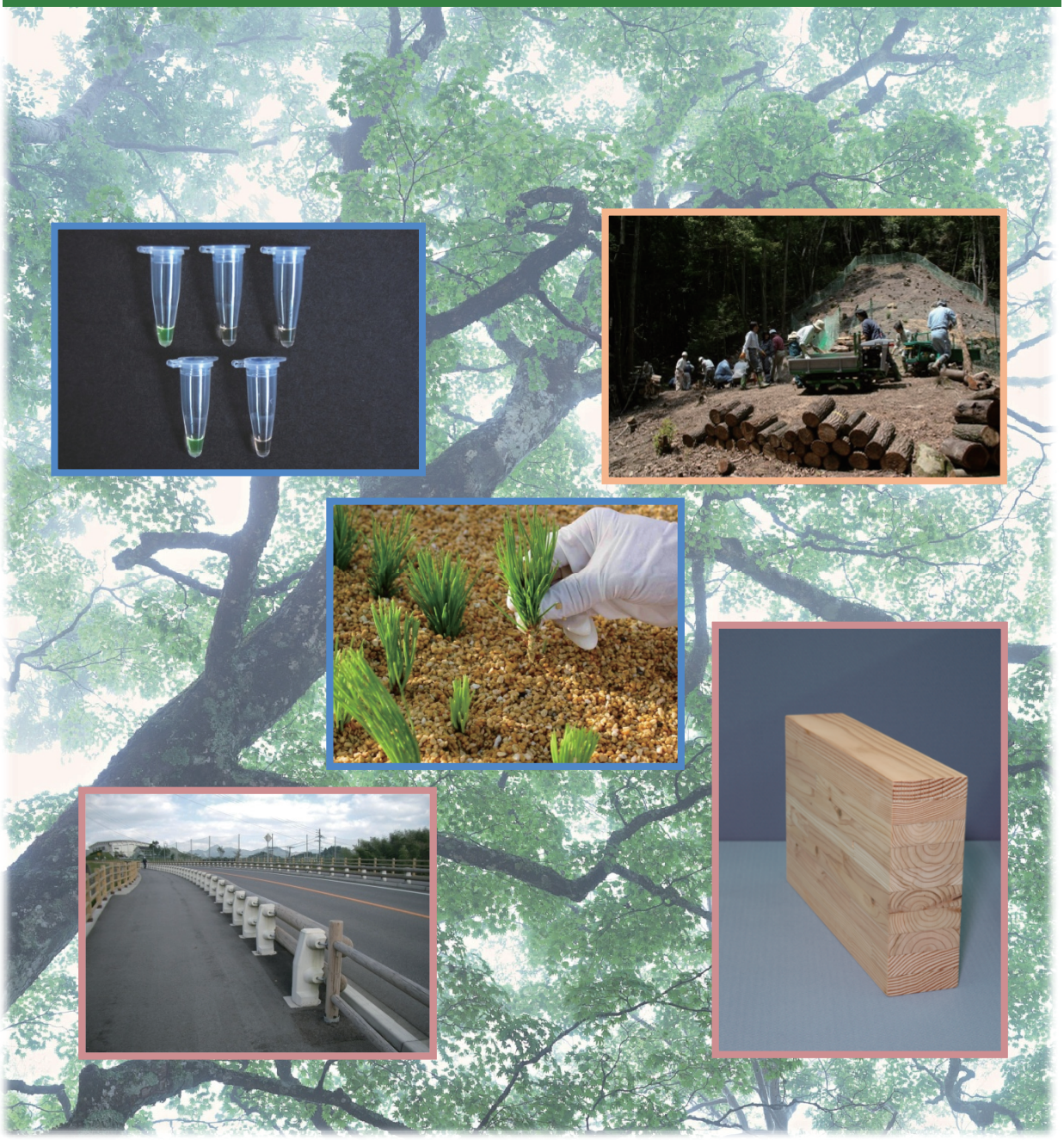
ISBN　978-4-902606-71-3

林業新技術2010

－生産現場への普及に向けて－



独立行政法人森林総合研究所

「林業新技術2010」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、独立行政法人森林総合研究所では、林業技術に関する近年の研究成果のうち、早急に現場への普及を推進するべき重要なものを「林業新技術2010」として選定し、その普及推進を図ることとしました。

今回選定された病虫害対策、木材利用などの5つの技術については、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2010」技術一覧

◎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
技術概要：専門的な知識や技術を必要としない簡単なマツ材線虫病診断法を開発。マツノザイセンチュウのDNA情報を診断技術に応用。
期待効果：各現場単位での診断が可能になり、早期診断・早期対策につながる。

◎抵抗性クロマツをさし木でふやす
－抵抗性の高い苗木を安く提供する苗生産システム－
技術概要：さし木増殖が困難とされてきたクロマツにおいて、さし木苗生産システムを開発。
期待効果：マツノザイセンチュウの接種検定を行わずに、抵抗性の高い苗木だけを安価で効率よく生産できるようになる。

◎里山資源の積極的利用で健康な次世代里山を再生する
技術概要：地域社会で木質資源を循環利用しつつ、里山林を健康に持続させる整備手法を開発。
期待効果：住民による里山の利用再開が進み、健康な里山林が維持される。その結果、生物多様性保全や温暖化防止効果などが期待でき、地域社会の活性化が見込まれる。

