

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

重点課題アウb

消費動向に対応したスギ材等林産物の高度利用技術の開発



独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

第2期中期計画成果集 アウ b

目 次

実使用されている構造用集成材の接着耐久性の検証	2
築 25 年以上経過した建物に使われている集成材を調査して、その接着耐久性に関する信頼性を確認した。	
幅はぎ・台形ラミナを用いて新構造用集成材を開発	4
幅はぎ・台形ラミナを用いて日本農林規格の強度基準を満たす構造用集成材を製造できることを明らかにした。	
地域産材を活用した新しい耐力壁の開発	6
岩手県林業技術センター及び（有）西建築設計と共同で、スギ製材を用いた落とし込み板壁耐力壁を開発した。	
木製ガードレール・遮音壁の寿命を延ばす ー木製道路施設の耐久設計・維持管理指針（案）の策定ー	8
木製ガードレール等の木製道路施設の劣化診断技術、メンテナンス技術による維持管理指針を策定した。	
竹を活かして安全・快適	10
地域の竹資源を活用して高性能・高信頼性建材である複合建築ボードの製造技術を開発した。	
木質系廃棄物を用いた軽量の屋上緑化法の開発	12
木質系廃棄物を原料として軽量の保水資材を開発した。これを使用することにより軽量の緑化法を実現した。	
スギで実現、火事に強い耐火集成材の開発	14
スギ集成材の柱や梁で 1 時間耐火構造を実現。さらに 2 時間耐火構造も開発可能であることを実験的に示した。	
中大径一般材を上手に製材する	16
中大径一般材の木取りや製材歩止りを明らかにし、原木選別を導入した効率的な製材システムを開発した。	
高効率で環境にやさしい木材乾燥機を開発する	18
CO ² 冷媒を利用したヒートポンプ方式の乾燥機を開発し、その省エネルギー性や高熱効率性等を明らかにした。	
サイズの異なる製材品をまとめて乾燥できるか	20
一つの乾燥機の中で、サイズや含水率の異なる木材を、同時にかつ短時間で乾燥できる技術の開発を目指した。	
きのこの病害菌とウイルスの検出方法の開発	22
きのこ栽培の害菌簡易検索システムを開発し、栽培きのこのウイルスの特性を明らかにし、検出法を確立した。	
マツタケ近縁種の類縁関係と菌根形成能	24
マツタケ近縁種は、ITS 領域の解析で識別できた。コナラ無菌苗に接種後約 1 ヶ月で菌根形成が認められた。	
特用林産物の高付加価値化技術の開発	26
きのこの付加価値を高める機能性成分等を強化した菌株の作出、並びに、生産技術を開発した。	
関東・中部の中山間地域を活性かする特用林産物の生産技術の開発	28
林床等野外を活用し、多品目のきのこ・山菜等を組み合わせ長期に渡り安定に生産する技術を開発した。	

実使用されている構造用集成材接着層の健全度調査

複合材料研究領域
関東学院大学
ティー・イー・コンサルティング

新藤健太、宮武 敦、井上明生、平松 靖
中島正夫
宮林正幸

木材を接着して製造する集成材の需要拡大を図るには、信頼性の高い接着技術の開発とともに、その長期信頼性を検証する必要があります。

そこで、実際に国内で今も使われている、築年数 25 ～ 51 年の建物 13 棟に用いられている集成材の接着耐久性を実地調査し、健全性を評価しました。調査結果の評価に際しては、割れまたははく離の長さ、深さ、頻度の 3 つの要素に着目した判定基準を策定しました。その結果、建物の中にある集成材では、少なくとも 50 年くらいの期間であれば、建物の廃棄や取り壊しの要因となるような、重大な接着性能の低下はおこらないということが明らかになり、長期間の実使用下における集成材の接着耐久性への信頼性が裏付けられました。

(1) 調査の目的

構造用の集成材は、我が国で実用化されてから 50 数年という、比較的新しい材料です。集成材とはラミナと呼ばれる板材を積層・接着して製造され、その方法や接着剤の種類については日本農林規格（JAS）で規定されています。JAS で規定された接着剤あるいは接着層の耐久性は、極めて高いことが理論上は確立されており、促進劣化試験等でも検証されていますが、実際に長期間使用した集成材の接着耐久性について実態調査を行ったデータは、これまでありませんでした。

私たちは、日本国内に現存する築後 25 ～ 51 年経過し、かつ今でも実際に使われている建物 13 棟の集成材における接着層の健全度を調べました。また、その結果を判定するための判定基準を策定し、接着耐久性を評価することで、日本農林規格の有効性を検証しました。

(2) 調査建物の選定と分布

調査した建物の位置を図 1 に示します。これまで集成材製造に使用されてきた接着剤には、日本農林規格ができた 1966(昭和 41) 年以降使用されるようになったレゾルシノール系樹脂接着剤^{*1}（以下、レゾルシノールと略す）と、それ以前に使用されていたユリア樹脂接着剤^{*2}（以下、ユリアと略す）があることから、2 種類の接着剤がなるべく片寄らないように選びました。

(3) 判定の方法

接着層に割れ、またははく離があった場合、長さ、深さ、頻度の 3 つの要素について、シクネスゲージと呼ばれる器具などを用いて測定しました。そして、表 1 に示す判定基準にしたがって、劣化等級を求めました。前述の 3 要素のうち、最も高く（厳しく）判定された等級を、その部材の劣化等級としています。なお既往の研究から、表 1 の劣化等級が IV 以上になると、強さに影響が出るといわれています。

(4) 調査の結果

図 2 および写真 1 に示す建物は、宮崎県に現存する事務所で、築 25 年、接着剤にはレゾルシノールが使われています。表 1 の基準にしたがって柱の接着層の劣化等級を調べたところ、ほとんどが 0, I, II で、接着層は劣化していないことがわかりました。

また、耐水性の低いユリアを用いた集成材であっても、少なくとも 50 年くらいの期間であれば、建物の廃棄や取り壊しの要因となるような性能の低下はおこらないということが明らかになりました。これらの調査結果から、少なくとも現行の日本農林規格に適合した接着剤や製造方法に拠っていれば、集成材の接着耐久性は十分高いことが解りました。

成果の利活用

集成材の接着耐久性への疑問に対する回答をなす、科学的な実証データとして利用されます。また、集成材接着層の健全度評価のための調査方法や判定基準は、建物の詳細な耐震診断などにおいて、部材強さの推定や補修等の目安に利用されることで、建物の安全性を高める技術にも活用されます。

詳しくは以下の文献をご覧ください

1) 新藤健太、宮武敦：日本および米国に現存する建物の集成材調査、住宅と木材 386 号, pp.19-28 (2010.2)

専門用語解説

^{*1} レゾルシノール樹脂やフェノール樹脂を主成分にした接着剤で、耐水性、耐熱性、耐久性に優れます。

^{*2} 尿素を主成分とした接着剤で、耐水性が低いため現在の日本農林規格（JAS）では構造用途への使用が認められていません。

表1 集成材接着層の劣化等級判定基準

集成材の劣化等級	長さ	深さ	頻度
0	なし	なし	なし
I	全長の5%以下 または10cm以下*	材幅の5%以下 または5mm以下*	接着層数の10% 以下
II	全長の10%以下 または30cm以下*	材幅の10%以下ま たは20mm以下*	接着層数の25% 以下
III	全長の25%以下ま たは100cm以下*	材幅の25%以下	接着層数の50% 以下
IV	全長の50%以下	材幅の25%を 超え、貫通なし	接着層数の75% 以下
V	全長の50%を 超える	貫通	接着層数の75% を超える

* 長さ・深さとも2基準ある場合は、2つの基準によって判定した上、いずれか小さい等級を採用するものとする



図1 調査対象建物の分布

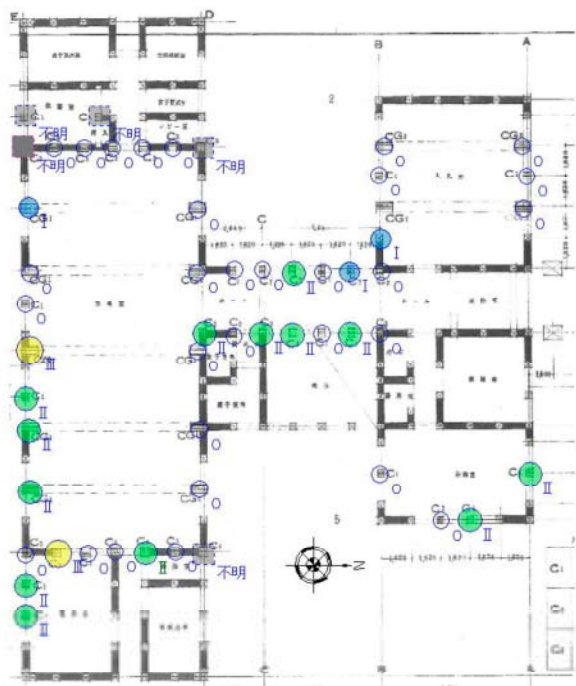


写真1 外観(上)および内観(下)

図2 集成材柱の劣化等級判定結果(宮崎県)

幅はぎ・台形ラミナを用いて新構造用集成材を開発

複合材料研究領域 積層接着研究室
 集成加工担当チーム長
 加工技術研究領域 木材機械加工研究室
 構造利用研究領域 材料接合研究室
 接合性能評価担当チーム長
 木質構造居住環境研究室
 フェロー
 岡山県農林水産総合センター森林研究所

平松 靖、新藤健太
 宮武 敦
 藤本清彦
 長尾博文、原田真樹、加藤英雄、井道裕史
 軽部正彦
 宇京齊一郎
 神谷文夫
 野上英孝、金田利之

直径の小さい丸太から集成材用のひき板（ラミナ）を無駄なくつくる技術に、幅はぎや台形材加工があります。幅はぎは木材を幅方向に接着することです。台形材加工は丸太から断面が台形の材を切り出すことです。幅の小さい角材や台形材を幅はぎすることで、必要な幅の“幅はぎラミナ”、“台形ラミナ”を製造できます。しかし、集成材の日本農林規格（JAS）ではこれらのラミナの強度保証について示されていないため、これらのラミナを用いた構造用集成材は普及していません。本研究では、幅はぎラミナや台形ラミナを用いた集成材の強度性能が、JAS 基準を満たすことを明らかにしました。この研究成果が JAS に反映されることで、直径の小さい丸太から無駄なくラミナを製造できるようになり、木材の有効利用に貢献できると考えられます。

小さな丸太を無駄なく使う

国産材の需要拡大、有効利用をはかることは森林資源の豊富な日本にとって重要な課題です。間伐材等の直径の小さい丸太（小径材）から無駄なく角材やひき板を加工できれば、木材の有効利用につながります。

集成材は、一般に厚さ 2～3 センチメートルのひき板（ラミナ）を厚さ方向に積み重ねて接着剤で貼り合わせた材料で、建築物の柱や梁に使われています。丸太から薄いラミナを切り出すので、丸太を無駄なく利用できそうな感じがします。しかし、小径材からラミナを切り出す場合、必要な幅のラミナが得られないといった問題もあり、以下に述べる方法が考案されています。

幅はぎ、台形材加工でラミナをつくる

小径材から無駄なくラミナをつくる技術に、幅はぎや台形材加工があります。幅はぎとは角材や板材を幅方向に接着することです。幅が小さな材でも何枚も幅はぎすれば幅の広い材をつくることができます。この幅の広い材を一定の幅に切れば、集成材用の“幅はぎラミナ”をつくることができます。小径材からラミナを製造する際の収率は通常のラミナで 40% 弱ですが、幅はぎラミナでは収率が 5% 程度向上します。台形材加工は文字通り丸太から台形の材を切り出すことです。四角形よりも円に近い形（六角形）で材を切り出すので、丸太を無駄なく使えます。台形材を幅はぎすれば、“台形ラミナ”をつくることができます。しかし、集成材の日本農林規格（JAS）ではこれらのラミナの強度保証について示されていないため、これらのラミナを用いた構造用集成材は普

及していないのが現状です。そこで幅はぎラミナや台形ラミナを用いて集成材を作製して曲げ、引張り、圧縮強度試験を行い、その強度性能を調べました。

幅はぎラミナ、台形ラミナを用いた集成材の強度

試験の結果、幅はぎラミナや台形ラミナ自体の強度性能、これらのラミナを用いた集成材の強度性能は、JAS で定められた基準を満たすことがわかりました。また、幅はぎで接着した部分の影響でラミナや集成材の強度性能が低下することはないということがわかりました。

