

[森林総合研究所 第1期中期計画成果集20]

安全で快適な住宅を造るための 木材利用研究



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

はじめに

日本の住宅は、木、鉄、コンクリートなどで造られていますが、都市中心部にある集合住宅は別として、戸建て住宅についてみれば、新設の約80%が木造住宅であり、木で造られた住まいに対する国民の人気の高いことが分かります。この豊かな木の文化をはぐくむためには、木造住宅をより安全で快適なものにするとともに、国産材を有効に活用する技術を発展させることが重要です。この資料は、そのような目的で平成13年度から平成17年度にかけて行った研究の主な成果をまとめたものです。この資料が、皆様の生活やお仕事のお役に立つことを期待致します。

平成18年6月
独立行政法人 森林総合研究所
研究コーディネータ 神谷文夫

本冊子は、森林総合研究所の第1期中期計画の中の「安全・快適性の向上を目指した木質材料の加工・利用技術の開発」研究の主な成果をまとめたものです。

中期計画の概要（ケ分野）

- ケ 循環型社会の構築に向けた木質資源の利用に関する研究
（安全・快適性の向上を目指した木質材料の加工・利用技術の開発に関する研究）
 - （ア）安全・快適性の向上を目指した木質材料の利用技術の開発
 - 木材特性の解明及び評価手法の開発
 - 住宅や中・大規模木質構造物の構造安全性の向上
 - 木質居住環境の改善
 - （イ）国産材の加工・利用技術の開発
 - スギ材の効率乾燥技術の開発
 - 住宅部材の性能保証のためのスギ乾燥材生産システムの構築
 - 木材加工技術の高度化

編集委員会

編集委員長

研究コーディネータ 神谷 文夫

編集委員

木材特性研究領域長 外崎 真理雄
加工技術研究領域長 黒田 尚宏
構造利用研究領域長 林 知行

表紙デザイン・レイアウト 松村ゆかり

目 次

木材を使用する上での基礎技術

日本産広葉樹を見分けるためのデータベース ……4

ウェブ上で検索可能な識別データベースを開発し公開しました。

スギの材質の樹幹内変動 ……6

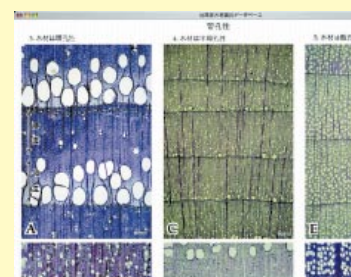
心材含水率、丸太の動的ヤング係数、収縮率などの材質の樹幹内変動を品種別に解析しました。

製材品の強度データベース ……8

木質構造物を設計する時に必要な構造用製剤の強度データベースを開発しました。

セルロースから電子材料を作る ……10

セルロースなど天然高分子を基とした材料の製造とその評価方法を提案しました。



木質構造を安全で快適なものにするために

木橋の安全性を超音波で監視する ……12

超音波伝播速度を測って、統計的に解析することにより、木橋の劣化状態が監視できるようになりました。

接合部や耐力壁などの実験データを自動的に解析するソフトウェア ……14

複雑な手順が必要な各種の強度特性を自動的に評価するソフトウェアを開発しました。

厚い合板で地震に強い床を造る ……16

通常の12mmより厚い24mmまたは28mmの構造用合板を利用して地震に強い床構造を開発しました。

厚い合板で地震に強い耐力壁を造る ……18

通常の12mmより厚い24mmまたは28mmの構造用合板を下地板に用いて、強度の高い大壁仕様と真壁仕様の耐力壁を開発しました。

木質構造接合部の補強・補修方法とその効果 ……20

大きな変形を受けて強度が低下した接合部を、減圧を用いた新しい注入方法でエポキシ樹脂を充填する補修方法を開発しました。

建築廃材木炭による床下の調湿 ……22

床下に木炭を敷きつめると床下の湿気を減らせること、その効果が5年以上持続することが分かりました。



木材をうまく加工するために

スギ丸太を用途によって仕分ける技術 ……24

丸太を動的ヤング係数と密度で仕分けをして製材したところ、ヤング係数が高く、含水率が低い製材の割合が高くなることが分かりました。



高温・高圧による乾燥処理過程で木材性質はどう変わる ……26

高温・高圧条件で乾燥すると木材が極めて軟らかくなり、乾燥割れや狂いの発生を少なくできることが分かりました。

スギ心持ち材を短時間で乾かす方法 ……28

温度を高くすれば速く乾燥できますが、処理を誤ると割れ、変色等の問題が起こります。これらを解決する新しい乾燥処理方法を開発しました。



スギ乾燥材の品質を保証するために ……30

人工乾燥によって、寸法安定性は向上しますが、強度や耐久性は乾燥条件によって低下する場合のあることが明らかになりました。

スギ乾燥材を使うと強い構造物ができる ……32

乾燥の不十分な材料を用いると、建物の接合部や壁の強さは時間とともに増加しますが、初期剛性が低下し変形しやすくなることが分かりました。



木質廃棄物の粉碎エネルギーを減らす ……34

出力の大きな粉碎機を使用して短時間で粉碎すれば、消費電力量は減らせることがわかりました。



日本産広葉樹を見分けるためのデータベース

背景と目的

遺跡出土木製品や木製文化財に使われている樹種から、昔の木材資源や森林植生が見えてきます。また木材産業では、原材料をはっきりさせたり未利用樹種の活用のため、さらに木材が事件証拠物品に成ったりした時にも樹種の識別が求められます。そこで、森林総合研究所が持つ国内最多の木材標本を用いて木材識別データベースを開発し、一般の方や外部の専門家にも利用可能な形で公開することを目的としました。

成果

この5年間に東北から沖縄にかけて木材標本採集を行い、2373点の標本を蒐集しました。これにより新たに45種の標本を加えることができ、地域的な変異も分かるように標本を充実させました。その結果、日本産木本植物の約65%にあたる818種が標本庫に収蔵されました。このうち750種について、特徴を調べ国際木材解剖学者連合の識別コードにより、ウェブ上で検索可能な識別データベースを開発し公開しています。また識別コードに対応する形態の顕微鏡写真と解説を付けました。さらに検索結果のリストとリストアップされた樹種の顕微鏡写真

を見ることができます。

木材識別データベース作製の基礎となった情報を公開するために、日本産木材と木材標本庫のデータベースを公開しました。日本産木材データベースでは、木材標本採集時点の枝ぶり、腊葉標本、材鑑標本、光学顕微鏡像、走査電子顕微鏡像、実体顕微鏡像を公開しています。木材標本庫データベースでは標本の文字情報を公開しており、種名や採集情報が閲覧できます。これらにより、一般の方でも木材標本庫の標本に関する様々な情報にアクセスすることが可能となっています。

成果の活用

日本産広葉樹750種について、木材組織的特徴と識別拠点、および顕微鏡写真等の画像のデータベースを公開することにより、日本産広葉樹について、一般の方や専門家に利用されています。



詳しくは森林総合研究所木材データベース (<http://f030091.ffpri.affrc.go.jp/index.html>) をご覧下さい。

スギの材質の樹幹内変動

背景と目的

スギ材の需要拡大を図るため、製品の品質の保証、ニーズに即応した木材の供給体制の確立が求められています。スギは材質の変動が大きく、品種やクローンの違いなど遺伝的な要因や、個体内の部位によって材質が異なります。このため、原材料としてのスギの品質を分類・選別する必要があります。ここでは、ヤング係数や含水率が異なる品種を対象に、いくつかの材質についてその樹幹内の変動を解析することを目的としました。

成果

心材含水率の樹幹内変動

心材含水率は、地際付近で最も高く、樹幹上部で小さいという傾向が見られました(図1)。

丸太の動的ヤング係数の樹幹内変動

丸太の動的ヤング係数は、品種間及び丸太採取高さ間では差がありますが、それぞれのグループ内の変動係数は、一部を除いて5～7%程度と小さな値でした(図2)。1番丸太と4番丸太の動的ヤング係数を比較すると、4番丸太は1番丸太よりも高く、有意差がみとめられました。一方、個体間には有意差がみとめられず、個体内の変動が個体間の変動よりも大きいことが明らかになりました。

収縮率の樹幹内変動

収縮率の半径方向の変動パターンは品種によって異なりました。軸方向収縮率は、樹幹内側で大きく外側で小さいものと、内側が外側と同程度に小さいものと2種類のパターンが見られました(図3)。前者のパターンはボカスギ、ヤブクグリ、アヤスギの3品種で、後者のパターンはリュウノヒゲとクモトオシの2品種で見られました。前者のパターンでは、樹幹下部で内側と外側の収縮率の差が大きく、樹幹上部ではその差は小さいという、樹幹内の高さによる変化がみとめられました(図4、5)。このような収縮率の違いは、細胞壁を構成するセルロースミクロフィブリルの角度(ミクロフィブリル傾角)が異なるために生じたと考えられます。

成果の活用

品種間の材質の違いは、製材や集成材工場がスギを利用していく上での加工性を判断する有益な情報になります。さらに、品種ごとに樹幹内における収縮率などの材質変動を考慮して木取りを設定することにより、原木を適切に選択し、それぞれの用途に適した製材をより効率的に行うことができます。



詳しくは「ボカスギとリュウノヒゲスギの収縮率の樹幹内変動」、山下香菜、平川泰彦、中谷浩、池田元吉、日本木材学会大会研究発表要旨集、53、p.59(2003.3)をご覧ください。

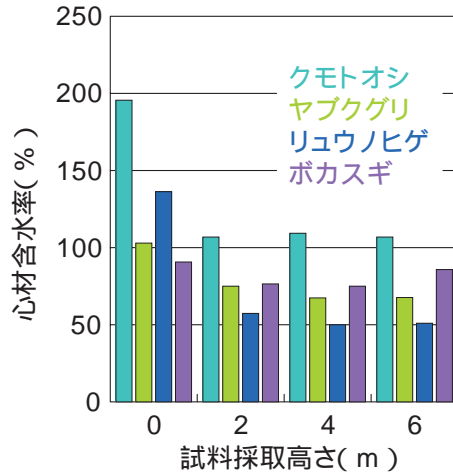


図1 スギ4品種における試料採取位置(樹高)別心材含水率
試料採取高さは、含水率測定のための円盤を採取した高さです。

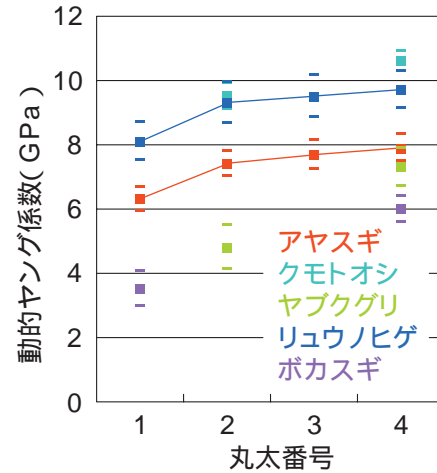


図2 スギ品種における丸太採取位置(樹高)別に算出した動的ヤング係数の平均値及び標準偏差
丸太番号は、長さ2mの丸太を樹幹の下から順に採取した場合の番号を示しています。

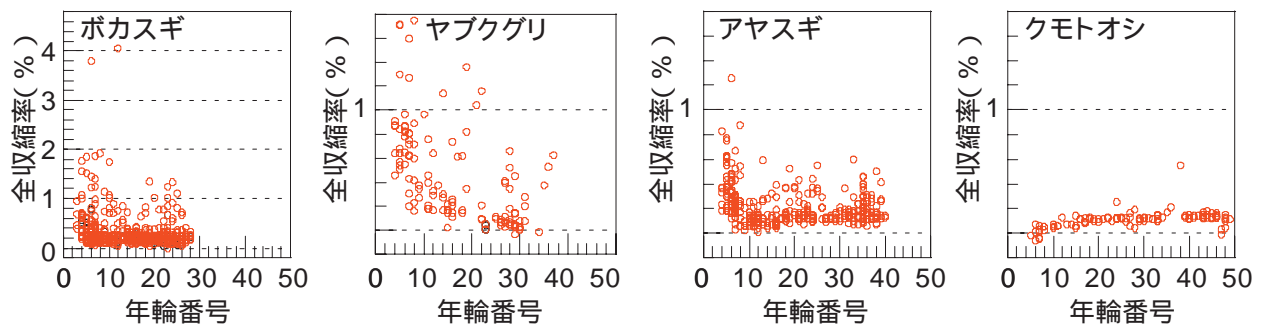


図3 スギ4品種における軸方向収縮率の年輪による違い

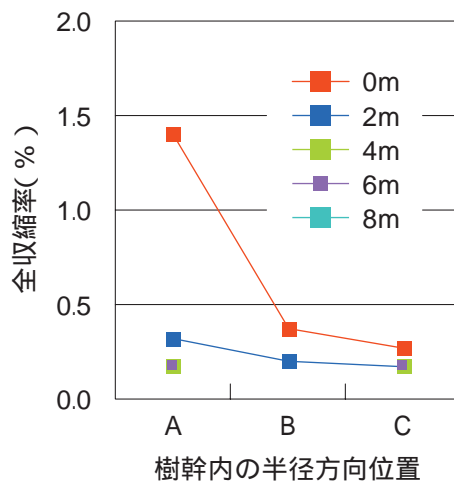


図4 ボカスギにおける軸方向全収縮率の位置による違い
A、B、Cはそれぞれ樹幹内部、中間部、樹幹外部を示しています。

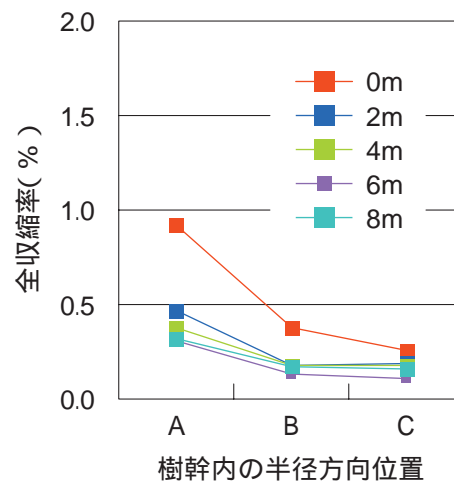


図5 アヤスギにおける軸方向全収縮率の位置による違い
A、B、Cはそれぞれ樹幹内部、中間部、樹幹外部を示しています。

製材品の強度データベース

背景と目的

建築基準法の建築基準が仕様規定から性能規定へ改正されたのに伴って、木材と木質材料の強度性能を明確化することがますます重要となってきました。そこで、製材品の樹種および等級ごとの強度特性を明らかにするため、国公立試験研究機関で得られた強度データを集積して、「製材品の強度性能に関するデータベース」を開発することを目的としました。