◎木製道路施設のメンテナンス
－木製道路施設の耐久設計・維持管理指針の策定－
技術概要：木製ガードレールや遮音壁などの木製道路施設のメンテナンス手法を開発し、維持管理マニュアルとして公表。
期待効果：木材の道路施設としての使用量が増大し、間伐材などの利用拡大が期待される。

◎地域材を用いた新集成材の開発および評価
－新JAS 規格への貢献－
技術概要：強度の低いラミナを用いたスギ集成材及び異樹種集成材に対応した新規等級が新しいJAS規格に追加された。
期待効果：JASの改正によって、地域材を用いた集成材を歩留り高く生産することが可能になった。

問い合わせ先：（独）森林総合研究所 企画部 研究情報科
TEL：029-829-8130 E-mail：kanko@ffpri.affrc.go.jp

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

1. 現状と課題

マツ材線虫病は日本の森林に最も甚大な枯損被害をもたらしている森林病害です(図1)。マツが枯れた時にその原因が本病であるかどうかを診断するためには、枯れたマツから病原体であるマツノザイセンチュウ(図2)を検出する必要があります。これまでの一般的な検出法は、枯死したマツから材片を採取し、その材片を水に浸して材内にいる様々な線虫類を分離した後、顕微鏡下でマツノザイセンチュウの存在を確認するという方法です。しかし、この方法では線虫の形態に関する詳しい知識や、顕微鏡などの特殊機器が不可欠であることから、これまで本病の診断はおもにこれらの人材や機器を備えた専門研究機関に限られてきました。

図1　マツ材線虫病による被害。褐色に変化したマツが被害木。秋田県男鹿市で平成12年(2000年)撮影。

2. 技術開発の内容

そこで私たちは、各現場でも本病の診断が行えるよう、簡易な診断技術を開発しました。枯死したマツの材内に存在するマツノザイセンチュウのDNAを検出することでマツ材線虫病と診断する方法です(DNA診断法)。このDNA診断法は以下の4つの工程で完結します。

図2　マツ材線虫病の病原体マツノザイセンチュウ(体長約1mm)

図3　電動ドリルを使って枯れたマツから材片を採取している様子

2. 1)マツ枯死木からの材片の採取

木工用ドリルを使って枯れたマツから材片を採取します。ドリルの下にビニール袋をあてがい、削り取られた材片がその袋に入るようにします(図3)。材片の入った袋は持ち帰り、すぐに検査に用いるか、あるいは検査する時まで冷蔵庫に保管しておきます。

図4　DNA抽出液の中に材片を入れる

図5　処理を終えたDNA抽出液を2μl取る

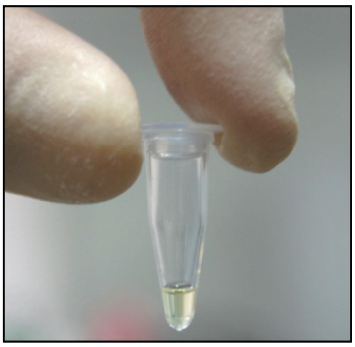


図6　DNA抽出液2μlを検査用反応液に加える

2．2）マツ材片からのDNAの抽出

採取した材片をピンセットを用いてDNA抽出液の入ったチューブに入れます（図4）。材片を入れたチューブを約55℃で20分間保温し、次いで94℃～100℃で10分間保温します。この処理によって、材片の中に存在するマツノザイセンチュウのDNAが抽出液中に溶け出します。

2．3）　マツノザイセンチュウDNAの増幅

抽出処理を終えたDNA抽出液を2μl取り（図5）、検査用反応液の入ったチューブに加えます（図6）。このチューブを約63℃で60分間保温します。この処理によって、マツノザイセンチュウのDNAだけを特異的に増幅させます。

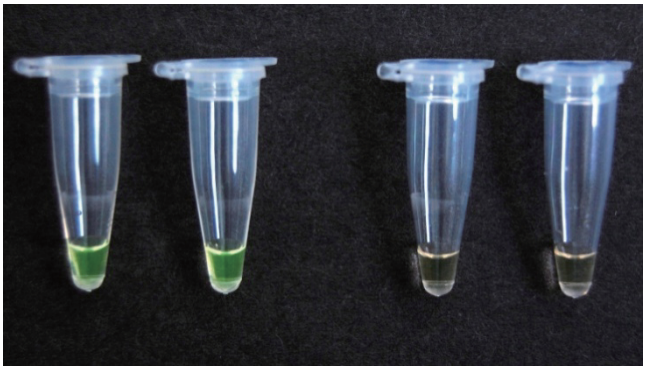


図7　判定する。左側の2つが陽性（緑色）、右側の2つが陰性（無色）。

2．4）　目視による判定

反応液の色でマツ材線虫病の診断を行います。すなわち、液体が緑色の蛍光色を示していれば陽性（マツノザイセンチュウのDNAが存在すること）、反応前と変わらず無色であれば陰性（マツノザイセンチュウのDNAが存在しないこと）を意味します（図7）。

3．期待される効果と普及の対象

このように、本診断法では専門的な知識や技術を必要としないことから、専門研究機関だけでなくより現場に近い組織、たとえば、都道府県の林業関係機関、森林組合、樹木医などでも診断が可能になり、本病の早期発見と早期対策につながると期待されます。この新しい診断法は、（株）ニッポンジーンから“マツ材線虫病診断キット”として販売されています。