研究成果の活かし方

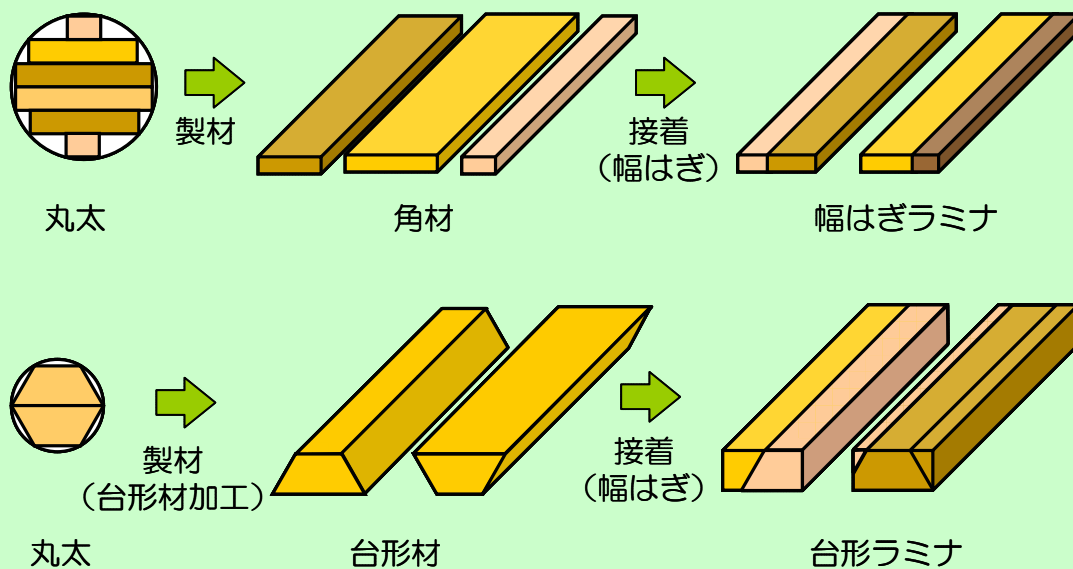
この研究成果が JAS に反映されれば、小径材から無駄なく集成材用のラミナを製造することができます。幅はぎラミナを使った集成材が普及することで、間伐材等の国産材の需要拡大、有効利用に貢献できると考えられます。

台形ラミナの製造については、津山国産材加工協同組合にご協力いただきました。

本研究は、交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価（平成 17～19 年度）」による成果です。

詳しくは：野上ら、藤本ら、平松ら（2007）日本木材加工技術協会第 25 回年次大会講演要旨集、25-26、27-28、29-30 の 3 報告をご覧ください。

幅はぎラミナ・台形ラミナの製造



ラミナを積み重ねて、
接着剤で貼り合わせる

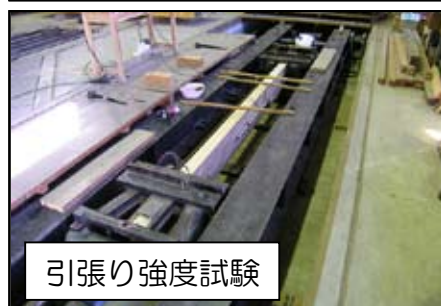
集成材の製造



幅はぎラミナ集成材 (左) と
台形ラミナ集成材 (右)



曲げ強度試験

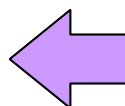


引張り強度試験



圧縮強度試験

強度試験



集成材の強度性能は、日本農林
規格で定められた基準を満たす

地域産材を活用した新しい耐力壁の開発

構造利用研究領域

杉本健一、青井秀樹、青木謙治

地域産材の需要拡大を図るために、岩手県林業技術センター及び（有）西建築設計と共同で、岩手県産のスギ製材を多用し強度的に優れた落とし込み板壁の開発を行いました。開発した壁は、住宅の柱等に用いられるスギ正角材（しょうかくざい）でできた壁材を、柱と土台、梁（はり）で囲まれる部分に落とし込んだ形状をしています。壁材と柱とは、柱にビス留めした受材に壁材をビス止めすることによって接合します。壁材は、壁材を貫通する通し材（樹種；クリ）にビス留めすることによって固定します。開発した壁の壁倍率は通し材の本数や留め付けビスの本数に応じて1.2～4.5となり、バリエーション豊富な耐力壁をつくることができます。

1. 研究の背景と目的

地域で生産される木材を積極的かつ有効に活用し、それによって地域の林業・木材産業の振興を図ることは、山村地域の経済を発展させ、森林を継続的かつ適切に管理するための原動力となります。それは、木材資源の循環の利用や里山の保全、木材による二酸化炭素の固定効果を発揮させるためにも有効です。

森林総合研究所は地域産材の需要拡大を図るために、岩手県林業技術センター及び（有）西建築設計（岩手県久慈市）と共同で、岩手県産のスギ製材を多用し強度的に優れた落とし込み板壁の開発を行いました。

2. 研究成果

開発した落とし込み板壁（図1）は、住宅の柱等に用いられる断面が105mm×105mmのスギ正角材（しょうかくざい）でできた壁材を、柱と土台、梁（はり）で囲まれる部分に落とし込んだ形状をしています。壁材と柱とは、柱にビス留めした受材に、壁材をビス止めすることによって接合します。壁材は、壁材を貫通する通し材（樹種；クリ）にビス留めすることによって固定します。

通常の木造住宅は壁量（かべりょう、または、へきりょう）計算と呼ばれる方法で設計されます。壁量計算で

は、地震や風に抵抗する壁（耐力壁（たいりよくかべ、または、たいりよくへき）と呼ぶ）が、建築基準法で定められた量以上設けられていることを確認します。開発した落とし込み板壁が耐力壁としてどれだけの性能を有しているかを調べた実験（図2）では、長さ1820mmの壁の倍率（耐力壁の強度性能を示す指標）は通し材の本数や留め付けビスの本数に応じて1.2～4.5となり、落とし込み板壁の仕様を変えることによって、バリエーション豊富な耐力壁をつくることができます。また、この落とし込み板壁の振動台実験を行った結果、耐震的にも優れていることが確認されました。正角材をふんだんに使用しているので価格的には若干高めですが、木材の質感を味わうには最適な壁であると言えます。

3. 研究の波及効果

この研究成果を活用した物産品販売所が岩手県内に実際に建てられました。研究成果の詳細は、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17「国産材利用のための地域と共同した加工技術の開発及び強度データベースの構築」（<http://www.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu17.pdf>）をご覧ください。

7

木製ガードレール・遮音壁の寿命を延ばす —木製道路施設の耐久設計・維持管理指針（案）の策定—

木材改質研究領域 木口 実、原田寿郎、大村和香子、松永浩史、片岡 厚、桃原郁夫
構造利用研究領域 長尾博文、加藤英雄、井道裕史、原田真樹、末吉修三、森川 岳、
青井秀樹、青木謙治、宇京齊一郎、杉本健一、軽部正彦
木材特性研究領域 久保島吉貴 複合材料研究領域 渋谷龍也 フェロー 神谷文夫
宮崎県木材技術センター、群馬県林業試験場、長野県林業総合センター、
和光コンクリート工業（株）

木製道路施設の技術的問題点であるシロアリや腐朽菌による生物劣化の防止と退色防止等の美観保持のため、既設の木製道路施設について耐久処理方法、劣化外力、腐朽度、性能劣化度の調査を行い、環境に配慮した耐久設計・処理法及び非破壊検査による劣化度評価手法を開発し、木製道路施設の設置に必要な不可欠な耐久設計・維持管理指針（案）を策定しました。

研究の背景

平成10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、現在では林道などを中心に述べ50kmを超える道路に設置されています（写真1）。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、NEXCO等の各高速道路会社や都道府県などで受け入れ態勢が進んでいます（写真2）。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等において大いに期待されています。しかしながら、木製道路施設は木材の弱点であるシロアリや腐朽菌による生物劣化や美観保持が問題となっており、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。このため、農林水産省委託プロジェクト「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業；木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発」に参画し、維持管理指針の策定を行いました。

劣化評価技術の開発

木製防護柵の劣化度調査により、目視判定による劣化度（0～4）と破壊荷重との相関関係を解明しました。その結果、劣化度1～2のビームは曲げ破壊試験で基準値を満足し、実車衝突性能確認試験でも十分な衝突抵抗性能を有していることがわかりました（写真3、図1）。

また、木製防護柵ビームの非破壊劣化度判定手法として、ピロディンによるピン打ち込み深さ、超音波伝播速度、応力波伝播速度、固有振動数、目視評価を検討し、木製防護柵ビームの劣化状態と強度との関係を明らかにしました。

木製遮音壁の経年変化

設置後5～8年を経過した木製遮音壁は、コンクリート製遮音壁と同水準の遮音性能を有していました。また、20年以上経過した木製遮音壁の部材（カラマツ材）は、部材自体に問題はありませんでしたが、部材間の隙間の発生により遮音壁としての音響透過損失が低下することがわかりました。

木製道路施設の耐久性向上

土壌中に埋設した試験体の劣化状況調査から、木製道路施設を接地状態で使用する際には、気象環境と共に土壌環境を含めた劣化環境の把握が重要であることがわかりました。また、木製遮音壁では、上部に笠木を設置するなど設計の工夫で劣化を大幅に低減できることが明らかになりました。

木製道路施設の保存処理において、木製部材の乾燥方法と水性の木材保存処理薬剤の注入性を検討した結果、木材を乾燥することで薬剤の注入性が向上し（図2）、また人工乾燥と天然乾燥では後者の方が薬剤の注入性や浸潤度が高くなる傾向が得られました。

美観の維持に重要な塗装処理において、ある程度の塗膜を形成する水性塗料は汎用の油性塗料と同程度以上の変色抑制効果を示し、塗装の耐候性は銅系の保存薬剤（Cu-AzやACQ）注入処理との組み合わせによって大きく向上し、塗り替えまでの期間が大幅に延長できることがわかりました。これは、メンテナンスコストのかかる再塗装の軽減に繋がるものです。

以上の結果を基に、既存の道路施設管理指針等の調査結果を踏まえて、新しい「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策（案）」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、施設の耐久性向上によるコスト低減に寄与し、これから木製道路施設の開発・設置を検討している都道府県・市町村に提供することで、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。

新しい情報源

- 1) 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための材料開発研究チーム：木製防護柵・遮音壁の耐久性設計と維持管理指針（案）、第2期中期計画成果10 林業・木材利用—3、（独）森林総合研究所（2010）
- 2) 木製防護柵・遮音壁の耐久性設計と維持管理指針（案）（<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/index2.html>）



写真1 宮崎県に設置されている木製防護柵



写真2 長野県に設置された木製遮音壁
(20年経過後の部分と交換された部分（中央分）)



写真3 10年経過木製防護柵の大型貨物車による実車
衝突確認試験（衝撃度 54.6kJ）
（劣化度が1～2程度ならば十分な衝突抵抗性能を維持）

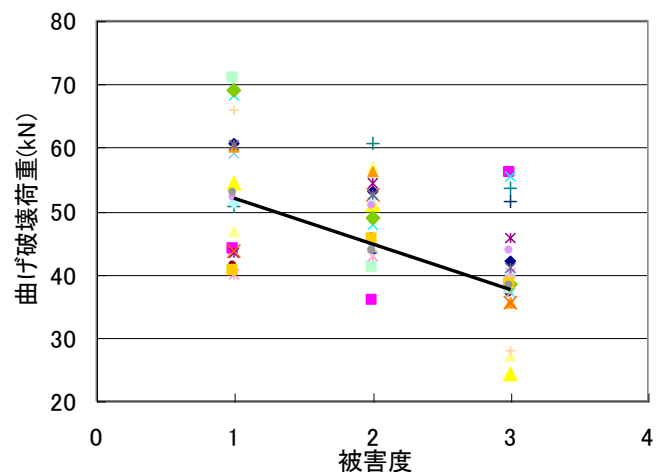


図1 現地調査と強度試験による木製防護柵の劣化度（被害度）と曲げ強度との関係

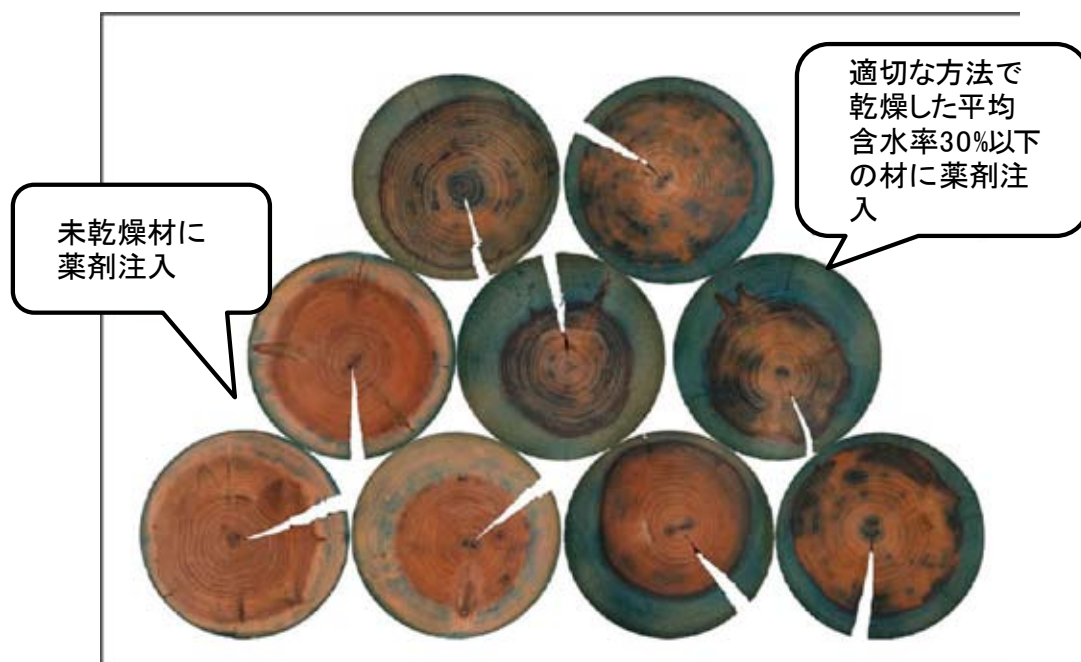


図2 丸太の乾燥状態と薬剤注入の関係
（未乾燥の丸太には薬剤がほとんど注入されていません（左の3本）。乾燥した丸太では、腐りやすい辺材部が濃緑色となっており、薬剤が十分に注入されています（右の6本）。）

