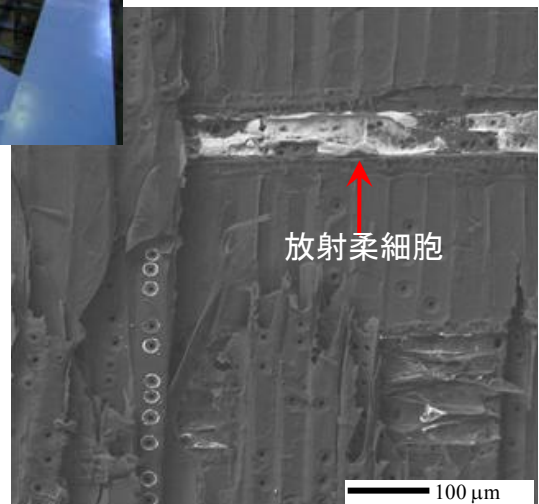
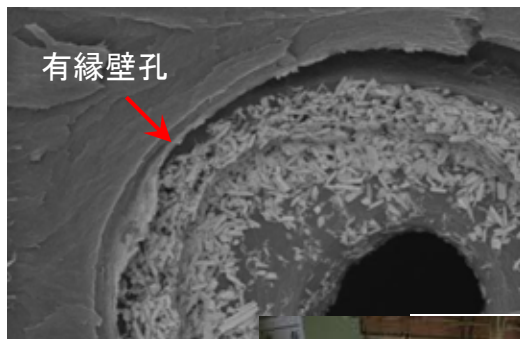


森林総合研究所

第2期中期計画成果集

重点課題アイd

安全で快適な住環境の創出に向けた木質資源利用技術の開発



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 アイ d

目 次

地域材を用いた新集成材の開発と JAS 規格への提案	2
強度の低い新たなラミナ等級の強度基準値を設定した結果、これらの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 規格として追加された。	
スギの用途が柱だけでなく梁にも広がる	4
木造住宅の柱や梁がどのくらいの強度的な余裕を持っているかを実際に建てられた木造住宅を用いて調査した。	
構造用木材が衝撃力を受けたときの現象が分かった	6
構造用木材が衝撃力を受けたときの評価システムを開発し、木材の耐衝撃性が明らかにできるようになった。これにより、ガードレールや落石防護柵を開発するとき必要な木材の耐衝撃性に関する検討が実験的に可能になった。	
世界初の実大木橋の破壊実験	8
実際に使われていた木橋を壊して、安全かどうか、その強度を確かめた。	
世界最大の引張試験機で新しく開発した集成材の強度を調べた	10
木材用では世界最大の実大構型引張試験機の導入により、大きな断面を持つ集成材の引張り強度が正しく評価できるようになった。	
長期優良住宅用部材の耐久性能を評価する技術を開発	12
長期優良住宅等に使用する木材や木質材料の耐久性能を迅速、正確、安全に評価する技術を開発した。	
微小振動によるシロアリ行動制御法の開発	14
シロアリ固有の警報行動パターンを再生し、ヒトには感じないレベルの微小な振動でシロアリの行動を制御する方法を考案した。	
木材中に注入されたナノ粒子の可視化	16
電子顕微鏡を用いて、世界で初めて木材中に注入されたナノ銅粒子の可視化に成功した。	
屋外での難燃薬剤溶脱メカニズムの解明	18
難燃木材の薬剤溶脱メカニズムを明らかにし、適切な薬剤と塗装の選択が耐候性向上に有効なことを示した。	
木質建材製造工場から排出される揮発性有機化合物の実態調査	20
合板工場やフローリング工場から排出される揮発性有機化合物 (VOC) の実態調査を行い、排出量は大気汚染防止法の規制値と比べて低いことを明らかにした。	
木質建材からの規制対象外 VOC の放散特性の解明	22
建築基準法で規制されているホルムアルデヒド以外の VOC (揮発性有機化合物) について、木質建材の放散特性を解明し、「建材からの VOC 放散速度基準」に対する適合性を解析した。	
自然エネルギーを利用した快適温熱環境住宅	24
簡易構造で低価格での設置が可能な空気循環式太陽熱利用の温熱環境改善システムを開発し、性能を検証した。	
高齢者・障害者に配慮した木質材料	26
木製の福祉用具を評価し、木材の良さを生かした福祉用具を提案した。	