詳しくはhttp://nippongene.com/index/hi_iyakuhin/h_index.htmをご覧ください。

開発担当機関：独立行政法人　森林総合研究所
東北支所、森林微生物研究領域

抵抗性クロマツをさし木でふやす
－抵抗性の高い苗木を安く提供する苗生産システム－

1. 現状と課題

マツ材線虫病は、クロマツ・アカマツ林に壊滅的な被害を及ぼしています。現在、被害地を再生するため、「抵抗性マツ」と呼ばれる苗木が植栽されています。これらは、野外から選抜した抵抗性品種で構成する採種園産の種子を育成した実生苗です。

マツは他殖性植物であるため、実生では個々の苗木の抵抗性にばらつきがあります（写真1）。九州地域では、抵抗性の高い苗木を生産するため、苗畑で苗木1本1本にマツノザイセンチュウを接種し、生き残った健全な苗木だけを出荷する方式が採られています。しかし、この方式は育苗費用がかさみ、年によって接種後の健全率が変動するなどの問題がありました。

これらの問題を解決し、抵抗性の高い苗木を安価で生産するため、さし木による増殖技術の開発に取り組みました。

写真１　抵抗性採種園産の実生苗にマツノザイセンチュウを接種した後の様子。個々の苗木の抵抗性にばらつきがあり、抵抗性の低い苗木は枯れてしまう。

2. 技術開発の内容

２．１）若い個体を採穂木として用い、剪定して萌芽枝を誘導する

クロマツは、特にさし木増殖が難しい樹種であることが知られています。高齢個体の枝をさし穂に用いても、ほとんど発根しません（写真2）。しかし、このような樹種であっても、若い個体から採穂すればよく発根することが知られています。そこで、若齢の実生苗を採穂木として仕立て、毎年剪定を繰り返すことによって、萌芽枝を発生させました（写真3）。このことによって、多くの枝を収穫でき、さらに枝を生理的に若く保つことで、発根能力の低下を防ぐことができます。

なお、若い個体であっても、発根しにくい個体も存在します。したがって、抵抗性の高い苗木をさし木増殖によって生産するためには、抵抗性が高いだけでなく、発根性の高い個体を採穂木としてを選ぶ必要があります。

写真２　さし木増殖が難しいクロマツでは高齢個体の枝をさし木してもほとんど発根せず、枯れてしまう。

写真３　剪定した後に生じる新たな枝（萌芽枝）。発根しやすい。

2．2）密閉ざしを行い、梅雨時期に床替えする

写真4　萌芽枝をさし穂として用い、発根促進剤をつけて用土にさしつける。ここでは用土としてバーミキュライトを使用。

仕立てた採穂木から、早春に萌芽枝を採り、さし木を行います。萌芽枝をさし穂として調整したのち、発根促進剤（オキシベロン™）を切口に数秒間浸漬して用土にさしつけます（写真4）。用土はバーミキュライトのほか、細粒の鹿沼土などが適しています。赤土や畑土は不向きです。

さし床は、温度と湿度を高く保つため、簡易なビニールハウス内に設置し、トンネル状に密閉します（写真5）。灌水は1～2週間に一度手撒きをします。ミスト灌水施設は不要です。

九州地域ではさしつけから4～5ヶ月後には発生した根が木化しますので、梅雨時期に移植を行います。早い時期に移植することによって、短い期間で規格苗を育成することが可能です（写真6）。

写真5　さし床をビニールトンネルで密閉する「密閉ざし」。内部の気温・湿度が高く発根性が高まる。ミスト灌水施設が不要であり、安価な資材のみで生産が可能。

写真６　移植時期の異なるさし木苗。両者ともさしつけから２年経過したもの。さしつけ当年の梅雨に移植した苗（左）は、翌年春に移植したもの（右）より成長が格段早い。

3．期待される効果と普及の対象

この技術開発によって、さし木増殖が困難とされてきたクロマツにおいて、さし木苗生産システムが確立されました。高い抵抗性を持つ個体を採穂木として利用すれば、その個体と遺伝的に同じクローンを生産できるため、従来のような出荷前の苗木1本ずつの接種検定が不要になり、抵抗性の高い苗木だけを安価に生産できるようになります。さらに、同じ採穂木のさし木苗を様々な環境で育苗して接種検定を行えば、その採穂木の抵抗性をより正確に評価できるメリットもあります。

この技術開発は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「クロマツの第二世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築」（中核機関：九州大学）の一環として行われました。すでに、この事業に参画した九州各機関（福岡県森林林業技術センター、佐賀県林業試験場、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林業研究部、宮崎県林業技術センター、鹿児島県森林技術総合センター、天草地域森林組合）で抵抗性クロマツのさし木苗生産の準備が進められています。

開発担当機関：独立行政法人森林総合研究所
林木育種センター九州育種場、
福岡県森林林業技術センター、佐賀県林業試験場、
大分県農林水産研究指導センター林業研究部

里山資源の積極的利用で健康な次世代里山を再生する

1. 現状と課題

近年、里山林でナラ枯れ(伝染病、図1)の被害が拡大しています。一方で、住民による里山保全活動が盛んになってきましたが、不適切な伐採方法や伐採木の放置が、ナラ枯れの発生を招くなど、活動が保全に役立っていない場合があります。