竹を活かして安全・快適

複合材料研究領域	渋沢龍也、宮武 敦、平松 靖、新藤健太、宮本康太
木材特性研究領域	鈴木養樹、久保島吉貴
木材改質研究領域	杉山真樹、大村和香子、西村 健
加工技術研究領域	小林 功

近年、竹材・竹炭・竹製品の輸入増加や竹材代替資材の普及により地域の竹材の需要低下や、竹材の伐採技能者の高齢化・後継者不足が生じ、竹材生産量の減少が進んでいます。未利用のまま放置された竹林の増加や、里山周辺林への侵入等の問題が全国的に生じており、竹資源蓄積量 442 万 t に対する利用率は低下し、全国平均でわずか 4%程度と試算されています。現在、各県では「森林環境税」制度の導入を含め、里山環境の保全を目的とした荒廃竹林の施業管理の実施を検討しています。里山環境の保全と竹産業の振興のためには、各県の施策的要請に応え、現在未利用の竹資源の活用を図る必要があります。また、竹資源の利用率を高めるためには、地域資源を活用した製品を製造する技術の実用化が必要です。そこで本研究では、地域の竹資源を活用し、木造住宅の安全性と快適性の両者に寄与できる複合建築ボードを製造する技術を開発しました。

目的

近年、竹材・竹炭・竹製品の輸入増加や竹材代替資材の普及により地域の竹材の需要低下が進み、放置竹林の増加や、里山周辺林への侵入等の問題が全国的に生じています。そこで、地域の竹資源を活用し、木造住宅の安全性と快適性の両者に寄与することを目的とし、高性能・高信頼性建材である複合建築ボードの製造技術を開発し、地域の竹材の需要拡大をめざしました。

研究成果

(1) 竹建築ボードの原料に、0.7MPa (165℃) の加圧蒸気処理を 30 分以上行った竹材を湿式粉碎したエレメントを用い、かつボードの密度を高めることで、竹材の害虫であるチビタケナガシクイムシの食害抑制が向上することを明らかにしました(表1)。これにより、生物劣化を受けにくいボードの製造が可能となります。

(2) 炭化温度別の竹炭のガス吸着試験を行い、吸着速度はアンモニアでは化学吸着により低温炭化物が速くなり、

トルエンでは比表面積の大きな竹炭が速くなることを明らかにしました(図2)。これにより、VOC等の健康障害ガスを吸着する性能を持つ竹建築ボードの製造が可能となります。

(3) 竹繊維混合率と接着剤添加率により、使用目的に応じた強度性能を達成するための断面設計法を開発しました。さらに、竹材に対する加圧蒸気処理と破碎加工の組み合わせにより、省力的に建築ボードを製造する条件を導出しました(図3)。これにより、強度性能と吸着性能の両者に優れた竹複合建築ボードを環境負荷の低い技術により製造することが可能となります。

成果の利用

(1) 本研究で得られた成果は技術資料集として刊行しました。

(2) 本研究で得られた成果に基づき、特許を公開しています(特開2008-087348「木炭ボード及びその製造方法」)。



図1 開発した竹複合建築ボード

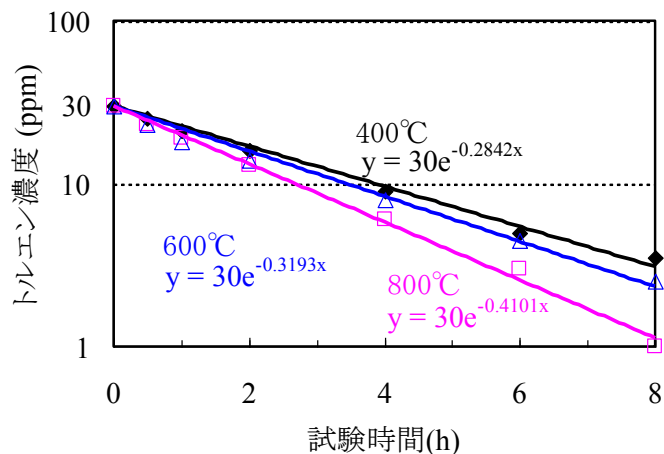


図2 炭化条件による VOC 吸着速度の違い

表1 竹材処理条件とボード密度による生物劣化抑制効果

竹材処理条件		ボード 密度 (g/cm ³)	竹パーティクルボード		
処理条件	粉碎 方法		成虫食害試験 (4週後)		繁殖性(20週後)
0.7MPa			穿孔痕数 (個)	重量減少率 (wt%)	発生成虫数 (頭)
無処理	乾式	0.62	48 - 97 - 127	1.3 - 1.9 - 2.6	0
	乾式	0.83	10 - 24 - 35	0.0 - 0.7 - 1.3	0
	湿式	0.65	17 - 43 - 60	0.5 - 0.9 - 1.3	0
	湿式	0.87	9 - 11 - 13	0.3 - 0.6 - 1.0	0
30分処理	湿式	0.87	2 - 9 - 13	0.1 - 0.1 - 0.1	0
60分処理	乾式	0.66	11 - 18 - 29	0.7 - 1.4 - 2.1	0
	乾式	0.89	11 - 14 - 17	(0.1) - 0.0 - 0.0	0
	湿式	0.67	3 - 8 - 12	0.2 - 0.5 - 0.8	0
	湿式	0.88	0 - 3 - 5	0.2 - 0.4 - 0.6	0

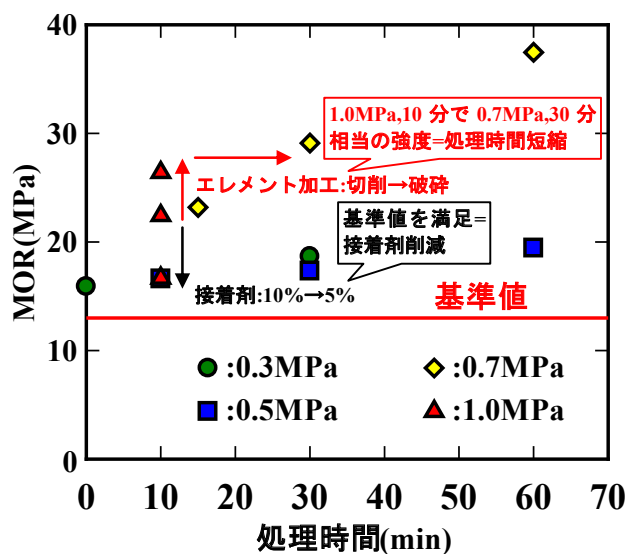
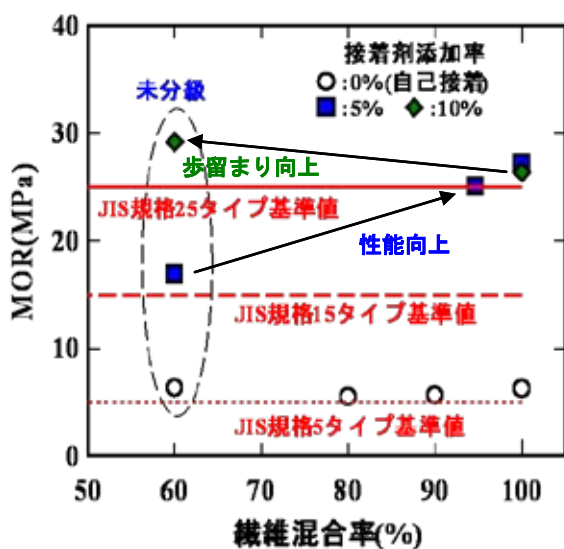


図3 ボード製造条件と曲げ強度 (MOR) の関係
製造条件を変化させることで性能の向上や、製造の省エネルギー化ができます。

木質系廃棄物を用いた軽量な屋上緑化法の開発

複合材料研究領域
千葉県農林総合研究センター
大建工業株式会社

高麗秀昭、凌 楠、秦野恭典
柴田忠裕
鳥羽亨二、中谷盛仁、澤田幸伸

ヒートアイランド現象の緩和などのために屋上緑化が推進されていますが、既存建築物への屋上緑化は、屋根の耐荷重に制限があるため困難です。今後、屋上緑化の普及のためには軽量な屋上緑化法が求められます。屋上緑化の軽量化のためには土壌の使用量を削減することが重要です。しかし、土壌の削減は、植物への十分な水の供給を考えれば困難です。そこで、軽量な保水資材を開発し、それに吸水させ、保水資材から植物へ水を供給できるようにすれば土壌を大幅に削減できます。研究の結果、従来の緑化法にくらべて非常に軽量な屋上緑化を実現しました。

高吸水性保水資材の開発

本研究では、木質系廃棄物を原料とすることにより環境に優しい材料開発を目指しました(図1)。保水資材の吸水量を増加させる方法には界面活性剤の添加を採用しました。これは非常に簡便で経済的な方法であり、界面活性剤の添加により吸水量を約5倍に増加できました(図2)。1平方メートル(10mm厚)の保水資材に9.4リットルの吸水が可能となりました。さらに、開発した保水資材の価格は石油由来の保水資材に比べて1/4に大きく下げることができました。

軽量な緑化法の開発

屋上緑化を普及させるためには緑化法の軽量化が重要ですが、従来の緑化法は、土壌を多量に使用するために重く、例えば、芝生を植栽した場合、140～180kg/m²の重量が屋根にかかり、これが大きな問題でした(図3)。しかし、本緑化法では約50kg/m²となり、大幅な軽量化が実現できました。本緑化法の仕組みを図4に示しますが、開発した保水資材を屋根に設置し、その上に厚さ4cm程度の少量の土壌を敷き詰め植物を植栽します。雨水などを保水資材が吸水し、ここから植物に水を供給する仕組みです。保水資材が土壌より効率的に吸水するため使用する土壌を大幅に削減することが可能となりました。また、図5に保水資材が植物の生長に与える効果を示しますが、毎日灌水した場合、および、3日に1回灌水した場合の両方においてコントロールに比べて植物の生長が良好でした。さらに市販の保水資材より良好でした。

軽量な緑化法の実施例

保水資材の量産化技術は大建工業(株)が開発しました。そして、大量生産した保水資材を使用して、千葉県立市川八幡高校の屋上を本緑化法で緑化しました。その様子を図6～13に示します。図6に示す屋上は緑化用

に屋根の耐荷重を高めた屋根ではなく、一般的なコンクリート屋根です。そこに、まず防水シートや根がらみシートを敷き、その上に開発した保水資材を設置しました。軽量な保水資材であるため持ち運びも容易であり、簡単にカッターで切断でき、長さ調整なども容易です。保水資材を緑化したい場所に設置し(図7)、その上に少量の土壌を敷き詰め(図8)、植物を植えれば緑化は終了です。図8より使用する土壌が非常に少ないことがわかりますが、これにより施工の大幅な簡便化や施工期間の短縮化も達成されました。今回の土壌厚はわずか約4cmでした。図9に1年後の緑化地の様子を示すが、緑化が見事に成功したことがわかります。

最後に屋上緑化が屋根温度の低減に及ぼす効果を図10示します。図より、緑化をしていないコンクリート屋根の温度が45℃以上になり、屋根温度が気温より非常に高く上昇しますが、緑化によりその上昇が抑制されました。

今後の展開・展望(実用化の目処など)

保水資材の量産化も達成しており、軽量な本緑化法はいつでも実施できます。様々な啓蒙活動を通じて、本緑化法を普及させていくことが今後の課題です。

なお、本研究は、農林水産省の「先端技術を活用した農林水産高度化事業(2006年～2008年)」により、千葉県農林総合研究センター、大建工業(株)の共同研究で実施されたものです。