地域材を用いた新集成材の開発と JAS 規格への提案

構造利用研究領域
複合材料研究領域

長尾博文、井道裕史、加藤英雄
宮武 敦、平松 靖、新藤健太
神谷文夫（フェロー）

一般住宅への構造用集成材の需要が増加する中、従来の「構造用集成材の日本農林規格（JAS）」では、スギに多くみられる低いヤング係数のラミナの使用や、性能向上を目的として異なる樹種を複合する技術などについて規準の設定がなく、地域材の新たな需要拡大への動きに十分に対応しているとは言えませんでした。

そこで本研究では、この種のラミナを使用した新しい集成材を JAS に盛り込むことを目的として、地域材を用いたラミナや集成材について得られた膨大な強度データを基に、ラミナの品質管理基準や新集成材の強度性能を明らかにしました。その結果、強度の低いラミナの新規等級及びこれらを用いたスギ集成材及び異樹種集成材に対応した集成材の新規等級が新しい JAS に追加されました。

1. 研究の背景と目的

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したが、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 5kN/mm^2 未満の低ヤング係数のラミナ^{*}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 基準に満たない曲げヤング係数のスギラミナが 20% 程度も存在するため、歩留りが低くなり、採算にあいませんでした。

そこで、これらの低ヤング係数ラミナを集成材に使用するための研究に取り組み、JAS 規格の改正を提案しました。

※集成材の一つの層を構成する板

2. 研究成果

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定されます。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及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 以上と同様の方法で、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することが明らかになりました。

2.2 異樹種集成材の開発及び評価

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」として改正されるとともに、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。

3. 研究の波及効果

「集成材の日本農林規格」の改正によって、低いヤング係数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、住宅メーカー等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 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。

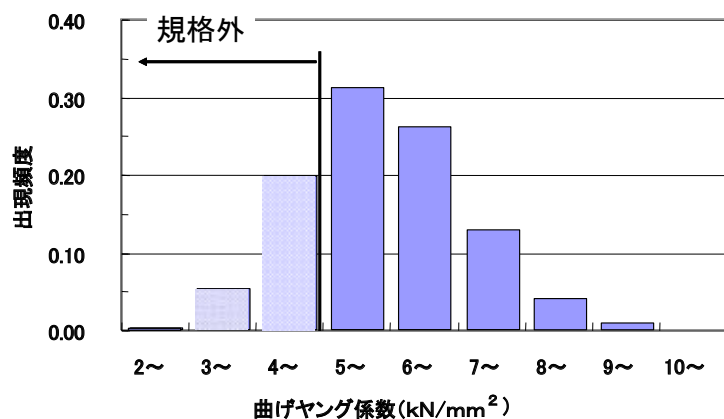
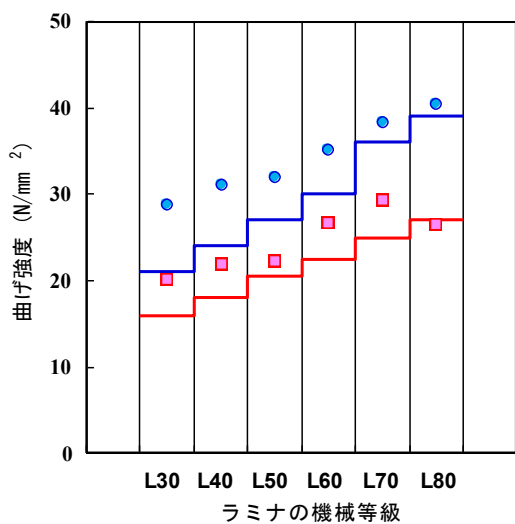
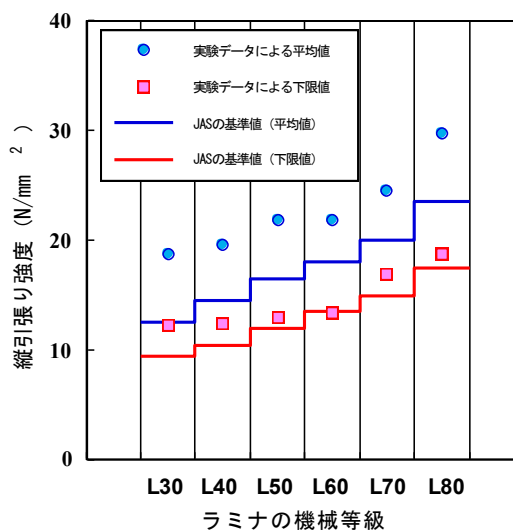


