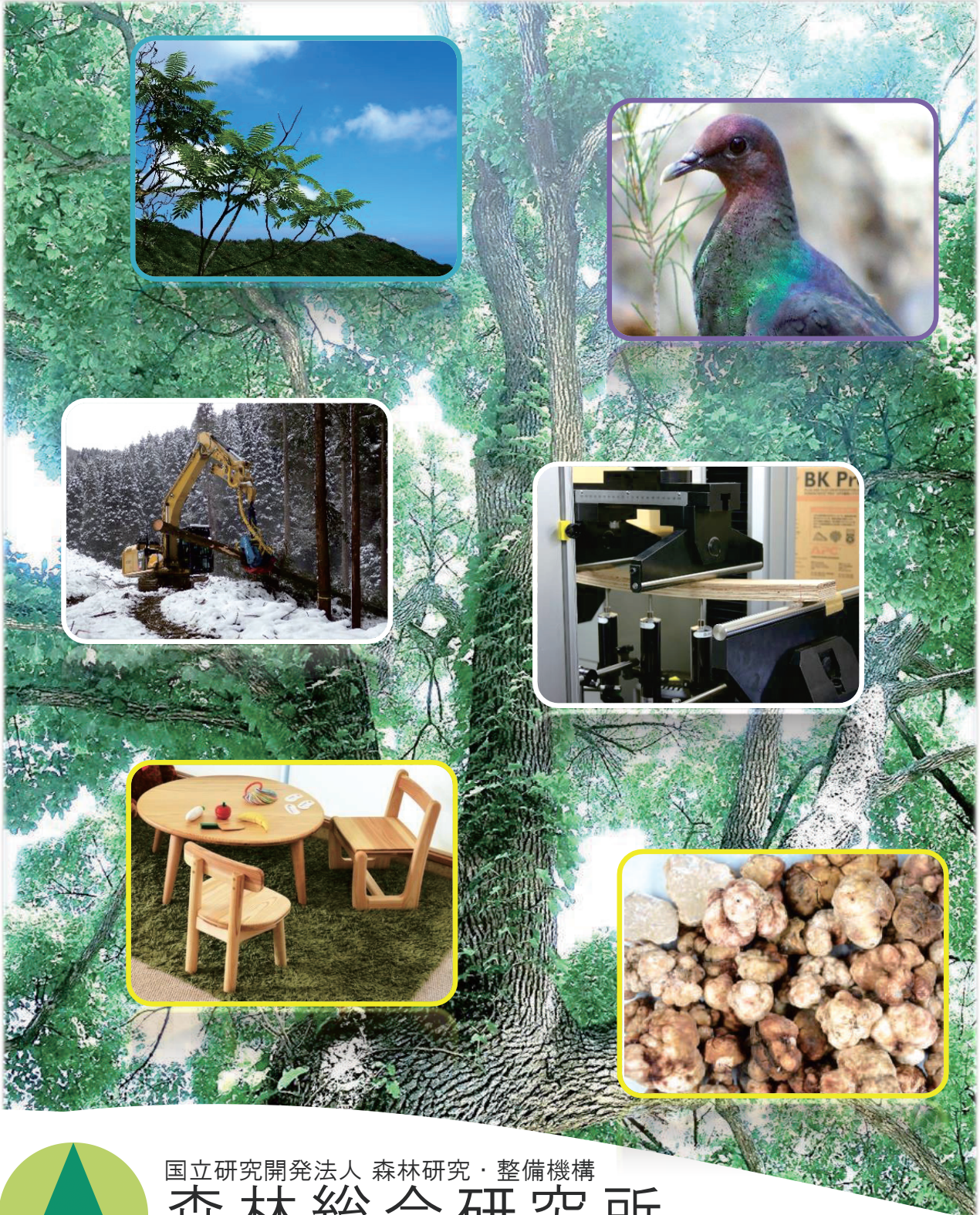


林業新技術 2017

—現場への普及に向けて—



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



「林業新技術2017」について

森林の有する多面的機能の発揮、林業の持続的で健全な発展、林産物の供給や利用の確保を図るためには、将来の林業・木材産業の発展に資する技術開発を推進するとともに、開発された技術を計画的、効果的に現場に普及し、実用化を図ることが極めて重要です。

このため、国立研究開発法人 森林研究・整備機構および公立林業試験機関の近年の研究成果のうち、現場への普及を推進するものとして「林業新技術2017」を選定しました。

今回選定された森林造成、木材利用など9件の技術については、計画的、効果的な現場への普及、実用化に取り組みます。



「林業新技術2017」技術一覧

小笠原諸島での正しい植栽の方法…………… 3-4

森林総合研究所

世界自然遺産地域である小笠原諸島における自然再生事業にて、在来木本種の植栽を行う場合の遺伝的攪乱を抑えるためのガイドラインを作成しました。在来植物の遺伝的変異に配慮した植栽手法による自然再生が可能となります。

海岸防災林が津波を和らげる効果およびその効果を高める方法…………… 5-6

北海道立総合研究機構 林業試験場ほか

海岸防災林が津波の勢いを和らげる効果を立木の被害を考慮して計算する方法を開発し、その効果を高めるための林帯整備方法の決定に適用しました。これにより効果的な既存林帯の改良や、津波防災まちづくりにおける防災林の効果の提示が可能となります。

大径材生産に向けた造材機械の作業限界の解明…………… 7-8

森林総合研究所

現在一般に普及しているサイズの造材機械について、作業時の安定性と作業能力を計測し、大径材を処理するときの作業限界をシミュレーションによって明らかにしました。大径材生産に対応した林業機械の設計諸元や作業指針の作成に活用できます。

標高が高い皆伐地における広葉樹の森づくり…………… 9-10

東京都農林総合研究センター

東京都多摩地域において、常緑広葉樹林帯より標高が高い皆伐地に適した植栽樹種を調査し、高標高地に適した8樹種を選出しました。東京都多摩地域に適した広葉樹の森づくりの推進に役立てます。

丸太を削って横断面のヤング係数分布を評価する…………… 11-12

森林総合研究所

丸棒加工機を用いて、丸太を少しずつ削りながらヤング係数を測定することで、丸太の横断面内ヤング係数分布を簡易に評価する方法を開発しました。丸太の状態で製材品のヤング係数を予測することにつながります。

単板のたて継ぎ(スカーフジョイント)を用いた厚物合板の開発…………… 13-14

森林総合研究所ほか

たて継ぎ単板を用いた厚物構造用合板の試作と曲げ性能の評価を行い、表層単板にたて継ぎを含まない仕様であれば実用可能な性能を有していることがわかりました。厚物合板の表層以外の単板を短尺丸太から製造することが可能となります。

スギ小幅板を活用した3層クロスパネルの開発…………… 15-16

鳥取県林業試験場

『薄い・軽い・節が少ない』を特長とする、小幅板を用いた厚さ24mmのスギ3層クロスパネルの実用化を目指し、製造試験と性能評価、普及に取り組みました。クロスパネルへの新たな魅力の付与と、それを使った新商品が期待できます。

トリュフの人工栽培に向けて…………… 17-18

森林総合研究所

トリュフの人工栽培技術の開発に向けて、その発生環境を再現するため、国内のトリュフ発生地の林相や土壌の特性を明らかにしました。トリュフ人工栽培技術は、きのこ生産による農山村地域の活性化と、適正な森林管理につながります。

施設を活用したスギ苗木増殖技術…………… 19-20

森林総合研究所 林木育種センター

施設内での採穂木の促成栽培とさし木技術向上の組み合わせにより、さし木苗の増殖期間を短縮しました。この増殖技術により、原木1本からの原種苗配布までの期間を大幅に短縮することが可能になります。

小笠原諸島での正しい植栽の方法

1. 現状と課題

世界自然遺産地域である小笠原諸島では、本来の自然が持つ価値を守るために外来種を駆除するという自然再生事業が行われています。このような事業では、在来植物の植栽が必要になる場合がありますが、植栽に利用する樹木もまた小笠原諸島それぞれの島で進化の途上にあります。そのため、遺伝的な配慮が足りない植栽は攪乱を招き、進化に影響するかもしれません。

小笠原では侵略的外来植物トクサバモクマオウの駆除が進められています。駆除後に在来植物が速やかに更新しない場合には、植栽を検討する必要があります。そして植栽する場合には、遺伝的攪乱を生じさせない方法を選択することが不可欠です。そこで、トクサバモクマオウ駆除後に更新がうまくいかない条件を明らかにするとともに、植栽に利用する在来植物の遺伝的変異のパターンを調べ、植栽を行うための遺伝的ガイドラインを策定しました。

2. 技術開発の内容

2.1 トクサバモクマオウ駆除後の更新

トクサバモクマオウの純林で駆除試験を行い、植物の更新や環境変化についてモニタリングを行いました。その結果、緩斜面や南側斜面では在来植物ウラジロエノキなどが速やかに更新し、動物も多様になりました。しかし、北斜面や急斜面では外来植物が再び優占したり、裸地が生じたりしました。このような場所では、在来植物を植栽することも自然再生の手段の一つとなります。



図1 トクサバモクマオウの純林

林床が落葉落枝で厚く覆われ、生物多様性が劣化しています。



図2 トクサバモクマオウ駆除後の更新状況
ウラジロエノキを中心とした在来植物が更新しており、植栽の必要はありません。

2.2 植栽に用いる植物の選定

植栽に用いる植物の候補として、絶滅の危機にある動物（アニジマイナゴ、アカガシラカラスバト、オガサワラオオコウモリなど）が利用している種を中心に8種の樹木、アカテツ、アコウザンショウ、キンショクダモ、シマイスノキ、シマモチ、シャリンバイ、ムニンノキ、ヤロードを選定しました。