成果

日本農林規格や強度基準値の改訂等に役立てるため、1995年から森林総研が事務局となって、全国の公立試験研究機関から製材の強度データを収集してきました。

しかし、データの増加に伴って市販の表計算ソフトでは対応できなくなるなど、いくつかの問題が生じてきました。

そこで、データ管理のための専用のソフトウェアを開発しました。この新しいデータ管理システムでは、入出力が容易になったばかりでなく、不正確なデータの確認や誤ったデータの修正が容易になりました。また、ネットワークによるデータの共有化に備えて、端末からのアクセスと操作も可能となりました。

製材品の強度データベースのイメージを図1に示しました。本データベースは、現在公立の32試験研究機関の協力を得て、運営されています。強度データおよびそれに関わる情報は、統一された形式で森林総合研究所に集積され、一括管理されています。

現在、データベースに収められているデータ数およびその内訳は表1のとおりです。今後は、データ数の少ないめり込み・せん断強度データを充実させるとともに、運用方法について協力機関と検討していく必要があります。

成果の活用

「製材品の強度性能に関するデータベース」に蓄積された強度データは構造用製材の日本農林規格の改正や「木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 -」（日本建築学会）の設計値として採用され、木質構造の設計に活用されています。



詳しくは「製材品の強度性能に関するデータベースの紹介」、加藤英雄、木材工業、57(6)、263-265(2002.6)及び「強度データベース」、長尾博文、最新木材工業事典、日本木材加工技術協会発行、78-79(1999.2)をご覧ください。

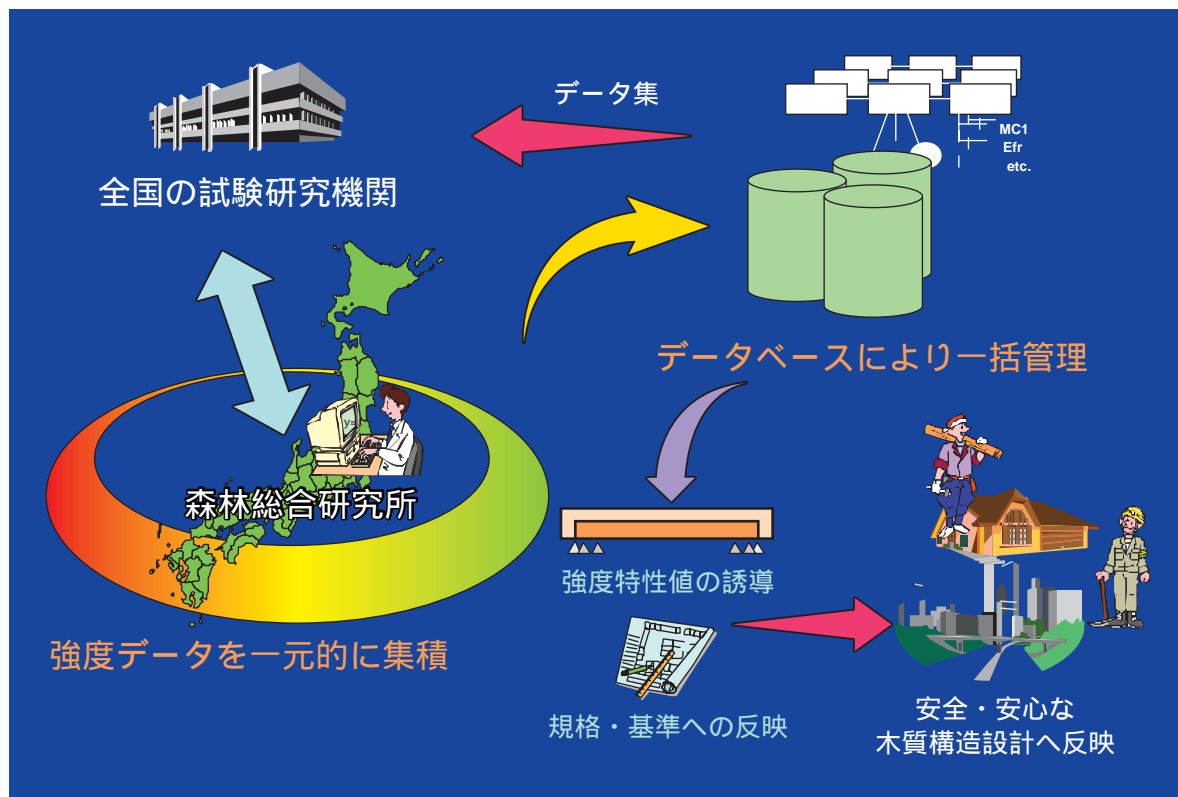


図1 構造用製材の強度データベースのイメージ

表1 集積されている強度データ数とその内訳（平成17年5月現在）

樹 種	曲げ強度	縦圧縮強度	縦引張り強度	めり込み強度	合 計
アカマツ	936				936
カラマツ	1,136	219	496		1,851
エゾ・トドマツ	499	126			625
ヒノキ	1,364	99	98		1,561
ヒバ	866				866
スギ	8,500	805	1,530		10,835
ベイマツ	660			461	1,121
ベイツガ	207				207
シベリア産エゾマツ	496				496
合 計	14,664	1,249	2,124	461	18,498

セルロースから電子材料を作る

背景と目的

コンデンサーには、これまでポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレンなどのプラスチックフィルムが広く用いられてきましたが、その後次第に高容量を求められ、誘電率の高いセラミックスが主流となりつつあります。しかし、最近になって電子機器や電力機器の小型・高性能化の流れに伴い、小型・高性能のコンデンサーの登場が強く望まれるようになりました。セラミックスは、欠点として壊れやすく加工しにくいいため小型化が困難なことがあります。そこで、高誘電率を持ち、加工しやすい材料である多糖類が注目され、特にシアノエチル化セルロース、シアノエチル化プルラン等が開発されています。本研究では環境に対して負荷の少ない天然高分子を用い、しかも電気的特性に優れた電子機能性材料開発を目的としました。

成果

シアノエチル化プルランやセルロースを主なバインダーとし、高誘電率を持つ圧電性セラミックスの粉末を均一に分散混合してシート・フィルムを熱圧成型しました。これで、圧電性セラミックスの量を調整することで、電気を蓄える性質を制御できるようになりました。さらにこのシート・フィルムに約5kVの高電圧を印加したまま冷却するポーリング処理を行うことにより、複合シート・フィルムに高い焦電性や圧電性を発現することができました。含有量やポーリングの条件によって、新しい電気的性質である強誘電性も出てきました。

用語説明

ポーリング処理：高温（約120 - 140℃）にした試料へ高電圧（数kV）を加え、そのまま冷却し、分極を固定する技術

圧電性：加えた力に対して分極を起こし、逆に電圧を加えるとひずむ性質

焦電性：温度に対して分極を起こし、電気が発生する性質

強誘電性：少しの刺激、例えば光などで、分極を起こし、電気が発生する性質

成果の活用

環境負荷の低い天然高分子であるセルロースから電気的特性および加工性に優れた電子部品用材料が開発できます。例えば高温で放電しにくい、誘電率が高い、発熱しにくい、高い電圧を加えても破壊しにくい性能に加え、高い焦電性、圧電性を持つ材料を試作し、特許申請を行っています。



詳しくは「複合フィルム・シートの強誘電性について」、鈴木養樹、セルロース学会年次大会講演要旨集、12:112-113(2005.07)をご覧ください。

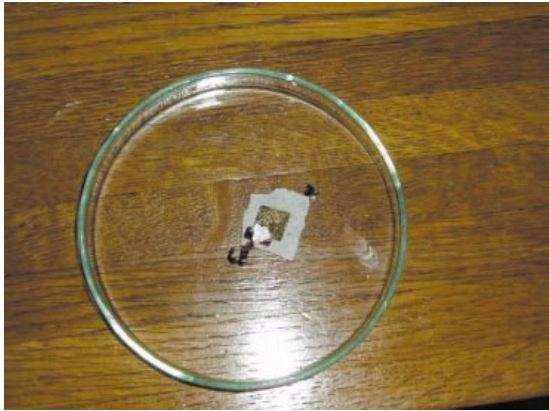


図1 作製した試料

CEP(シアノエチル化プルラン)/CEC(シアノエチル化セルロース)とBaTiO₃(チタン酸バリウム)/PZTを複合したシートへ150℃DC 3-5kVで室温まで冷却するポーリング処理を加えたもの

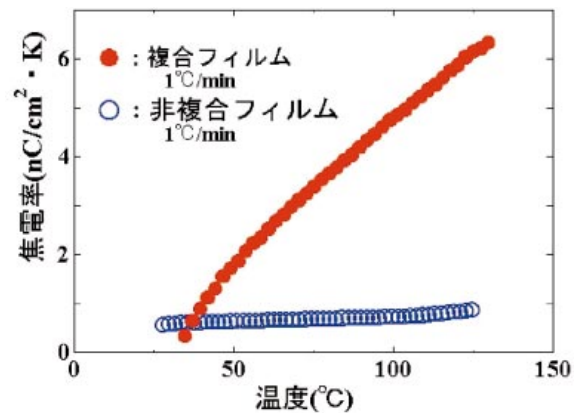


図2 焦電性の向上

焦電性とは、温度上昇に対応して、電荷が増える性質です。この図は複合化した方が、その効果が大きいことを表しています。

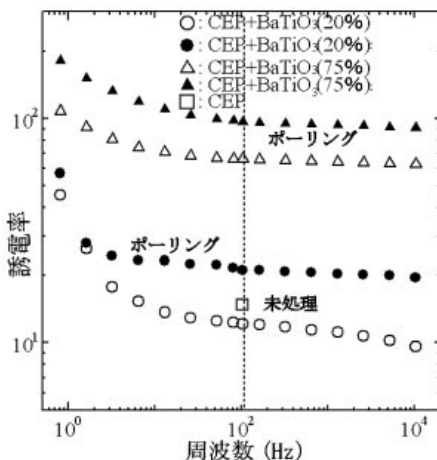


図3 複合・分極化した試料の誘電率

、はBaTiO₃を含みポーリング処理をしたものを示しています。複合しただけの、に比べて大きくなるのが判りました。

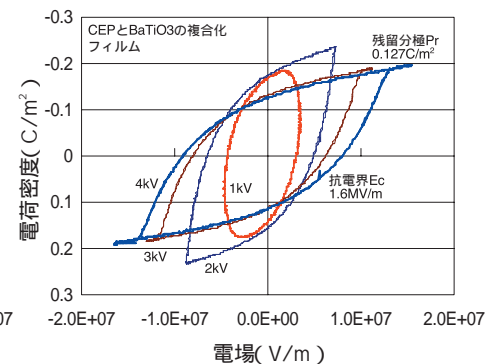
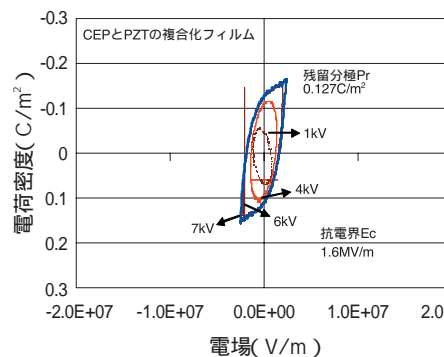


図4 複合・分極化した試料のヒステリシスカーブ

PZT, BaTiO₃いずれも電場の振幅を大きくすると、対応して楕円型ではなく、いす型に近くなります。強誘電的性質が現れると考えています。

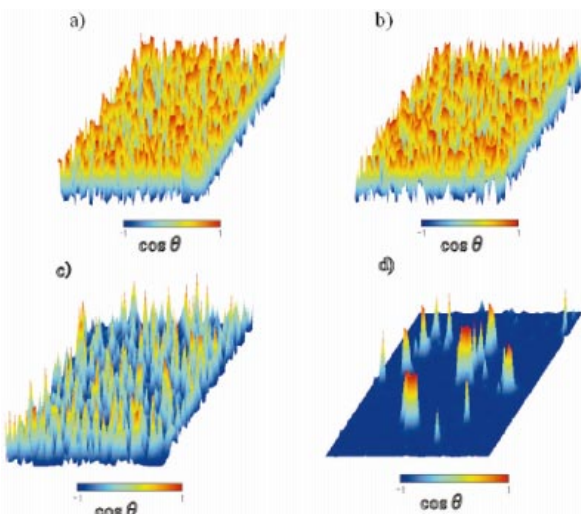


図5 複合・分極化による面内の誘電率の位相変化

a)はプルランのみ、c)はBaTiO₃を75%含み、ポーリング処理をしていないものです。b)はプルラン、d)はBaTiO₃を75%含んだものにそれぞれポーリング処理をしたものです。この図では青い部分が位相反転を起こしている部分です。これが多いほど、センサーとしての機能が高くなります。