図1 旧 JAS 規格に不適合のスギラミナの割合

写真1 異樹種集成材の例
(外層：ベイマツ、内層：スギ)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

対称異等級構成		非対称異等級構成		特定対称異等級構成			
E65-F220	E55-F200	E60-F205	E50-F170	ME120-F330	ME105-F300	ME95-F270	ME85-F255
L80	L70	L60	L50	L160	L140	L120	L110
L70	L60	L60	L50	L110	L100	L90	L80
L60	L50	L50	L40	L30	L30	L30	L30
L40	L30	L40	L30	L30	L30	L30	L30
L60	L50	L60	L50	L110	L100	L90	L80
L70	L60	L70	L60	L160	L140	L120	L110
L80	L70	L80	L70				

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

スギの用途が柱だけでなく梁にも広がる

構造利用研究領域
複合材料研究領域

青井秀樹
宮武 敦
神谷文夫（フェロー）

これまでスギは木造住宅の柱に用いられることが多かったのですが、将来的には梁でも活用されることが期待されています。しかしスギは強度的な性能値があまり大きくないため、これを補いつつ、いかに使いこなすかが重要な課題となっています。

本研究では、木造住宅の梁をベイマツからスギ集成材に置き換えることで、強度的な余裕がどの程度変化したかを調査しました。その結果、大多数の梁は十分な余裕がありましたが、長い梁ではたわみの制限を超過するものが散見されました。しかし梁の高さを6～9cm程度増やすことで、制限内に収めることができました。これによりスギを梁などの横架材に用いても問題ないことが確かめられました。

1. はじめに

木造住宅の梁は、現状ではベイマツ等の外国産の木材が使われることが多いですが、将来的には我が国の代表的な樹種であるスギが活用されることが期待されています。しかし、スギは他の樹種と比べて強度特性があまり大きくないため、これをいかにクリアするかが重要な課題です。

たとえば梁に用いる材料をベイマツからスギを主に用いた集成材（以下、スギ集成材と略）に変更すると、ヤング係数や曲げ強度等が低下することになります。そのため、もともとの強度的な余裕がどの程度存在していたか、材料の変更によってその余裕がどの程度変化したかを知ることが重要になります。

ところで、梁には柱や壁などが載ることから、主に曲げの力が加わることになります。力が加わることによって様々な応力とたわみが生じますが、これらは一定の制限内に収めなくてはならない決まりがあります。

そこでこの研究では、梁をベイマツからスギ集成材に変更する前と後とで、応力やたわみの制限に対する余裕がどの程度変化したかを実際の建築事例を用いて明らかにしました。

2. 研究成果

実際に建築された木造住宅のデータを用いて梁の強度的な余裕を調査した結果、応力やたわみは制限の2割程度しか発生していない梁が大多数でした。そのため強度的な余裕が充分大きいことが分かりました。しかし3.6mを越す長い梁では、たわみの制限に対する余裕が乏しいものも散見されました。また豪雪地域では、積雪の重みがたわみの発生に大きく影響していることが分かりました。

梁をベイマツからスギ集成材に変更した場合、いくつかの長い梁では制限を超過するものもありましたが、梁の高さを増やすことで制限の超過は解消されました。このとき必要とされた梁の高さは、雪の少ない地域で最大6cm、雪の多い地域で最大9cmでした。

成果の波及効果

全国各地で育ったスギを住宅の梁にも使うことができるになれば、スギ材の更なる需要増加が期待できます。この研究成果の詳細は、独立行政法人森林総合研究所平成20年度研究成果選集「実際の木造住宅の柱や梁はどのくらいの強度的な余裕があるか?」、および木材学会誌56巻3号「木造住宅の構造部材に生じる各種応力の許容応力度に対する割合（第五報）一般地域に建設された住宅の梁に強度等級E55-F200の構造用集成材を使用した場合」（2010年5月発行）をご参照ください。