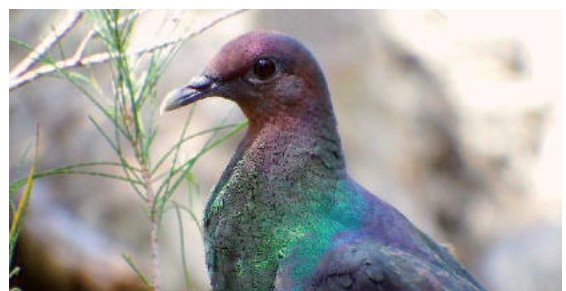


図3 絶滅が危惧されるアカガシラカラスバト

2.3 植栽のための遺伝的ガイドライン

それぞれの植物のDNAを分析し、小笠原諸島内での遺伝的変異のパターンを調べました。その結果、各植物がいくつかの遺伝的グループに分かれているのか、どのように分布しているのかが明らかになりました。遺伝的グループが異なる地域の間で種苗を移動すれば、自然には起こらない遺伝的交流が生じてしまいます。このため、このような地域間では外見的には大きな違いは見られなくとも、種苗の移動は避ける必要があります。

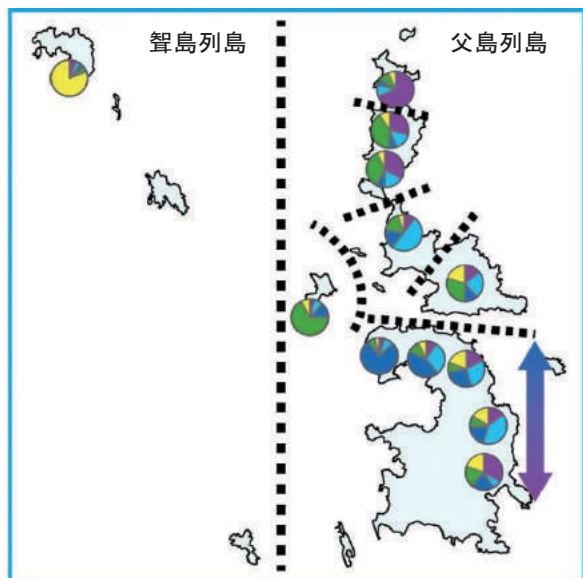


図4 キンショクダモの例

聟島列島と父島列島で優占する遺伝的グループが異なりました。父島列島内でも島ごとに異なるグループとなりました。破線を越えての種苗の移動は控えるべきです。

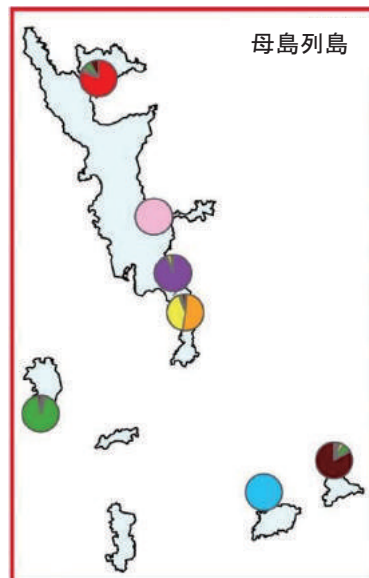


図5 シマイスノキの例

同じ母島内でも集団ごとに異なる遺伝的グループが優占しました。集団間での種苗の移動は控えるべきです。

3. 期待される効果と普及の対象

成果はパンフレット「小笠原諸島における植栽木の種苗移動に関する遺伝的ガイドライン 2」として発行され、関係行政機関や自然再生事業に関わる団体に配付されました。また森林総研のウェブサイトからもダウンロードできます。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/4th-chuukiseika3.html>

この研究は環境省環境研究総合推進費「小笠原諸島の自然再生における絶滅危惧種の域内域外統合的保全手法の開発」（4-1402）により実施されました。



図6 発行された遺伝的ガイドライン

開発担当機関：森林総合研究所 樹木分子遺伝研究領域、野生動物研究領域

海岸防災林が津波を和らげる効果 およびその効果を高める方法

1. 現状と課題

東日本大震災をきっかけに、海岸防災林の津波減災機能が注目され、被災地以外でも林帯の再整備が行われ始めています。どのような整備を行ったら良いかを示すには、想定されている津波に対して、林帯が果たす減災効果を明らかにし、効果を高める方法を示す必要があります。しかし、林帯がどの程度、津波の勢いを和らげるかについては、これまで立木が被害を受けないことを前提とするなど、精緻な計算が行われてきませんでした。

そこで、本研究では数値シミュレーションを用いて、立木の被害を判定しながら津波の遡上を計算する方法を明らかにしたうえで、減災効果を高める林帯の整備方法を提案しました。

2. 技術開発の内容

2.1 立木被害を考慮した津波を和らげる効果

北海道白糠町と大樹町の海岸防災林を、想定されている最大規模の津波が通過する様子を非線形長波方程式により計算しました。林帯を通過した後の地点で見ると、浸水高は林帯の有無にあまり関係なかったのに対して、流体力指標※は林帯がなかった場合に比べて、林帯があつて立木が被害を受けないと仮定した場合には白糠町で73%、大樹町で50%、立木が被害を受けると仮定した場合には白糠町で79%、大樹町で80%となることが明らかになりました（図1）。

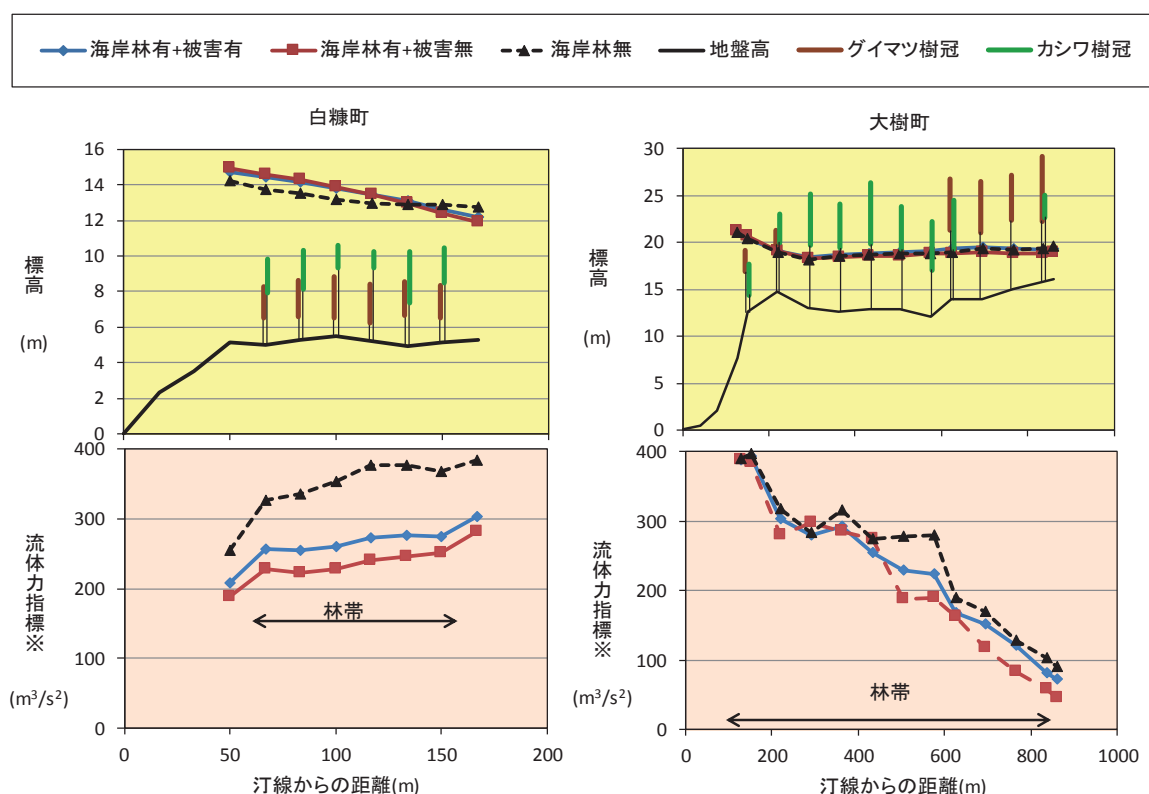


図1 最大規模の津波に対する林帯前後における最大浸水高(上段)、最大流体力指標※(下段)
※：流速の2乗×水深で表される、流れが物体に及ぼす力に比例する指標。

2. 2 津波を和らげる効果を高めるためには？

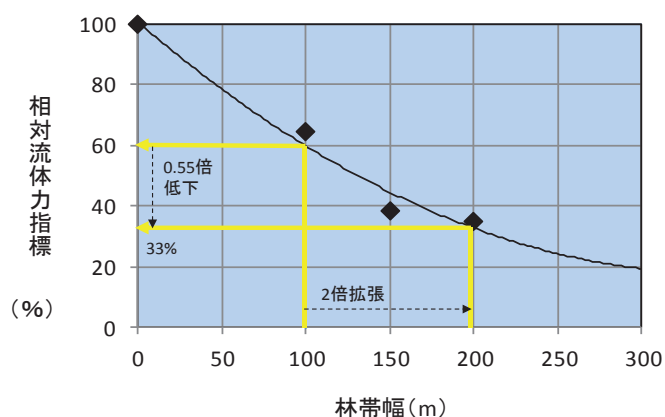


図2 林帯幅と相対流体力指標の関係

相対流体力指標は林帯幅の内陸側林縁での林帯無しの指標に対する相対値を示します。

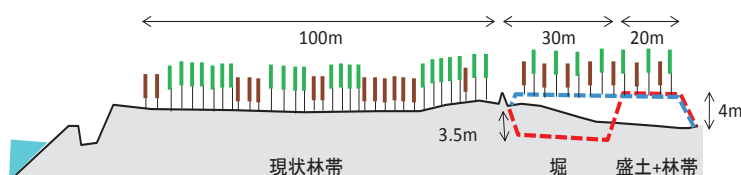


図3 地形改変を加えた林帯幅拡張の断面模式図

林帯幅を拡張することにより効果的に津波を和らげることが出来ます。100mの林帯を200mに拡張することで相対流体力指標を約半分に低下させることを示しました（図2）。

