ISBN 978-4-905304-60-9

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実用化に向けた研究成果集

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
Forestry and Forest Products Research Institute

岩手県林業技術センター　　秋田県林業研究研修センター
山形県森林研究研修センター　　ノースジャパン素材流通協同組合

目　次

はじめに …… 1

多雪地帯での再造林コスト低減の４つのポイント …… 2

●コンテナ苗の利用

1．多雪環境下でのスギコンテナ苗の活着と成長…… 4

2．雪に強いスギ品種のコンテナ苗現地適応性・成長評価…… 6

3．育苗コンテナの種類の違いが苗木成長に及ぼす影響…… 8

●植栽本数の低減と機械地拵え

4．多雪地域で低密度植栽を行なったときのスギの成長と形質…… 10

5．機械地拵えと低密度植栽によるコスト削減効果…… 12

●一貫作業システム

6．多雪地域における一貫作業システム…… 14

●下刈り作業の省力化

7．スギの下刈り回数削減…… 16

8．カラマツの下刈り回数削減…… 18

9．大苗利用による下刈り回数の削減…… 20

10．ワラビを利用した再生植生の抑制 …… 22

●育林コストの予測

11．再造林のコストシミュレーション …… 24

発表業績・印刷物…… 26

研究体制 …… 27

はじめに

森林は、国土の保全、水源涵養、地球温暖化防止等の多面的機能を果たすだけでなく、木材等林産物の供給を通じて地域経済の活性化に貢献しています。ところが、昭和55年をピークに木材価格の長期低落傾向が続いたことから、特に第二次大戦後に営々と造成されてきた人工林の手入れ不足や、皆伐された人工林跡地の再造林放棄によって、森林資源の循環利用が脅かされる事態となっています。

東北地域では、皆伐後に再造林される面積比率は各県とも伐採面積の30％程度とされており、伐採収入に比べて再造林コストが高いことが、再造林率の低さの大きな理由となっています。東北地域でも今後、皆伐作業が増加すると見込まれますが、木材価格の大きな上昇が期待できない状況の中で森林所有者の再造林投資意欲を喚起するには、できるだけ造林作業のコストを下げることで、その恩恵を森林所有者に還元することが必要です。そのため、再造林作業の低コスト化技術の開発が不可欠となっています。

再造林コストの削減に関する研究は、平成21年度から4年間、森林総合研究所九州支所を中核機関として農林水産技術会議の研究プロジェクトで実施され、コンテナ苗を利用して伐採と植栽を同時並行で行う一貫作業システムを提案するという成果を挙げています。こうした成果を受けて、気象条件や植生の異なる東北地域での低コスト再造林技術の開発を目指し、平成25年度から3年間、森林総合研究所東北支所を中核機関として、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「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」を実施しました。

この研究の特徴は、近年の木材加工技術の進歩に基づく住宅建設における合板・集成材需要の増加に対応し、「役物」ではなく「並材」の生産を前提として造林コストを従来の50％程度削減することを目標にしたことと、実際の林業現場で試験を行いながら、その結果を研究にフィードバックする実証研究を実施したことにあります。より具体的には、再造林作業のコスト削減の要素として、コンテナ苗の利用、低密度植栽、下刈り作業の3つに着目し、それらのコスト削減効果を評価すると共に、東北型（多雪地型）の一貫作業システムに組み込むことで更なるコスト削減を目指したことです。

ここに取りまとめた研究成果は、科学的な知見に基づく現時点で実行可能な低コスト再造林技術です。各地域の実情に合わせた取組を行っていただくことで造林作業のコスト削減を実現し、森林資源の持続的な生産と林業の活性化に繋がることを願っています。

最後に、本研究にご協力いただいた、東北森林管理局、林業関係者の皆様、および森林総合研究所森林整備センター東北北海道整備局に感謝申し上げます。

研究総括　森林総合研究所東北支所　駒木貴彰

多雪地帯での再造林コスト低減の４つのポイント

１．速く植えられ、確実に活着し、植付時期の制約が少ないコンテナ苗でコスト削減

コンテナ苗

①どれだけ速く植えられるか

➡ 従来の裸苗の約２倍の速さ

②多雪地に植えても活着して成長するか

➡ 植栽地の調査からほぼ 100%活着

裸苗に勝るとも劣らない成長

③いつでも植えられるか

➡ 晩秋以降を除けばいつでも可能

2. 機械による地拵え作業と低密度植栽でコスト削減

①機械による地拵え

人力による通常作業よりも

➡ 人工数で 63 ～ 85%の削減

➡ コストで 16 ～ 40%の削減

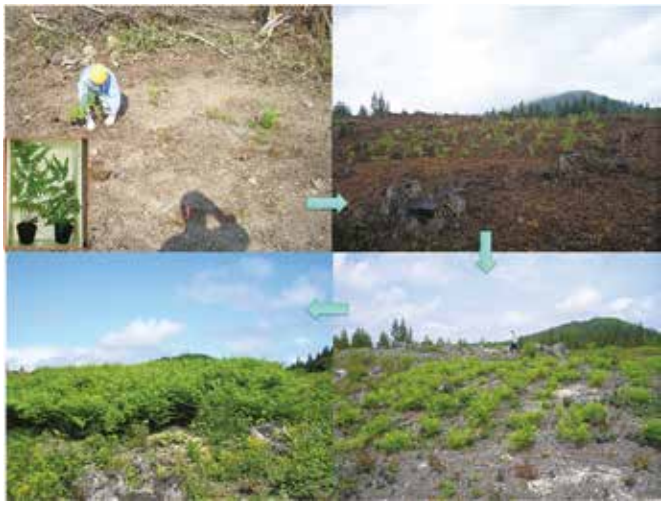
②コンテナ苗の植栽

カラマツ裸苗の通常植栽（2,500本/ha）とコンテナ苗の低密度植栽（1,500本/ha）を比較

➡ 人工数で 56 ～ 63%の削減

➡ コストで 11 ～ 30%の削減

3. 下刈り作業の大幅な見直しでコスト削減



ワラビの繁茂状況の経時変化（１年間）

①スギは植栽後２年目、３年目、５年目の３回の下刈りでやれる

➡ 従来の**半分**

②カラマツは植栽当年から２または３年で終えられる

➡ 従来の**半分から三分の一**

③ワラビの導入で再生植生が抑制され収益も期待できる

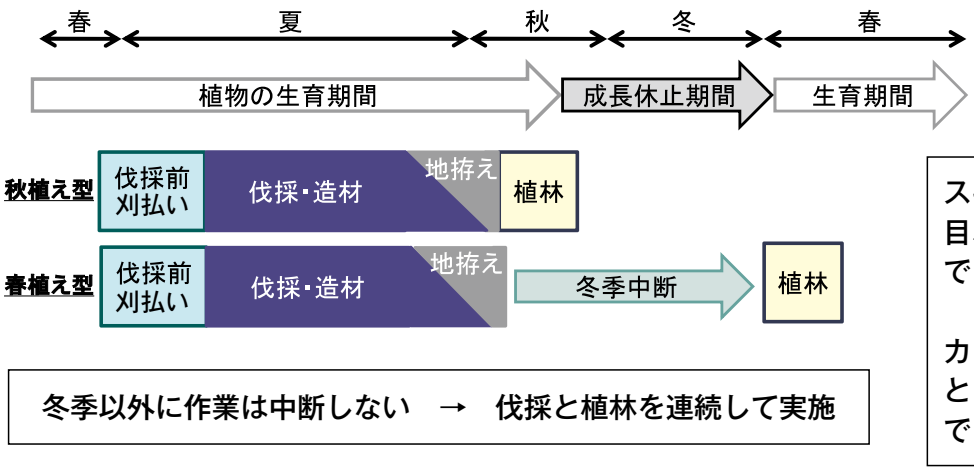
➡ 植栽３年目から**収支が黒字化**

④除草剤散布の下刈り代替効果確認

➡ 経費で **10 ～ 25% 削減**

4. 東北型一貫作業システムの採用でトータルコストの削減

東北型一貫作業システム



冬季以外に作業は中断しない　→　伐採と植林を連続して実施

スギは２年目、３年目、５年目の下刈りで OK

カラマツは１年目と２年目の下刈りで OK

多雪環境下でのスギコンテナ苗の活着と成長

八木橋勉[1]・櫃間岳[2]・野口麻穂子[1]・齋藤智之[1]
[1]森林総合研究所東北支所・[2]森林総合研究所

コンテナ苗は、活着率が高く、また通年で植栽可能と言われていますが、積雪の多い東北地方では、積雪間近の秋季に植栽した場合の活着がうまくいくのかを明らかにする必要がありました。現地植栽試験の結果、春植えだけでなく、秋植えであっても、９割以上の高い活着率でした。コンテナ苗の成長は、細根を含む根系が保たれている利点が発揮され、形状比が裸苗よりある程度高くても成長が良いことがわかりました。

■活着率

春植えの場合は、東北地方でも他の地域と大きく条件が変わらないため、予想通り９割以上と活着率に問題はありませんでした。植栽後間もなく積雪期を迎える秋植えの場合についても、東北森林管理局管内の事例では、積雪が少ない場所から積雪深が２メートルを越える場所まで活着率は安定して高く（９割以上）、当初危惧されたような、徒長気味の苗が積雪期間に折れて枯死するようなことはありませんでした。

■成長

従来使われてきた裸苗と成長を比較するために、統計解析が可能な形で現地植栽試験を行いました。冬季の最大積雪深が１～1.5メートルであった岩手県の事例では、直径成長や樹高成長でコンテナ苗は裸苗を上回りました（図１）。積雪深が２メートルを越える場所での事例では、１成長期目の成長は、コンテナ苗と裸苗で同等でした。一方、冬季の最大積雪深が１～1.5メートルであった宮城県の事例では、むしろ裸苗の方が初期成長が速くなりました。コンテナ苗では、細根を含む根系が保たれており（図２）、裸苗と比較して植栽時のストレスが少なく、初期成長が良いとされているのに、なぜ宮城県の事例のように裸苗よりもコンテナ苗の方が初期成長が遅い例が生じたのかを、形状比に着目して検討しました。ここで形状比は、幹長を根元径で割ったものです。今回の調査結果では、植栽したコンテナ苗の形状比が60前後の試験地では、裸苗よりも成長が良く、植栽したコンテナ苗の形状比が100前後の試験地では、裸苗よりも成長が遅くなっていました。東北地方では、植栽時の裸苗の形状比は40～50程度の場合が多いことから、コンテナ苗は形状比が裸苗よりもやや高くても初期成長が良いことがわかりました。しかし、形状比が高すぎる徒長苗では、コンテナ苗の細根を含む根系が保たれるという利点にも関わらず、裸苗よりも初期の樹高成長が劣る場合があることも明らかになりました。このことから、形状比を小さく保つことが、コンテナ苗を育苗する際の一つの指針になると考えられます。

