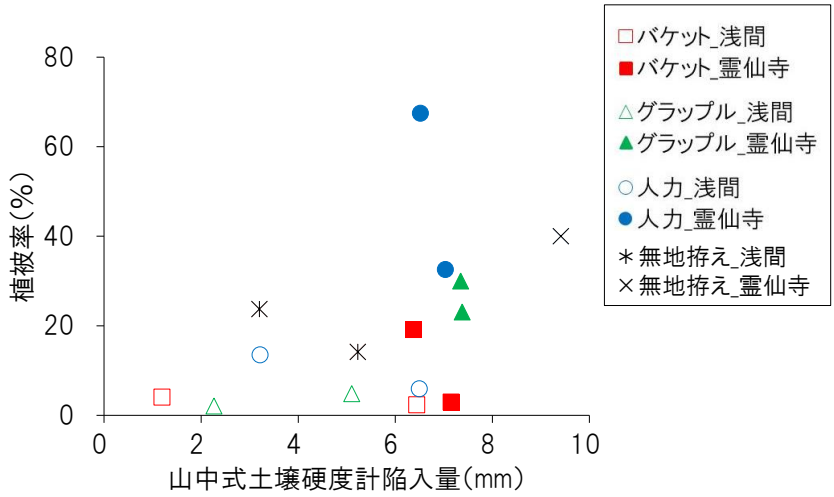
３．結果と考察

地拵えの労働生産性は、バケットで約 400～1140m^2/人時、グラップルで約 250-1310m^2/人時、

人力で約 100～160m²/人時であり（図－２）、両機械は同試験地・同傾斜の人力と比較して 3～12 倍の生産性を上げた。機械地拵えでは傾斜が大きくなるにつれて生産性が下がっていたのに対して、人力では傾斜の影響が小さかった。浅間ではグラップル、霊仙寺ではバケットの方が地拵えの生産性が高い結果となったが、作業方法は異なるものの、霊仙寺の方が処理した枝条量が多かったことから、枝条量が多い場合はバケット、比較的少ない場合はグラップルが適すると考えられた。次に、地拵え後の土壌硬度は、人力と機械の間に差は認められず、機械走行が土壌に及ぼす影響は限定的と考えられた（図－３）。また、地拵え後の植被率は、バケット＜グラップル＜人力≦無地拵えの順に高くなる傾向がみられた。このことから、機械地拵えによって表層土壌が攪乱され、A_0 層が除去されることによって植生の回復が遅れる可能性が示唆され、下刈り省力化への応用が期待できた。



図－２　平均傾斜と地拵えの労働生産性の関係



図－３　土壌硬度と植被率の関係

【研究成果】

コンテナ苗生産の新しい方向

森林総合研究所植物生態研究領域　飛田博順

１．はじめに

再造林の低コスト化のための一つの方策として提案されている一貫作業システムを実施する上で、裸苗に比べて植栽時期を拡張することができるコンテナ苗の利用が必要とされている。これまでに、再造林の低コスト化を目的とした二つのプロジェクトの中で、コンテナ苗の育苗技術に関連する研究を進めてきた。「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 年度）では、近赤外光の反射率を元にした充実種子の選別技術を開発し（松田ら 2016）、続く「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」（平成 28〜30 年度）では、選別技術を実装した装置を開発し、2019 年 4 月に受注販売が開始される予定である。この一連の技術開発により高発芽率を見込める種子（選別種子）を利用した育苗方法が可能となった。その育苗方法についてこれまでの方法と併せて報告する。

２．従来のコンテナ苗生産方法のメリット・デメリット

従来のコンテナ苗の育成方法では、通常、苗畑で 1 年間育成した幼苗を、育苗容器のキャビティへ移植し 1 年間育成する（一年生幼苗移植）。裸苗生産に比べると苗畑作業が 1 年間となるため労務負担が軽減される。一方、移植時期が春に限定され、他の作業時期と重なり従業員確保が難しい場合がある。苗畑管理に加えて、ハウスや灌水設備等の育苗施設も必要になる。

この一年生幼苗移植の方法に対して、大幅な施設の追加の必要がない方法に、育苗箱に播種し、毛苗をキャビティへ移植する方法（毛苗移植【育苗箱播種】）と、数粒の種子を直接キャビティへ播種し、発芽後に間引きを行う方法（多粒直接播種）がある。いずれの方法も、苗畑を使用しないため、一年生幼苗移植の方法に比べて労務が軽減される。育苗開始時期の調整が可能な点も利点の一つである。毛苗移植【育苗箱播種】の方法では、移植時に根を痛めないように注意が必要である。1 ヶ月程度の育苗後に移植する場合、移植スケジュールを考えた上で播種の時期と量を調整する必要がある。多粒直接播種の方法では、間引きの作業が必要になる。通常、種子の発芽率が低いことが多いため、間引きや補植の負担を軽減するために発芽率を考慮して播種数を調整する必要がある。

３．新たに提案するコンテナ苗生産方法のメリット・デメリット

近赤外光により充実と判別された選別種子を用いると、キャビティへ一粒を直接播種する方法が可能となる（一粒直接播種）。一粒直接播種の育苗方法の実証試験を行った結果、90%以上の発芽率を示すことが確認された（一例、図−１）。一粒直接播種の方法では、移植・間引き作業が必要ないため、より効率的に育苗を行うことが出来る。ただし、病虫害の発生により発芽時・発芽後の死亡率が高くなる事例も見られたため、発芽初期の育苗にこれまで以上に、病虫害や生育環境に注意が必要である。また、スギでは発芽時期に幅が生じた（図−１）。発芽時期の違いは、その後の苗の成長量、さらには得苗率まで影響を及ぼし得る。そのため、いかに発芽勢をそろえることができるかが課題となる。カラマツで有効な低温湿層処理のスギへの適用や、過酸化水素による発芽阻害物質の除去の試験を実施している。また、発芽勢の不揃いが苗の成長に及ぼす影響を、育苗密度の調整により解消することができるという試験結果も示さ

れている。

発芽勢をそろえる一つの方法として、農業で用いられるセルトレイに播種し、毛苗をキャビティに移植するという方法が考えられる（毛苗移植【セルトレイ播種】）。この方法でも、選別種子を利用することでより生産効率を高めることができる。毛苗移植【育苗箱播種】の方法と同様に、育苗開始時期を調整することができ、通常、発芽後 1 ヶ月程度でキャビティへ移植する。固化培土を持つ毛苗（小型プラグ苗）の場合、より移植が容易になる。ただし、固化培土の底で根が巻くと、移植後の根の発達にも影響を及ぼす可能性があるため、移植時期と根の状態には注意が必要である。移植時には、小型プラグ苗の浮き上がりや乾燥を防ぐために、ある程度深植えを行う必要がある。一年生幼苗移植の方法でも、幼苗を他の生産者から購入して、移植する場合が見られる。これと同様に、小型プラグ苗についても、他の生産者から購入し、移植するという育苗方法を想定することができる。

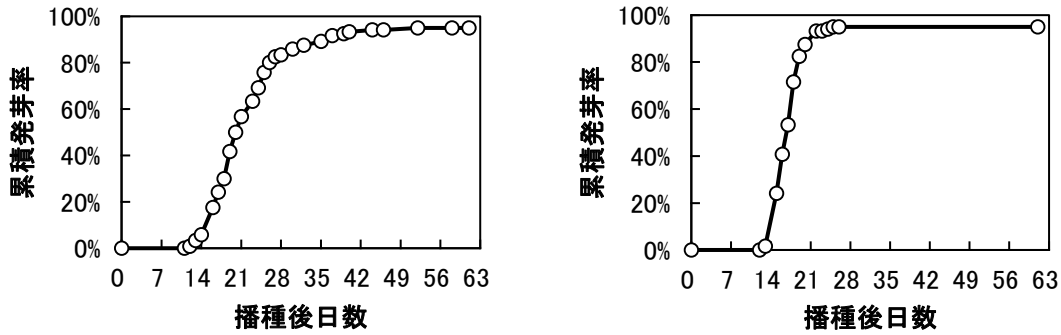
セルトレイへの播種は、ニードル式等の一粒播種機を利用することで、大幅に労務時間を短縮することができる。軽微な調整を行うことで、既存の一粒播種機をマルチキャビティへ対応させることができることが分かった。ただし、播種機をマルチキャビティコンテナに使用する場合は、1 回の作業あたりの播種数が少ないために、セルトレイに比べて作業の効率化の程度が少ない点を注意する必要がある。また一粒直接播種をより効率的に行うために、コーティング種子の利用が考えられる。コーティング種子の利用により、播種の時間が手播きに比べて大幅に短縮されることから、今後、実用化の事例が増えると考える。

４．今後の課題

今回新たに提案した一粒直接播種の方法が、従来の一年生幼苗移植の方法に比べて、労務が削減されることは実証されたが、育苗コストについては、従来の育苗方法で使用しているハウス等の施設の利用状況等により、削減される場合からほとんど変わらない場合まであることが分かった。地域ごとに生産規模や施設整備の状況に応じて、育苗方法を選択する必要がある。今後、選別種子を用いた育苗方法を普及させていくためには、充実種子選別装置や一粒播種機のような高額機械をいかに配置し利用していくか、その仕組み作りが重要になると考える。以上記載した育苗方法について、それぞれの方法の育苗スケジュールと注意点や、コスト評価の方法について、２つの冊子「新しいコンテナ苗生産方法の提案」と「育苗中困ったなという時にーコンテナ苗症例集ー」にまとめた（森林総合研究所 WEB サイトからダウンロード可能（https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/conwed/index_pro.html））。

引用文献

松田 修，原 真司，飛田 博順，宇都木 玄（2016）高発芽率を実現する樹木種子の選別技術. 森林遺伝育種. 5:21-25



図−１　分光カメラの近赤外光により判別した種子を用いた一粒直接播種試験の発芽率（スギ（左）とヒノキ（右））（森林総合研究所（茨城県つくば市）において、5 月 28 日に播種）

【研究成果】

スギ大苗植栽試験地の苗木の生育経過および獣害状況について

群馬県林業試験場　飯田　玲奈

１．はじめに

近年、獣害防止及び下刈り省力化の観点から、規格外の苗木植栽試験を行う事例が見られ、その利用が見直されつつある。造林後は、下刈りに労力及び年数を要するため、下刈りの省力化が望まれる。また、本県ではシカの生息分布域の拡大及び生息密度の増加等により、造林地の獣害が深刻になっており対策が急務である。そこで、大苗の有効性を明らかにするため植栽試験を行い、成長及び獣害の状況を調査した。なお、本報告は平成 29 年までの調査結果をとりまとめたものである。

２．方法

(1)　**試験地**　試験地は藤岡市上日野の日野県有林（以下、日野）、安中市西上秋間の安中実験林（以下、安中）、渋川市赤城町の赤城私有林（以下、赤城）の３箇所とした。植栽年及び植栽密度は、日野が平成 27 年 5 月、2,500 本/ha、安中が平成 28 年 10 月及び平成 29 年４月、3,000 本/ha、赤城が平成 29 年５月、3,000 本/ha とした。安中については除草剤で下層植生を枯らした後、植栽した。

(2)　**調査方法**　供試苗木はスギ実生苗木とし、２年生コンテナ苗（以下、コンテナ苗。H=45 ㎝以上）、２年生裸苗（以下、２年生苗。H=45cm～60cm）、３年３号裸苗（以下、３年生苗。H=45cm～60 cm）、３年生裸大苗　（以下、大苗。H=70 cm 以上）の４種とした。各試験地の調査対象本数を表－１に示す。獣害防止については、安中及び赤城では、春及び秋にコニファー水和剤を散布し、日野では散布しなかった。下刈りについては、日野は植栽当年度及び翌年度に各１回、翌々年度は行わず、赤城は植栽当年に２回刈りを実施し、安中は無下刈りとした。調査については、春に獣害調査（シカ・ノウサギの食害率及びシカの角こすり率）、秋に獣害調査及び成長量調査（樹高、根元径）を行った。日野の植栽後３成長期の樹高及び根元径ならびに安中の植栽後１成長期の樹高成長量及び根元径成長量については、Tukey-Kramer 検定、赤城の植栽後１成長期の樹高及び根元径成長量については t 検定を行った。統計解析には R を用いた。

