

スギの再造林を 低コストで行うために



伐採・植栽一貫作業における機械地拵えの様子

目次



はじめに	1
第1章 新しい苗木生産技術 ―コンテナ苗―	
1 コンテナ苗とは.....	3
2 コンテナ苗の性能―裸苗との比較―.....	4
3 コンテナ苗生産の得失.....	5
4 コンテナ苗をつくる.....	6
第2章 低密度植栽	
1 低密度植栽とは.....	8
2 低密度植栽の得失.....	8
3 低密度植栽の事例.....	10
―植栽密度はどこまで下げられるか―	
4 まとめ.....	13
第3章 下刈りの省略	
1 ねらいと進め方.....	15
2 下刈り省略林分の事例.....	15
3 下刈り省略による成長阻害要因の発生頻度.....	18
4 2－3・5年下刈りの効果.....	20
第4章 伐採と植栽の一貫作業	
1 一貫作業システムとは.....	21
2 一貫作業システムの事例.....	23
―秋田スギ循環利用促進モデル事業―	
引用・参考文献	26

は じ め に

秋田県は全国一のスギ人工林面積、蓄積を有し、民有林の齢級構成は間伐や皆伐の対象となりうる8～10齢級の面積が43%を占めています。今後の資源充実とともに木質バイオマス利用の拡大など、伐採量は更に増加すると見込まれています。

一方で材価低迷による収益性低下等により、再造林率は2割程度と皆伐後の造林未済地が増大しています。

現在スギ人工林の齢級構成は幼若齢級が極端に少ない状況にあり、再造林を推進して森林資源の循環利用を継続していくために、造林コストを低減する技術開発が必要です。

この低コスト再造林技術とは、伐採搬出と同時並行して重機による苗木運搬、地拵えを行い、通年植栽可能なコンテナ苗の利用、低密度植栽、下刈りの省略により、植栽～下刈り終了までに掛かる経費の軽減を図るものです。

当センターでは、平成25年度から以下の3つ課題の中で低密度植栽、下刈りの省略、及び寒冷地に適したスギコンテナ苗の育苗方法の開発に取り組んでいます。

また、当県では平成27年度から伐採・植栽一貫作業による「秋田スギ循環利用促進モデル事業」を実施していますが、初年度から森林総合研究所東北支所に協力をいただいて工程調査解析を行っています。

1. 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^{*1} (H25～27)
2. コンテナ苗を利用したスギ低コスト造林システムの開発 (H25～29)
3. 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^{*2} (H28～30)

^{*1} 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業
中核機関：森林総合研究所東北支所

^{*2} 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）
中核機関：森林総合研究所

低コスト再造林技術の開発は、今最もニーズの高い研究テーマの一つです。

そのため、現時点で明らかになった研究結果を分かり易くとりまとめて、森林所有者、素材生産事業、造林事業及び種苗業など関係する方々の理解を深めて、皆伐・再造林を推進する一助として作成したのが本書です。林業における伐採－利用－再造林を循環させていくためにも、大いに活用していただければと考えています。

最後に、本書作成に必要なデータの収集についてご協力、ご支援をいただきました関係各位におかれましては、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

本書をお読みになる前に

スギの再生林を低コストで行うために、現在、以下の4つの視点から新しい技術の導入が検討されております。

① コンテナ苗植栽

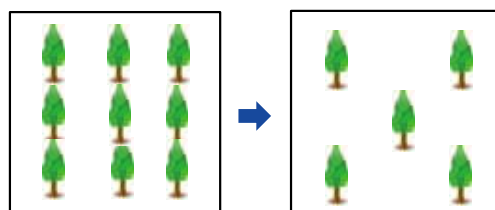
植え付けが簡単で活着率のよいコンテナ苗を植栽
→ **植栽効率が向上し、植栽費用の削減**



コンテナ苗

② 低密度植栽

単位面積あたりの植栽本数の低減
→ **植栽費用の削減**



低密度植栽のイメージ

低コスト 新技術

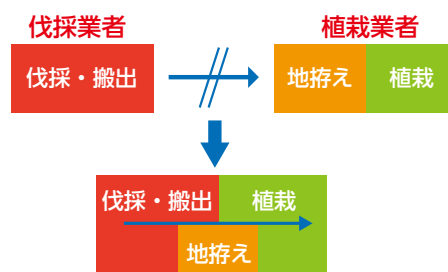
③ 下刈り省略

植栽後の下刈り回数の低減
→ **下刈り費用の削減**



④ 伐採と植栽の一貫作業

伐採、植栽を連続もしくは
並行して実施
→ **作業効率が向上し、地拵え費用等の削減**



本書では、上記の技術開発に関して、現時点で明らかになった点をまとめています。



第1章 新しい苗木生産技術 —コンテナ苗—

1 コンテナ苗とは

コンテナ苗（写真1）とは、一般にマルチキャビティコンテナとよばれる特殊な樹脂製の育苗容器（写真2）を用い、ヤシ殻粉碎物やピートモスなどの培地で育成した根鉢付きの苗のことをいいます。

コンテナ容器には複数の育成孔があり、その内面には、写真3のようにリブとよばれる縦筋状の突起、またはスリットとよばれる細長い切れ込みがあり、底面には大きな穴が開いています。専用の育成床（5頁写真5、6）を用いて苗を育てることによって、根巻きが生じにくく、細根が発達した根鉢を持つのが特徴です。活着が良く植栽効率が高いという特性を有し、伐採・植栽一貫作業のコスト削減に有用なツールとして、広く注目されています。

本県におけるコンテナ苗の出荷量は、平成28年時点で既に30万本を越え、流通しているスギ苗全体の約3割を占めるまでに増加しています。現在一般的に使用されているコンテナ容器は、主に1器あたりの育成孔の容量が150ccの容器（育成孔数40穴、縦30cm×横45cm×高さ13cm）と300ccの容器（育成孔数24穴、縦30cm×横45cm×高さ15cm）（写真2）の2種類です。しかし、平成26年に林野庁が定めたコンテナ苗とは、基本的に根巻き対策が施されている容器で栽培された苗木もしくはそれと同等のものとされているので、今後は海外製の低容量コンテナで育成した苗やコンテナ苗の根鉢と同様の形状を持つ生分解性ポット苗など、樹種や目的に応じて選択肢は増えていくことが予想されます。



写真1 コンテナ苗



写真2 マルチキャビティコンテナ
(JFA-300)

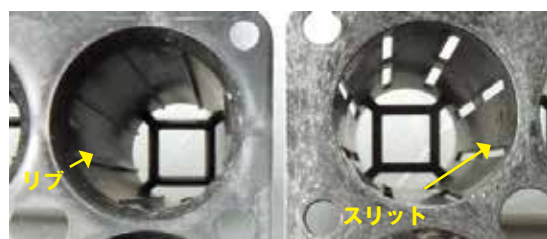


写真3 育成孔の内側
(左：リブ型、右：スリット型)



2 コンテナ苗の性能 -裸苗との比較-

コンテナ苗に対し、従来の苗を裸苗または裸根苗といいます。ここでは、コンテナ苗の性能について表1にまとめ、裸苗より優れている点を紹介します。

1) 良好な活着

コンテナ苗は、前項で述べたような育成孔の形状によって根巻きが生じにくく、細根が発達した根鉢を持つため、植栽後の枯死率は裸苗より低く、スギやクロマツでは活着が良いという結果が得られています（図1）。

2) 長い植栽適期

コンテナ苗の植栽適期は裸苗より長く、暖地ではスギの通年植栽が可能であり、寒冷地ではクロマツやカラマツにおいて積雪期を除けば植栽適期が長くなるといわれています。このため、裸苗より柔軟な植栽計画を立てやすくなります。

