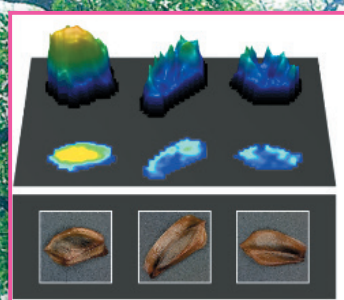
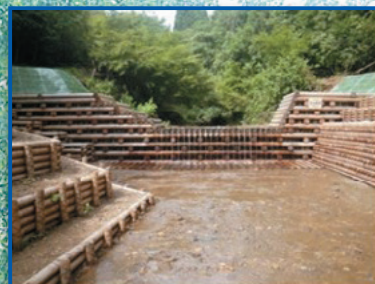


林業新技術2015

— 現場への普及に向けて —



国立研究開発法人森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



「林業新技術2015」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総合研究所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2015」を選定しました。

今回選定された森林造成、木材利用などの9の技術については、計画的、効果的な現場への普及、実用化に取り組むこととしています。



「林業新技術2015」技術一覧

近赤外光を用いた健全なスギ種子の自動判別技術 3-4 森林総合研究所ほか2機関

近赤外光を用いて充実種子と不稔種子を非破壊的に区別する技術を開発しました。一粒播種機などの農林業機械を併用すれば、種まきから苗木の出荷に至るまでの全工程を自動化できる可能性があります。

中距離対応型架線集材システムの開発 5-6 森林総合研究所

近年導入されたタワーヤーダが、中間サポートによって地形の問題を解決し、十分なパワーを備え、高い生産性を持っていることを明らかにしました。生産性が向上した結果、より低コストで集材することができます。

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～ 7-8 森林総合研究所

湿式ミリングにより、木材を直接メタン発酵する技術を開発しました。放射能汚染した木材の減容化とエネルギー化に応用できます。

地下の见えないマツタケ菌糸を測る 9-10 森林総合研究所

土壌中のマツタケ菌糸がどれだけいるのか測定する技術を開発しました。検出感度に優れているので、少ない量の土壌試料で検出可能です。地下のマツタケ菌糸の状態把握だけでなく、過去の発生地や新規候補地の土壌探査にも応用できます。

サクラ栽培品種のクローンを増殖・保存する 11-12 森林総合研究所

サクラの栽培品種では、挿し木がきわめて有効な増殖方法であることを明らかにしました。挿し木で増殖することによって、サクラは、長期間の保存が可能となります。

木材生産のための過密林の間伐のしかた 13-14 岐阜県森林研究所、岐阜県立森林文化アカデミー

過密人工林の特徴や間伐後の成長、適切な間伐手法などを検討し、木材生産のための間伐指針と間伐を確実に実施するための支援ツール群を開発しました。成果を現場に適応することで過密林の適切な管理が可能になります。

木製治山ダムを効率的に修繕する 15-16 京都府農林水産技術センター 森林技術センター

木製治山ダムの修繕が適期に適切な方法で実施できるよう、現地調査で部材の強度を推定する手法や、ダム劣化状況に応じた修繕方法を開発しました。木製治山ダムが広く普及することで、木材利用量の増加が期待できます。

宮崎モデルによる大規模建築物の木造化に関する研究 17-18 宮崎県木材利用技術センター構法開発部、木構造相談室

大規模木造建築物の建設にあたり、木材の専門家と建築の専門家が、技術指導・助言を行い、企業等の技術や人材を集約し、その技術を活用する異業種連携システムを構築しました。地域の技術・人材を活用した大規模木造建築物建設の推進が期待できます。

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 19-20 森林総合研究所林木育種センター

トドマツでは心材で含水率が高い水食い材が発生します。横打撃共振法を使ってトドマツの中から心材含水率の低い家系を立木状態で非破壊的かつ簡易に選抜可能となりました。将来のトドマツ材の乾燥等のコスト削減と材の高付加価値化が期待できます。

近赤外光を用いた健全なスギ種子の自動判別技術

1. 現状と課題

効率的な木材供給を目的として造成されたわが国の人工林は、全森林面積の4割に達しています。今後、国産材を持続的に供給し続けるためには、収穫した伐採跡地を確実に更新(再造林)しなければなりません。そのためには再造林コストを低減する必要があります。そのなかで、苗木生産コストの低減が課題となっています。

主要な造林樹種であるスギやヒノキの種子では、発芽能力がない不稔種子の割合が高く、しかも不稔種子の割合は採種地や採種年により大きく変動します。従来、種子の選別は、外観(肉眼選)や大きさ(篩選)、重さ(風選)、比重(水選)などの特性を手がかりに行われてきました。しかし、スギやヒノキについては、こうした特性で充実種子と不稔種子を区別しにくく、両者を効率的に選別することは不可能でした。そこで今回、今までの方法とは全く異なり、特殊な光を用いる方法で、充実種子を判別する技術を開発しました。

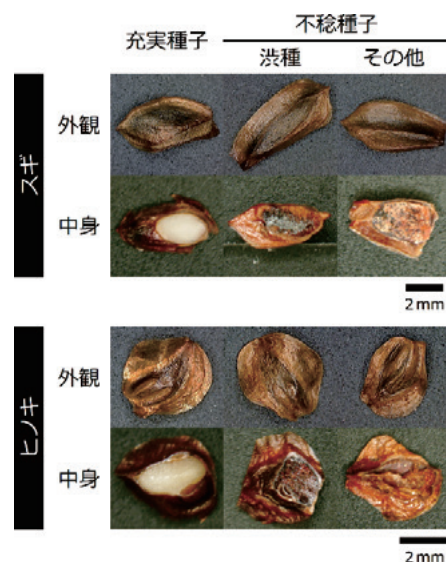


図1 スギ・ヒノキの充実および不稔種子における外観と内部構造。不稔種子には胚乳が欠如している。

2. 技術開発の内容

2.1 赤外光に着目した、種子の見える化

充実種子と不稔種子は、切断してその内部を観察すれば、容易に見分けることができます(図1)。しかし、種子を切断すると発芽の能力は失われます。そこで種子内部の構造や成分の違いを非破壊的に検出する方法として、化合物によって異なる吸収特性を持つ赤外光に着目しました。

私たちの目に見える可視光の波長は 380 ~ 780nmの範囲にありますが、その短波長側が紫外光、長波長側が赤外光と呼ばれます。赤外光を種子に照射すると、種子に含有する有機物の化学構造に依存した、固有の波長の光を吸収します(図2)。しかも、赤外光は透過性が高いので、種皮の内側の性質を調べることに適しています。

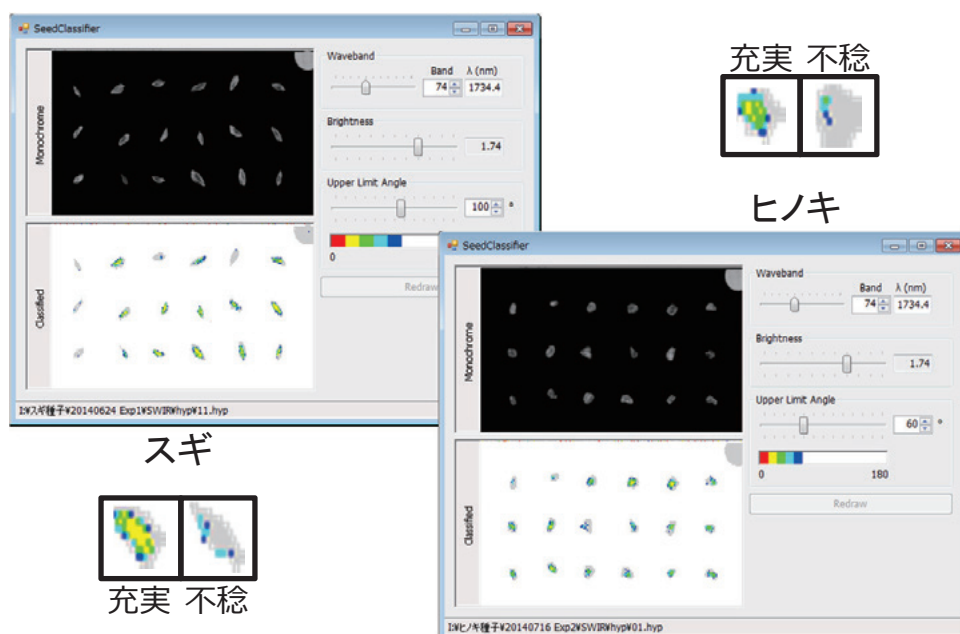


図2 スギ・ヒノキの充実種子と不稔種子の赤外光域での見える化

各PC画面上の左上の黒いバック写真では、全て同じように見える種子も、赤外光を使うことで違いが判別できるようになります。

2.2 反射率の違いによる判別の仕組み

充実種子は不稔種子よりも1,730nm付近の赤外光を吸収しやすい性質があり、赤外線カメラに「暗く」映る種子ほど、充実種子である可能性が高いことがわかりました。図3で充実種子は1,730nm付近で反射率が下がり、グラフではM字型に見えます。一方不稔種子では、1,730nm付近の反射率の低下が小さく、n字型を示します。このような反射率の違いから、95%という高い確率で充実種子を選別することができました。そこで 1,730nm付近の反射率の差を表す指標を「Mの字」の真ん中のくぼみの角度で表す指標(充実種子指標:SQI)を考案しました(図4)。

