

コンテナ苗を活用した 主伐・再造林技術の新たな展開

～実証研究の現場から～



国立研究開発法人
森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

目次

はじめに	1
プロジェクトの概要	2

I. 一貫作業システムの構築

1. 地域に適合した一貫作業システム	4
2. 急傾斜地の作業システム（高知県）	6
3. 緩傾斜地の作業システム（長野県）	8
4. コンテナ苗植栽器具の評価	10

II. コンテナ苗の生産・植栽技術の高度化

5. 充実種子の新しい選別技術	12
6. コンテナ苗の大量生産技術	14
7. 早期出荷に向けた育苗方法	16
8. 植栽適期の検討	18
9. 全国のコンテナ苗の活着・生育評価	20
10. 下刈り省力の方法と可能性	22

III. コンテナ苗の安定供給システムの提案

11. 林業用苗木の生産・流通実態と分析	24
12. コンテナ苗の普及に向けた課題と提案	26
参考資料	28
執筆担当者	29

はじめに



スギやヒノキの人工林は、その多くが戦後の拡大造林期に植栽されたもので、今ちょうど主伐期を迎えています。これらを計画的に伐採し植林できれば、国産材の供給力を高めると同時に、林齢が平準化された健全な森林の育成につながります。しかし、この主伐－再造林の流れを進めるためには、材価に対して高すぎる造林コストを減らす必要があります。また、植栽する苗木の供給体制の整備なども求められています。そうした中、低コスト化の切り札として、コンテナ苗を活用したいいわゆる一貫作業システムが提案され、この数年、全国で関連の試験研究がさかんに行われるようになりました。

これまで、森林総合研究所が中核となり実施した関連研究には、九州支所や東北支所によるものがあります。それぞれ、九州、東北の地域条件に応じて、コンテナ苗を活用する際の利点や課題が明らかにされています（巻末の関連文献を参照）。こうした流れを受けて、本研究プロジェクト「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（農林水産省・革新的技術緊急展開事業、平成26～27年）がスタートしました。

このプロジェクトでは、コンテナ苗を用いた一貫作業がどれくらい林業の効率化や低コスト化に結びつくのか検証するために、多くの都道府県や大学、民間企業を加えた一大コンソーシアムを組み、全国各地で伐出の功程調査や植栽試験などを一斉に展開しました。さらに、充実種子の選別法や新型コンテナの開発、植栽器具の性能比較や苗木の安定供給に向けた分析など、一貫作業のシステム化を下支えする部分も広く網羅して研究に取り組みました。その結果、2年間と限られた研究期間でしたが、上述の先行研究で示されなかった知見も得ることができました。この冊子は、そうした成果の一部をとりまとめたもので、今後、各地域で主伐－再造林の効率化、低コスト化を進める際に、少しでも参考になれば幸いです。

最後に、研究の実施にあたり、試験地の設定や調査・データ収集においてご協力頂いた都道府県、森林管理局の多くの皆さまに厚くお礼申し上げます。

プロジェクト主査 森林総合研究所植物生態研究領域長 梶本卓也

プロジェクトの概要



この研究プロジェクト「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（農林水産省・革新的技術緊急展開事業；平成26～27年）は、16道府県の公立研究機関、6大学、そして2つの民間企業が参画したコンソーシアムを形成して実施しました。

研究は、以下の3つのテーマに沿った課題について行いました。

- 1) 一貫作業システムの構築
- 2) コンテナ苗の生産・植栽技術の高度化
- 3) コンテナ苗の安定供給システムの提案

1) では、伐採から地拵え、植栽作業の生産性やコストを調査し、地域特性に応じた一貫作業システムの提案に取り組みました。とくに、高知県と長野県には実証地を設けて、それぞれ架線系と車両系による作業システムの生産性などを検討しました。

2) では、コンテナ苗の生産・育苗技術の開発とその高度化を目指しました。また、各地の植栽試験データを解析し、地域や樹種ごとの成長特性や植栽適期、また下刈り省力化の方法などを検討しました。

3) では、コンテナ苗の生産や流通事情を全国規模で調査し、需給動向を分析しました。

以上の各課題の研究結果から、主伐一再造林の効率化・低コスト化を進めるために重要なポイントを、右ページのようにまとめました。

コンソーシアムの構成

〔代表機関〕 国立研究開発法人森林総合研究所

〔参画研究機関〕

北海道立総合研究機構林業試験場、宮城県林業技術総合センター、長野県林業総合センター、岐阜県森林研究所、新潟県森林研究所、静岡県農林技術研究所、富山県農林水産総合技術センター、

石川県農林総合研究センター、島根県中山間地域研究センター、

岡山県農林水産総合センター、高知県立森林技術センター、

徳島県立農林水産総合技術支援センター、福岡県農林業総合試験場、

長崎県農林技術開発センター、大分県農林水産研究指導センター、

宮城県林業技術センター

東京大学、東京農業大学、信州大学、九州大学、宮崎大学、鹿児島大学、

住友林業株式会社、株式会社東北タチバナ

主伐一再造林の効率化・低コスト化 ～ 促進のためのヒント ～

1. 一貫作業システムの構築

- 伐出作業の生産性は、高性能 / 先進的林業機械をうまく組み合わせると、最大 2.5 倍向上できます。
- コンテナ苗の運搬に、急傾斜地では架線を、緩傾斜地ではフォワードダを利用すると、大幅な植栽作業の効率化と労力軽減が可能になります。
- コンテナ苗の植栽は、専用器具を使うと作業効率は向上しますが、労働負担の軽減には、傾斜の違いに応じて適切に器具を選択する必要があります。



2. コンテナ苗の生産・植栽技術の高度化

- 近赤外光を使う充実種子の選別技術と、播種・土詰め作業の機械化システムを組み合わせると、コンテナ苗の低コスト・大量生産が実現できます。
- コンテナ苗は、活着が良好な早期出荷（カラマツ 1 年生苗）や、乾燥しやすい夏季も含めた植栽期間の延長（ヒノキ）を可能にします。
- 下刈り省力化には、伐採後ただちに下刈りすることが重要です。植栽後は、下刈り期間の短縮や隔年下刈りが有効な場合があります。



3. コンテナ苗の安定供給システムの提案

- 苗木の安定供給には、需給調整会議の機能を高め、苗木の需要（造林面積）を早期に把握し、残苗を減らすシステムが重要です。



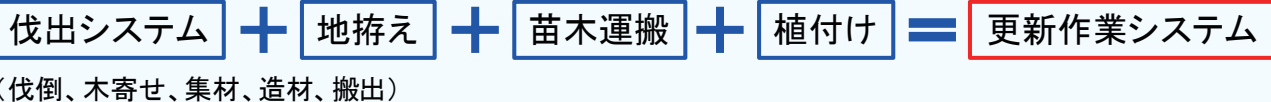
1. 地域に適合した一貫作業システム

■ 背景と目的

伐採から地拵え・植栽までの作業を、効率的に行う一貫作業システムの構築は、再造林のコスト縮減に欠かせません。しかし、こうした作業システムは、地域の立地条件などを考慮してカスタマイズする必要があり、ここでは、全国各地で得られた調査結果を集約して分析しました。

■ 結果

伐出システムに加え、地拵えから苗木の運搬、植付けまでの各造林作業の生産性を、全国9県の試験地で調べました。それらのデータをもとに、地域ごとの立地条件として地形傾斜を、さらに路網密度や作業システム、苗種などの違いにも着目し、伐出作業、地拵え、苗木運搬、植付けの各作業の生産性を計算して、これらの作業に用いる機械の組み合わせによってどれくらい生産性が違うのか比較、分析しました。



分析の結果、集材機やグラップル等の従来型林業機械を使った伐出システムに比べると、先進的林業機械や高性能林業機械をうまく組み合わせたシステム（p8、写真参照）の方が、生産性は1.2～2.5倍向上することがわかりました（図1）。この生産性の向上は、架線系、車両系どちらのシステムについても認められました。

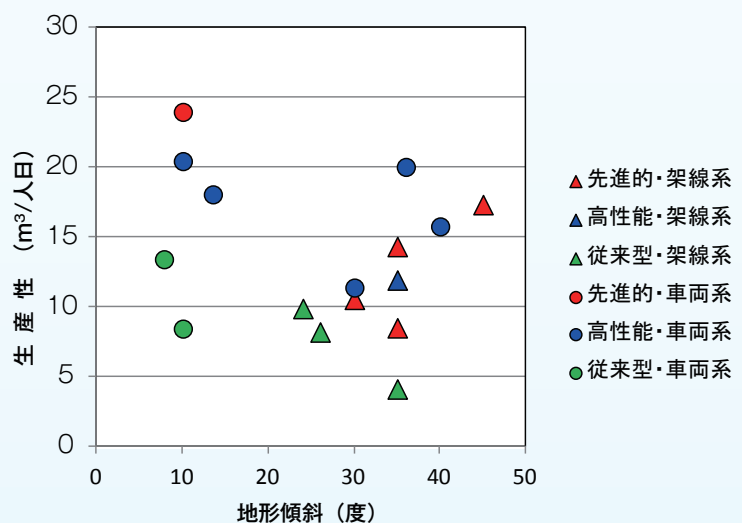


図1 伐出システムの生産性

注) 架線系には索の架設・撤去、車両系には作業路の作設等を含まない。

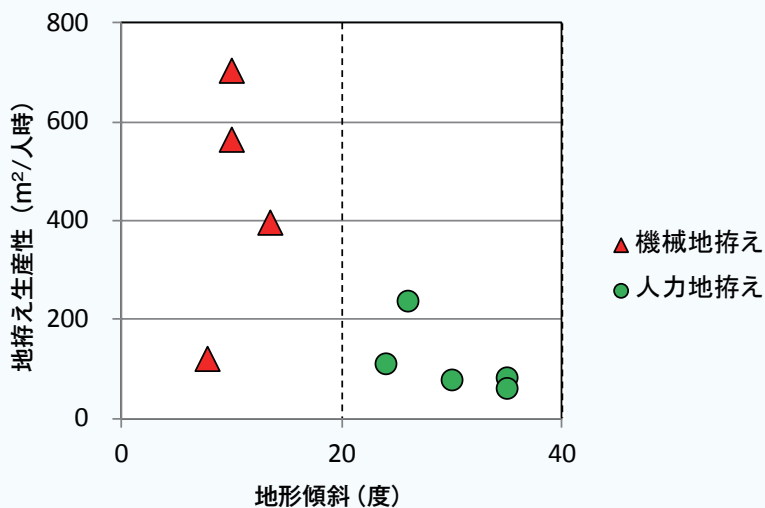


図2 地拵え作業の生産性比較

地拵え作業についても、人力に比べて機械を用いた作業の方が、一般に高い生産性が期待できることがわかりました(図2)。しかし、斜面の傾斜や地拵え方法の違いによる影響で、機械を用いた場合でも生産性は大きく違ってきます。