3) 高い植栽効率

コンテナ苗はスリムな根鉢をもつため、ディブルなど専用の器具（写真4）によって簡易な地拵えでも植栽が可能で、植え付けに技量を要せず時間も短縮できる（図2）ことから、造林コストの大幅な削減を行うことができます。

表1 コンテナ苗の性能

項 目	裸苗との比較
活 着	スギ、クロマツともに良好で、生存率が高い
植栽時期	積雪のある冬期間を除き、適期が限られる裸苗より長い
植栽効率	専用の植栽器具を用いることで植え付け時間を約40%短縮できる
運搬効率	根鉢が重く、かさばるので悪い
初期成長	変わらない

■ : 優れている □ : 劣る □ : 同等

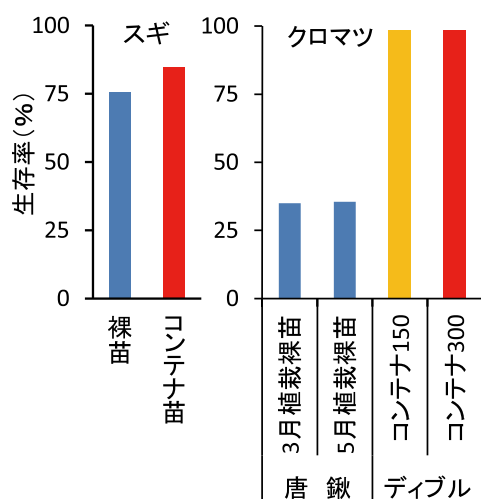


図1 スギ、クロマツ植栽当年における生存率の比較



写真4 植栽器
(手前：ディブル、奥：スパード)

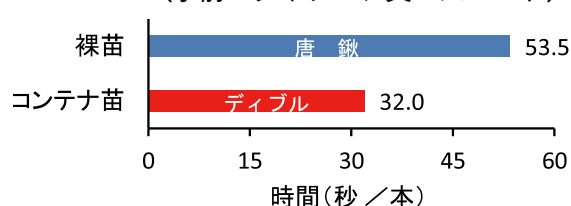


図2 スギ苗木1本あたりの植え付け時間



3 コンテナ苗生産の得失

コンテナ苗生産の得失について表2にまとめました。ここでも、前項同様に従来の裸苗と比較しています。

1) 長所

コンテナ苗は、その生産に苗畑を必要とせず、単位面積あたりの苗木生産本数は、スギの場合で裸苗42本/㎡に比べコンテナ苗約300本/㎡と生産効率が非常に高く、育苗期間が1～2年短いので受注生産も可能といわれています。また、活着が良く高い植栽効率を持つことから、伐採後すぐ植栽する一貫作業に組み入れれば、造林コストの削減に貢献することができます。

2) 短所

コンテナ容器、育成床（写真5、6）などの資材や温室等の準備に初期投資が必要となります。また、育苗技術が十分確立しておらず、コンテナからの苗木の抜き取りや梱包作業など出荷時にかかる負担も大きく、生産コストが高くなるのが現状です。そのため、苗木価格の低下がなかなか進まず（平成28年度における苗木価格は、コンテナ苗200円/本、同程度規格の裸苗84円/本）、普及のネックとなっています。

こうしたことから、大規模な機械化生産によるコンテナ苗の低価格化が望まれるとともに、その活用によって森林施業の全体的な省力化、低コスト化を実現する造林技術の確立が課題とされています。

表2 コンテナ苗の得失

項 目	コンテナ苗	裸 苗	備 考
生産効率	高	低	コンテナ育苗は苗畑が不要 コンテナ苗1-2年 ↔ 裸苗2-3年 一貫作業システム、低密度植栽により削減可
育苗期間	短	長	
造林コスト	低	高	
初期投資	大	少	コンテナ、育成床等の資材購入が必須 黎明期といわれ、十分確立されていない 出荷時の苗木引き抜き・梱包作業が負担 コンテナ苗200円/本 ↔ 裸苗84円/本 (H28現在)
生産技術	難	易	
生産コスト	高	低	
苗木価格	高	安	

■ : 長所 ■ : 短所



写真5 単管バリケードを用いた育成床



写真6 コンクリートブロックを用いた育成床



4 コンテナ苗をつくる

コンテナ苗のつくり方は、大きく分けて2通りあります。1つは予め容器に充填した培地上に種子を直接播種し、2年間育苗する方法（直接播種方式）で、もう1つは苗畑で1年間育成した苗をコンテナに移植し、2年目の育苗を行う方法（1年生苗移植方式）です。どちらの方法にも一長一短ありますが、ここでは、育苗に必要なコンテナ容器や育成床、温室またはトンネル等の育苗資材を用意したものとし、当センターで実施している直接播種方式によるスギコンテナ苗の生産方法を紹介します。

1) 資材の準備

- ・基本培地：ヤシ殻粉碎物
ココピート、ココピートオールド、ココユーキオールド、スーパーココなど
- ・元肥：緩効性コーティング肥料
ハイコントロール391（100日タイプ）と085（360日タイプ）の等量混合肥料
- ・微量元素：けい酸、Mg、Fe、Ca、りん酸、Mn、Cu、B、Zn、Mo、Co等混合固形肥料
クドミネラル
- ・覆土：鹿沼土（細粒）

2) 培地の準備

用いる培地量は、育成孔容量の1.3倍が目安です。150cc、40穴のコンテナを用いる場合、1コンテナに要する培地の量は、下式から7.8リットル（L）と算出されます。

$$0.15（L） \times 40（穴） \times 1.3 = 7.8（L）$$

培地の量が決まったら、基本培地1Lにつき元肥5～10g、微量元素1gを加え、乾燥した状態で混合物が均一になるようによくかき混ぜます。その後、徐々に水を加えながら攪拌を続け、培地に適度な湿り気を与えます。できた培地をコンテナの各育成孔に充填します。培地を均一に詰めるため、充填作業は数回に分けて行います。培地を充填したコンテナに一度軽くかん水し、培地の水はけが良いことを確認します。

3) 播種・1年目の育苗

播種は、4月上旬頃に行います。培地の中心部に深さ7、8mmの穴を作り、5～10粒の種子を播種します（写真7）。播種した穴を鹿沼土（細粒）や培地を使って覆土し、上から静かに灌水を行います。播種から梅雨明けまでは、コンテナを地上に置き、寒冷紗で適度に遮光した温室やトンネル内で育苗を行います。

播種後、約1カ月位で発芽がみられます（写真8）。この段階で1回目の間引きを行い、成長



写真7 播種穴への種子の播種



写真8 播種後1カ月目の芽生え



のよい芽生えを3本程度残します。間引いた苗は廃棄せず、正常な発芽がみられなかった育成孔に移植し、育苗します。

さらに約1カ月後、2回目の間引きを行います。作業は芽切りばさみを用い、成長良好な苗を1本だけ残すようにします（写真9）。

梅雨明け後、コンテナを屋外に出して棚の上で育苗をはじめます。屋外環境に慣れた時点で、殺菌・殺虫剤を適量散布し病虫害予防を行います。

液肥により追肥を施しながら水管理を適切に行うことで、11月には25～30cmの苗が得られます（写真10）。

4) 越冬処理

降雪に対応するため、コンテナを地上に降ろし越冬させます（写真11）。苗木が雪中に完全に埋まるのであれば、特に霜や雪等の対策を行う必要はありません。

5) 2年目の育苗

雪解け後、苗木の大半は倒伏していますが、4月初旬になるとほとんどが立ち上がります。追肥はこの時期直ちに行います。肥料はIB化成（N:P:K=10:10:10）のような緩効性の玉肥を用い、1穴につき3gの施用を限度とします。

前年同様、適切な水やりと防除薬剤の散布を行います。また、梅雨明け後からは、苗木の成長や針葉の着色状況に応じて液肥を与えます。液肥はハイポネックスやピータース等の1,000～2,000倍液を用います。