行政機関や保全活動者を対象として、里山林を健康に維持するために、より科学的かつ具体的な整備指針が求められています。

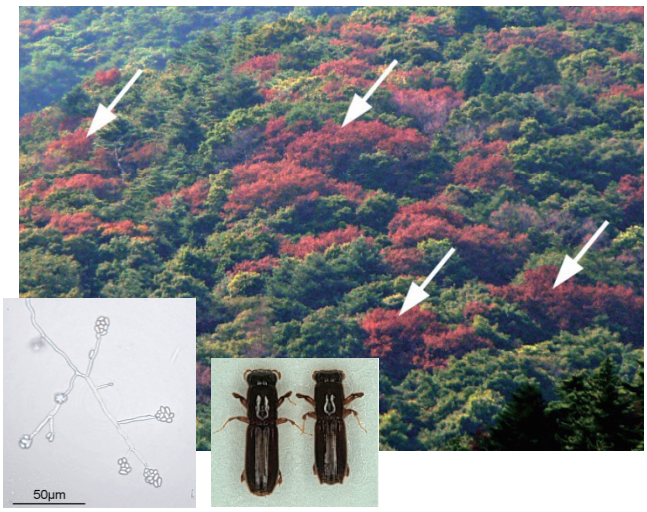


図１　ナラ枯れとその病原菌および媒介甲虫。滋賀県大津市のミズナラの集団枯死の事例。矢印は主な枯死木を示す。平成20年(2008年)8月撮影。

2. 技術開発の内容

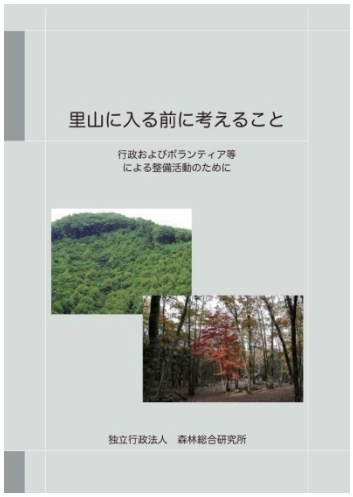


図2　里山施業指針のマニュアル

地方自治体や里山整備に関わる人々を対象として、「里山に入る前に考えること」を発行しました(図2)。里山はなぜ放置してはいけないのか、里山の成り立ちと現状、「現代版里山管理」とは、整備の具体的手法、住民による里山整備や伐採した木質資源の活用方法について、解説しています。下記URLからファイルをダウンロードして、里山整備と再生にご活用下さい。

http://www.fsm.affrc.go.jp/Nenpou/other/satoyama3_201002.pdf

その中から、今問題となっているナラ枯れを防ぐための対策の一部をご紹介します。

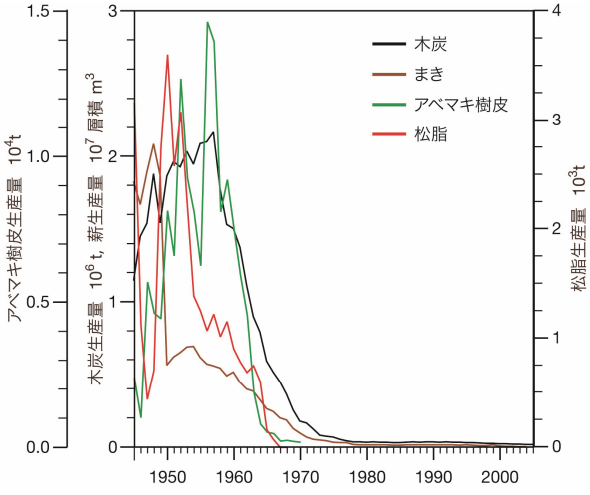


図３　薪炭その他の林産物生産量の変化
出典：農水省などの統計資料

2. 1)ナラ枯れはなぜ増加したのか

ナラ枯れの病原菌を運ぶ甲虫(図1:カシノナガキクイムシ)は、ナラ類やシイ・カシ類樹木が太くなることでより増殖し、多数の樹木に病気を伝染させます。

元来、多くの里山は10～30年程度の周期で伐採して切株からの萌芽で更新させ、薪炭材に利用してきましたが、1950年代からの燃料革命以降ほとんど利用されなくなりました(図3)。その結果、放置された里山林で大径木が増えており、1990年代以降のナラ枯れ増加につながったと推定されています。

里山林は数百年もの間、薪炭生産などに使われてきた林です。里山林を今後も健康に維持するには、人の手による管理が必要です。

2．2)ナラ枯れをなくし里山の健康を維持するには

近年の里山整備では、高木を抜き切りして本数を減らし、下生えを刈る公園型整備が主流です。しかし、これでは太いナラ類を残すことになり、ナラ枯れの危険性が高くなります。

さらに、ナラ枯れが発生した林では、次世代の樹木は低木～亜高木種が多くなり、高木種は育ちにくいことがわかってきました(図4)。また、コナラは樹齢が高くなると萌芽能力が落ち、次世代が育ちにくくなります(図5)。ナラ枯れが起こる前に伐採して資源として利用し、一度若い林に戻すことが、里山の健康の回復につながります。