表－１　各試験地の調査対象本数（本）

	日野県有林	安中実験林	赤城私有林
大苗	50	66*,74**	104
3年生苗	50	71*,69**	104
2年生苗	50		
コンテナ苗	50		

*平成 28 年 10 月植栽、**平成 29 年４月植栽

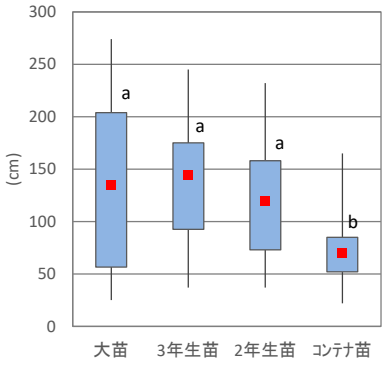
３．結果及び考察

日野については、植栽後３成長期の生存率が大苗 78%、３年生苗 68%、２年生苗 90%、コンテナ苗 58%であった。コンテナ苗とそれ以外の苗とでは、樹高及び根元径の成長に差が認められた（図－１、図－２、$p<0.01$）。これは、コンテナ苗の食害率が最も高いことが原因と考えられ、大苗は最も食害率が低かった（図－３）。平成 29 年夏は大苗以外の苗は下層植生に梢端が隠れる状態となったが、大苗は梢端が突出していた。以上のことから、大苗は食害の早期回避及び下刈り回数減に有効であると考えられた。しかし、大苗は角こすり率が他の苗木より高かった（図－４）。角こすりは樹高伸長に伴い、どの苗木にも生じる被害であるため、大苗に限らず、角こすり対策が必要であると考えられた。

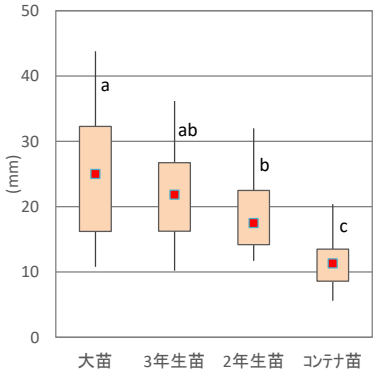
安中については、植栽後１成長期では、秋植えの大苗の樹高成長量が最も大きく（図－５、$p<0.01$）、根元径成長量については、秋植え及び春植えの大苗が３年生苗よりも大きかった（図－６、$p<0.01$）。以上のことから、大苗については秋植えの有効性が示唆された。食害率については、春植え３年生苗が最も高く（図－３）、角こすり率については、大苗で高い傾向が見られた（図－４）。下層植生は、平成 29 年夏には３年生苗の樹高と同等に成長したが、大苗は梢端が下層植生より突出してい

た。植栽前に除草剤を散布したことが、無下刈りを可能にしたと考えられた。

赤城については、植栽後１成長期の樹高及び根元径の成長量は、３年生苗よりも大苗が大きかった（図－５、図－６、$p<0.01$）。食害率については、３年生苗及び大苗ともに低く（図－３）、下層植生が密で苗木が獣に見つかりにくいことが一因と考えられた。平成 29 年夏の下刈り前の下層植生高は１m を超えており、３年生苗は梢端が埋もれ、大苗は梢端がやや突出している状態であった。角こすり率については、大苗で 10%であり（図－４）、秋に角こすりの被害が観察された。

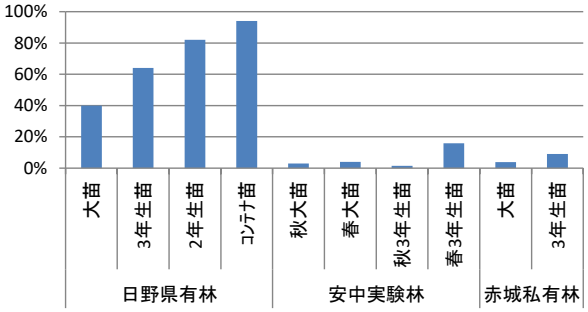


図―１　植栽後３成長期の樹高

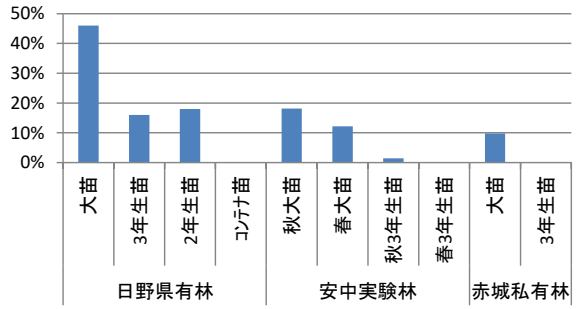


図－２　植栽後３成長期の根元径

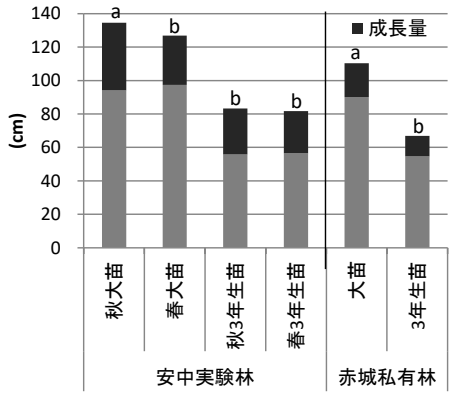
(箱の中の点は中央値、箱の上端と下端はそれぞれ第３四分位と第１四分位、上下のバーは最大値と最小値を示す。アルファベットは１%水準で有意差あり。)



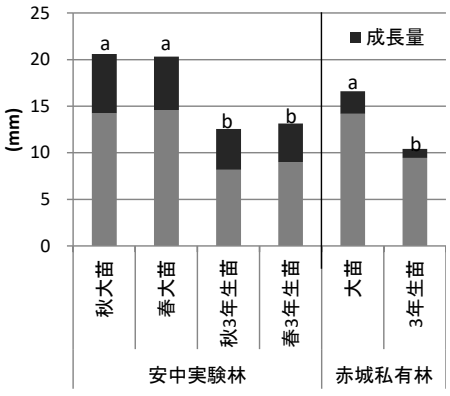
図―３　試験地別のシカ・ノウサギによる食害率
（平成 29 年 12 月現在）



図－４　試験地別のシカの角こすり率
（平成 29 年 12 月現在）



図―５　試験地別の植栽後１成長期の樹高



図－６　試験地別の植栽後１成長期の根元径

（アルファベットは１%水準で有意差あり。）

【研究成果】

コンテナ苗植栽初期の雪害発生を防止するための植栽方法の検討

富山県農林水産総合技術センター森林研究所　図子光太郎

１．はじめに

富山県のような日本海側の多雪地において、スギコンテナ苗を植栽すると裸苗に比べ積雪による倒伏を受けやすいことが確認されている（図子 2016 ; 図子 2018）。植栽木の倒伏は根元曲がりの形成つながることが知られており（平 1987）、多雪地帯でコンテナ苗を利用すると根元曲がりの発生を助長する可能性がある。そこで本研究では、スギコンテナ苗の植栽器具や植栽深を変えることによって倒伏や根元曲がりの発生を抑制できるかについて検討を行った。

２．調査地と方法

調査は富山県富山市八尾町上牧地内にある 71 年生スギ人工林皆伐跡地（1.5 ha、北緯 36° 29′ 8″、東経 137° 4′ 59″、標高 570 m、平均傾斜 23° ）で行った。メッシュ平年値 2010（気象庁 2012）から推定したこの伐採跡地の年平均気温は 10.1℃、年降水量は 2511 mm である。また、メッシュ平年値 2010 の気温と降水量および標高から推定した平均最大積雪深は 2.27 m である（相浦ら 2018）。

本調査で用いたコンテナ苗は富山県農林水産総合技術センター森林研究所（富山県中新川郡立山町吉峰）内の採種園で採取した優良無花粉スギ「立山 森の輝き」の種子から育成した 2 年生実生苗である。これらはビニールハウス内で内径 56 mm、高さ 160 mm となるよう調整された M スターコンテナを用いて育苗された。培地には緩効性肥料を添加したバーミキュライトを用いた。

皆伐跡地の南向きの尾根をまたぐ傾斜 13～38° の斜面に植栽試験区を設けた。2016 年 5 月 20 日に 100 本のコンテナ苗を試験区内に植栽した。植栽器具にはディブルと鍬を用い、さらにディブル植栽の場合には、根鉢の上端面と植穴周辺の地表面とが同じ高さになる普通植えと根鉢上端面が地表面より 5 cm 程度低くなる深植えを設けた。コンテナ苗の鍬植えでは、根鉢の高さよりやや深めの植穴を掘り、埋め戻した土によって根鉢が完全に隠れるよう植栽した。植栽本数はディブル普通植えが 40 本、ディブル深植えが 30 本、鍬植えが 30 本である。

植栽の翌年から年に 1 度 7 月に下刈りを実施した。また、根踏みや雪起こしなどの根元曲がりを軽減するための施業は行わなかった。

植栽直後に全個体の地際直径と樹高を測定し、その後 2016 年、2017 年および 2018 年の 10 月にも測定を行った。2017 年 5 月 12 日に積雪によって倒れた植栽木の倒伏角度を調べた。倒伏角度は幹の地際と先端を結んだ直線の角度を勾配定規により測定した。さらに 2018 年 10 月 21 日に根元曲がりの大きさを評価するため傾幹幅を測定した。傾幹幅は地際での樹幹の中心から地上高 50 cm における樹幹の中心までの水平距離を定規で測定した値である。従って、地上高が 50 cm に満たない個体については測定から除外した。

倒伏角度および傾幹幅に影響する要因を明らかにするため、倒伏角度および傾幹幅を従属変数に、植栽方法、植栽位置の斜面傾斜、積雪の影響を受けていない 1 成長期経過後の地際直径、樹高、形状比を説明変数として投入し、一般化線形モデルにより解析を行った。また、最適モデルを作成するため、モデルの赤池情報量規準（AIC）が最も低くなるよう変数選択を行った。

３．結果および考察

2017 年 5 月 12 日に測定した倒伏角度の平均値を植栽方法別に比較すると（表－1）、ディブル深植えの倒伏角度が最も小さく、次いで鍬植え、ディブル普通植えの順となった。また、2018 年 10 月 21 日に測定した傾幹幅の平均値を植栽方法別に比較すると、倒伏角度と同様に、ディブル深植えが最も小さく、次いで鍬植え、ディブル普通植えの順となった。

表-1 植栽方法別の倒伏角度と傾幹幅

植栽方法	倒伏角度（°）	傾幹幅（cm）
	平均 ± SD	平均 ± SD
ディブル普通植え	55.5 ± 19.7	22.5 ± 9.1
ディブル深植え	46.0 ± 23.9	17.4 ± 6.9
鍬植え	51.3 ± 18.6	19.6 ± 7.9

倒伏角度について一般化線形モデルを用いて解析を行ったところ、最適モデルには斜面傾斜のみが説明変数として採用され、急傾斜地ほど倒伏角度が大きくなる傾向が認められた（表－2）。一方、倒伏角度に対する植栽方法の明確な影響は認められなかった。

表-2 倒伏角度に関する一般化線形モデルによる解析結果

	推定値	標準誤差	t 値	*p*
切片	4.320	0.197	21.978	<0.001
斜面傾斜（°）	-0.014	0.007	-2.097	0.039

n=77, AIC=684.8

傾幹幅について一般化線形モデルを用いて解析を行ったところ、最適モデルには植栽方法と斜面傾斜が採用された（表－3）。植栽方法についてはディブル深植えとディブル普通植えの間に有意差が認められた。また、倒伏角度と同様に、急傾斜地ほど傾幹幅が大きくなる傾向が認められた。

表-3 傾幹幅に関する一般化線形モデルによる解析結果

	推定値	標準誤差	t 値	*p*
切片	2.641	0.218	12.093	<0.001
植栽方法：ディブル深植え	-0.278	0.127	-2.193	0.032
植栽方法：鍬植え	-0.182	0.129	-1.408	0.164
斜面傾斜（°）	0.017	0.007	2.377	0.021

n=66, AIC=482.1

富山県で行われたコンテナ苗と裸苗の生育を比較するための植栽試験において、ディブルを用いて植栽したコンテナ苗（ディブル普通植え）は裸苗に比べ倒伏の被害を受けやすいことが明らかになっている（図子 2016；図子 2018）。しかし、本調査の結果からディブルによる深植えを行うと、倒伏の抑制に対する明確な効果は認められないものの、根元曲がりの指標である傾幹幅はディブル普通植えに比べ明らかに減少した。コンテナ苗のディブル深植えはディブル普通植えに比べると植栽効率は劣るが、それでも裸苗の植栽よりは十分に効率的である（図子 2018）。また、ディブル深植えは乾燥による初期の活着不良を抑制する効果もある（図子 2018）。したがって、富山県のような多雪地においてコンテナ苗を植栽する場合にはディブル深植えを励行すべきであろう。