林帯幅を拡げる際に、①盛土をして（図3の青破線）林帯を造成した場合、②盛土をして林帯を造成しない場合、③堀と盛土を造成して林帯を造成した場合（図3の赤破線、図4）、④現状のままを比較したところ図の右端における流体力は③が最も小さくなることがわかりました。

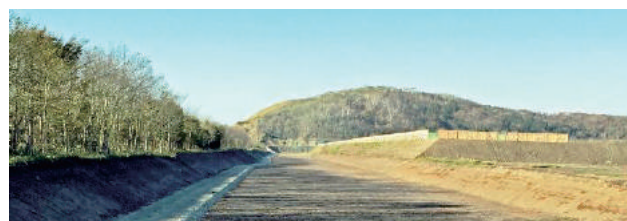


図4 既存林帯の内陸側に堀と盛土を造成中の施工地

盛土上には防風柵を設置し苗木を植栽。

2. 3 漂流物捕捉効果を高めるためには？

海岸防災林は人や物などの漂流物が津波に流されないように捕捉する効果もあります。そのためには立木が津波に負けずに立っている必要があります。立木の直径が太いほど倒れにくいことがわかりました。直径を太くするには時間をかけて成長を待つだけではなく、間伐を行うことが重要であることを示しました（図5）。

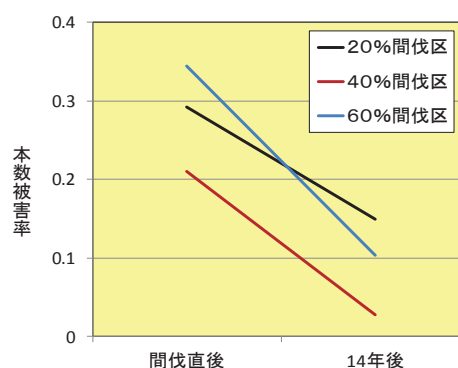


図5 クロマツ林での間伐率による本数被害率の低下の違い

間伐率が高くなるほど本数被害率が大きく低下したことを示しています。

3. 期待される効果と普及の対象

津波を和らげる効果を精緻に計算する手法は、任意の海岸防災林の効果を明らかにすることに活用されます。また、効果を高めるための既存林帯の整備方法を明らかにする際に活用されます。さらに、津波防災地域づくりにおいて、海岸防災林の効果を提示する際に活用されます。これらにより、津波による被害を軽減することが期待されます。普及の対象は国、都道府県の治山担当部署ならびに沿岸市町村の防災担当部署です。

開発担当機関：北海道立総合研究機構 林業試験場、
森林総合研究所 東北支所、
埼玉大学大学院 理工学研究科

大径材生産に向けた造材機械の作業限界の解明

1. 現状と課題

ハーベスタやプロセッサ等の造材機械は、油圧ショベルをベースマシンとして、バケットの代わりに専用の作業機を取り付けて作業を行うことが一般的です（図1）。これまで間伐作業が中心であったため、造材機械で処理する対象は比較的小さい木でした。しかし人工林が成熟し、今後は大径木が収穫の対象に加わることから、従来サイズの機械で大径木生産にどの程度対応できるのかを明らかにする必要があります。そこで、本研究では、従来サイズの造材機械を使って安全かつ能率的に大径材を生産するための造材機械の作業限界を明らかにしました。



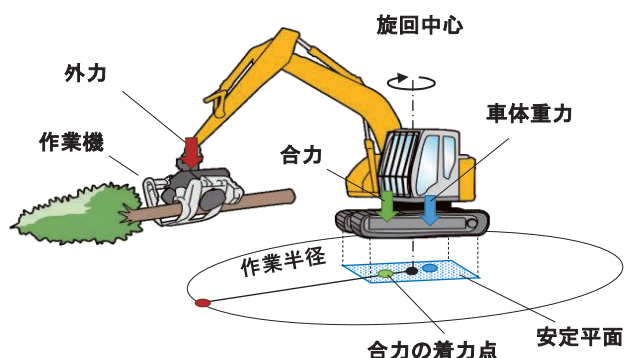
図1 ハーベスタを使用した造材作業の様子
胸高直径が50cmを超えると木の質量は3トン以上になります。

2. 技術開発の内容

2.1 造材機械の静的な安定限界と能力限界

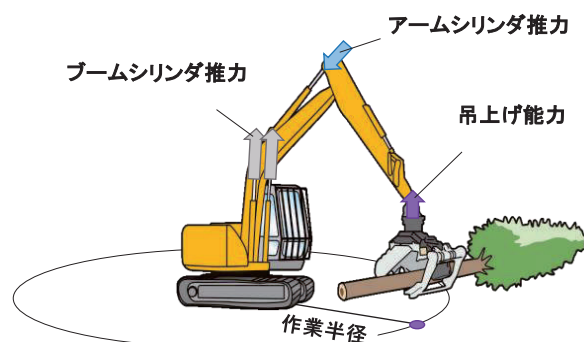
機械の作業限界は、外力によって機械が転倒しないで作業が行える最大作業半径（安定限界）と、機械自身の能力によって仕事を行うことができる最大作業半径（能力限界）の2つがあり、両者のうち、より小さい方が作業限界となります（図2）。

まず、基礎的なデータを得るために、静的な状態の機械の重心計測を行い、さまざまな機械の姿勢について、最大吊上げ荷重と安定限界の関係を明らかにしました。また、物を吊り上げる能力は油圧シリンダの力の大小によって決まることから、油圧シリンダの力を条件として最大吊上げ荷重と能力限界の関係を明らかにしました。



◎静的安定限界:

車体重力と機械に作用する外力をたし合わせた合力が、車体の安定平面内にあれば転倒しません。しかし、腕を伸ばして作業したり、重い伐倒木を持ったりすると転倒してしまいます。伐倒木の重さに応じて、転倒しない最大の作業半径を安定限界と定義します。



◎静的能力限界:

機械は、油圧シリンダの力を使って作業を行います。木が重いと機械の能力を超えてしまい、持ち上げられない場合があります。木の重さに応じて、持ち上げられる最大の作業半径を能力限界と定義します。

図2 造材機械の安定限界と能力限界のイメージ

2.2 作業時に造材機械に作用する外力の推定

実際の造材作業での作業限界を知るためには、作業中の機械に作用する外力を求める必要があります。しかし、作業中の機械に外力を計測する装置を取り付けることは困難です。そこで、重さや寸法がわかっている伐倒木を用いて、作業中の造材機械と伐倒木の動きを3次元動作解析することにより（図3）、機械に作用する外力と慣性力を推定しました。



図3 機械および伐倒木の動作計測による外力の推定

2.3 大径木の大きさに応じた作業範囲

本研究により、木の大きさや機械の向きに応じた造材作業時の最大作業半径をシミュレーションから求めることができるようになりました（図4）。その結果、機械の進行方向に対して横方向よりも前後方向の方が倒れにくいことが分かりました。一方、安定性の高い前後方向での作業でも、木が大きくなると持ち上がらない場合があることが分かりました。しかし、多くの場合、機械の安定性よりも機械の能力の方が大きいため、作業中に機械が転倒する可能性があることが明らかとなりました。

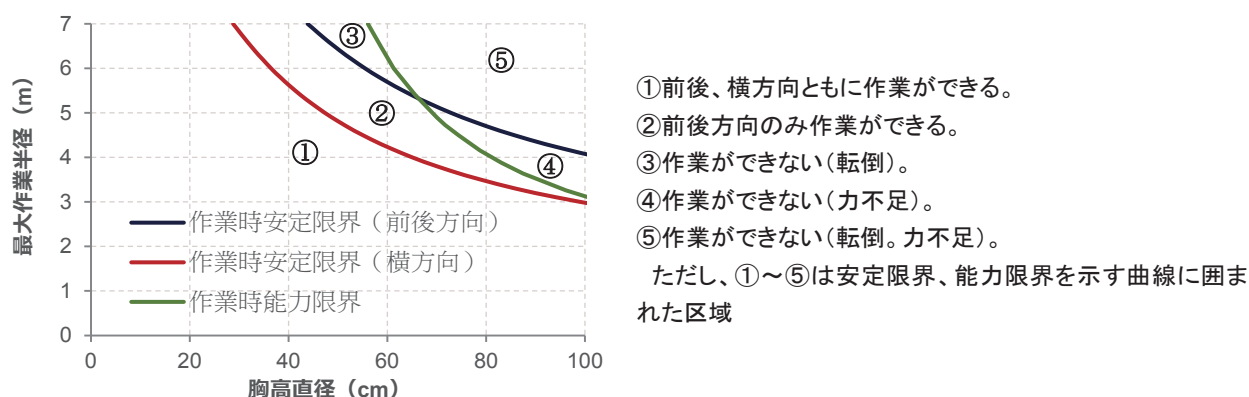


図4 伐倒木の大きさに応じた最大作業半径
(伐倒木の重さを胸高直径に換算)

3. 期待される効果と普及の対象

現在普及している造材機械で大径木を処理する作業を安全に行うためには、作業限界を知らせる警報装置や安定性を高めるための改良が必要になることが分かりました。また、このシミュレーションを使えば、造材機械だけではなく、安全作業のための機械設計や作業指針の作成等に活用することができます。現在、従来サイズより一回り大きな機械により安定限界を実証しているところですが、今後増えてくる大径木の処理作業に備えて、本成果が活用できればと考えています。

標高が高い皆伐地における広葉樹の森づくり

1. 現状と課題

東京都の森づくり推進プランでは、豊かな都民生活に貢献する貴重な財産として多様な森づくりを推進しています。その中で、森林循環促進事業においては、皆伐後に広葉樹を植栽する現場もあり、広葉樹による更新・育成技術が求められています。これまでの成果により、常緑広葉樹林帯では天然更新が難しく、皆伐後に目的とする広葉樹の苗を植栽し、手入れをすることが必要であることを示しました。しかし、常緑広葉樹林帯より標高が高い皆伐地においては不明な点が多いため、本研究では、植生等を調査し、広葉樹の動態を明らかにしました。加えて、高標高の皆伐地において、広葉樹の植栽試験を実施し、今後の広葉樹の森づくりに活かします。