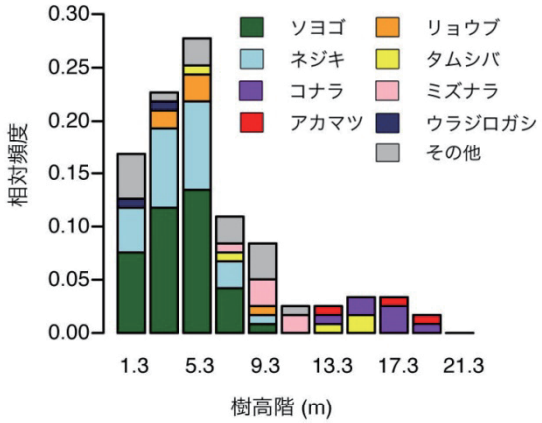


図４　ナラ枯れ林分に見られる樹種。滋賀県高島市朽木。

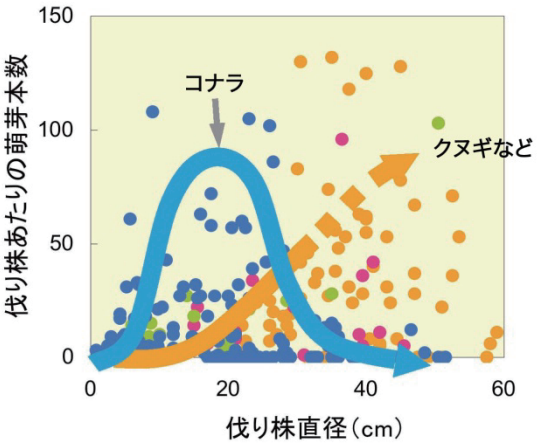


図５　伐り株の直径と萌芽能力

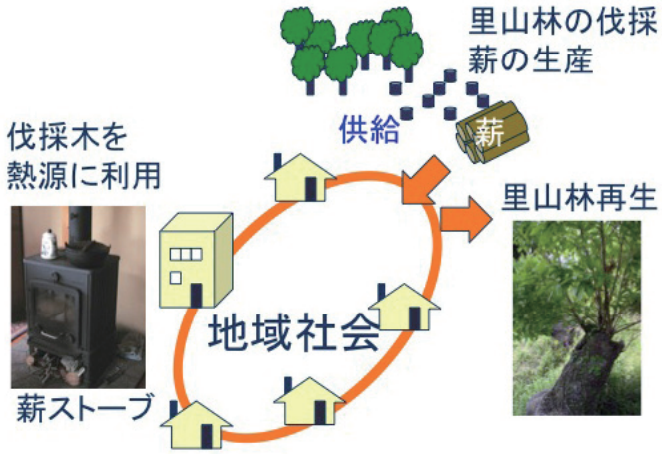


図６　小面積皆伐と資源利用による里山林再生

●コナラ　●ナラガシワ　●クヌギ　●アベマキ

2．3)住民の手で里山整備を続けるには

日本の森林面積の約3割を占める里山林を、公的資金だけでで整備するのは容易ではありません。里山林の整備を広げるには、行政および所有者を含む地域コミュニティで森林再生を図っていくという、社会システムを作る必要があります。住民の手で里山管理を続けるには、森林資源を利用する動機づけになるような、新しい価値観の創造が必要です。伐採木を薪・ペレットストーブなどに利用し、「炎のある暮らし」を新しいライフスタイルとして楽しみつつ、里山資源の循環利用の活動に参加するなどの取り組みを提案します(図6)。

3．期待される効果と普及の対象

「現代版里山管理システム」が各地で適用され、再び里山が利用されるようになれば、健康な里山林が再生されます。そのことにより、里山林の水土保全、保健休養、生物多様性保全などの機能が保たれるとともに、化石燃料の代替としての木質資源の利用で、温暖化防止効果が期待できます。さらには、里山整備の協働作業により、地域社会の活性化が見込まれます。

開発担当機関：独立行政法人　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

1. 現状と課題

平成10年(1998年)に防護柵設置基準が改正され、それまで不可能であった木製防護柵の設置が可能となりました。また、木製遮音壁についても、高速道路や幹線道路などで試行的に設置され、受け入れ態勢が進んでいます(図1)。このような木製道路施設は、安全性や遮音性はもとより、景観にマッチしたアメニティ効果や環境負荷低減といった新しい特徴を持つことから、国産材の需要拡大や間伐材利用対策などにおいて今後非常に大きな需要が期待されています。

しかしながら、わが国の木製道路施設は使用の歴史が浅く、また木材の弱点であるシロアリや腐朽菌による生物劣化、美観保持が問題となっているため、これら木製道路施設の維持管理基準の策定が強く求められています。

図１　設置された木製防護柵(左) と木製遮音(右)

2. 技術開発の内容

2. 1)維持管理の考え方

木製道路施設の維持管理には、日常点検、定期点検、臨時点検などがあり、異常がみられた場合に劣化診断を行います(図2)。

通常点検は少なくとも年に1回春季に行います。定期点検は設置後3年および6年後に行い、その後は2年に1回行います。臨時点検は、台風･強雨の後など必要に応じて行うものです。

点検で異常の兆候が見られた場合は、劣化診断を行います。劣化診断には一次診断と二次診断があります。一次診断は目視診断を基本とします。二次診断は、目視診断だけでは不十分と考えられる場合、補修あるいは交換の判定が困難な場合など、必要に応じて行うものです。