引用文献

相浦英春・中島春樹・石田仁（2018）富山県内を対象としたメッシュ平年値の気温と降水量による平均年最深積雪の推定．日林誌 100：174-177

平英彰（1987）スギ根元曲りの形成機構と制御方法に関する研究．富山県林誌研報 12：1-80

図子光太郎（2016）富山県におけるスギコンテナ苗の活用と留意点．富山県農林水産総合技術センター森林研究所 研究レポート 14：1-6

図子光太郎（2018）乾燥期に植栽したスギコンテナ苗と裸苗の活着、生育および積雪被害発生状況の比較　森林利用学会誌 33：73-80

【研究成果】

スギコンテナ苗の形状と植栽１成長期後の成長について

新潟県森林研究所　塚原雅美

１．はじめに

再造林の低コスト化を目的としたスギコンテナ苗の導入が全国的に進んでいる。再造林の低コスト化には定植後の速やかな成長が望まれるが、それに適したコンテナ苗の規格は明らかではない。そこで本研究では、規格別に分類したスギコンテナ苗を春植えし、１成長期後の秋に掘りとって、その間の成長とコンテナ苗規格との関係を明らかにすることを目的とした。

２．試験地と方法

新潟県南魚沼郡湯沢町三俣地内の再造林地内（宮嶋・小柳 2017、図－１）で、供試用のコンテナ苗（以下供試苗とする）を 2015 年７月６日に植栽し、同年の 10 月 30 日に掘りとった。この試験地は標高 700m、最深積雪 3.5mの多雪地であるため、この植栽時期は融雪後の裸苗による一連の再造林作業とおおむね同時期と考えて良い。最寄りのアメダス観測地点（湯沢、標高 350m）による植栽期間（7 月から 10 月）の気象条件は月平均気温が 20.7 度、月平均降水量が 186.4mm である。

供試苗は育苗期間 2013 年４月から 2015 年７月の３年生の実生苗で、露地栽培のコンテナ苗の標準的な育苗期間が終了した２年生秋に、林野庁のコンテナ苗規格に基づいた A、 B、 C の３クラスに分類した（表－１）。そして７月６日と 10 月 30 日にそれらの一部をクラス別にサンプリングし、苗長、直径および地上部の乾燥重量と地下部の乾燥重量（以下地上部重、地下部重とする）を計測した。

３．結果と考察

植栽時の７月と１成長期後の 10 月に掘りとった供試苗の直径と苗長の関係を図－２に、地下部重と地上部重の関係を図－３に示した。その結果、両者とも植栽時の７月よりも 10 月の供試苗の回帰直線の傾きが小さく、また、クラス A とその他のクラス B・C との差が大きかった（図－２、３）。このことから、再造林の低コスト化をはかるためにはより大きな苗を使用することが有効で、そしてそれは２年生の秋の時点で判断できることが明らかとなった。また、地上部重の増加が顕著な個体は苗長成長よりも葉量への資源配分が大きいと考えられ、それが翌年の苗長の成長に反映されれば他のクラスとの苗長の差はより広がる可能性がある。したがって、植栽木の苗長すなわち上長成長の評価は植栽後２成長期以降の調査によることが望ましい。

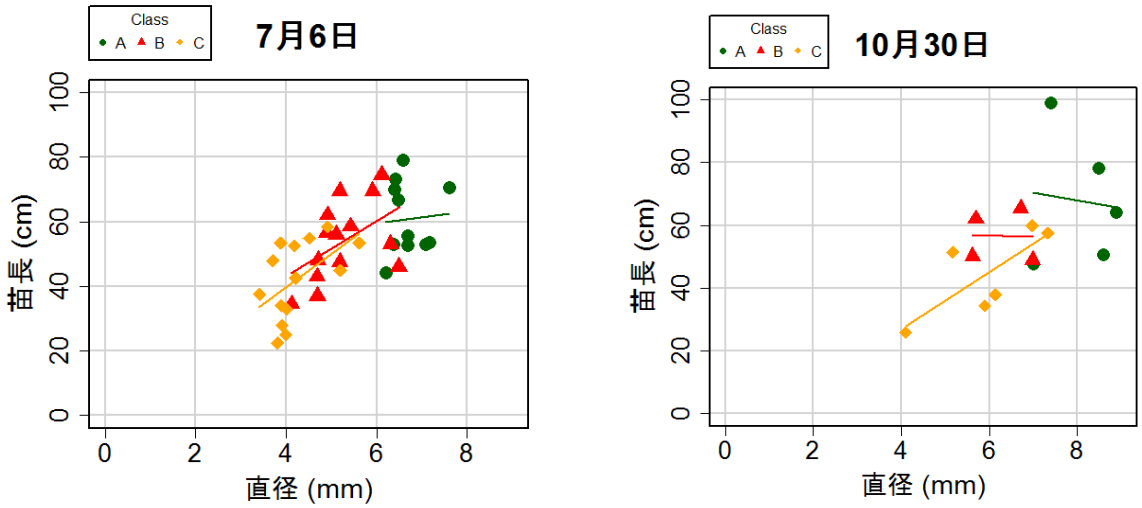
引用文献

宮嶋大介・小柳正彦 (2017) 多雪地の緩傾斜地におけるスギコンテナ苗の植栽功程と活着. 新潟森林研報 57: 31－36

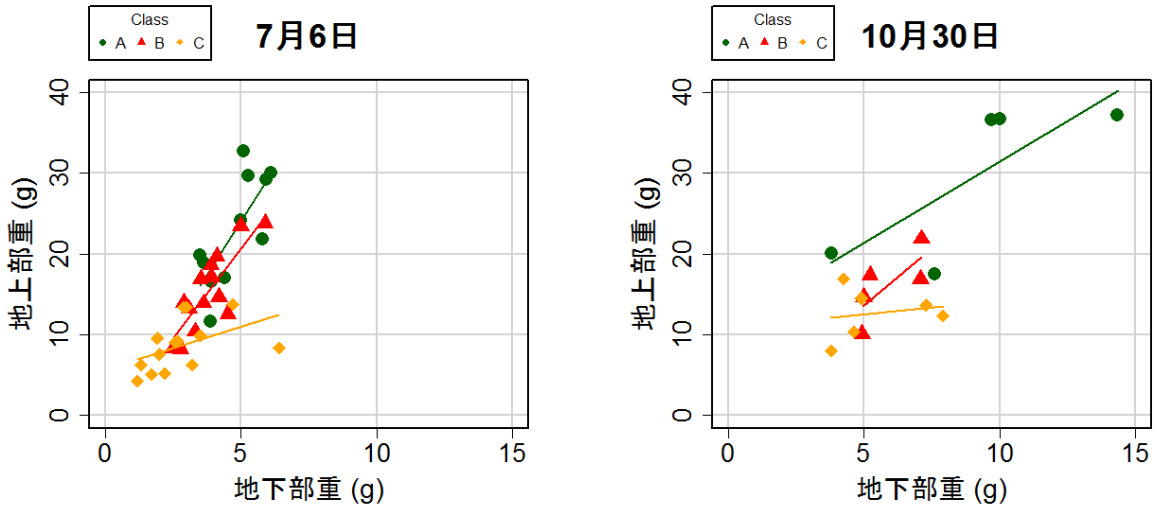
図－１　調査地の位置

表－１　クラス分類基準およびサンプル数

林野庁規格	苗長 (cm)	根元直径 (mm)	クラス	n 7月6日	n 10月30日
1号	50	6	A	11	5
2号	45	5			
3号	40	4.5	B	14	5
4号	30	4			
5号	30	3.5	C	14	6
6号	30以下	3.5 以下			



図－２　植栽時（７月６日）と１成長期後（10 月 30 日）の供試苗の直径と苗長の関係



図－３　植栽時（７月６日）と１成長期後（10 月 30 日）の供試苗の地下部重と地上部重の関係

【研究成果】

緩効性肥料を用いて育成したヒノキ・コンテナ苗の初期成長

渡邉 仁志[1]・茂木 靖和[1]・三村 晴彦[2]・千村 知博[2,3]
[1]岐阜県森林研究所・[2]中部森林管理局 森林技術・支援センター・[3]現：同 富山森林管理署

１．はじめに

コンテナ苗における初期成長の優位性は、裸苗との成長差がみられない事例が蓄積されたことにより、否定的になりつつある。しかし、コンテナ苗は培土付きで山出しされるため、育成期間より溶出期間の長い肥料（以下、緩効性肥料）を元肥にすれば、苗木の成長促進が図られる可能性がある。そこで、育苗時に施用した緩効性肥料がヒノキの成長に及ぼす影響を明らかにするため、植栽後 2 年間の成長をコンテナ苗と裸苗とで比較した（渡邉ら 2017）。

２．調査方法

供試苗木はヒノキの 2 年生裸苗と 1 年生苗をマルチキャビティコンテナ（JFA-300）に移植し、1 年間育成した 2 年生コンテナ苗である。コンテナ苗の培地には、ココナツハスク 70、籾殻 30、籾殻炭 3 を約 10ℓ に調整した培土に、10g/培土 1ℓ の緩効性肥料（N16-P5-K10、溶出日数 700 日）を元肥として混合した。この肥料は約 700 日で含有窒素の 80%が徐々に無機化されるため、育苗期間を経てもなお、植栽後に約 1 年間の肥効が期待できる。

調査は、岐阜県下呂市の高天良国有林（標高 720～730m、土壌型 $B_D(d)$）の西向き緩斜面（平均傾斜 11 度）で行った。2014 年 4 月に、隣接する 2 箇所の調査区（各約 350m^2）にコンテナ苗、裸苗を 97 本ずつ植栽し、植栽時（2014 年 4 月）、2014 年 7 月、植栽 1 年目期末（2015 年 3 月）、植栽 2 年目期末（2015 年 12 月）の対象個体（枯死個体、食害や誤伐個体、他の調査に供するため掘り取った個体以外の個体）の樹高、根元直径を計測し、植栽 2 年目期末の生存数から生存率を計算した。また、樹高と直径の比（樹高／根元直径）を比較苗高とし、これを苗木形状の指標とした。成長は単純成長量と相対成長率により評価した。

３．結果と考察

2 成長期後の生存率はコンテナ苗が 100%（計測個体 86 本に対し枯死本数 0 本）、普通苗が 91.9%（同 86 本に対し枯死本数 7 本）で、コンテナ苗に優位性がみられた。

植栽時の平均樹高はコンテナ苗の方が大きく、この傾向は調査期間中継続した（図-1a）。植栽 1 年目、2 年目の樹高成長量はコンテナ苗の方が大きかった（表-1a）一方、相対樹高成長率は 1 年目にはコンテナ苗の方が、2 年目には裸苗の方が高かった（表-1b）。植栽時の根元直径は裸苗の方が大きかったものの、それ以降はコンテナ苗の方が大きくなった（図-1b）。根元直径成長量は両期間ともコンテナ苗の方が大きかった（表-1a）。一方、相対根元直径成長率では、1 年目には認められた差が 2 年目にはみられなくなった（表-1b）。比較苗高は時間経過とともに低減する傾向がみられ、その傾向はコンテナ苗で特に顕著であった（図-1c）。両苗種の比較苗高には調査期間を通じて差がみられたが、2 年目期末にはその差が縮小した（図-1c）。

本研究のヒノキ・コンテナ苗は、裸苗と比べ樹高成長量が常に大きかった（表-1a）。これに対して、一般的な傾向としてはコンテナ苗の初期成長は裸苗と同等程度であると報告されており、この原因として、コンテナ苗の比較苗高や形状比（比較苗高と同義）が高く徒長気味であるため、直径成長を優先する傾向にあることが挙げられている。本研究のコンテナ苗も植栽時

の平均比較苗高が 100 を超えていた（図-1c）ため、樹高成長は小さいと予想された。しかし、実際には、植栽 1 年目から樹高成長量、根元直径成長量ともに大きく、裸苗にサイズが劣ることはなかった（図-1a、b）。これには、育苗時の元肥として溶出期間が長い肥料（植栽後も肥効が持続していると考えられる）を施用したことが影響していると推測された。しかし、本研究のコンテナ苗も樹高や根元直径、および両成長量では、常に裸苗を上回っていた反面、植栽 2 年目の相対成長率は、根元直径成長率で同等になり、樹高成長率では下回った（表-1）。施肥後 2 年間が経過し、肥効による成長促進効果が低下しつつあることを示している。

以上より、ヒノキ・コンテナ苗育成時の緩効性肥料は植栽初期の成長促進に有効であるものの、その影響は時間経過とともに低減することが示唆された。とはいえ、下刈り期間の短縮を目的にするならば、苗木の成長促進は植栽後の数年間持続すればよい。何より根鉢に肥料を施用した状態で植栽できることは、コンテナ苗の特性のひとつである。施肥条件をさらに詳しく検討することにより、成長に優れたヒノキ苗を作出できる可能性がある。