9月には、コンテナ苗の7割以上が出荷規格（苗高30cm以上、根元径5mm以上）を満たすまで成長します（写真12）。

以上、スギコンテナ苗のつくり方について簡単に紹介しました。本内容を参考として各自改良を加え、より安価で質の高い苗木生産を心がけていただければ幸いです。



写真9 間引き（2回目）の状況



写真10 1成長期を経過した苗



写真11 積雪地は屋外で越冬可能



写真12 苗高50cmほどの2年生苗

育 苗 カ レ ン ダ ー

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12-3
1年目	○	×	×▽	▲▽	▽□	→	→	▼	越冬
2年目	▲▽	→	→	▽	▽□	▼出荷	▼出荷		

○: 播種 ×: 間引き ▲: 育成床に上げる ▽: 追肥 □: 防除 ▼: 育成床から地面に下ろす
 : 温室またはトンネル内で育苗 : 屋外で育苗



第2章 低密度植栽

1 低密度植栽とは

植栽密度とは、単位面積（1 ha）あたりに植える苗木の本数のことで、植栽木の混み具合を示す指標となります。秋田県内では縦方向と横方向を等間隔とする正方形植えが一般的ですので、植栽面積を植栽本数で除した値の平方根が植栽間隔となります。植栽間隔が広がるほど、植栽密度は低くなります。生産の目標、樹種ごとの性質、地位の良し悪し、諸被害・枯損の程度、苗木確保や労働力事情などが植栽密度を決定する要因となります。

スギの場合、県内ではこれまで、ヘクタール当たり3,000本程度（植栽間隔1.8m）の植栽を標準としてきました。近年は2,500本程度（植栽間隔2.0m）の植栽も行われています。ここでは、2,000本以下の植栽を低密度植栽と定義します。



写真13 スギの植栽地

2 低密度植栽の得失

近年、主に次の理由により低密度植栽が検討されています。

- ①再造林やその後の保育コストを削減したい。
- ②生産目標は、柱材等の良質材に限らず、合板や集成材用の並材で構わない。
- ③苗木の質が向上しており、枯死によるロスが少なく低密度植栽でも問題ない。

低密度植栽を計画する場合には、その得失を十分に理解しておく必要があります。



低密度植栽の得失について表3にまとめました。オレンジ色の部分は長所となる項目、青色の部分は短所となる項目です。

1) 長所

植栽本数が従来より少なくなるため、植栽に要する苗木代、植栽労力が削減され低コスト化につながります。また、苗木と苗木の間隔が広いと、陽光が獲得できるとともに、土地の占有範囲が広くなり、単木ごとの成長が促進されます。その一方で、隣接木との樹冠の閉鎖時期が遅くなることで、間伐回数の削減につながると考えられます。

2) 短所

植栽間隔が広くなることで、植栽樹種（目的樹種）以外の雑草に生育のための空間や期間を与え、それらの繁茂が促進されます。これにより、下刈りや除伐作業が増加する可能性があります。また、相対的に肥大成長が促進され、枝の枯れ上がりが抑制されることで、年輪幅が広がり、形状比が小さくなる可能性が高くなります。この結果、良質材生産に適さない、造材歩留まりが低い樹形になる危険があります。これを回避するため、枝打ち作業が増加する可能性があります。

表3 スギの低密度植栽で想定される得失

項 目	低密度	高密度
苗木代	安	高
植え付け労力	少	多
単木材積	大	小
間伐回数	少	多
下刈り・除伐	多	少
形状比	小	大
林分材積	小	大
枝打ち	多	少

オレンジ色 : 長所 青色 : 短所



3 低密度植栽の事例 ―植栽密度はどこまで下げられるか―

低密度植栽が試験的に行われた事例を紹介します。試験地は、秋田県由利本荘市の亀田県有林内にあります（写真14～16）。平成14年春、スギ皆伐跡地に1,000本/ha・2,000本/ha・3,000本/haの3段階の密度に分けてスギが植栽されました。植栽から5年間は下刈りが行われましたが、それ以降保育作業は行われていません。

本試験では、密度を変えて植栽されたスギ若齢林において、植栽密度の違いが林分構造や個体の成長・形質及びスギ以外の広葉樹等の定着状況に及ぼす影響について調査を行い、植栽密度をどこまで下げられるか検討しています。



写真14 植栽密度を従来の1/3～2/3にした試験地
(由利本荘市：亀田県有林)

12年生時（平成25年）において、植栽木の生存率は、植栽密度に関わらず90%以上を確保していました。しかし、植栽からの年数が経過するにしたがい、植栽密度が低い区ほど、胸高直径のばらつきが大きくなりました（図3）。1,000本/ha区では二又・曲がりなどの形質不良の発生率が高く、約30%に達していました（図4）。健全木本数は、収穫表における標準伐期齢（50年生）時の本数を既の下回っており（図5）、収穫時までの「保険」となるべき立木がない状況でした。林分材積は、植栽密度が高い区ほど大きく、3,000本/ha区では1,000本区の約1.5倍でした（図6）。平均樹高および平均胸高直径は、1,000本/haの試験区において、他の区と比較して若干高い傾向が見られました。一方、枝下高、枝数（元玉）、形状比、樹冠幅には植栽密度の影響は今のところ認められません。広葉樹等の侵入は本数、胸高断面積合計ともに2,000本/ha区で値が最も大きく、3,000本/ha区で最も小さくなりました。侵入した樹種は、本数、胸高断面積合計ともにクリとコナラで過半を占めました（図7）。

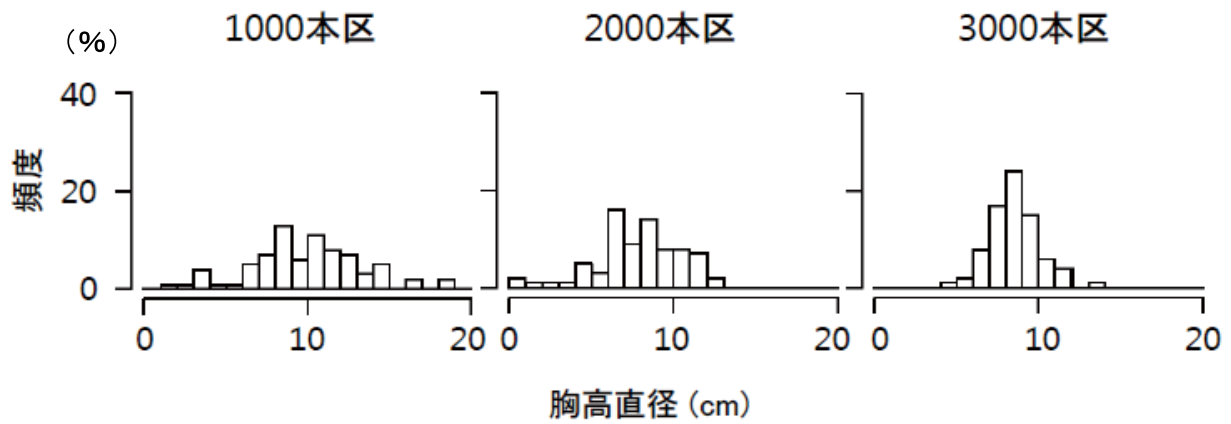
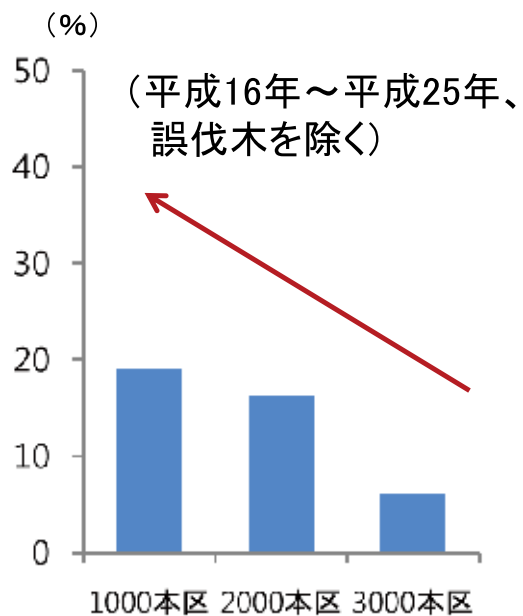