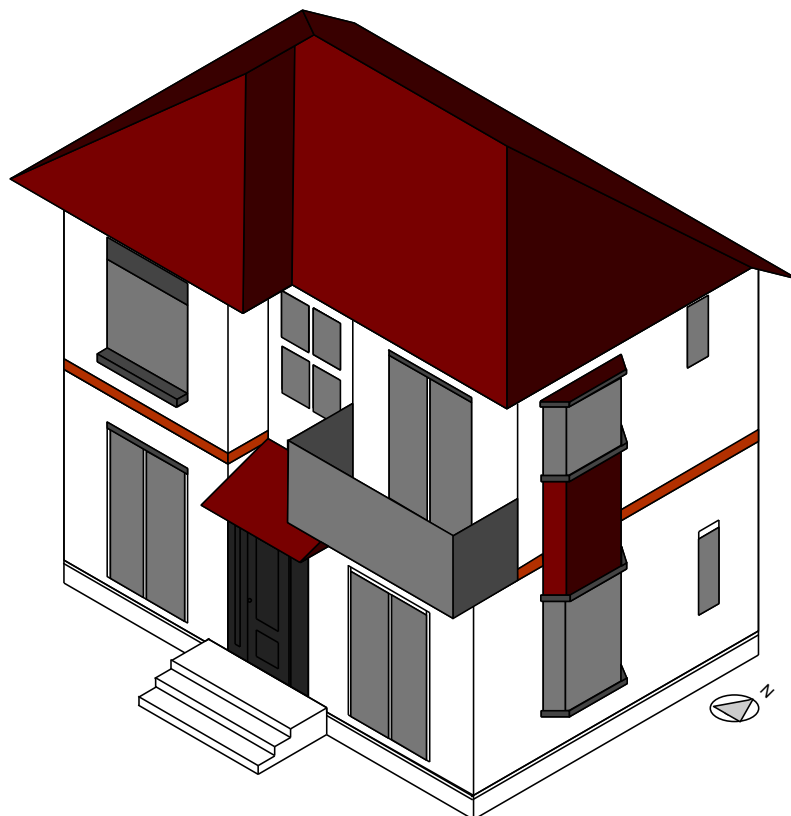
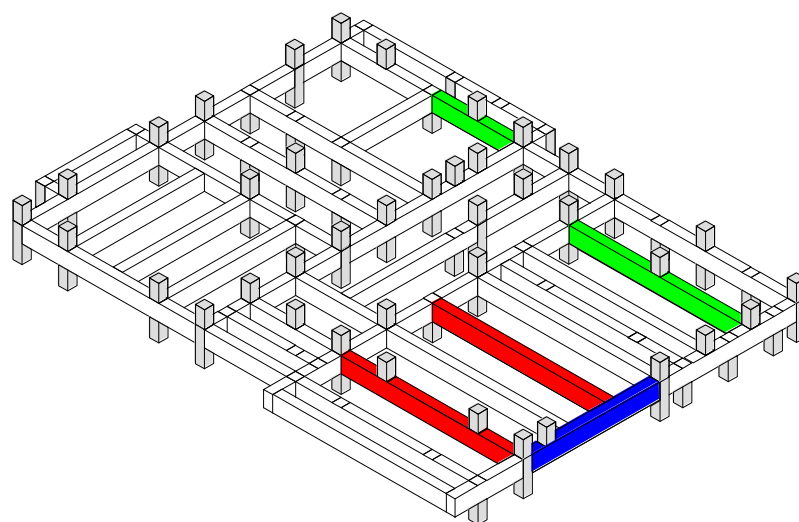


図1 調査対象とした木造住宅のうちの1棟（外観）



- 負担率 ≤ 40 (%)
- $40 < \text{負担率} \leq 60$ (%)
- $60 < \text{負担率} \leq 80$ (%)
- $80 < \text{負担率} < 100$ (%)
- $100 \leq \text{負担率}$ (%)

負担率が大きくなるほど余裕が少なくなることを意味します。

負担率が100%を超えると制限値を超過したことになります。

図2 スギ集成材に置き換えた2階床梁のうちに負担率の高いものを例示

構造用木材が衝撃力を受けたときの現象が分かった

構造利用研究領域

加藤英雄

木材をガードレールや落石防護柵などに利用する試みが、全国各地で進められています。これらの部材は、衝突を受けたとき曲がることで性能を発揮します。ここで重要になるのが、衝突によって発生する部材の変形の仕方や強さなどの耐衝撃性です。しかし、これまでは、質量の大きい鋼材やコンクリートで試験は行われてはいるものの、質量の小さい木材についてはほとんど行われていませんでした。

そこで、構造用木材に適した耐衝撃性を評価する試験装置と計測システムを開発しました。これにより、ガードレールや落石防護柵などに実際使用する構造用木材の耐衝撃性が直接検討できるようになりました。