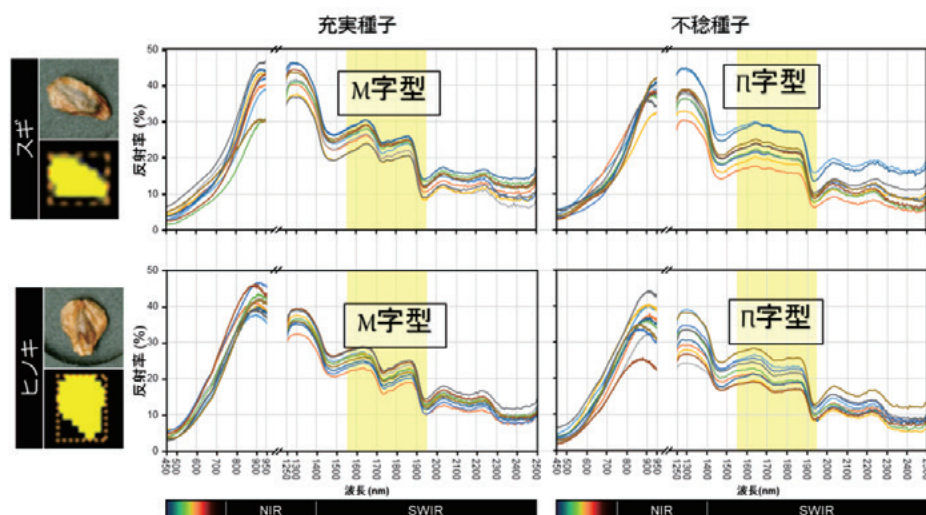


図3 スギ・ヒノキの充実種子と不稔種子の反射率の違い

充実種子では波長1730nm付近の反射率が低下し、M字型を示します。

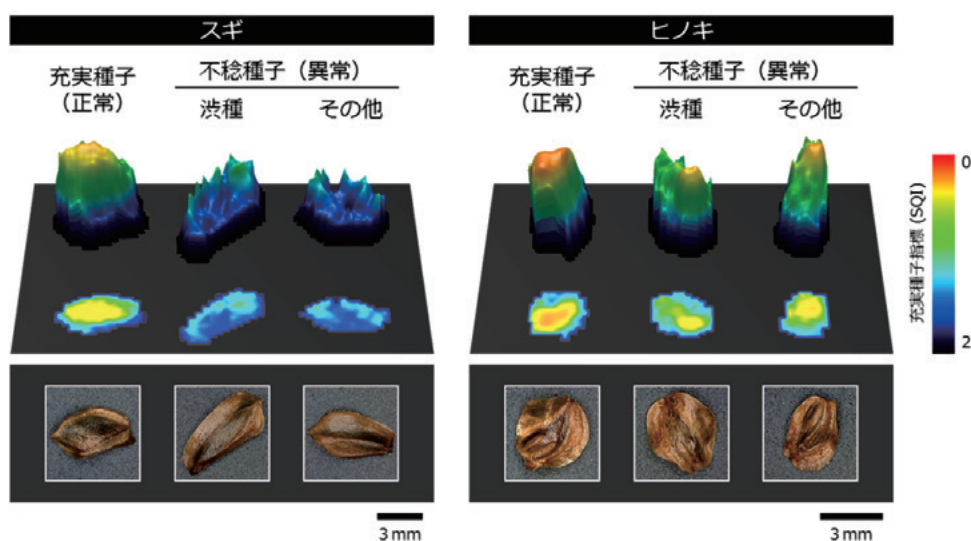


図4 充実種子指標 SQI の三次元表示

SQI 値が低い黄色から赤色が多い種子ほど、充実種子であると判断できます。

3. 期待される効果と普及の対象

本研究成果により、種子の利用効率と育苗にかかる労働生産性を向上させる可能性があります。現状では苗畑で発芽した個体を移植したり、多めに播種して発芽した個体を間引く等、育苗にかかる時間と労力がかかりますが、その軽減が期待されます。また、一粒播種機などの農林業機械を併用すれば、種まきから苗木の出荷に至るまでの全工程を自動化できる可能性もあります。こうした技術は「コンテナ苗」に代表される高性能な苗木の生産に使われ、主伐を迎える全国の民有林・国有林の再造林、無花粉スギへの樹種転換等に大きな役割を果たすことでしょう。

中距離対応型架線集材システムの開発

1. 現状と課題

タワーヤーダは、急傾斜地の多い我が国の森林で集材作業を効率的に行う機械(図1)として、かつて、期待をもって導入されました。しかし、複雑な地形への対応がむずかしいことやパワー不足が原因で、十分に普及されませんでした。

その後、林野庁補助事業で、パワーのあるオーストリア製タワーヤーダが新たに導入されました。この機械による集材作業について、従来のタワーヤーダと比較して特徴などを調査しました。



図1 タワーヤーダによる集材作業
ワイヤーロープ上を走行する搬器
が木材を運搬します。

2. 技術開発の内容

2.1 中間サポートを使った集材作業

タワーヤーダはワイヤーロープを使って、道から400メートル程度までの集材を可能にする装置です。しかし、ロープには自重で垂れ下がる性質があるため、垂れ下がるロープを中間サポート(図2)を設置して支える必要があります。調査では、図3に示すように3基の中間サポートをつかって、200メートルを超える集材作業を行いました。

図中の点線で示すように、中間サポートが無ければワイヤーロープは地面と接触してしまうので、このような地形条件では、中間サポートの使用は必要不可欠であることがわかります。また、搬器が中間サポートを安全に通過するためには、搬器を一度減速し、その後加速させる必要がありますが、このタワーヤーダはこうした操作を自動化しています。

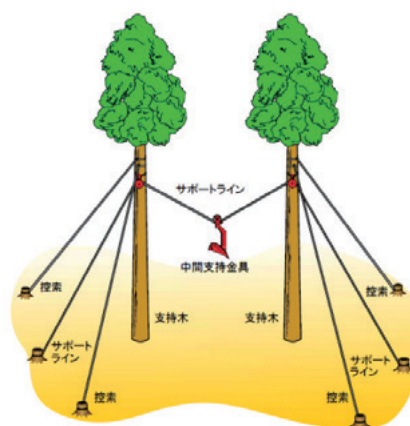


図2 中間サポート
中央の金具がワイヤーロープを支えます。

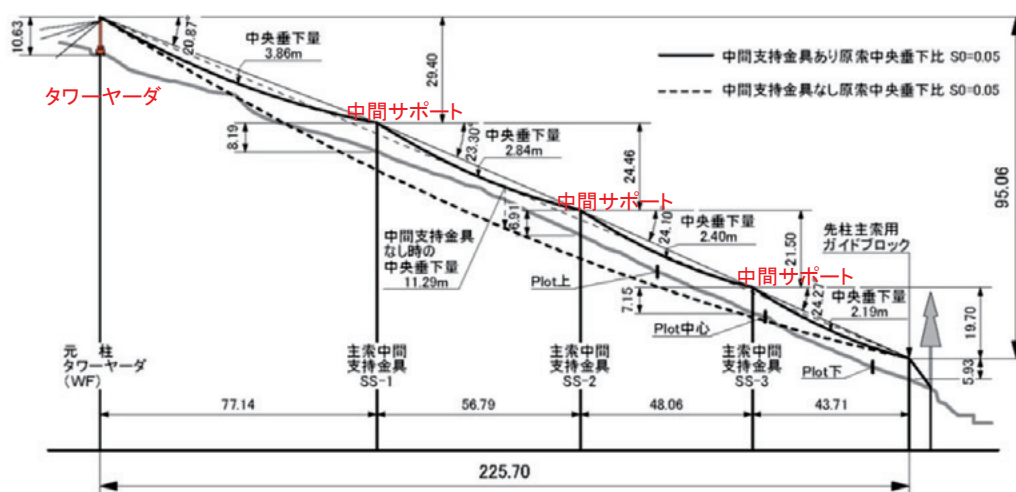


図3 調査地の縦断面図

3基の中間サポートでワイヤーロープを支えて支間水平距離225.7メートルの集材を行いました。

2.2 タワーヤードの性能

木材を運搬する距離と運搬するのににかかった作業時間の関係は、図4に示すように、距離が長いほど時間がかかりますが、運搬した材積量(0.6m³以下、0.6~0.8m³、0.8m³以上)によって作業時間が違うといった傾向は認められませんでした。つまり運ぶ木材の量と運搬速度に関係がみられないということです。最大で1m³程度の木材を一度に運んでも速度の低下はみられませんでした。このことから、このタワーヤードには木材の運搬に必要な十分なパワーが備わっていることが明らかになりました。

以前に導入されたタワーヤードと搬器の走行速度を比較したのが図5です。グラフの傾きが搬器の速度に相当します。赤色で示された新しいタワーヤードが青色の既存機に比べ、空荷の空走(実線)で2.0倍、木材を積載した実走(点線)で1.2倍の速度を実現していることがわかりました。中間サポートを使用してもこのように高速な集材作業が可能です。集材作業の全体の能率を比較すると、新しいタワーヤードは1.5 倍程度高い能率であることが明らかになりました。

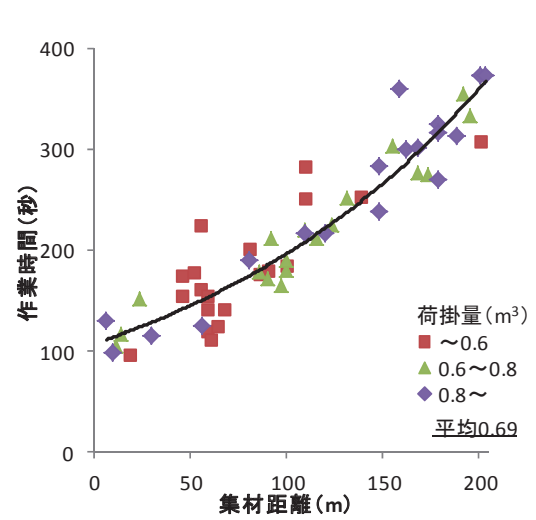


図4 集材距離と作業時間の関係

3. 期待される効果と普及の対象

この研究により最新のタワーヤードが木材の運搬に十分なパワーを備え、また中間サポートによって地形の問題を解決し、従来の機種に比べて高い生産性を持っていることが明らかになりました。生産性の向上によって、より低コストで木材を運搬することができるようになります。