コンテナ苗の育成から植栽後の成長までを一貫して解析した事例はほとんどない。そのため、いろいろな条件で育成された苗木が、来歴不明なまま評価されてきた。苗木の初期成長を議論する場合には、基本情報として苗木の育成方法にも注意を払うことが望まれる。

引用文献

渡邉仁志・茂木靖和・三村晴彦・千村知博（2017）ヒノキにおける実生裸苗と緩効性肥料を用いて育成した実生コンテナ苗の初期成長. 日林誌 99：145-149

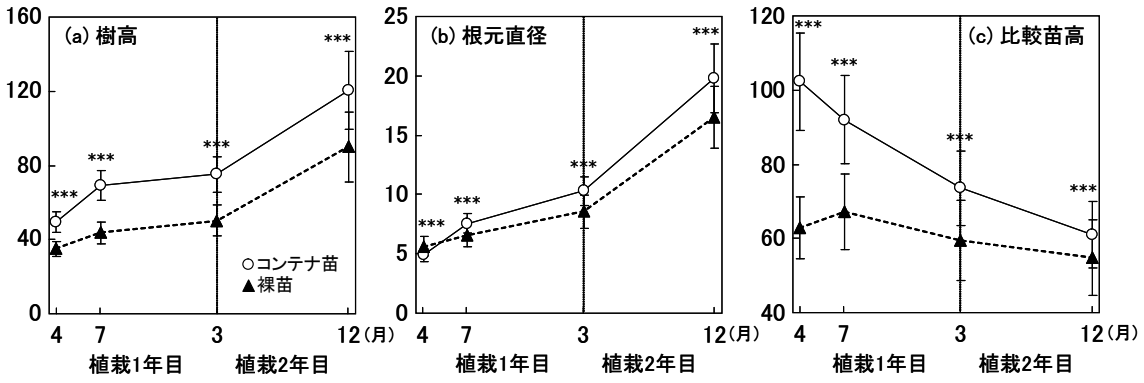


図-1　苗木の樹高（a）、根元直径（b）、および比較苗高（c）の推移

バーは標準偏差を示す。図中のアスタリスクは苗種間の有意差（Welch の t 検定）を示す。

表-1　調査期間ごとの苗木の成長量（a）と相対成長率（b）

(a) 成長量

期間	樹高成長量 (cm)		根元直径成長量 (mm)	
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
植栽1年目	25.4 ± 8.1 [a]	15.5 ± 7.1 [b]	5.4 ± 1.1 [a]	2.9 ± 0.9 [b]
植栽2年目	45.9 ± 16.3 [a]	39.0 ± 13.8 [b]	9.6 ± 2.7 [a]	8.0 ± 2.0 [b]
全期間	71.0 ± 19.6 [a]	55.2 ± 17.8 [b]	14.9 ± 2.9 [a]	10.9 ± 2.3 [b]

(b) 相対成長率

期間	相対樹高成長率		相対根元直径成長率	
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
植栽1年目	0.45 ± 0.13 [a]	0.39 ± 0.16 [b]	0.81 ± 0.14 [a]	0.46 ± 0.13 [b]
植栽2年目	0.63 ± 0.19 [a]	0.75 ± 0.20 [b]	0.88 ± 0.20 [a]	0.89 ± 0.19 [a]
全期間	0.53 ± 0.11 [a]	0.56 ± 0.13 [a]	0.84 ± 0.10 [a]	0.65 ± 0.10 [b]

平均±標準偏差で示す。異なる符号は苗種間の平均値に有意差(Welchのt検定)があることを示す。

【研究成果】

スギコンテナ苗と裸苗の時期別植栽試験１年目の結果

千葉県農林総合研究センター森林研究所　荒木功介

１．はじめに

マルチキャビティコンテナ苗（以下，コンテナ苗）は、活着が良く植栽時期の自由度が高いこと、初期成長が良いことが期待されている（１）。このため、造林コストの低減のために全国各地で進められている伐採ー造林一貫作業に適した苗木として普及しつつある。コンテナ苗の根鉢の形状は細長く、裸苗に比べて小さい植穴で植栽が可能である。このためディブルなどの専用の植栽器具や、クワを用いたいわゆる一鍬植えが可能であるが、その植栽効率についての評価は定まっていない。本研究では、春から秋にかけての時期別にコンテナ苗をディブルとクワで、裸苗をクワで植栽し、活着、初期成長、各植栽方法の植栽効率を比較した。

２．調査方法

2017 年 2 月に伐採された鴨川市の嶺岡山県有林のスギ皆伐跡地に、2017 年 4 月、6 月、10 月に 2 年生コンテナ苗（JFA300 コンテナ使用）と 3 年生裸苗を 3 回繰り返す配置で植栽し、12 月に活着率を調査した。コンテナ苗はディブルとクワで、裸苗はクワで植栽した（表 1）。4 月と 6 月の植栽木は植栽時の樹高を測定し、12 月の樹高との差から樹高成長量を算出した。また 6 月の植栽時に、植栽作業を動画で撮影し、動画から苗木 1 本あたりの植栽所要時間を測定した。

表１　植栽時期，植栽方法別の本数（本）

		コンテナ苗 ディブル	コンテナ苗 クワ	裸苗
1区	4月	17	18	17
	6月	16	10	10
	10月	11	11	22
2区	4月	10	12	25
	6月	13	11	11
	10月	11	10	17
3区	4月	10	10	21
	6月	12	14	15
	10月	10	10	11

３．結果と考察

（１）活着率

植栽時期別の活着率を図 1 に示す。裸苗は，4 月では 76%、6 月では 42%とコンテナ苗に比べて活着率が低く、6 月植栽では 3 区に植栽した 15 本すべてが枯死した。活着した植栽木も、主軸の上半分が枯れる「半枯れ」が多くあった。これに対し、コンテナ苗はいずれの植栽時期、植栽方法でも活着率が 97%～100%と高かった。

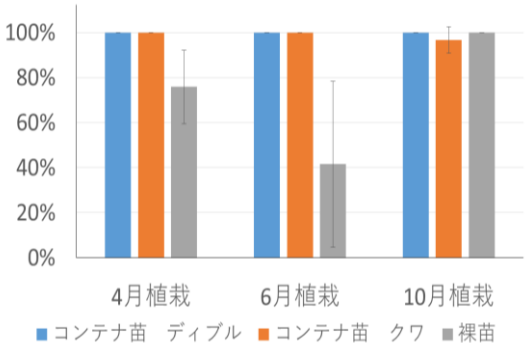


図１　植栽時期別，植栽方法別の活着率

注）活着率は 12 月調査

（２）樹高成長と樹高成長量

4 月植栽、6 月植栽それぞれの樹高成長と樹高成長量を図２、図３に示す。4 月植栽のコンテナ苗は裸苗に比べて植栽時の樹高が低いが、植栽後の樹高成長量が大きく、12 月の樹高差は植栽時

よりも小さくなった。6 月植栽のコンテナ苗は 4 月植栽と同様に裸苗に比べて植栽時の樹高が低いが、裸苗は半枯れが多かったため 12 月の樹高が低くなり、コンテナ苗と裸苗の樹高はほぼ等しくなった。

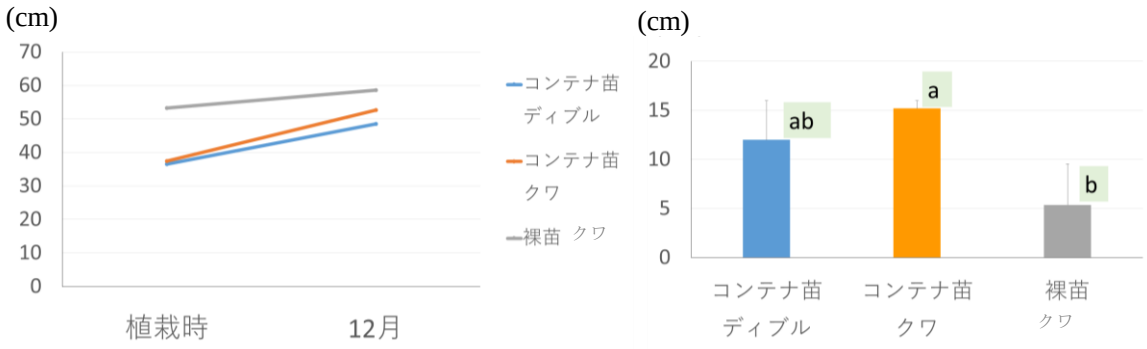


図２　4 月植栽の樹高成長（左）と樹高成長量（右）

注）異なる英小文字間には tukey 法により５％水準で有意差有り

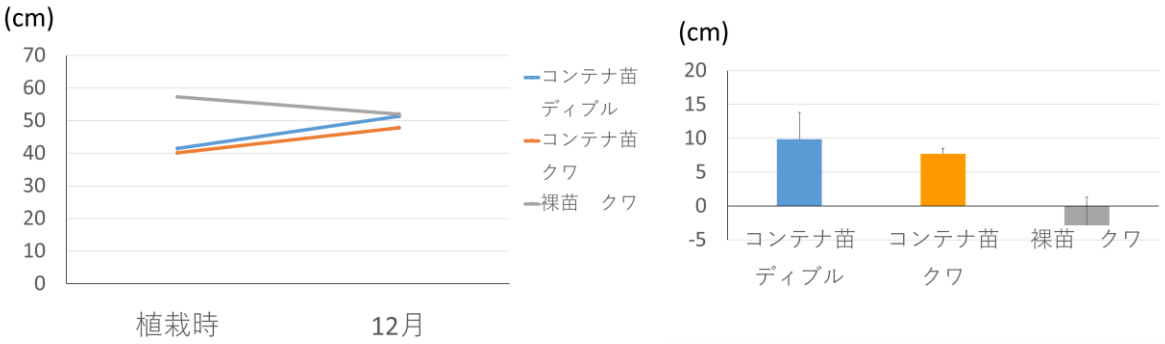


図３　6 月植栽の樹高成長（左）と樹高成長量（右）

注）コンテナ苗の植栽器具間の有意差なし

（３）植栽効率

6 月植栽時の植栽方法別の苗木 1 本当たりの植栽時間を図 4 に示す。各植栽方法を 3 人の作業者が 1 回ずつ（10 本～16 本）行った。植栽地の土壌は比較的大きな石が多く混じり、植穴を掘りなおす場合があった。それらの場合を除いた苗木 1 本あたり植栽時間（点線囲み部分）はコンテナ苗をディブルで植栽する方法が平均 19.9 秒、コンテナ苗をクワで植栽する方法が平均 29.2 秒、裸苗をクワで植栽する方法が平均 34.2 秒であり、コンテナ苗をディブルで植栽する方法が最も効率がよかった。

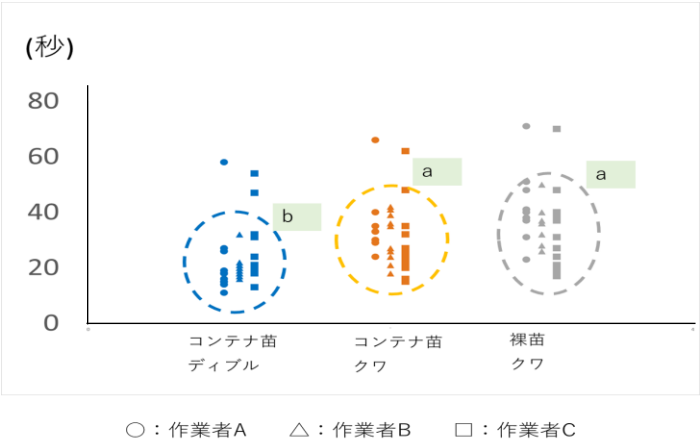


図４　6 月植栽における植栽方法別の植栽時間

注１）異なる英小文字間には tukey 法により５％水準で有意差有り

２）苗木１本あたりの植栽時間で移動時間は含まない

引用文献

（１）林野庁（2010）平成 21 年度森林・林業白書.