木材の耐衝撃性を評価するには？

耐衝撃性の試験として、図1のように2点で支えた試験体におもりを自由落下させて衝突させる衝撃曲げ試験があります。衝撃現象は、極めて瞬間的であることから、試験装置や計測システムが試験を成功させるかどうかの大切なポイントですが、これまでは構造用木材の試験に適する良い方法がありませんでした。この問題を解決するには、1) 構造用木材を直接試験ができる治具を開発すること、2) 装置と試験体の挙動を測定できる加速度計やひずみゲージなどのセンサーを適切に選定すること、3) 極めて瞬間的に変化するセンサーからの情報を適切に記録する方法を確立することが重要でした。これらを踏まえて開発した方法によって、ガードレールや落石防護柵用に円柱加工した構造用木材の衝撃曲げ試験を行いました。試験では、1秒間に50万回の割合で加速度とひずみの変化を同時に計測するとともに、1秒間に2万フレームの割合で試験体の変形の様子を高速デジタルカメラで撮影することに成功しました。

おもりが衝突したとき、どうなっているか？

木材が破壊するまでの現象は、次のような過程でした。すなわち、図2のように、おもりが試験体に衝突した直後のAからBまでの間、荷重が増加しながらおもりは減速しました。また、試験体のひずみは増加し、変形を始めました。次に、おもりと試験体の間に隙間が生じ始め、Bの時点で隙間が最大になりました。このとき、荷重は減少しそれに伴っておもりは再び加速しました。同時に、試験体のひずみは減少し、変形が戻る挙動を示しました。変形が元に戻る前に、Cのようにおもりが試験体に再び

衝突しました。そのため、最初の衝突と同じような挙動が再び発生しましたが、ひずみは完全に戻っていないため、更にひずみが大きくなりました。このような挙動が、試験体に破壊が生じるDまで繰り返し発生していました。また、破壊が生じたときの荷重も同時に測定できたので、構造用木材がどの程度の衝撃荷重に耐えられるか評価できるようになりました。その結果、ガードレールや落石防護柵などに実際使用する構造用木材の耐衝撃性の検討が直接できるようになりました。

なお、この成果の一部は、和歌山県の戦略的研究開発プラン「木製落石防護柵の開発」の共同研究で得られました。また、高速デジタルカメラの撮影は、(株)フォトロンの協力により行いました。

参考文献

- 1) 加藤英雄、長尾博文、井道裕史、柴田直明（長野林総セ）、張日紅（和光コンクリート）横梁にスギ・カラマツを用いた木製防護柵の強度特性（2）衝撃曲げ強度試験、日本木材加工技術協会年次大会講演要旨集、63-64（2008.10）
- 2) 加藤英雄、長尾博文、井道裕史、井戸聖富（和歌山林試）スギ円柱材を用いた木製落石防護柵の強度特性（2）スギ円柱材の衝撃曲げ強さー日本木材学会研究発表要旨集（CD-ROM）、59:D15-1400（2009.03）
- 3) 加藤英雄、長尾博文、井道裕史
宮崎県内に設置された木製防護柵の評価（その4）10年間使用された木製ビームの衝撃曲げ強度 日本木材学会研究発表要旨集（CD-ROM）、57:PD023（2007.08）