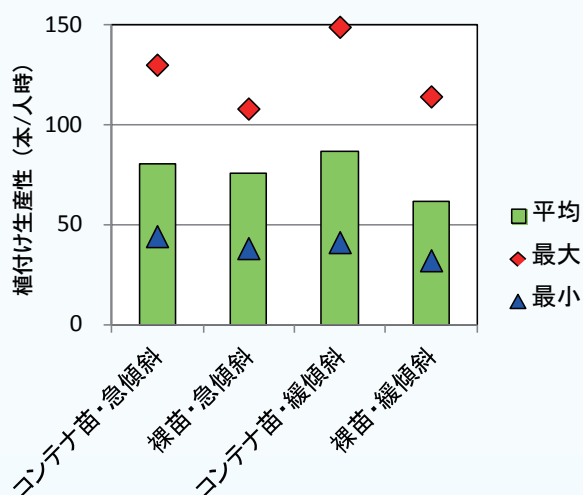


図3 植付け作業の生産性比較

植付け作業の生産性については、コンテナ苗と裸苗で比較すると明瞭な差は見られませんでした(図3)。また、とくにコンテナ苗の場合は、用いる植栽器具の違いによる生産性のばらつきは、裸苗の場合よりも大きく(p.11)、斜面の傾斜などに合わせて適切な器具を選択することが重要となります。

■ 今後の展開

伐出システムについては、先進的あるいは高性能林業機械をうまく組み合わせることで、高い労働生産性を得ることが期待できます。一方、地拵え作業は、こうした機械の利用で生産性は向上しますが、そのメリットを発揮できる場面は限定されるようです。コンテナ苗の植栽作業も、最適な植栽器具の選択指針を作成するためには、傾斜以外に土壌の影響なども調査して検討することが重要です。

一貫作業システムを地域特性に合わせてカスタマイズする試みは、スタートラインに立ったばかりです。今後は、実証試験地の例のように(2、3章参照)、具体的な機械の組み合わせや工夫の事例をさらに増やして、最適なシステムの構築を急ぐ必要があります。

2. 急傾斜地の作業システム（高知県）

■ 背景と目的

車両系の一貫作業システムでは、伐採・集材用の機械を利用できるため、再造林の経費削減が比較的容易と考えられています。しかし、架線系が主体となる急傾斜地では、車両系とは違った工夫が必要です。高知県の急傾斜地にある実証試験地で、架線を利用した一貫作業システムを工夫して、とくにコンテナ苗の運搬から植栽までの作業効率がどれくらい向上できるか検討しました。

■ 結果

架線を利用してコンテナ苗を運んだ場合（写真1）、運搬人工数は人力に比べて傾斜が10°の緩い林地だと約7割、30°の急斜面になると8割強、それぞれ削減できることがわかりました。

主索が1本の架線では、林地で人力小運搬が必要になります。主索を2本張ったH型架線（右ページ）を利用すると、この小運搬が不要になり、1日で約9,000本の苗木を植栽箇所に応じて運搬、配置できることが確認できました。

大量の苗を一度に植栽地に運搬すると、植栽までの間、林地で一時的に保管することになり、苗が枯死や損傷してしまう恐れがあります。しかし、コンテナ苗を枝条で覆うことによって（写真2）、4週間程度は健全に保管でき、活着率も低下しないことがわかりました（図1）。



写真1 コンテナ苗の運搬



写真2 コンテナ苗を枝条で覆う林地保管のようす

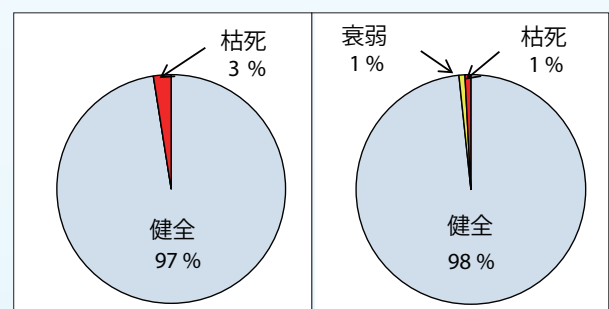
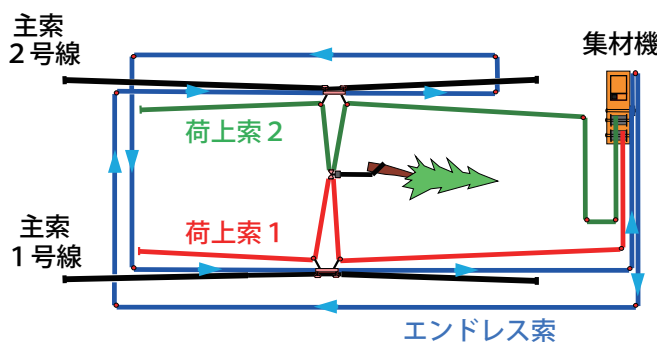


図1 2週間(左)と4週間(右)林地保管した時の活着率

H型架線とは？

この架線システムは、一般に 1,000m を超すような長いスパンの索張り 2 組を、谷を挟んで尾根から尾根へ張り、この主索に 2 本のリフティングライン（荷上索）を連結させて、両主索の間にある立木を面的に集材する時に用いられます。索張りの方式には、エンドレスタイラー式（下図）や、ダブルエンドレス式があります。この架線を、上空から見ると「H」の文字に見えることから、H型架線と呼ばれています。

この H 型架線は、主索の間だともどこでも集材や荷下ろしが可能なため、横取り作業が不要となる長所があります。一方、短所としては、架設箇所が地形により限定されることや、2 組の索張りを使うために大型の集材機や多量の資材が必要となり、また架設や集材機の運転に高度な技能を要することなどがあります。



H型架線の索張り図とこの架線方式による伐出現場（高知県土佐町）

■ 今後の展開

架線系の集材システムでは、地拵えに機械を利用できないので、地拵え作業をいかに省力化するかが低コスト化の鍵となります。架線を利用して全木集材を行うと、一般に林地に残る末木枝条は減ります。しかし、集材方法によっては多くの枝条が残ります。今後は、苗木運搬方法の改良とともに、こうした末木枝条をなるべく残さない方法や、地拵えを省いた場合の植栽や下刈りへの影響を明らかにして、急傾斜地の架線系による一貫作業システムで、再生林の低コスト化をさらに進めていく必要があります。

3. 緩傾斜地の作業システム（長野県）

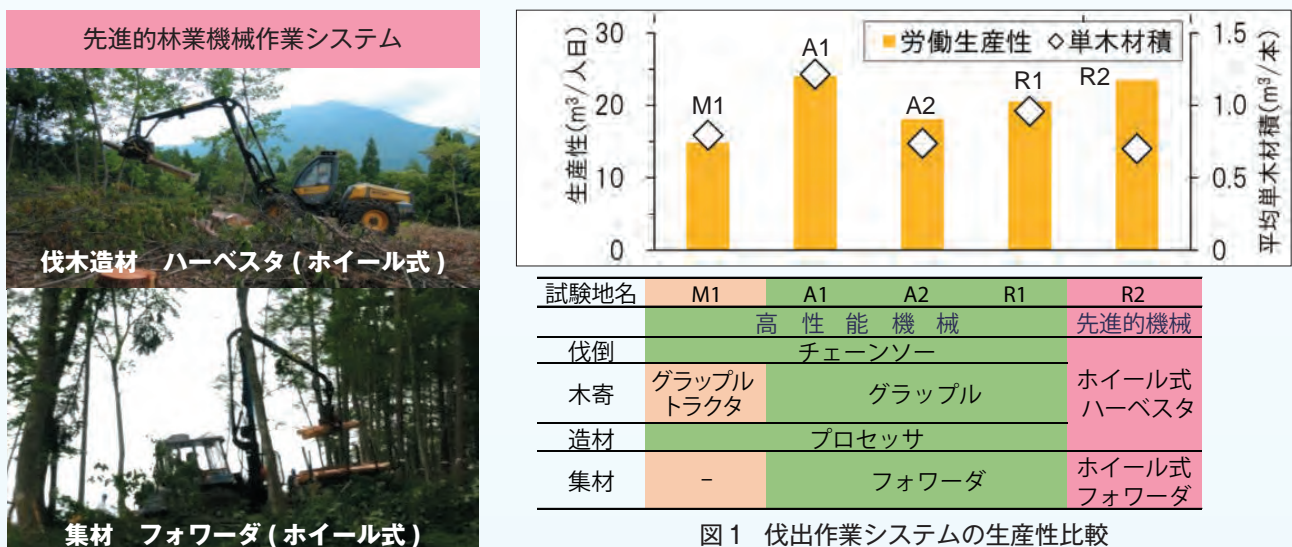
■ 背景と目的

車両系作業システムによる皆伐・集材作業は、緩傾斜地で路網密度が高い場所だと、伐出機械の組み合わせ方や、それらの地拵えや苗木運搬への利用によって、大幅な生産性の向上が期待できます。長野県の緩傾斜地にある実証試験地で、こうした作業システムの生産性を比較し、さらにコンテナ苗の植栽器具による作業効率も検討しました。

■ 結果

緩傾斜地（10～20°）の試験地5ヶ所で、チェーンソーとプロセッサ、ハーベスタとフォワーダなど、高性能あるいは先進的林業機械を用いた幾つかのシステム（各写真）で、皆伐作業の生産性を比較しました。

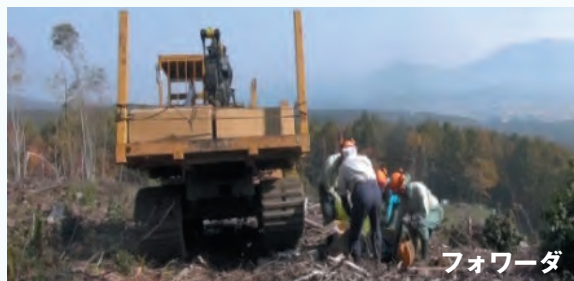
その結果、機械の組み合わせや、林地の単木材積などによる違いはありますが、伐出作業の生産性は15～24m³/人日と高いレベルに達することがわかりました（図1）。



地拵え作業にグラップルローダを用いると、人力の場合に比べて生産性は数倍から10倍ほど向上しました（写真1）。また、フォワーダを用いた苗木運搬能力は平均約2,000本/人時で、緩傾斜地で伐出機械を利用すると、植栽作業の効率化や労力軽減が図られることがわかりました。