走査型誘電率顕微鏡(SNDM)で観測した位相で比較したポーリング効果

木橋の安全性を超音波で監視する

背景と目的

自然景観の保全に対する取り組みの一つに、木橋建設があります。しかし、木材は腐る可能性があるため、定期的に点検を行って劣化の有無を診断する必要があります。劣化診断には、目視点検と機器による非破壊評価法がありますが、いずれも長所と短所があります。木材は、耐朽性に優れた樹種であっても、目視点検では分からない内部劣化が生じることがあります。機器による非破壊評価法のうち超音波を用いる方法には、1) 測定結果に客観性がある、2) 繰り返し測定が可能、3) 内部劣化を推定できるなど、優れた点があります。そこで、超音波を用いて木橋の劣化の有無と進行具合を監視する手法を開発することを目的としました。

成果

図1は、外部は健全であるが内部に劣化が生じたボンゴシという木材の木口面を撮影したもので、暗色部分が健全部、明色部分が腐朽菌によって腐った部分です。この材の超音波伝播速度を材に沿って測定すると、腐朽部分は約1,000～1,500m/s以下であることが分かります。

次に、図2のように現存する2つのボンゴシの橋を対象に、超音波伝播速度の測定を行いました。2つの木橋は、1991年に施工されたもので、構造形式も同じです。測定は1999年10月から開始し、その後毎年3月に実施しました。その結果、1号橋および2号橋とも、超音波伝播速度が1000m/sの累積確率は、測定開始時点から10%以上で、この時点

で既に腐朽があり、しかも年を追う毎に腐朽が進行していることが分かりました(図3)。

また、2つの橋の曲線を比較すると、1号橋の2000年3月と2号橋の2003年3月の曲線がほぼ一致することから、1号橋は2号橋より約3年分、劣化が進んでいると考えられます。さらに、毎年の曲線の変化から、劣化が進んでいる1号橋の方がより速い速度で劣化が進行していると推察されます。

このように超音波伝播速度を統計解析することにより、木橋の劣化状態と経時変化を監視できることが分かりました。なお、測定を行った橋は、監視を続けるとともに、補強を施して使用しております。

成果の利活用

本手法は、木橋全体の劣化状態と経時変化を定量的にモニタリングすることができるため、木橋の維持管理に活用され始めています。



詳しくは「木材を用いた土木構造物の劣化診断の開発」、加藤英雄、長尾博文、井道裕史、森林総合研究所所報、No.13、P10-11(2002.4)及び「非破壊試験法による木橋の劣化診断(その1)」、加藤英雄、鈴木憲太郎、長尾博文、井道裕史、木材保存、Vol. 31(1)、P12-19(2005.1)をご覧ください。

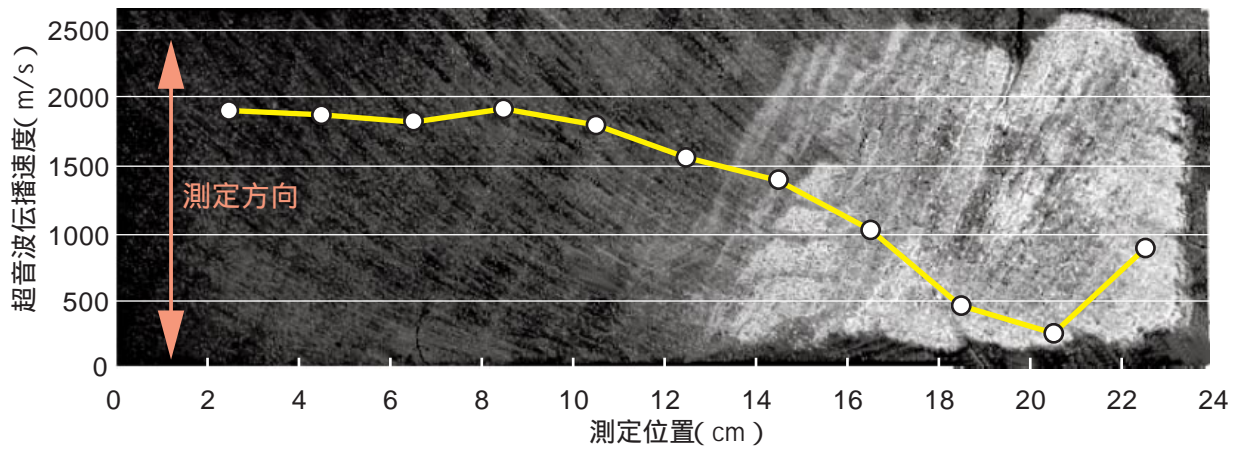


図1 ポンゴシの内部劣化の状態と超音波伝播速度との関係
(注)撮影面:木口面、暗色部分が健全部、明色部分が劣化部



図2 測定した2つの木橋

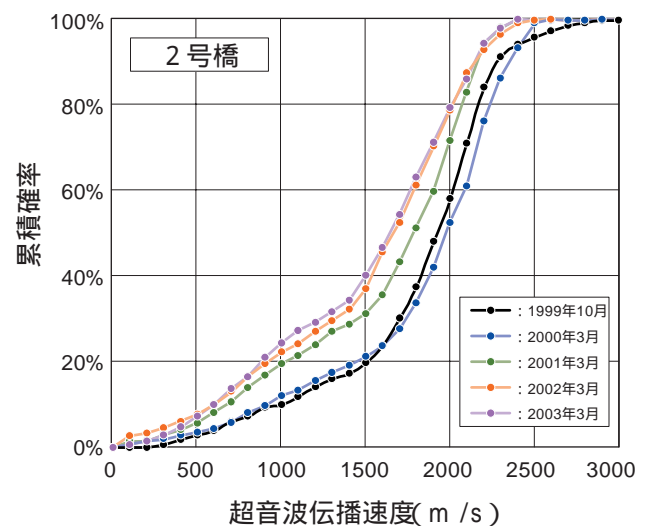
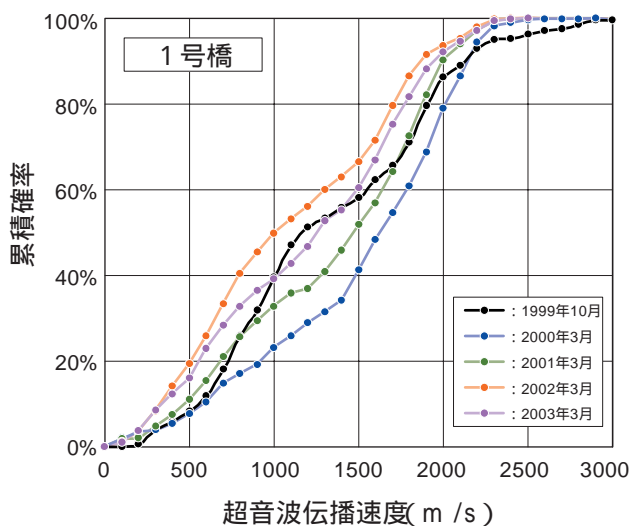


図3 1号橋と2号橋で測定した超音波伝播速度の累積確率曲線

接合部や耐力壁などの実験データを自動的に解析するソフトウェア

背景と目的

安全で安心な木造構造物を造るために、接合部や耐力壁などの強さと剛さを確かめるための強度実験が数多く行われています。一方、阪神大震災以降、これらの強度実験結果を解析し、評価する方法が複雑になりました。そこで、これらの実験データを自動的に解析するソフトウェアPickPointを開発することを目的としました。

成果

建物の設計に使う強度の特性値は、荷重と変形量との関係(荷重 - 変形曲線)から求められてきました。

デジタルの数値として収録された荷重 - 変形曲線から、強度特性値を自動的に解析するソフトウェアPickPoint（開発：軽部正彦）を開発し、ホームページ上で公開したところ、関係者から高い評価を受けました。

大きな反響を基に、プログラムの改訂を続けた結果、使いやすさが向上し、現在では強度試験用の定番ソフトウェアとして広く認知されるようになりました。

このように、基盤的なソフトウェアとして広く普及した結果、副産物として新たな展開が開けてきました。

従来、設計用強度を算出するために使われたデジタル実験データは、その強度特性値を決定した後、死蔵される傾向にあったのですが、本ソフトウェアの普及によってデータフォーマットの統一が図られたために、データの再利用やデータベース化が促進されるようになってきたのです。

成果の利活用

このソフトウェアはホームページに掲載されており、自由にダウンロードできるようになっています。アクセス数は既に3000件を超えました。



詳しくは <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/etj/karube/PickPoint/> をご覧ください。

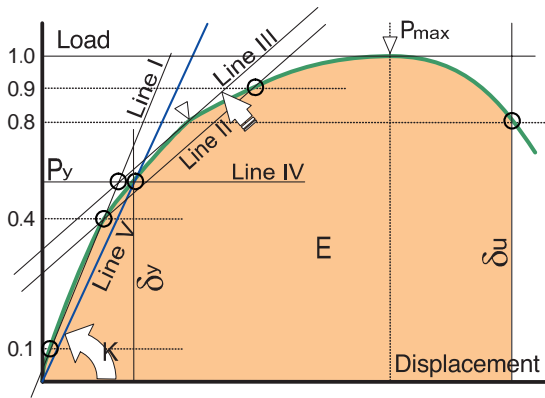


図1 荷重変形曲線と強度特性値の誘導例

Form_Main [抽出結果]

INDEX	項目	値
1	読み込みファイル名	HC82401.CSV
2	ファイルパス	C:\Documents and Settings\...
3	実験名など	真鍮線素材材受変位金物せ...
4	縦軸	ロードセル荷重
5	横軸	変中央変位
6	Pmax	11.7382
7	0.0Pmax	42.25
8	対象データ数	206
9	処理結果	OK(Bi-Linear)
10	初期剛性	考慮しない
11	0.01Pmax	0.898571
12	0.04Pmax1	5.698
13	0.04Pmax2	5.698
14	0.09Pmax	29.1449
15	曲線に接する点P	7.64452
16	曲線に接する点D	12.62
17	二直線の交点Py	6.54177
18	二直線の交点D(Py)	9.21456
19	曲線上の点δy	9.07625
20	0.08Pmaxδu	42.54
21	初期剛性K	0.720757
22	Energy	360.692
23	Pu	10.1633
24	0.0Puδv	14.1009

図4 ソフトウェア処理による各種データの表示例

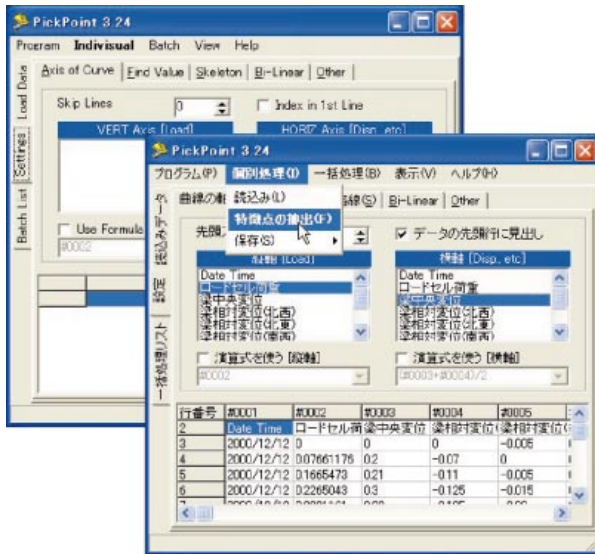


図2 実験データの読み込み設定画面例

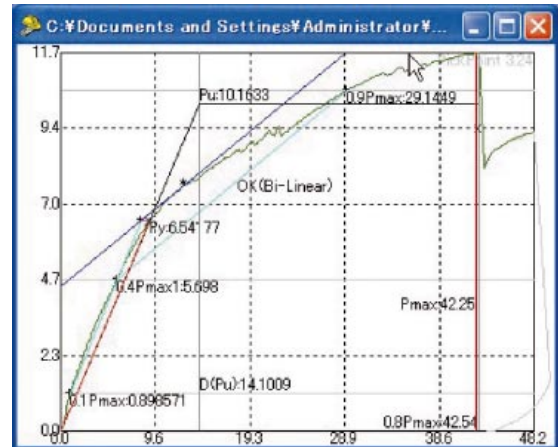


図5 ソフトウェア処理による特性値の表示例

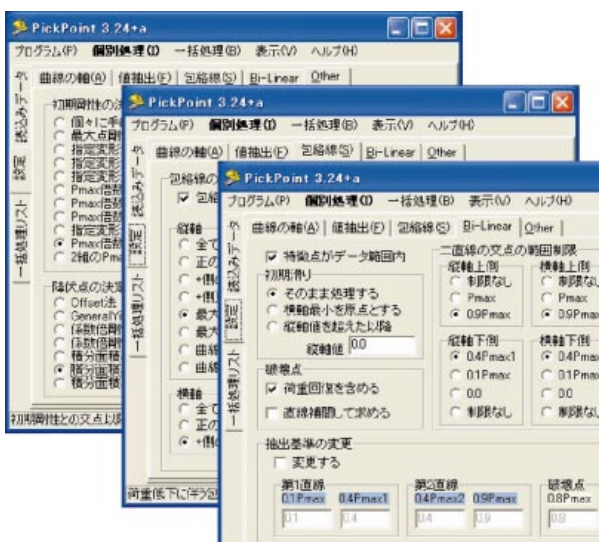


図3 特性値抽出条件の設定例

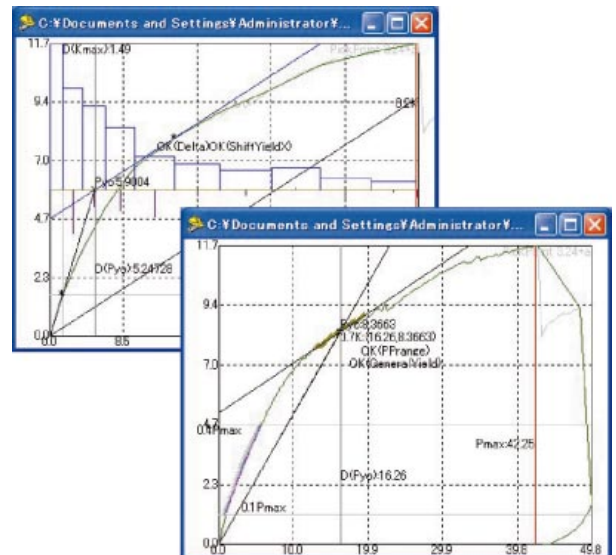


図6 異なる強度特性評価方法の適用例

厚い合板で地震に強い床を造る

背景と目的

地震に強い住宅を造るためには、筋かいや合板を張った耐力壁をしっかりと入れるだけでなく、床を強固にすることが重要です。本研究では通常の12mmより厚い24mmまたは28mmの構造用合板を利用して地震に強い床構造を開発することを目的としました。また、厚い合板の利点を活かし、遮音性や耐火性の向上を図りました。さらに、外国産材による合板だけでなくスギやアカマツなどの国産材による合板を利用可能にすることを目的としました。