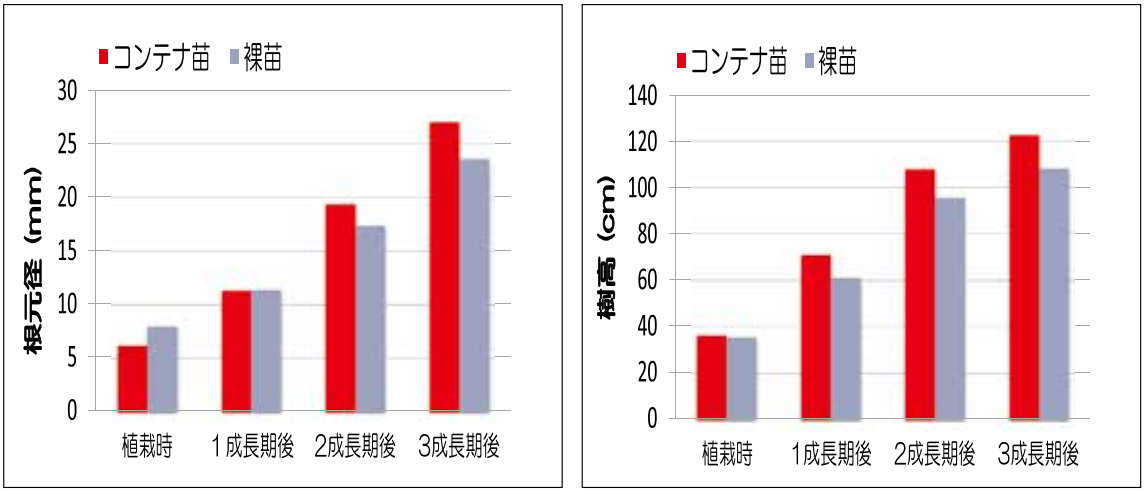


図１. コンテナ苗と裸苗の成長の比較

（櫃間ら 2015, 東北森林科学会誌 20, 16-18 より改変））

図２. スギコンテナ苗：多くの細根が維持されており，根鉢を崩さずこのまま植え付ける

雪に強いスギ品種のコンテナ苗現地適応性・成長評価

玉城聡[1]・織部雄一朗[1]・千葉信隆[2]・落合幸仁[3]
[1]森林総合研究所林木育種センター東北育種場・[2]森林総合研究所林木育種センター北海道育種場
[3]住友林業株式会社（元森林総合研究所）

多雪地に植栽するコンテナ苗に必要となる品種特性を検討するため、雪害抵抗性品種と一般スギのコンテナ苗を多雪地に植栽し、適応性を比較しました。雪害抵抗性品種は一般スギと比べ倒伏状態から回復する程度（角度）が大きく、伸長成長についても優れている傾向がありました。したがって、コンテナで育苗した場合でも、雪害抵抗性品種は多雪環境への適応性が高いと考えられました。

■多雪地に植栽するコンテナ苗に求められる品種特性

多雪地の造林木への雪による被害は様々であり、活着率の低下、成長速度の減退、折損などが挙げられます。また、若齢時に生じる根元曲がりの形成は将来の採材時の切り捨て部分の増大につながるため、これについても克服すべき課題と考えられます。これらの課題の解決に向けた育種分野からの取り組みとして、雪害抵抗性品種が開発されています。

雪害抵抗性品種とは、系統ごとに植栽した試験地での５～15年生時の調査結果から、根元曲がりの量（傾幹幅）が小さく、成長の早さや生存率も一定の基準を満たした系統として選抜されたものです。本研究では、コンテナで育苗した場合においても、雪害抵抗性品種は一般のスギよりも多雪環境への適応性が高いかどうかを検証しました。

■雪害抵抗性品種と一般スギの比較

植栽したコンテナ苗の活着率は、雪害抵抗性品種、一般スギともに91％と良好な値でした。根元曲がりの形成には積雪期の倒伏の程度と、融雪後の立ち上がりの程度が関係していることが知られています（図１）。そこで、根元曲がりの指標となる苗木の角度（90°で直立）を積雪期前から翌年の成長期終了時にかけて経時的に測定しました。その結果、融雪後の４月では両者に違いは認められませんでしたが、６月と10月では雪害抵抗性品種の角度が一般スギを上回り、立ち上がりが旺盛であることがわかりました（図２）。植栽後２成長期間の成長量を比較すると、肥大成長については両者に違いは認められませんでしたが、伸長成長については雪害抵抗性品種が一般スギよりも優れている傾向が認められました（図３）。

以上の結果から、コンテナで育苗した場合においても雪害抵抗性品種は一般スギと比べて多雪環境への適応性が高いことが示されました。今回は植栽後２年間の結果であり、雪害による根元曲がりは15年生程度まで続くため、今後も継続して調査する必要があります。

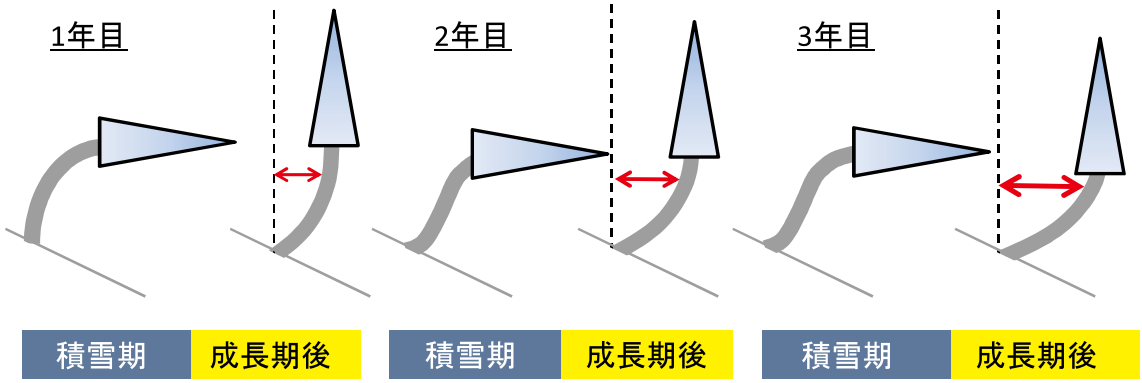


図 1. 根元曲がりの形成過程

多雪地のスギは消雪後に起き上がりながら成長するが、前年の幹の位置まで戻りきれない部分が毎年蓄積することで根元曲がりが形成される。

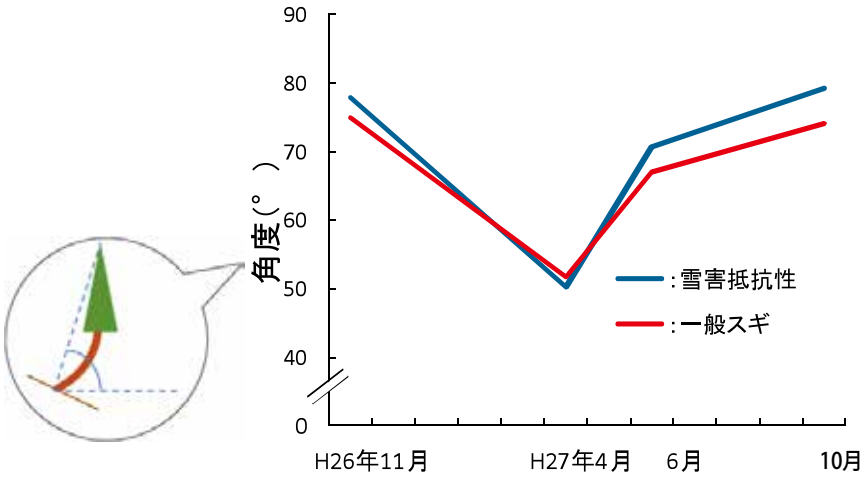


図 2. 植栽 1 年後の秋期から 2 年後の秋期までの苗木の角度の推移

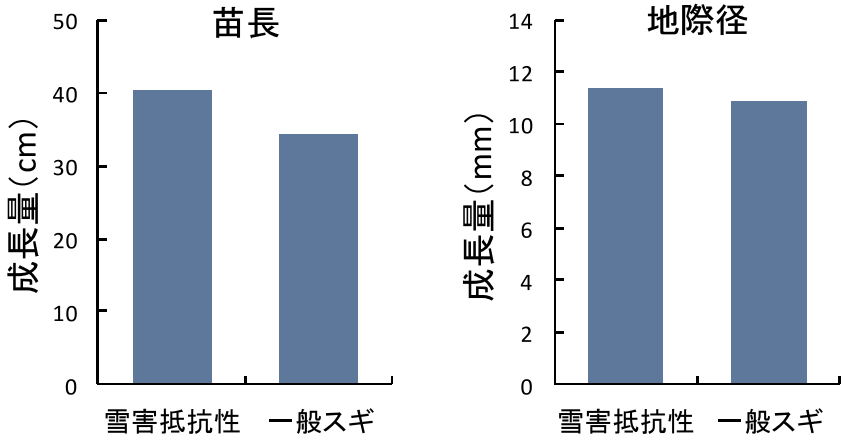


図 3. 植栽後 2 成長期間の苗長と地際径の成長量

育苗コンテナの種類の違いが苗木成長に及ぼす影響

八木貴信[1]・落合幸仁[2]・山田健[3]
[1]森林総合研究所 東北支所・[2]住友林業株式会社（元森林総合研究所）・[3]森林総合研究所

東北地方のスギ実生苗に適した育苗コンテナの種類を明らかにするため、コンテナの種類が山出し苗（１年生）の形態と植栽後の成長に与える影響を検討しました。コンテナの形状（リブ型、スリット型）と容量（150cc、90cc）は山出し苗の形態に影響しました。しかしコンテナの種類による苗木形態の違いは、植栽後２成長期経過するとなくなりました。

■異なる育苗コンテナで苗木を育てる

育苗コンテナの形状（コンテナ側面にあるのがリブか、スリットか）と容量（150ccか、90ccか）の違いが、苗木の形態と植栽後の成長にどのような影響を与えるのかを明らかにするため、森林総研東北支所の苗畑に東北地方産の種子から育てたスギ１年生実生コンテナ苗を植栽し、２成長期間の成長試験を行いました。なお、苗木は全て活着しました。