参考文献・資料など

- 1) 高麗秀昭、小林正彦、凌楠、秦野恭典、柴田忠裕、鳥羽亨二、中谷盛仁、澤田幸伸：木材工業 64(4)、166-171(2009)
- 2) 高麗秀昭、小林正彦、凌楠、秦野恭典、柴田忠裕、鳥羽亨二、中谷盛仁、澤田幸伸：木材工業 65(9)、403-409(2010)



図 1. 木質系廃棄物より開発した保水資材

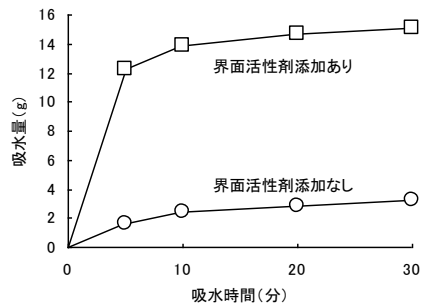


図 2. 開発した保水資材の吸水時間と吸水量の関係



図 3. 従来の緑化法 (土壌が多く重い)

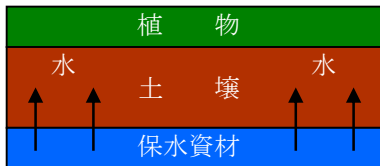


図 4. 開発した軽量の緑化法 (土壌が少なく軽い)

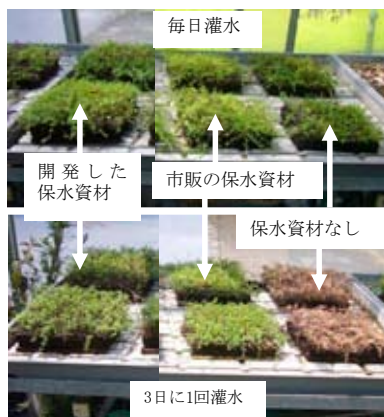


図 5. 灌水間隔を変えた場合に開発した保水資材が植物の生長へ与える効果



図 6. 緑化のために耐荷重を高めていない屋根



図 7. 保水資材を全面に設置



図 8. 土壌の設置 (土壌が少ない、簡便な施工)



図 9. 1年後の様子 (見事に緑化に成功)

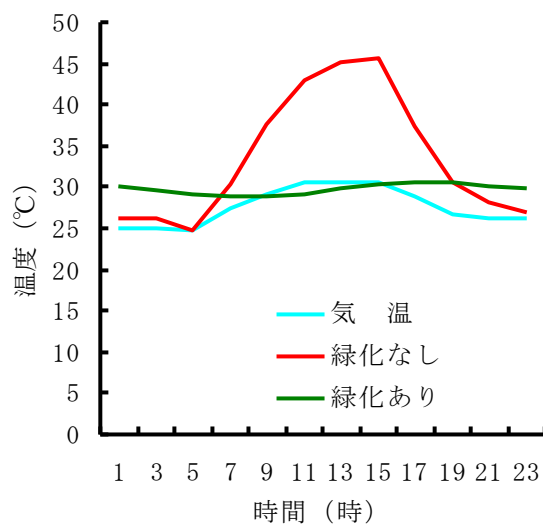


図 10. 夏季のコンクリート屋根の温度変化

スギで実現、火事に強い耐火集成材の開発

木材改質研究領域 原田寿郎、上川大輔
東京農工大学大学院 服部順昭、安藤恵介
鹿島建設（株） 宮本圭一、抱憲誓、西村光太、田上淳、久保田淳、和田環、田中裕樹

4階建て以上の建物や防火地域の建物を木造で建設するには、木製の柱や梁を火事に強い耐火構造の材料にする必要があります。木材を石膏ボードなどで被覆すれば、耐火構造にできますが、木材が表面に現れず木造には見えません。H型鋼や角型鋼の周りをカラマツやベイマツの集成材で被覆した柱や梁が1時間耐火構造に認定されていますが、鋼材で荷重を負担しているので木質構造とは言えません。その上、スギは耐火加熱試験終了後に燃え止らないという欠点があり、使用できません。「スギを用いた、どこから見ても木造の耐火構造建築物を造りたい」という夢の実現に向け、集成材の一部を信頼性高く難燃化することで、集成材の柱や梁を耐火構造に変身させる技術を開発しました。

開発のコンセプト

木質系の材料で耐火構造の認定を受けるためには、実大寸法の試験体を用いた耐火加熱試験（写真1）で、加熱終了後も材料が壊れないことに加え、木材部分の火炎が速やかに消え、自然に燃え止まることが求められます。

無処理の木材や集成材は、断面を大きくすれば、1時間や2時間火災にさらされても壊れない材料にすることはできますが、加熱終了後に燃え止まらないので、断面を大きくしただけでは、耐火構造にはできません。

そこで、図1に示すように、荷重を支える部分の周りに、難燃薬剤を注入して防火性能を高めた木材を配置することで、火事にあってもその部分で木材が燃え止まる集成材の柱や梁を開発することにしました。一見簡単そうに見えますが、これまで、薬剤の種類や注入方法、燃え止まり層の厚さなど具体的な仕様は提案されておらず、成功例も報告されていませんでした。

本研究では、難燃薬剤として、窒素・リン酸系の薬剤を注入しました。重要な技術的ポイントは、防火性能試験で木材が着火しない程度の薬剤量をムラなく木材に注入することです。このため、薬剤注入に当たっては、木材にあらかじめCO₂レーザを用いた穴あけを行っています。ここには東京農工大学の技術が活かされています。製造コストは、通常の大断面集成材の2倍程度を目標としています。

1時間耐火構造の開発

燃え止まり層の厚さが60mmの断面寸法350×350mmの集成材の柱を作製して1時間の耐火加熱試験を行った

ところ、集成材は壊れず、加熱終了後に燃え止まり（写真2）、1時間耐火構造の性能を示しました。さらに、鹿島建設が350×700mmの断面寸法の集成材の柱と梁で性能評価を受け、スギ材のみで構成された集成材としては初となる1時間耐火構造の国土交通大臣認定を取得しています。これにより、4階建ての木造建築物の建設が可能となりました。

2時間耐火構造達成の可能性

燃え止まり層の厚さが120mm、断面寸法470×470mmの試験体を用いれば、集成材の柱に2時間耐火構造の性能があることが確認され、この開発コンセプトで2時間耐火構造の開発が可能であることが明らかになりました。2時間耐火構造が実現すれば、5階から14階建ての木造建築物を建設することが可能となることから、「銀座に中層木造建築物出現」ということも夢ではなくなります。

本研究は、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（課題番号2009）」による成果です。

参考文献

- 1) 原田寿郎ほか：難燃処理層のシェル型配置によるカラマツ集成材柱の燃え止まり技術の開発、木材学会誌54(3), 139-146 (2008)
- 2) 上川大輔ほか：難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発 - スギ集成材柱の1時間および2時間耐火性能、日本建築学会環境系論文集75(657), 929-935 (2010)

■集成材の荷重支持部

荷重を支える部分で、難燃薬剤は注入されていません。

‘木材が見える’
‘スギを用いた’
耐火集成材を
開発したい

■燃え止まり層

難燃薬剤を注入した木材を荷重支持部の周りに配置します。

難燃処理木材

薬剤をムラなく注入するため、木材への薬剤注入は、CO₂レーザーによる穴あけ後に行います。

図1 耐火集成材の開発コンセプト



写真1 耐火集成材柱の耐火加熱試験

柱の耐火試験では3.3mの長さの試験体を加熱します。炉内温度は1時間の試験では945℃、2時間の試験では1050℃に達します。

集成材の外周位置

(加熱前)

炭化深さ: 22~39mm

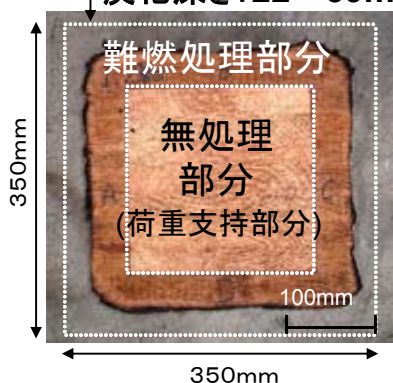


写真2 1時間耐火試験後の断面

1時間の耐火性能を確認

集成材の外周位置
(加熱前)

燃え止まり層の厚さを80mm程度にできる可能性あり

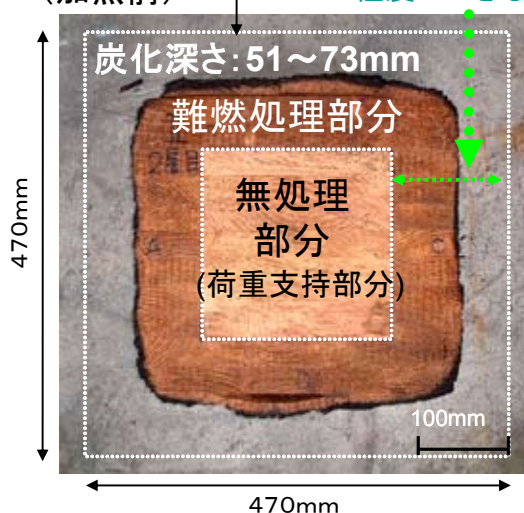


写真3 2時間耐火試験後の断面

2時間の耐火性能を確認

スギ中大径一般材を上手に製材する

加工技術研究領域 木材機械加工研究室

村田光司、伊神裕司、松村ゆかり

スギなどの針葉樹造林木は木造住宅の柱に適した木材が多く生産できるように育ってきましたが、木材の価格が安くなってしまったことなどから、今切らずに後で切ろうと考える林家が増えてきました。それにより、直径が柱に適した木材より大きい中大径一般材の供給が増加すると予想されています。これまでも、高品質の中大径材を製材して、高級な製材品を多品種少量生産していました。しかし、今後は中大径一般材から一般製材品を大量生産することが求められます。そのため、中大径一般材を上手に製材するためのシステムを開発しました。

供給増が予想される中大径一般材

スギをはじめとする日本の針葉樹造林木は、主に木造住宅の柱を生産するために育てられてきました。直径16～20cmの丸太から柱を生産すると一番効率がいいので、造林木がこのくらいの直径の丸太が多く生産できる程度に成長すると切っていました。しかし、丸太の価格が安くなってしまって、切っても十分な利益が得られないので、柱生産に適した木材が多く生産されるまで造林木が成長しても、林家が切らないことが多くなりました。切らないでくと造林木は成長し、柱生産に適したものより直径の大きい丸太が多く生産されるようになります。その多くは、中大径材の生産を目的に育林されたものでなく、十分に手入れの行き届いたものではありません。したがって、今後供給が増えると予想される中大径材は、節がなく年輪幅が狭く均一な高品質材は少なく、節が多い一般材が大部分を占めると予想されています。

丸太の選別が重要

丸太は、同じ樹種で同じ大きさであっても個々の品質にばらつきがあります。そのため、丸太を効率的に製材加工するためには、あらかじめ製材品に適した丸太ごとに分けておくこと（選別）が重要です。図1は、スギ中

大径一般材の強さを示す指標の一つの動的ヤング係数 E_r の分布を示していますが、ばらつきが大きいことがわかります。強さの弱い丸太からは弱い製材品しか生産できないので強さを必要としない用途の製材品にまとめて製材加工し、強い丸太からは強さを求められる用途の製材品をまとめて製材すれば、用途にあった製材品を効率的に生産できます。また、強さの弱い丸太から強さを求められる製材品を生産することがほぼなくなり、目的とする製材品の不良発生率を低く抑えることができます。効率的な生産と低い不良発生率は生産の低コスト化につながります。なお、丸太のどの部分からどのような製材品をどのように切るかが効率的な製材加工には重要になります。これらを考慮して、丸太の標準的な切り方（標準木取り）を図2のように設定しました。

製材機械の適正配置が重要

製材機械ごとの特徴を把握し、どのような丸太からどのような製材品を生産するかを考慮して製材機械を配置することが重要です。図2の標準木取りで製材加工を行う製材システムは図3のようになります。このシステムでは、1日約300本、約100m³の中大径一般材から約60m³の製材品を生産できると試算されました。