図3 植栽密度別の胸高直径分布

植栽密度が低いほど胸高直径の**バラツキ**が大きい。

雪害発生率



形質不良(二又・曲がりなど)発生率

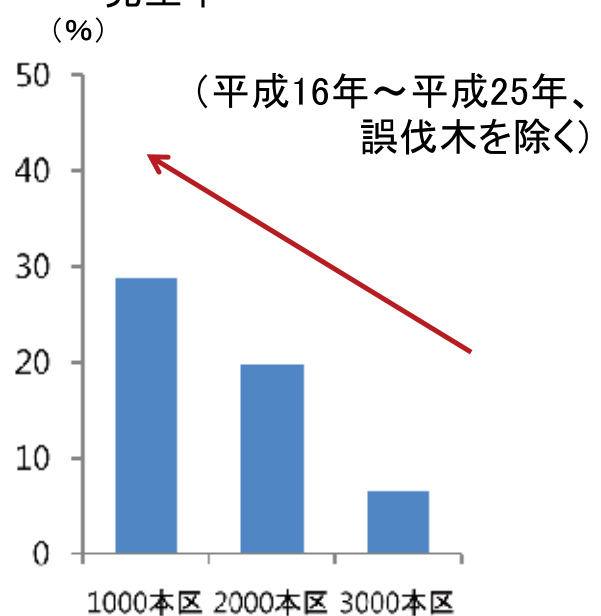


図4 雪害・形質不良木の発生率

植栽密度が低い区ほど、雪害、形質不良が**高率**で発生。

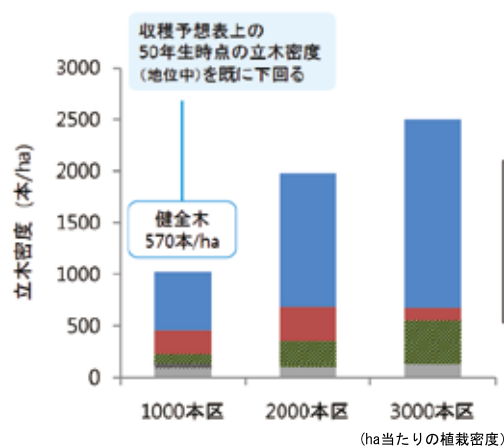


図5 用材として育成が見込める立木本数

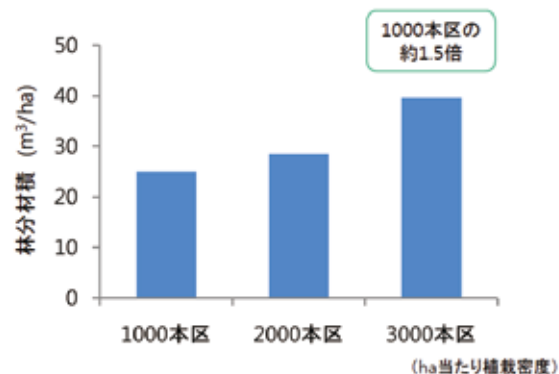


図6 植栽密度別立木材積

立木材積は、植栽密度が高い区ほど大きい。

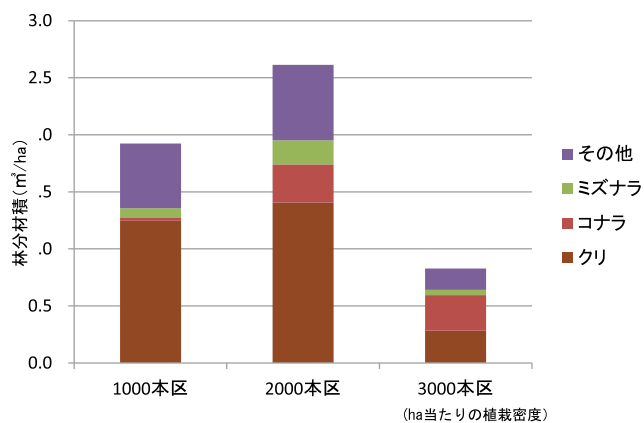
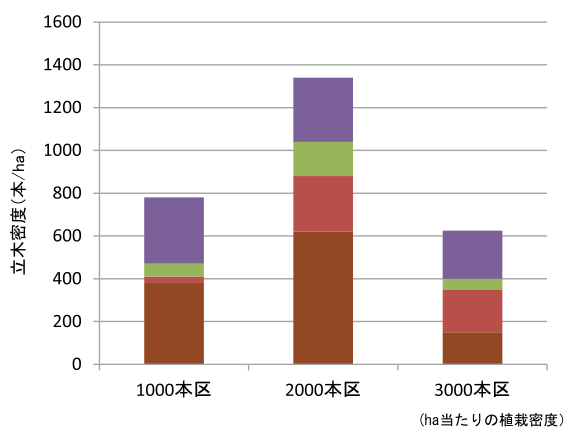


図7 広葉樹の定着状況

2,000 本区で広葉樹本数多い・胸高断面積大きい。
 →下刈り・除伐コストが増加する可能性がある。
 →クリやナラ類などの有用樹が過半を占める。



4 まとめ

以上の結果から、1,000本/ha区では、量と質の両面でこれまでの標準的な資源量を将来的に確保することは難しいと判断されました。2,000本/ha区では、間伐の削減などで、標準的な資源量の確保は十分に可能と考えられます。よって、植栽密度の最低ラインは1,000～2,000本の間、およそ1,500本/ha程度と推定されました。ただし、この密度は、密度効果による良質材生産に期待せず、並材生産を目標とする場合に限りです。単純計算では、苗木代、植栽労力が従来の3,000本/ha植栽から半減され、間伐労力も大幅に削減されると推定されます。一方、2,000本/ha以下の密度では、広葉樹の侵入量が多くなることから、下刈り、除伐コストが増加する可能性があります。当該試験地ではクリを中心に有用広葉樹の割合が高いことから、今後、低コスト化に向けて、広葉樹による密度の補完、下刈りや除伐削減なども視野に、広葉樹の取り扱いも検討していく必要があります。

植栽密度を決定する目安を以下に示します。

- ①再造林コストを極力削減し、並材生産を目指す場合
⇒1,500～2,000本/ha
- ②コストに関わらず、良質材として量と質を確保したい場合
⇒2,500～3,000本/ha
- ③上記のどちらとも判断できない、折衷的判断の場合
⇒2,000～2,500本/ha



写真15 低密度植栽試験地（2,000本/ha区）
（由利本荘市：亀田県有林）



(1) 3,000本/ha区



(2) 2,000本/ha区



(3) 1,000本/ha区



写真16 植栽密度が異なる3つの試験区
(由利本荘市：亀田県有林 平成25年4月 12年生時)



第3章 下刈りの省略

1 ねらいと進め方

造林の初期コストを削減する1つの方法として、下刈りの省略化が求められています。しかし、下刈りを省くと被圧による植栽木の生育不良や、雪害など諸被害の発生が懸念されます。そこで、スギの植栽地に下刈り回数を削減した試験区を設け、樹高成長や成長阻害要因等を調べ、どの程度までの省略なら育林上許されるのかを検討しました。

スギを植栽してから6年生まで毎年下刈りすることを従来の方法とするなら、下刈り回数を削減するパターンは数多くあります。これら総ての省略パターンの効果を検証するには労力・時間を要するため、従来の下刈り回数6回を半減させることを目標にしました。