2. 技術開発の内容

2.1 天然更新の可能性と標高別生育樹種一覧の作成

皆伐後の高木性広葉樹の天然更新の可能性を明らかにするために、2林地で2007年から2015年にかけて植生調査を実施しました。その結果、実生由来の高木性広葉樹の種数は少なく、かつ草本植物に被圧されるなど、天然更新は困難と推定されました。また、多摩地域の高標高地に適した植栽樹種が不明だったため、東京都多摩地域に適した標高別生育樹種一覧(図1)を作成しました。

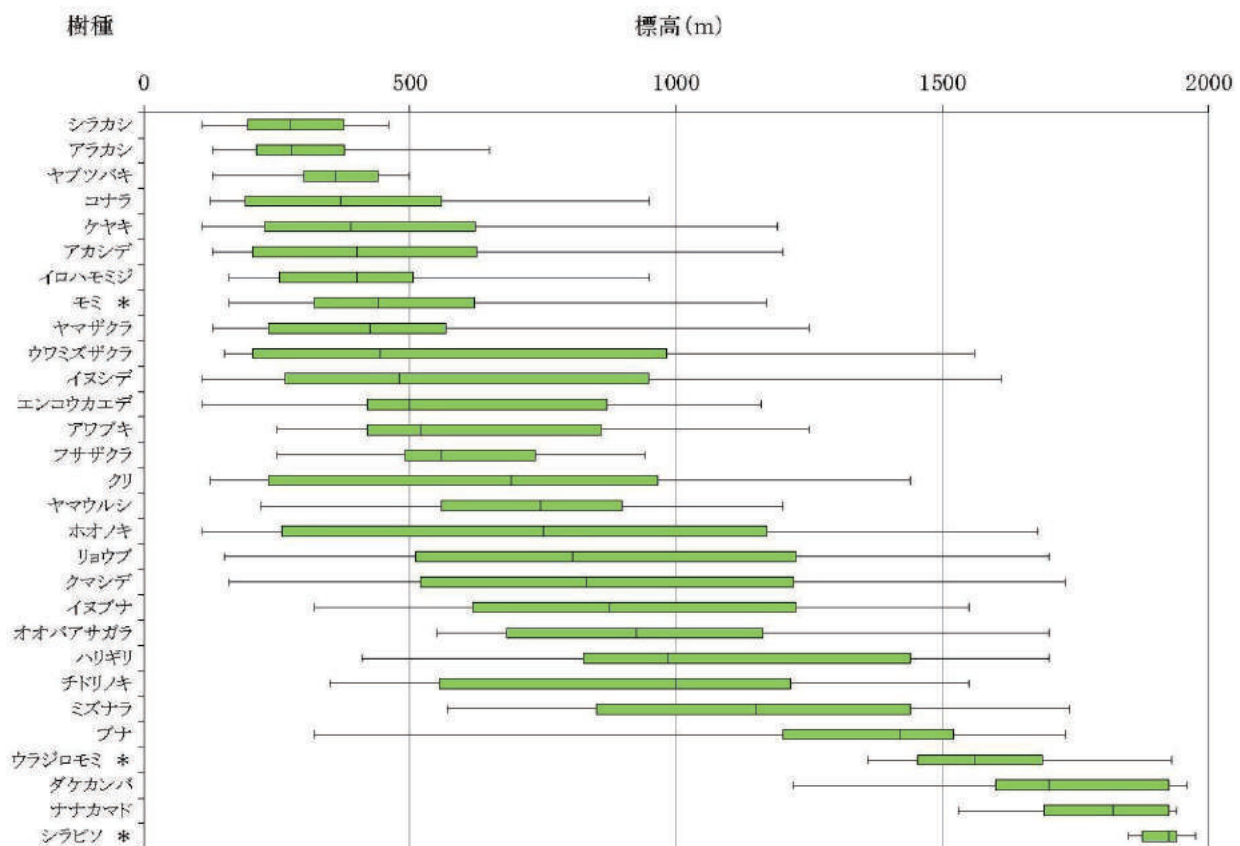


図1 東京都多摩地域に適した標高別生育樹種一覧(一部抜粋)

* : 針葉樹、他は広葉樹、緑色の範囲の標高が植栽に適しています。

2.2 多摩の高標高地に適した樹種の選出

標高が高い皆伐地において、新たに広葉樹を植栽し、その後の生育状況を調査しました。その結果、カツラはミズナラやヤマザクラなどより生存率が高く生育も旺盛で、高標高地に適している樹種のひとつであることが明らかとなりました。植栽木が枯死した原因は、誤伐、ニホンジカによる食害などがあげられますが、カツラは、これら誤伐や食害を受けた後の萌芽力が強く、萌芽枝は垂直に伸び、伸長が速い特徴があることが分かりました(図2)。そこで、カツラと同様の特性を有する樹種を選出しました(表1)。標高が高い再造林地で早期に成林させるには、目標林型に合わせてこれらの選出樹種を交えた植栽を推奨します。

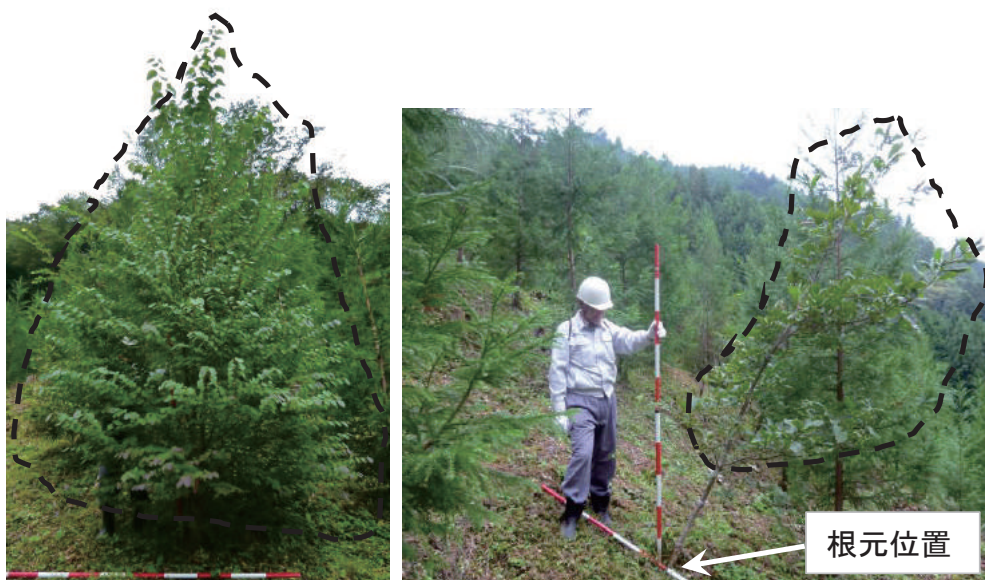


図2 カツラ(左)とミズナラ(右)の樹形の比較

※点線内が葉群。カツラは主幹が垂直で下枝が密生。ミズナラは主軸が斜めで下枝がありません。

表1 多摩地域の高標高地に適した植栽樹種

樹種	カツラ、ホオノキ、ウワミズザクラ、イヌシデ、フサザクラ リョウブ、クマシデ、オオバアサガラ
特徴	標高500～1000mで高木になる。 誤伐やシカ食害を受けた後の萌芽力が強く、伸長が速い。 萌芽枝は垂直性。 なお、カツラは本来溪流沿いに、フサザクラは表層土壌が不安定な下部谷壁斜面に生育する樹種であり、他は山地の斜面に生育する樹種である。

※誤伐やシカ食害がほとんどみられない場合は、多摩地域に適した標高別生育樹種一覧の樹種が植栽可能となります。

3. 期待される効果と普及の対象

都民向けのパンフレットとして「皆伐地における広葉樹の森づくり ～標高の高いところで広葉樹をうまく育てるには～」を作成し、東京都農林総合研究センター 森林・林業関係研究発表会などで配布するとともに、以下のホームページ上で公開しています。

http://www.tokyo-aff.or.jp/files/2016/pdf/tebiki_shinrin_0606.pdf

このパンフレットは、森林循環促進事業などで活用されるとともに、花粉の少ない森づくり運動メールマガジンで本事業に賛同されている企業にも紹介され、活用されています。

開発担当機関：東京都農林総合研究センター

丸太を削って横断面のヤング係数分布を評価する

1. 現状と課題

丸太の横断面におけるヤング係数は、樹心から樹皮側に向かって(半径方向に)変動することが知られています。これが、同じ丸太からいくつかの製材品を採材した際、製材品のヤング係数が同じにならない理由です。したがって、丸太の横断面内におけるヤング係数分布を予め把握することができれば、製材品のヤング係数を丸太の段階で予測できる可能性があります。しかし、そのためには半径方向に連続的に無欠点小試験体を採取し、それぞれの試験体のヤング係数を測定する方法しかなく、その作業のためには多くの時間と労力が必要でした。

2. 技術開発の内容

2.1 丸棒加工によるヤング係数分布の簡易評価法の開発

丸棒加工機（写真1および2）を用いて丸太を少しずつ削っていくことで、丸太の横断面内ヤング係数分布を簡易に評価する方法を開発しました。

丸棒加工とは、丸太の表面を切削加工して、材長方向の直径が一定の円柱材に加工することです。例えば、直径が24cmを超える大きな円柱材は、写真1の旋盤型の丸棒加工機によって加工され、一般に社寺建築等の柱材などに使用されます。一方、直径が小さな円柱材は写真2の鉛筆削り型の丸棒加工機によって加工され、杭などの土木用材として使用されます。