成果

床の構造解析に基づき、従来の厚さ12mmの合板を張った床の約2倍の耐力がある床構造を設計するとともに、実寸大の床の耐力実験を行い、その耐力性能を確認しました（図1）。

合板の原料は外国産材が主ですが、スギ、アカマツ、カラマツの国産材だけで、あるいはこれらと外材を組み合わせた合板を製造し、曲げ、せん断、釘接合などの強度試験（図2）を行い、強度性能を確かめました。床の遮音性能試験を行い、遮音性能が12mmの場合より優れていることを証明しました。また局部集中荷重試験（図3）を行い、特別に補強

しなくてもピアノ等の重い家具を載せられることが分かりました。

さらに、厚さや樹種を変えた合板の燃焼試験を行い、その結果を基に、建築基準法による45分の準耐火性能を持つように床構造の仕様を決定しました。この仕様について評価機関で公式の耐火試験（図4）による評価を受け、国土交通大臣より45分準耐火床構造の認定を取得しました。この仕様は厚さが28mmに限定されますが、合板の樹種に制約はなく、12mmの場合のように上部をモルタルや石膏ボードで覆う必要はありません。

成果の活用

成果は合板工業組合に受け渡され、この床構造はネダノンと命名され、その正しい施工法と設計のためのマニュアルが作成されました。その結果、18年には建てられた在来工法住宅の半数近くにネダノンが採用されました。その中でスギ合板の人気は上昇中で、同年にはスギの原木80万立方メートルが利用され、国産材の活用に貢献しています。



詳しくは 東京合板工業組合、東北合板工業組合、「ネダノンマニュアル」をご覧ください。



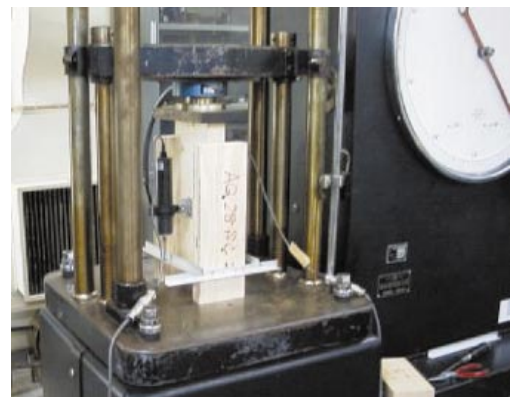
図1 実大寸法の床の耐力試験
12mm合板の場合の約2倍の耐力



曲げ試験740体



面内せん断試験144体



釘接合強度試験177体

図2 合板の強度試験



図3 床の局部荷重試験
ピアノに対する補強は不要



図4 耐火性能試験
45分準耐火認定取得

厚い合板で地震に強い耐力壁を造る

背景と目的

近年、我が国の木造住宅では、厚物合板を床下地材に使う根太を省略する構法が採用されるようになりました。これに伴って、合板の需要、とりわけ国産針葉樹材の使用量が増加しました。本研究では、国産針葉樹材の更なる需要増加と厚物合板の新たな用途開発を目的として、軸組に厚物合板を様々な方法で取り付けけた耐力壁の静的加力試験を行い、厚物合板の強度特性を有効に活用し得る造り方を開発することを目的としました。

成果

長さ1820mm、高さ2730mmの軸組に厚物合板を釘打ちして耐力壁を作成し、静的加力試験を行いました。

厚物合板には、日本農林規格（JAS）特類2級の構造用合板を用いました（樹種はスギ）。

合板の張り方は大壁仕様（軸組の面外方向から釘打ちする方法）、真壁仕様（軸組内に面材をはめ込む方法）の2種類とし、合板の厚さ、釘の種類、釘打ちの間隔等を変化させました。

得られた荷重 - 変形関係から壁倍率の評価を行いました。“壁倍率”とは壁の強さを表す数値で、建築基準法施行令等で代表的な耐力壁の倍率が定められています。例えば、二つ割り筋かい1本を用いた軸組の場合、倍率は2倍となります。

大壁仕様では、厚さ24mmの合板をCN75釘を用いて100mm間隔で留め付けた時に最も高い性能を示し、倍率は5.8倍となりました。最大荷重が約45kNと非常に高く、75mmの長い釘を用いることで変形性能も十分あり、耐力壁としては理想的な性能を示すことが分かりました。真壁仕様では厚さ24mmの合板をCN75釘を用いて100mm間隔で留め付けた場合（受け材の留め付けはCN90釘で150mm間隔）に倍率5.6倍が得られました。最大荷重は大壁仕様より若干低いものの、合板が軸組内で突っ張ることで最大荷重後も荷重低下が起きにくいという特徴があり、粘り強い変形性能を示すことが分かりました。

成果の利活用

本研究の成果を元に、東京・東北合板工業組合では壁倍率としては最高限度である5倍の国土交通大臣認定を取得し、木造住宅における高倍率耐力壁として利用することが可能となりました。これによって、従来の筋かい耐力壁に取って代わることで、間取りを変えずに木造住宅の高耐震化を図ることが可能となります。また、大きな開口部や開放的な間取りがとれるようになります。



詳しくは「厚物合板耐力壁の構造性能」、青木謙治、杉本健一、青井秀樹、神谷文夫、谷川信江、木質構造研究会技術発表会技術報告集、vol.9、p.6-9、(2005.12)をご覧ください。



写真1 大壁仕様の耐力壁(試験終了時)

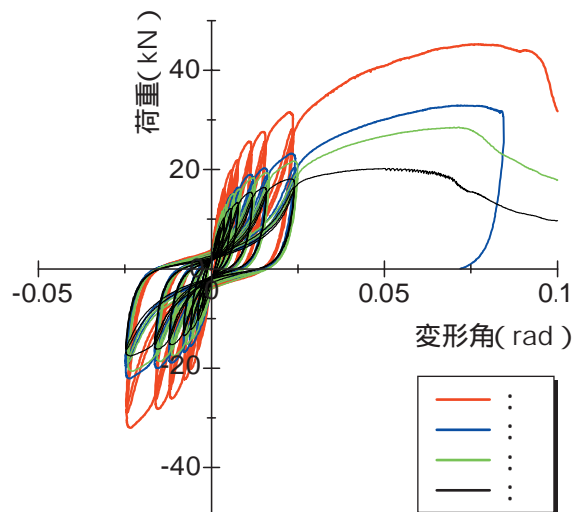
図1 大壁仕様の代表的な荷重 - 変形曲線
(凡例の丸数字は表1の丸数字に対応)

表1 大壁仕様の代表的な壁倍率

仕様(面材厚、釘種類、釘間隔)	壁倍率*
24mm厚、CN75釘、100mm間隔	5.83
4mm厚、CN75釘、150mm間隔	5.62
28mm厚、CN75釘、150mm間隔	4.36
28mm厚、N75釘、150mm間隔	3.53

* ばらつき係数や低減係数を考慮しない値



写真2 真壁仕様の耐力壁(試験終了時)

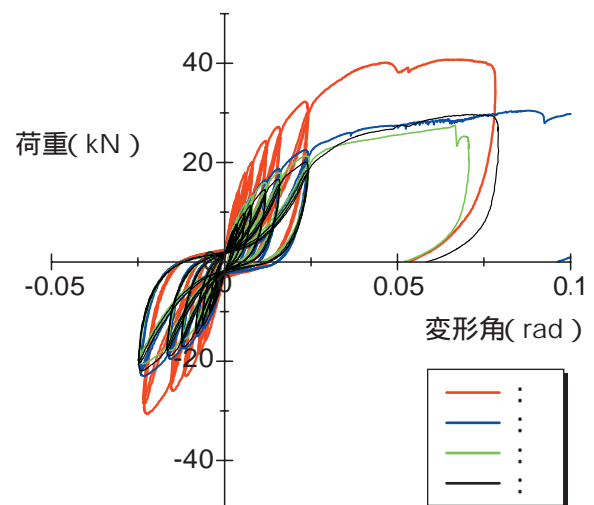
図2 真壁仕様の代表的な荷重 - 変形曲線
(凡例の丸数字は表2の丸数字に対応)

表2 真壁仕様の代表的な壁倍率

仕様(面材厚、釘種類、釘間隔)	壁倍率*
24mm厚、CN75釘、100mm間隔 受材の留付:CN90釘、150mm間隔	5.62
24mm厚、CN75釘、100mm間隔 受材の留付:CN90釘、300mm間隔	3.74
24mm厚、CN75釘、150mm間隔 受材の留付:CN90釘、300mm間隔	3.30
28mm厚、CN75釘、150mm間隔 受材の留付:CN90釘、300mm間隔	3.37

* ばらつき係数や低減係数を考慮しない値

木質構造接合部の補強・補修方法とその効果

背景と目的

大規模木造建築物等に用いられている鋼板挿入式ドリフトピン接合は、大地震などにより大きな力を受けると、ドリフトピンが曲がりながら木材にめり込むことでエネルギーを吸収します。この時、めり込む量があまりに大きいと木材には繊維に沿った割れが生じ、一旦このような損傷を受けた接合部は、たとえ破壊していなくても、交換するのが通常です。しかし、費用や時間的制約がかかることから、本研究は、使い続けられる補修方法を開発することを目的としました。

成果

コンクリート構造物では、生じた亀裂の表面をシール材で塞ぎ、接着剤を加圧注入して補修する方法が採用されています。しかし、この方法を木材の接合部に適用すると、接着剤が亀裂部分に届かなかったり、漏れ出したりして上手く補修できません。そこで「加圧」から「減圧」に発想を変えた新しい注入方法を開発しました。

まず、木材のめり込みや割れが生じた接合部（図1）全体を透明なシートで包み（図2）、接着剤をその中に流し込みます。次に、シートの上から接着剤を手で押さえながら直したいところに誘導し、包み込んだシート内部を家庭用の掃除機で吸引減圧します（図3）。

この方法では、接着剤の動きが見え、漏れ出すこともないので、補修の失敗がほとんどありません。

この方法の効果を確認するために、実大接合部を繰返し強制変形させた後に補修し、補修後に最初と同じ繰返し変形を加えて比べてみました（図4）。

最初に強制変形を繰り返したときには、徐々に復元力が落ち、変形が大きくなると繰返し一回一回の傷みも大きくなりました（図5、6の青線）。しかし、接着剤を充填して修復した後は、元の力を回復したばかりか、それ以上に強くなったものもありました（図5、6の赤線）。

接合部を解体してみると、最初の加力で生じためり込みや割れ損傷箇所接着剤が十分に充填されていたことが確認できました。

成果の活用

本研究は、当初震災等で被災した建物の補修を目的としていましたが、開発された技術の応用範囲は広く、経年劣化した文化財の補修、既存建物の補強、複合部材の製造現場への応用も期待されています。なお本研究で開発された減圧を利用したエポキシ樹脂注入充填方法は特許申請中です。