【研究成果】

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

長野県林業総合センター　大矢信次郎・清水香代

１．はじめに

マルチキャビティコンテナ苗（以下、コンテナ苗）は植栽時期の自由度が高く、植栽後の活着、初期成長が良いことが期待されている（林野庁 2010）。厳寒期と真夏を除けば一年を通じて植栽が可能であるとされていることから、造林コストの低減のために全国各地で進められている伐採－造林一貫作業に適した苗木として普及しつつある。しかし、コンテナ苗の初期成長に関する報告は、普通苗に対して良好とする結果（金澤 2012、大矢 2015、横山・佐々木 2013）がある一方で、同等であるとする事例（山川ら 2013）や劣るとする事例（平田ら 2014）があり、その評価は定まっていない。また、カラマツの大苗はサイズが普通苗に比べて 1～2 年相当分樹高が大きいため、下刈り期間の短縮に期待が寄せられるが、初期成長特性に関する調査事例は少ない。本研究では、カラマツを対象として植栽から 3 成長期を経過したコンテナ苗及び大苗の成長量を普通苗と比較し、初期成長量を評価するとともに、それに及ぼす下刈り手法の影響について検討した。

２．調査方法

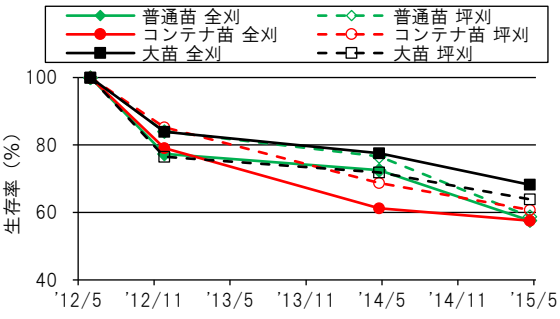
長野市大岡の標高約 1、150ｍに位置する大岡県有林のカラマツ皆伐跡地において、2012 年 5 月下旬に 1.12ha の試験地を設定し、普通苗、コンテナ苗、大苗を植栽した（図－1）。各試験区の設定は、地位の違いを考慮し上部、中部、下部の 3 カ所において行い、下刈り手法を全刈りと坪刈りに区分して施業を行った。植栽した苗木は、普通苗が 2 年生の中規格（苗高 35cm 以上）で平均苗高 40cm（n=751）、大苗は 2 年生の大規格（苗高 70cm 以上）で平均苗高 86cm（n=602）、コンテナ苗は 3 年生の中規格（苗高 35cm 以上）で平均苗高 43cm（JFA150 コンテナ使用、n=528）であった。なお、コンテナ苗は 1 年生裸苗をコンテナに移植し露地で 2 年間育成したもので、大苗は普通苗と同じ 2 年生であるが成長が相対的に良好であった苗木である。各植栽木の樹高及び根元直径の毎木調査及び生死判定は、植栽直後と毎年成長期後に行った。

３．結果と考察

（１）各苗木由来の植栽木の成長

植栽から 3 成長期経過時点の各苗木由来の植栽木の生存率（全刈り区、坪刈り区込み）は、大苗が普通苗とコンテナ苗と比較して有意に高かった（図－1、logrank 検定、P<0.05）。一方、コンテナ苗と普通苗の生存率に有意差は認められなかった。大苗は、3 成長期を経て競合植生を上回る樹高となったことが推察され、新たに枯死する個体が減少したものと推察された。

次に、樹高については、コンテナ苗の樹高成長



図－1. 植栽後の生存率の推移

※各種苗木内の全刈り･坪刈りの生存率に有意差なし(logrank 検定、P>0.05)
※大苗は、普通苗及びコンテナ苗に対して有意に生存率が高い（logrank 検定、P<0.05）

量が 2 成長期目より加速して 52cm/年となり、平均樹高は 119cm に達し、大苗との樹高差を 1 年前より 14cm 縮めた（図-2）。しかし、3 成長期後においても大苗が優位にあることに変化はなく、平均樹高は 149cm となり、3mを超える個体も出現している。また、普通苗の樹高成長量はコンテナ苗より有意に小さく、コンテナ苗との樹高差は拡大する傾向にあった。

一方、根元直径は、3 成長期後においてもコンテナ苗と普通苗に有意差は認められず、依然として大苗に優位性があり、その差は拡大傾向にある（図-3）。3 成長期目のコンテナ苗の直径成長量は、普通苗に比べて平均値で 0.5mm ほど上回っているものの有意差はなく、大苗より有意に小さい状態であった。

２．成長等に及ぼす下刈り手法の影響

カラマツの各種苗木内における下刈り区分による生存率に有意差はなく、坪刈りが生存率に影響を及ぼす可能性は小さいと推察された。また、坪刈り区における各植栽木の成長量を全刈り区と比較すると、普通苗、コンテナ苗においては樹高成長に負の影響を及ぼしていた（図-3）。一方で、大苗は樹高成長に下刈り区分による有意差は認められなかった。このことは、植栽時の樹高が比較的小さかった普通苗及びコンテナ苗に対して、大苗は初期サイズが大きかったことから、競合植生との競争に有利であり、坪刈りでも周囲の植生の影響を受けにくかったことを示唆している。しかし、大苗も根元直径に関しては 3 成長期目に坪刈り区で負の影響を受けており、絶対的な光量不足は否定できないと考えられた。

引用文献

（１）平田令子・大塚温子・伊藤哲・髙木浩（2014）スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後 2 年間の地上部成長と根系発達．日林誌 96:1-5

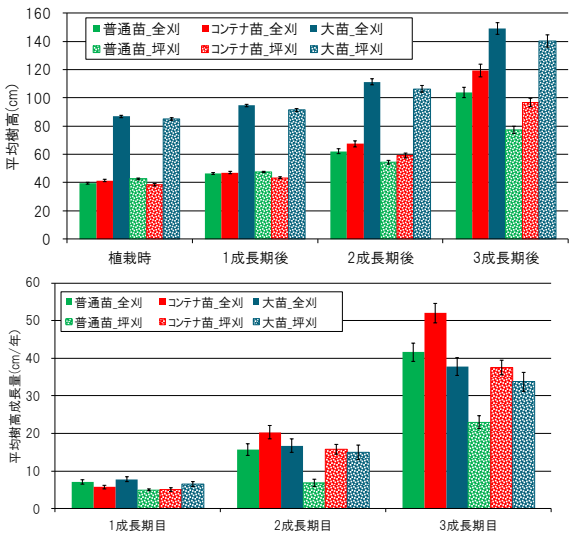
（２）金澤巖（2012）コンテナ苗木生産と低コスト造林．現代林業 555:26-30

（３）大矢信次郎（2015）カラマツのコンテナ苗及び大苗の植栽 2 年後における成長量評価．中森研 63:45-46

（４）林野庁（2010）平成 21 年度森林・林業白書．

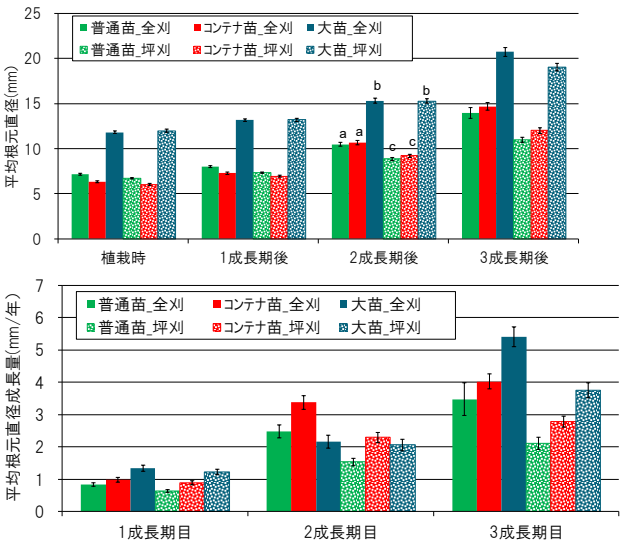
（５）山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三（2013）植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後 1 年目の活着と成長に及ぼす影響．日林誌 95:214-219

（６）横山誠二・佐々木尚三（2013）コンテナ苗植栽試験について～北海道でのコンテナ苗生長状況～．北森研 61:101-104



図－2．樹高及び樹高成長量の推移

エラーバーは標準誤差。異なる符号は有意差があることを示す(Tukey-Kramer の多重比較検定、$P<0.05$)。



図－3．根元直径及び根元直径成長量の推移

エラーバーは標準誤差。異なる符号は有意差があることを示す(Tukey-Kramer の多重比較検定、$P<0.01$)。

【研究成果】

群状伐採地へ樹下植栽された落葉広葉樹3種における樹高成長

山梨県森林総合研究所　田中　格・長池　卓男・長谷川　喬平

１　はじめに

山梨県では、平成24年度から森林環境税が創設されたことにより、針広混交林造成への要望が高まっている。そこで、スギ・ヒノキ人工林を群状伐採し、落葉広葉樹を樹下植栽して造成した針広混交林において、植栽された落葉広葉樹の樹高について経年調査を行うことにより、群状伐採による針広混交林造成の可能性について検討した。

２　試験研究方法

試験地は山梨県南部に位置する標高 800m の県有林で、スギとヒノキが混交した 55 年生人工林を樹高の長さ（30m）で群状伐採し、ケヤキ、クリ、コナラの落葉広葉樹 3 種を樹下植栽して造成した針広混交林である。なお、試験地は食害防止ネットで囲まれ、ニホンジカの食害を受けていない。また、植栽した落葉広葉樹 3 種は混植せず、1 つの伐採群に 1 樹種の植栽とした。調査は植栽 3 年後（田中、2014）および植栽 7 年後に各樹種の樹高を測定し比較検討した。また伐採群の中央と林縁で樹高成長の差があるかを樹種ごとに把握するため試験地を 5m メッシュで 6 行×6 列の 36 区画に区分し、各区画の植栽 3 年後と 7 年後の樹高について比較検討した。

３　結果と考察

各メッシュ間の樹高を比較した結果、植栽3年後、7年後のいずれにおいても全ての樹種で群中央と林縁で差は認められなかった（図-1、図-2、図-3）。また、植栽3年後と植栽7年後において樹種ごとの平均樹高には有意差が認められクリ＞ケヤキ＞コナラと同じ傾向を示し、植栽7年後の樹高が3年後の樹高と比べて有意に大きな値を示していた（図-4）。このことから、樹高の長さで群状伐採され造成された針広混交林では、樹下植栽された落葉広葉樹の樹高は、植栽7年を経過しても群中央と林縁で樹高成長に差はなく、全ての樹種で植栽7年を経過しても樹高成長が衰えることなく継続していることが明らかとなった。以上のことから、針葉樹人工林の樹高幅による群状伐採は、針広混交林造成の有効な手法の1つである可能性が高いことが示唆された。