写真1 旋盤型丸棒加工機



写真2 鉛筆削り型丸棒加工機

縦振動法によるヤング係数（ E_{fr} 、以下ヤング係数）は試験体の材長、密度、縦振動による固有振動数から求められ、その値はおおよそ試験体の平均的なヤング係数を示すことが知られています。そこで、丸太を少しずつ削りながらその時々々の円柱材のヤング係数を測定し、切削加工によって削られた部分のヤング係数を推定する簡易な方法を開発しました。具体的には、図1に示した連続する*i*番目と*j*番目の円柱材間で切削された黄色い部分のヤング係数（ $E_{fr_{i-j}}$ ）は、*i*番目と*j*番目のヤング係数（ E_{fr_i} 、 E_{fr_j} ）と木口の断面積（ A_i 、 A_j ）から以下の式によって求めることができます。

$$E_{fr_{i-j}} = \frac{E_{fr_i} \times A_i - E_{fr_j} \times A_j}{A_i - A_j}$$

2.2 開発した簡易評価法の有効性

簡易評価法によって得られたヤング係数と、図2のように丸太から実際に小試験体を採取して測定したヤング係数とを比較しました。スギとカラマツの結果の例をそれぞれ図3と図4に示します。図中の円柱材（●）は簡易評価法によるヤング係数を、小試験体（○）は小試験体のヤング係数を示しています。いずれの樹種においても、丸太の樹心（髄）から樹皮側に近づくにつれてヤング係数は変動していますが、簡易評価法と小試験体の結果は両者はほぼ一致しており、簡易評価法は、小試験体による方法と同等の精度で、丸太の横断面内のヤング係数の分布を評価できることが明らかになりました。

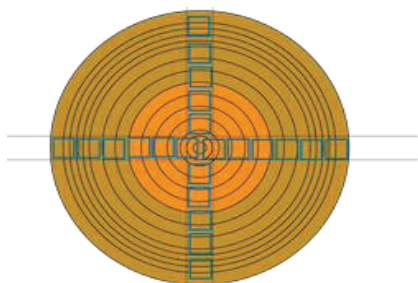


図2 丸太からの小試験体の採取方法

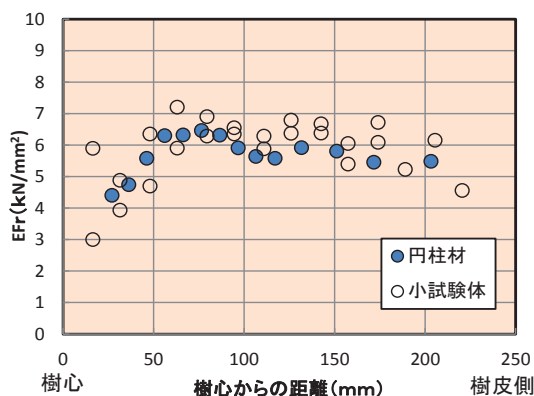


図3 丸太横断面内におけるヤング係数の半径方向の変動（スギの例）

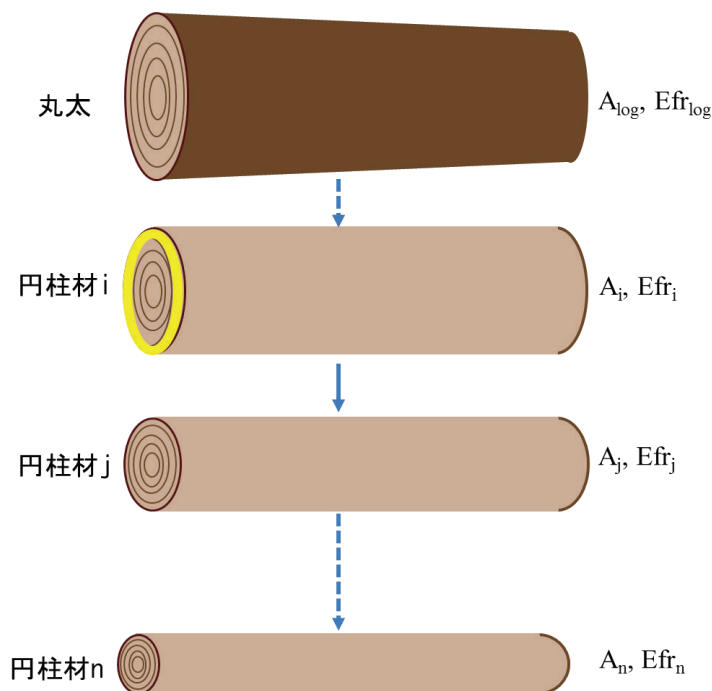


図1 丸棒加工のそれぞれの工程で得られるヤング係数
(A : 木口面の面積、Efr : ヤング係数)

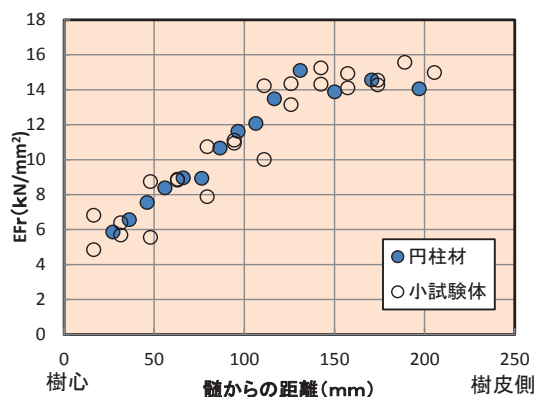


図4 丸太横断面内におけるヤング係数の半径方向の変動（カラマツの例）

3. 期待される効果と普及の対象

今回開発した簡易評価法を用いることにより、樹種間、あるいは同じ樹種の品種や成長量の異なる樹木から得られる丸太横断面内のヤング係数分布の特性を簡単に評価し、比較することができます。さらに、様々な木取りで丸太から採材される製材品やラミナ・単板などの木質材料用原料のヤング係数を予測することが可能となり、木質材料のより効率的な利活用方法の提案につながります。

なお、本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）」の支援を受けて行いました。

単板のたて継ぎ(スカーフジョイント)を用いた厚物合板の開発

1. 現状と課題

合板は曲がり材などの低質材を歩留り良く利用することができるため、国産材の有効利用に寄与しています。また、構造用合板の厚物化は、木造住宅の施工の合理化を図りながら性能を向上する方法として広く普及しています。しかし、合板の日本農林規格(JAS規格)では、単板は繊維(長さ)方向に連続している必要があり、とくに0°方向単板(表板と繊維方向が同じ単板)を作る原木は長さが限られています(図1)。

現状より短い原木から合板を製造できるようになれば、国産材の有効利用と木造住宅の性能向上にさらに寄与することができます。

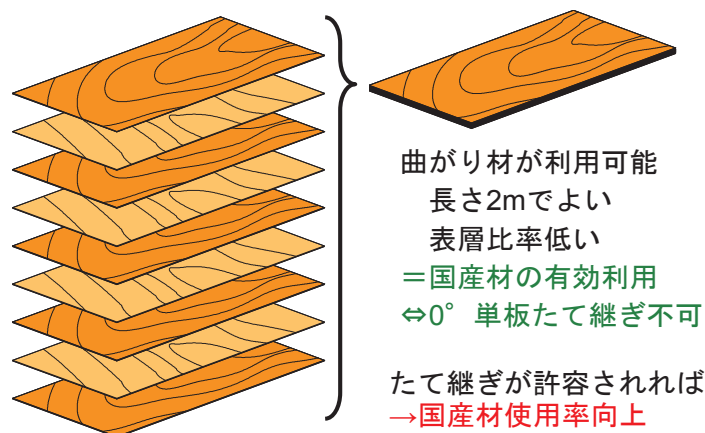


図1 厚物合板の単板たて継ぎのメリット

2. 技術開発の内容

2.1 たて継ぎ単板による合板の試作と試験方法

本研究では、短い国産材単板から木造住宅の構造部材として使用可能な合板を現状の生産設備で製造する技術として、単板のスカーフたて継ぎを取り上げ、たて継ぎ単板を用いた厚物構造用合板の試作と性能評価を行いました。

スギを用いた等厚単板により9プライ24mm厚合板(幅900×長さ1700mm)を試作しました(図2)。たて継ぎの対象とする単板は0°方向単板であり、たて継ぎ位置は合板の長さ方向中央部とし、たて継ぎ部の接合にはホットメルト接着剤を使用しました。単板の積層にはフェノール樹脂接着剤(合板のJAS規格特類相当)を使用し、縦継ぎを施した単板の配置の異なる6仕様(図3)の合板各16枚を試験しました(図4)。

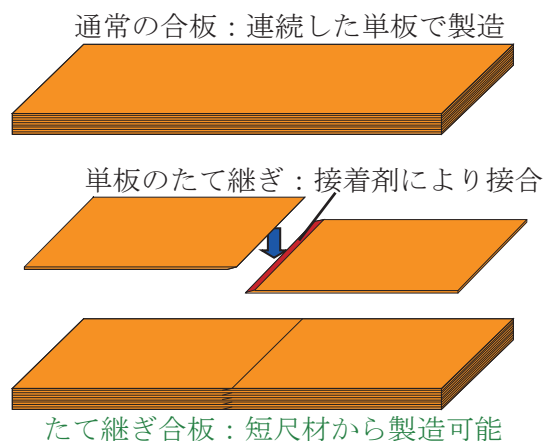


図2 たて継ぎ単板による合板の製造方法

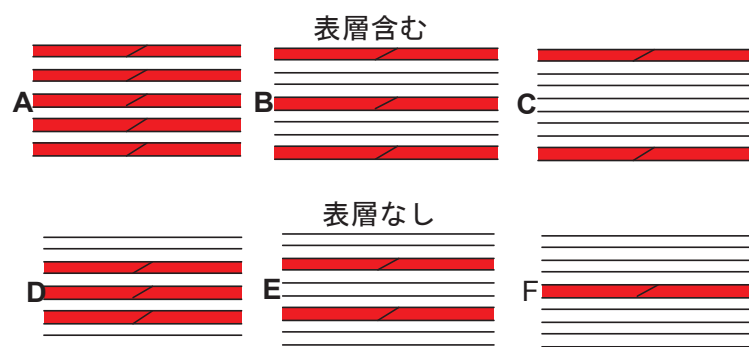
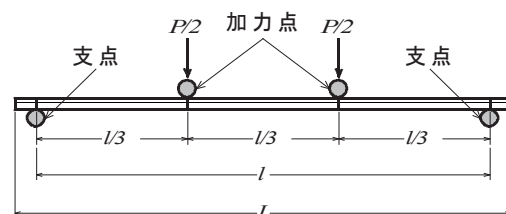