詳しくは 公開特許公報特開2004-353284「各種資材の修復・強化方法」（公開日：2004/12/16）をご覧ください。

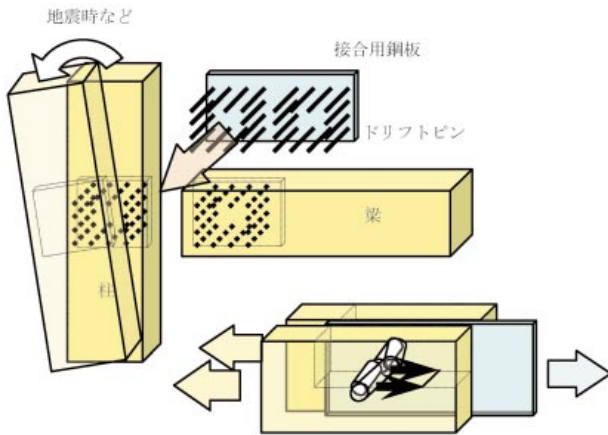


図1 集成材の接合部と損傷の模式図

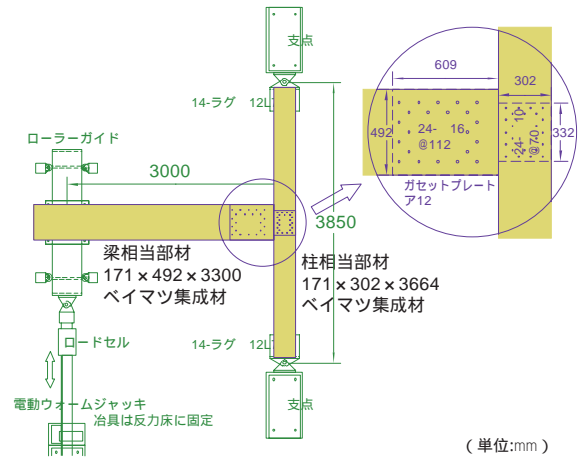


図4 実証試験体形状および加力装置

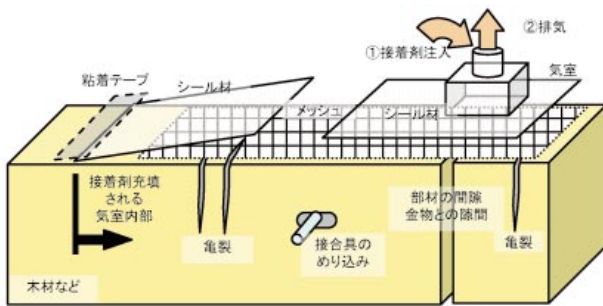


図2 接合部補修方法の模式図

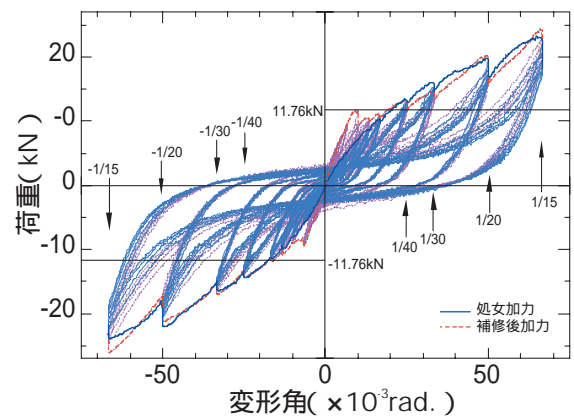


図5 荷重-変形角曲線の例



図3 接着剤充填補修作業の全景

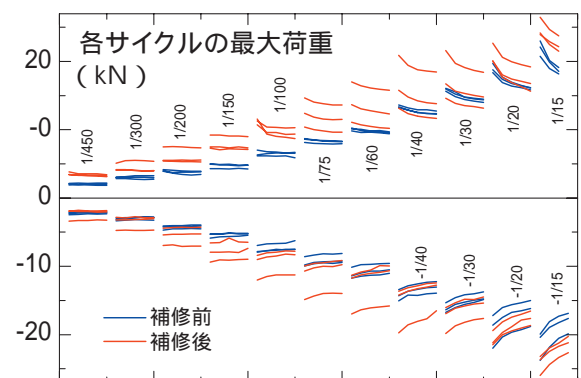


図6 各繰返しサイクル中の最大荷重

建築廃材木炭による床下の調湿

背景と目的

湿度の高い日本では、住宅内にこもる湿気が常々問題となっています。特に、床下の湿気は腐朽菌やシロアリ、カビなどの繁殖を招き、建物や居住者の健康に大きな被害を及ぼすことがあります。近年、床下に木炭を敷いて温湿度環境を改善する試みが行われています。中でも建築廃材から作られた木炭の利用は、木材リサイクルにもつながることから高い関心が寄せられています。

本研究では、木造実験家屋の床下に作った実大サイズのコンクリート製布基礎の中に木炭を敷きつめ、温度と相対湿度を長期間にわたって測定することにより、建築廃材木炭の床下調湿機能を明らかにすることを目的としました。

成果

温度・湿度センサーを実物大の布基礎内（地面から0.15mの高さ）に6カ所、隣接する地上高1.5mの百葉箱内に1カ所に設置しました。チップ状の建築廃材木炭約3kgが入った不織布の袋54個を布基礎内の地面に隙間がないように敷き詰め、布基礎の上を木製パネルで閉じました（図1）。温度と相対湿度の測定は、木炭を敷きつめる前1年間と敷きつめた後の5年間行いました。

温度の年変動を見ると、木炭を敷きつめる前と後では、床下内の温度の傾向にほとんど変化は見られません（図2）。床下の温度は、木炭を敷きつめる前後とも外気に追従して推移することが分かります。相対湿度は床下および外気ともに敷きつめる前では床下の

方が外気より常に高く推移しています（図3）。

これに対し、床下の相対湿度は木炭を敷きつめた後では低下し、外気との差は小さくなっています。温度は木炭を敷きつめる前後で変化がほとんどないのに対し、相対湿度は外気との差が小さくなっていることから、床下内部の空気中の水分量が低下して乾燥した外気の水準に近づいていることが分かります。

また、この傾向は木炭を敷いてから5年後も変化しておらず、木炭の調湿機能が持続していることが分かります。この研究の結果から、建築廃材木炭を床下に敷きつめることにより、床下の内部を調湿できること、また建築廃材木炭の調湿機能が少なくとも5年間は持続することが明らかになりました。

成果の利活用

出雲土建株式会社と共同研究を行い、建築解体材を原料とした床板調湿用木炭の最適炭化条件を確定することができました。



詳しくは「木炭敷設による床下の温度と相対湿度の年変動」、森川岳、末吉修三、森林総合研究所報告389、p263-266（2003）をご覧ください。

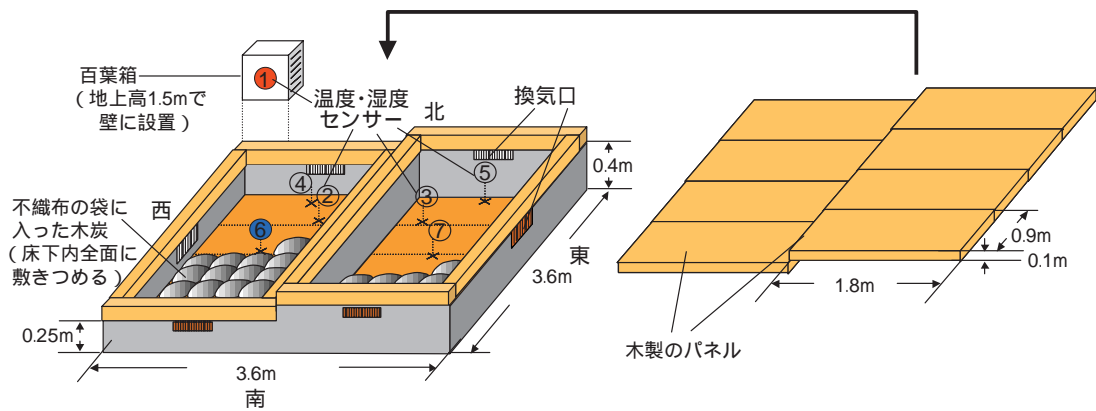


図1 実大サイズの布基礎モデル（ただし上部の建物は省略）

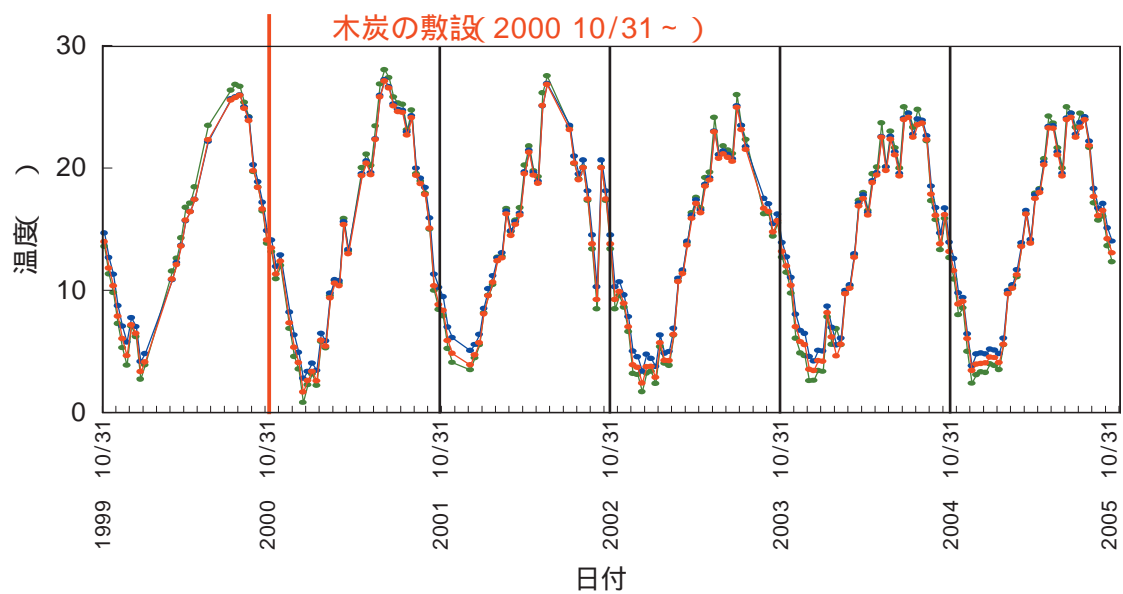


図2 木炭設置前1年間及び設置後5年間の温度の変化

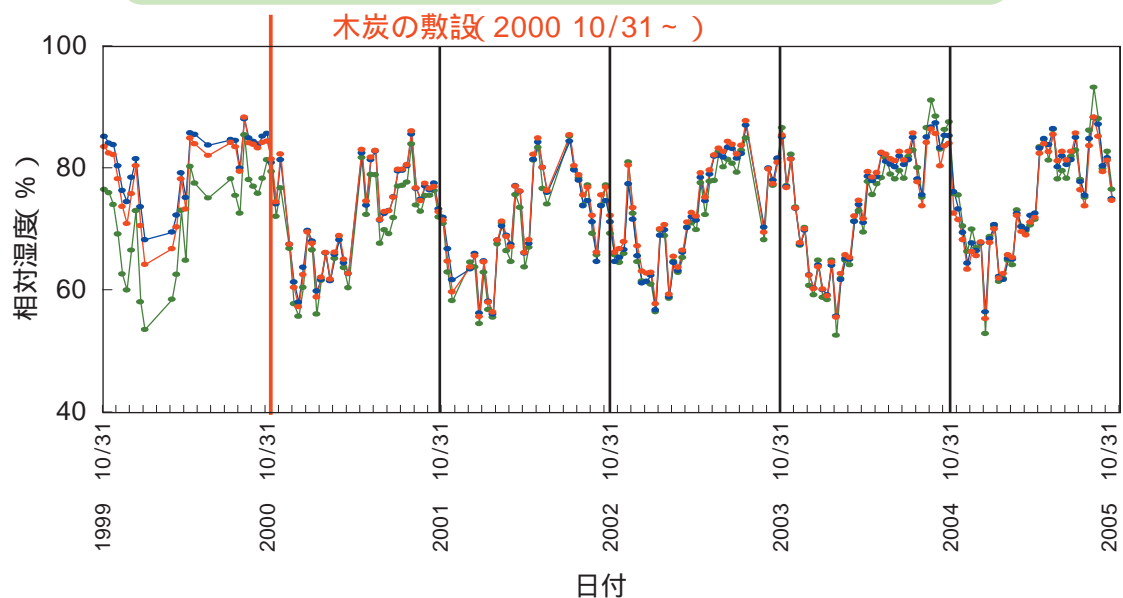


図3 木炭設置前1年間及び設置後5年間の相対湿度の変化

スギ丸太を用途によって仕分ける技術

背景と目的

スギ材の利用拡大を図るために効率的な乾燥技術開発が求められていますが、材質のばらつきが大きいスギを効率的に処理するためには、原木段階で用途と乾燥効率を考えた類別化を行う必要があります。そこで、原木段階で、密度や含水率、強度性能による選別を実現するために、スギの含水率および密度の簡便な評価方法を開発し、強度性能や歩止りなどを考慮した丸太選別技術を開発することを目的としました。

成果

丸太の心材含水率及び密度の推定方法

丸太周囲に設置した対向電極間で、周波数ごとに交流抵抗と位相角を測定することにより、心材含水率を推定できることが分かりました(図1)。丸太外周部におけるピロディンの打ち込み深さと丸太の平均密度の関係から、丸太の密度を推定できることが分かりました(図2)。

製材品の強度の推定方法

丸太内部のヤング係数の変動をモデル化することによって、丸太の動的ヤング係数から製材のヤング係数を予測できることが分かりました(図3)。

製材における丸太選別の効果

多数の丸太から動的ヤング係数が高く、みかけの密度が小さいグループを選別して製材すると、選別しない場合に比べてヤング係数が高く、含水率の低い製材の割合が高くなり、製材前の選別に効果が認められました。

丸太の選別・仕分け方法

非破壊的な方法で丸太の含水率や密度、強度の推定ができ、丸太段階で含水率やヤング係数に基づく仕分け・選別は有効であることが確かめられました。原木丸太を用途に基づいて合理的に利用するためには、例えば、図4のような強度と含水率による用途選別チャートが考えられます。