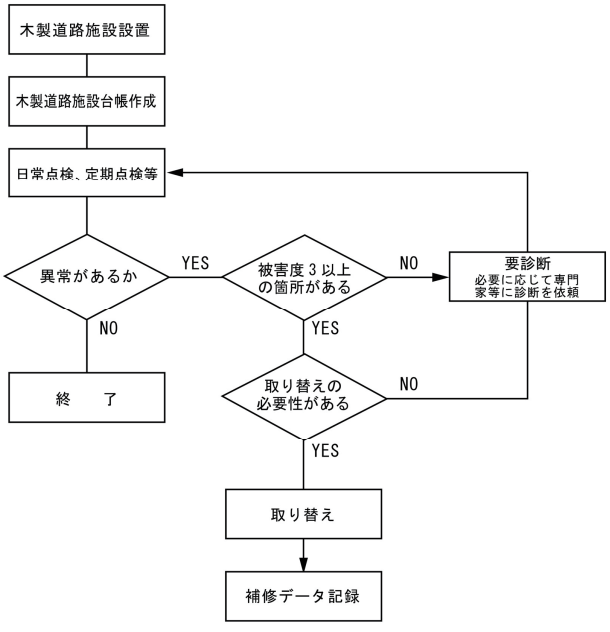


図２　木製道路施設の維持管理フロー

2．2）一次診断技術

一次診断は、表1に示す診断項目（外観、子実体有無、虫害有無）について目視診断を行います。木製防護柵を例にとると、目視による劣化被害度は、図3の写真を参考に診断します。実車衝突試験による残存強度を測定した結果、10年使用した木材防護柵において、被害度2以下であれば防護柵としての必要強度を保持していることを確認しました。

2．3）二次診断技術

木製道路施設の二次診断として、部位にピンを打ち込んでその貫入深さを測定し劣化部位の検出、部材耐力の推定を行う方法、超音波伝播時間を測定して、劣化部位の範囲の判定、部材耐力、割れの程度などの推定を行う方法、ヤング係数を測定して部材耐力の推定を行う方法などがあります。

2．4）耐久性確保と耐候性の向上

木製道路施設の耐久性を確保するには適切な薬剤注入処理が不可欠です。注入性は木材の含水率に影響するため、注入前に木材を乾燥することが重要です（図4）。また、美観保護には塗装が重要であり、銅系薬剤注入材に木材保護塗料を塗装することで、塗装の耐候性が大幅に向上することが明らかになりました。

遮音壁では、上部に笠木を設置することにより、劣化を大幅に抑制できることが分かりました。

表1　木製防護柵の目視診断例

被害度	診断項目		
	目　視		
	外　観	子実体	虫害
0	無し	無し	無し
1	外周の1%以下の範囲で表面の浮き上がりが見られる	有り	有り
2	外周の5%以下の範囲で表面の浮き上がりが見られる		
3	外周の5%以下の範囲でくずれが見られる		
4	外周の25%以下の範囲でくずれが見られる		
5	外周の25%以上の範囲でくずれが見られる		

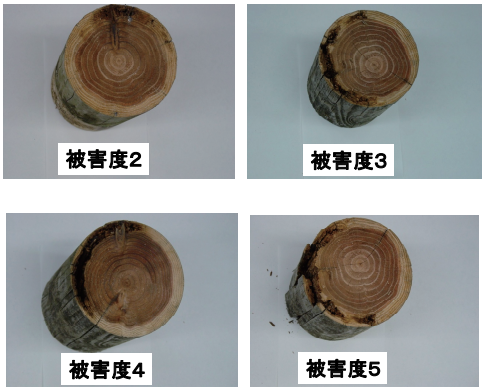


図3　木製防護柵の被害度判定例

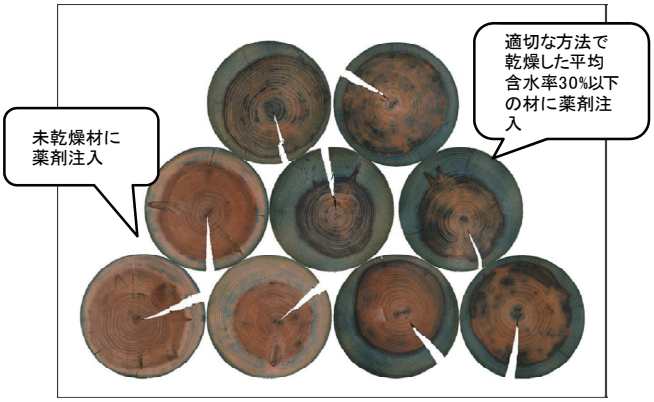


図４　丸太の乾燥状態と薬剤注入の関係。未乾燥の丸太には薬剤がほとんど注入されていない（左の3本）。乾燥した丸太では、腐りやすい辺材部が濃緑色となっており、薬剤が十分に注入されている（右の６本）。

3．期待される効果と普及の対象

既存の道路施設管理指針などの調査結果を踏まえて、新しい「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針」を策定しました。これによって、木製道路施設の耐久設計と維持管理に対する信頼性が得られ、簡易な日常点検により維持管理が適切に行えることから、これから木製道路施設の開発・設置を検討している地方自治体などに例示として提供し、木製道路施設の使用が一層促進されることが期待されます。