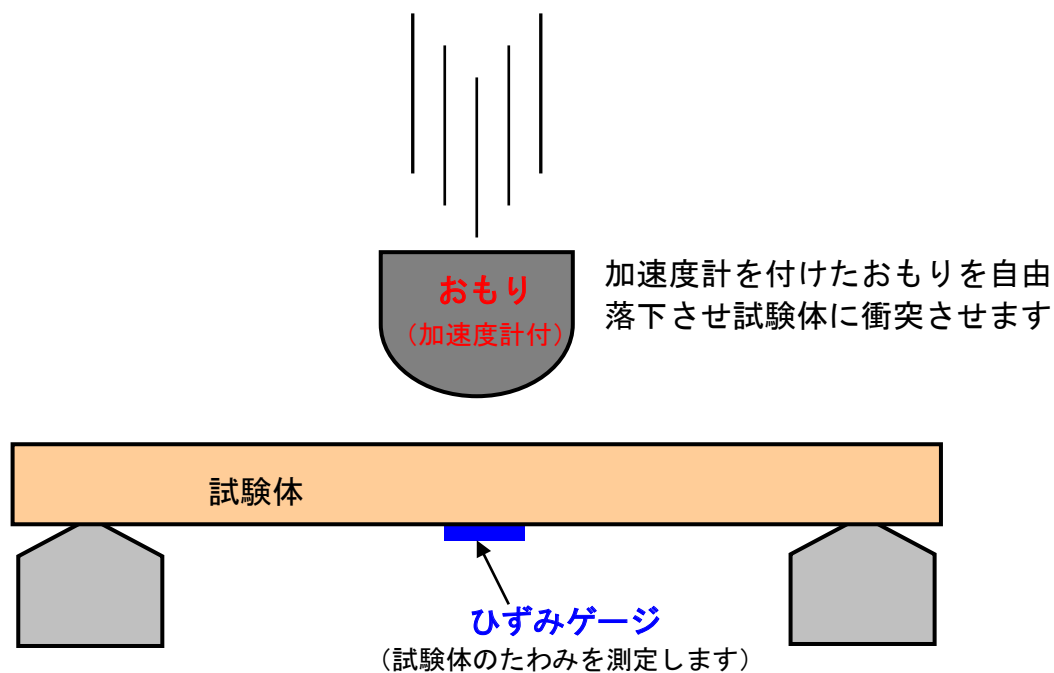


図1 衝撃曲げ試験のイメージ

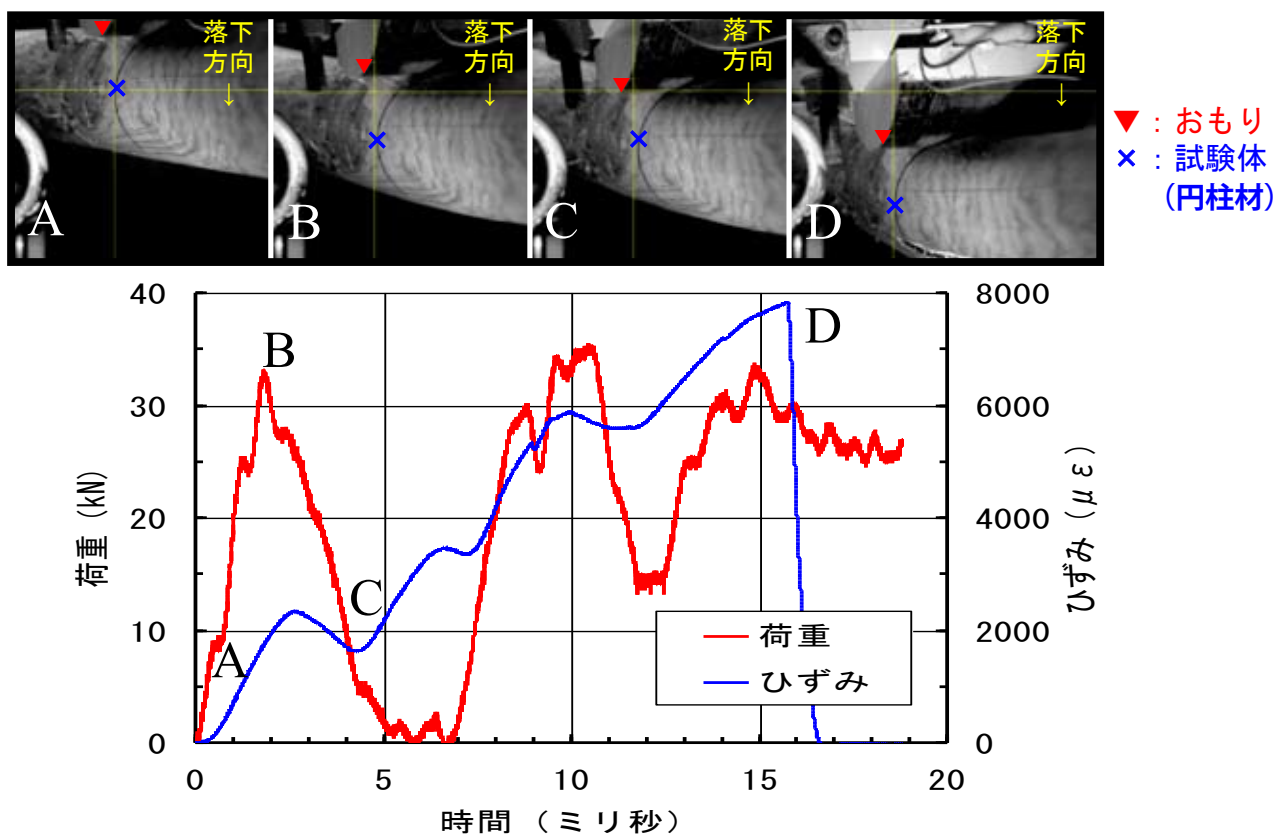


図2 試験体が破壊するまでの衝撃曲げ挙動
(85.4kgのおもりを高さ2.5mから自由落下させた時)
※写真(右支点から撮影)とグラフ円のアルファベットが対応します