引用文献

田中　格（2014）群状伐採地に植栽された落葉広葉樹苗木の成長．　第125回日本森林学会大会

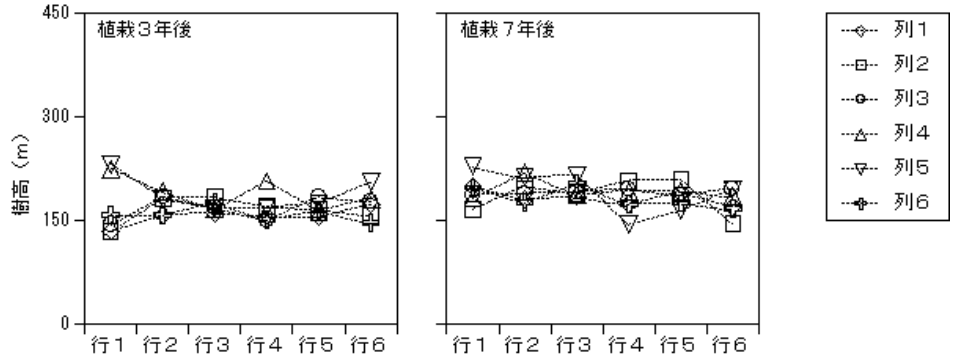


図-1 群状伐採地に樹下植栽したケヤキにおける樹高成長の追跡調査結

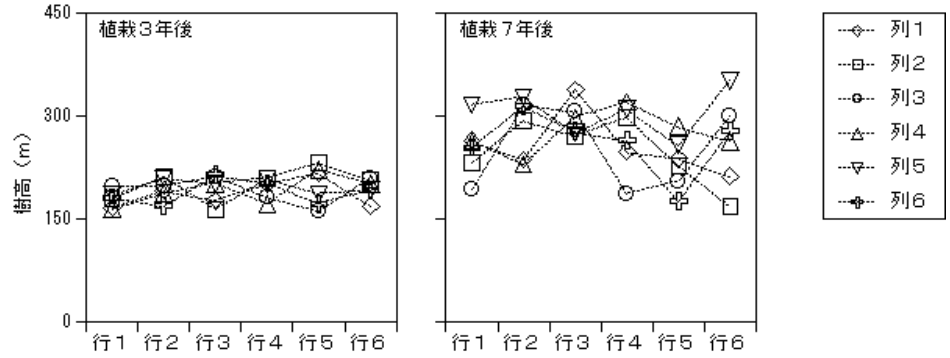


図-2 群状伐採地に樹下植栽したクリにおける樹高成長の追跡調査結果

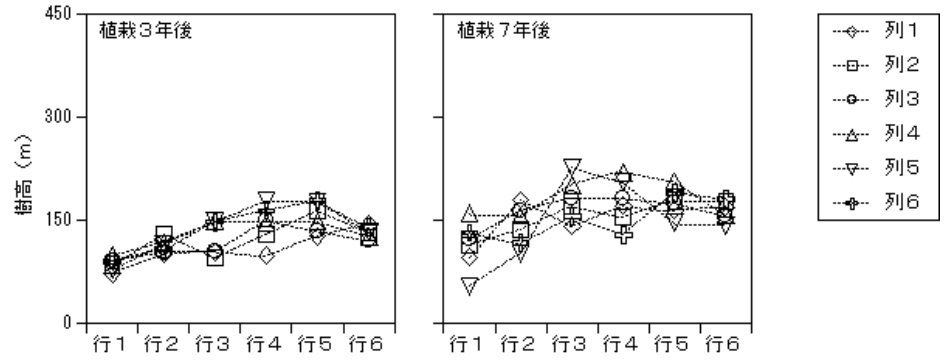


図-3 群状伐採地に樹下植栽したコナラにおける樹高成長の追跡調査結

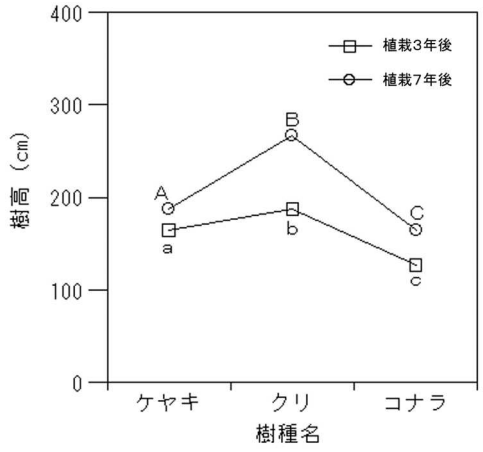


図-4 群状伐採地植栽木の植栽 3 年後 7 年後の樹高比較

（註 1）図中のアルファベットは独立 2 群の有意差検定結果

（註 2）異なるアルファベットは 0.1%の危険率で有意差あり

【研究成果】

マツ枯れ被害跡地における広葉樹への更新について

長野県林業総合センター　清水香代

１．はじめに

長野県内では、近年、マツ材線虫病（以下、マツ枯れとする）が各地で広がり、平成 30 年度には県内 77 市町村のうち 51 箇所が被害市町村となり、その対策に苦慮している。予防策としては、更新伐や主伐による樹種転換を行い、被害を受けにくい健全な森林へ誘導していくことが重要となる。アカマツ林の多くは林床に多くの広葉樹が成立していることがわかっているが、県内では実際に生育している樹種について本数、樹高、胸高直径について、更新伐実施前後で継続的に調査した事例は報告されていなかった。そこで、アカマツ林分で、天然生個体を用いた樹種転換が可能かを把握することを目的として、実際に樹種転換を実施した林分について調査を行った。また、実際には広葉樹を植栽する林分もあるため、植栽を実施した林分の植栽木の成長についても調査したので報告する。

２．方法

調査は、長野県中部の安曇野市明科（以下、明科調査地）及び、東部の上田市仁古田（以下、仁古田調査地）で実施した。明科調査地では、更新伐実施前の 2013 年 3 月と伐採直後の 2013 年 11 月、5 年経過後の 2018 年 2 月に林床に生育する樹高 1.2m 以上の天然生樹木の樹種、樹高、胸高直径、競合植生の種類や被度について調査した。仁古田調査地では、アカマツを伐採した後にクリ及びサクラを植栽した林分で、植栽から約 10 年が経過した 2015 年 3 月に植栽木の生育状況（樹高、胸高直径）と植栽木以外の天然生樹種の発生本数と樹高を調査した。

３．結果

明科調査地の結果を図-1 に示す。当該地では、更新伐実施前で樹高 1.2m以上の高木性樹木が 5,800 本/ha、伐採直後でも林床には 4,033 本/ha が生残していた。一番多く生育していたサクラ類は 1,517 本/ha あり、そのうち樹高 2.0mを超えた個体の生育本数は 1,300 本/ha で、全体の約 85.6%を占めていた。次に生育本数の多かったコナラは 1,450 本/ha で、樹高 2.0m を超えた個体は 900 本/ha と全体の約 62%を占めていた。

伐採後 5 年が経過した 2 回目の調査では、高木性樹種の合計で 10,143 本/ha と伐採直後の 2.5 倍の本数に増加していた。また、競合植生（主にササやススキ等の桿高が高い多年生草本類）の高さを超える 2.5m 以上の個体が 5,000 本/ha 生育していたことから、天然更新初期としては順調に更新が行われていると判断された。

しかし、同様の作業を行った隣接林分の一部において更新伐実施以前より林床にササが確認されていた部分を調査した結果、伐採直後で高木性樹種は 1,000 本/ha、平均樹高が 1.6m だったのに対し、ササの桿高は 0.8m、被度は約 42%と高かった。同林分の伐採から 5 年経過後ではササの桿高は 1.3m に上昇していた一方で、ササの桿高を超える高木性樹種も 4,700 本/ha に増加していた。このことから、更新初期の発生本数としては少ないものの、確認できた個体は全てササの桿高 1.3m を超えていたため、現在発生している個体についてはササによる被圧の可能性は低いと判断した。

次に、樹種転換でクリとサクラを 5,000 本/ha 植栽した仁古田調査地の植栽木を調査した結果、

1,500 本/ha 生残し、そのうち 50%が誤伐を受け多幹化していた。広葉樹の誤伐が多いことはこれまでにも指摘されており、広葉樹を植栽した場合は、誤伐防止策として標識テープ等でマーキングを行ったり、大苗の植栽を行うなどの配慮が必要といえた。植栽されたクリ及びサクラと、植栽木以外の主な高木性樹種であるアカマツやコナラの樹高及び胸高直径分布を比較した。その結果、コナラは植栽木と同程度の分布で成長していた(図-2)。なお、コナラ 63 個体のうち、30 個体が複数幹で萌芽由来と判断できた。また、アカマツは 4,800 本/ha 発生していたものの、その他の樹種と比較すると樹高は低かったため、広葉樹林への誘導は可能と考えられた。以上より、植栽木の生残本数は誤伐等の影響で 2 種類の平均で 1,500 本/ha と少なかったが、天然更新木を含めた本数は 15,000 本/ha に達していたことから、樹種転換は順調に推移していると判断できた。

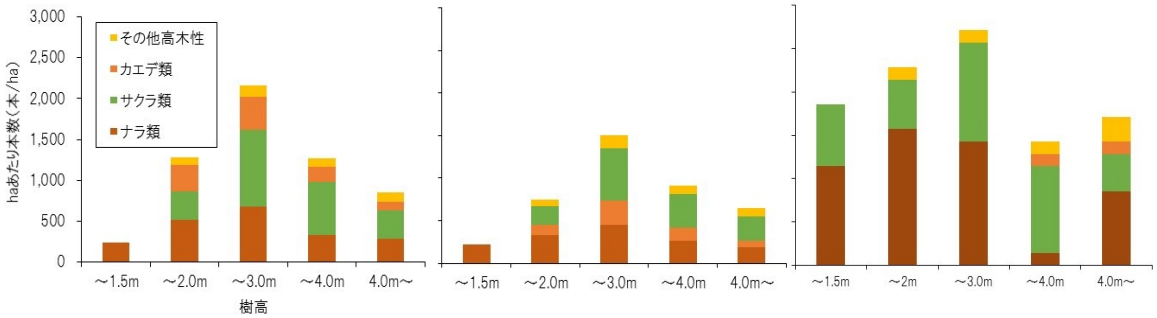


図-1　更新伐実施前と実施後の高木性樹木の各樹高別の本数の変化（明科調査地）
（左：実施前・中央：実施直後・右：5 年後）

写真-1　更新伐実施から 5 年が経過した調査地（明科調査地）

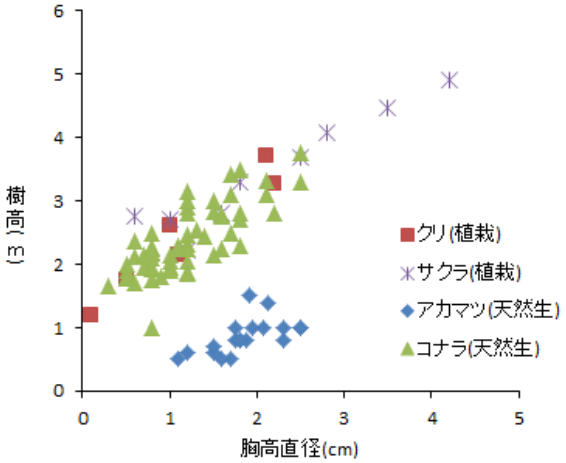


図-2　植栽木と主な天然生樹種の樹高と胸高直径分布(仁古田調査地)

写真-2　植栽後約 10 年が経過した林分状況（仁古田調査地）

【研究成果】

再造林放棄地における後継植生の成長

静岡県農林技術研究所森林･林業研究センター　加藤　徹

１．はじめに

各地で戦後に拡大造林された広大な人工林が既に伐期を迎えているが、材価の低迷から伐採が進んでいない。また、材価の低迷は林業に対する意欲を減退させるとともに、林業の担い手を少なくさせてもいる。その結果、スギ・ヒノキ人工林を皆伐しても再造林をしない放棄地が近年増えている。

もし、天然更新が順調に進み速やかに成林するようなら、林業経営が成り立たないような立地条件の悪い場所などで、伐採を推進させるための有効な手法になると考えられる。そのため、経過年数が様々な再造林放棄地の後継植生の実態を調査し、皆伐後に後継植生がどのように変化していくのかを解明するために調査を行った。

２．調査地と方法

調査は静岡県島田市と榛原郡川根本町の大井川中流域および静岡市葵区の安倍川中流域にある標高 1000m 未満のスギ・ヒノキ人工林を皆伐して、1 から 31 年経過した再造林放棄地 56 箇所で行った（図-1）。なお、川根本町下泉には約 70ha の人工林を 11 年間にわたり断続的に皆伐したものの再造林しなかった場所があり、そこでは集中して 20 箇所の調査区を設けた。

調査地には 10×10m の方形区を設定し、樹高 2m 以上の木本を対象に樹高と胸高直径を測定した。なお、皆伐後の経過年数が 4 年以下の場合は方形区を 5×5m、調査対象を樹高 1.2m 以上とし、同経過年数が 1 年の場合は、当年実生は本数だけを計数し、それ以外のすべての木本の根元径と樹高を計測した。調査地の伐採時期については、土地所有者や森林管理者、森林組合に聞き取り調査を行った。

３．結果と考察

すべての調査区がシカの生息域内であるが、伐採後 5 年以上経過した調査区では、樹高 2m 以上の木の密度は 2900～30600 本/ha（平均±SD：13100±6600 本/ha）あった。

皆伐後の経過年数と平均樹高･胸高直径の関係を図-2 に示す。なお、平均樹高・胸高直径は、すべての木を対象とすると後から生えてきたものや被圧された小さな木の影響を受けてしまうので、材積の上位 30 本（上層木）だけを対象とした。

皆伐後の経過年数と上層木の樹高･胸高直径は正の相関があり（r=0.85、r=0.84、ともに p<0.01）、皆伐後の後継植生は順調に成長していったことが分かった。そして、概ね 20 年くらいで上層木は樹高が 10m、胸高直径が 10 ㎝を越えていた。ただし、約 30 年経過した 3 林分は約 20 年経過した林分と大きさがほとんど同じであった。