成果の利活用

これらの技術は、製材・集成材工場等において、用途に応じた強度性能や含水率の製材品を効率的に製造することのできるような原木選別の導入に活用できます。



詳しくは「スギ材の革新的高速乾燥システムの開発」、森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集8、p15～35(2006.1)をご覧ください。

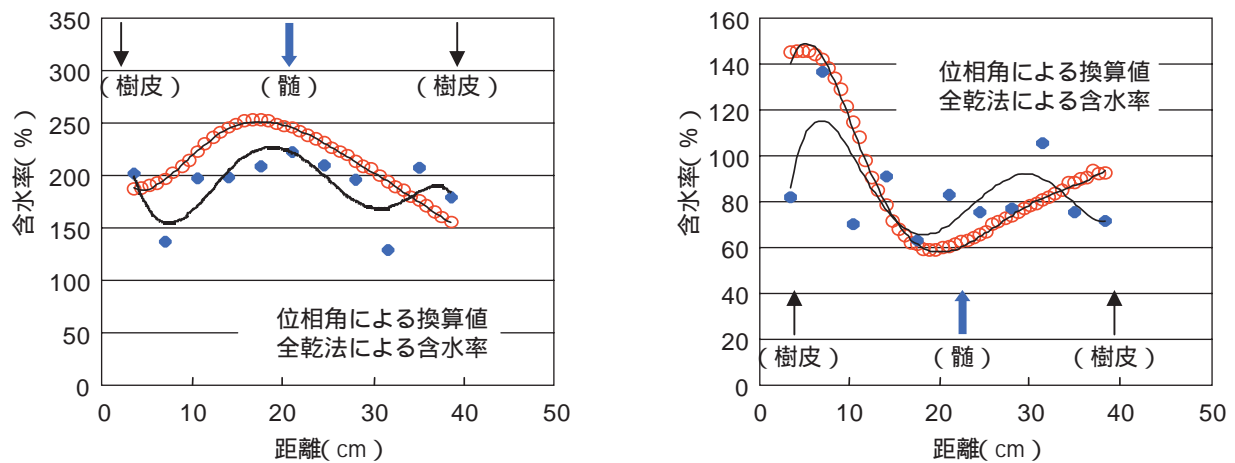


図1 丸太側面に添付した電極間における交流の位相角から推定した含水率換算値と全乾法による実測含水率
左図:心材含水率が高い丸太、右図:心材含水率が低い丸太

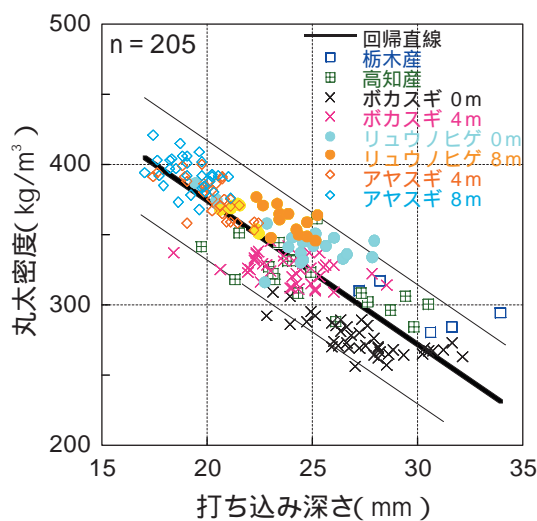


図2 ピロディン打ち込み深さと丸太の平均密度との関係
注:図の凡例中、mは測定部位の高さを表す。

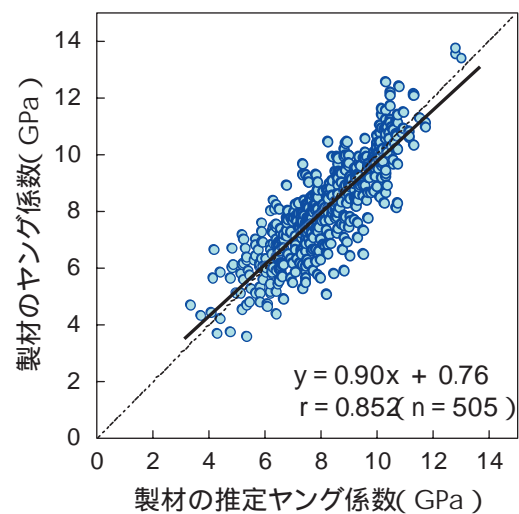


図3 丸太の動的ヤング係数から推定した製材品のヤング係数と実測値との関係

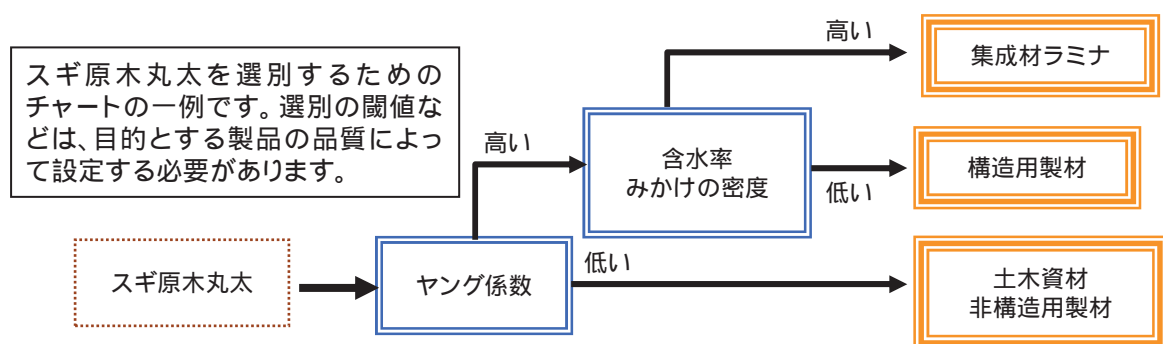


図4 丸太のヤング係数と含水率またはみかけの密度による選別の一例

高温・高圧による乾燥処理過程で木材性質はどう変わる

背景と目的

高温乾燥は、乾燥時間を短縮できることから、乾燥コストの低減につながると期待されています。乾燥条件を高温・高圧化すると、木材の物性は大きく変わることが考えられますが、木材強度等の性能を維持し得る適正な温度および圧力条件は明らかになっていません。この条件を求めるためには、木材から水分が失われる際の温度・圧力と木材の物性の関係を求める必要があります。そこで、この研究では高温・高圧条件のもとで振動試験を行える装置(図1)をつくり、高温乾燥処理過程における動的粘弾性の変化と含水率の関係を明らかにすることを目的としました。

成果

高温・高圧条件において平衡する木材の含水率

図2のように、含水率は乾燥時間の経過と共に低下し、材内温度が設定温度付近で安定したときに安定しました。これらの値を用い、高温・高圧条件における温度 - 相対湿度 - 水蒸気圧力 - 平衡含水率図を作成しました(図3)。

高温・高圧条件における振動特性

振動特性のうち、共振周波数(この値が大きいと同じ力に対して変形しづらい。)は材温の上昇と共に減少し(領域Ⅰ)、材内温度が水の沸点で安定し始めた頃に最小となった後、増大に転じ(領域Ⅱ、Ⅲ)、乾燥が終了して含水率が安定すると安定しました(領域Ⅳ)。

損失正接(エネルギーの変換に関係する。この値が小さいと与えた力が効率良く振動に変換される)は領域Ⅰにおいて増大し、領域Ⅱ初期に最大となった後減少に転じ、領域Ⅲで引き続き減少し、領域Ⅳで安定しました(図2)。

このように、共振周波数と損失正接の経時変化はよく対応します。経時変化の幅は高圧条件の場合、常圧(低湿度)よりも遥かに大きくなりました。また、領域Ⅳで安定した振動特性を常温の値と比較すると、共振周波数は著しく小さく、損失正接は非常に大きな値となりました(表1)。従って、木材が温度と水分の相乗効果で、極めて軟らかくなることが確かめられました。

成果の活用

これらの成果は、高温・高圧条件を取り入れた乾燥スケジュールを作成する際の基本となる技術で、木材乾燥以外にも様々な加工技術に活用できます。



詳しくは「Vibrational properties of green wood in high temperature water vapor」、Y. Kubojima et al., Holzforschung, 59(4), 446-450(2005. 8)をご覧ください。

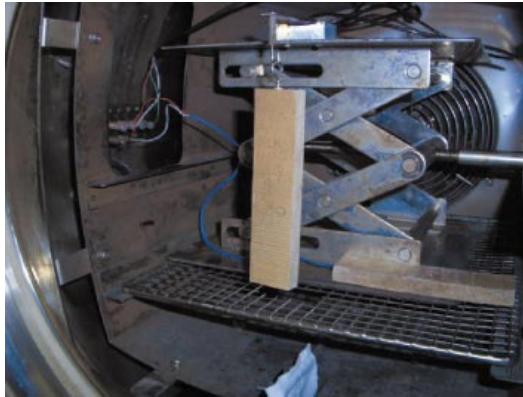


図1 試験に用いた装置
左図：含水率測定系、右図：振動試験系

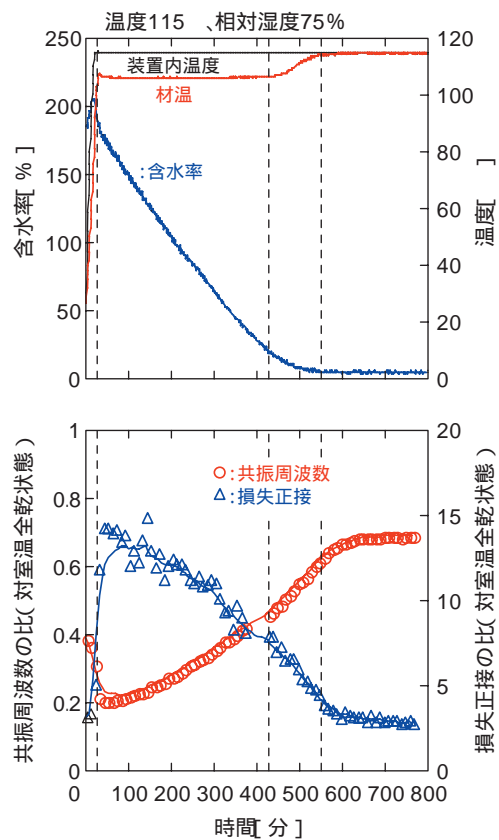


図2 高温・高圧条件における振動特性
上図：含水率、下図：振動特性

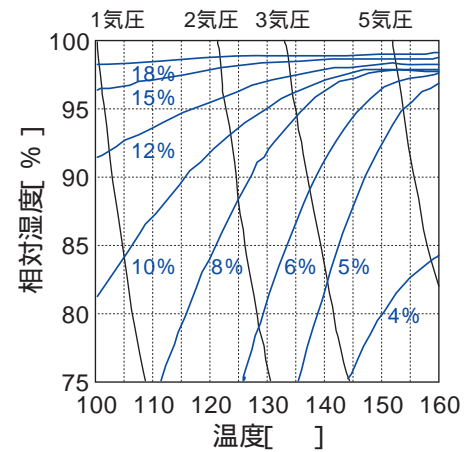


図3 100 以上の木材の平衡含水率
例：温度120℃，相対湿度85%のとき約8%

表1 領域IVで安定したときの振動特性

共振周波数の比（対室温全乾状態）

設定湿度 [%]	設定温度 [°C]				
	115	120	130	140	150
0	0.84	0.81	0.79	0.77	0.76
75	0.49	0.48	0.44	0.42	0.37
85	0.41	0.39	0.31	0.31	0.25
95	0.25	0.27	0.19	0.16	0.16
98	0.19	0.18	0.22	0.14	0.12

損失正接の比（対室温全乾状態）

設定湿度 [%]	設定温度 [°C]				
	115	120	130	140	150
0	0.88	0.99	1.05	0.98	1.10
75	2.92	3.15	3.33	4.87	5.34
85	3.78	3.29	6.13	6.61	9.02
95	7.02	4.95	8.64	9.02	10.30
98	8.16	9.05	9.78	11.21	-

スギ心持ち材を短時間で乾かす方法

背景と目的

スギ材の主な用途は柱材や造作材等の住宅建築向けで、かつては熟練の大工さんが未乾燥材を現場で寸法合わせをして時間をかけながら家を建てました。現在は工場において部材の加工や組み立てを行うので、加工後に寸法が狂わないように前もって乾燥処理を施す必要があります。スギ丸太の含水率は他樹種と較べて高く、個体差も大きいので製材品の乾燥処理には時間がかかり、その結果乾燥コストが高くなります。また、柱材や桁材の多くが割れやすい性質の心持ち材であるのも問題です。そこで、心持ち材であっても割れが生じないようにする処理方法や、より短時間で乾燥するための処理方法を開発することを目的としました。

成果

材面の割れ防止

自然乾燥する前に、図1に示すような熱処理装置を用い、100℃以上の高温で湿気を含む雰囲気（過熱蒸気）の中にごく短時間の熱処理をしたところ、自然乾燥中に生じる材面割れの発生を防止することができました（図2）。この割れ防止の効果は、高温での乾燥処理によって材面に寸法変化の固定（ドラインゲット）が生じることによるものです。

乾燥時間の短縮

温度130℃で、圧力を制御することによって湿度を100%から徐々に下げながら、含水率が十分に低くなるまで乾燥すると、初期含水率が90%程度の柱材でも約3日で仕上がるのが分かりました（図3）。しかも、材内部にも材面にも割れがほとんど認められま

せませんでした。しかし、図4に示すように、このような高温下での処理では変色（暗色化）が著しく、材の劣化も危惧されますので、処理材の用途は限られることになるでしょう。