■コンテナのタイプと山出し苗の形態と植栽後の成長

コンテナ形状について、植栽時、リブ苗はスリット苗に比べ、根元径はほぼ同じですが樹高は高く、その結果、スリット苗より形状比（樹高／根元径の比）の高い徒長気味の樹形を示しました（図１）。樹高成長の速度はスリット苗の方が大きくなりましたが、この違いは２成長期目には小さくなりました（図３）。２成長期後、リブ苗とスリット苗の樹高はともにばらつくものの両者の間に違いはなく、形状比はほぼ等しくなりました（図１）。

次に、コンテナ容量について、植栽時、150cc苗は90cc苗よりも樹高も根元径も大きく、両者の形状比には違いはありませんでした（図２）。初期の樹高成長の速度は150cc苗の方が大きかったのですが、この違いは２成長期目には小さくなりました（図３）。２成長期後も150cc苗と90cc苗の形状比に差はなく、樹高についても苗木間でばらつきはありますが、コンテナ容量間での違いもなくなりました（図２）。

■植栽目的に応じた育苗コンテナの選択

これまでコンテナの形状や容量による苗木成長の違いの明確なデータはありませんでした。今回の植栽試験では、スリット苗は、樹高は小さいものの形状比が低いしっかりした苗となり、植栽後２成長期経過するとリブ苗とほぼ変わらない樹高となりました。また90ccコンテナでは、苗木の初期サイズは小さいものの、植栽後２成長期経過すると150ccコンテナとほぼ変わらない樹高になりました。今回の試験は、コンテナの種類による苗木成長の違いを検討した最初の事例です。今後、検討事例を増やし、苗木の種類や植栽目的に適したコンテナの形状や容量を明らかにしていきます。

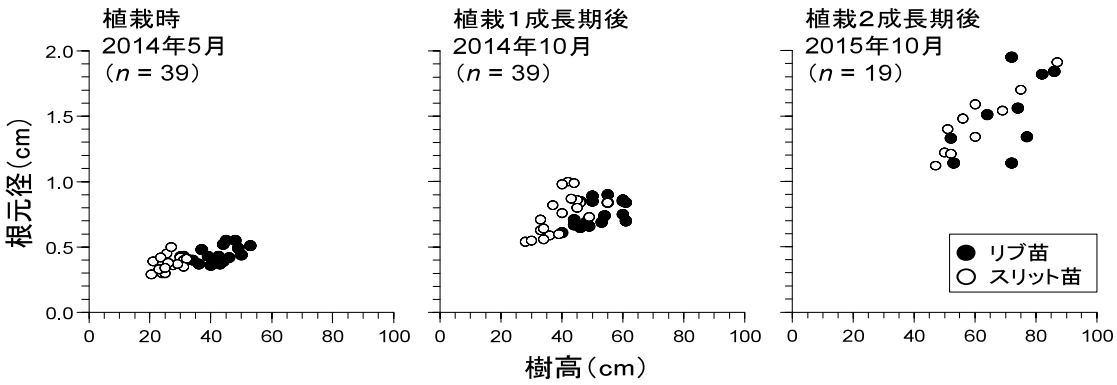


図1．リブ苗とスリット苗の植栽後2成長期間の樹形変化

リブ苗をあらわす黒丸とスリット苗の白丸は、植栽時は分布位置の違いが明瞭だったが、時間経過とともに混在するようになり、2成長期後、分布位置の違いは不明瞭になった。

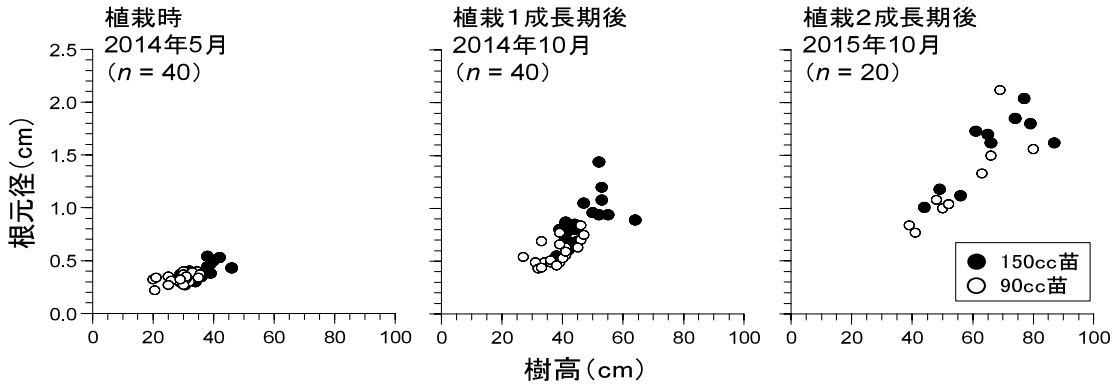


図2．150cc苗と90cc苗の植栽後2成長期間の樹形変化

150cc苗をあらわす黒丸と90cc苗の白丸は、植栽時は分布位置の違いが明瞭だったが、時間経過とともに混在するようになり、2成長期後、分布位置の違いは不明瞭になった。

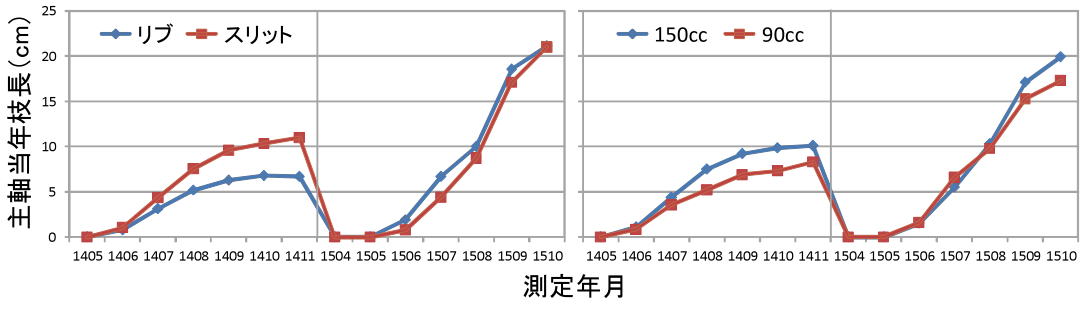


図3．植栽後2成長期間の主軸当年枝長の季節変化

幹主軸の当年伸長量平均は、植栽後1成長期目はスリット苗＞リブ苗、150cc苗＞90cc苗だったが、2成長期目、この違いは小さくなった。

多雪地域で低密度植栽を行なったときのスギの成長と形質

野口麻穂子[1]・和田覚[2]・八木橋勉[1]・櫃間岳[3]
[1]森林総合研究所東北支所・[2]秋田県林業研究研修センター・[3]森林総合研究所

日本海側の若齢スギ林の調査事例から、1,000 本 /ha 植栽では直径成長のばらつきが大きく、サイズや年輪幅の不揃いな林分になる可能性が示されました。雪圧害を受けると、優良木の収穫本数が減少するおそれがあることも分かりました。一方、2,000 本 /ha 植栽では従来と同等の本数の優良木を収穫することが可能と見込まれます。多雪地域では、1,000 本 /ha よりも高い植栽密度を維持したほうが良さそうです。

■スギ若齢林の事例

現在、東北地方のスギの標準的な植栽密度は 2,500 本 /ha 程度とされています。植栽密度を下げることによって植栽・間伐コストの低減が期待できますが、植栽木の成長や形質への悪影響が懸念されます。そこで、2,000 本 /ha 以下の低密度で植栽した場合の成長と形質を、植栽から 11 年を経過した東北地方の日本海側（秋田県由利本荘市、最大積雪深約 1 m）のスギ林で調べました（図 1）。

その結果、1,000 本 /ha 植栽では、従来の植栽密度（2,500 本 /ha）と比較して平均胸高直径が大きくなりました（図 2）。しかし、1,000 本 /ha 植栽では、直径成長量のばらつきが大きく、極端に成長の良い木や悪い木が生じていました（図 3）。このことは、将来、サイズや年輪幅の不揃いな林分になる可能性を示しています。また、この林分では幼齢時の雪圧害によって、曲がりなどの形質不良木が発生しましたが、それらと枯死木等を除いた優良木は、1,000 本 /ha 植栽では ha 当たり 590 本となり（図 4）、秋田地方における一般的な主伐時の本数を下回りました。一方、植栽密度が 2,000 本 /ha の場合は、従来の 2,500 本 /ha とほぼ同等の成長を示し（図 2、図 3）、調査時点で ha 当たり 1,000 本を上回る優良木が残っていることが分かりました（図 4）。

■低密度植栽の可能性

これらの結果から、幼齢期に雪圧害を受けやすい多雪地域の場合、1,000 本 /ha 以下の植栽では、主伐時の優良木の収穫本数が減少するおそれがあります。一方、2,000 本 /ha の低密度植栽では、従来と同等の本数の優良木を収穫することが可能と見込まれます。