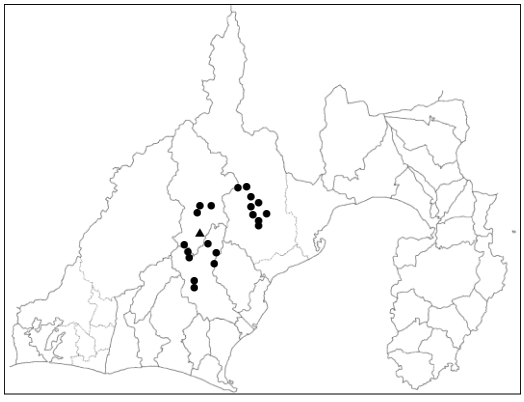


図-1　調査地の位置図

「▲」は 20 箇所の調査区を集中して設置した川根町下泉の調査地を示す。

上層木の種について高木種、小高木種、低木種について分け、さらに高木・小高木種については、先駆種と二次林種、遷移後期種に区分した。各調査区の高木・小高木種を対象に、先駆種、二次林種、遷移後期種の構成割合について、皆伐後の経過年数との関係を図-3 に示す。遷移後期種はほとんどの調査区で構成割合が低く、皆伐後の経過年数とは相関がなかった（r=-0.26、p>0.05）。先駆種は皆伐後の経過年数が短い調査区ほど構成割合が大きく、経過年数が長いほど構成割合が小さくなる傾向があった（r=-0.37、p<0.05）。一方で、二次林種は皆伐後の経過年数が短い調査区ほど構成割合が小さく、経過年数が長い調査区ほど構成割合が大きくなる傾向があった（r=0.68、p<0.01）。このことから、皆伐後に埋土種子起源の先駆種が急速に成長し、上層木の多くを占めるが、やがて寿命の短い種が多い先駆種に代わり、二次林種の構成割合が次第に高くなっていったことが伺われた。しかし、遷移後期種が増えるには、この調査で最も長い 31 年という皆伐後の経過年数でも足りないことが分かった。

高木・小高木種に加え低木種も含めてそれらの構成割合の変化を図-4 に示す。なお、低木種は株立ちのものと単木のものに分けて図示するが、皆伐後 4 年以下でも株立ちのものは約半数を占めていた。皆伐後に発芽したものが初期段階で株立ちになるとは考えにくいので、これらは少なくとも皆伐前から林内に生えていたものと考えられる。つまり、皆伐後の初期段階では元々林内に生育していた低木種が成長し上層を優占すると考えられた。その後は、埋土種子起源の高木・小高木種の先駆種が急速に成長し上層を優占すると考えられた。しかし、寿命の短い種が多い先駆種は、皆伐後 20 年程度で二次林種に置き換わっていくと考えられた。ただし、20 年を越える再造林放棄地の事例は少ないので、このことはしばらく経ってからもう一度検証する必要がある。

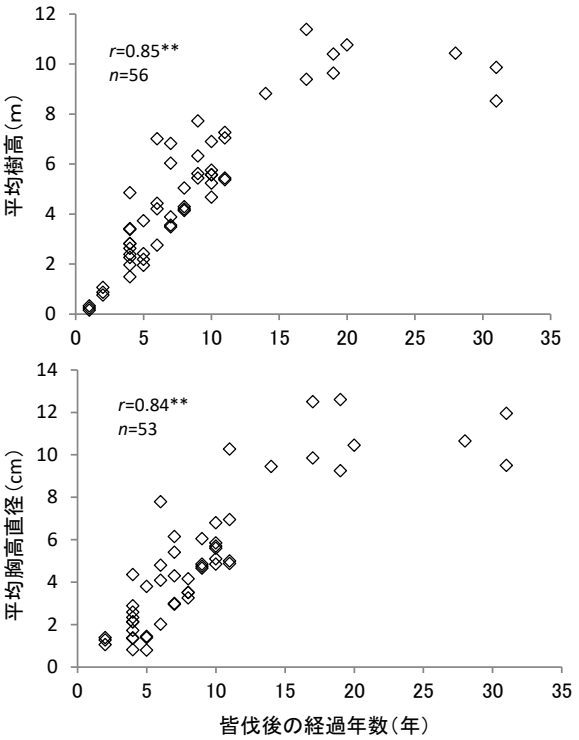


図-2　再造林放棄地の皆伐後の経過年数と上層木の樹高（上）、胸高直径（下）の関係

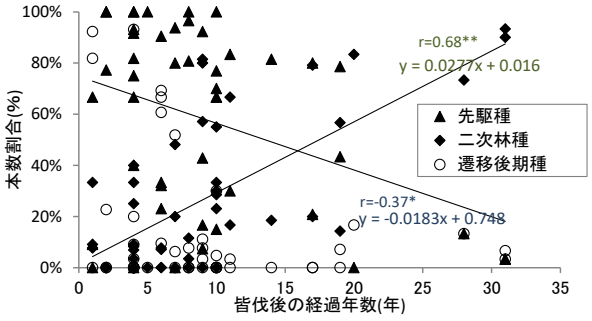


図-3　皆伐後の経過年数と各カテゴリーの高木･小高木種の本数割合の関係

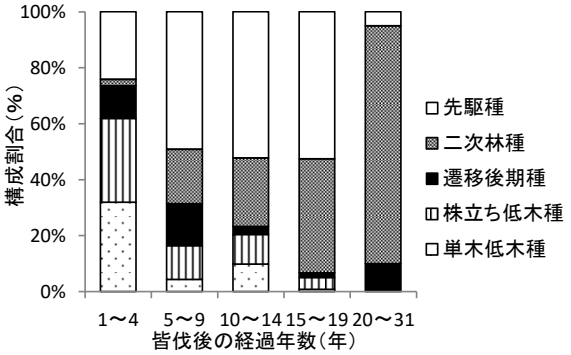


図-4　皆伐後の経過年数と低木種を含んだ各カテゴリーの構成割合割合の関係

【研究成果】

多雪地域のスギ林内に導入した落葉広葉樹が受けた諸被害と初期成長

渡邉 仁志（岐阜県森林研究所）・岡本 卓也（岐阜県森林研究所・現：岐阜県環境管理課）

１．はじめに

近年、成林した針葉樹人工林の混交林化が指向されている。これは針葉樹を上木、広葉樹を下木とする複層林を造成する行為であり、林床における光条件の管理が困難である。これに加え、近年ではニホンジカによる過採食圧、多雪地域では雪圧が樹木の更新を阻害する要因となっている。そこで本報告では、多雪地域において、強度な林冠疎開後のスギ人工林に広葉樹を植栽し、林内の光条件や諸被害の発生、植栽木の成長を調査した（渡邉・岡本 2017）。

２．調査方法

調査は、岐阜県郡上市大和町（標高 760m、土壌型 B_D）の 45 年生（設定当時）スギ人工林（西向き緩斜面）で行った。平均気温は 11.4℃、年降水量は 3003.5mm、近傍の 3 観測所における調査期間中の最深積雪は 250cm、調査地（林内）の最深積雪は 150cm であった。

調査林分は、直前の点状間伐と冠雪害により立木が大きく減少し、立木密度は 531 本/ha であった。なお、林分は強度な点状伐採を行った状態であり、大きな林冠ギャップは発生していなかった。2008 年 5 月、ミズナラ（22 本）、ホオノキ（22 本）、ミズキ（21 本）の 2 年生ポット苗を植栽し、植栽時、植栽後 4 成長期間の期末に苗木の樹幹長（樹高）と苗木の被害（雪圧害、食害）を調査した。調査終了時には被害の回復状況を記録した。冠雪害直後（2006 年 8 月）と 4 年生時（2011 年 9 月）に、積算日射量測定フィルム（オプトリーフ R-2D または R-3D）により林内光量を測定した。露光前後の吸光度から退色率を求め、積算光量子量（mol/m^2）を推定し、裸地における値を基準に相対光量子束密度（以下 rPPFD）を算出した。

３．結果と考察

林冠疎開後の壮齢スギ人工林に植栽した広葉樹は採食や雪圧を受け、樹種により割合に差があるものの、被害率、枯死率は時間の経過とともに増加した（図-1）。ミズナラやホオノキの被害木は主幹交代や萌芽により再生する個体が多かった一方、ミズキは多くが枯死した。被害木の生死には、樹種ごとの萌芽特性が影響していることが示唆された。

被害のうち食害は、植栽 1 年目から発生した（図-1）。採食者はニホンジカ、ニホンカモシカ、ニホンノウサギであった。幼齢木を採食から保護するためには柵やシェルターの設置が必要であるが、多雪地域では雪圧による資材の破損や苗木の折損が発生するため、地域にあった食害防止対策の開発や資材の耐雪性の評価が重要になるだろう。

また、雪圧害は植栽 2 年目の冬以降に多発した（図-1）。幼齢木の雪圧害は、ミズナラ、ホオノキのほか、ケヤキ、キハダでも報告されており、多雪地域の平坦～緩傾斜地で多く発生する被害のひとつである。本調査地では植栽当年（2008/2009 年）の冬は少雪だった一方、翌年（2009/2010 年）は 200cm 近くの積雪があったと推測される。地形条件に加え、植栽翌年に受けた大きな雪圧により、植栽木の雪圧害の発生率が高まったと考えられる。

3 樹種の樹高成長経過は一致しており、成長は横ばいかやや右上がりであった。樹高成長量は、ミズナラの健全木では 37.7±24.1cm、被害木では 29.2±28.5cm、ホオノキの健全木では 54.0～59.0cm、被害木では 13.7±29.4cm であった（図-2）。ミズキは健全木が 1 本もなく、被害木

では 34.0cm～55.0cm であった（図-2）。ホオノキとミズキは被害率が高いため、被害履歴が成長に及ぼした影響を議論できるデータではないが、ミズナラでは健全木と被害木の間に成長差は認められなかった（図-2）。本研究の 4 年時の平均樹高は、既存研究の結果と非常に比べ小さかった。被害履歴が苗木の成長に影響しなかったというよりは、健全木の成長量が被害木と同等に小さかったことを示すと考えられる。

スギ人工林の混交林化を促すため、林床の rPPFD を 15%以上とすることが提案されている。しかし、林冠疎開から 5 年後の林内の光条件は、疎開直後に比べ低下し、この条件を継続的には満たしていなかった（図-3）。つまり、本調査地では光量が不十分であったために、被害木の一部は消耗により枯死し、健全木の成長が停滞したと考えられる。

これらのことから、多雪地域における広葉樹の植栽による針広混交林化には、光量を確保する上木管理とともに、更新阻害要因を回避する対策が必要であると考えられる。

引用文献

渡邉仁志・岡本卓也（2017） 多雪地域のスギ林内に導入した落葉広葉樹の初期成長とそれらが受けた諸被害．日本緑化工学会誌 42：529-532

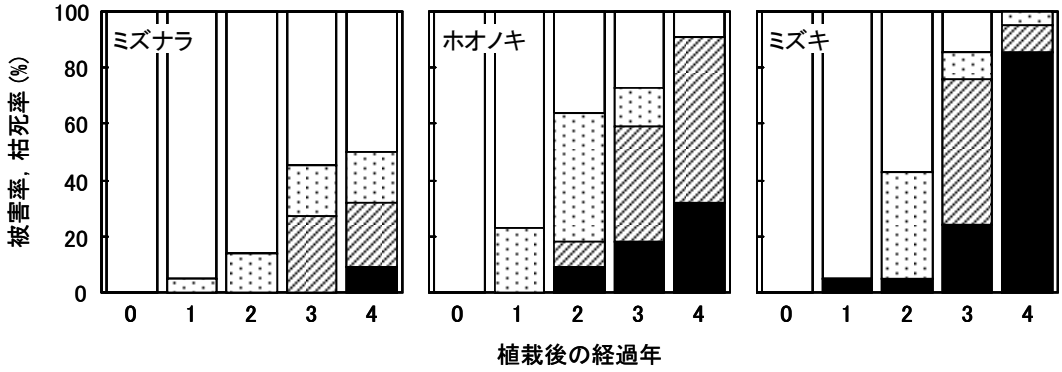


図-1　植栽木の被害率、枯死率の推移

黒塗りは枯死率、斜線は雪圧害の被害率、ドットは食害の被害率、白抜きは健全木の割合を示す。

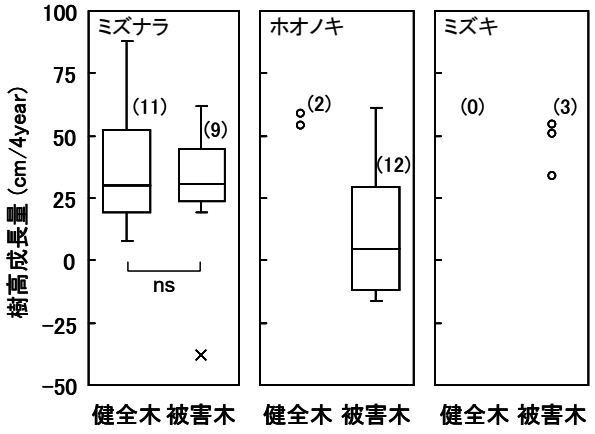


図-2　健全木と被害木の樹高成長量の比較

括弧内の数字は本数。箱中の横線は中央値、箱は四分位範囲、ひげの両端は箱の長さの 1.5 倍内にある最大値および最小値、×は外れ値を示す。〇は 1 個体ずつの樹高成長量を示す。ns は樹高成長量に有意差がないこと（Mann-Whitney の U 検定、p＝0.8792）を示す。