過度の劣化の抑制

高速乾燥法の一つとして減圧乾燥法が知られていますが、これによると変色は少ないのですが表面割れが多く発生してしまいます（図5）。そこで、乾燥時間の短縮を図りつつ、割れを抑制し、同時に過度の変色を抑えるため、過熱蒸気による短時間の高温熱処理と減圧乾燥とを組み合わせた乾燥処理を行いました（図6）。この方法により、割れは少なく、乾燥時間も4日前後と短く、過度の変色を抑制することができました（図7）。

成果の活用

スギ心持ち無背割り柱材の乾燥に本手法を用いることにより、少ない変色でなおかつ割れの少ない高速乾燥ができます。特に従来の高温乾燥に対して、内部割れの抑制と乾燥時間の短縮を同時に実現できることが大きなアドバンテージとなり、次世代を担うスギ材の新たな乾燥方法として期待されます。



詳しくは「スギ材の革新的高速乾燥システムの開発」、森林総合研究所 交付金プロジェクト研究成果集8、p94～98（2006.1）をご覧ください。



図1 試験装置

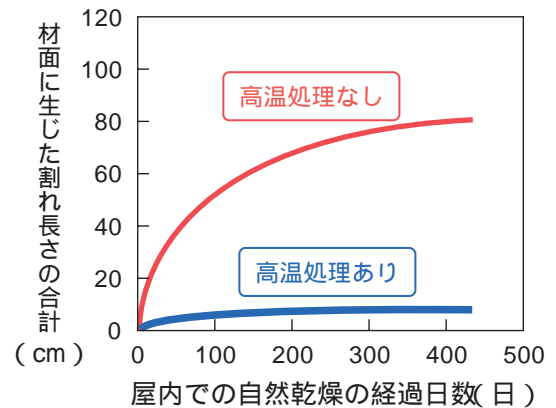
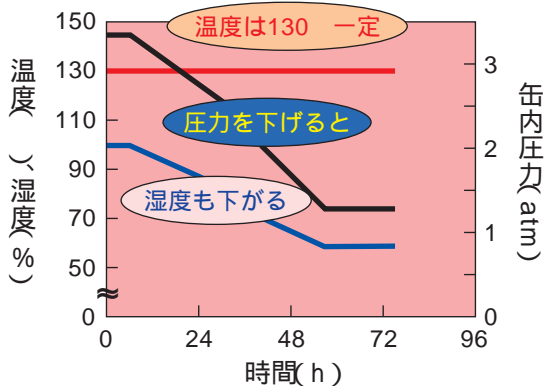


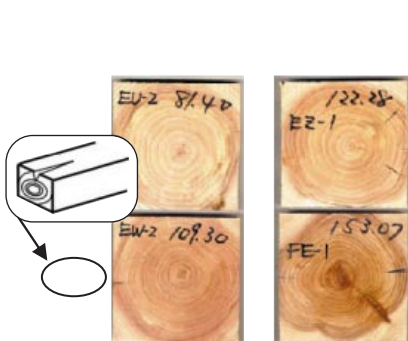
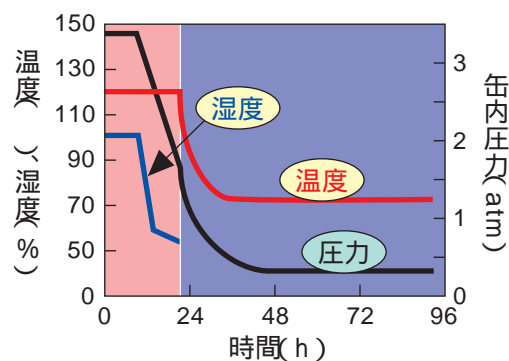
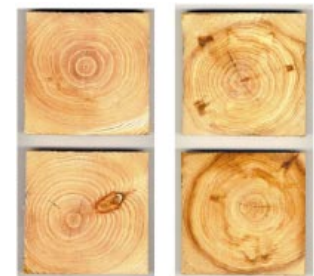
図2 過熱蒸気による高温熱処理と材面割れ

図3 130 で湿度を徐々に下げる乾燥条件
(処理時間; 72時間)図4 130 で湿度を徐々に下げる
スケジュールによる乾燥材の断面

減圧乾燥のみ

高温処理と組み合わせると

高温処理 + 減圧乾燥

図5 減圧乾燥で発生
する割れの例図6 短時間の過熱蒸気処理と
減圧乾燥試験の組み合わせ条件
(処理時間: 88時間)図7 短時間の過熱蒸気処理
と減圧乾燥の組み合わせ
による木材の断面

スギ乾燥材の品質を保証するために

背景と目的

建築部材の乾燥材には、寸法の変化が少ないなどの優れた品質が求められています。これに対応する方法の一つとして高温乾燥があります。その特徴として、乾燥時間が短縮できるというメリットが挙げられますが、内部割れが多い、強度や耐久性が低下するなどの懸念もあります。そこで、スギ構造材を3つの乾燥条件【中温乾燥1条件(85 ～ 95 、90 と略す)、高温乾燥2条件(120 一定、135 一定)】で、含水率12%まで乾燥させ、これらの乾燥条件が強度および耐久性(耐蟻性および耐朽性)に与える影響を解明することを目的としました。

成果

住宅の梁などの強さの指標となる曲げ強さは、90 乾燥と120 乾燥でほとんど違いがありませんでしたが、135 乾燥では他よりも明らかに低い値となりました(図1)。一方、柱などの強さの指標となる縦圧縮強さは、曲げ強さとは異なり乾燥温度が高いほど低くなる傾向でした(図2)。縦圧縮強さとは力がかかる向きが逆の縦引張り強さは、曲げ試験と似た傾向がありました(図3)。せん断強さを求めるには、曲げ式といす式がありますが、いずれの方法でも135 乾燥が他よりもせん断強さの低いことが明らかになりました(図4、図5)。また、内部割れの最大長さが長くなるにしたがって、いす式のせん断強さが低下することも分

かりました(図6)。

このように、強度に対する乾燥条件の影響は力のかかり方によって異なりますが、135 で乾燥した場合には概して強度の低下することが明らかになりました。

シロアリに対する強さの指標となる耐蟻性は、心材では乾燥条件の影響がほとんど認められませんでした(図7)。腐朽菌に対する強さの指標となる耐朽性は、乾燥温度が高くなるに従って少しずつ低下し辺材の耐朽性に近くなる傾向がありました(図8)。

このように、スギ材の乾燥時間が短くても乾燥温度が高ければ、条件によっては強度と耐久性が低下することが明らかになりました。

成果の活用

構造材の強度および耐久性は、適正な条件で乾燥すれば問題ありませんが、高温かつ長時間という過度の条件では、強度および耐久性が低下することが明らかになりました。これらの成果は、高品質の乾燥材を生産する際の乾燥スケジュールを作成する技術指針として活用できます。



詳しくは「乾燥に伴う内部割れがスギ製材品のせん断強度に及ぼす影響」、井道裕史ら、木材工業、60(4)、170-174(2005.4)、及び「スギ心材の熱処理条件とシロアリの摂食量との関係」、大村和香子ら、木材工業、59(4)、170-173(2004.4)をご覧ください。

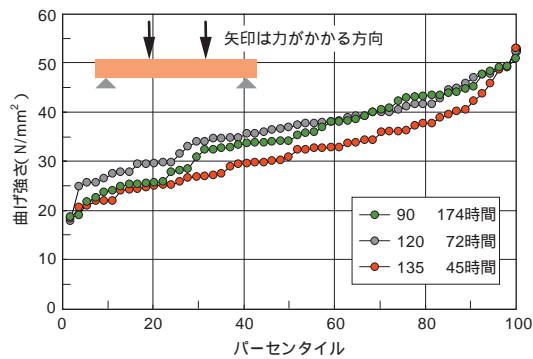


図1 曲げ強さ

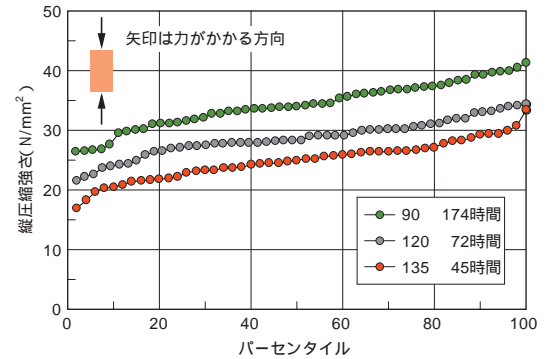


図2 縦圧縮強さ

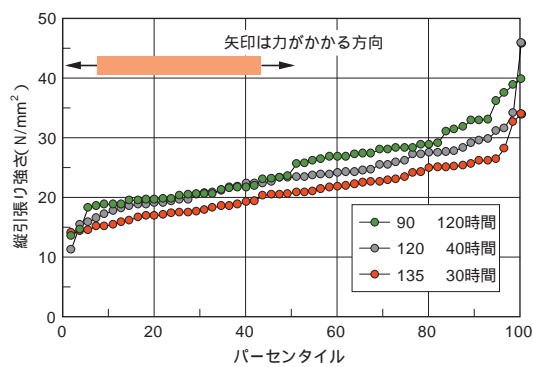


図3 縦引張り強さ

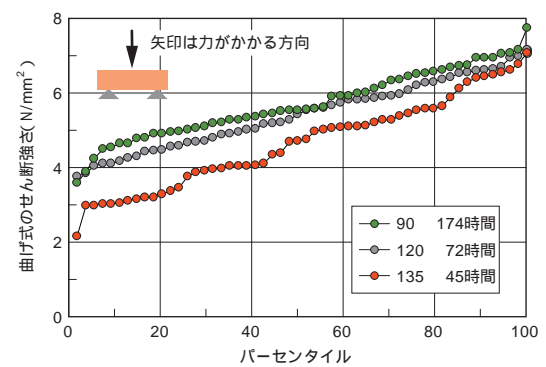


図4 曲げ式のせん断強さ

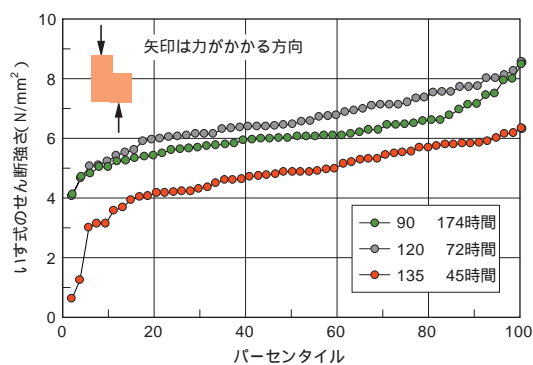


図5 いす式のせん断強さ

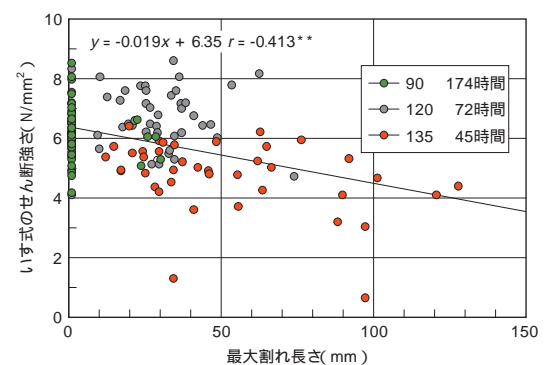


図6 最大割れ長さといす式のせん断強さ

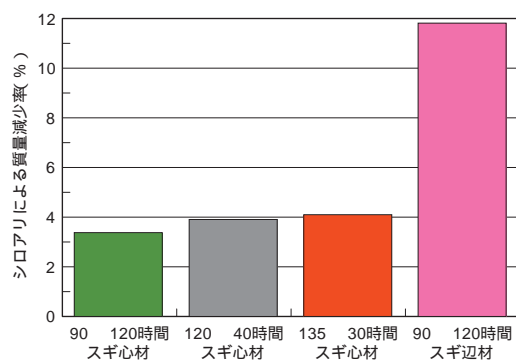


図7 乾燥条件とシロアリによる耐蟻性

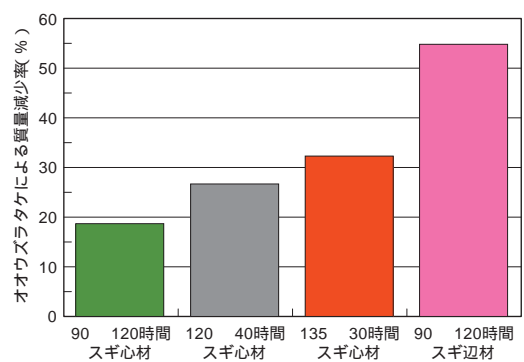


図8 乾燥条件と腐朽菌による耐朽性

スギ乾燥材を使うと強い構造物ができる

背景と目的

未乾燥材を木造住宅に使うと、木材の収縮によって様々な不具合が生じることが知られています。本研究では、強度性能に視点を置き、スギの人工乾燥材と未乾燥材を用いて、様々な種類の接合部と壁を作製しその強度性能を比較することを目的としました。

成果

未乾燥材を使用した場合

未乾燥材を用いて作製したボルトの接合部では、部材の乾燥に伴って含水率が約30%（繊維飽和点）以下になった時点で急激なクリープ変形量の増加が生じる（図1）ことから接合部に隙間の生じることが分かりました。また、未乾燥の柱材と梁で構成した壁の強さは時間が経過し材料が乾くのに伴って人工乾燥材の柱を用いた壁とほぼ同じ値まで増加しましたが、一方で剛性（変形のしにくさを示す値）は壁を製作してから半年で急激に低下し、その後材料が乾燥しても低いままであることが分かりました（図2）。