試験は、まず既存の下刈りを省略した林分を調べ、スギ植栽木の十分な成長が期待できる下刈り省略パターンを選定しました。そして、新たにスギコンテナ苗を植栽し、選定した下刈り省略パターンの区や従来の連年下刈り区などを設けて試験地とし、植栽木の成長や成長阻害要因の発生状況を比較しました。



写真17 下刈り省略試験地の状況（由利本荘市西目のコンテナ苗植栽地）

2 下刈り省略林分の事例

1) 調査方法

下刈りの省略林分として、岩手県雫石町と遠野市において、下刈り回数を削減した6年生3林分を調査地に選定し、植栽木の成長や競合植物の繁茂状況などを調べました。

○雫石町林分（小岩井農牧株式会社所有林）

- ① 苗高45cmのスギ裸苗植栽後3年間下刈りし、4年目は省略、5年目に優勢木のみの刈り払いを行った林分（小岩井1－3・5年下刈り区）

※この方法は小岩井農牧株式会社の標準下刈りパターン

- ② 苗高45cmのスギ裸苗を植栽して2年間の下刈り後、3年目以降省略した林分（小岩井1－2年下刈り区）

○遠野市林分（東北森林総合研究所東北育種場の雪害抵抗性品種植栽試験地）

- ③ 苗高60cmの大苗を植栽し、2年目のみ下刈りを行った林分（遠野2年下刈り区）



2) 下刈り省略パターンの得失

雫石・遠野調査地3林分における6～8年生時の樹高と周囲植生高の推移を図8に、植栽木の被圧状態を5段階に分け、その区分割合を図9に、3林分の7年生時の状況を写真18～20にそれぞれ示します。図9の被圧状態5区分の内、植栽木の樹高が周囲の植生高より低い区分4oと4を被圧状態としました。

これらの図より小岩井1～2年下刈り区では、植栽木のほとんどが被圧され、樹高も低成長だったのに対し、小岩井1～3・5年下刈り区では、被圧による影響は極めて少なく、樹高成長も順調に推移していました。また、遠野2年下刈り区における植栽木の樹高成長は、小岩井1～3・5年下刈り区と同様の成長を示し、被圧木も少ない状態でした。このように大苗を植栽すれば、1回の下刈りで終了する可能性も示唆されました。

再造林費のコストを低減するためには、伐採と植栽を一貫作業で行うこと（第4章）が最も効果的な方法の1つと提言されています。一貫作業では伐採後すぐ植栽するため、林床の植物が回復・繁茂する時間が短く、植栽1年目（春植えの場合）の下刈りは不要とされています。

これらのことから、下刈り省略試験地に設定する下刈りパターンを、2～3・5年下刈り（省略年は1，4，6年）としました。

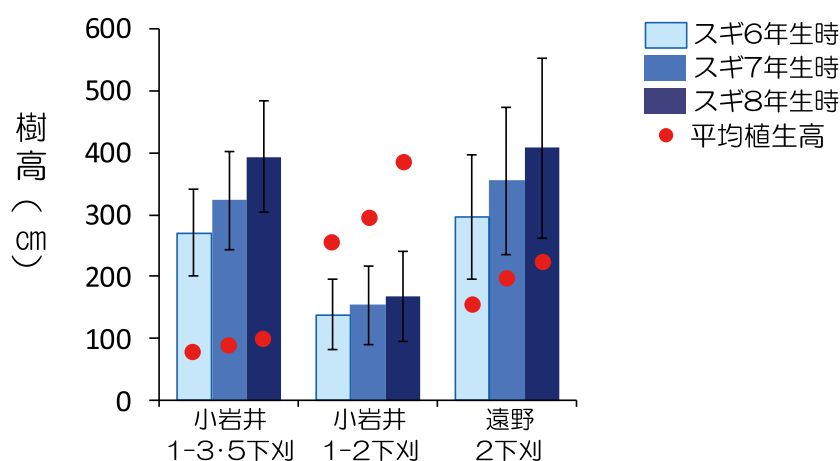


図8 下刈り省略林分の樹高と平均植生高推移

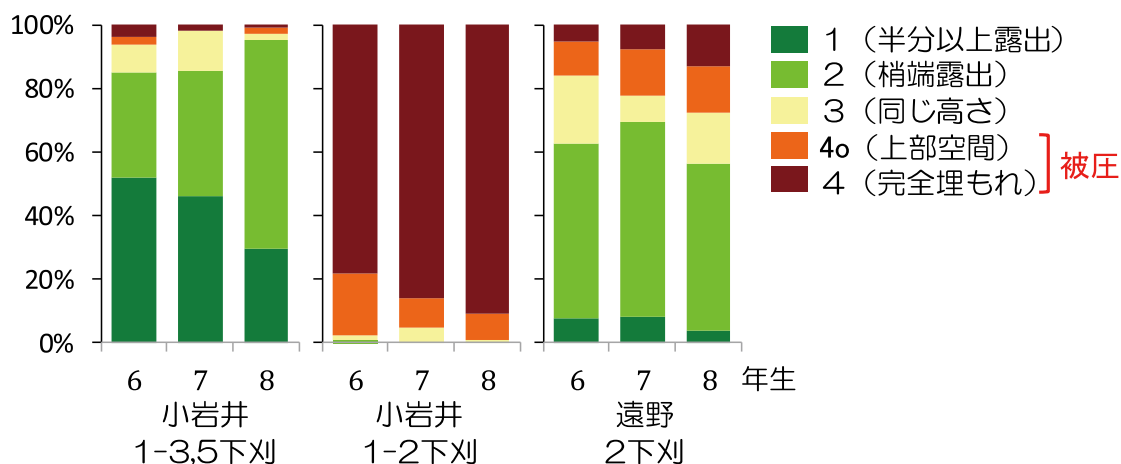


図9 下刈り省略林分の被圧区分割合



写真 18
小岩井 1－3・5 年下刈り区

植栽木の上部が露出し、良好な生育が認められる。



写真 19
小岩井 1－2 年下刈り区

ほとんどの植栽木は被圧され、成長量も極めて悪い。



写真 20
遠野 2 年下刈り区（大苗 60cm 植栽）

下刈りは 1 回のみの実施だが、植栽木の先端部が露出し、順調な生育が認められる。





3 下刈り省略による成長阻害要因の発生頻度

1) 調査方法

由利本荘市西目と羽後町田沢のスギ伐採跡地において、平成25年（2013年）にスギ苗高35cmのコンテナ苗を約2,500本/ha植栽し、連年下刈り区、2－3・5年下刈り区、無下刈り区をそれぞれ設けました。各試験地の最大積雪深は、約90cm（西目）と約190cm（羽後）、植栽面積は0.9haと0.7ha、植栽時期は6月と11月です。

調査は、植栽後4年間毎年、植栽木の成長、雪害・誤伐などの阻害要因の発生状況、競合植物の繁茂状況などを調べました。

2) 誤伐の発生頻度

下刈りを省略した林分で再度下刈りを実施すると、誤伐頻度が高くなることが予想されます。また、植栽間隔がバラバラだと、植栽位置の予測ができず誤伐しやすくなることも考えられます。そこで、西目試験地では無下刈り区の一部に、3年目以降に下刈りする試験区（3－4年下刈り区）を設定し、連年下刈り区の一部に、コンテナ苗をランダムに植栽した試験区（ランダム植栽区）を設けました。

図10に西目・羽後両試験地の連年区と西目の3－4年下刈り区、ランダム植栽区の2～4年目の誤伐率を示します。3－4年下刈り区では3年目に雑草木が繁茂していたため（写真21）、誤伐率が19%と連年下刈り区の4倍になりました。また、ランダム植栽区では、植栽木の位置がわかりにくく（写真22）2年目の誤伐率が23%と連年下刈り区の4倍となりました。