今後、タワーヤードが素材生産事業体に普及するために必要なことは、これまでわが国では十分に活用されてこなかった中間サポートを普及させることでしょう。今回の調査で作業員から教わったノウハウを「中間サポート架設の手引き」としてとりまとめました(図6)。森林総合研究所のホームページからダウンロードすることができます。

(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika20.pdf>)

タワーヤードによる集材作業の現地調査は、高知県の香美森林組合の協力を得て実施しました。調査にご協力いただいた皆さまに感謝いたします。

この研究は森林総合研究所の交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低撓乱型人工林管理技術の開発」により行いました。

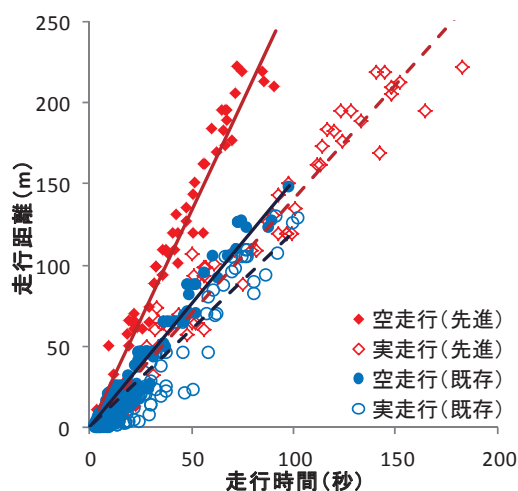


図5 走行時間と走行距離の関係

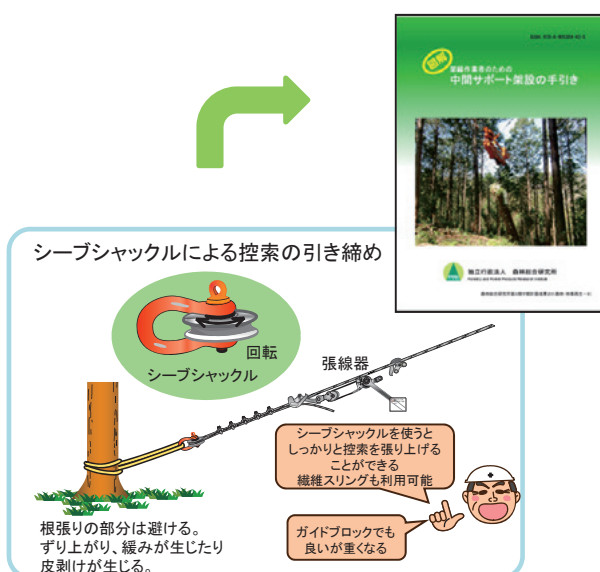


図6 中間サポート架設の手引き

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～

1. 現状と課題

国土の約70%を森林が占める森林資源豊かな国日本で、私たちは様々な恩恵を森林から得ています。この森林資源をさらに余すことなく利用するために、間伐後の林地残材や枝葉にも応用できる新たな森林資源利用技術が求められています。また放射性物質に汚染された広大な森林を抱える福島県では、放射能汚染した森林バイオマスを処理する技術の導入が急務となっています。

そこで単純なプロセスで山間地域に導入しやすい、新たな森林バイオマスの利用技術を開発しました。

2. 技術開発の内容

2.1 メタンガスとメタン発酵

皆さん、「メタンガス」をご存知でしょうか。ガスコンロをひねると出てくる都市ガスの成分は90%以上がメタンガスであり、私たちの生活に無くてはならない身近な燃料の一つです(図1)。今日、私達が使っているメタンガスは長い年月をかけて地中深くに堆積しているものを掘り出して使っていますが、メタン菌という微生物の力を使ってバイオマスから作ることも可能です(図2)。これまでは酪農で飼育されている牛や豚の糞尿を原料としたり、私達の生活から出てくる残飯などの生ごみを原料としたりして、メタン菌に食べさせてメタンガスを作ることが試みられてきました。一方で、木材を直接メタン発酵することは不可能とされていました。なぜならメタンガスの原料となる木材の細胞壁構造が強固でメタン菌が分解できなかったからです。



図1 ガスコンロから出る都市ガスのほとんどはメタンガス



図2 ビーズに固定されたメタン菌

2.2 日本のナノテクノロジーを応用した湿式ミリング技術

私達は、木材の微細で固い細胞壁をも効率よくバラバラにする「湿式ミリング装置」(図3)を新たに試作しました。木粉・酵素・pH調整剤を混ぜて装置に投入すると、高速回転している小さなビーズの衝撃で木材の組織を粉砕しつつ、それと同時に酵素パワーで木材成分の一部を分解します。この新しい技術により、木材がナノレベル(1mmの1/1,000以下)にまで粉砕できるようになり、細胞壁成分がバラバラになってメタン発酵できるようになったのです。発酵が難しいと言われるスギでも、問題なくメタン菌が発酵できるようになることが明らかとなりました。さらに稲わら、牧草、木材などの様々なバイオマスが混ざった状態でも問題なくメタン発酵できることも明らかとなりました。この技術の概要を図4に示しています。



図3 試作した湿式ミリング装置

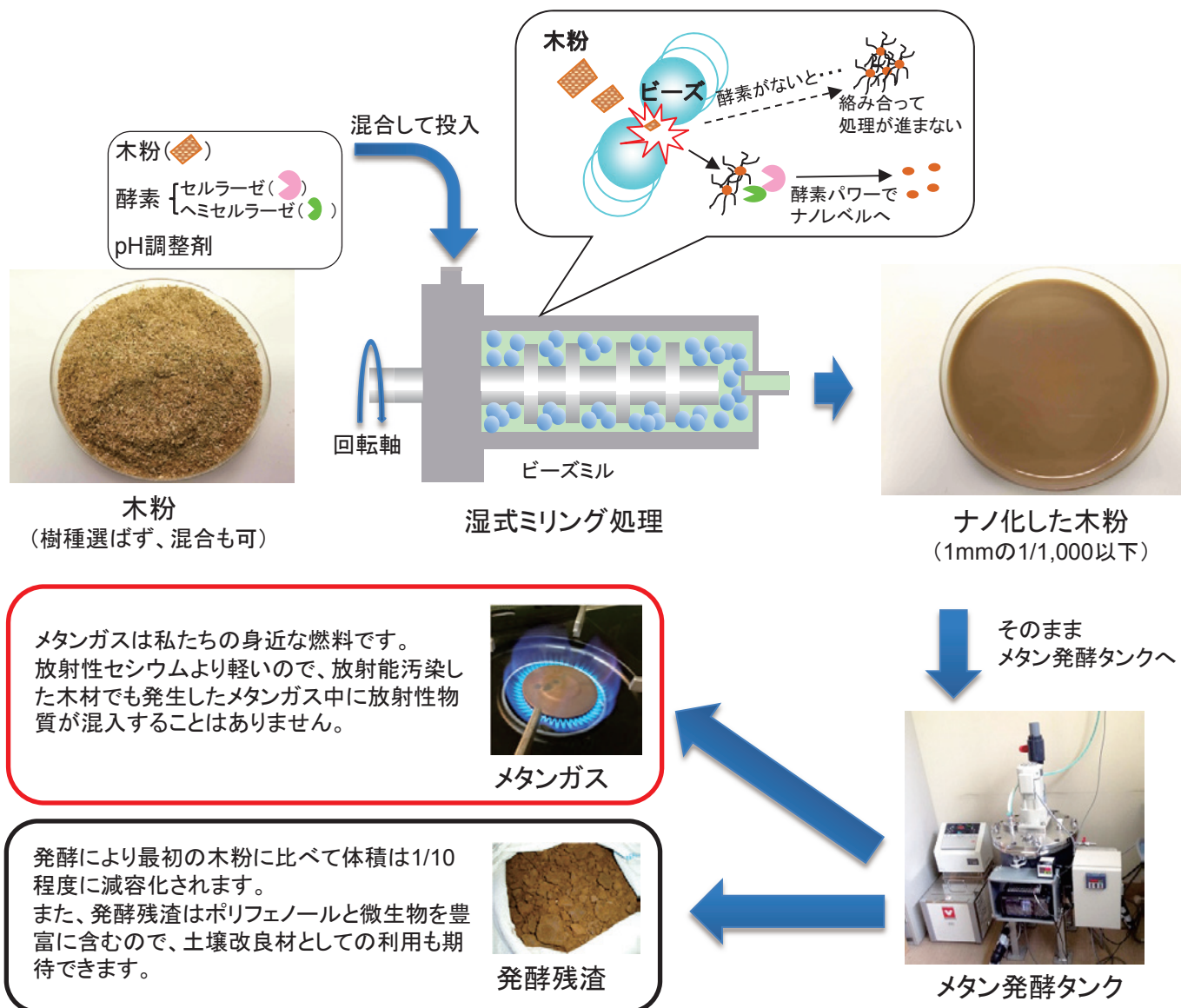


図4 湿式ミリングによる森林バイオマス利用技術の概要

2. 3 放射能汚染したバイオマスにも応用可能

メタン菌が生産したメタンガスは空気よりも軽いので、メタン発酵タンクから熱をかけずに簡単に回収することができます。また、放射能汚染した植物や木材中の放射性物質は、空気よりも重いメタンガス中には含まれず、発酵残渣中に残存したままになることを確認しました。さらに発酵残渣は最初の木粉と比べて体積が1/10以下になるため、放射能汚染バイオマスの減容化技術としても効果的であり、かつ新たなバイオエネルギー生産技術として期待されています。

3. 期待される効果と普及の対象

本技術では木粉と酵素、pH調整剤のみを使用します。酵素とpH調整剤は食品添加物としても使用できる安全なものです。そのため福島汚染地域だけでなく、日本中の中山間地域にこの技術を導入することは比較的簡単に地域の皆様にも安全に利用していただけます。まだ解決しなければならない課題はありますが、これからの林業の発展、特に間伐後の林地残材や枝葉などの有効利用につなげたいと考えています。