グラップルローダ



フォワーダ

写真1 (左) 地拵え用のグラップルローダと(右) 苗木運搬用フォワーダ

コンテナ苗の植栽作業の効率を、傾斜が違う3ヶ所の試験地で、スペード（写真2）などの各植栽器具（4章、写真1参照）を用いて調べてみたところ、例えばふつうの唐クワを使っても、裸苗の丁寧植えの場合より2倍ほど早く植栽できることがわかりました（図2）。またコンテナ苗の場合、場所によってその傾向は違いますが、スペードやディブルなど植栽器具の違いで植栽効率には多少の差がみられました。

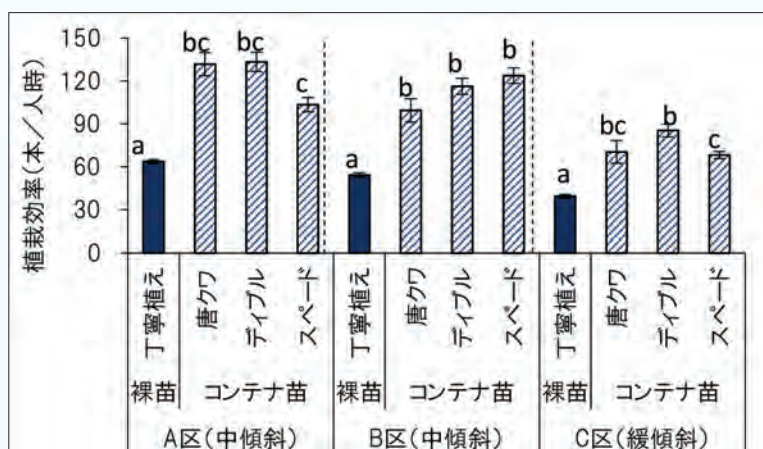


図2 植栽器具の違いによる作業効率の比較



写真2 スペードによるコンテナ苗の植栽

■ 今後の展開

車両系システムによる緩傾斜地の一貫作業では、概ね20m³/人日の生産性が期待でき、機械とコンテナ苗の利用により再造林作業の効率化が図れることがわかりました。今後は、機械による地拵えや苗木運搬作業を最適化するとともに、雑木や末木枝条のバイオマス利用で地拵えを省略することも検討する必要があります。

4. コンテナ苗植栽器具の評価

■ 背景と目的

コンテナ苗の植え付けには、唐クワ以外にディブルやスペード、プランティングチューブなど専用の植栽器具の利用が考えられています。それぞれの問題点や改良点を明らかにするために、器具の使い易さ、作業姿勢、局所疲労、作業能率を調べて比較しました。

■ 結果

林業従事者へのアンケート調査からは、コンテナ苗の植付け作業は、裸苗の場合に比べて、「苗木の運び易さ」を除くすべての項目でより良いという評価が得られました（図1）。

コンテナ苗を用いると、植付け作業が省力化でき、かつ安全になることがわかりました。

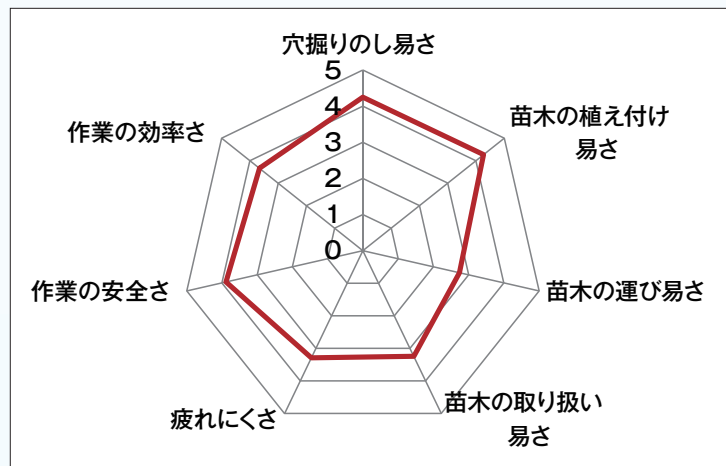


図1 裸苗とコンテナ苗の植栽作業の比較
評価は、裸苗に比べてコンテナ苗が、良い：5点、やや良い：4点、同じ：3点、やや悪い：2点、悪い：1点、の5段階で示す。

3つの専用植栽器具を比べると、いずれも「重量感」で最も評価が低くなりました（図2）。また、「疲れにくさ」、「作業の安全性」、「作業の効率性」は、唐クワに比べてディブル、スペードで評価が高くなりました。一方、プランティングチューブはすべての項目で低い評価になりました。

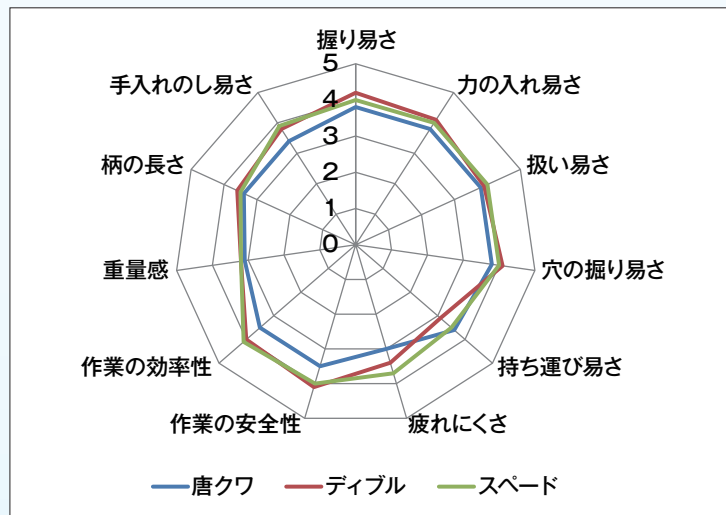


図2 専用器具の使用時の評価比較
評価は、良い：5点、やや良い：4点、同じ：3点、やや悪い：2点、悪い：1点、の5段階で示す。



写真1 比較した植栽器具

4つの植栽器具（写真1）について、身体の局所疲労部位を調べたところ、スペードの使用者は、上腕、ひじ、ひざで疲労を訴える割合が1割を超えました。しかし、それ以外の部位は1割以下と低く、唐クワやディブルに比べて局所疲労は少ないことがわかりました。

作業姿勢への影響を、穴あけ、植え付け、踏み固めが腰椎に与える負担の測定から検討しました。その結果、スペード、ディブル、プランティングチューブの各器具は、立位作業が基本となるため、唐クワに比べると腰部への負担は軽減されるが、緩傾斜地での作業は急傾斜地に比べて腰部の負担が大きくなりました。

植栽作業の能率については、宮崎県の緩傾斜地と急傾斜地の植栽現場で調査したところ、苗木1本当たりの植栽時間は、プランティングチューブが唐クワ、スペード、ディブルの3つに比べて長く、能率がやや悪いことも示されています。

表1 コンテナ苗植栽器具の長所と欠点

評価指標	唐クワ	スペード	ディブル	プランティングチューブ
(1) 器具評価	△	○	○	×
(2) 局所疲労	×	○	△	—
(3) 作業姿勢	×	△	△	○
(4) 作業能率	○	○	○	△

○:高評価、△:中評価、×:低評価

■ 今後の展開

各器具の長所と欠点をまとめると（表1）、従来、苗木の植栽に用いられてきた唐クワは、局所疲労や作業姿勢で腰部への負担が大きく、コンテナ苗の植栽には、専用器具を利用するのが作業負担の軽減には有効のようです。しかし、いずれの専用器具も軽量化を図るなど、それぞれの弱点をさらに改良することが求められています。

5. 充実種子の新しい選別技術

■ 背景と目的

造林用樹種の発芽率は低く、そのことが苗木の生産コストを押し上げる要因のひとつになっています。将来的に、一粒播種による効率的なコンテナ苗の生産システムの確立を目指して、高い発芽率の種子(充実種子)を選別する新しい技術を開発しました。

■ 結果

一般に、スギやヒノキなどの造林樹種の種子は、発芽率がかなり低いという特徴があります。これは、発芽能力を持たない不稔種子や、胚乳は発達しているものの、保存中に劣化したり休眠する種子があるためです。こうした種子を外観で健全な種子(充実種子)と区別することは困難です(図1)。

そこで、近赤外光の反射特性を利用して、胚や胚乳の構造・成分を備えた充実種子だけを選別する技術を開発しました。その精度を、スギやヒノキの試料を用いて検証したところ、休眠や劣化をしていなければ、種子の選別後には発芽率が90%以上に達することがわかりました(図2)。