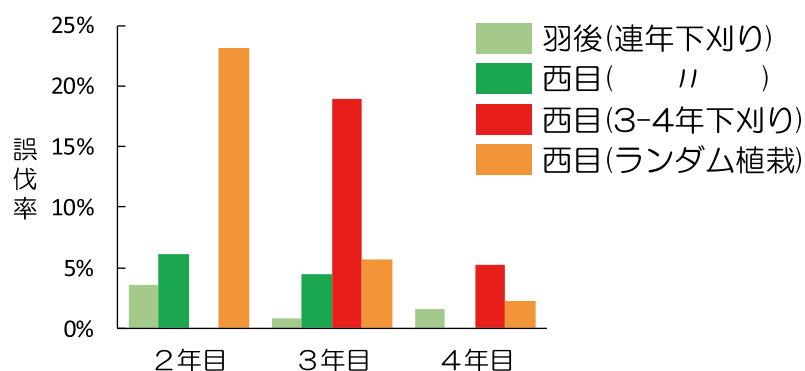


図10 植栽・下刈り状況に応じた誤伐発生率



写真21 無下刈り区3年目の状況
(多くの植栽木が被圧され発見しにくい)



写真22 連年下刈り区のランダム植栽箇所
(植栽木の位置がわかりにくい)



3) 雪害の発生頻度

羽後調査地は多雪地帯（最深積雪深およそ100cm以上の地域）です。ここでは、比較対照としてスギの裸苗を植栽し、コンテナ苗植栽箇所と同様の下刈り区を設けました。この試験地の無下刈り区では、2年目の冬季に、伸長した競合植物の下敷きとなって雪害が発生しました（写真24）。図11にコンテナ苗と裸苗の下刈り有無別の雪害率を示します。コンテナ苗と裸苗の主軸への雪害率はそれぞれ2.9%、10.7%と連年下刈り区の2.4倍、2.9倍となりました。

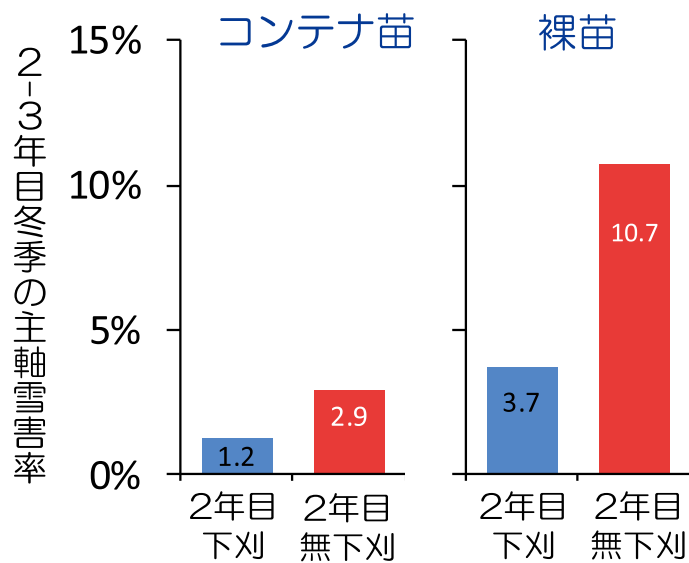


図11 下刈り状況に応じた雪害発生率



写真23 無下刈り区の状況



写真24 無下刈り区3年目に発生した雪害の状況
(繁茂したタケニグサの下敷きとなり雪害が発生)



4 2-3・5年下刈りの効果

西目・羽後両試験地における下刈り区別の樹高と根元径の推移を図12に示します。無下刈り区の樹高成長は他の2区と比較し、植栽後2年目まで同程度の成長を示しましたが、3年目以降、被圧による抑制が認められました。このことは、植栽後2年までは下刈りを省略しても、樹高成長に影響はないことを示唆しています。しかし、雪害が起きやすく、また3年目に初めて下刈りすると誤伐率が高くなることから、植栽年は省略可能ですが、2年目は省略できないものと判断されました。2-3・5年下刈り区では、4年目の下刈り省略による成長抑制は認められず、連年区と同様の良好な成長を示しました。

植栽後4年生の現時点までの結果ですが、下刈りは、植栽年、4年生、6年生以降を省略し、2-3年、5年生の実施が望ましいと考えられました。しかし、隔年に下刈りを省略した林分では、連年に下刈りを行った林分と比較し、6年目の樹高成長が約85%に抑制された事例があります。今後2-3・5年下刈りにも成長抑制が認められるのかさらなる検証が必要です。

（本課題は生研支援センター「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）」の支援を受けて行いました。）

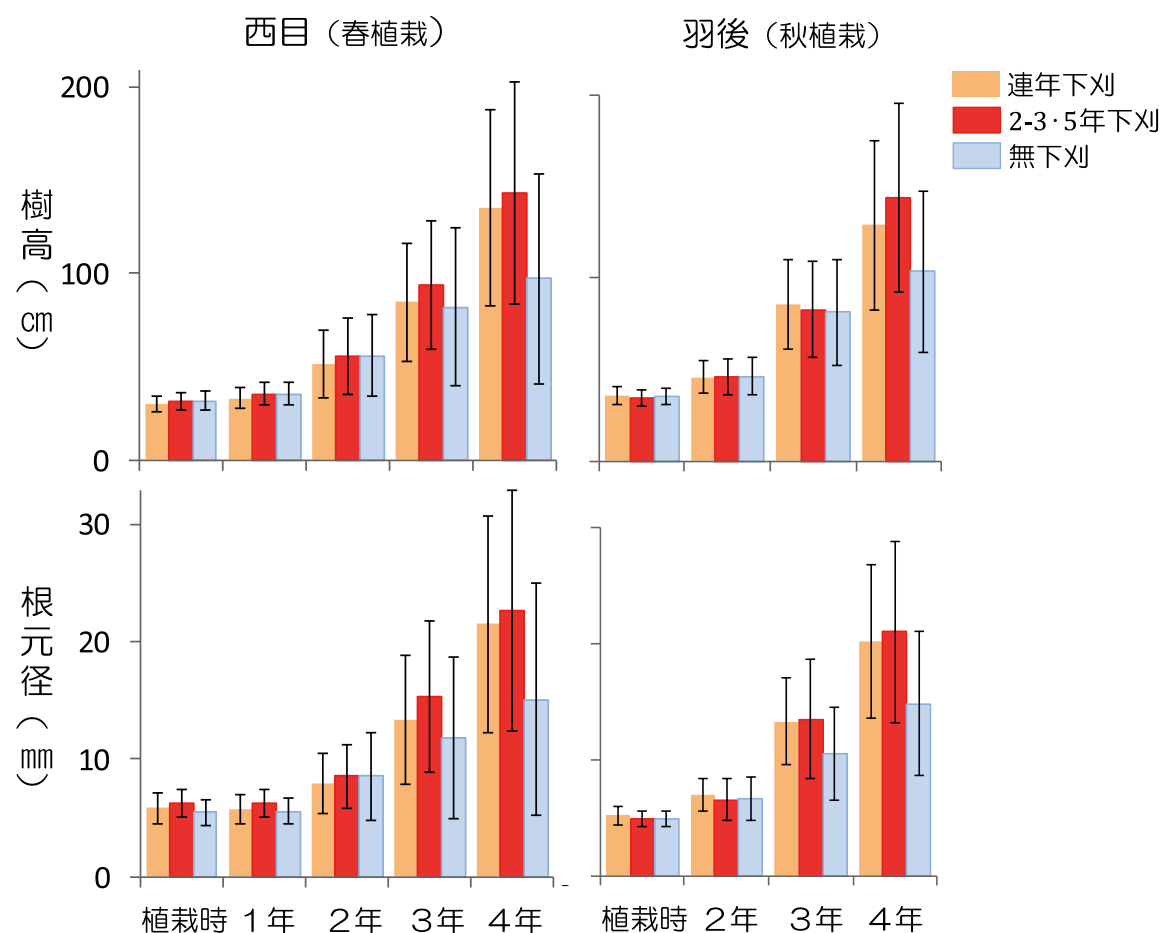


図12 スギコンテナ苗植栽地における下刈り有無別の成長経過



第4章 伐採と植栽の一貫作業

1 一貫作業システムとは

これまで、伐採作業と植栽作業は別々の業者が、別々の時期に行うことが一般的でした（図13）。このため、伐採業者は植栽作業を意識する必要はなく、枝条などの残材は林地に散乱する状況が多く見られました（写真25）。さらに、伐採から植栽までの時間的な間隔が長くなればなるほど、灌木等が繁茂します。これらの結果、植栽業者は植栽面を整備、確保するための作業（＝地拵え）に多大な労力や経費を要してきました。