地下の见えないマツタケ菌糸を測る

1. 現状と課題

マツタケは、季節を楽しむ高級食材として珍重されてきましたが、近年のマツタケ発生量は昭和初期の頃に比べ激減しています。マツ林の葉や枝を利用しなくなり林床が富栄養化したことや、マツノザイセンチュウによる松枯れが原因とされています。

マツタケの増産のために、林地へのマツタケ菌接種やマツ林の施業が日本各所で試されていますが、その効果の検証は子実体の発生を待つため何年もかかります。また、子実体が発生するためには、土壤中にマツタケ菌糸体がある程度の量必要であるとされており、地下菌糸体の量的把握が求められています。

そこで、子実体発生を確認することなく、地下のマツタケ菌糸がどれだけあるか測定する方法を開発しました。



図1 マツタケ発生地の状況
地下の菌糸体の状況はわからない。

2. 技術開発の内容

2.1 DNA分析手法を用いたマツタケの特異的かつ定量測定技術

この技術は、森林土壤に含まれるマツタケ菌糸の量を、土壤から抽出されたDNA中にマツタケのDNAがどれだけ存在するかを定量することにより、推定するものです。

様々な環境DNAが存在する中でマツタケ由来のDNAだけが検出されかつ定量される分析手法として定量PCR法を用います。

マツタケのみが検出され、近縁種およびアカマツ林で見られる他のきのこ類は検出されない、マツタケ特異的プライマーを設計することに成功しました(図2)。

また、既知量のマツタケ菌糸体から抽出されたDNAを定量PCR法により定量した結果、Ct値(ある一定のDNA増幅量に達するまでのPCRサイクル数)と菌糸量とに強い相関がある定量技術を確立しました(図3)。

本技術は、30ngの菌糸体を検出可能なため、肉眼で観察できないレベルの菌糸体も検出できます(図3)。

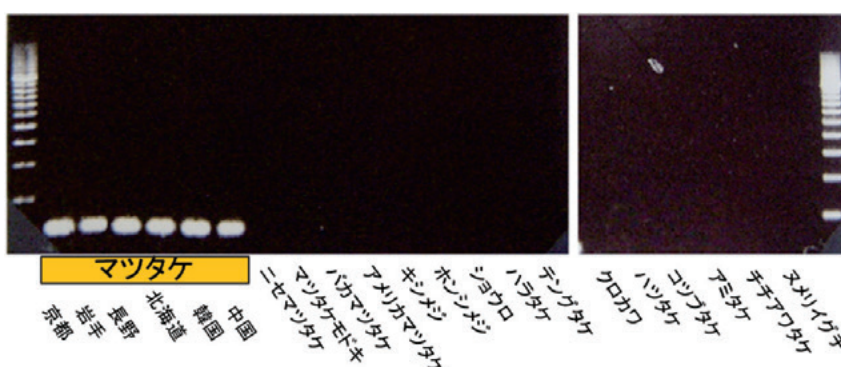


図2 マツタケとその近縁種、マツタケの発生する林に見られるきのこ類の比較
マツタケのみが検出され、他のきのこは検出されないことがわかります。

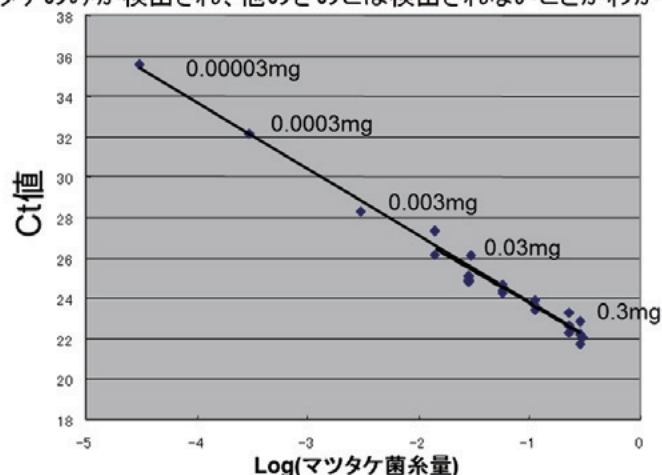


図3 定量PCR法におけるCt値と既知量マツタケ菌糸体由来DNA抽出サンプルの定量値相関
強い相関がある($R^2=0.9932$)ことがわかります。

2.2 発生地での土壌中のマツタケ菌糸体分析事例1

(μg 菌糸体/g土壌)

マツタケの子実体が発生した地点の近くで、腐植層下深さ10cmの土壌を5cm間隔で採取し、定量測定技術を用いて土壌中のマツタケ菌糸の量を測定しました(図4)。

マツタケは一般的に同心円状に発生し、毎年その円を拡大させ、以前の発生位置にはあまり発生しないことが知られています。測定結果によると、この円の拡大する方向に菌糸体が分布していることがわかりました。また、拡大方向とは反対方向の以前の子実体発生位置では菌糸体が検出されませんでした。

これまでの子実体の発生パターンと地下のマツタケ菌糸体測定結果に整合性があり、野外の土壌試料でマツタケ菌を正確に測定できました。

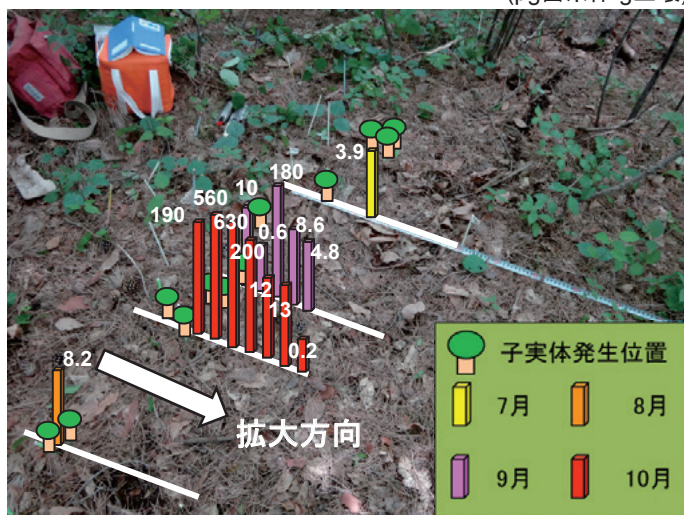


図4 マツタケ発生地における土壌中のマツタケ菌糸量
2年前の発生位置(緑)に対してマツタケ菌糸が拡大しながら広がっている様子がわかります。

2.3 発生地での土壌中のマツタケ菌糸体分析事例2

(μg 菌糸体/g土壌)

過去にマツタケが発生し、その後約10年間子実体の発生記録がない場所で、現在の地下のマツタケ菌糸の分布を明らかにするため、4m四方の範囲内を50cm間隔で土壌採取し、土壌中のマツタケ菌糸の量を測定しました(図5)。

この場所は1992年から2000年で同心円状に広がりながら子実体が発生していました。子実体発生が確認されていなかった12年後の地下マツタケ菌糸体は、過去の発生位置の外に大きく広がったところで検出されました。

このように、過去に発生した林の地下における現在のマツタケ菌糸の存在も確認することができます。

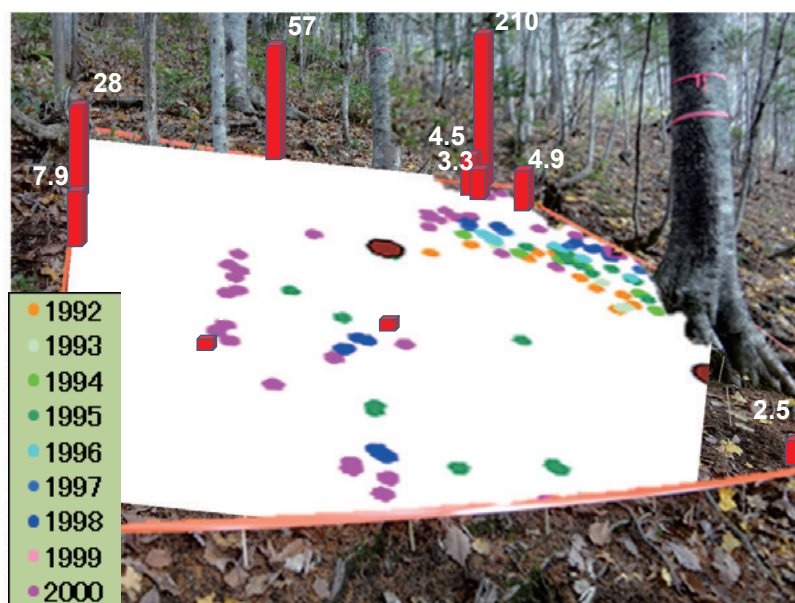


図5 マツタケ発生地における土壌中のマツタケ菌糸探査
12年前の2000年度発生位置(ピンク)に対し、さらに外側に広がったところで、マツタケ菌糸が検出され、定量できました。

3. 期待される効果と普及の対象

この測定技術はマツタケの特異性と菌糸検出感度に優れているので、極めて少ない量の土壌試料(数g)で検出可能です。マツタケ発生地をできるだけ荒らすことなく、子実体の発生を待たずに、現在の地下のマツタケ菌糸の状態を把握することが可能です。また、過去にマツタケが発生した場所や新規候補地の土壌探査により、施業範囲の効率化や適地判定に応用できます。

なお、本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト「マツタケ人工栽培のためのシロ形成技術の開発」により実施しました。