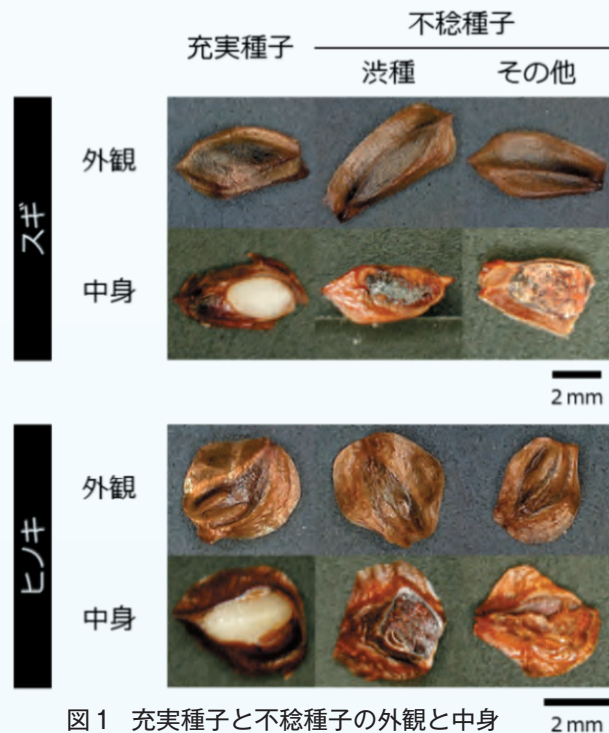


図1 充実種子と不稔種子の外観と中身 2mm

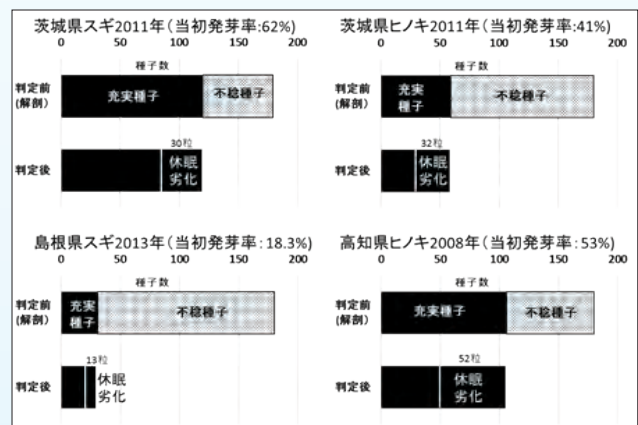
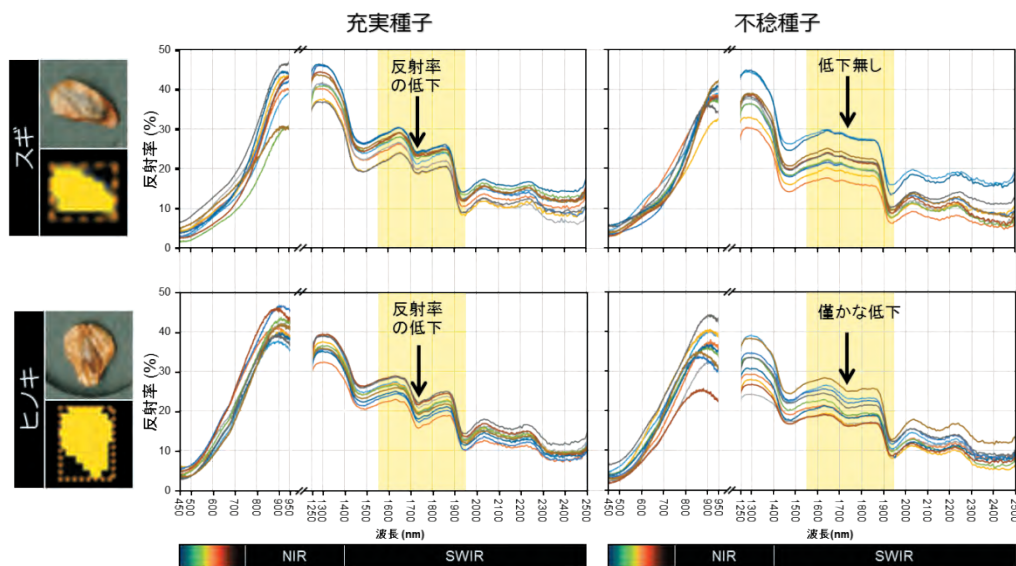


図2 近赤外光で判定後の充実種子率

近赤外とは？

目に見える可視光は、波長が380～750nmの範囲で、それよりも長波長側が近赤外光(750nm～2500nm)と呼ばれます。人間の目は可視光域内で色を見分けます。例えば、葉の色は緑色ですが、これは緑色以外の光をクロロフィルが吸収し、緑色が反射されるからです。近赤外光も可視光と同様に、物質によって異なる反射や吸収パターンを示します。そこで充実種子では吸収され、一方、不稔種子で反射される光の波長がないか調べました。近赤外光は透過性が高く、種皮の薄膜を隔てた内側の性質を調べるのに適していました。

スギとヒノキの充実種子・不稔種子の試料を使って、可視光から近赤外光域での反射率を測定したところ、充実種子ではある特定の波長域(1730nm付近)で反射率が顕著に低下していました(下図)。これは、充実種子の貯蔵脂質に反応したためと考えられます。この特徴を利用して、種子を破壊せずに選別する技術が開発されました。



可視光～赤外光波長域でのスギ・ヒノキの充実及び不稔種子の反射率 (%)

■ 今後の展開

スギやヒノキの種子は、保管年数が経つと休眠が深まるなど、充実種子でも発芽率が低下することが知られています。こうした種子の休眠を効果的に解除する手法が開発できれば、今回の種子選別技術に組み合わせることで、将来、コンテナ苗の生産から出荷までをすべて機械化、自動化(6章参照)するシステムの開発へとつながっていきます。

6. コンテナ苗の大量生産技術

■ 背景と目的

主伐一再造林の施業がうまくまわり始めると、苗木の需要増に対応するために、コンテナ苗を大量に生産することが求められます。ここでは、播種や土詰め作業の機械化・自動化により、効率的なコンテナ苗生産を行うシステム開発を目指しました。

■ 結果

コンテナ苗は、今後、大きな需要増が見込まれています。コンテナへの播種や土詰め作業は、現在、手作業で行われていますが、現場に近い中山間地域では、将来こうした人手の確保が難しくなります。コンテナ苗を大量生産するためには、作業の機械化・自動化が求められています。

そこで、農園芸分野ですでに普及している作業用機械（右写真）が山林種苗にも適用できるかどうか、コスト面も含めて検討しました。その結果、技術的な問題は少なく、また年間の苗木生産本数が50万本以上であれば、高価な自動培地充填機などを使用しても、人力に比べて低コストで生産できることがわかりました。



播種・土詰め作業の軽減・効率化



ニードル式自動播種機



自動培地充填機

苗木生産とコストの関係は？

コンテナ苗の大量生産を考えた場合、手作業では難しく機械化が必須となります。ここでは、こうした大量生産を実現する上でとくに効率化が必要となる播種と培地充填作業に着目して、100万本／年間生産という条件で、機械化した場合の作業効率やコストを検討しました。

まず播種作業では、高発芽種子（発芽率95%以上）の選別技術により1粒播種が可能になることを前提にして試算した結果、生産能力は機械化する（12日間）と手作業（61日間）の約5倍に向上し、苗木代も1本あたり約3.9円削減できることがわかりました。また培地充填作業についても、機械化により手作業の6倍程度に生産能力がアップし、苗木代は1本あたり0.8円のコストダウンになることが予想されます。

年間100万本の苗木生産本数を想定した場合の試算例

作業工程	作業方法	生産能力	苗木代
播種工程	従来法（手作業）	生産量：16,384／人・日 所要日数：61日間	7.0円／本
	機械作業 （設備費：318万円）	生産量：81,920粒／人・日 所要日数：12日間	3.1円／本
培地充填作業	従来法（手作業）	生産量：3,080本／人・日 所要日数：325日	2.3円／本
	機械作業 （設備費：765万円）	生産量：18,480本／人・日 所要日数：54日	1.5円／本

* 機械設備費用は、7年定額償却として計算。

* 人件費は、7,000円／人・日として計算。

* 播種作業は、512穴セルトレイに播種する作業時間を元に試算。

* 培地充填作業は、77キャピティ／トレイのコンテナを使用する条件で試算。

■ 今後の展開

自動播種機については、今後、選別された高発芽率の種子（5章参照）にコーティング処理を行うとより効率的な播種機になるなど、まだ改良の余地があります。また、播種から移植、培地充填にいたる一連の作業の機械化実現には、コンテナ苗に特化したマニュアル作りや、高額な機器への投資が十分回収できるだけの事業規模の拡大などが必要となります。

7. 早期出荷に向けた育苗方法

■ 背景と目的

カラマツのコンテナ苗は、現在移植により2～3年かけて育苗するため、生産コストが高くなっています。種子をコンテナに直接播種し、1年間育苗した苗でも活着や成長に問題がないか、植栽試験を行い検討しました。

■ 結果

サイズの違うコンテナ（150ccと300cc）（写真1）に直接播種して育てたカラマツの1年生苗を、2年生の裸苗と比べてみると、根の成長は旺盛で、植栽年の秋には裸苗とほぼ同じ程度になりました（図1A）。また光合成速度は、9月まで裸苗より高い値を示し（図1B）、2年後の秋には、当初裸苗より小さかったコンテナ苗は、樹高が裸苗とほぼ同じに達することがわかりました（図1C）。

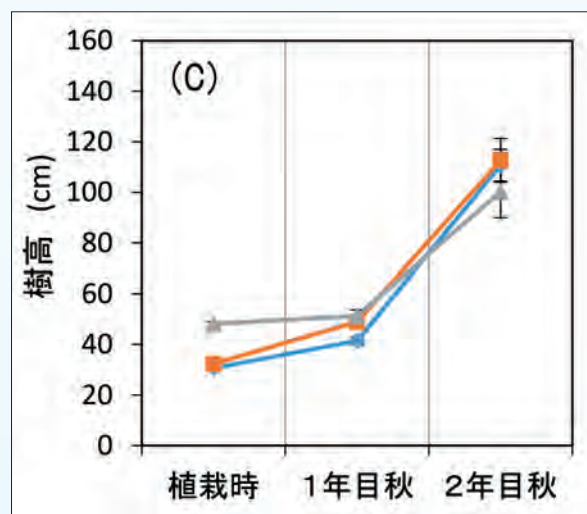
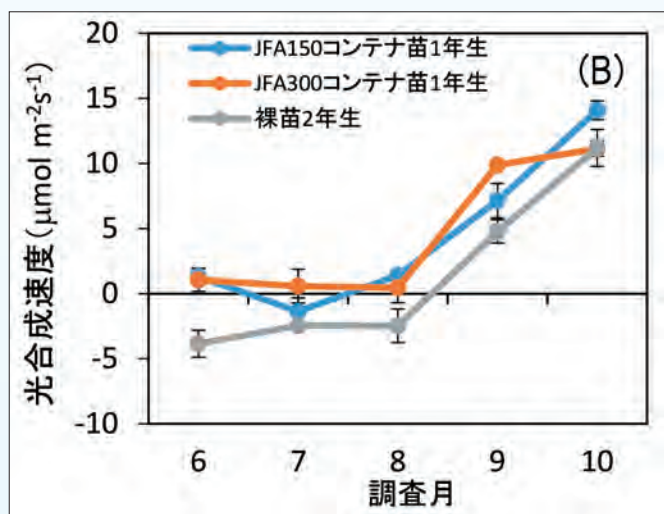
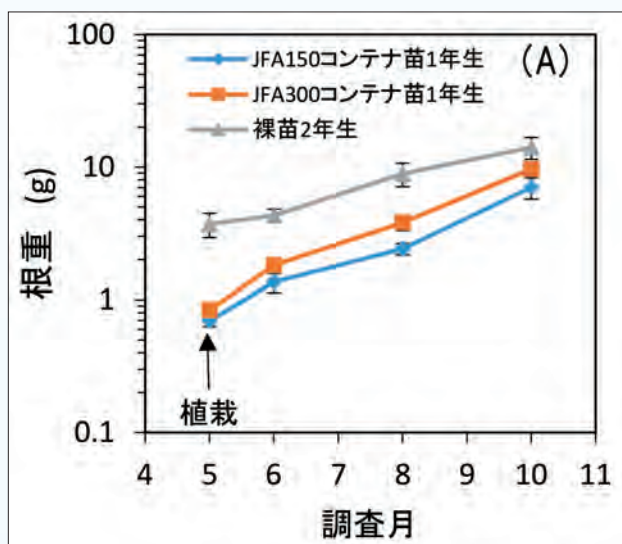