なお、この指針は、独立行政法人森林総合研究所第2期中期計画成果集10「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策（案）」（http://www.ffpri.affrc.go.jp/）からご覧頂けます。

開発担当機関：独立行政法人　森林総合研究所
木材改質研究領域、構造利用研究領域、複合材料研究領域、木材特性研究領域

地域材を用いた新集成材の開発および評価

―新JAS 規格への貢献―

1. 現状と課題

近年、一般住宅の柱や梁の部材として構造用集成材が多用されるようになってきました。そこで、地域材を用いた構造用集成材を製造しようとする動きがありますが、いくつかの障害がありました。その一つが、従来の「構造用集成材の日本農林規格（以下、JAS）」では、強度の低い部材（ヤング係数5kN/mm^{2}未満の低強度ラミナ※）を使用することができなかったことです。図1のとおり、地域によってはJAS基準に満たない強度の低いスギ材のラミナが20%程度も存在するため、歩留りが低くなり、採算にあいません。

そこで、これらの強度の低いラミナを集成材に使用するための研究に取り組み、新しいJAS規格の制定に貢献しました。

※集成材の一つの層を構成する板

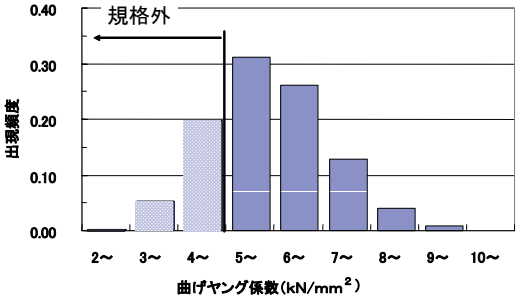


図１　旧JAS規格に不適合のスギ材ラミナの割合

2. 技術開発の内容

２．１）低ヤング係数ラミナの評価

集成材はラミナを積層接着した材料（写真１）であるため、その強さはラミナの品質や配置の仕方によって決まります。そこで、まず新しいラミナの等級をJASに盛り込んでいくために、そのようなラミナ等級の強度を明確にすることを検討しました。

従来のJASにはない低ヤング係数ラミナを含めたスギの曲げ試験および縦引張り試験を行いました。その結果、図2、図3に示したように、L50（5kN/mm^{2}以上）以上の等級と同様の方法で、L30（3kN/mm^{2}以上）、L40（4kN/mm^{2}以上）のラミナ等級の強度基準値を設定できることが明らかになりました。

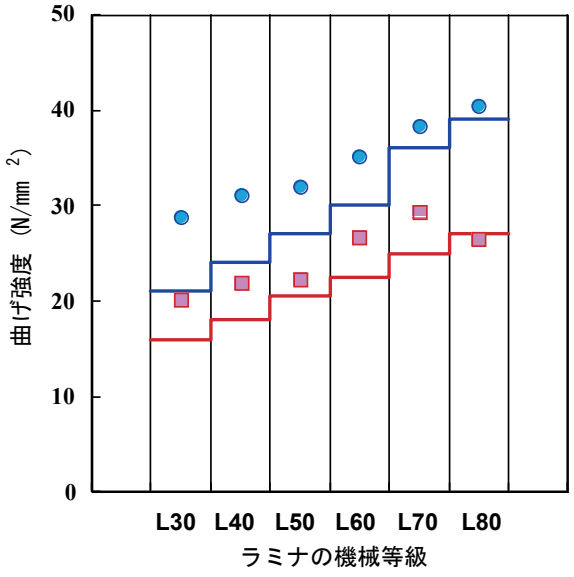


図２　各ラミナ等級の曲げ試験結果およびJAS基準値

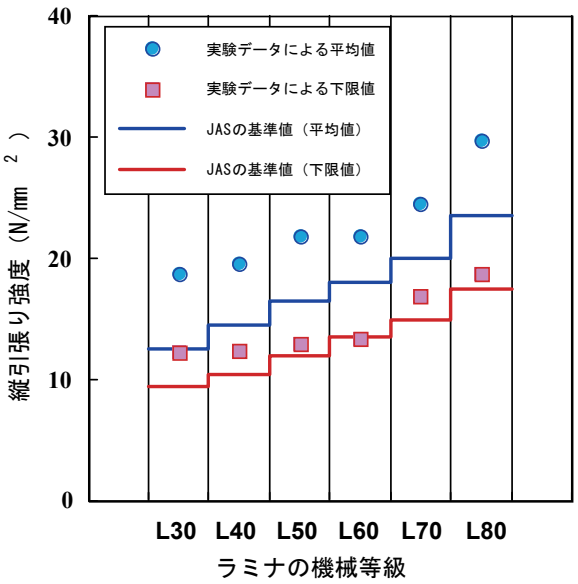


図３　各ラミナ等級の縦引張り試験結果およびJAS基準値

2．2） 異樹種集成材の開発および評価

次に、従来のJASとはラミナ配置の仕方が異なる集成材の強度を明確にすることを検討しました。

L30、L40のラミナを内層に配置したスギ集成材、およびスギ、カラマツなどを内層にし、強度が高い樹種を外層に配置した異樹種集成材（写真1）の曲げ・縦圧縮・縦引張り試験を行いました。その結果、それぞれの集成材の強度は、理論的に設定した強度の目標値を上回り、目標値を基準強度として設定できることが分かりました。