多雪地域では、優良木生産をめざす場合には、1,000/ha よりも高い植栽密度を維持した方が良さそうです。

1000 本 /ha　　2000 本 /ha　　2500 本 /ha

図 1.　多雪地域の植栽密度試験地の状況

（2013 年 4 月、植栽から 11 年経過）

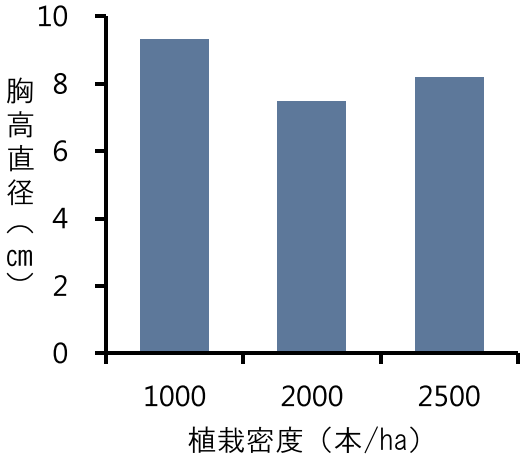


図 2.　植栽密度とスギの胸高直径

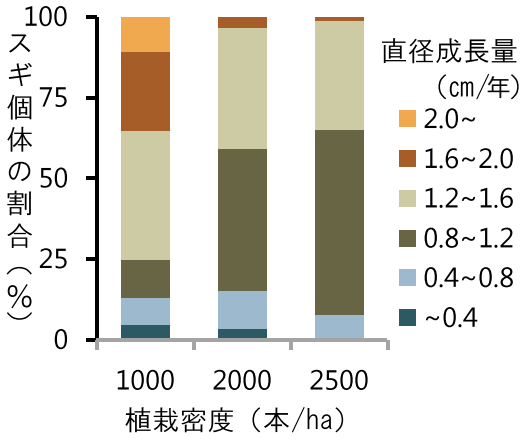


図 3.　スギの直径成長量

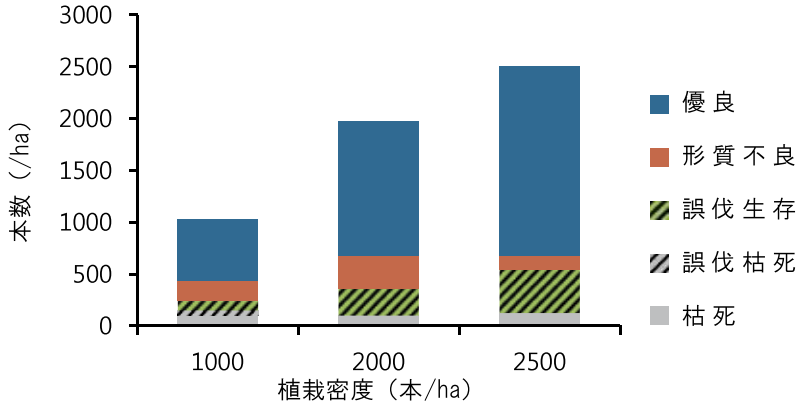


図 4.　スギの優良木・形質不良木の ha 当たりの本数

機械地拵えと低密度植栽によるコスト削減効果

外舘聖八朗
ノースジャパン素材流通協同組合

低迷している伐採跡地の再造林をすすめる手法として、①伐採作業で使用している機械を使用しての地拵え　②通常の植栽本数より低い密度での苗木植栽を採用し、当組合員の協力のもと実証試験行い、人工数と経費の評価を行いました。その結果、従前から行われている地拵えと植栽作業に比較して、人工数で 30 ～ 45%、経費で 40 ～ 60%まで削減できました。また、除草剤施用による下刈り作業の軽減の可能性を得ました。

■機械使用による地拵え

伐木・造材時に使用した機械（グラップル）を使用して地拵えを行うと、通常作業と比較して人工数は急斜地（21 度以上）で 43%、平坦～中斜地（20 度未満）では全て 20%以下、全体平均で 18%となり、通常作業より 80%以上の大幅な削減となりました。また、伐採樹種により地拵えの削減程度が異なり、アカマツ＞カラマツ＞スギとなりました。

一方、経費の削減状況は人工数と同様の傾向ですが、機械の稼働単価が高いため削減程度は人工数よりも低くなりました。それでも、全体平均で通常作業より 65%の削減となっています（図１）。

■低密度での苗木植栽

スギとカラマツの裸苗とコンテナ苗を植栽しました。植栽密度はスギが 2,000 ～ 2,500 本 /ha（通常 3,000 本 /ha）、カラマツ 1,500 ～ 2,000 本 /ha（通常 2,500 本 /ha）であり、通常の植栽密度の 60 ～ 85%となっています。

低密度植栽による植栽人工数の削減率は樹種によって異なり、カラマツでは通常型の約 70%ですが、スギでは削減できませんでした。これはスギ苗の大きさや重量がカラマツ苗より大きいためです。また、裸苗とコンテナ苗には人工数の差はありませんでした。これは、林内のコンテナ苗の集積場所から植栽場所までの苗木の運搬に時間を要したことが原因でした。一方、経費の削減率は 50 ～ 95%で、裸苗とコンテナ苗の価格差や植栽本数で異なりました（図２）。

■機械地拵えと低密度植栽によるコスト削減

土地の傾斜や主伐樹種、植栽苗木の樹種や種類によって異なりますが、通常作業と比較して人工数で 30 ～ 45%、経費で 40 ～ 60%となり、大きく削減されました。

■除草剤による下刈り代替の可能性

夏季に下層植生に非選択性除草剤（液剤）を撒布した造林地での２年間の下刈り人工数と経費は、散布しない場合のそれぞれ 65 ～ 80%、65%程度でした（図３）。このことから、除草剤を主伐前に散布する主伐前散布や、苗木の周辺に散布する坪状散布（図５）が、下刈り作業軽減策として有効と考えられます。

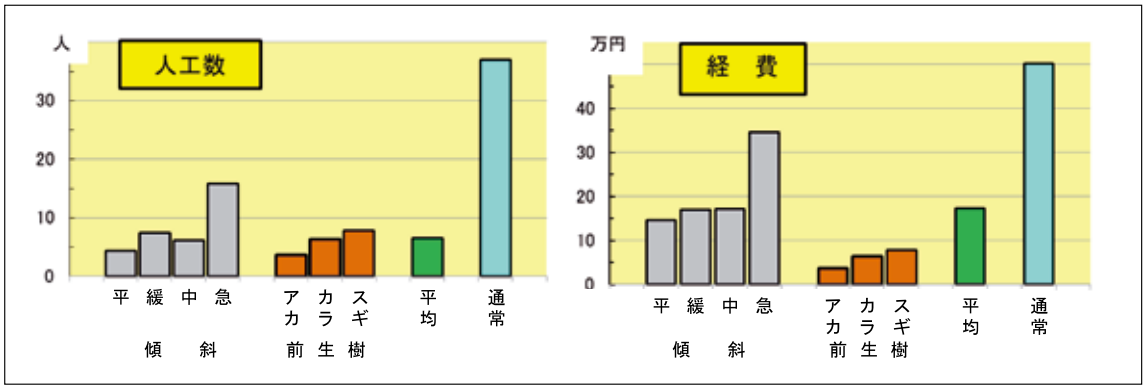


図１．機械地拵えによる人工数と経費の削減状況（１ha 当たり）

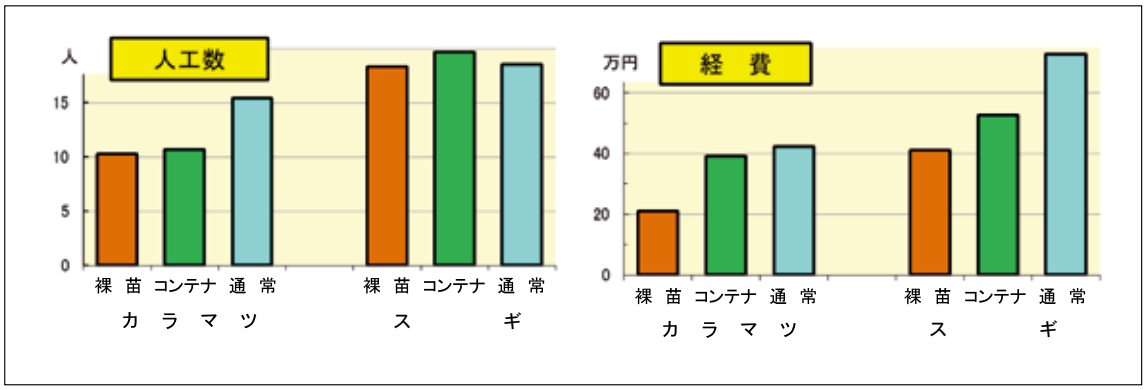


図２．低密度植栽、苗木の種類による人工数と経費の削減状況（１ha 当たり）

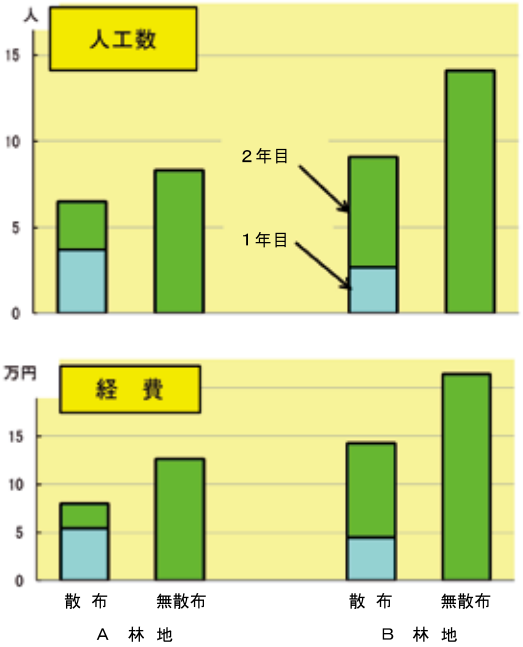


図３．除草剤施用による下刈り作業の削減
（２年間、1ha 当たり）

図４．機械使用による地拵え作業

図５．除草剤の主伐前散布（左）と坪状散布（右）

多雪地域における一貫作業システム

天野智将
森林総合研究所東北支所

伐採と植栽の一貫作業は、伐採作業前の地拵えの効果を最大限に利用することによって、再植林時及び第１成長期の下刈り作業が省略可能となります。降雪前に伐採と地拵えを連続して行い、融雪後直ちに植栽を行えば、伐採直後の秋に植栽した場合と同様の作業工程の省力が可能となります。機械のみによる省力地拵えは、植栽と下刈りの工程を考慮してもコスト削減上有利でした。

■なぜ一貫作業なのか

一貫作業は伐採と再造林を連続して行う作業で、伐採に利用した機械を使って地拵えを行うことができます。また、伐採前の刈払いによって下層植生が取り払われるため、植栽後の下刈り作業が削減でき、再造林作業全体の効率化が図れます。

■多雪地域での一貫作業

積雪期には植林作業はできませんが、この時期は下層植生の成長休止期であるため、秋季に伐採に引き続いて地拵えまで完了し、融雪後直ちに植栽すれば、夏季に伐採と植栽を連続して行う場合と同様の省力効果を期待できます（図１）。この方法は、積雪期を挟む多雪地帯での一貫作業と言えます。

■機械による地拵え

機械（グラップル）による地拵えは運材車待ち等の合間に行います。状況によっては伐採作業終了後、機械が地拵えに専念することもありますが、機械の１日の使用コストは人力作業の３倍程度になるため、丁寧に作業しすぎるとコスト的に不利になります。そのため機械作業は２日以内に止めるべきです。また、機械は末木や枝条等を処理するために使用するのであり、潔癖に作業しようとして地表面を掻くことは避けましょう。