サクラ栽培品種のクローンを増殖・保存する

1. 現状と課題

我が国のサクラにはもともと山野に自生しているヤマザクラなど野生種もありますが、日常で身近に接するサクラの多くは‘染井吉野’を代表とする栽培品種です。栽培品種は、人が作り出したものですから、人が接ぎ木などによって増殖・保存しなければ、やがて失われてしまいます。サクラの栽培品種については、これまで接ぎ木によって増殖される場合がほとんどでした。しかし、接ぎ木による増殖では、種類によっては台木との相性が良くないことや、台木に置き換わる事例が見られ(図1)、長期にわたる保存には欠点があります。そこで、接ぎ木に代わるクローン増殖の手法について検討しました。



図1 植物園で保存されているサクラ
本来の増殖対象は右下の褐色の葉を出している部分(赤丸)ですが、台木から萌芽した幹によって圧迫されています。

2. 技術開発の内容

2.1 挿し木の可能性の検討

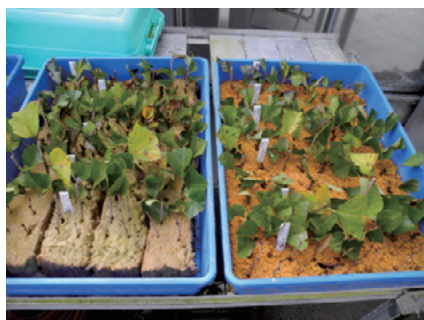
サクラは萌芽性が強い(図2)ため、自根があれば無数の幹が伸びます。自根をつくる増殖手法としては、組織培養もありますが、設備を含めて費用がかかります。そこで、比較的安価な増殖手法として、挿し木について検討しました。83系統のサクラについて挿し木を試みたところ、これまで挿し木が難しいと考えられていたエドヒガンやサトザクラの栽培品種でもカルス形成や発根が確認されました(図3、4)。接ぎ木と比較すると成長するまで時間がかかりますが、台木と入れ替わるリスクがない点で長期にわたる系統保全には確実な方法です。



図2 (上) サクラの実生由来の植栽木
主幹を伐採することによって萌芽枝が多数伸びています。

図3 (左下) ロックウール(左)と鹿沼土(右)を用いたサクラの挿し木

図4 (右上) 挿したあとおよそ1ヶ月後のサクラの挿木
発根した根が伸びています。



2.2 挿し木の時期の検討

挿し木はおこなう時期によって発根率が大きく異なることが知られています。そこで、種類ごとに時期によってどのような変化があるのか、調べました。図5にその結果の一部を示しています。一般に挿し木に最適と考えられる5～6月にいずれも高いカルス形成率と発根率を示しました。しかし、種類によっては夏から秋のカルス形成率に大きな違いが見られたほか、発根率のきわめて低い時期があることが示されました。

今後は、種類ごとに最適な挿し木の時期を明らかにしていくことが必要です。

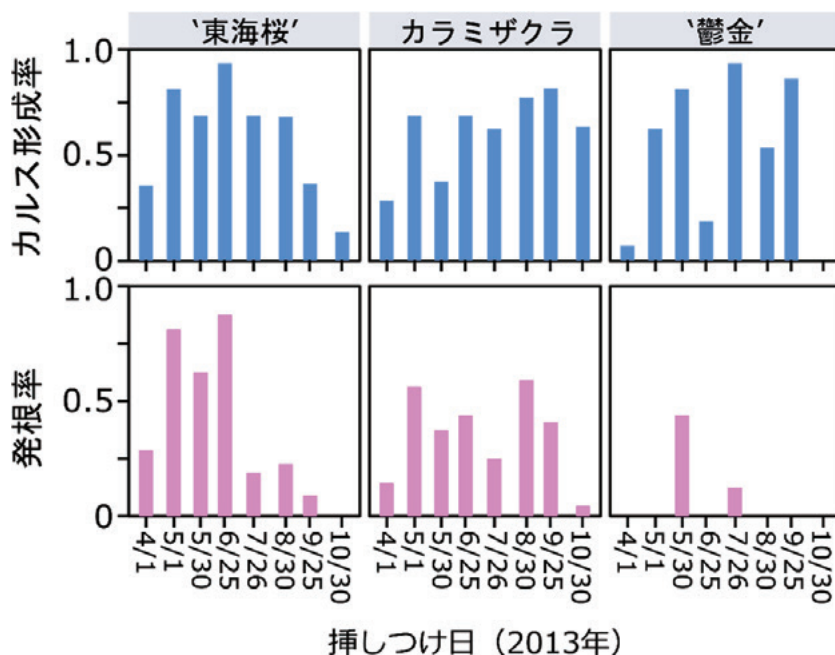


図5 サクラの種類ごとの挿しつけ日に対するカルス形成率と発根率の変化
種類によって挿し木に適切な時期があることがわかりました。

2.3 挿し木の手法の検討

今回の試験では、長さ5～10cmほどの当年枝を挿し穂として用い、葉を1～2枚残し、大きな葉は半分ほどに切りました。挿し木の差し床としては、伝統的な鹿沼土に加え、新しい素材のロックウールも用いましたが、カルス形成率や発根率などに、これらの挿し床の違いはありませんでした。また、発根促進剤としてインドール酪酸液剤(オキシベロン)を用い、4倍液に5秒ほど浸した後に、挿しつけをおこないました。ただし種類によっては、異なる発根促進剤の使い方によって発根率が向上することもあります。

3. 期待される効果と普及の対象

これまでのサクラの栽培品種は接ぎ木によって増殖されていたことで、長期にわたる正確な保存は困難でした。しかし、多くの栽培品種が挿し木によって増殖でき、長期の保存が可能であることが明らかとなりました。実際に長期間生き残っているサクラは、自根をもって多数の幹が株立ちしているものが多いようです(図6)。今後は各都道府県の試験研究機関や、植物園などにおいて、挿し木や組織培養などによる増殖法が普及することで、より正確で長期のサクラの栽培品種の増殖・保存が可能になります。



図6 三重県鈴鹿市の子安観音寺の白子の不断桜
およそ450年前から記録されており、萌芽した幹が
入れ替わりながら、当時の株が現存している。

木材生産のための過密林の間伐のしかた

1. 現状と課題

現在、主伐期を迎えた針葉樹人工林で伐期が延長される傾向にあります。また、間伐が不十分のため過密になり、経済的価値や公益的機能の低下が危惧されている林もあります。しかし、これまでの施業体系は短伐期で適切な管理が行われてきた林分に対応するもので、このような過密林は想定されていませんでした。

岐阜県森林研究所では行政や現場からの要請を受け、過密林(図1)を出発点とし人工林の高齢化、作業の機械化に対応した新しい間伐指針の構築に取り組みました。

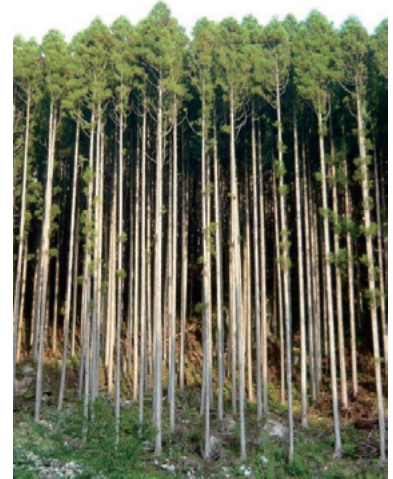


図1 スギ過密人工林

2. 技術開発の内容

2.1 過密林の現状と間伐後の成長

過密なスギ、ヒノキ壮齢林は、①胸高直径が小さいため形状比が高い、②枝下高が高く樹冠長が短い、③林の中に優劣のついた個体が混在していて、細い木から太い木までばらつきが大きいことが特徴です。また、間伐後の直径成長は直径が太く樹冠長の大きな個体で大きい傾向がありました(図2)。つまり、過密林はすべての個体が間伐手遅れの状態ではなく、成長に見合うだけの樹冠サイズがあれば、間伐によって成長できるといえます。ただし、そのためには直径や樹冠サイズの状態から、今後の成長が望める個体を残すような選木が必要です。

2.2 過密林の間伐手法シミュレーション

過密林で列状間伐、下層間伐のいずれかを繰り返した場合の収支を比較すると、列状間伐は、作業効率が高いため短期的には有利ですが、長期的に考えると不利な場合があります。列状間伐では意図的に選木ができないこと、列状間伐の繰り返しでは形質不良個体や損傷個体が除去できず林分の質が向上しないことが原因です。

また、列状間伐は林分構造を急激に変化させるため、間伐後、一時的に林分の気象害耐性が低下した事例がみられました。

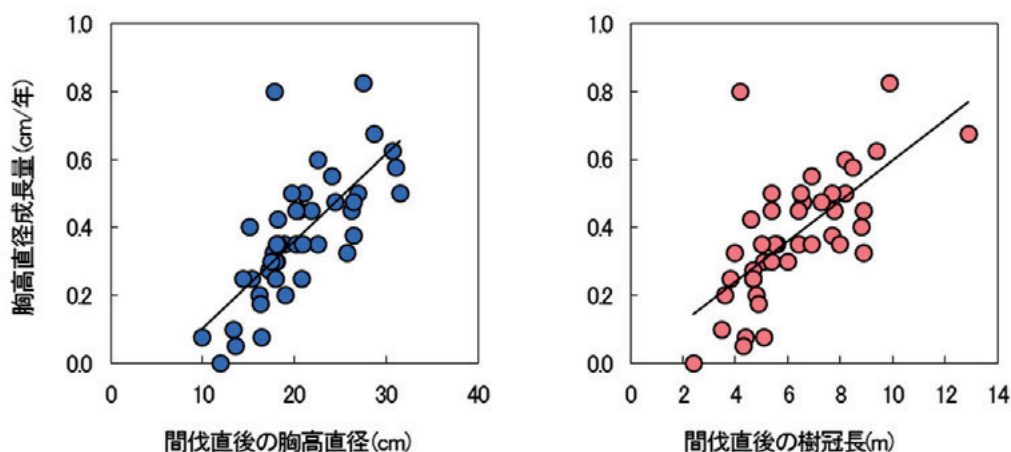


図2 岐阜県の過密なヒノキ林における間伐直後の胸高直径(左)、樹冠長(右)と直径成長量の関係

2.3 過密林間伐指針の策定と間伐支援ツールの作成

本研究により得られた成果から、木材生産のための過密林の間伐指針と、確実に間伐を実施するための間伐支援ツール群(図3)を開発しました。この指針では、過密林を出発点とした目標林型の設定の考え方を示し、以下を過密林における間伐の基本方針としました。また、これらのツールを活用することによって、簡単に①林分の現状分析→②目標設定→③間伐手法の決定ができるようになっています。