図1 カラマツのコンテナ苗（1年生）と裸苗（2年生）の比較

植栽年の（A）平均根重及び（B）光合成速度の季節変化と、（C）植栽後2年目までの樹高変化。



写真1 試験に用いたカラマツ1年生コンテナ苗
(左) JFA150 cc、(右) JFA300 cc

形状比（苗長／根元径）の異なるコンテナ苗を植栽してその後の定着を観察したところ、植栽後2ヶ月間で、形状比が150程度と高めの苗木が枯死しやすいことがわかりました（図2）。

さらに、植栽まで温室で育苗する際、その時期や期間によって、苗の形状比がどう変化するか調べた結果、育苗期間が短いほど根元径が大きくなり、形状比は小さくなる傾向が見られました。

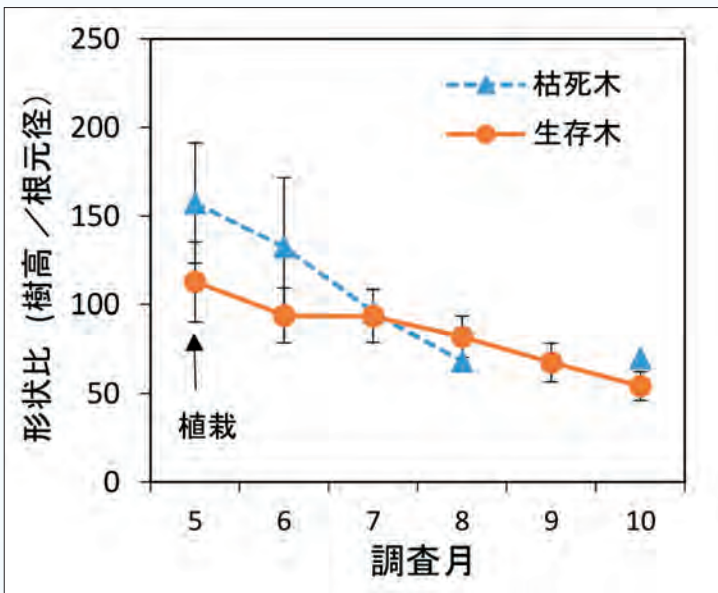


図2 植栽後の枯死及び生存個体における形状比の変化の比較

これらのことから、例えば4月下旬に播種する場合は、早めの7月上旬には野外の気温に順化させるような育苗法が、カラマツのコンテナ苗で、より高い活着率が期待できる方法と考えられます。

■ 今後の展開

カラマツの1年生コンテナ苗でも、山出し後の成長に遜色のないことが確認されました。しかし、新葉が十分展開した初夏（6月、7月）に植栽した場合、植栽直後の降雨が少ないと活着不良になることが観察されています。北海道では、本来この時期の雨が少なく、植栽適期に合わせた出荷時期を含め、コンテナ苗の早期育苗や生産管理の技術改良が今後の課題になります。

8. 植栽適期の検討

■ 背景と目的

コンテナ苗に期待されている利点のひとつは、通年植栽の可能性です。しかし、地域の気象条件や樹種の違いで、活着や成長がどれくらい左右されるのかよくわかりません。スギに比べて情報が少ないヒノキについて、植栽適期や活着率を向上させる方法を検討しました。

■ 結果

岡山県新見市の国有林で、ヒノキのコンテナ苗と裸苗を、夏季（8月）、秋季（11月）、春季（翌年5月）の3回に分けて植栽する試験を行い、夏季植栽から約1年後に活着と成長を測定して比較しました。その結果、コンテナ苗の活着率は、どの植栽時期でも裸苗を上回りました。とくに、夏季植栽の場合を比べると、裸苗の活着率が50%と低かったのに対して、コンテナ苗は80%と他の植栽時期と同程度に高い値でした（図1A）。一方、直径や樹高の成長については、コンテナ苗と裸苗とに生じた差は、植栽時期によって傾向が異なりました（図1B、C）。

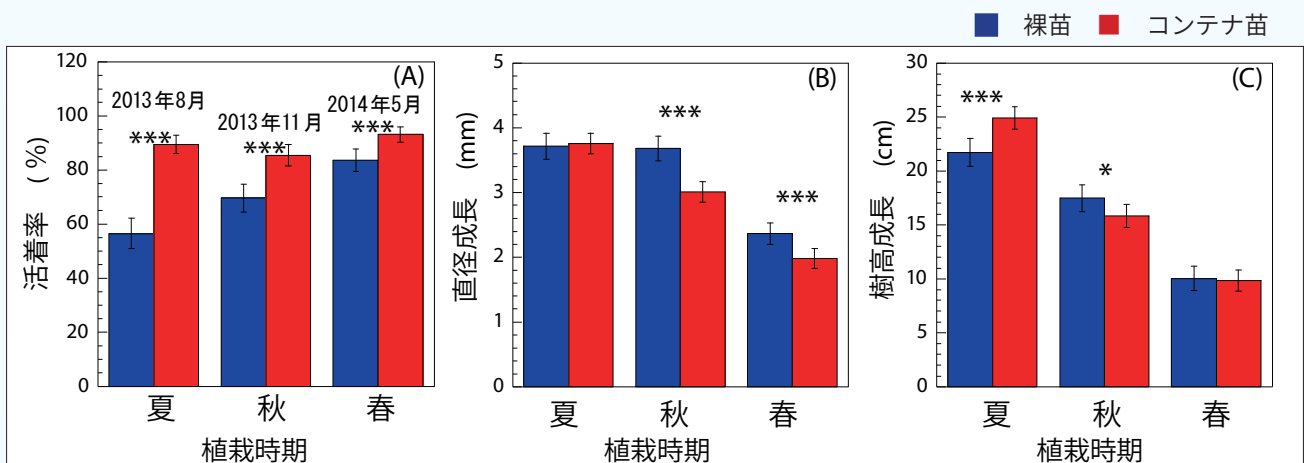


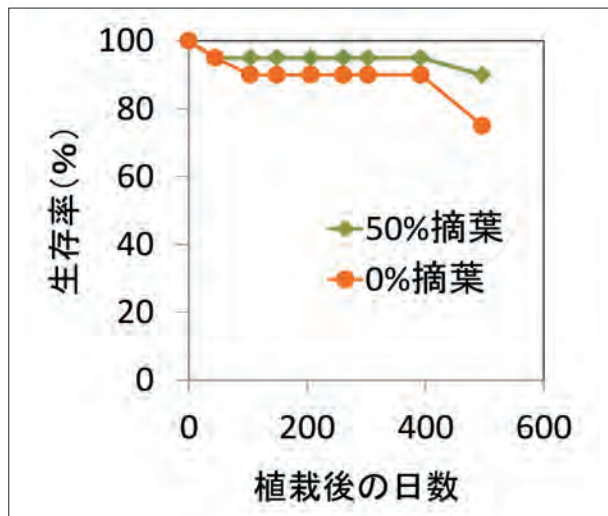
図1 ヒノキのコンテナ苗と裸苗の植栽試験結果
約1年後の(A) 活着率、(B) 直径成長量、(C) 樹高成長量

各季節の植栽年と月は(A)内に示す。値は、すべて2014年10月の測定結果。
*** (0.1%)、* (5%)は、それぞれコンテナ苗と裸苗の有意差の水準を示す。

コンテナ苗の夏季植栽は可能？

一般に、スギやヒノキの苗は、春か秋に植栽されます。これは、根の成長が春と秋に活発なため、植栽後、根がすみやかに成長することで活着しやすくなることと関係しています。一方、根の成長が低下あるいは停止する夏季は、気候的に高温や乾燥のストレスを受けやすくなるため、植栽には適しません。しかし、根鉢がしっかり付いたコンテナ苗（下写真）だと、植栽時の根の痛みが少なく乾燥にも強いので、今回の結果のように（図1）、裸苗より活着がよくなったのかもしれない。

葉量が少ない苗は、多い苗に比べると蒸散が抑えられ、その結果、植栽時のストレスが緩和されて活着がよくなる可能性があります。ヒノキを材料に、人為的に摘葉して葉量を半減させたコンテナ苗と無摘葉の苗を植栽してみると、摘葉した苗の活着は、無摘葉の苗よりやや良くなる程度でした（下図）。この実験結果からは、もともとコンテナ苗が、乾燥ストレスに強いことがうかがえます。



ヒノキ・コンテナ苗の摘葉処理による生存率の推移



ヒノキのコンテナ苗
リブ付き、根鉢容量は150cc

■ 今後の展開

従来、植栽には適しないとされた夏季でも、コンテナ苗だと比較的良好な活着や成長を示す可能性が示されました。ただし、スギに比べると、ヒノキのコンテナ苗の植栽試験はまだ限られています。今後は、さらに異なる条件下での植栽試験や実験事例を増やして、コンテナ苗のメリットが活かされる植栽の時期や方法を明らかにする必要があります。

9. 全国のコンテナ苗の活着・生育評価

■ 背景と目的

コンテナ苗の植栽試験は、この数年間に全国各地でさかんに行われるようになりました。しかし、同じ地域や樹種ごとにまとめてみると、苗の活着や植栽後の成長にどのような特徴があるのかは、まだよくわかっていません。そこで、これまでに得られた試験結果から、こうしたコンテナ苗の一般的な特徴について検討しました。

■ 結果

全国で実施されているコンテナ苗の植栽試験情報を集約し、苗の活着率や成長について解析し、一般的な特徴を抽出しました。

解析に用いた植栽試験結果は、樹種ごとに試験地の位置や地形などの情報も合わせたデータベースにまとめました（図1）。現在、19都道府県、97試験地の情報が次のwebサイトで閲覧できます（URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/lcrf/>）。