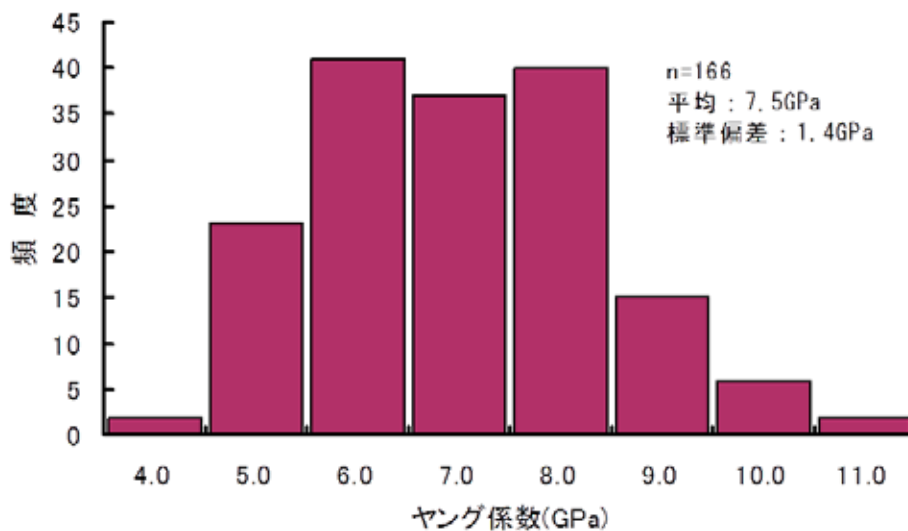


図1 スギ中大径一般材の動的ヤング係数の分布

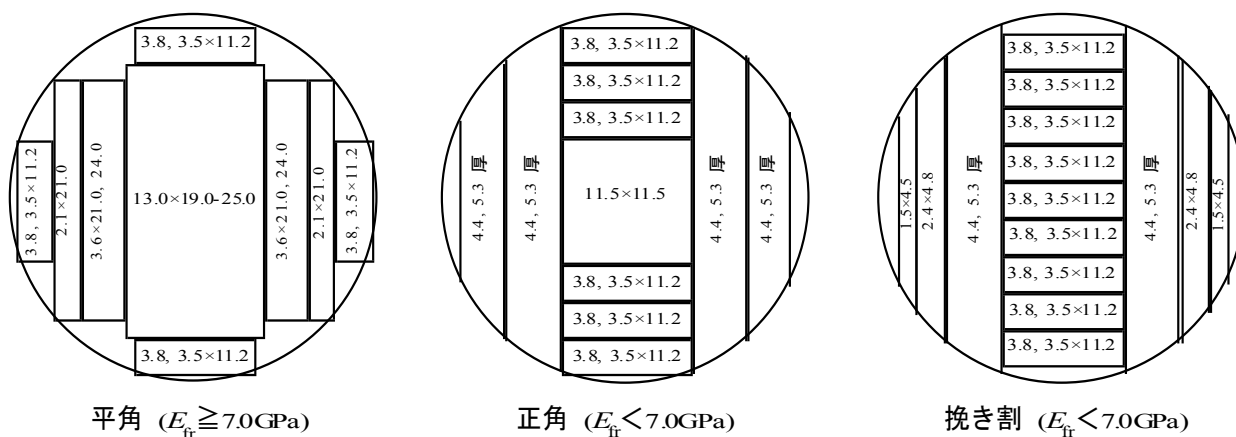


図2 スギ中大径一般材の標準木取り

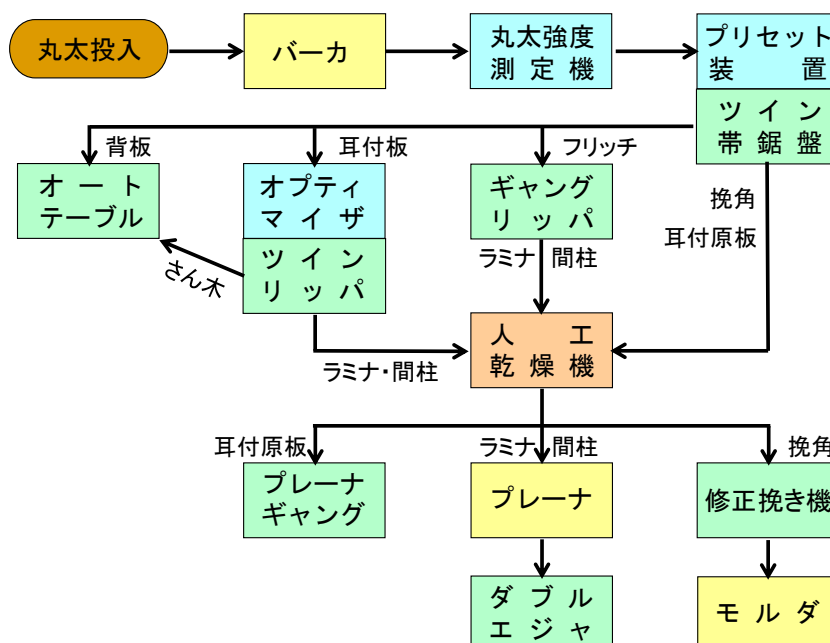


図3 スギ中大径一般材用の製材システム

高効率で環境にやさしい木材乾燥機を開発する

加工技術研究領域

東京大学大学院 農学研究科

東京工業大学 原子炉研究所

静岡県 農林技術研究所 森林・林業研究センター

株式会社 前川製作所

齋藤周逸、松村ゆかり

信田 聡

加藤之貴

池田潔彦、渡井 純

町田明登、門脇仁隆、加藤雅士、西田耕作

国産材として身近なスギやヒノキを住宅用の建築材として使用する場合、板材や柱材のように製材した後の乾燥が欠かせません。まとまった量の建築材を常に必要な場合には、板材や柱材は木材乾燥装置によって所定の含水率まで乾燥されます。このとき熱エネルギーを多量に使うことになります。

低炭素社会にむけて、このようなエネルギーの消費を少なくする省エネルギー技術の開発・普及への取り組みが必要ですが、木材乾燥においても、省エネルギーかつ低環境負荷の乾燥装置が求められているのです。

熱エネルギーの消費が大きくなるような分野や装置の問題を解決できる技術として、CO₂冷媒を用いたヒートポンプが民間企業で開発されました。そこで、これを木材乾燥装置に応用して、省エネルギーの木材乾燥を可能にする研究を行いました。

省エネ・低環境負荷の目標値は、① CO₂ 排出量に対従来方式の約 60% 減、② 熱効率はヒートポンプシステムにより投入電力発熱量の 2～3 倍相当、③ 年間の運転コストを対従来方式の約 60% 減、と設定しました。

人工乾燥とは

まとまった量の住宅用木材をつくる工場では、木材の乾燥を機械で行っています。これは箱型の乾燥機を用いて人為的に温度と湿度を調整し乾燥する方法で、人工乾燥と呼ばれています。人工乾燥は、一定期間で所定の含水率に乾燥することができますが、加熱のためのエネルギーが大きくなりがちです。

ヒートポンプ加熱装置

木材の乾燥は主に周囲の空気を加熱することにより行われます。この研究の特徴は、空気加熱にヒートポンプを用いたことです。ヒートポンプは、太陽によって暖められた空気等の熱を活用して、燃焼を伴わずに加熱が行える技術で、私たちの身近にあるエアコンにも使用されています。家庭用エアコンの暖房運転、すなわち室内空気の加熱を木材の乾燥に応用しました。このヒートポンプによる加熱は、冷媒と呼ばれる化学物質の加圧・減圧による液化と気化の相互変化によって生じる発熱や吸熱を応用しています。従来のヒートポンプは地球環境に悪影響を与えるフロンガスが使用されていましたが、近年の技術開発により CO₂ ガスをヒートポンプに応用できるようになりました。この研究では、ヒートポンプシステムの大型化を進め、そして現在、木材乾燥用として応用可能な規模を実現しました。このヒートポンプ方式は低

炭素社会のキーテクノロジーと言えます。何故ならヒートポンプ加熱方式は、必要エネルギーの $1/3 \sim 1/2$ で、他の加熱方式と同等の加熱を生み出すからです。この技術開発においても、電気エネルギー換算で大幅な削減を可能としました。

乾燥装置の特徴

主な成果は、第一に、従来のヒートポンプ加熱方式では不可能であった 70℃以上の空気加熱を可能としたことです。第二に、省エネルギー性と低環境負荷性です。一般住宅約 100 軒分にあたる木材を乾燥処理する場合、灯油ボイラ加熱と比べると、二酸化炭素排出量は年間約 70% 減でした。同じく運転コストは、今のところ年間約 50% 減と試算されました。今後、熱効率を高める改良によって、目標値の 60% 減に近づくと考えられます。その他、乾燥ソフトによる自動運転法や副産物として得られるスギやヒノキの精油成分回収法等が得られました。また、実用化された場合の装置価格は当初割高と想定されますが、省エネ性能により、初期投資のコスト高を 3 年程度で回収できると考えています。

本研究は、農林水産技術会議、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業、「ヒートポンプを応用した低環境負荷型木材加工装置の開発」による成果です。



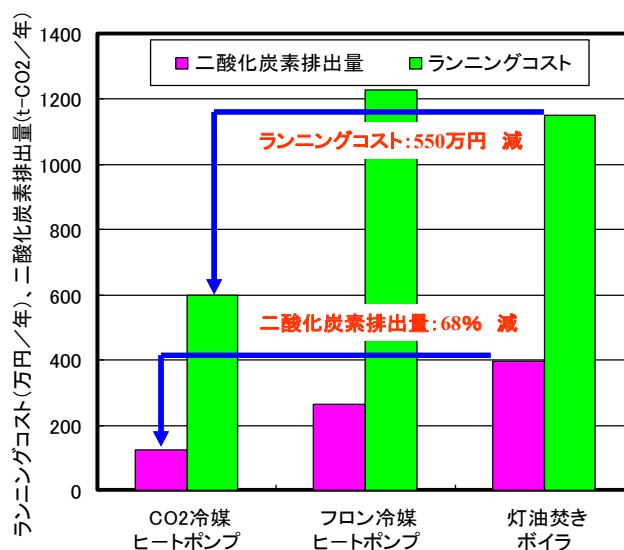
一般住宅の骨組みは、工場で部品化され、建築現場で組み上げられます。木材は、空気を加熱した箱型の装置の中で、所定の含水率に調整されます。このとき多くのエネルギーが使われます。

加熱システム	CO ₂ 冷媒ヒートポンプ	フロン冷媒ヒートポンプ	灯油ボイラ加熱
乾球温度	60～70℃	60～70℃	60～70℃
相対湿度	87～57	87～57	87～57
成績係数(COP)*1	3.4	1.8	—
二酸化炭素排出量	174	365	416
二酸化炭素削減率	58	12	—

*1: COP: Coefficient of Performanceの略、消費電力1kWあたりの冷却・加熱能力を表した値。
乾燥条件: スギ46m3、含水率100%から15%、7日間

今回開発したCO₂冷媒ヒートポンプによる加熱方式は、従来からの加熱方式に比べて省エネルギー性と二酸化炭素排出量で比較した環境負荷性で有効な値を示しました。

従来からの加熱方式である灯油焚きボイラ加熱と比較して、省エネルギー性を金額で著すと年間550万円削減でき、二酸化炭素の排出量は68%削減できる可能性があります。



サイズの異なる製材品をまとめて乾燥できるか

加工技術研究領域 小林 功、黒田尚宏、石川敦子

現在、住宅設計の多様化が進み、同じデザインの住宅を大量生産する時代は過ぎつつあり、住宅建築に必要な木材を一棟分ごとに製材する方式もあります。

住宅には乾燥材を使いますが、木材の乾燥処理は含水率や寸法の揃ったものを一度に大量に行うのが効率的です。大きな製材工場なら材の含水率や寸法ごとに乾燥機を変えて乾燥できますが、我が国には一機ないし数機の乾燥機しか持たない小さな製材工場が多いのが現状です。そこで、一つの乾燥機の中で含水率や寸法の異なる木材を同時に、かつ短時間で乾燥できる技術を開発しました。これによって、小さな製材工場でも少量の需要への対応が可能になり、多様化が進む住宅市場への高品質材の安定供給と、我が国の製材業の活性化につながります。

高周波を活用し、寸法や含水率の異なる木材を同時に乾かす

住宅に使われている心持ち材は乾燥によって割れやすく、含水率が高いほど、断面が大きいほど乾燥に時間がかかります。これまでの研究から過熱蒸気による熱処理が割れの抑制に効果があり、高周波加熱減圧乾燥法が乾燥時間の短縮と含水率の均一化に効果があると分かりました。しかし、これらの方法を用いても、含水率や寸法の異なる材を同時に乾燥すればそれぞれの材の乾燥終了時期はまちまちとなり、再乾燥など時間と費用がかかります。そこで、乾燥開始前の木材の含水率によってグループ分けを行い【工程1】、グループごとに時間を変えた過熱蒸気処理【工程2】を行うことで【工程3】（高周波乾燥）の開始時点における含水率をそろえ、異なる含水率・形状の木材の乾燥工程を同時に短時間で終了できる方法を考案しました（図1）。この技術の要点は、【工程1】で2つのグループに分けるボーダーラインの決定方法です。今回、過熱蒸気処理試験と高周波減圧乾燥試験を行い、処理中の含水率のばらつきと適切な処理時間を統計処理によって予測して決定しました。

図2は【工程1】、すなわちグループ分けのボーダーラインを決定した試験の結果です。①が60時間の高周波加熱減圧乾燥試験、②が13時間の過熱蒸気処理試験の結果です。①から、高周波減圧乾燥によって目標含水率（18%以下）まで乾燥するためには、処理前の含水率が40%以下である必要があります。また②から、過熱蒸気処理によって含水率を40%以下にするためには、処理前