一貫作業システムでは、伐採と植栽作業を同時並行的に、あるいは連続して行うことで、特に、地拵えの作業を効率化し、造林コストを大幅に削減する取り組みです（図14）。具体的には、伐採や採材などに使用する林業機械（プロセッサ、グラブプルなど）を活用し、林地に散乱した枝条などを整理し、地拵えを効率化させるほか、木材運搬のための機械（フォワーダ、トラックなど）を活用し、植栽に必要な苗木や植栽器具を運搬することで植栽作業を効率化させます。

伐採と造林の両方の技術を有する作業員を確保する必要があること、事業期間が長くなり、積雪期を外すなどスケジュールを勘案する必要があることなど、課題はありますが、伐採と造林のトータルコストを大幅に下げる効果が期待できます。



写真25 スギ皆伐直後の林地の状況
（枝条、タンコロ〔利用できない木の根元部分〕などが散乱）

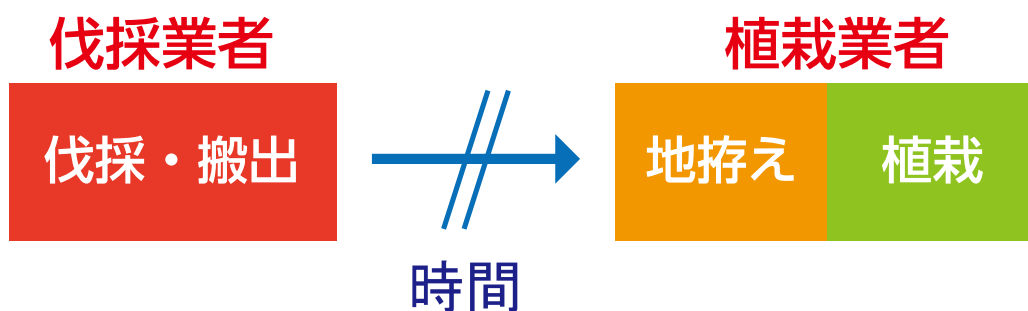


図13 従来の伐採作業と植栽作業のイメージ

- ・伐採業者と植栽業者が別々で、別々の時期に作業
⇒交渉、事前調査などが二度手間。
- ・伐採業者は植栽を意識した作業の必要なし。
⇒植栽時の地拵え作業の非効率化。
- ・伐採から植栽までの時間的な間隔が長い。
⇒植生回復による地拵え作業の増大。
- ・地拵え作業時に新たに機械の導入が必要。
⇒工程に応じて複数の機械の乗り入れが必要。



図14 伐採・植栽一貫作業システムのイメージ



写真26 伐木・造材用林業機械を使った地拵え作業の効率化
(湯沢市小比内山国有林)

- ・事前調査等手続きが1回で済み効率アップ。
- ・植栽を前提とした地拵えで効率アップ。
- ・伐採、即植栽で、植生が少なく地拵え効率アップ。
- ・伐木、造材用機械による地拵えで効率アップ。



2 一貫作業システムの事例 ー秋田スギ循環利用促進モデル事業ー

平成27年度に、モデル事業として一貫作業システムによるスギの伐採と植栽が県内9箇所で行われました（秋田スギ循環利用促進モデル事業）。実施場所は県内全域におよび、事業規模はおよそ1～3ha、事業主体は森林組合と林業事業体が半々でした。

一貫作業による事業の効果を検証するため、功程調査から得られたデータを基に地拵え経費を算定し、標準経費と比較しました（図15）。NO.4の事業地では標準経費をやや上回り、効果は判然としないものの、それ以外の8箇所では、標準経費を下回り、うち4箇所では標準経費の半分以下で地拵えが行われました。一部に例外はあるものの、全体として一貫作業による経費削減の効果は大きいと考えられます。全ての箇所で、木寄せ・集材に使用したグラップルなどを（一部では造材用のハーベスタを）地拵えに併用しており、経費削減に効果を発揮したと考えられました。また、7箇所で木材搬出用の機械（フォワーダや林内作業車）を植栽時の苗木の運搬用に利用していました。

これらの結果から、県内で一貫作業への応用が想定される工程や機械について示します（図16）。

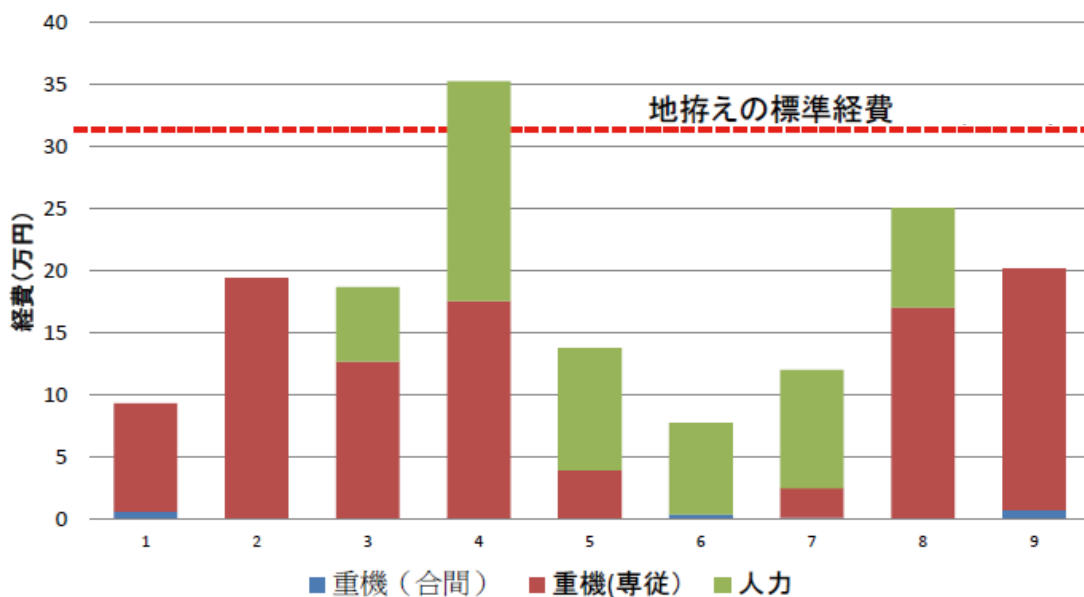


図15 県内9箇所で実施された一貫作業システムによる地拵え経費
（森林総合研究所東北支所の分析による）

1箇所を除き、大幅に地拵え経費が削減



	伐倒	木寄	造材	搬出			件数
				積み込み	運搬	積み下ろし	
高性能タイプA	① チェンソー	グラップル	プロセッサ ハーベスタ	グラップル	運材車	グラップル	2
	② チェンソー	グラップル	プロセッサ ハーベスタ	(グラップル) (プロセッサ) (ハーベスタ)	運材車	グラップル	19
	③ チェンソー	グラップル	プロセッサ ハーベスタ		フォワーダ		7
	④ チェンソー	スイングヤーダグラップル	ハーベスタ	グラップル	運材車	グラップル	1
高性能タイプB	⑤ チェンソー		ハーベスタ		フォワーダ		5
	⑥ チェンソー		プロセッサ ハーベスタ	(プロセッサ) (ハーベスタ)	運材車	グラップル	7
	⑦ チェンソー		ハーベスタ	グラップル	運材車	グラップル	3
従来タイプ	⑧ チェンソー	グラップル	チェンソー	(グラップル)	運材車	グラップル	12
	⑨ チェンソー	グラップル	チェンソー		フォワーダ		5
	⑩ チェンソー	グラップル	チェンソー	グラップル	フォワーダ		1
	⑪ チェンソー	運材車(ウインチ)	チェンソー	グラップル	運材車	グラップル	1