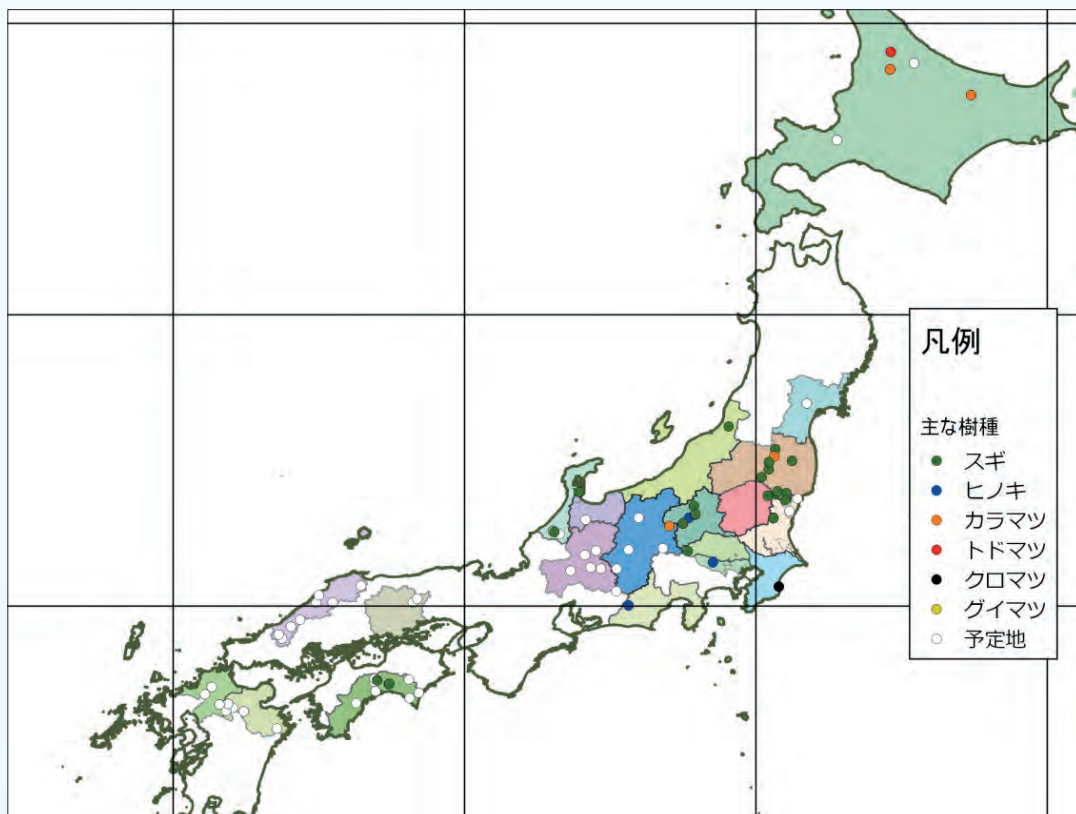


図1 プロジェクトで収集したコンテナ苗植栽試験地の位置と植栽樹種。今後のデータ提供予定地も含む

従来、コンテナ苗は裸苗よりも活着率が高く、成長も良いことが期待されていました。しかし、植栽試験例も限られていたこともあり、裸苗との比較から、一般的な傾向として示すことはできませんでした。

今回、全国で収集された試験データを用いて、植栽後の生存率や成長について、コンテナ苗と裸苗で比較してみたところ、全樹種を含みにしても、樹種別に見ても、コンテナ苗の平均生存率(96%/年)は裸苗(97%/年)とほぼ同じくらい高いことがわかりました(図2)。また、樹高や直径の平均成長率も、コンテナ苗は裸苗と同程度でした。

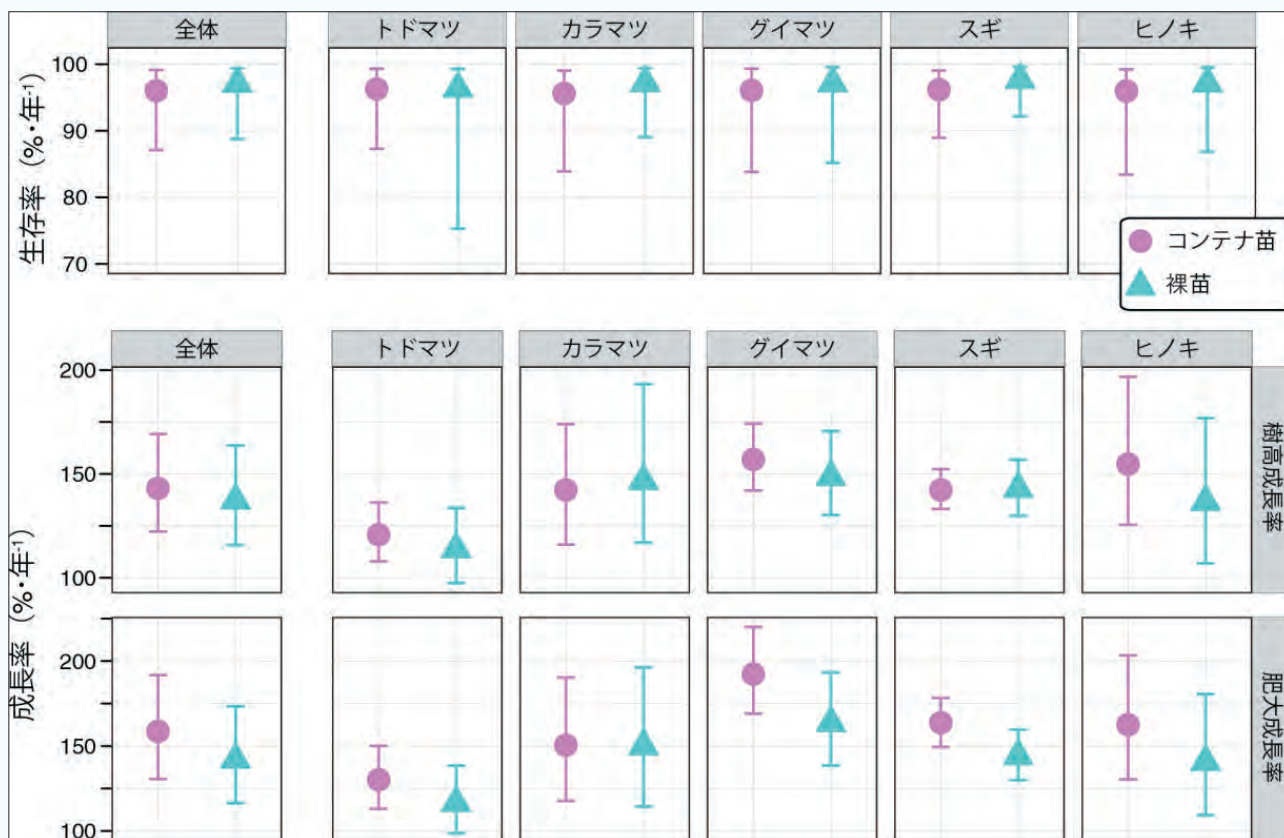


図2 コンテナ苗と裸苗の生存率と樹高・肥大成長率の比較

値は、中央値±95%信用区間を示す。解析には、5樹種（トドマツ・カラマツ・グイマツ・スギ・ヒノキ）、8都道府県（北海道・福島・栃木・群馬・埼玉・茨城・石川・高知県）の39試験地（7,923個体）の測定データを用いた。

■ 今後の展開

コンテナ苗の植栽試験データベースは、今後、公開する情報をさらに収集して、地域や樹種ごとに、コンテナ苗を植栽する際の植栽適地や適期など、具体的な選択に役立つように拡充していく予定です。

10. 下刈り省力の方法と可能性

■ 背景と目的

植栽後5～6年にわたり毎年行う下刈り作業は、造林作業の中で最も労力と経費がかかり、再造林では下刈り作業の省力化が大きな課題となっています。ここでは、おもに西日本を対象に、苗木と競合する雑草木の生育特性や、下刈り回数を減らした場合の植栽木への影響を検討しました。

■ 結果

九州など西日本の皆伐跡地では、1年もたつとアカメガシワなどの先駆性樹種が繁茂します（写真1）。アカメガシワの場合、地際付近で下刈りしても、大きかった個体ほど生き残り（図1A）、萌芽再生しやすい（図1B）ことがわかりました。



写真1 造林地に繁茂するアカメガシワ

したがって、皆伐後の再造林では、こうした雑草木が大きくなる前に、早めに植栽すること、そして初回の下刈りも早めに実施することが、その後の下刈り省力につながると考えられます。

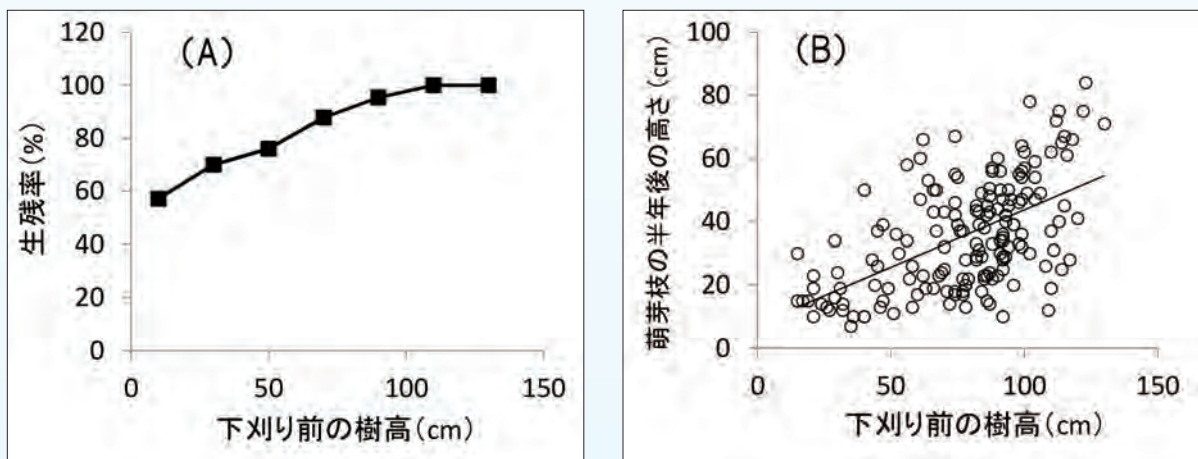


図1 アカメガシワの下刈り前の樹高と (A) 生残率および (B) 萌芽枝の高さの関係

スギ裸苗の植栽地で、次のような下刈りの省力試験を行ったところ、造林木の成長は、いずれも比較的順調なことが確認されました。今後は、コンテナ苗の植栽地でも同様な試験を行う必要があります。