の含水率が70%以下であることが必要です。したがって、過熱蒸気処理（【工程2】）を始める前に、70%より高い含水率の木材は過熱蒸気処理を長く行う必要がありました。そこで別の試験により、20時間の過熱蒸気処理で含水率70～110%の材が40%まで乾くことを確認しました。これらの結果から、過熱蒸気処理時を始める前のグループ分けのボーダーラインを含水率70%としました。

実際に正角材と平角材について乾燥試験を行った結果が図3です。乾燥前の含水率が38～118%の範囲の木材を乾燥開始から約120時間で12～18%の範囲に同時に仕上げ、変色や材内部の割れも少ない結果でした（写真1）。

この技術によって、小さな製材工場でも少量の需要への対応が可能となり、乾燥機の運転回数を抑えてコストが低減できます。この結果、高品質材の安定供給が可能となり、我が国の製材業の活性化が期待できます。

詳しくは、「原木供給と最終用途を連携させるスギの一次加工システムの開発」、森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集26、p12-16（2010.3）をご覧ください。

用語

含水率：木材に含まれる水分の量を表す値です。0%のとき木材が水分を全く含んでおらず、100%のとき木材自身の重さと同じ重さの水分を含んでいます。この数値が大きいほど、木材が水分を多く含んでいます。

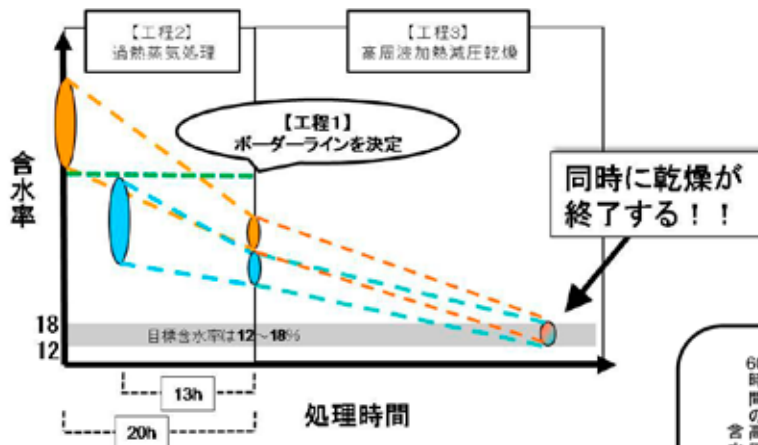


図1 含水率や寸法の異なる材を同時に乾燥するための考え方

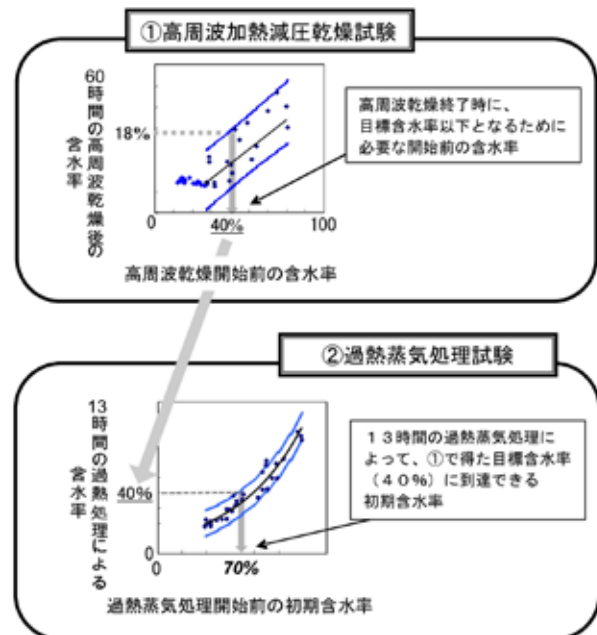


図2 グループ分けのボーダーラインを決める乾燥試験の結果

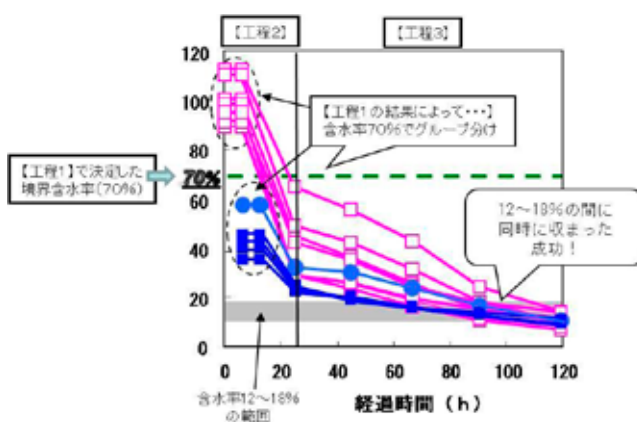


図3 正角材と平角材の乾燥試験結果

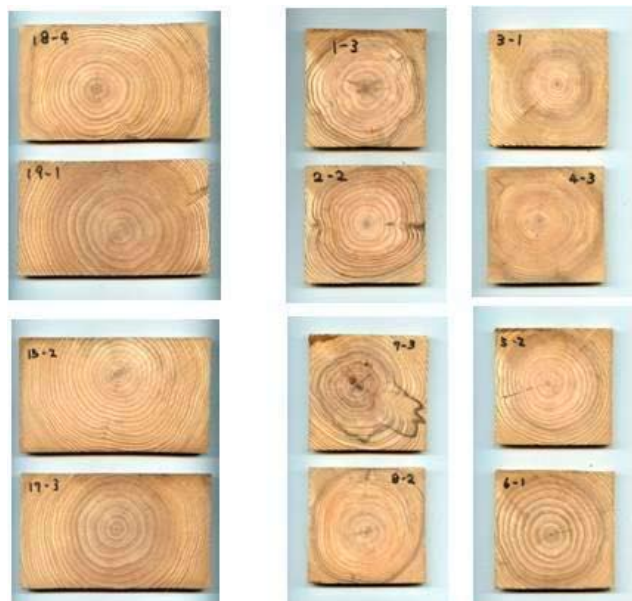


写真1 乾燥後の断面の様子

きのこの病害菌とウイルスの検出方法の開発

九州支所
きのこ・微生物研究領域

宮崎和弘
馬替由美

きのこ栽培を行う上で、目的としたきのこ以外の菌類が発生して被害を与える害菌問題は恒常的な問題です。問題回避や対策の必要性の判断のためには、害菌類の侵入経路を特定する調査方法の確立や各害菌類の病原性のデータをデータベース化すること、簡易に病原菌の同定が出来る技術の開発が求められています。そこで、害菌の侵害力のデータベース化、および病原菌の一種である *Trichoderma harzianum* の DNA 解析による同定技術の開発を行いました。ウイルスについては、栽培シイタケに感染していたウイルスを精製し、遺伝子構造を決定した後、ウイルス遺伝子診断法 (RT-PCR 法) を開発しました。本 RT-PCR 法によって栽培きのこのウイルス感染が簡易に診断できるようになり、シイタケやエノキタケのウイルス病を明らかできました。これらの技術を応用することによって、きのこ栽培の損失を防ぎ、生産の安定化に貢献することができます。

害菌侵害力診断ならびにデータベース化

きのこの菌糸と害菌類の菌糸を、両口試験管と呼ばれる筒状のガラス管に詰めたおが粉培地において対峙培養し、様々な組み合わせにおける各害菌の侵害力の診断を行いました。その結果、きのこの種類や害菌類の種類によって、侵害力が異なることを確認しました。最終的に侵害力の高さを5段階評価し、各組み合わせにおける評価結果をデータベース化し、インターネット上で公開しました (<http://www.ffpri-kys.affrc.go.jp/situ/mic/miyazaki/gaikinHP/gaikintop.html>) (図1)。

きのこ栽培における病原菌 *Trichoderma harzianum* 検出用プライマーの開発

きのこ栽培において発生頻度が高く、かつ病原性も高い病原菌の一種、*Trichoderma harzianum* の ITS (Internal transcribed spacer) 領域の開発をすすめ、他種 *Trichoderma* 属菌の種との配列比較を行い、*T. harzianum* に特異的な領域を抽出しました。その配列情報を元に、*T. harzianum* を特異的に検出するためのプライマーを独自に開発しました (図2)。

きのこのウイルス検出方法の開発

菌床シイタケに感染している新種の菌類ウイルスを見だし、その構造と遺伝子塩基配列を決定しました。その配列中、菌類ウイルス間でよく保存されている領域から遺伝子診断法 (RT-PCR 法) 用プライマーを作成し、きのこウイルスの RT-PCR 法を開発しました (図3)。菌床シイタケの場合、「菌床の褐変不良」(図4B)、「菌床表面の白色菌糸化」(図4C)、「菌床上のコブ状隆起形成」(図4D)などの栽培不良症状が出現します。本 RT-PCR 法をこれらの栽培シイタケに実施したところ、効率良くウイルス感染を検出することができました。その結果、「菌床の褐変不良症状」(図4B)を示す5系統すべての株でウイルスが検出されたことから、本不良症状はシイタケのウイルス病であることが明らかになりました。また、

本 RT-PCR 法は、エノキタケ、ブナシメジなどの他の栽培きのこ、また、栽培施設内で捕獲されたきのこバエにも使用可能でした。

成果の利活用

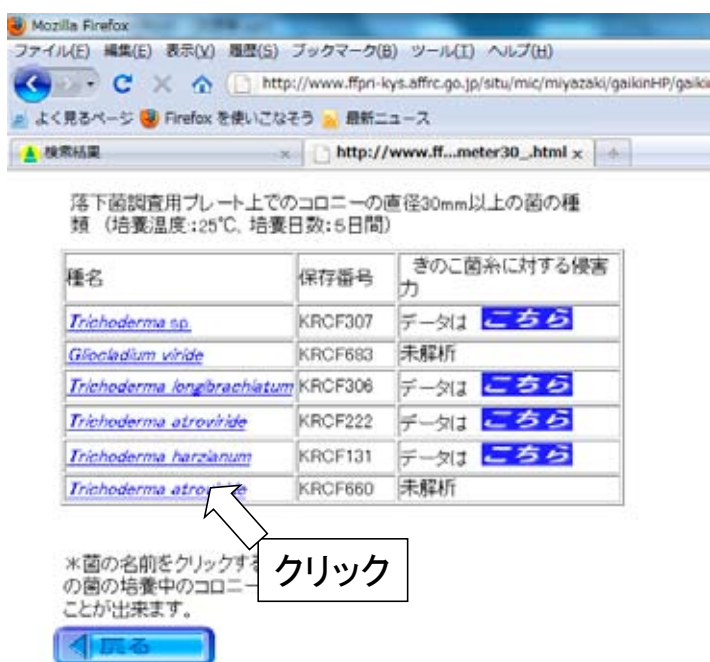
九州支所研究成果普及シリーズ No.7 として、研究成果のうちの落下菌調査用培地組成や、各害菌の侵害力のデータなどをパンフレットとしてまとめ、各県の林業関係の試験場や行政の担当課、きのこ種苗メーカー等へ送付しました。

培養コロニー直径や侵害力、顕微鏡観察の画像データなどの各試験データを、簡易害菌検索システムとしてインターネット上に公開し、HTML 形式で検索出来るようにしました。

きのこのウイルス検出方法については、きのこ学会ワークショップを2回開催して内容を発表しました。ワークショップ・テキストや、日本きのこ学会誌にウイルス実験法を公表したので、公設試験研究機関、種菌会社、種菌センター、生産者などが栽培きのこのウイルス検査に活用できます。さらに、今後はこれらの検出方法を応用することによって、ウイルスの感染源、感染経路も明らかにし、将来的にはウイルス病の有効な防除方法の開発に繋がります。

詳しい情報源

- 1) Miyazaki, K., Tsuchiya, Yuki Y., Okuda, T. (2009) Specific PCR assays for the detection of *Trichoderma harzianum* causing green mold disease during mushroom cultivation. *Mycoscience*. 50: 94-99.
- 2) Yumi Magae, Masahide Sunagawa, (2010) Characterization of a mycovirus associated with the brown discoloration of edible mushroom, *Flammulina velutipes* *Virology Journal*, 7-342 doi:10.1186/1743-422X-7-342
- 3) 馬替由美「きのこのウイルス実験法」日本きのこ学会誌 18(4): 155-160



培養コロニーの
画像ページへ
ジャンプ



図1 簡易害菌検索システムによるデータの検索例

インターネットを利用した害菌の検索システムを構築した。本システムを利用することで、代表的な害菌の顕微鏡観察や落下菌調査用培地上での培養コロニーの画像データ、各害菌のきのこ菌糸に対する侵害力等のデータを検索することが出来る。