図3 たて継ぎ単板による合板の製造法



4点曲げ試験 ($L=24t$, $b=50\text{mm}$)

たて継ぎ位置
 支点・加力点間(せん断部)
 加力点間(中央部)
 たて継ぎのないものと比較

図4 曲げ試験方法

2.2 曲げヤング係数の比較

曲げヤング係数(MOE)について比較すると、たて継ぎがせん断部にある場合、たて継ぎ仕様A・Bでは、たて継ぎのないものより若干低く算出されましたが、全てのたて継ぎ仕様で大きな差はみられませんでした。

たて継ぎが中央部にある場合、表層にたて継ぎを含むたて継ぎ仕様A・B・Cでは、たて継ぎのないものより大きな低下を示し、その比率はおよそ80～90%となりました。表層にたて継ぎを含まないたて継ぎ仕様A・B・Cでは大きな低下はみられませんでした。

合板のJAS規格構造用2級のMOE基準値(厚さ24mm以上28mm未満: 3.5GPa)と比較すると(図5)、たて継ぎ仕様A・B・Cでは各1体ですが、規格基準値を満たさないものが見られました。たて継ぎ仕様D・E・Fでは全ての試験体が規格基準値を満たしていました。



写真1 曲げ性能の試験の様子

曲げ性能：建築物の床・屋根などに要求される性能。

MOR(曲げ強さ)：設置される家具や人、積雪等の鉛直荷重にどれだけ耐えられるか(=耐荷重性能の指標)。

MOE(曲げヤング係数)：一定の荷重下でどれだけたわまないか(=耐変形性能の指標)。

MOR・MOEともに数値が大きいほど性能が高いことを表す。

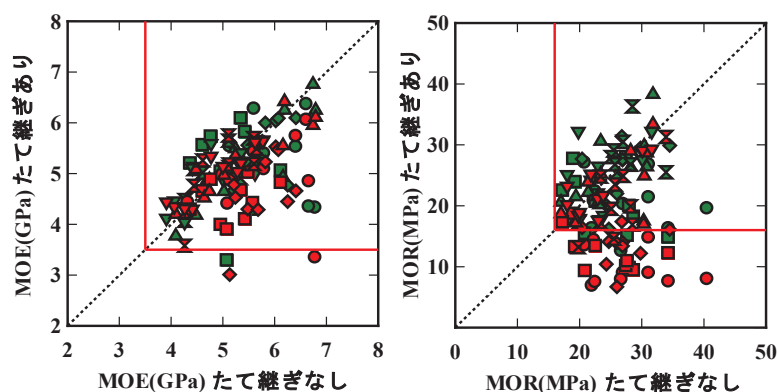


図5 曲げヤング係数の比較

図6 曲げ強さの比較

凡例	たて継ぎ仕様	せん断部	中央部
A	●	●	●
B	■	■	■
C	◆	◆	◆
D	▲	▲	▲
E	×	×	×
F	▼	▼	▼

2.3 曲げ強さの比較

曲げ強さ(MOR)について比較すると、たて継ぎがせん断部にある場合、たて継ぎがないものより20%程度低く算出されましたが、全てのたて継ぎ仕様で大きな差はみられませんでした。たて継ぎが中央部にある場合、たて継ぎ仕様A・B・Cでは、たて継ぎがないものより大きな低下を示し、その比率はおよそ40～50%と低い値となりました。

合板のJAS規格構造用1級のMOR基準値(E50-F160: 16.0MPa)と比較すると(図6)、たて継ぎ仕様A・B・Cでは規格基準値を満たさないものが散見されました。たて継ぎ仕様D・E・Fでは全ての試験体が規格基準値を満たしており、構造用1級に格付可能な高い性能が得られました。

3. 期待される効果と普及の対象

本研究で試作・供試した合板の評価結果では、曲げ性能は、表層単板にたて継ぎを含まない仕様D・E・Fにおいてはたて継ぎによる有意な影響はみられず、JAS規格の基準値を満足する性能が得られました。したがって、表層単板にたて継ぎを含まない仕様であれば実用可能な性能を有しているといえます。本研究では、たて継ぎに使用する接着剤の耐水性能については検討していません。実際の製品では単板の積層と同じ接着剤を使用することが望ましいと考えられます。

本研究の成果がJAS規格に採用されれば、厚物合板の表層以外の単板を製品長さの半分の短尺丸太から製造することが可能となります。

開発担当機関：森林総合研究所、(株)中央設計、セイホク(株)

スギ小幅板を活用した3層クロスパネルの開発

1. 現状と課題

3層クロスパネル（図1）は、ひき板を横方向に並べて接着し幅を広くした板（幅はぎ板）を、繊維方向を互いに直交させて3層に積層接着した、厚さ36mmの面材です。住宅の床や壁、屋根材をはじめ、家具材としても人気の高い製品ですが、「現し」で使うために必要な、表面に節のない（少ない）仕上がり厚さ12mmのひき板を十分に確保しにくいのが実状です。また近年、デザインや重さの点から、より薄いクロスパネルの製品化に対する要望がユーザーから寄せられています。一方、地域の製材所で生産される小幅板（図2）は丸太の外側から採材されるため、節の少ない板を得やすいという特長を有する反面、幅の狭い板の使い道が少なく困っているのが現状です。

そこで、小幅板を活用し新たな価値を付与した県産製品の実用化を目指し、『薄い・軽い・節が少ない』を特長とする、厚さ24mmのスギ3層クロスパネル（以下、24mmクロスパネル 図3）の製造試験と性能評価、普及に取り組みました。



図1 3層クロスパネル



図2 小幅板

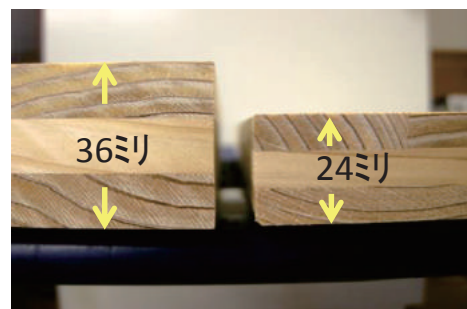


図3 厚さ24mmの3層クロスパネル(右)

2. 技術開発の内容

2.1 スギ小幅板の天然乾燥

小幅板の効率的な乾燥には「天然乾燥」が有効と考え、天然乾燥による質量変化を季節毎に調べました（図4）。その結果、小幅板（厚さ12mm×幅75mm×長さ2,000mm）の質量は夏季（7～9月）が約1～2週間で、冬季（12月～3月）が約40日でほぼ一定になりました（図5）。試験地の鳥取は多雪地帯ですが、冬季でも緩やかに乾燥し、水分量のばらつきを小さくできます。



図4 天然乾燥調査の様子

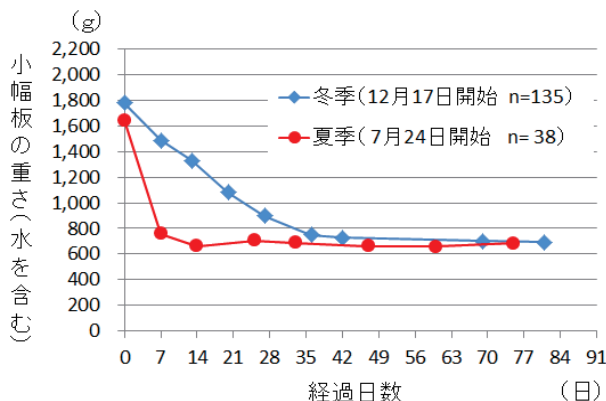


図5 小幅板の天然乾燥経過
(試験開始時の重さが1500～2000gの板)

2.2 24mmクロスパネルの曲げ性能

24mmクロスパネル（弱軸方向910mm×強軸方向1,820mm、25枚）を製造し、強軸方向を半分に切断して曲げ試験を行いました（図6）。その結果、強軸方向と弱軸方向の強度性能の差は、曲げヤング係数で10倍以上、曲げ強さで5倍以上ありました（図7）。使用にあたっては加力する方向によって強度性能が異なることをユーザーに伝えることが重要です。



図6 パネルの曲げ試験

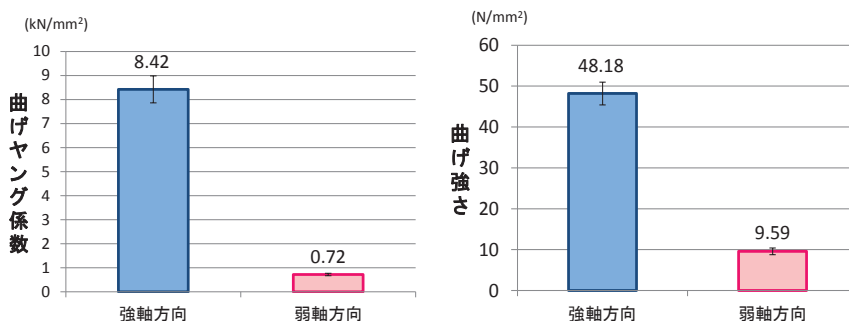


図7 24mmクロスパネルの曲げ性能(n=25, バーは標準偏差を示す)