- はじめに目標林型を設定し、林地条件や目標林型に合わせて間伐手法を選択すること
- 今後の成長が望める個体を残し、林分の健全化をめざすため下層間伐を基本とすること
- 林分構造が急激に変化するような間伐(強度間伐や列状間伐)をできるだけ避けること
- 列状間伐を採用する場合は、繰り返し行わないこと

3. 期待される効果と普及の対象

針葉樹人工林は現在、高齢化・過密化という新たな局面を迎えており、このような林分の早急な解消が望まれています。この研究成果を現場に適用することで、過密林の適切な管理が可能になります。

この研究で得られた成果を取りまとめて、行政担当者や現場技術者向けの冊子「木材生産のための過密林の間伐のしかた」を作成しました(図4)。現在、この冊子を林業技術者研修などで活用し、研究成果の普及を進めています。また、冊子やツールは岐阜県森林研究所のwebサイト(下記)から入手できるようになっています。

webサイト

<http://www.forest.rd.pref.gifu.jp/>

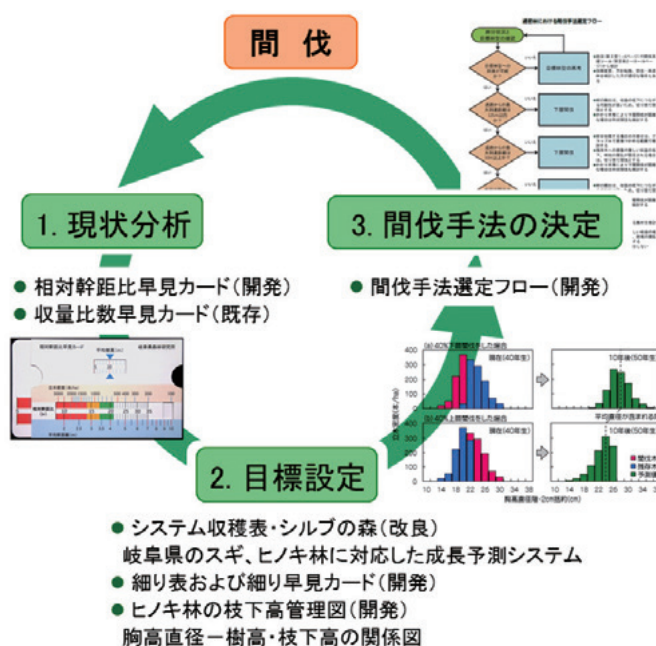


図3 研究成果を活用した間伐支援ツール

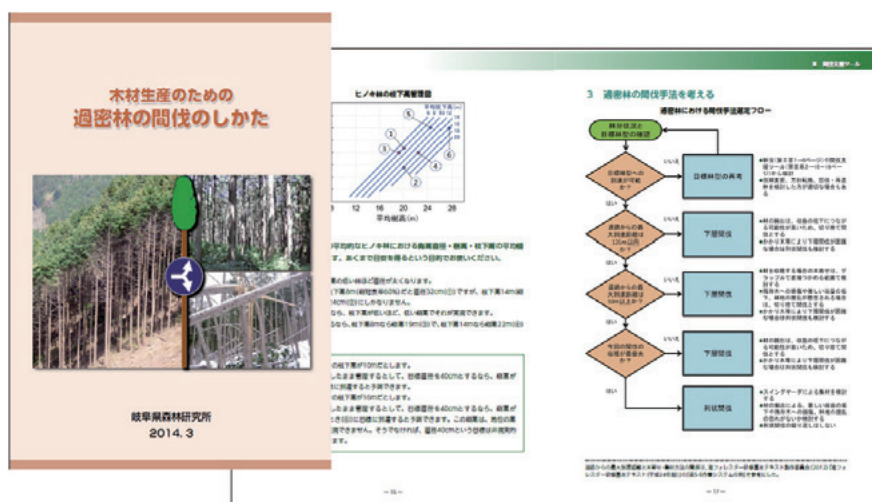


図4 過密林の間伐指針をまとめたマニュアル

木製治山ダムを効率的に修繕する

1. 現状と課題

京都府では、間伐材の利用拡大を目的に平成11年度から木製治山ダムを導入しており、現在の設置数は140基を超えています。まだ補修や更新が必要なダムはありませんが、初期のダムでは部分的な腐朽が見られます。そこで、行政と試験研究機関が連携し、木製治山ダムの耐用年数の延長や、維持管理費の低減のため、効率的な修繕方法を検討しました。



図1 ピロディン: 直径2.5mmの金属棒をバネにより一定のエネルギーで木材に打ち込み、その貫入深を測定する機器。

2. 技術開発の内容

木製治山ダムの修繕は、修繕が必要となった時点を適切に見極め、さらに劣化状況に応じた適切な方法で実施する必要があります。

2.1 修繕が必要な時期の見極める方法

修繕時期を見極めるには、現地調査で部材の強度を推定する必要があるため、ピロディン(図1)やレジストグラフ(図2)で部材を測定し、その結果と曲げ強さの関係を調べました。

調査の結果、ピロディンやレジストグラフの測定値(部材中央の4面で測定した値の平均)と部材強度に負の相関が確認できたため、これらの機器を用いた現地調査で部材強度を推定し、その結果を基に修繕の必要性を判断していくことが可能と考えられました(図3、4)。



図2 レジストグラフ: 先端が三味線のバチ状になった針(幅3.0mm)を、回転させながら木材に穿孔していく際の抵抗値変化を記録する機器。

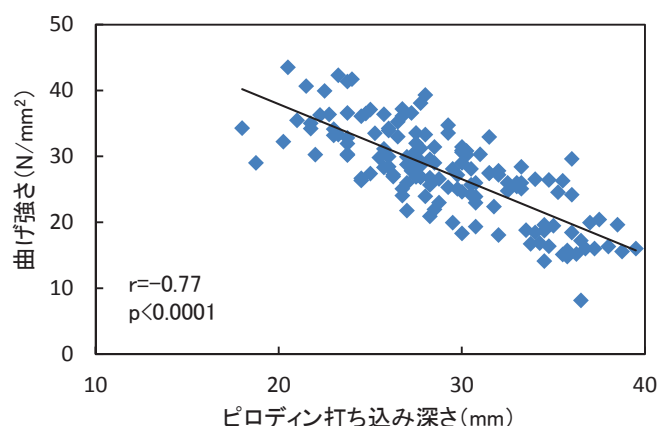


図3 ピロディン打ち込み深さ(中央4面平均)と部材曲げ強さの関係

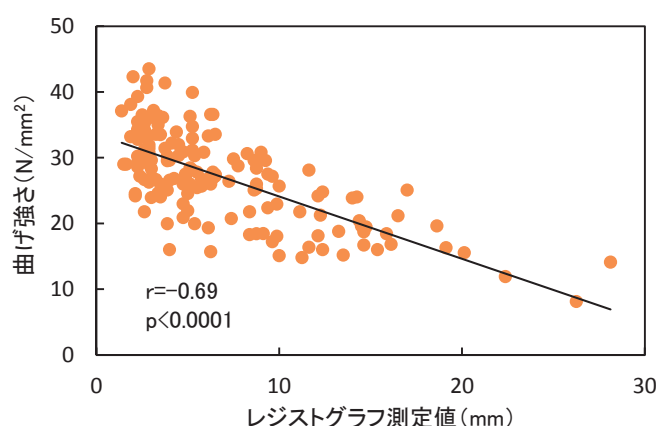


図4 レジストグラフ測定値(中央4面平均)と部材曲げ強さの関係

2.2 劣化状況に応じた修繕方法

現地調査によって得られた木製治山ダムの劣化状況を踏まえて種々の修繕方法を比較検討し、試験施工を通じて経費や施工性を調べました。

その結果は、劣化が認められた木製治山ダムの修繕は部材交換を基本的な方法とし、ダム全体の修繕など部材交換では対応が難しい場面では既設埋設を、さらに、景観への配慮が必要な場合などでは増厚補強を選択することが有効であることを示しました(図5)。また、部位別の部材強度を調査したところ、袖の強度低下が他の部位に比べて進んでいました。そのため、部材交換を計画する場合、部位ごとに修繕サイクルを検討することが、より効率的な修繕につながります。