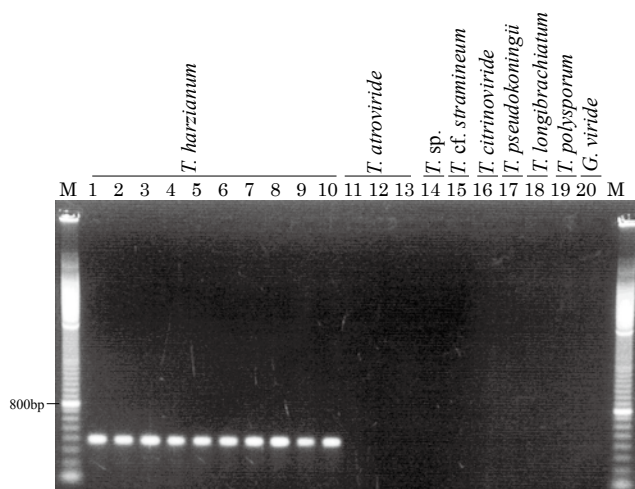


図2 *Trichoderma harzianum* 検出プライマーによる検出

きのこ栽培を阻害する病原菌の一種、*Trichoderma harzianum* を簡便に検出するためのプライマーを開発した。図は、*T. harzianum* においてのみバンドが検出されていることを示している。開発したプライマーを用いることで種の同定の簡便化や直接診断等が可能となった。

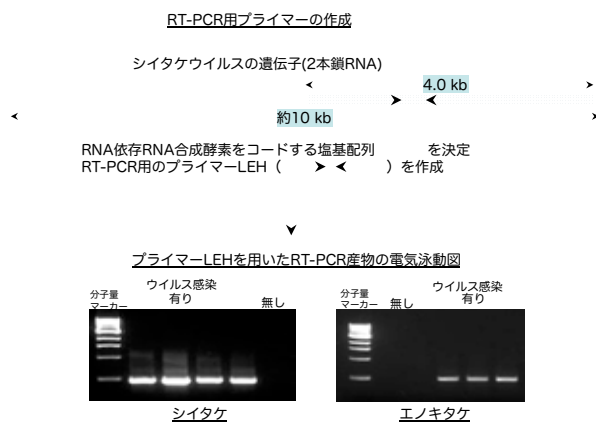


図3 きのこのウイルス遺伝子診断 (RT-PCR 法) の開発



図4 シイタケ菌床の不良症状

A: 正常、B 褐変不良、C: 菌床表面の白色菌糸化、D: 菌床上のコブ状隆起。

マツタケ近縁種の生態特性解明

森林微生物研究領域
企画部
きのこ・微生物研究領域

山中高史
太田祐子
根田 仁

シイやカシなどの広葉樹林で発生するマツタケ近縁種にはマツタケに近い品質を有するものもあり、人工栽培技術の開発が期待されます。今回、これらの種の分類学上の位置づけについて、これまで得られた広葉樹林下で発生するマツタケ近縁種の遺伝情報を解析すると、バカマツタケおよびニセマツタケの2種のいずれかにわけることができました。また、宿主となる樹木の範囲を解析するため、無菌的に作成したコナラやウバメガシ苗を用いた菌根合成手法を確立することができました。これらの成果は、広葉樹林における人工栽培技術の開発を通じて、里山地域およびきのこ産業の活性化に役立てることができそうです。

マツタケの近縁種には、シイ、カシなどの広葉樹林で発生する種もあり、これらにはアカマツなどの針葉樹林で発生するマツタケに近い品質のものもあります。しかし、生育場所が限られているため、分類学上の位置づけや、宿主となりうる樹木の範囲など、栽培技術の開発に必要な情報は不明なままです。

遺伝情報を用いた分類

わが国において、広葉樹林下で発生するマツタケ近縁種については、バカマツタケ（写真1）とニセマツタケが知られています。また形態的には不明の種もありました。これら広葉樹林下で発生したマツタケ近縁種34菌株の核リボソームDNAの内部転写スペーサー領域（Internal Transcribed Spacer 領域：ITS 領域）の遺伝情報に基づいた解析を実施したところ、バカマツタケとニセマツタケは、それぞれ独立のクレードを形成し、明瞭に識別できるとともに、すべての菌株が、ニセマツタケかバカマツタケのどちらかに属することが明らかになりました（図1）。

マツタケ近縁種と共生できる宿主の解析

また、ニセマツタケやバカマツタケの菌根形成能を解

析するため、コナラやウバメガシなどの無菌苗を用いて、菌根合成を試みたところ、菌根の形成が認められ、菌根形成能の宿主範囲の解析を行うことが可能になりました（写真2）。この結果、広葉樹の下で発生した種の中には、広葉樹苗に菌根を形成するだけでなく、針葉樹であるアカマツ実生の根に菌根を形成するものもいることがわかりました。

本研究は、広葉樹林下で発生するマツタケ近縁種の林地栽培技術の確立を目標の一つとして実施しています。広葉樹を宿主とするマツタケ近縁種であっても、マツなども宿主となりうるということが明らかになりました。これに基づいて、マツタケ近縁種の林地栽培に適した広葉樹林の管理手法が検討され、里山の活性化に貢献することが期待されます。

本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（農林水産省）課題「広葉樹林に発生するマツタケ近縁種の栽培技術の開発（中核機関：滋賀県森林センター）」の中で実施しています。



写真1. バカマツタケ子実体

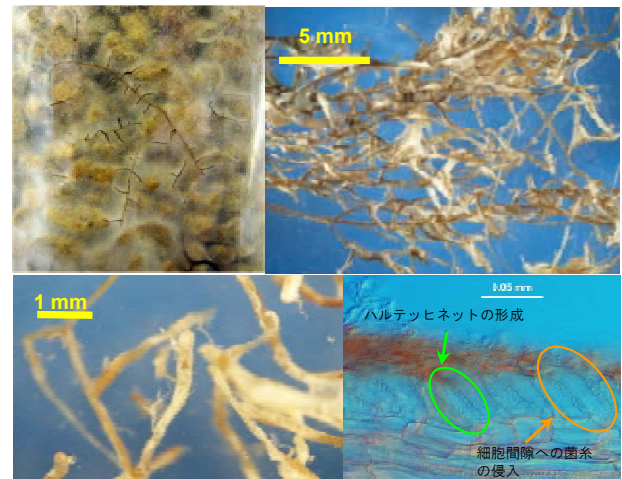


写真2. コナラ無菌苗に形成されたニセマツタケ菌根.

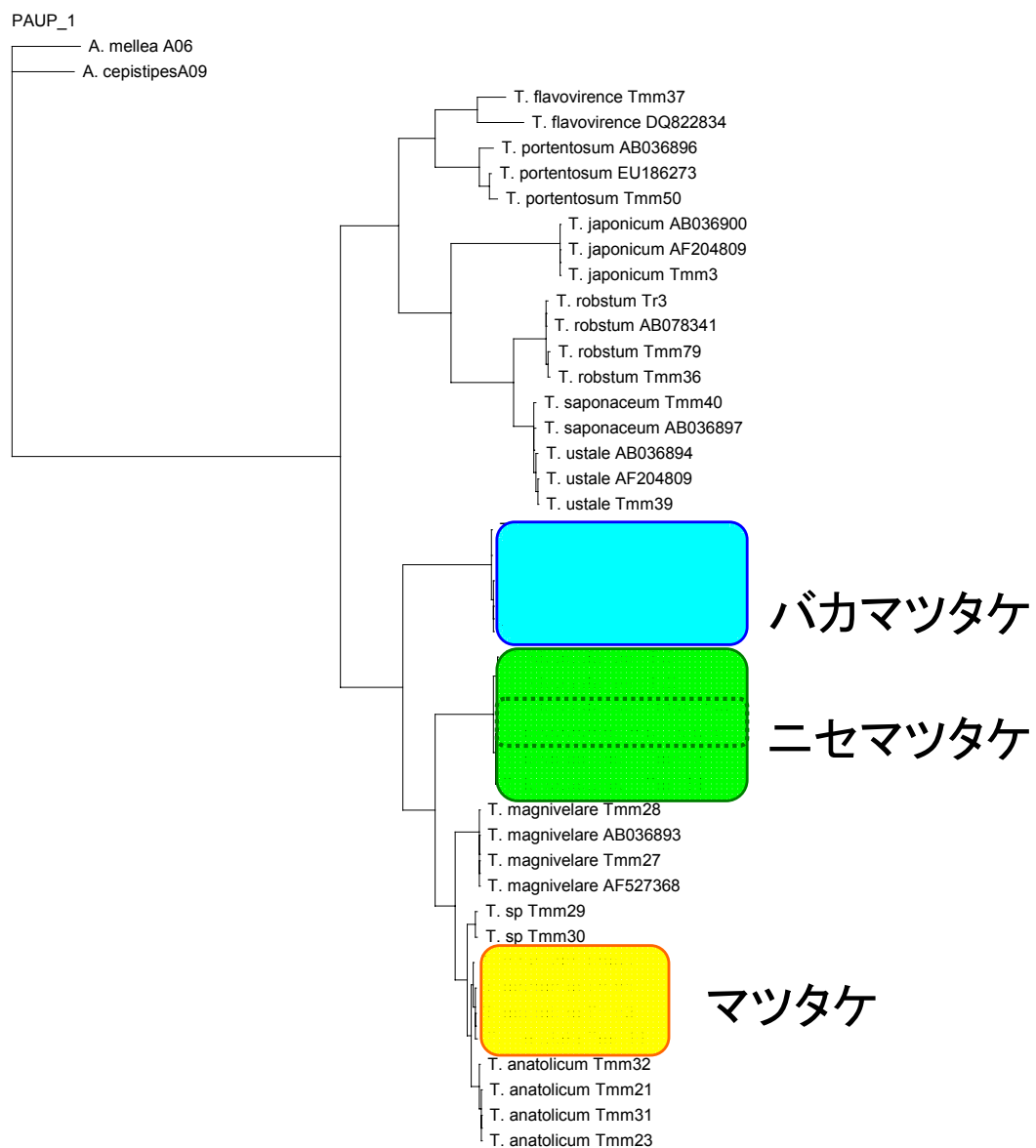


図1. ITS領域の塩基配列に基づいて作成したマツタケ近縁種のNJ系統樹。バカマツタケとニセマツタケは明瞭に識別できた。

特用林産物の高付加価値化技術の開発

きのこ・微生物研究領域

馬場崎勝彦

農林家の重要な収入源であるきのこ等特用林産物の生産は、輸入品の急増や大企業の参入で経営が厳しい状況にあります。このため、輸入品や企業による大規模生産、大量販売品との差別化が図れる商品や生産技術の開発が要望されています。ここでは、中山間地の中小生産者が主に栽培するヤマブシタケから、新たな機能性成分が数種得られたこと、本きのこの認知症に効果が期待される成分量が高く収量も高い栽培菌株が開発できたこと、ワラビのアクや発がん成分の分析法を開発し、これら成分量の少ないアクなしワラビが、安全・安心の付加価値をもつ商品となること等を示します。本成果は、農林家の収益増に繋がる特用林産物の差別化商品の開発で役立ちます。

きのこや山菜等の機能性成分は、これら食材に新たな価値を付加し、その需要や生産の拡大に役立ちます。当領域では、既に、平成19年度に、ブナシメジ、ハタケシメジ等きのこの機能性成分について報告しました。ここでは、実用技術課題で得た成果を示します。

ヤマブシタケの新たな機能性とその成分

ヤマブシタケは、神経成長因子の合成促進作用を持つヘリセノンやエリナシンを含有しますが、新たに、アルツハイマー病の病因のうちの原因として知られているアミロイドβペプチドの毒性を抑制する物質（小胞体ストレス抑制物質）を本キノコから発見し、3-ヒドロキシヘリセノン-Fと命名しました（図1）。また、エリナシンJ,Kや新規抗メリシチン耐性黄色ぶどう状球菌活性物質YUA-3も発見しました。

ヤマブシタケの高ヘリセノン含有株の作出

高付加価値をもつヤマブシタケの作出を目指し、認知症に効果が期待される機能性成分ヘリセノン類の含有量が高い菌株間で、交雑育種を行い、栽培品種と比べ、ヘリセノンの含有量が3倍程度高く、収量性もよい実用生産に適するヤマブシタケ交雑菌株を作出することに成功しました（図2）。また、高二酸化炭素濃度で、ヘリセノン含有量が増加することも明らかにしました。

高付加価値をもつワラビ

ワラビは、食卓に上る山菜としては、最もよく知られたものです。普通のワラビは、発がん物質のプタキロサイドを含み、アクが強く、その調理では、十分なアク抜

きが必要であることなど、手間や注意が必要な食材として、近年では敬遠される食材ともなっています。一方、山梨県、長野県の一部では、アクなしワラビが栽培され、調理が容易な高付加価値ワラビとして注目されています。しかし、その発がん物質やアクの含有量は不明でした。本研究では、発がん物質プタキロサイドとアクの分析法を開発し、アクなしワラビはアクが少ない上に、発がん物質のプタキロサイドの含有量が、普通のワラビの10分の1程度と少ないこと（表1）や、湯通しや醤油漬け等の調理法で、プタキロサイドが分解されることを明らかにしました。この成果は、アクなしワラビが、普通のワラビと比べ、安全・安心な食材である根拠となるばかりでなく、更なる安全へ向けた育種素材となることを示します。