■省力地拵えとコンテナ苗の活用

従来は裸苗を丁寧植えするため、地表をきれいに片付ける地拵えを行ってきました。しかし、コンテナ苗を用いることで植え穴を小さくできるので、機械だけで作業する省力地拵えが可能となります。秋田県での調査結果では、省力地拵えによりコンテナ苗の植え付け工程は従来の丁寧地拵えの 1.7 倍かかりましたが、植栽後の下刈りの人工数は地拵えの違いによる差はありませんでした。これらの結果から、省力地拵えは従来の丁寧地拵えの人力投入部分を削減できるため、地拵え、植栽、下刈りの作業行程のトータルコストを従来よりも 15％程度削減できるという結果になりました（図２）。

今後、伐採と造林を担う事業者間の連携が進み、森林所有者も伐採後直ちに植栽するようになれば、作業の低コスト化が進むと期待されます。

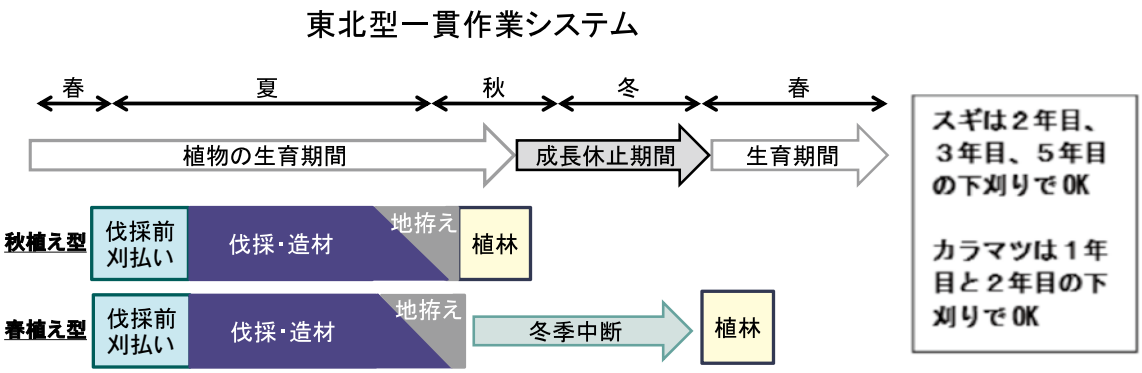


図１．東北型一貫作業

積雪前に地拵えをやっておけば、融雪後、下層植生の成長が始まる前に植える ことにより（春植え）、工程面では秋植えと同様の効果が期待できます。

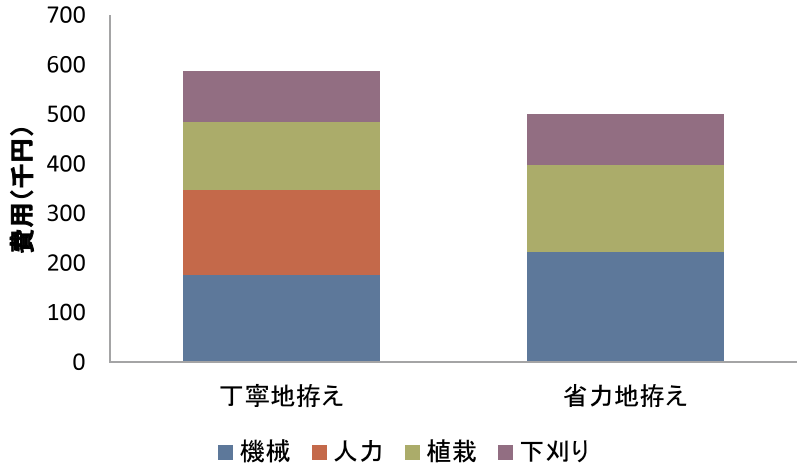


図２．実証試験を基にした地拵え省略の得失に関するコスト比較モデル

比較条件

	丁寧地拵え	省力地拵え
機械地拵え（haあたり）	4日	5日
人力地拵え（haあたり）	10人	
植栽速度	35秒／本	60秒／本
植栽及び運搬のセット	植栽1名＋運搬1名	植栽2名＋運搬1名
下刈り（haあたり）	6人	6人

共通条件

機械使用経費　44,840 円／日
（オペレータを含む）
人件費　16,950 円／日
植栽本数　スギ 2,500 本／ ha

スギの下刈り回数削減

長岐昭彦[1]・野口麻穂子[2]・八木貴信[2]・玉城聡[3]・織部雄一朗[3]
[1]秋田県林業研究研修センター・[2]森林総合研究所東北支所・[3]森林総合研究所林木育種センター東北育種場

下刈りの省略できる年度を検討するため、下刈り回数を減らした林分を調べました。その結果、植栽後２年間の無下刈林分では雪害や誤伐が増え、２年目は下刈りが必要と判断されました。また、植栽後４年目と６年目以降の下刈りを省略した林分では、植生による被圧の影響が極めて少ないこと、大苗植栽では１回の下刈りで済む可能性のあることが分かりました。これらのことから、下刈りは、植栽年、４年目、６年目以降を省略し、２－３年目，５年目の実施が望ましいと考えられます。

■下刈り省略と雪害・誤伐の発生頻度

スギのコンテナ苗を植栽した林分では、植栽後２年間下刈りを省略しても下刈り箇所と比較し、樹高成長が劣ることはありませんでした（図１）。しかし、３年目に初めて下刈りを行った箇所では、競合植生が繁茂していたため、誤伐率が19％と連年下刈り区の３倍になりました(図２)。また、多雪地帯（最深積雪深 100cm 以上）にコンテナ苗と裸苗を植栽した試験地では、２年目に下刈りを省略すると伸長した競合植物の下敷きとなり、コンテナ苗と裸苗の主軸への雪害率が 2.9%、10.7% と下刈り区の 2.4 倍、2.9 倍となりました（図３）。これらの結果から、下刈り初期の省略年は植栽年のみとし、２年目には下刈りを行った方が、誤伐や雪害の発生頻度が低く抑えられると考えられました。

■下刈りの省略パターンと得失

スギの裸苗植栽地で、下刈りの回数を省略した次の３林分で６、７年生時に樹高と平均植生高、被圧状態を調査しました。

①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（１－３・５年下刈区）
②植栽して２年間の下刈り後、３年目以降省略した林分（１－２年下刈区）
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（大苗区）

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、１－３・５年下刈区では、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、大苗区における植栽木の樹高成長は、１－３・５年下刈区と同様の成長を示し、被圧木も少ない状態でした(図４)。このように大苗を植栽すれば、１回の下刈りで済む可能性が示唆されました。

これらの結果より、下刈りは、植栽年、４年目、６年目以降を省略し、２－３年目、５年目の実施が最も望ましいと考えられました。

下刈り省略による影響

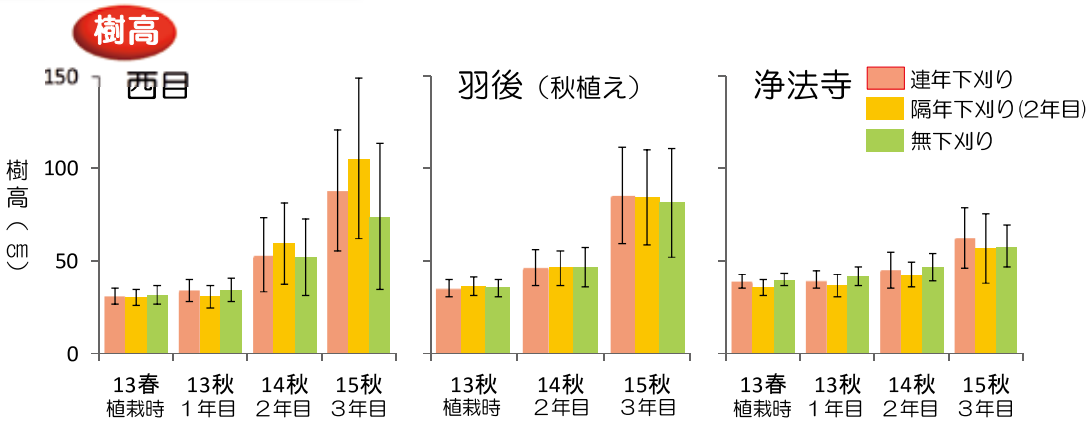


図１．スギコンテナ苗植栽地における下刈り有無別の樹高成長

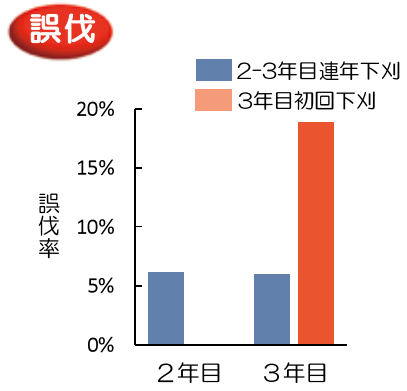


図２．下刈り有無別の誤伐率

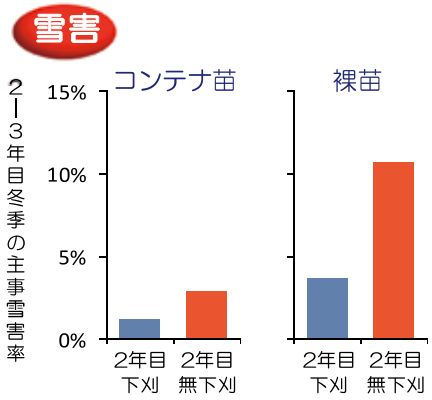
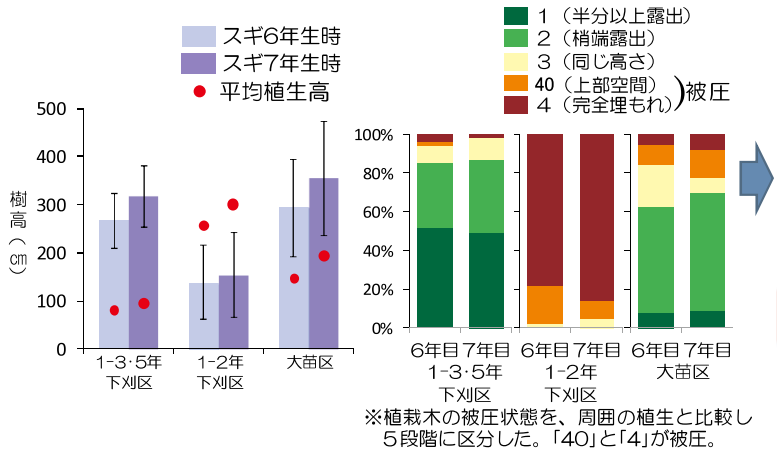