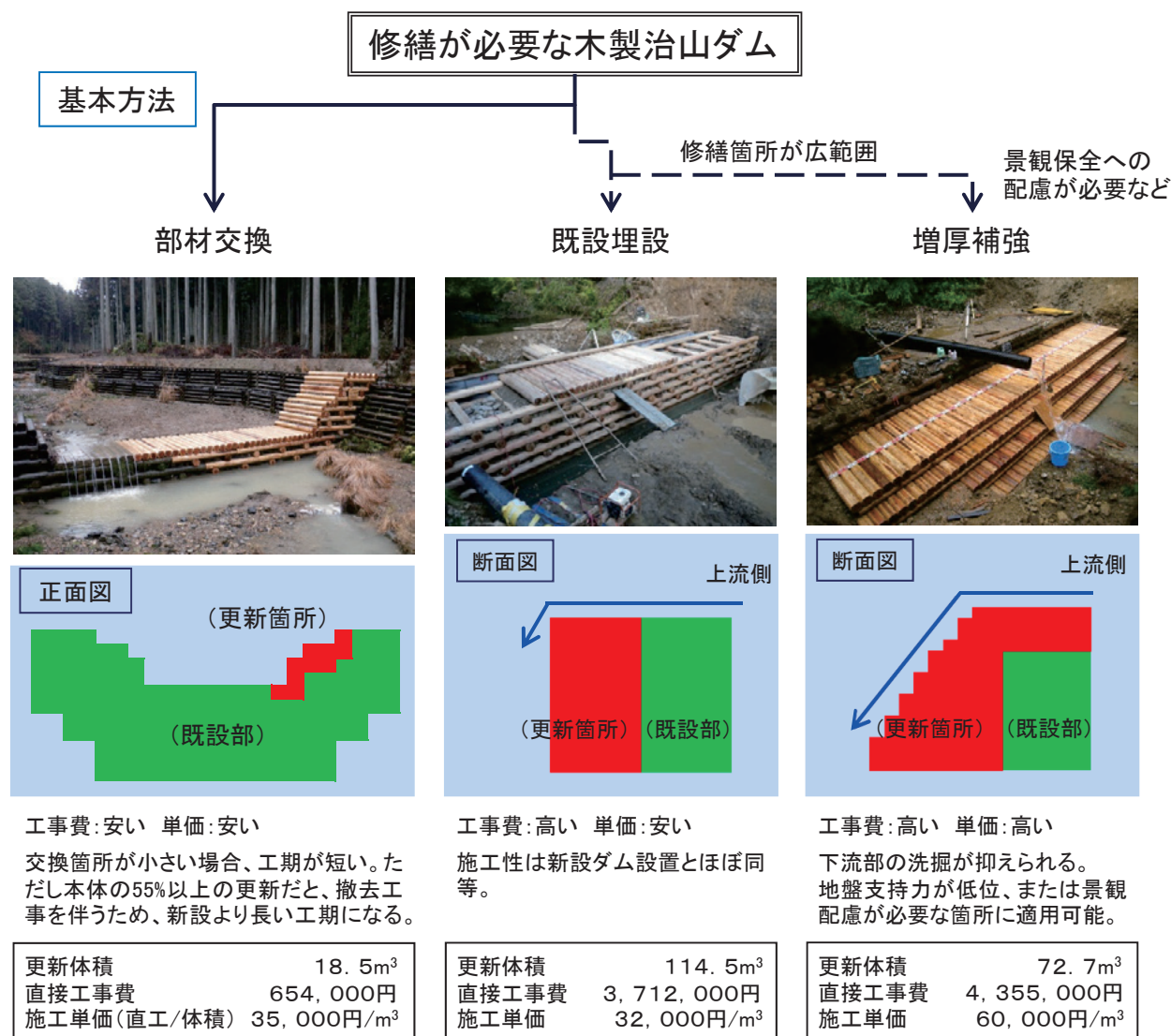


図5 修繕方法の選定フロー及び特徴(口内は試験施工時データ)

3. 期待される効果と普及の対象

木製治山ダムを適期に修繕することで、耐用年数の延長や、維持管理費の低減が可能になります。また、維持管理面での不安が軽減されるため、地方自治体などで木製治山ダムが採用されやすくなり、土木分野における木材利用量の増加も期待できます。

なお、本研究の一部は、京都大学生存圏研究所全国共同利用研究木質材料実験棟及び京都府立大学地域貢献型特別研究(府大ACTR)により実施しています。

宮崎モデルによる大規模建築物の 木造化に関する研究

1. 現状と課題

平成22年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され大規模建築物の木造化等が促進されることとなりましたが、当時の宮崎県では木材の供給は行えるものの、加工・設計・施工などは県外企業等に頼らざるを得ない状況でした。また、大規模木造建築物は、建築基準法による構造上の規定が厳しく定められている他、設計に際してはJAS規格や特殊な断面の木材が必要となること、設計を行う人材が不足していること等の問題により木造化率が低い状況にありました。そこで、これらの問題を解決するため、県内の木材加工技術や人材を考慮し、いくつかの要素技術を組み合わせることにより、大規模木造建築物の建設を県内の人材及び技術で可能とする手法を実践する必要があると考えました。

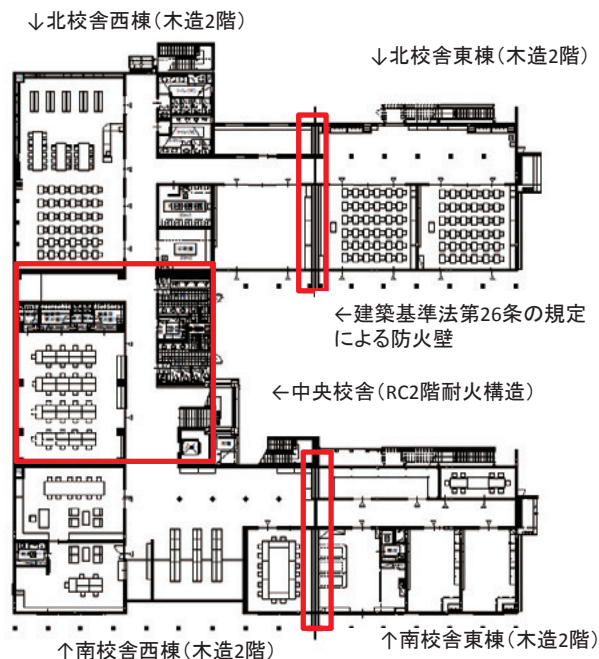


図1 別棟規定を利用したシンプルな校舎
校舎を5分割しそれぞれ避難階段を設け、防火避難的・構造的に独立させることにより、燃え代設計によらないシンプル木造を実現

2. 技術開発の内容

綾中学校建設にあたっては、設計開始直後に異業種による検討会を設置し、当センターが木材と建築の両分野に精通した立場で総合的な調整を行いました。具体的には、着工までに調達可能な木材を利用した集成材の製造スケジュール、その伐採時期、伐採量の調整と建築物に求められる性能（機能・用途・外力等）に対応する断面寸法の検討を一体的に行い、県内企業で製造出来る木材を使用し、最大スパン10mの空間を在来軸組工法で確保することを目標としました。

また、建築基準法上は、準耐火構造以上とする必要がありましたが、燃え代設計等による構造部材の大断面化を避けるために別棟規定を利用し、防火壁を設けそれぞれを別のユニットとし、大規模木造建築物にありがちな複雑な意匠や構造とすることを避け、設計期間の短縮も考慮した構造的にシンプルな計画を提案しました（図1、2）。

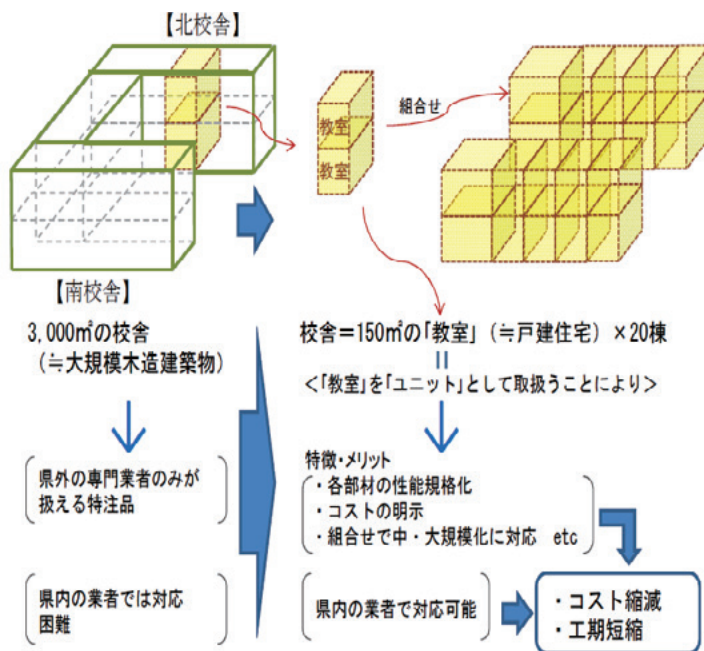


図2 教室をユニット単位で考え木造住宅の技術を活かした構法を採用

このことは、集成材製造を始めとする木材加工や施工を県内の企業で行う事を可能とし、納期や工期の短縮とコストの軽減に寄与しました。

最終的には当センターが県内企業と共同で開発したスギとヒノキを使用した中断面对称異等級構成集成材 (E105-F300) を使用し (図3)、木造2階建て一部RC造延べ床面積約3,200㎡ (木材使用量約480㎥) の学校建築物を竣工させることができました。

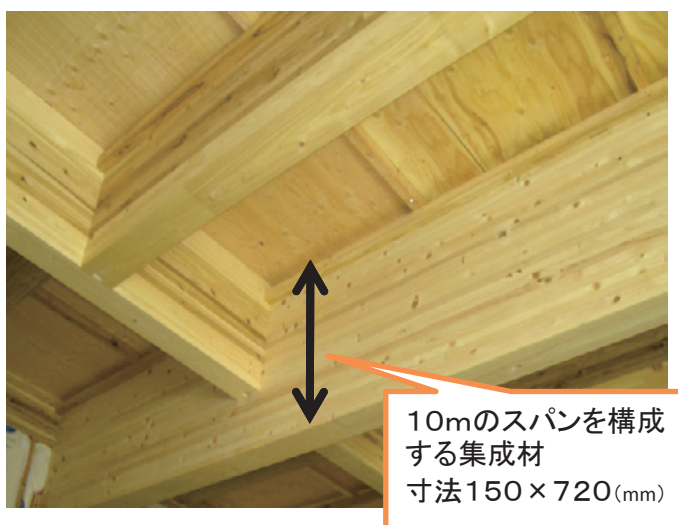


図3 10mのスパンを実現した集成材

3. 期待される効果と普及の対象

木造化にあたっては、発注する各市町村の地域の実情、建築物の用途により解決すべき問題が異なります。また、県内各市町村において木造化をするための方法や情報が不足しています。