本成果は、農林家の収益増に繋がる特用林産物の差別化商品の開発を可能にし、ひいては、中山間地域の経済の安定化や活性化に繋がります。

詳しい情報

- 1) 河岸洋和, ヤマブシタケの抗認知症効果, New Food Industry, 52(8), 40-46 (2010)
- 2) 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 19 (2007) <http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu19.pdf>
- 3) 関東・中部地域で林地生産を目指す特用林産物の安定生産技術マニュアル (2011) <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/project/tokuyourinsannbutsu.html>

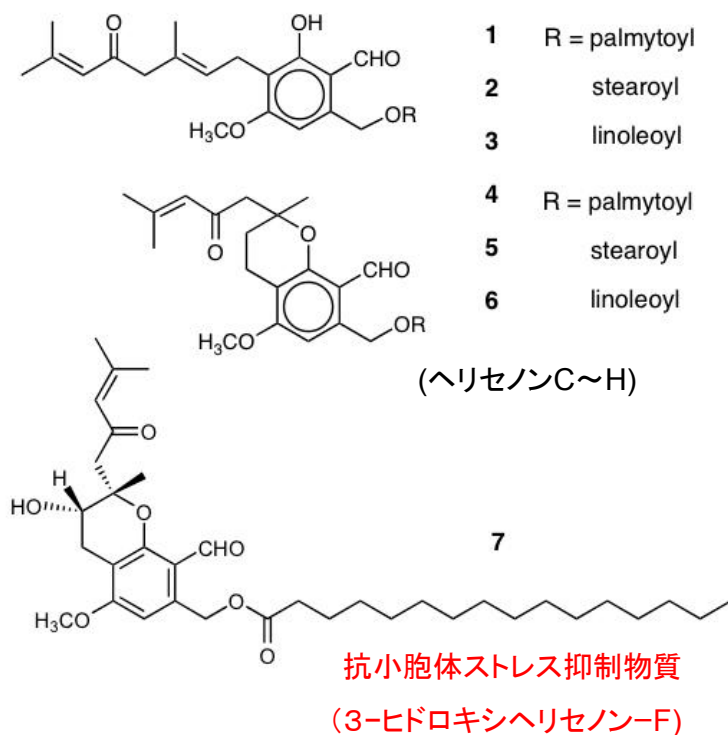


図1 ヤマブシタケから得られた抗認知症物質
1～6の成分は、認知症に効果が期待される神経成長因子合成促進物質です。7は、新たに発見したアルツハイマー型認知症の原因の一つとされるアイミロイドβペプチドの毒性を抑制する物質（抗小胞体ストレス抑制物質）です。これらは、ヤマブシタケの価値を高める機能性成分として認められています。



図2 高ヘリセノン含有ヤマブシタ
交雑菌株の作出
神経成長因子促進物質（図1の1～6）
の含有量を従来の3倍高めた実用的な
栽培菌株が出来ました。

表1 ワラビのプタキロサイド (PT) 含有量

採取場所	乾燥重量	PT 含有量	
		($\mu\text{g/g}$ dry)	対アクなし 比
富士河口湖町	0.5287	15.19	11.57
増穂町	0.5081	12.48	9.51
南アルプス市	0.5107	20.48	15.61
アクなし	0.5008	1.31	1
醤油漬け	0.5012	N.D.	—

N. D. : 検出限界以下

アクなしワラビは、一般のワラビと比較すると5～10%程度しか発がん物質プタキロサイドを含まないことが分かりました。さらに、5分間の湯通しで、プタキロサイドが殆ど無くなることも分かりました。このため、安全なワラビとして、普及が始まっています。

関東・中部の中山間地域を活性化する 特用林産物の生産技術の開発

きのこ・微生物研究領域

馬場崎勝彦

関東・中部地方の中山間地は、古くから首都圏等への特用林産物の供給地を担う。近年、きのこ生産への大規模生産企業の参入や特用林産物の輸入増加により、これら地域の中小の生産者の経営は非常に厳しい。本課題では、これら地域の特性を活かし、かつ、その活性化を行うため、大規模生産体系では実現できない自然活用型特用林産物の生産技術の開発を目指し、林地を活用した、きのこ、山菜等の多品目生産による通年収益生産法を開発しました。本技術は通年の収入と、消費者が納得する安全・安心、高付加価値のある「自然味」に溢れた特用林産物の提供を可能とするため、中小生産者の収益増に役立つと共に、中山間地の活性化に役立つ。

きのこ生産は、中山間地域の家族労働を主体とする中小の生産者が、里山等地域資源を利活用する形で発展させてきたが、企業参入による大規模生産や特用林産物の輸入増加は、その経営を著しく厳しくした。このため、大規模生産体系では実現できない、中山間地域の中小生産者の収益を安定化する多品目を長期に渡って生産する特用林産物の生産法の開発を行った。

特用林産物41品目の安定生産技術の開発

まず、関東・中部地方の11県に跨る研究機関が、ハタケシメジを中心に、新味があり、かつ、地域の特性を活かす7品目を選定し、全体として41品目（きのこ23品目、山菜15品目、木の実3品目）（表1）について、各品目に合う生産法を開発した。きのこでは、原木栽培法や短木栽培法は元より、殺菌原木栽培法、菌床埋設栽培法、廃菌床再利用栽培法、林下での簡易ハウスを用いる菌床自然栽培法、ムサキシメジの改変落ち葉マウンド法、ハタケシメジの誘導栽培法が開発された。また、降雨による泥はねによる子実体の汚染防止対策、銅線、木酢液、感電を利用するナメクジ防除法、防虫ネットを用いる虫害防除対策が開発された。山菜では、林床の照度と植栽適地の関係や除草等、作業の集約化による収益への効果が明らかにできた（図1）。

長期に渡り多品目を安定的に生産する技術

自然栽培による新鮮なきのこや山菜は、消費者が求める食の安全・安心や、高付加価値を持つ「自然味」に溢れ良い商品であるが、一方で、単品目の生産時期は限定される。このため、生産者の年間の収益の増加と平準化

を目指し、秋から春先に発生する原木シイタケ、春から初夏が旬の山菜、梅雨期と初秋のハタケシメジ、夏場のアラゲキクラゲ、ヤナギマツタケ、秋から冬へ向けた原木マイタケ、ナメコ、ムラサキシメジ、エノキタケ等きのこの栽培を、地域に合わせて組み合わせた多品目による長期に渡る生産法を開発した。

里山伐採木等地域資源の利用

里山等の地域資源の利用は、コストの削減や中山間地の整備や活性化に役立つため、関東南部に分布する未利用樹マテバシイや廃菌床のきのこ栽培基材としての利用法を開発した。マテバシイのオガ粉は、シイタケ、マイタケ、タモギタケ等きのこの培地基材として役立つこと、マイタケ廃菌床堆肥を用いるハタケシメジ露地栽培法や、ハタケシメジ廃菌床の再ブロック化栽培法を開発し、両法は、ハタケシメジの生産コストの低減に役立つことを明らかにした（図1）。

詳しい情報源

1) 農林水産省高度化事業 18021「関東・中部の中山間地域を活性化する特用林産物の生産技術の開発」中間報告集Ⅰ、平成20年11月発刊、森林総合研究所 (http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/project/documents/chukanhoukoku_1.pdf)

2) 関東・中部地域で林地生産を目指す特用林産物の安定生産技術マニュアル（2011）
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/project/tokuyourinsannbutsu.html>

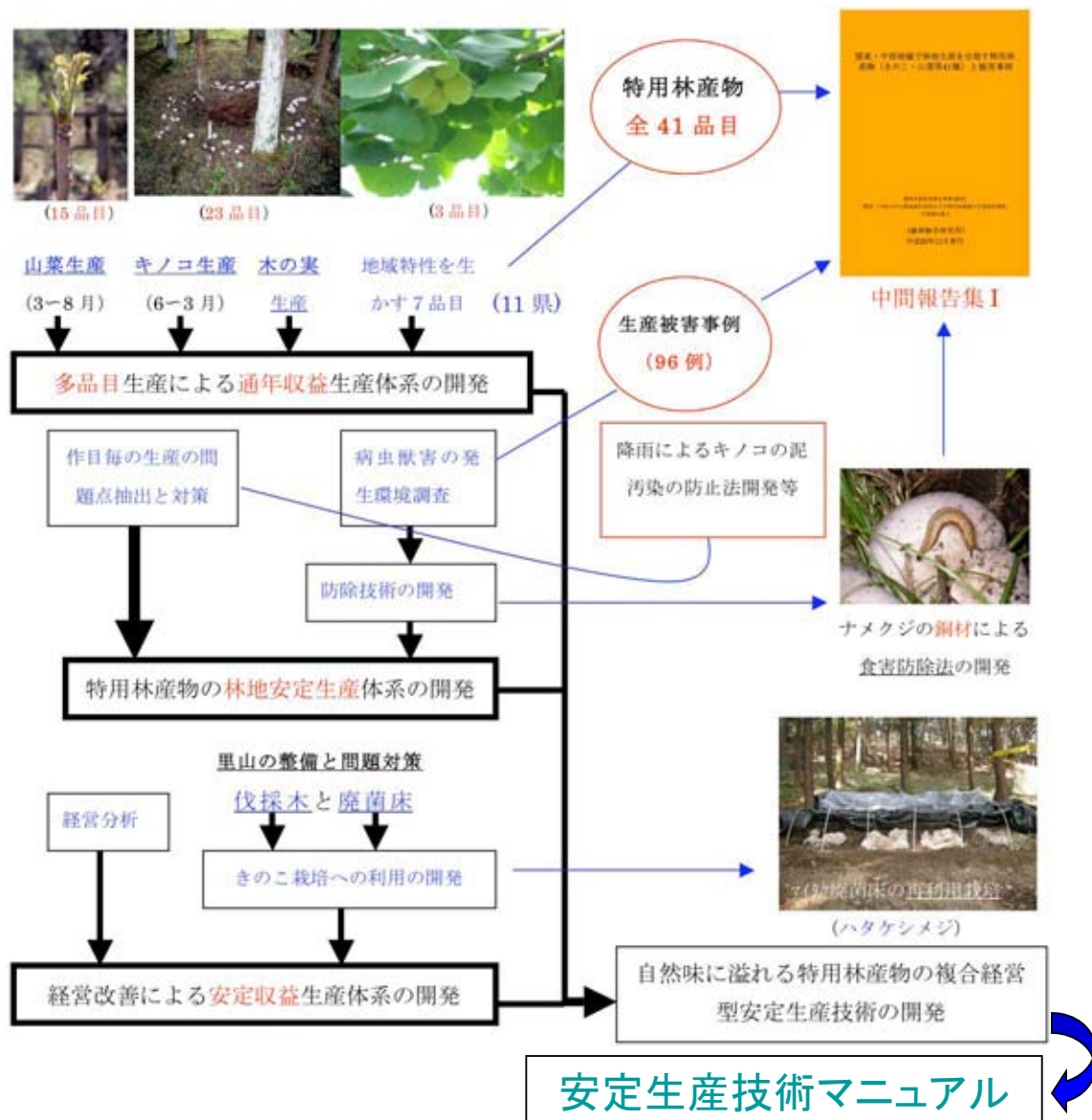


図1 開発の流れとその成果

表1 林地での生産に用いた特用林産物

きのこ23品目

アラゲキクラゲ、ウスヒラタケ、エノキタケ、キヌガサタケ、クリタケ、サケツバタケ、シイタケ、シロナメツムタケ、タマショレイタケ、タモギタケ、チャナメツムタケ、トキイロヒラタケ、ナメコ、ニオウシメジ、ヌメリスギタケ、ハタケシメジ、ヒラタケ、マイタケ、マンネンタケ、ムキタケ、ムラサキシメジ、ヤナギマツタケ、ヤマブシタケ

山菜15品目

イッポンワラビ、ウコギ、ウド、ウワバミソウ、オオナルコユリ、オオバキボウシ、コシアブラ、ゼンマイ、タマブキ、ワサビ、ハンゴンソウ、フキ、モジシガサ、ワラビ

木の実3品目

サルナシ、クリ、ギンナン

Memo.

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

発行日	平成23年3月
編集・発行	独立行政法人 森林総合研究所 茨城県つくば市松の里1 電話 029(873)3211 (代表)
お問い合わせ	企画部研究情報科
メールアドレス	kanko@ffpri.affrc.go.jp
ホームページ	http://www.ffpri.affrc.go.jp
印刷所	大成印刷株式会社 茨城県日立市東多賀町4-11-7 電話 0294(36)1837 (代表)

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所の許可を得て下さい。

森林総合研究所

第2期中期計画成果集

独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里1 URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

リサイクル適性の表示:紙へリサイクル可