世界初の実大木橋の破壊実験

構造利用研究領域	軽部正彦、加藤英雄、青木謙治、長尾博文、井道裕史、原田真樹
木材改質研究領域	西村 健
複合材料研究領域	宮武 敦、新藤健太、平松 靖
研究コーディネータ	林 知行

1980年代に国内各地に数多く架けられた木橋は、30年近くの年月を経て、ところどころに傷みが出てきているものがあります。悪くなった場所を直して、安全に使い続けようとするためには、木橋の残存強度を正しく知ることが大切です。壊さずに残存強度を推し量る技術は、随分と進んできましたが、予想した残存強度が正確かどうか、確かめるチャンスはありませんでした。

今回、実際に現場で使われ架け替えで不要となった木橋を用いて、壊さずに測る非破壊検査と、実際に壊す世界初の実大木橋の破壊実験を比較して、木橋の残存強度を確かめました。

1. 破壊実験した木橋の概要

広島県下の自然公園内歩道橋として1990年5月に架設された下路式木造単純トラス橋は、木材の腐朽などの傷みから、13年後の2003年12月に解体撤去されました（写真1）。安全性が問題視されたこの橋は、残存強度が十分に判らないままに鉄橋に架け替えられましたが、関係者の協力により全ての部材と接合部品を回収することができました。現役を退いたこの木橋の第1径間（36.3m）を、2007年3月に実験場に再組立して、各種非破壊調査を行いながら継続的に観察してきました。こうしたデータを踏まえて、2008年6月に、破壊するまで土嚢を積載する載荷実験を実施しました。（写真2）

2. 実験方法と結果の概要

土嚢は、実験場にある土砂（約320kg）を袋に詰め、クレーンで木橋の上に載せていきました（写真3）。26袋（94.4kN）を積載したところで、上流側下弦材が千切れ、木橋が傾きました。さらに載せて行くと、53袋（189.7kN）で下流側上弦材が長手方向から押し潰されて、木橋が着地しました。

最初の破壊位置は、自然公園内にあった2000年に腐朽が生じていると指摘された箇所、載荷実験直前にも部材の割れが拡大しているようだと言っていた部分でした（写真4）。最終破壊した位置は、部材上面中央に入った乾燥割れがV溝状の腐朽に進展した箇所でした（写

真5）。

3. 破壊原因と研究成果の概要

実験後に部材を切断してみると、破壊した箇所がひどく傷んでいた一方で、同じ期間使ってきたはずなのに全く健全な箇所があることが確認できました。傷んだ部位は含水率が高く、健全な部位は低いことから、腐朽した箇所について耐荷能力のある木材断面が推定可能であることが判りました（写真6）。

4. 成果の利活用

これらの結果は、国内各地にある木橋の安全性を確認するための非破壊調査結果を使った残存強度推定技術の精度向上に活用され、ひいては木造住宅など、木材を使った構造物全般の維持保全に活用されます。

本研究は「予算区分：運営費交付金プロジェクト研究、課題名：既存木橋の構造安全性を維持するための残存強度評価技術開発（アイd112）」による成果です。

詳しくは「軽部正彦、林知行、加藤英雄、宮武敦、新藤健太、青木謙治、藤田和彦：13年の供用履歴を持つ既存木橋の載荷破壊実験 土木学会，第7回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集，pp. 129-134，2008/08」をご覧ください。



写真1 解体前の木橋 (2003/11/06 撮影)



写真2 土嚢積載により破壊した木橋



写真4 上流側下弦材の破断 (最初の破壊)



写真3 クレーンで土嚢を載せる



写真5 下流側上弦材の圧壊 (最終破壊)