2.3 マンション床材としての遮音性能

マンションの床材として利用することを想定し、実際の床組（床（24mmクロスパネル）、下地材（パーティクルボード）、断熱材（グラスウール）、束（プラスチック＋木材）で構成）による遮音性能を調べました（図8）。その結果、軽量衝撃音は $\Delta LL-3$ （全5ランク 数値が高いほど遮音性が大）、重量衝撃音は $\Delta LH-2$ （全4ランク 数値が高いほど遮音性が大）となり、市販されているマンション用の床組と同程度の遮音性能が得られました。



図8 重量衝撃音試験の様子

3. 期待される効果と普及の対象

研究成果をもとに、県内企業に技術指導を行い、24mmクロスパネルの生産・販売に向けた取り組みを進めているところです（図9）。また、デザイナーに設計を依頼してインテリア製品を試作し、イベント等でPRを行っています。これらの取組の結果、鳥取県内の家具メーカーの中には、24mmクロスパネルを使った子ども向け家具を商品化するところも出てきました（図10）。



図9 企業への技術の還元



図10 子ども向け家具の商品化
（商品名：Mogu、テーブル天板や座面に使用）

トリュフの人工栽培に向けて

1. 現状と課題

トリュフは西洋料理に欠かせない高級食材のキノコです。食文化の多様化により、我が国でも多くの西洋料理店でトリュフがメニューにあがるようになり、その風味に接する機会が増えてきました。ただし、これらのトリュフは、イタリア、フランスおよび中国などから輸入されたものです。我が国においても、40年ほど前にトリュフの発生が報告され、イボセイヨウショウロと名付けられて以降、多くのトリュフ発生事例が知られるようになっていきます。

国産トリュフを新たな森林資源として活用することをめざし、その人工栽培技術の開発に向けて、国内に分布する種やその生態について明らかにしておく必要があります。



図1 イボセイヨウショウロ
(国産黒トリュフ)

2. 技術開発の内容

2.1 日本産トリュフの種の確定

世界中にトリュフは180種以上が存在すると推定されています。日本には、遺伝情報に基づいた解析により、20種以上のトリュフが存在する可能性があることが近年明らかになりました。しかし、これまで学術的な手続きを経て、名前を付けられたものはありませんでした。今回、日本において広く分布し、食用として価値のある種を、人工栽培の対象とし、これらについて形態的特徴と遺伝子情報を解析し、新種と認め、名前を付けました(図2、3)。

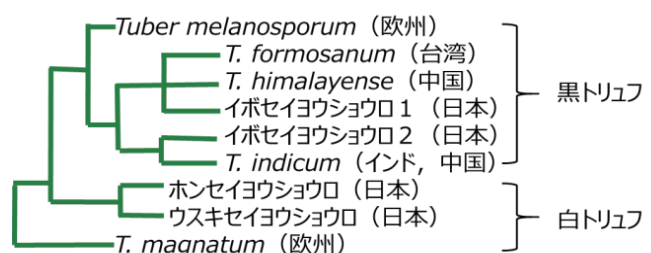


図2 人工栽培の対象とした国産トリュフ

左：ホンセイヨウショウロ（白トリュフ）、右：イボセイヨウショウロ（黒トリュフ）

図3 人工栽培の対象とした国産トリュフと海外の種との類縁関係(右図)

国産の白トリュフおよび黒トリュフは欧州産の種とは、近縁ではありませんが、アジア産の黒トリュフには近い種が存在します。



2.2 トリュフ菌と樹木の共生関係の解明

トリュフは、樹木の根と共生して、樹木が光合成によって作り出した炭水化物を受けとって生育する菌根菌の一種です（図4，5）。そのため、トリュフの人工栽培技術を開発するには、トリュフと樹木との共生関係を解明して、人工的に再現させる必要があります。海外のトリュフの人工栽培は、ナラ、カシやハシバミ（ヘーゼルナッツ）などの木を用いています。我が国のトリュフは、クリ、ナラ、カシ、シデ、マツなどの林で発生しているので、これらの木にトリュフ菌を感染させて栽培することになります。

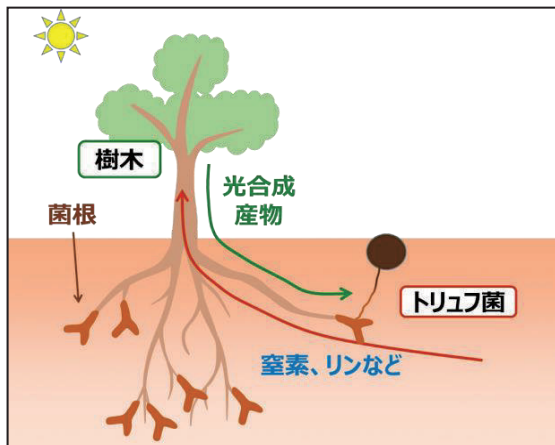


図4 トリュフ菌と樹木との間の菌根共生関係
トリュフ菌は樹木の光合成産物を菌根を介して獲得し、キノコを作ります。



図5 コナラの根に形成されたイボセイヨウショウロの菌根
細根の周囲は菌糸に覆われるとともに根の細胞の間に菌糸が侵入しています。菌根から菌糸が土壤中に広がり、樹木の養水分の吸収を助けています。

2.3 日本産トリュフの発生する土壌の特徴

ヨーロッパのトリュフは主に地中海沿岸地域の石灰岩由来の土壌で発生するため（図6）、発生地の土壌pHは、およそ7から8の間になります。国産トリュフのイボセイヨウショウロ（黒トリュフ）やホンセイヨウショウロ（白トリュフ）の発生地の土壌pHを調査したところ、弱酸性から弱アルカリ性の広い範囲にわたっていました。トリュフの生育に適した土壌pHにするためには、石灰などを添加する場合があります。その際、必要な添加量は、土壌の特性によって異なります。また、時間の経過とともに、土壌pHも変化することから、石灰添加後の推移も調べておく必要があります。



図6 フランスにおけるトリュフ園
石灰岩由来の土壌にて、ナラ、カシの木を植えてトリュフを育てます。夏の乾燥がトリュフの生育に悪影響を及ぼすため、散水用の管を木の根元に置き、水をまきます。

3. 期待される効果と普及の対象

トリュフ菌の感染方法や肥培管理技術は、海外の事例を参考にし、我が国のトリュフの発生環境やトリュフ菌の生理特性に合わせて開発する必要があります。高級食材であるトリュフの人工栽培技術の開発は、きのこ生産の経済効果による農山村地域の活性化と、適正な森林管理につながります。

施設を活用したスギ苗木増殖技術

1. 現状と課題

近年増加している再造林需要に早期に応えるためには、優良な品種を短期間に開発するとともに、その原種（採種園・採穂園を造成するための苗木）を可能な限り早期に提供することが必要です。これまでは、開発したばかりのスギ優良品種の1本の原木から都府県の採種園・採穂園（図1）に供給できるまでに最短で5～7年（原木からのさし木増殖2年、原種園での保存・育成1～3年、原種園からのさし木増殖2年）の年月を要していました。

そこで、気温・日長・CO₂濃度を制御可能な施設を活用したさし木苗木増産システムの開発に取り組み、季節を問わず苗木の成長を促進することで原種苗の配布期間の短縮を目指しました。



図1 都府県に整備されたスギの採種園の様子

2. 技術開発の内容

2.1 さし木苗の養成

スギはさし木増殖が比較的容易な樹種ですが、遺伝的に発根しにくい個体も存在します。そこで、まず発根しやすい条件を探るため、さし穂の長さ（図2）、用土（図3）、さし木の開始時期（図4）について検討を行いました。その結果、6月には発根率が低下すること、さし穂が長いと発根率が低下する系統が存在すること、またミスト状の灌水条件における用土としては鹿沼土の小粒が最適であることが分かりました。これらの条件を組み合わせ、さし木苗の養成を行っています。

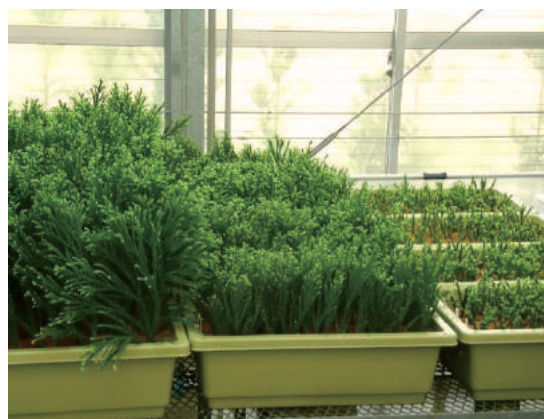


図2 さし穂長の試験の様子

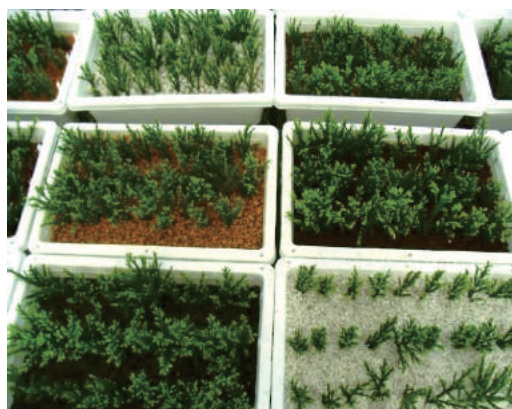


図3 さし木用土試験の様子
12種類の用土にさしつけて発根率を調査しました。

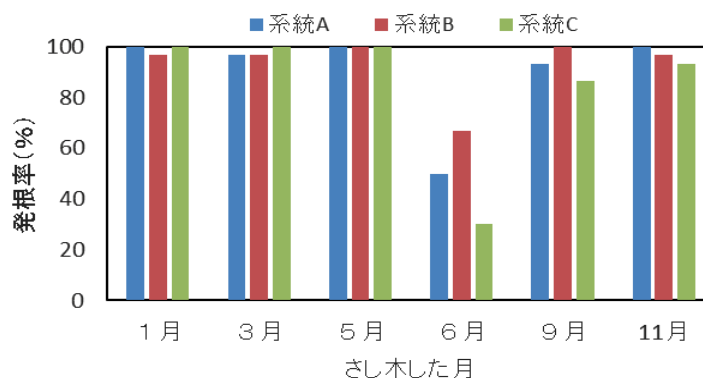


図4 さし木の時期と発根率の関係

2.2 施設を利用したさし木苗の促成栽培

関東地方では、さし穂は通常2年間で育成して出荷されます。1年目はさし穂の腐敗を防ぐため肥料のほとんどないさし木用土に据え置き、2年目に苗畑で成長を促進します。この育成期間を短縮するため、施設を利用してさし木苗の促成栽培を行いました。この施設内は、植物の生育に最適な温度である25℃に保たれ、光合成の効率が上がるようCO₂濃度が大気よりも高い1,000ppmに調整されています。さらに、毎日液肥を底面から灌水することで、常に十分な養分を供給できるようになっています。また、人工光源を利用しているため、季節を問わず苗木の成長を促進することができます。スギにおいても1年を通して苗木の成長を促進できることが確認できました(図5)。