地拵えも実施



苗木等も運搬

図16 県内での作業システムと一貫作業システムへの応用が想定される工程と機械
(秋田県林業普及冊子NO.24「最新の収穫間伐における作業システムと路網」に加筆して作成)



写真27 機械地拵えの様子



写真28 フォワーダによる
コンテナ苗運搬の様子



一貫作業システムでは、伐採と植栽という大きな2つの工程を有します。このため工期が長くなることが想定されます。平成27年度のモデル事業では、夏季（8月）から冬期（12月）まで実践され、工期の最短は18日、最長は93日を要しました。単位面積（1 ha）あたりでは、最短で20日、最長で55日、平均33日を要しました。

スケジュールの計画と管理には、適期での伐採や植栽、労務や機械の配置や配分など、様々な要素を十分に検討することが必要となります。植栽完了をひとつの区切りとした場合、年度内に作業を終えるためには、県内のほとんどの地域で積雪前までに植栽を終える必要があります。秋田市の気象統計（表4）によると、雪、霜、結氷の初日は過去30年間の平均で11月中旬であり、終日は翌年4月となっています。この統計から、植栽完了のリミットは11月上旬となります。一貫作業システムによる伐採および植栽を計画する際は、植栽完了日を想定したうえで、工期を逆算して計画する必要があります。積雪初日の予測は困難であり、余裕をもった計画と実行が大切です。

表4 秋田市の雪、霜、結氷の初日と終日

	初日	終日	統計期間(年数)
雪	11月13日	4月6日	1981～2010年(30年)
霜	11月11日	4月16日	1981～2010年(30年)
結氷	11月17日	4月9日	1981～2010年(30年)

秋田地方気象台HPのデータ(秋田市)を基に作成



写真29 一貫作業システムにより造成された新植地

引用文献・参考文献

(第1章 新しい苗木生産技術 –コンテナ苗–)

- ・遠藤利明(2007):コンテナ苗の技術について、山林:60–68.
- ・独立行政法人 森林総合研究所東北支所(2014)コンテナ苗を使ってみませんか?
- ・佐藤博文(2014)スギコンテナ苗生産における培地の検討、東北森林科学会第19回大会講演要旨集: pp55.
- ・八木橋勉ら(2015)クロマツコンテナ苗の当年生苗利用と通年植栽の可能性、日本森林学会誌 97: 257–260.
- ・山田健ら(2015)コンテナ苗その特長と造林方法、林業改良普及双書 No.178、全国林業改良普及協会.
- ・新田響平ら(2016)海岸砂丘後背地に植栽されたクロマツコンテナ苗の活着状況、第127回日本森林学会大会学術講演集: pp243.
- ・成松眞樹ら(2016)カラマツコンテナ苗の植栽時期が植栽後の活着と成長に及ぼす影響、日本森林学会誌 98: 167–175.

(第2章 低密度植栽)

- ・野口麻穂子・和田覚(2017)秋田県における植栽密度の異なるスギ若齢林の林分構造と成長、日本森林学会誌(印刷中)

(第3章 下刈りの省略)

- ・金城智之ら(2011)下刈り実施パターンの違いが植栽木に及ぼす影響、九州森林研究64: 56–59
- ・平田令子ら(2012)造林後5年間の下刈り省略がヒノキ苗の成長に与える影響、日本森林学会誌94: 135–141
- ・福本桂子ら(2015)3年下刈りと6年下刈りでのスギの成長と雑草木の侵入状況の比較、九州森林研究68: 43–46.
- ・山川博美ら(2016)スギ植栽木の樹高成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.

(第4章 伐採と植栽の一貫作業)

- ・秋田県農林水産部林業研究研修センター(2016)秋田県林業普及冊子NO.24.作業システムと路網

(共通)

- ・独立行政法人 森林総合研究所九州支所ほか(2012)森林・林業の再生:再造林コストの削減に向けて
- ・独立行政法人 森林総合研究所九州支所ほか(2013)低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集
- ・独立行政法人 森林総合研究所四国支所ほか(2015)近畿・四国中国の省力再造林事例集
- ・国立研究開発法人 森林総合研究所東北支所ほか(2016)ここまでやれる再造林の低コスト化–東北地域の挑戦–
- ・国立研究開発法人 森林総合研究所(2016)コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開

執 筆

秋田県林業研究研修センター	資源利用部	上席研究員	佐藤 博文	第1章
秋田県林業研究研修センター	環境経営部	上席研究員	和田 覚	第2章・第4章
秋田県林業研究研修センター	環境経営部	上席研究員	長岐 昭彦	第3章

監修

秋田県林業研究研修センター 研修普及指導室 普及指導班

これまでの林業普及冊子



No. 1	今すぐできるきのこ・山菜栽培	平成10年度発行
No. 2	林業経営からみた複層林施業	平成11年度発行
No. 3	これからの林業機械	平成11年度発行
No. 4	広葉樹を植えよう	平成11年度発行
No. 5	これからの林業機械（2）	平成12年度発行
No. 6	風に強い森林を育てる	平成12年度発行
No. 7	秋田スギの原木乾燥を進めよう	平成13年度発行
No. 8	森づくり・たくみの人びと	平成14年度発行
No. 9	わかりやすい山菜類の栽培	平成14年度発行
No.10	“学校教育と連携した森林環境教育の効果的な進め方”	平成15年度発行
No.11	森林づくりをサポート森林病害虫の防除法	平成15年度発行
No.12	収益性が高い“低コスト生産”を目指して	平成16年度発行
No.13	野外や簡易施設を利用したきのこ栽培	平成17年度発行
No.14	複層林施業マニュアル	平成18年度発行
No.15	高性能林業機械の低コスト生産システム	平成19年度発行
No.16	21世紀の森づくりを担う君達へ～20世紀の造林者から～	平成19年度発行
No.17	森林環境の保全を考えた森林管理～自然と人との共生の森づくり～	平成20年度発行
No.18	栽培きのこの害菌・害虫防除マニュアル	平成21年度発行
No.19	低コストでこわれにくい作業道づくりマニュアル	平成22年度発行
No.20	列状間伐と森林の管理	平成23年度発行
No.21	針広混交林化誘導マニュアル	平成24年度発行
No.22	スギ人工林の間伐と森林機能	平成25年度発行
No.23	広葉樹林再生の手引き	平成26年度発行
No.24	最新の収穫間伐における作業システムと路網	平成27年度発行
No.25	スギの再造林を低コストで行うために	平成28年度発行

問い合わせ先

林業研究研修センター（研修普及指導室）	TEL 018-882-4512
林業研究研修センター（環境経営部・資源利用部）	TEL 018-882-4513
鹿角地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0186-23-2275
北秋田地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0186-62-1445
山本地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0185-52-2181
秋田地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 018-860-3381
由利地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0184-22-8351
仙北地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0187-63-6113
平鹿地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0182-32-9505
雄勝地域振興局農林部森づくり推進課（林業振興班）	TEL 0183-73-5111

秋田県林業普及冊子 No.25

スギの再造林を 低コストで 行うために

秋田県農林水産部
林業研究研修センター