当センターは、木材と建築に関し中立的な立場で指導助言が可能な専門機関として、県内各市町村発注工事の木造化の推進に対応すべく、具体的な相談や技術指導・助言を積極的に行っています。

宮崎モデルは、県内企業等の技術や人材を集約し、その技術を活用する大規模木造建築物建設のための異業種連携システムの構築に寄与し、数多くの大規模な木造建築物の設計等で確実に成果をあげています (図4)。



↑綾町立綾中学校 木造2階建一部RC造
延べ床面積約3,200㎡



↑美郷町立北学園 木造平屋建+RC (既存部分)
延べ床面積約1,100㎡ (増築部分のみ)



←小林市新庁舎 行政棟SRC4階建造内外装木質化
議会棟木造3階建 延べ床面積約7,100㎡ (予定)
(小林市HP新庁舎建設基本計画案より)

図4 宮崎モデルによる大規模木造建築の例

開発担当機関: 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への低減に向けた心材含水率の改良

1. 現状と課題

北海道の主要な造林樹種であるトドマツでは、心材部に含水率が高い水食い材がしばしば形成されます。冬季にトドマツを伐採した木口を見ると、心材に占める水食い材の割合（水食い材率）が大きい個体の心材は、水食い材である飴色の部分が多くなっているのに対して、水食い材率が低い個体は、乾いて白い部分が多くなっています（図1）。実際に水食い材率が高いと心材含水率が高くなる傾向があります（図2）。住宅品質確保の促進等に関する法律の施行やプレカットの急速な普及により、現在製材品の人工乾燥が不可欠になってきており、乾燥コストの増大、乾燥ムラの原因になっている水食い材はトドマツ材の大きな課題となっています。水食い材の形成が著しい場合、材としての価値が低下し、パルプチップ用として建築用丸太より低い価格で取引されることになり、森林所有者の再造林意欲を損ねるリスクがあります。このため、水食い材率の低い、すなわち心材含水率の低い品種の開発が望まれています。

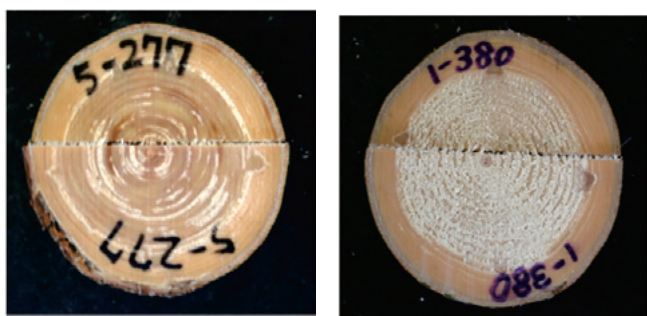


図1 水食い材の程度が異なる円盤
（左：水食い材率が高い）心材の含水率は高い。
（右：水食い材率が低い）心材の含水率は低い。

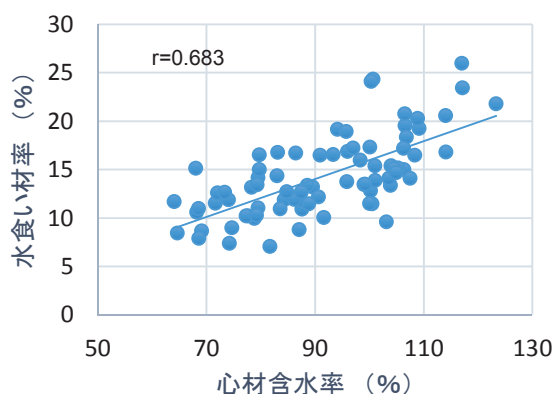


図2 心材含水率と水食い材率の関係
心材含水率が高いほど、心材に占める水食い材率が高くなります。

2. 技術開発の内容

2.1 トドマツにおける横打撃共振法による心材含水率の非破壊的簡易推定法の開発

横打撃共振法は、生立木を破壊することなく、樹幹を水平方向に打撃して得られる樹幹の共振周波数（ f ）と樹幹の直径（ d ）から、心材含水率を簡易に推定する方法です。共振周波数は、立木の胸高部（地上高1.3m）の樹幹をハンマーで水平方向に打撃することによって励起される樹幹の放射方向の共振を、樹幹に押し当てた加速度計とスペクトラムアナライザで測定します。横打撃共振法は、スギで最初に開発された推定手法ですが、図4の通りトドマツでも $1/df$ で心材含水率を精度良く推定できることが分かりました。このように、立木状態で非破壊的にトドマツの心材含水率を簡易に推定する技術を開発することができました。



図3 横打撃共振法で共振周波数を測定している様子

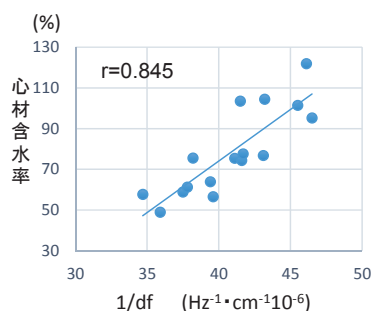


図4 樹幹直径×共振周波数の逆数（ $1/df$ ）と心材含水率の関係。

2.2 心材含水率の遺伝的改良の可能性

北海道の八雲町にある20年生のトドマツ実生家系が植栽された試験地において、80家系620本の地上高1.3m部分から円盤を採取し、心材含水率を測定しました。その結果、心材含水率は家系によって大きく異なりました（最低の家系で64%、最高の家系で136%、平均値は92%）。また、心材含水率の遺伝性を表す遺伝率は0.36でした。成長量を表す樹高や胸高直径の遺伝率が0.2程度ですから、成長より高い遺伝性をもつ形質だと考えられます。心材含水率が低い家系は、家系内での標準偏差が小さく、心材含水率が高い家系は、標準偏差が大きい傾向がありました。すなわち、心材含水率が低い母樹からは、心材含水率の低い種苗が生産でき、それらの心材含水率のバラツキは小さいことが分かりました。今後は心材含水率の低い家系同士の交配により、更に心材含水率の低い品種の開発が期待できます。

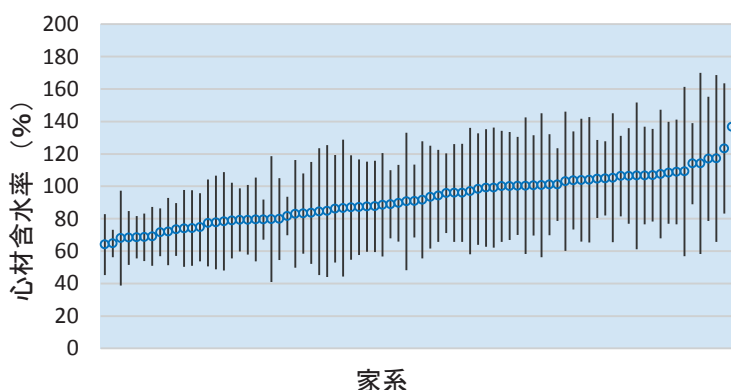


図5 各家系の心材含水率
青点は各家系の心材含水率の平均値、
縦線の上限(下限)は標準偏差を表し
ます。

2.3 材質優良トドマツ品種の開発

北海道の西部地域にある約25年生の精英樹の実生試験地3カ所において86家系1,395本の心材含水率を横打撃共振法で推定し、精英樹ごとの心材含水率を評価しました。更に、精英樹ごとの成長量も評価し、成長が平均以上で、心材含水率が低い精英樹を「材質優良トドマツ品種」として5品種を開発しました。開発品種から生産された種苗を使うことで、どの程度心材含水率が改良されるかを試算してみたところ、従来のトドマツ材の心材含水率と比べて最大12%低下することが分かりました。



図6 材質優良トドマツ品種(左から
芦別102号、大夕張110号、俄虫104、
定山溪101号、白老8号)

3. 期待される効果と普及の対象

開発した材質優良トドマツ品種から生産されたトドマツ材は、心材含水率が低いため、パルプチップ等の利用から付加価値の高い用途への転換が可能となり、人工林材の有効利用と持続的な林業経営に貢献することが期待できます。また、人工乾燥材が主流となる中で、材質優良トドマツ品種から生産される材は、乾燥コストの低減が図れるため、製材工場等の木材産業の振興にも貢献することが期待できます。

「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:<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/shingijutu/index.html>

林業新技術2010

- ・マツノザイセンチュウのDNA情報を利用した簡易なマツ材線虫病診断法の開発
(森林総合研究所東北支所他)
- ・抵抗性クロマツをさし木でふやすー抵抗性の高い苗木を安く提供する苗生産システムー
(森林総合研究所九州育種場他3機関)
- ・里山資源の積極的利用で健康な次世代里山を再生する
(森林総合研究所関西支所)
- ・木製道路施設のメンテナンスー木製道路施設の耐久設計・維持管理指針の策定ー
(森林総合研究所木材改質研究領域他)
- ・地域材を用いた新集成材の開発および評価ー新JAS規格への貢献ー
(森林総合研究所構造利用研究領域他)

林業新技術2011

- ・国産樹種のコンテナ育苗技術
(森林総合研究所林業工学研究領域)
- ・マツノザイセンチュウ抵抗性第二世代品種の開発
(森林総合研究所林木育種センター)
- ・おとり木トラップとハザードマップを組み合わせたナラ枯れ防除システム
(森林総合研究所他9機関)
- ・間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント
(森林総合研究所四国支所他)
- ・高齢者・障害者に配慮した木製福祉用具の開発
(森林総合研究所他1機関)
- ・放射線による被害を予測するー樹木への放射線の影響を解明ー
(森林総合研究所生物工学研究領域)

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))

林業新技術2012

- ・Q&A「森林と水の謎を解く」を公開 (森林総合研究所水土保全研究領域)
- ・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者経営を護ります (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

現場への普及に向けて

編集・発行

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番地

発行日 2015年(平成27年)8月26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。