図5 施設内で育成しているさし木苗の様子

2.3 施設内で育成したさし木苗からの再増殖

施設内で促成栽培したさし木苗から採穂し、さし木して再増殖します。採穂後も次々に萌芽しますので、季節を問わず連続生産が可能になります。図6に施設を活用した苗木増殖方法の流れを示しました。

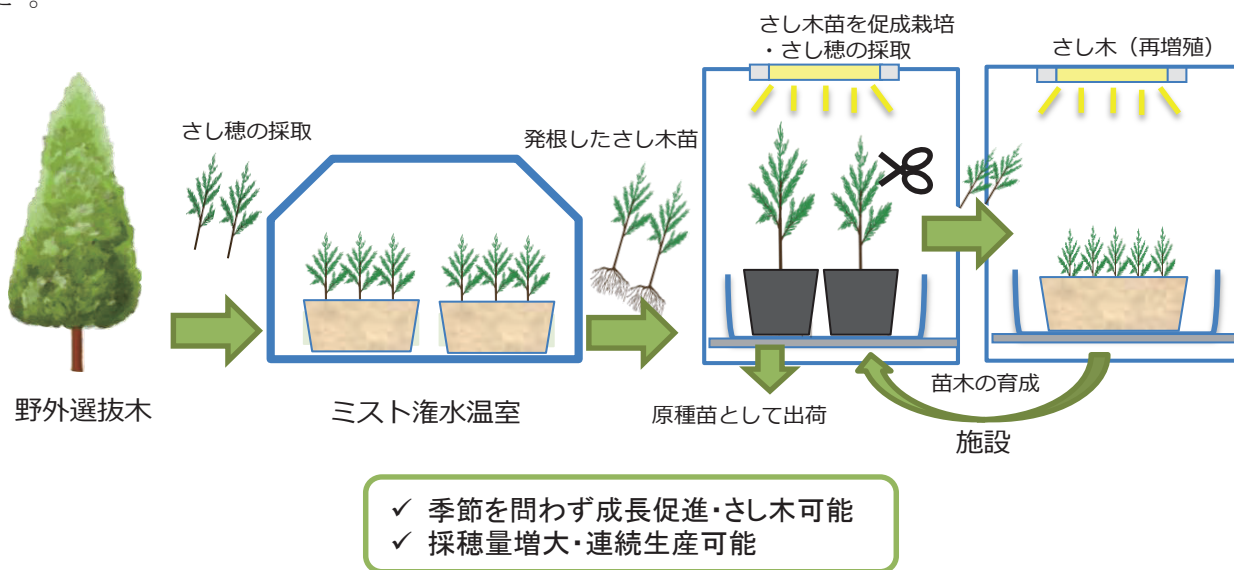


図6 施設を活用した苗木増殖方法の流れ

3. 期待される効果と普及の対象

開発した苗木増殖技術を用いることで、今後選抜された優良品種を3年程度で都府県等へ配布することが可能になると見込まれます。また、この研究で得られた成果を取りまとめて、「新世代種苗の増殖マニュアル」を作成しました。このマニュアルは林木育種センターのホームページ(ホーム>研究紹介>刊行物>新世代種苗の増殖マニュアル)で公開しています。今後とも、より多くの苗木を効率良く増殖する技術開発に取り組んでいく考えです。

「過去の林業新技術」技術一覧

下記の技術の詳細は、森林総合研究所ホームページから、ご覧になれます。

URL: <https://www.affrc.go.jp/pubs/shingijutu/index.html>

林業新技術2012

- ・広葉樹林化を促進する誘導技術の開発 (森林総合研究所他10機関)
- ・富山県におけるナラ枯れ跡地の森林再生技術 (富山県農林水産総合技術センター 森林研究所)
- ・スイングヤーダを使用した伐出作業の軽労・省力・安全化技術 (森林総合研究所 林業工学研究領域)
- ・「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」が完成 (北海道立総合研究機構 林産試験場他12機関)
- ・液状化対策としての木杭の利用 (森林総合研究所他4機関)
- ・現場施行を可能にする簡易な耐火集成材製造技術の開発 (森林総合研究所 木材改質研究領域)
- ・未利用木質バイオマスを原料とした木粉・プラスチック複合材の高性能化 (森林総合研究所他4機関)
- ・未利用林地残材を原料とする空気質改善剤の開発 (森林総合研究所、日本かおり研究所(株))
- ・Q&A「森林と水の謎を解く」を公開 (森林総合研究所 水土保持研究領域)
- ・林産物としてのシカ肉を衛生的に管理する (森林総合研究所 北海道支所)
- ・スギカミキリ抵抗性品種の開発 (森林総合研究所 林木育種センター)
- ・木酢液を用いたきこ類のナメクジ食害防除法の開発 (長野県林業総合センター)
- ・海岸防災林の津波軽減効果を解明 (森林総合研究所他12機関)
- ・森林の放射性物質の分布を明らかに (森林総合研究所 立地環境研究領域他)
- ・菌床栽培きのこへの放射性セシウムの移行低減技術の開発 (森林総合研究所、放射線医学総合研究所)

林業新技術2013

- ・造林未済地の把握と天然更新を利用した森林化 (北海道立総合研究機構 林業試験場他5機関)
- ・再造林の低コスト化をいかに進めるか (森林総合研究所他4機関)
- ・間伐が水流出に及ぼす影響を明らかに (森林総合研究所、秋田県森林技術センター)
- ・森林作業道からの土砂流出抑制技術の開発 (森林総合研究所他2機関)
- ・森林用ドロップネットで効率よくシカを捕獲する (森林総合研究所他3機関)
- ・耐震性・施工性に優れた厚板耐力壁の開発 (奈良県森林技術センター)
- ・竹炭製品の吸放湿および結露防止効果 (鹿児島県工業技術センター)
- ・林地残材を原料とした木製単層トレイの量産化に成功！ (森林総合研究所、庄内鉄工株式会社)
- ・きのこ栽培に有用なLED照明法の開発 (森林総合研究所他8機関)

林業新技術2014

- ・高齢のコナラ林を若返らせる (石川県農林総合研究センター 林業試験場)
- ・「ネットフェンス」と「くくりわな」を併用してニホンジカを効率的に捕獲する (静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター)
- ・チェーンソー用防護服が事業体経営を護ります (森林総合研究所他2機関)
- ・高精度DEMを使った路線選定プログラム (森林総合研究所)
- ・過去の写真から山地崩壊発生の前兆をつかむ (森林総合研究所)
- ・膨大な木材の強度データを活用するには？ (森林総合研究所)
- ・スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害材の土木資材等への利用 (神奈川県自然環境保全センター、神奈川県産業技術センター 工芸技術所)
- ・これからの低コスト造林の基本は成長の優れた苗木の選択から (森林総合研究所 林木育種センター)
- ・遺伝子と形態からサクラ栽培品種を見分けて正しく管理しましょう (森林総合研究所他3機関)

林業新技術2015

- ・近赤外光を用いた健全なスギ種子の自動判別技術 (森林総合研究所他2機関)
- ・中距離対応型架線集材システムの開発 (森林総合研究所)
- ・木材の直接メタン発酵技術～放射能汚染した木材にも応用可能な新技術～ (森林総合研究所)
- ・地下の見えないマツタケ菌糸を測る (森林総合研究所)
- ・サクラ栽培品種のクローンを増殖・保存する (森林総合研究所)
- ・木材生産のための過密林の間伐のしかた (岐阜県森林研究所、岐阜県立森林文化アカデミー)
- ・木製治山ダムを効率的に修繕する (京都府農林水産技術センター 森林技術センター)
- ・宮崎モデルによる大規模建築物の木造化に関する研究 (宮崎県木材利用技術センター 構法開発部、木構造相談室)
- ・トドマツの水食い材発生の低減に向けた心材含水率の改良 (森林総合研究所 林木育種センター)

林業新技術2016

- ・東北におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種子の生産性向上 (森林総合研究所 林木育種センター)
- ・樹木の風害の被害形態と等価限界風速の関係 (森林総合研究所、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター)
- ・天然更新を促進するための新たな作業技術の開発 (森林総合研究所、北海道森林管理局 森林技術・支援センター)
- ・中小規模木質バイオマス発電施設には熱電併給が不可欠 (森林総合研究所)
- ・高齢級人工林の間伐と主伐の収支を評価する (鹿児島県森林技術総合センター)
- ・誘引してシカを獲る新しいくくりわなができました (静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター)
- ・安定同位体比解析でわかるクマの人里依存度 (森林総合研究所)
- ・新たな乾燥技術「コアドライ®」の開発と普及 (北海道立総合研究機構 林産試験場)
- ・気圧を下げると乾燥時間が速くなる (森林総合研究所、岐阜県森林研究所)



林業新技術 2017

—現場への普及に向けて—

編集・発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
発行日 2017(平成29)年7月28日

お問い合わせ先

広報普及科編集刊行係
TEL 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。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。