図３．下刈り有無別の雪害率

下刈り省略パターンと得失



提案する下刈り実施年

下刈りの実施年は
２－３年目、５年目
（植栽年、４年目、６年目
以降は省略）

1年目	2	3	4	5	6
×	○	○	×	○	×

図４．下刈り省略林分の樹高・植生高・被圧木の割合

カラマツの下刈り回数削減

新井隆介・成松眞樹
岩手県林業技術センター

研究要旨

カラマツ人工林で下刈りを植栽初期の２年間のみとした場合、下刈りを停止して３年後には植栽木周辺の競合する植生の高さが植栽木の樹高の半分以下になっていました。このことから、下刈りは植栽初期の２年間で終了して良いと判断されました。下刈りを５年間から２年間に削減することにより、下刈りコストは約 60%削減できます。

■カラマツ下刈り試験地

下刈り回数を削減した場合、植栽木にどのような影響があるか調べるために、平成 23 年に岩手県宮古市川井（川井試験地）と軽米町（軽米試験地）にカラマツコンテナ苗を植栽しました。条件は植栽初期１、２年目のみ下刈りを行う２年刈区、３年目まで行う３年刈区、５年目まで行う毎年刈区とし、川井試験地には２年刈区と３年刈区、軽米試験地には２年刈区と毎年刈区の試験区を設定しました。

■植栽木の生存と成長

川井試験地の２年刈区では、植栽後２年時の生存率 94％は、下刈り停止２年後でも変わらず、３年刈区では、植栽３年時の 80％から下刈り停止１年後に 70％と 10％減少しました。軽米試験地の２年刈区では、植栽後２年時の生存率 100％から下刈り停止３年後は 85％と 15％減少し、一部でならたけ病が発生しましたが、同期間の毎年刈区でも 88％から 73％へと 15％減少しました（表１）。また、下刈り試験区間で植栽木の樹高と根元径の成長率を比較したところ、両試験地ともほとんど差はありませんでした。

■競合植生の影響

植栽木の樹高と植栽木周囲の競合植生の高さを比較したところ、川井試験地と軽米試験地の２年刈区、川井試験地の３年刈区ともに、樹高に対する競合植生高の割合は半分以下になっていました（図１、2）。カラマツ林の下刈りは、下草の高さが植栽木の樹高の 50 ～ 60％になるまで続けるとの過去の文献に準じると、川井・軽米の両試験地とも植栽初期２年間の下刈りで終了して良いと判断されました。

ただし、植栽初期２年間の下刈りでは、競合植生の種類によっては、植栽木が競合植生により被圧されたり、ツル植物が繁茂したりする恐れがあります。そのため、下刈りを停止する前には、植栽地を見回り、植栽木の樹高、競合植生の高さと種類及びツルの繁茂状況を確認する必要があります。

■下刈り回数削減によるコスト削減

岩手県内の下刈りは、樹種にかかわらず植栽から５年間行われるのが一般的です。５年間の下刈りを２年間に削減することで、下刈りのコストを約 60％削減できることが分かりました。

表１．下刈り停止前後の生存率

試験地	試験区	生存率（%）	
		下刈り停止前	下刈り停止後
川井試験地	2年刈区	植栽2年目 94	植栽4年目（下刈り停止2年後） 94
	3年刈区	植栽3年目 80	同（下刈り停止1年後） 70
軽米試験地	2年刈区	植栽2年目 100	植栽5年目（下刈り停止3年後） 85
	毎年刈区	同 88	同 73

２年刈区（下刈り停止３年後）

毎年刈区

図１．軽米試験地植栽５年目（平成 27 年 10 月）の状況

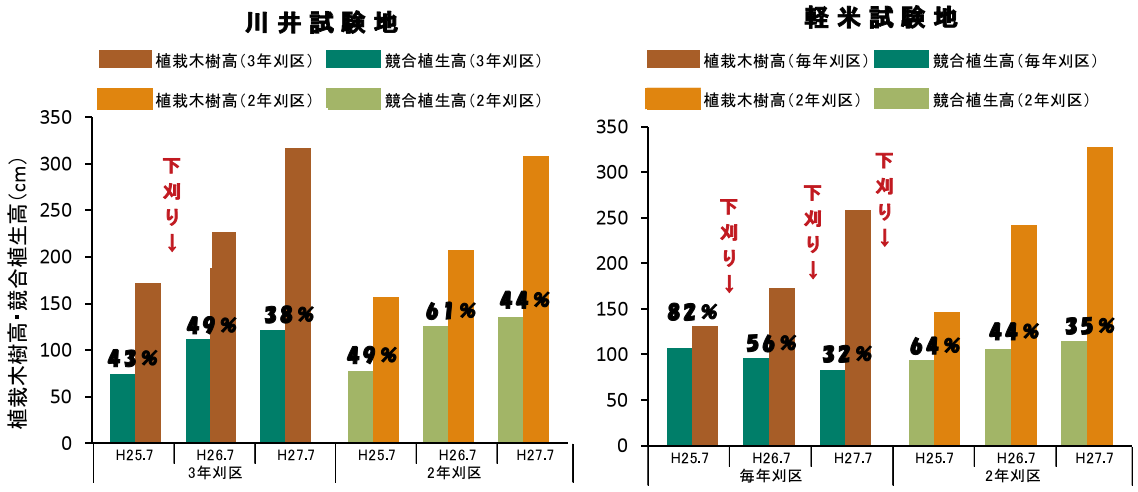


図２．樹高と競合植生高の推移（植栽３～５年目）

※%は樹高に対する競合植生高の割合

大苗利用による下刈り回数の削減

玉城聡[1]・長岐昭彦[2]・星比呂志[3]・外舘聖八朗[4]
[1]森林総合研究所林木育種センター東北育種場・[2]秋田県林業研究研修センター
[3]森林総合研究所林木育種センター・[4]ノースジャパン素材流通協同組合

大苗を利用した下刈り省力化の可能性を検討するため、一貫作業によってスギとカラマツの大苗を植栽し、下刈り回数を減らした場合の雑木との競合状況を調査しました。植栽後２年目に１回下刈りを行い、その後４年間無下刈りの施業をした結果、最終的にスギでは 85%の個体が、カラマツでは 100%の個体が隣接する雑木の樹高を上回っていました。本試験結果から、大苗植栽での下刈り省力化が有効であることが示されました。

■大苗植栽の得失

大苗は普通苗と比べ、雑木と競合する期間を早く抜け出すことが期待できるため、下刈り経費の低減に貢献できます。特に、伐採と植栽の一貫作業システムに大苗を利用すれば、ツルやササが繁茂する場所以外では初年度の下刈りを省略できると考えられます。一方で苗木代などの植栽コストが増加する点や、植栽地の環境条件によっては活着率が低下するリスクも考慮する必要があります。そこで、大苗植栽の得失を検証するため、スギとカラマツの大苗を植栽した試験地を造成し、下刈り省力化試験に取り組みました。

■一貫作業による大苗植栽と下刈り作業

試験地は岩手県遠野市の民有林に設定しました（最大積雪深約 20cm）。前生樹のスギとカラマツの伐採と地拵えを１月に行い、４月に植栽を行う一貫作業で植栽前の下刈りを省くことができました。植え付け時の苗木の大きさは、スギは約 60cm、カラマツは約 80cm でした。植栽後の活着率は 96％と良好でした。下刈りは植栽後２年目の８月に１回行い、以後６年目まで下刈りを実施しませんでした。

■造林木と雑木の競合状況

植栽後１年目と２年目は植栽木のみ、３年目から６年目までは植栽木に加えて隣接する雑木の樹高を測定しました（図１）。植栽木と雑木の樹高の経年変化を見ると（図２）、スギ、カラマツともに植栽木の樹高は雑木を上回った状態で推移しており、特にカラマツではその傾向が顕著でした。植栽６年目における植栽木の樹高と植生高との関係では（図３）、隣接する雑木の樹高を上回った個体の割合は、スギでは 85%、カラマツでは 100％でした。

以上の結果から、スギについては除伐までにもう１回下刈りをする必要があると考えられましたが、カラマツについては以後の下刈りは不要と判断できます。通常５～６回程度の下刈り回数を１～２回に削減できることになり、大幅なコストの削減が可能となります。今後の課題としては、より積雪の多い場所での大苗植栽の有効性を検証する必要があります。