そこで、L30、L40のラミナを利用することと、新しいラミナ配置の集成材を新規等級（図4）としてJASに追加することを集成材JAS改訂委員会に提案しました。これらの提案は受け入れられ、新しい「集成材の日本農林規格」として追加されるとともに、これらの新規等級に対して構造設計に必要な基準強度が国土交通省より与えられました。

写真１　異樹種集成材の例
（外層：ベイマツ、内層：スギ）

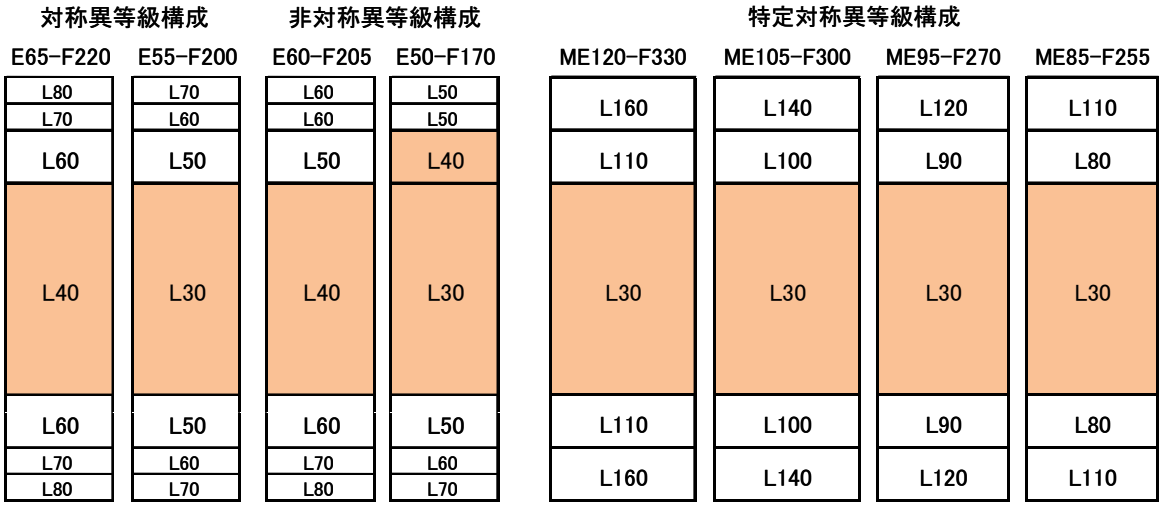


図４　新しい集成材JASに追加されたL30、L40のラミナを配置した新規等級

3．期待される効果と普及の対象

「集成材の日本農林規格」の追加によって、強度の低い（ヤング係数の低い）ラミナを内層に配置したスギ集成材、およびスギ、カラマツなどを内層にし、強度が高い樹種を外層に配置した異樹種集成材をJAS製品として製造することが可能になりました。したがって、地域材を用いた集成材を歩留り高く生産し、住宅メーカーなどによって構造安全性の高い木造住宅を供給することができます。

この技術の詳細については、独立行政法人森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集23「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」（http://www.ffpri.affrc.go.jp/）をご参照下さい。

開発担当機関：独立行政法人　森林総合研究所
構造利用研究領域　複合材料研究領域

森林総合研究所では産学官連携を推進しています。

お問い合わせ窓口は以下の通り。

分析・鑑定

- 木材の樹種鑑定や強度試験、材質試験、木質材料の品質試験などを行います。
- 研究管理科連絡係（Tel:029-829-8125）へ

技術指導・講演など

- 技術指導や講演、研修、委員会などのため研究者を派遣します。
- 研究管理科連絡係（Tel:029-829-8125）へ

受託研修生受入

- 研修生を受入れ、研究所の施設を利用して、関連する試験研究の指導を行います。
- 研究企画科研修係（Tel:029-829-8116）へ

工業所有権（特許）

- HPに特許一覧を掲載しています。
- 研究協力科知財管理専門職（Tel:029-829-8140, chizai@ffpri.affrc.go.jp）へ

図書館利用・文献複写

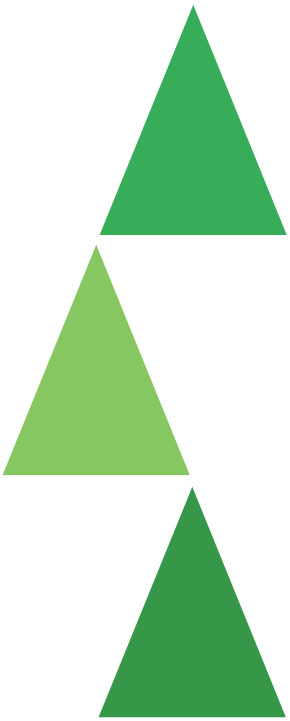
- 資料課（Tel:029-829-8146）へ

取材・見学・プレスリリース

- 研究情報科広報係（Tel:029-829-8134, kouho@ffpri.affrc.go.jp, ）へ

その他　お問い合わせ一般

- 研究情報科相談窓口（Tel:029-829-8377, QandA@ffpri.affrc.go.jp）へ



林業新技術2010

生産現場への普及に向けて

編集・発行
独立行政法人 森林総合研究所
〒 305-8687　茨城県つくば市松の里1番地
TEL 029-829-8134

リサイクル適正の表示：　印刷用の紙へリサイクル可

平成22年7月作成