< 事例1 下刈り期間短縮 >

皆伐年に植栽後、毎年の下刈りを最初の3年間でやめても、6年間下刈りを続けた場合に比べて、8年後の樹高や直径は約1割小さい程度でした(図2)。

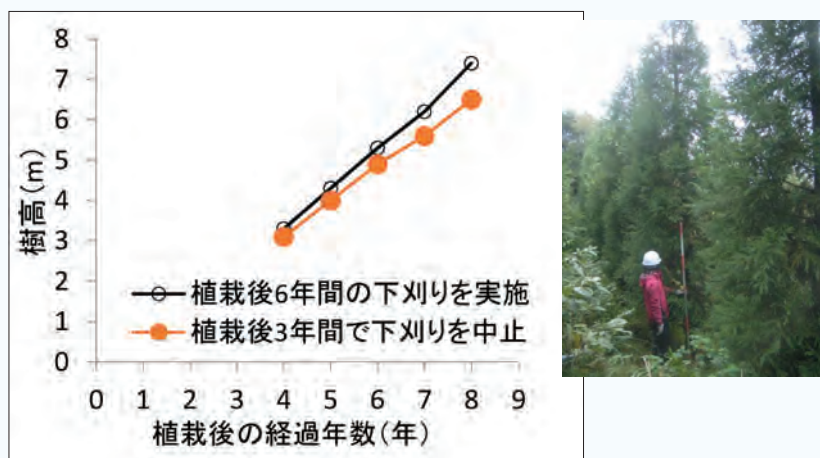


図2 下刈りの違いによるスギの樹高成長比較
(鹿児島大学演習林での調査結果)

< 事例2 隔年下刈り >

皆伐後3年目に植栽した林地で、下刈りを2年目と4年目(隔年)のみ行ったところ、5年後の樹高は、毎年下刈りした場合に比べても2割弱の低下で、順調に生育しています(図3)。

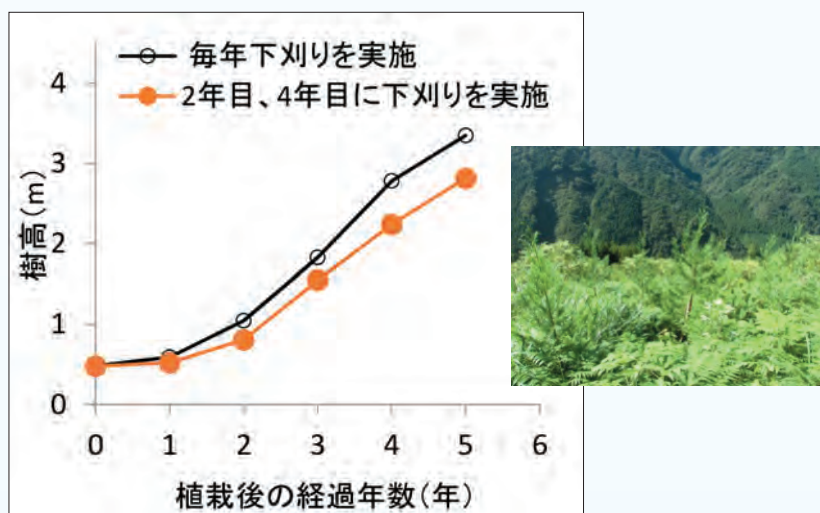


図3 下刈りの違いによるスギの樹高成長比較
(高知県での調査結果)

■ 今後の展開

下刈り回数を減らす保育方法を適用するためには、造林木の成長への影響だけでなく、除伐も含めた全体の労力やコストがどの程度軽減できるかを評価することが重要となります。また、植栽後の造林木の生育状況、雑草木の種類や量に応じて、個別に下刈り回数をどのように省略するのが良いのかを、現場で簡単に判定できる手法を開発する必要があります。

11. 林業用苗木の生産・流通実態と分析

■ 背景と目的

造林用苗木の需給状況については、今後、コンテナ苗の需要が増えると、その安定供給の実現にむけて問題点や課題を明らかにしておく必要があります。苗木の生産や流通の実態について、都道府県や県苗組、事業者等への聞き取り調査などから分析しました。

■ 結果

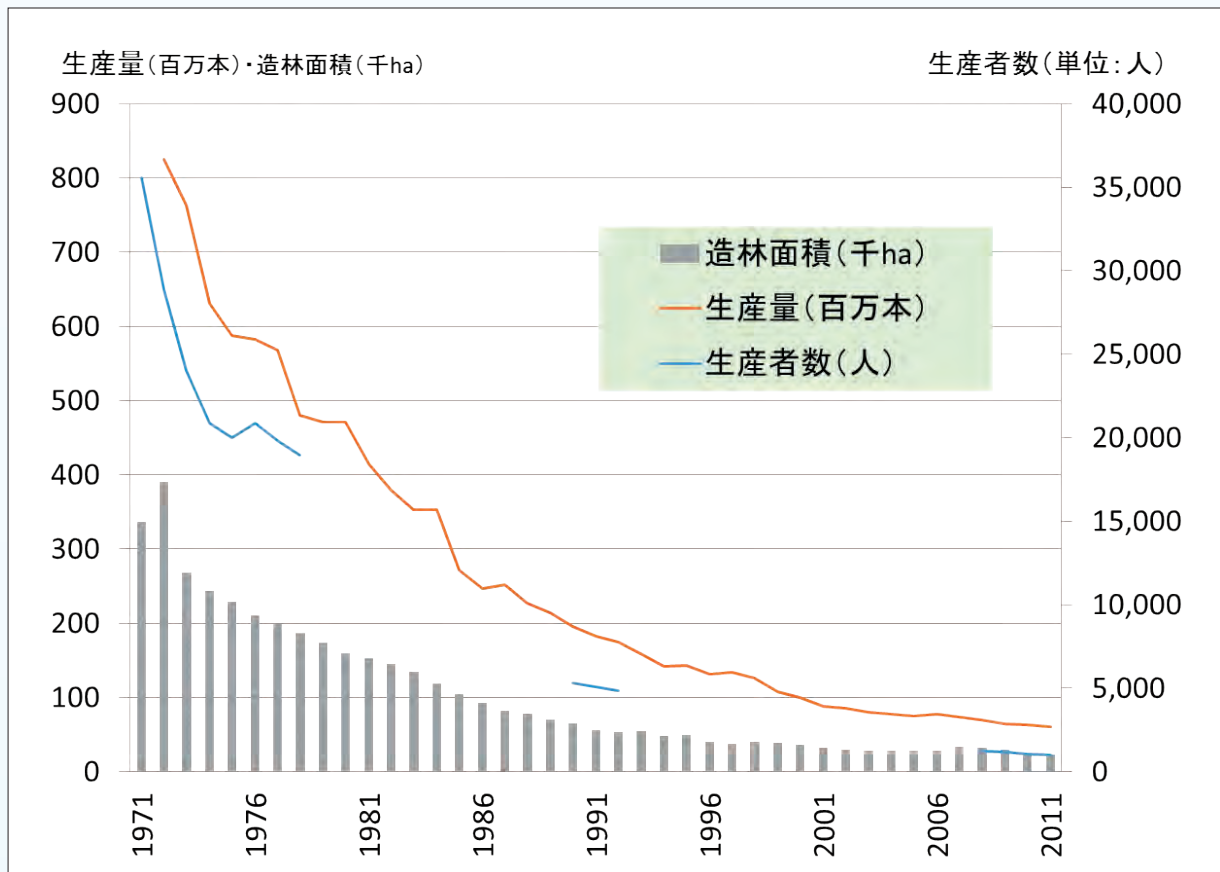


図1 造林面積、苗木生産量・生産者数の推移

1970～2010年の40年間に、造林面積は39万haから2万haに、また苗木の生産本数は8億本から6千万本、苗木の生産者数は3万5,000人から1,000人と、それぞれ大きく減少しています（図1）。聞き取り調査の結果、一部の地域でスギやカラマツの苗木需要が増加していましたが、高齢化の影響などで、生産者の減少がすべての都道府県で確認されました。

苗木生産者側について分析すると、高齢化が急速に進み、後継者が不在な事業者が多いことが課題として浮かび上がりました。また、コンテナ苗の生産については、価格の面で魅力はあるものの、高額な設備投資をしてまで生産する業者は少なく、供給が不安定なせいで苗木自体が高価格なのが現状です。その一方で、需給の調整が適切に図られるならば、増産を検討するという意見も多くありました。

苗木の流通には複雑な面もありますが（図2）、苗木の安定供給には需給調整会議などによる調整機能を高めていくことが重要で、とくに苗木需要（造林面積）の早期把握が課題の一つであることがわかりました。

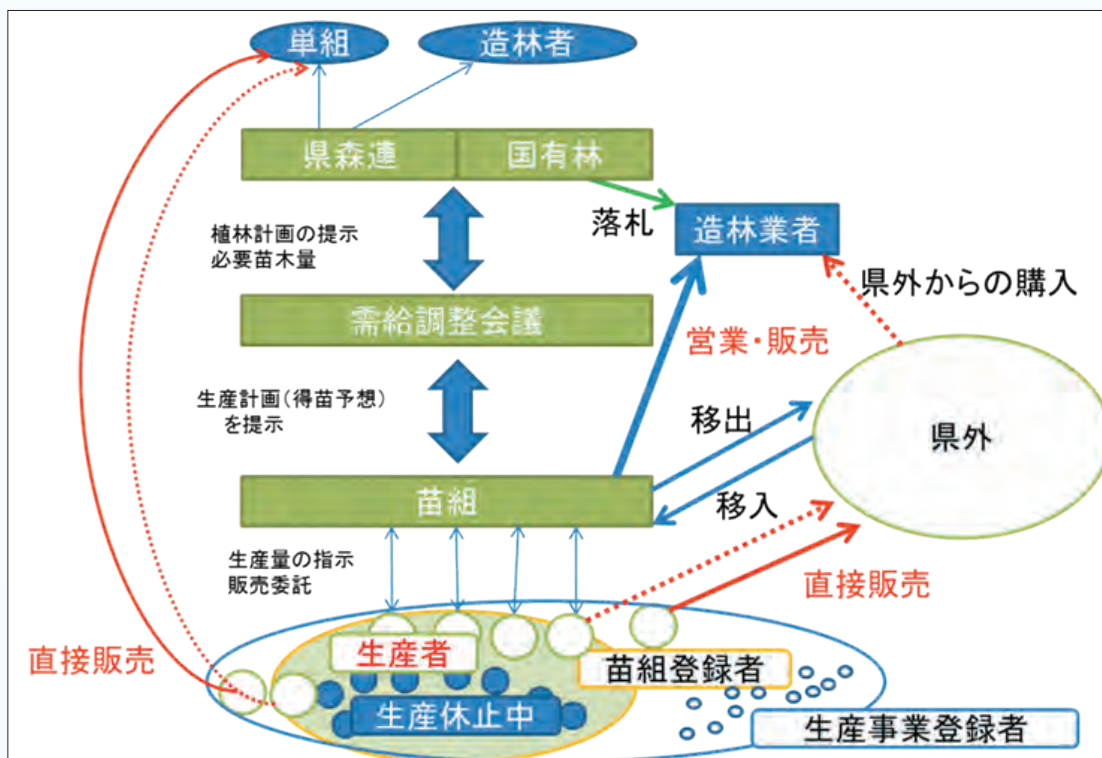


図2 苗木流通の概念図

■ 今後の展開

コンテナ苗の低価格化のためには、機械化が不可欠ですが、初期に高額な投資が求められます。そのため、安定的な供給体制を構築するためには、苗木の需要量の早期把握が重要となります。さらに、苗木の地域間の移出入量も多いため、近県を含めた需給調整機能を高めるための制度や方策を検討する必要があります。