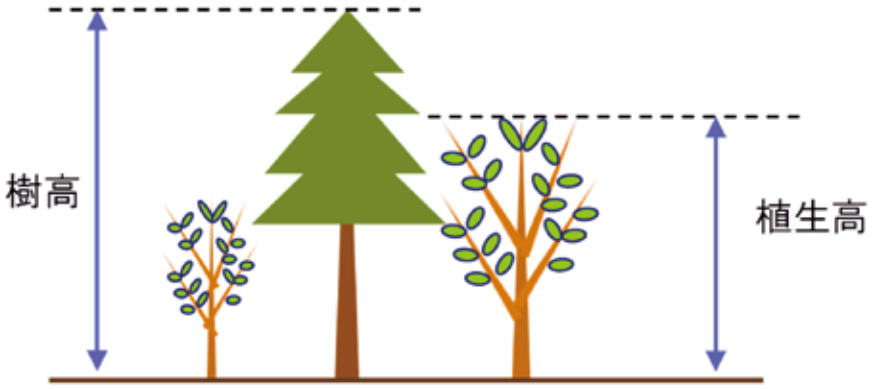


図 1. 植栽木と雑木の高さの測定方法

植栽木に隣接する雑木のうち、最も樹高の高い個体を測定し、植生高とした。

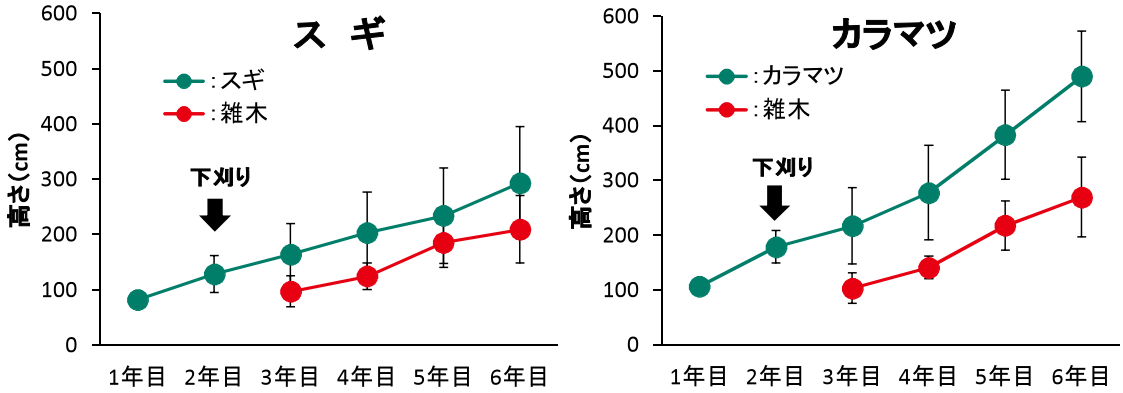


図 2. 植栽木と雑木の樹高の経年変化

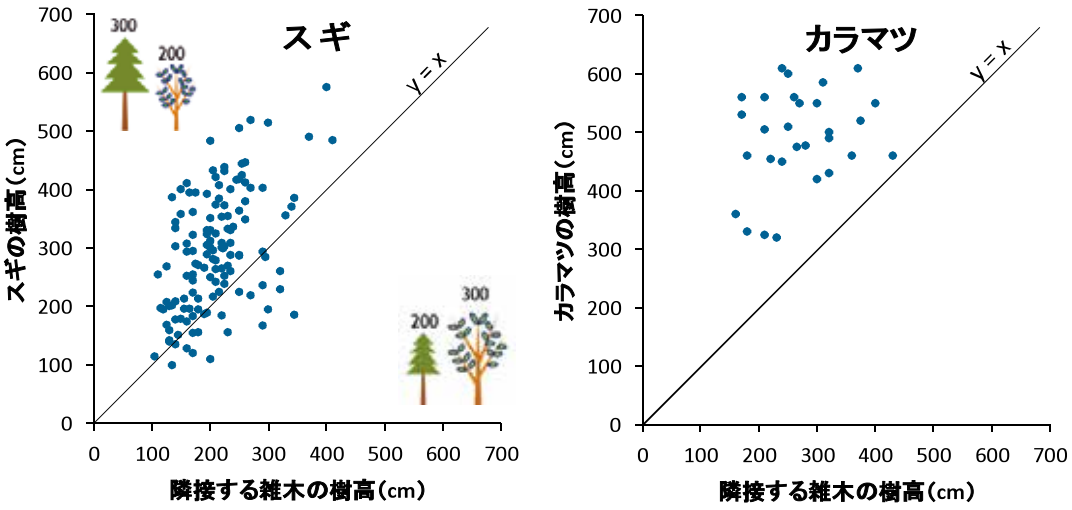


図 3. 植栽 6 年後における植栽木の樹高と隣接する雑木の樹高との関係

植栽木が雑木よりも樹高が高い場合は、y=x の直線よりも上側にプロットされる。

ワラビを利用した再生植生の抑制

中村人史・渡部公一・吉崎明・上野満
山形県森林研究研修センター

研究要旨
再造林時ワラビのカバークロップ効果で下刈りが軽減できるかを検討するため、針葉樹伐採跡地でのワラビ生育と植生の推移を調査したところ、カバー効果が認められ下刈り回数を約半分にできます。また、ワラビを収穫物として収支を試算したところ、スギ・ワラビ植栽管理経費が５年目には黒字となり、10年目には合計約86万円の収益があります。

■針葉樹伐採跡地でのワラビの生育

ワラビポット苗を２か所の針葉樹伐採跡地に植栽して生育と植生の推移を調査しました。ポット苗を2,500個/haと10,000個/ha、各７月と９月に植栽しました。大半の試験区が植栽２年目にワラビで優占されカバー効果が認められました（図１）。一方で、元々草本が多かった試験区では、他の草本にワラビが被圧されました（図２）。また、ツル類が出現する試験区では３年目にワラビを覆う状況が見られ、個別に駆除の検討が必要となりました（図３）。

ワラビの生育では、高さ・広がり共に７月植栽の方が９月よりも良く、試験地によって成長量が異なります（図４）。

■下刈回数軽減の検討

ワラビ園地は全刈りすることで維持されますが、広葉樹伐採跡地をワラビ園地化後３年間放置した場所の植生を調査したところ、ワラビを抜ける植物はタラノキ・ウワミズザクラが僅かにある程度で、ほぼカバー効果が維持されました。これらのことから、植栽２年目と３年目はワラビの安定のために下刈りが必要で、草本の再生が多い所では１年目、スギの生育が悪くワラビで被圧気味な個所は４年目にも下刈りが必要となります。また、ワラビの維持には８年目前後にも下刈りすることが望ましく、全体を通して下刈りを約半減させることができます（表１）。

■ワラビを収穫した収支の試算

ワラビはカバー効果だけではなく収穫物にもなります。広葉樹伐採跡地をワラビ園化した場所での生産団体の収量と収支を調査し、スギとワラビを混植した際の収支を試算しました。まず、１シーズンの収量は1,385kg/haあり、出荷価格400円/kgで約55,3000円/年の収入が見込めます。支出では収穫と出荷のための選別作業と毎年４万円/haの施肥の経費が必要となりますが、収入を下回ります。植栽の経費もスギ・ワラビ2,000本植栽/ha、ワラビポット苗40円/個（生産原価）で行うと５年目にはトータルで黒字になり、植栽10年目まで収穫を行えば合計86万円の収入が見込めます（表１）。

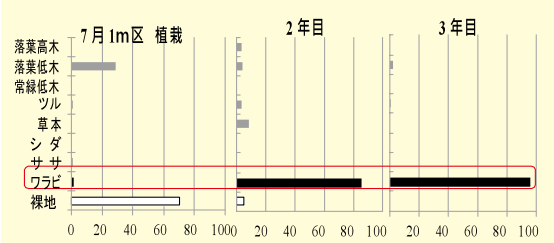


図1．ワラビが優占するプロットの植生の推移

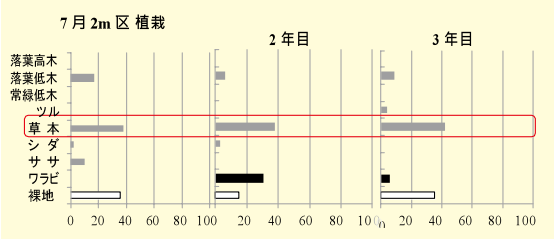


図2．草本がワラビを被圧するプロットの植生の推移

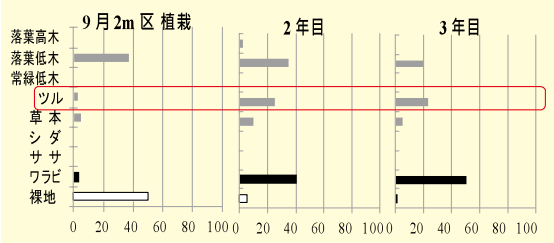


図3．ツルがワラビを被覆するプロットの植生の推移

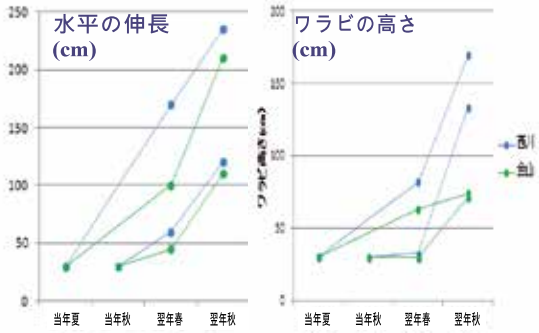


図4．　ワラビの広がりと高さ

写真1．針葉樹伐採跡地のワラビの被覆状況

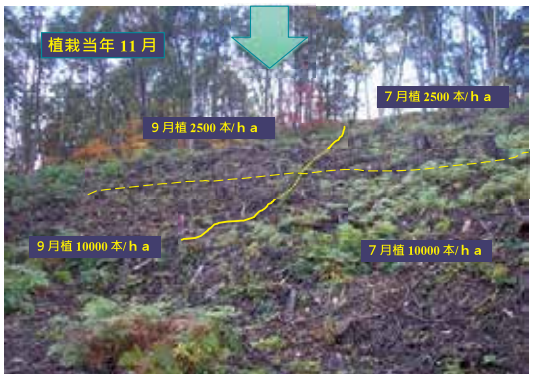


表1．ワラビをカバークロップに導入した際の収支の試算

林齢	施業		支出		収入	補助金	収支	トータル
	スギ	ワラビ	スギ	ワラビ				
1	植栽	植栽・施肥	477000	125000		324000	▲278000	▲278000
2	下刈	施肥	120000	40000		81000	▲79000	▲357000
3	下刈	施肥・収穫	120000	376000	553000	81000	138000	▲219000
4	下刈	施肥・収穫	120000	376000	553000	81000	138000	▲81000
5		施肥・収穫		376000	553000		177000	96000
6		施肥・収穫		376000	553000		177000	273000
7		施肥・収穫		376000	553000		177000	450000
8	下刈	施肥・収穫		496000	553000		57000	507000
9		施肥・収穫		376000	553000		177000	684000
10		施肥・収穫		376000	553000		177000	861000

再造林のコストシミュレーション

鹿又秀聡[1]・天野智将[2]
[1]森林総合研究所・[2]森林総合研究所東北支所

本プロジェクトで提案された一貫作業による地拵えの省力、低密度植栽、下刈り回数の削減等による低コスト再造林手法のコストシミュレーションを行いました。その結果、従来の再造林手法に比べて４割以上コストを削減できる可能性があることが分かりました。一方で、コンテナ苗の低価格化や下刈り削減の留意点、低密度植栽が材質に及ぼす影響等の検討課題も明らかになりました。

■はじめに

森林資源の成熟に伴い、間伐から生産性が高い主伐（皆伐）にシフトする地域が増加しています。森林資源の持続的利用を考えれば、皆伐後の再造林は不可欠です。しかし、伐採収支やその後の再造林費用を考えた場合、採算性の面から再造林ができないケースも多く、再造林の低コスト化が望まれています。再造林コストは、立地条件、苗の種類、植栽本数、下刈り回数により変動します。そこで、条件に応じた再造林のコストを予測するためのツールを開発するとともに、今回の研究で提案された再造林手法を実施した際のコストの予測を行いました（表１）。