乾燥材を使用した場合

人工乾燥材を使ったボルトの接合部と釘の接合部では、剛性が大きくなり、乾燥の程度が強いほど変形しにくくなることが分かりました（図3）。また、柱材に人工乾燥材を使うことによって、柱梁接合部の強さは割れがあってもおおむね増加することが分かりました（図4）。これらの接合部の強度性能の向上に加えて、人工乾燥材で施工した壁は、地震波に対する変位（建物の変形）が小さくなる傾向も明らかになりました（表1）。これらの結果から、スギ材は乾燥することによってより優れた構造用材料になることが分かりました。

成果の利活用

壁の動的性能については、建築学会・木質構造動的小委員会等で検討している耐震診断指針等での活用が期待されます。また、接合部に関しては、今後の建築学会規準等の改訂に合わせて提言を行っていきます。



詳しくは「Effect of moisture content of members on mechanical properties of timber joints」、M. Harada, et al., Journal of Wood Science, 51(3), 282-285, (2005.6)及び「初期乾燥程度の異なるスギ製材で構成した耐力壁の強度性能（その32年経過後の比較）」、三井信宏ら、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、C-1・構造、87-88, (2003.9)をご覧ください。

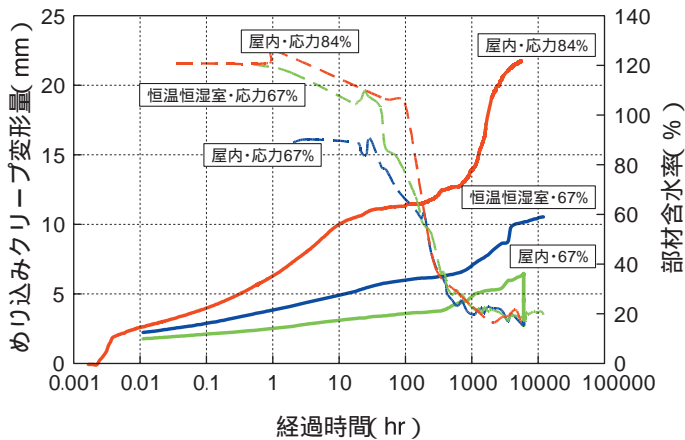


図1 ボルト接合部のクリープ変形量と部材含水率の関係
(実線:変形量、点線:含水率)

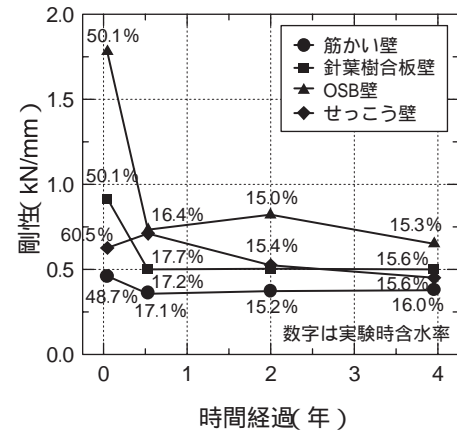


図2 乾燥をともし時間経過が壁の剛性に与える影響
(図中数字%は部材の含水率)

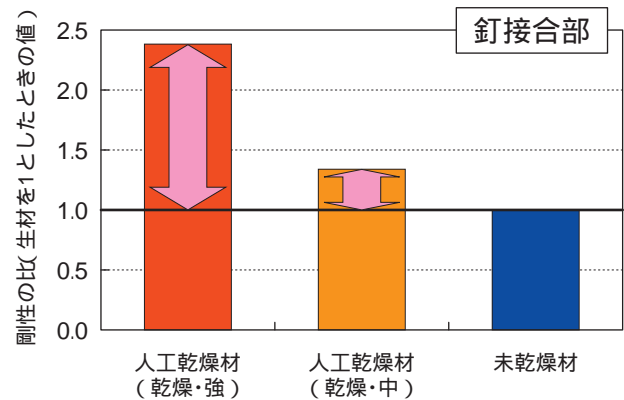
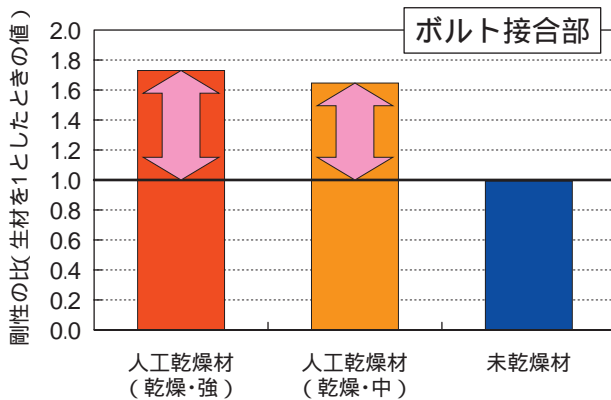


図3 人工乾燥材と未乾燥材の剛性の比較
(左図:ボルト接合部、右図:釘接合部)

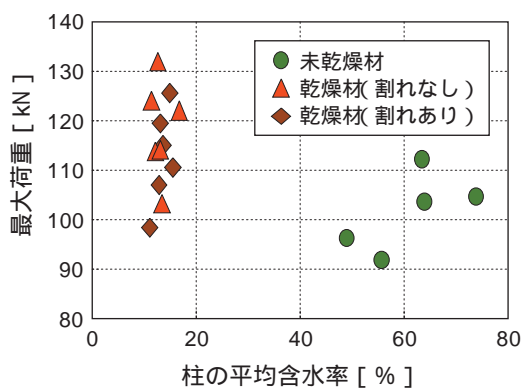


図4 実大柱梁接合部の最大荷重(強さ)と柱材含水率との関係
(構造用金物接合部の場合)

表1 耐力壁の地震波に対する応答値

	試験体	平均含水率 (%)	最大の変位 (mm)
未乾燥材	A - 1	46.3	69.2
	A - 2	69.3	64.0
	A - 3	57.6	61.2
	A - 4	81.2	61.4
	A - 5	49.5	60.1
人工乾燥材	C - 1	18.2	56.1
	C - 2	15.6	46.9
	C - 5	15.6	46.8

木質廃棄物の粉碎エネルギーを減らす

背景と目的

住宅解体材や工場残廃材などの木質廃棄物は、木質ボード原料や木質バイオマスエネルギー源などとしてリサイクルされています。このリサイクル工程では、投入エネルギーの少ない工程であることが望めます。しかし、工程に必要不可欠である粉碎加工について、消費エネルギーとの関係は良く判っていませんでした。そこで、粉碎時の消費電力を測定し、粉碎機の定格出力、粉碎原料の種類などが消費電力量に及ぼす影響について調べ、より消費エネルギーの少ない粉碎条件を明らかにすることを目的としました。

成果

粉碎時の消費電力の測定

一般的に使われている1軸せん断式粉碎機を用いて木材廃棄物の粉碎試験を行いました(図1)。粉碎エネルギーを評価するために、電力計を使用して、粉碎時の消費電力の測定を行い、単位重量(1ton)あたりの消費電力量(kWh/ton)を求めました(図2)。なお、電力量をエネルギー単位へ換算する場合は、発電効率を40%として、1kWh/ton=9.0MJ/tonとしました。

1軸せん断式粉碎機での粉碎の省エネルギー化

粉碎機の規模(出力)は様々です。出力が大きくなると消費電力は大きくなりますが、粉碎時間は短くな

ります。

しかし、出力が小さい場合は、消費電力は小さいけれど粉碎時間が長くなります。

そこで、粉碎機構は同一で出力が異なる3台の粉碎機を使用して、合板、スギ製材品、パーティクルボードの粉碎試験を行い、粉碎機の出力が消費電力量に及ぼす影響を調べました。その結果、粉碎機が大型化するにつれて、粉碎時の消費電力量は小さくなることが明らかになりました(図3)。

また、スギ製材品とパーティクルボード粉碎時の消費電力量は同程度であるが、合板粉碎時の消費電力はそれよりも2倍以上になることが明らかになりました。

成果の利活用

この成果は木質廃棄物の中間処理などにおける木質廃棄物の粉碎加工の省エネルギー化に活用できます。



詳しくは「木質廃棄物の粉碎エネルギー - 粉碎機出力と粉碎原料の消費電力に及ぼす影響 -」、日本木材加工技術協会第23回年次大会講演要旨集、27-28(2005.11)をご覧ください。

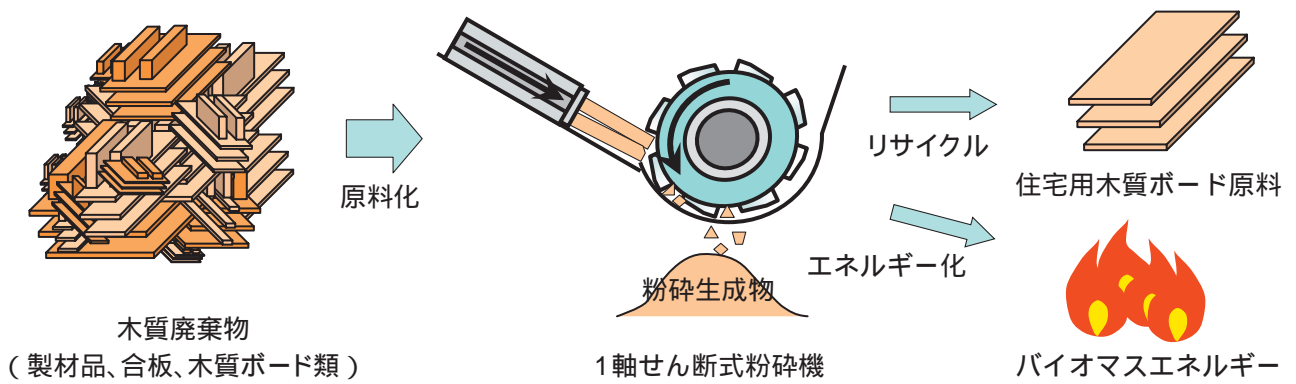


図1 木質廃棄物リサイクルの流れと粉碎機構の模式図

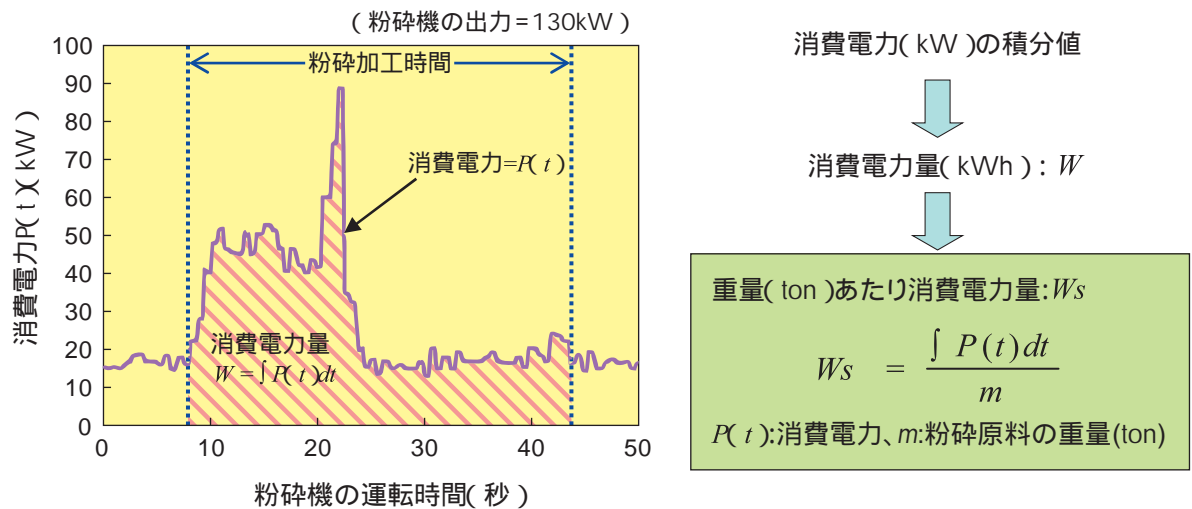


図2 試験から得られた消費電力量

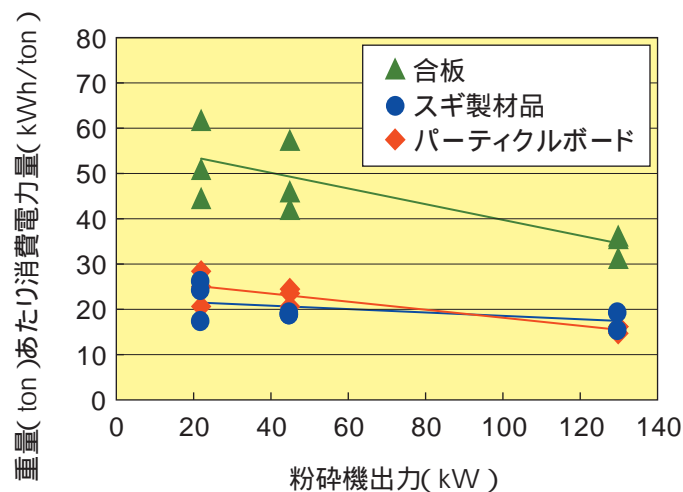


図3 粉碎機出力と重量あたり消費電力量との関係

ISBN 4-902606-25-9

森林総合研究所 第1期中期計画成果集20

安全で快適な住宅を造るための木材利用研究

発行日 平成18年6月30日

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
電話 029-873-3211

印刷 朝日印刷株式会社 つくば支社
〒305-0046 茨城県つくば市東2-11-15
電話 029-851-1188(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。