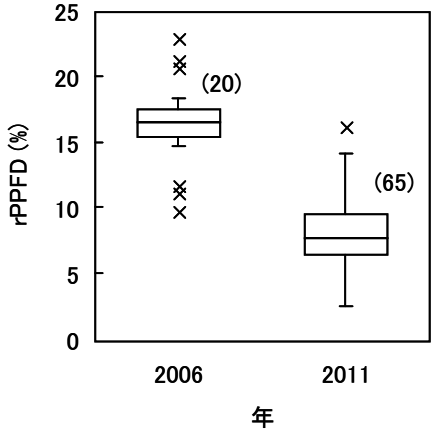


図-3　相対光量子束密度（rPPFD）の推移

括弧内の数字は測定箇所数。図の見方は図－3 に同じ。

【研究成果】

伐採跡地の天然更新による成林可否判定チェックシート

愛知県森林・林業技術センター　岩下幸平・中島寛文※・江口則和※
※現新城設楽農林水産事務所新城林務課

1．はじめに

近年の林業採算性の悪化によりに、伐採後の造林に天然更新が選択される場合がある。しかし伐採跡地での天然更新による広葉樹等の導入は困難であり、更新不良の伐採跡地の増加は森林の持つ公益的機能の低下に繋がる（吉田 2002）。そのため、天然更新による森林回復を達成する技術の開発が必要である。また愛知県では「尾張西三河地域森林計画書」及び「東三河地域森林計画書」の中で天然更新に関する指針や、天然更新完了基準として、「伐採した年度の翌年度の初日から起算して 5 年を経過した時点」で「針葉樹及びカシ、ナラ、ホオノキ、クスノキ、サクラ、カエデ類、シデ等の広葉樹」の「樹高 0.5 m 以上の稚樹が一定本数以上（おおよそ 30 本/100 m^2）」であることとしている。

そこで本研究では、独立行政法人森林総合研究所の作成した広葉樹林化成功のための判定シートを基に（「広葉樹林化」プロジェクトチーム 2012）、実際の伐採跡地での更新状況を調査し解析することで、現場で天然更新の可否を簡易に判断できる「天然更新による成林可否のチェックシート（愛知県版）」を作成した。

2．方法

愛知県内で伐採届から伐採後 5 年目となる場所のうち 34 か所を調査地とし、各調査地の局所地形、堆積様式、傾斜、斜面方位、標高、土壌型、植被率、群落高、ニホンジカ密度（2015 年末時点）を調べた。さらに、森林総研のチェックリストを参考に新たな 9 項目のチェックリストを作成し（表－1）、調査地内（当該林分）や隣接林分に関して、該当する項目をチェックした。各調査地内でランダムに 100 m^2 の調査プロットを 1 か所設定し、各プロット内において、本県の地域森林計画書の天然更新完了基準を満たしているかを判定した。上記の調査データを用いて、①どのような条件ならば天然更新完了基準を満たすのか、また、②9 項目のチェックリストのどの項目が天然更新完了により重要かを、一般化線形モデルを用いて赤池情報量基準（AIC）に基づくモデル選択によって評価した。一般化線形モデルの応答変数は天然更新の完了・未完了とし、応答変数の誤差構造として二項分布（リンク関数は logit）を仮定した。一般化線形モデルの説明変数は、①のモデルでは、局所地形、堆積様式、傾斜、斜面方位、標高、土壌型、ニホンジカ密度、チェック数合計とし、②のモデルでは、各チェック項目のチェックの有無とした。各モデルに対して、ステップワイズ法（変数減少法）により、AIC が最小となるモデルを最適モデルとして、最適モデル内の各説明変数が天然更新完了確率へ与える影響を評価した。解析には統計解析ソフト R（R project 2017 version 3.4.0）を用いた。

3．結果

調査した 34 か所のうち 14 か所で天然更新完了基準を満たしていた。一方、残りの 20 か所では、完了基準を満たしていなかった。モデル①の最適モデルに含まれた説明変数は、チェック数合計のみであり、チェック数が増加するにつれて、天然更新完了確率が高くなった（図－1）。天然更新完了基準を満たす上で特に重要なチェック項目に関するモデル②の最適モデルに含まれた説明変数は、「1.　高木性母樹は存在しているか（当該林分）？」と「5. 高木性母樹

は存在しているか（隣接林分）？」の 2 項目であり、どちらの項目もチェックした調査地において天然更新完了割合が高く、その他のチェック項目については、チェックの有無によって天然更新完了割合が有意に異なる傾向は認められなかったが、チェック項目 2 を除く全てのチェック項目において、チェックした調査地における天然更新完了割合が高かった（図－2）。この結果に基づき、「天然更新による成林可否のチェックシート（愛知県版）」を作成した（図－3）。本チェックシートを用いることで、現場で得られる情報から即座に天然更新の可能性がどの程度見込めるかを判断することができ、今後の施業や現場の管理に活用できると考えられる。なお本成果は中島・江口（2018）にて発表したものである。

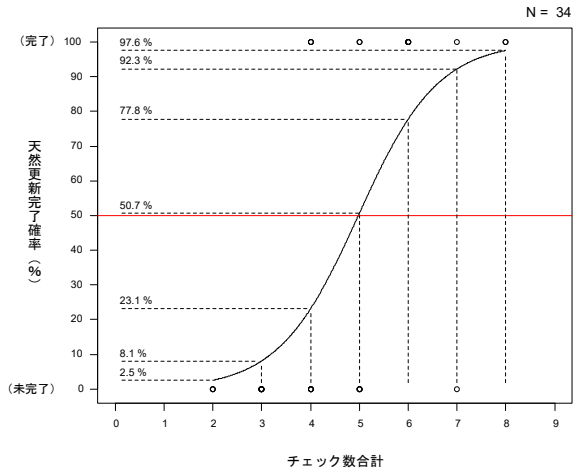
引用文献

「広葉樹林化」プロジェクトチーム（2012）広葉樹林化ハンドブック 2012―人工林を広葉樹林へと誘導するために―．森林総合研究所四国支所編

中島寛文・江口則和（2018）天然更新による伐採跡地の森林回復手法の確立（第２報）．愛知県森林・林業技術センター報告 55:1-8

R Development Core Team（2017）R: a language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria．ISBN 3-900051-07-0

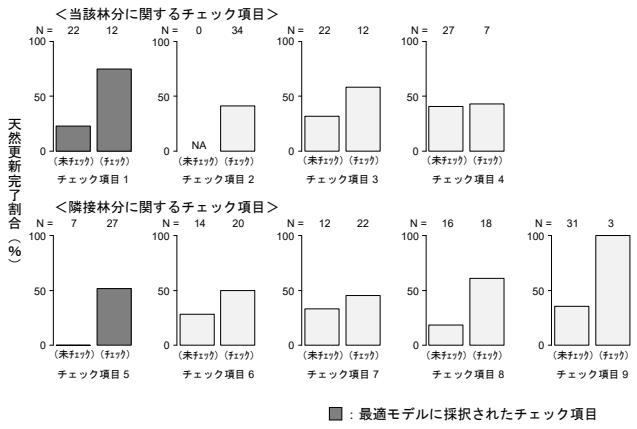
吉田茂二郎（2002）「再造林放棄地」、「未造林地」それとも「天然更新地」．森林科学 36:84–85



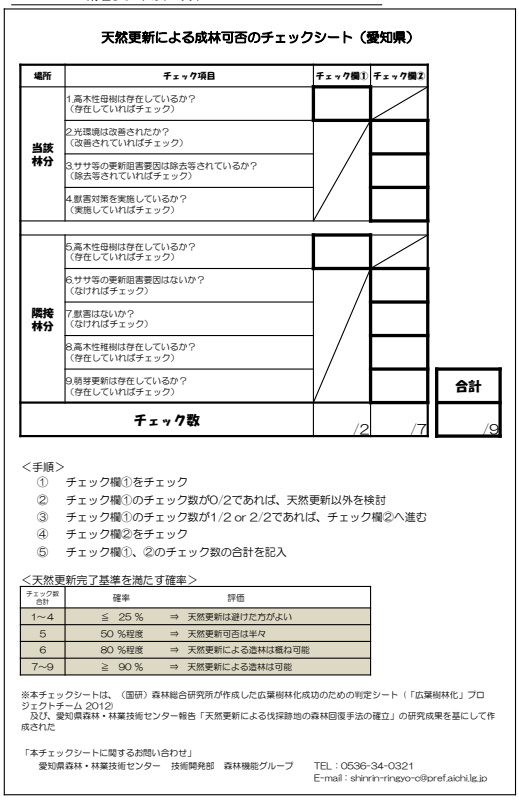
図－1　チェック数合計と
天然更新完了確率の関係

表－1　伐採跡地チェックリスト

場所	チェック項目
当該林分	1.高木性母樹は存在しているか？（存在していればチェック）
	2.光環境は改善されたか？（改善されていればチェック）
	3.ササ等の更新阻害要因は除去等されているか？（除去等されていればチェック）
	4.獣害対策を実施しているか？（実施していればチェック）
隣接林分	5.高木性母樹は存在しているか？（存在していればチェック）
	6.ササ等の更新阻害要因はないか？（なければチェック）
	7.獣害はないか？（なければチェック）
	8.高木性稚樹は存在しているか？（存在していればチェック）
	9.萌芽更新は存在しているか？（存在していればチェック）



図－2　各チェック項目のチェックの有無と
天然更新完了割合との関係



図－3　作成したチェックシート

お わ り に

本報告書は、関中林試連「森林の更新技術に関する研究会」の活動の成果として、各参画機関の研究成果とりまとめたものである。平成 27 年からの４年間、山梨県、群馬県、静岡県、長野県において研究会を開催し、各地の事例報告をはじめとして、更新にまつわる諸課題について活発な議論がなされてきた。本報告書にそれらすべての内容を網羅することは叶わなかったが、研究の成果としてまとめられた 14 件を掲載することができた。

これらの報告の内訳をみると、「造林コストの低減」に関するものが２件、「コンテナ苗の成長特性と育苗方法」に関するものが７件、「広葉樹の更新関係」に関するものが５件であった。近年の皆伐・再造林の気運の高まりとともに、森林の更新にまつわる様々な課題が議論され、特に造林コストの低減に関しては関心が高いが、報告件数が少なかったことがやや心残りである。一方、伐採・造林一貫作業とセットで使用されるコンテナ苗に関しては、活着や初期成長の特性に加え育苗技術にも検討が及び、より性能の高い苗木生産に向けた取り組みが活発化していることがうかがえる。また、広葉樹の天然更新や植栽に関しても、成功・失敗事例の蓄積が進展してきており、造林未済地の今後を予測するうえで貴重な成果である。これらの研究は今も継続中であり、今後も別途論文等として公表されていくことになるので、期待していただきたい。

なお、2019 年からは改元とともに本研究会もリニューアルし、「持続的かつ効率的な更新・保育技術の開発に関する研究会」がスタートする予定である（幹事：富山県森林研究所、新潟県森林研究所、（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所）。本研究会の成果と積み残した課題を継承し、造林及び初期保育における省力化技術の検証と広葉樹林化施業における実施可能条件の解明を目的として情報交換を行うこととしている。本研究会より多くの機関が参加する予定であり、さらに活発な活動が行われることを期待したい。

平成 31 年 3 月

長野県林業総合センター　大矢信次郎

森林の更新技術に関する研究会

参画機関

（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所
群馬県林業試験場（幹事）
千葉県農林総合研究センター森林研究所
新潟県森林研究所
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
山梨県森林総合研究所
長野県林業総合センター（幹事）
岐阜県森林研究所
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（幹事）
愛知県森林・林業技術センター

「森林の更新技術に関する研究会」報告書

2019 年 3 月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
森林の更新技術に関する研究会

【連絡先】
＜関東・中部林業試験研究機関連絡協議会事務局＞
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
企画部研究管理科 地域連携戦略室
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1
電話 029-829-8121
https://www.ffpri.affrc.go.jp/kanchu/index.html

＜裏表紙写真＞
上段左：スギコンテナ苗の育苗状況（群馬県榛東村）
上段右：スギ大苗植栽試験地（群馬県林業試験場・安中実験林）
中段：機械地拵え（バケット、長野県御代田町・浅間山国有林）
下段左：カラマツコンテナ苗の植栽（長野県御代田町・浅間山国有林）
下段右：２成長期後のカラマツコンテナ苗植栽地（長野県御代田町・浅間山国有林）