■シミュレーションを行った再造林手法

再造林の低コスト化手法として、１）地拵えについては全木集材や伐出機械の利用によりできるだけ省力化を図ること、２）植栽密度を通常の 2,500 本 /ha から 1,500 ～ 2,000 本 /ha 程度まで下げること、３）通常下刈りは５回程度実施するが、スギでは３回、カラマツでは２回程度まで削減することの３つを検討しました。苗木についてはコンテナ苗の活用が一貫作業や労働生産性の面からは好ましいと考えますが、普通苗よりも高価格であるため、普通苗とコンテナ苗（現状 200 円 / 本、将来 150 円 / 本）それぞれについてコストシミュレーションを行いました。

■再造林の低コスト化と注意点

シミュレーション結果を図１に示します。普通苗を活用した低コスト施業はスギ、カラマツともに４割以上のコスト削減につながることが明らかになりました。コンテナ苗については、現状の価格（200 円 / 本）では、普通苗を活用した施業ほどの効果が得られないことが分かりました。特にカラマツについては、コンテナ苗の価格が 150 円 / 本まで下がったとしても 2,000 本 /ha 植栽では普通苗に比べて高額であり、1,500 本 /ha まで密度を下げれば、ほぼ同額になることが示されました。

しかし、過去の低植栽密度の実施データは少なく、材質についての評価も今後の検討課題です。また、下刈り回数の省力化は、植栽木と下層植生の成長状況を見ながら、どの程度実施すれば良いか判断していくことが重要です。

表１．プロジェクトで提案された低コスト再造林手法（スギ、カラマツ）

スギ

施業名	地拵え	苗木	植栽密度（本/ha）	下刈り回数	説明
従来型施業	通常	普通苗	2500	5	苗木価格:120円/本、植栽効率:200本/人日
普通苗１	省力	普通苗	2000	3	苗木価格:120円/本、植栽効率:200本/人日
普通苗２	省力	普通苗	1500	3	苗木価格:120円/本、植栽効率:200本/人日
コンテナ１	省力	コンテナ苗	2000	3	苗木価格:200円/本、植栽効率:400本/人日
コンテナ２	省力	コンテナ苗	1500	3	苗木価格:200円/本、植栽効率:400本/人日
コンテナ３	省力	コンテナ苗	1500	3	苗木価格:150円/本、植栽効率:400本/人日

カラマツ

施業名	地拵え	苗木	植栽密度（本/ha）	下刈り回数	説明
従来型施業	通常	普通苗	2500	5	苗木価格:70円/本、植栽効率:200本/人日
普通苗１	省力	普通苗	2000	2	苗木価格:70円/本、植栽効率:200本/人日
普通苗２	省力	普通苗	1500	2	苗木価格:70円/本、植栽効率:200本/人日
コンテナ１	省力	コンテナ苗	2000	2	苗木価格:200円/本、植栽効率:400本/人日
コンテナ２	省力	コンテナ苗	1500	2	苗木価格:200円/本、植栽効率:400本/人日
コンテナ３	省力	コンテナ苗	1500	2	苗木価格:150円/本、植栽効率:400本/人日

※１　スギ、カラマツともに地拵えについては、通常作業では 25 人日かかるが、機械の活用等により省力作業では５人日で実施するとした。
※２　１回の下刈りには、８人日かかるとした。
※３　労賃については、機械代等込みで 15,000 円 / 人日とした。

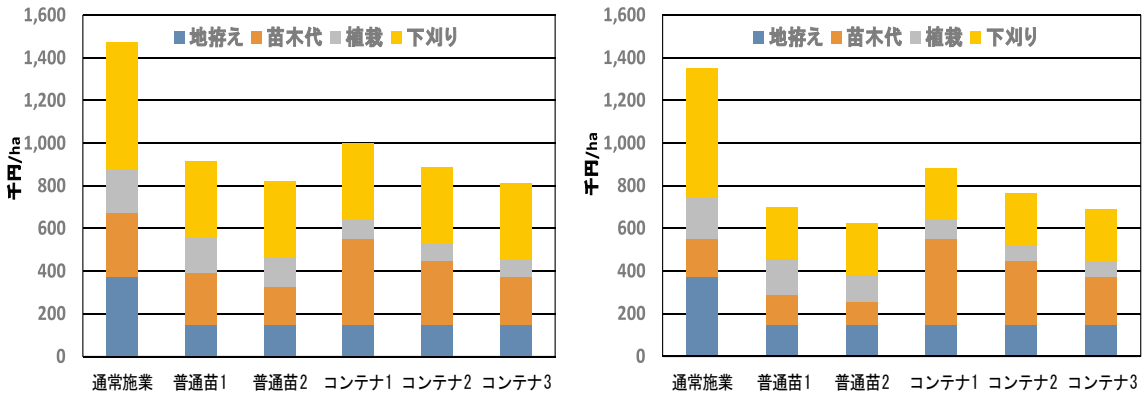


図１．スギ・カラマツの再造林コストのシミュレーション結果

（地拵え～下刈りまでの諸経費等を含まない費用）

発表業績・印刷物

中課題１：多雪地に適した低コスト造林システムの開発

・八木橋勉（2013）コンテナ苗 Q&A 岩手県でも普及中．岩手の林業 672：4-5
・八木橋勉（2014）スギコンテナ苗の特徴と普及の課題．秋田の森林づくり 7 月号：6-7
・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？
・長岐昭彦（2014）スギコンテナ苗は優れものか！？－植栽 1 年目の雪害と干害の状況－．秋田の森林づくり 9 月号：6-7
・成松眞樹（2014）カラマツコンテナ苗の植栽時期が苗の活着と成長に及ぼす影響．岩手の林業 675：4-5
・成松眞樹（2014）植栽密度がスギの成長に及ぼす影響－植栽 10 年目の調査結果－．岩手の林業 678：4-5
・成松眞樹（2014）スギ低密度植栽試験における植栽 10 年目の生育状況－矢巾町煙山試験地における事例－．岩手県林業技術センター研究成果速報 303
・成松眞樹（2014）育苗密度によるカラマツコンテナ苗のサイズと重量の違い．岩手県林業技術センター研究成果速報 304
・成松眞樹（2015）カラマツコンテナ苗の育苗密度が苗木のサイズを通して植栽後の活着と成長に及ぼす影響．岩手県林業技術センター研究成果速報 313
・成松眞樹（2015）カラマツコンテナ苗の育苗密度による苗のサイズと植栽後の成長の違い．岩手の林業 690：6-7
・八木貴信（2015）スギコンテナ苗の樹形と育苗方法．岩手の林業 693：6-7
・天野智将（2015）次世代に森林資源を引き継ぐために．岩手の林業 696：6-7
・成松眞樹（2015）岩手県におけるカラマツコンテナ苗の研究．東北の林木育種 208：4-5
・松本和馬、小谷英司、駒木貴彰（2015）東北地方における低コスト再造林の実用化と課題．東北森林科学会誌 20（1）：1-15
・櫃間岳、八木橋勉、松尾亨、中原健一、那須野俊、野口麻穂子、八木貴信、齋藤智之、柴田銃江（2015）東北地方におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長比較．東北森林科学会誌 20（1）：16-18
・上野満（2015）テーマ別セッション「東北地方における低コスト再造林を考える」．東北森林科学会誌 20（1）：19-22

中課題２：初期育林における下刈りコスト低減技術の開発

・新井隆介（2015）下刈り回数削除がカラマツの生残や成長に与える影響．岩手県林業技術センター研究成果速報 309
・新井隆介（2015）カラマツ植栽地における下刈り回数削減の影響とコスト削減．岩手の林業 692：8-9
・中村人史（2015）山菜を利用した下刈省力化の取り組み．山林 1579：39-47
・中村人史、渡部公一、上野満（2015）針葉樹伐採跡ワラビ植栽地の植生推移とワラビ被覆．第 20 回東北森林科学会ポスター発表
・長岐昭彦・新田響平・金子智紀（2015）スギコンテナ苗の植栽二年目における下刈り省略による雪害への影響．第 20 回東北森林科学会ポスター発表
・外舘聖八朗、吉田佳右（2015）３～５年経過伐採跡地での除草剤散布、地拵、植栽の労働量と費用．第 20 回東北森林科学会ポスター発表

研究体制

本誌は、農林水産技術会議の「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（発展融合ステージ）」で実施された研究成果を取りまとめたものです。

課題名

「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（25036B）」

研究実施期間

平成 25 ～ 27 年度

代表機関

国立研究開発法人 森林総合研究所（本所・東北支所・東北育種場）

研究総括者

駒木貴彰（森林総合研究所東北支所長）

共同研究機関

岩手県林業技術センター・秋田県林業研究研修センター
山形県森林研究研修センター・ノースジャパン素材流通協同組合

課題構成

中課題１：多雪地に適した低コスト造林システムの開発
- 小課題１．多雪環境でのコンテナ苗の活着・成長解析と得失評価（森林総合研究所）
- 小課題２．雪に強いスギ品種のコンテナ苗現地適応性・成長評価（森林総合研究所）
- 小課題３．低密度植栽の得失評価（森林総合研究所）
- 小課題４．低コスト再造林作業システムの開発（森林総合研究所）
- 小課題５．低コスト植栽法の民有林での実施とコスト評価（ノースジャパン素材流通協同組合）
- 小課題６．多雪地に適したコンテナ苗育苗技術の開発（森林総合研究所）
- 小課題７．育林コストシミュレーターの開発（森林総合研究所）

中課題２：初期育林における下刈りコスト低減技術の開発
- 小課題１．スギ下刈り回数の削減技術の開発（秋田県林業研究研修センター）
- 小課題２．カラマツ下刈り回数の削減技術の開発（岩手県林業技術センター）
- 小課題３．カバークロップによる再生植生抑制技術の開発（山形県森林研究研修センター）
- 小課題４．除草剤による下刈り代替の検討（ノースジャパン素材流通協同組合）

低コスト再造林に関する森林総合研究所の研究成果を取りまとめた各種パンフレットは、東北支所と九州支所の WEB サイトからダウンロードできます。

九州支所プロジェクト

九州支所プロジェクト

東北支所プロジェクト

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実用化に向けた研究成果集
「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：東北支所
編集責任者：駒木貴彰
発　行　日：2016年2月5日
問い合わせ：連絡調整室
電話：019-648-3930
e-mail：www-thk@ffpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

この印刷物は、印刷用の紙にリサイクルできます。