12. コンテナ苗の普及に向けた課題と提案

■ 背景と目的

コンテナ苗の普及に向けて取り組むべき課題は多くあります。供給・需要・流通・行政の4つの視点から課題を抽出し、それらの解決策として、コンテナ苗生産の機械化を軸とした提案を行いました。

■ 結果

コンテナ苗の普及に向けた課題の一つは価格です。全国の都道府県における聞き取り等の調査結果では、通常の裸苗1本の価格が70～120円に対して、依然コンテナ苗は130～220円とおおよそ2倍の高額でした。

コンテナ苗の価格を下げるためには、機械化による大規模生産（写真1）が有効と思われますが、大規模化を進めるためには、苗木業者だけでなく、需要者や行政等との連携も重要になります。

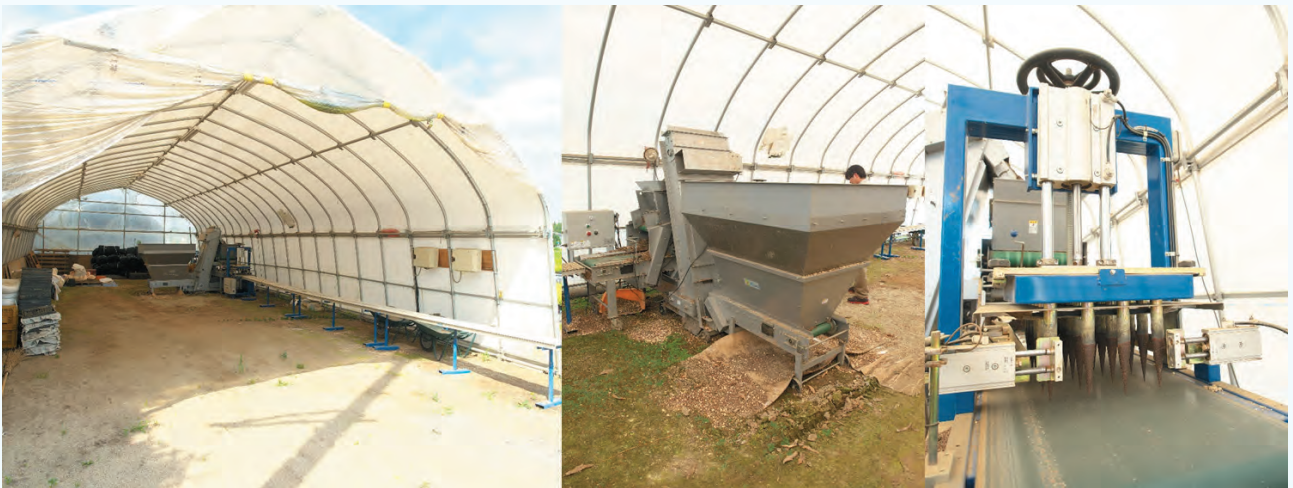


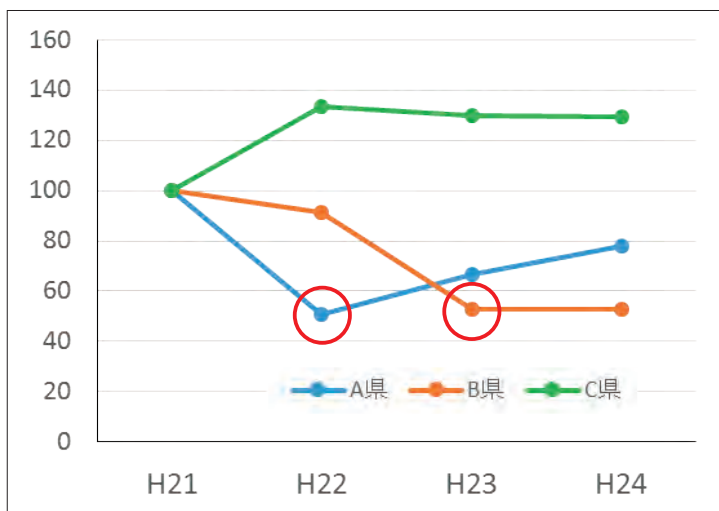
写真1 機械化による設備投資が行われたコンテナ苗生産施設

有効な苗木の需給調整は？

苗木の需要量を調べたところ、県によってその年変動の傾向は違います。例えば下図のように、A県（H22）やB県（H23）では、それぞれ年次は違いますが、前年から急激に需要量が減少した年があることがわかります（図中の赤丸）。コンテナ苗は原価が高いため、こうした年変動の影響で生じる残苗はなるべく避けたいところです。この打開策として、次のような需給調整が有効と考えています。

- 1) 育苗を開始する前に、需給調整会議を行う（注 1*）
- 2) 生産者は、調整量に応じた苗木を計画的に生産する
（機械化等により低コスト化につとめる）
- 3) 需要者は、調整した苗数の一定割合以上を購入する（注 2**）
- 4) 国公有林の需要量については、幅を持った計画にする
（需給の調整弁として機能する）

実際に計画を進めるためには、苗木の需要量とその主要因の造林面積（皆伐面積）の将来予測をいかに正確に行うかが重要です。



年度別の苗木需要量の変動例（平成 21 年度の生産量を 100 とした）

注 1* 苗木の育苗期間は、樹種により異なりますが、通常 2～3 年かかります。

注 2** 航空券を早めに予約すれば、変更不可等の制約はありますが、通常より安く購入できます。苗木にも、こうした早期割引制度を導入することも有効な方法の一つと考えられます。

■ 今後の展開

コンテナ苗生産を機械化することで生産コストは低下します。しかし、苗木の需給調整や流通の効率化が伴わなければ、苗木価格には反映されません。関係者間での調整をどう進めるかが、最も重要な課題です。



■ プロジェクトの成果論文

- ・ 福本桂子・寺岡行雄・金城智之・山下盛章・加治佐剛・鶴川 信・芦原誠一・岡 勝 (2016) 九州における斜面位置の違いによる無下刈りスギ幼齢木と侵入広葉樹との競合. 森林計画学会誌 49 (1) :1 – 7 (印刷中)
- ・ 原山尚徳・来田和人・今 博計・石塚 航・飛田博順・宇都木 玄 (2016) 異なる時期に植栽したカラマツコンテナ苗の生存率, 成長および生理生態特性. 日本森林学会誌 (印刷中)
- ・ 壁谷大介・宇都木 玄・来田和人・小倉 晃・渡辺直史・屋代忠幸・梶本卓也・田中 浩. 多点データからみたコンテナ苗の植栽後の特性. 日本森林学会誌 (投稿中)
- ・ 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(1):21-25.
- ・ Matsuda O, Hara M, Tobita H, et al. (2015) Determination of seed soundness in conifers *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* using narrow-multiband spectral imaging in the short-wavelength infrared range. PLOS ONE 10(6).
- ・ 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. 中部森林研究 63:45-45.
- ・ 大矢信次郎・清水香代・小林直樹 (2016) カラマツの各種苗木における植栽後 3 年間の成長量とそれに及ぼす下刈り手法の影響. 中部森林研究 64 (印刷中)
- ・ 重永英年・山川博美・野宮治人 (2016) 人工林皆伐後 2 年目の林地における下刈り後のアカメガシワの生残と成長. 九州森林研究 69 (印刷中)
- ・ 新保優美・平田令子・溝口拓朗・高木正博・伊藤 哲 (2016) スギコンテナ苗は夏季植栽で本当に有利か? - 植栽時の水ストレスから 1 年後の活着・成長・物質分配までの比較. 日本森林学会誌 (印刷中)
- ・ 杉原由加子・丹下 健 (2016) 秋植えしたスギコンテナ苗の植栽当初の蒸散速度と成長. 森林立地 (印刷中)
- ・ 渡邊仁志・三村晴彦・茂木靖和・千村知博 (2016) 斜面傾斜が異なる造林地におけるヒノキ・コンテナ苗の植栽工期. 岐阜県森林研究所研究報告 45 (印刷中)
- ・ 都築伸行・鹿又秀聡・田村和也 (2016) 北関東における林業用苗木生産・流通の実態と課題. 関東森林研究 67 (1) (印刷中)

■ 関連文献、パンフレット

- ・ 森林・林業の再生：再造林コストの削減に向けてー低コスト化のための 5 つのポイント. 森林総合研究所, 九州支所, 2012, p 6.
- ・ 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 森林総合研究所, 九州支所, 2013, p 45.
- ・ 「コンテナ苗を使ってみませんか」 森林総合研究所, 東北支所, 2014, P6.
- ・ 東北地方の多雪環境に適した再造林システムの実用化に向けた研究成果集「ここまでやれる再造林の低コスト化 - 東北地域の挑戦 -」 森林総合研究所, 東北支所, 2016, p 27.

■ 各章の執筆担当者

1. 陣川雅樹（森林総合研究所）
2. 渡辺直史・山崎 真・藤本浩平（高知県立森林技術センター）
3. 大矢信次郎（長野県林業総合センター）・
齊藤仁志（信州大学農学部）
4. 今富裕樹（東京農業大学地域環境科学部）
5. 松田 修（九州大学理学研究院）・宇都木 玄（森林総合研究所）
6. 角田真一・原 真司（住友林業筑波研究所）
7. 来田和人（北海道立総合研究機構林業試験場）・
原山尚徳（森林総合研究所北海道支所）
8. 諏訪錬平・山下直子・奥田史郎（森林総合研究所関西支所）
9. 壁谷大介・飛田博順（森林総合研究所）
10. 重永英年（森林総合研究所九州支所）・
寺岡行雄（鹿児島大学農学部）・
渡辺直史（高知県立森林技術センター）
11. 都築伸行（森林総合研究所）
12. 鹿又秀聡（森林総合研究所）

■ 編集責任者

宇都木 玄・陣川雅樹・鹿又秀聡・梶本卓也（森林総合研究所）



このパンフレットに関するお問い合わせは、下記までお尋ねください。

国立研究開発法人 森林総合研究所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

編集・発行：森林総合研究所

発行日：2016（平成28）年3月4日

問い合わせ先：広報普及科編集刊行係

電話 029-829-8373

e-mail: Kanko@ffpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。