36%	98%	44%	29%	32%	16%	19%	49%	174%	153%	59%	19%	12%	12%	17%	25%	13%	12%
97%	142%	192%	54%	85%	71%	31%	64%	170%	185%	142%	25%	13%	16%	24%	23%	18%	14%
111%	149%	178%	195%	115%	114%	28%	82%	163%	180%	58%	39%	14%	17%	20%	22%	19%	18%
39%	136%	169%	136%	149%	31%	27%	59%	30%	69%	42%	76%	14%	15%	17%	20%	18%	16%
#DIV/0!	149%	153%	141%	61%	37%	20%	22%	21%	22%	25%	60%	13%	15%	16%	18%	17%	15%
#DIV/0!	#DIV/0!	168%	84%	25%	44%	15%	17%	40%	18%	17%	15%	14%	15%	15%	16%	15%	13%
77%	52%	33%	21%	19%	18%	13%	14%	15%	15%	15%	15%	14%	14%	14%	15%	14%	13%
46%	18%	16%	16%	15%	15%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	14%	14%	14%	14%	14%

写真6 部材の断面内含水率分布と切断面
左から最初の破壊箇所、最終破壊箇所、健全部材

世界最大の引張試験機で新しく開発した集成材の強度を調べた

構造利用研究領域
複合材料研究領域

長尾博文、加藤英雄、井道裕史
宮武敦、平松靖、新藤健太

森林総合研究所は、2008年3月に木材用の引張試験機としては世界最大の実大横型引張試験機を導入しました。本試験機は、厚さが150mm、幅が600mm、長さが8400mmの試験体を約200tfの荷重まで引張ることができます。我が国では、スギなどの地域材を用いた異樹種集成材など、新しい木質材料の開発が進んでいます。これらの材料を木質構造物の構造部材として利用するには、材料の曲げ・圧縮・引張りなどの強さを明確にして構造安全性を確保する必要があります。本試験機によって、これまで困難であった大きな断面を持つ木質材料の引張り強度を適正に評価することが可能になりました。

なぜ大きな引張試験機が必要なの？

小さな試験体に比べて、実大サイズの大きな試験体では、節などの欠点が含まれる割合が増加するため、単位面積あたりの強さが低下します。そのため、実際に使用される実大サイズの試験体で引張り試験を行う必要があります。これまで、実大サイズの引張り試験に用いられる試験機の容量は50～100tfクラスでした。しかし、近年、民間企業等により、断面寸法がより大きな集成材等の開発が進められています。そのため、従来の実大引張試験機では容量不足となってきました。このような状況の下、森林総合研究所では2008年3月に、木材用の引張試験機としては世界最大の容量約200tfの実大木材横型引張試験機を導入しました。

どんな試験機なの？

試験機のサイズは、長さが約14.4m、幅が約2.7m、高さが約1.5mで、重量は約61tです。試験可能な試験体のサイズは、厚さが20～150mm、幅が90～600mm、長さが2000～8400mmで、引張チャック間の長さを300～6000mmの範囲で変えることができます。この試験機では最大約200tfの荷重まで引張ることができます。

どうやって引張るの？

まず、試験体を試験機にセットします。試験体は試験機のチャック部分の前方に備え付けられた支持台に置きます。続いて試験機のチャックを閉めます。チャックは三角形のくさび型をしており、このくさび型の部分が油圧により前方に押し出され、試験体を挟み込みます。最後に試験開始ボタンを押すと、試験機の端部に取り付けられた4つのモーターが回転し、モーターに接続された4本のスクリューを回転させます。このスクリューは両側のチャック部分の一方に接続しています。スクリュー

が回転することにより、チャック部分が引張られます。もう片方のチャック部分は固定されているので、両方のチャック部分に挟まれた試験体が引張られ、試験体の強さが耐え切れなくなった時点で引張破壊を起こして試験は終了します。

試験機で工夫した点は？

引張試験機で最も重要なのが、試験体をつかむ部分となるチャック部分です。荷重の上昇に対して、試験体が滑らず、かつチャック部分でつぶさないことが重要です。本試験機のチャックは、三角形のくさび型となっています。この形状だと、試験体が引張られるにつれ、くさび同士の間隔が狭まり、大きな荷重に対しても試験体の滑りが抑えられます。一方、くさびの間隔が狭まるにつれ、試験体への締め付け力も必要以上に大きくなり、試験体をチャック部分でつぶしてしまうおそれがあります。そこで、本試験機では、あらかじめ設定した締め付け位置になると、くさびと連結された鋼板が油圧によりロックされ、くさびの移動を拘束し、これ以上締め付けが進行しない機構としました。このことにより、試験体をチャック部分でつぶさずに引張り破壊させることができるのです。

おわりに

この試験機により、大きな断面を持つ集成材の引張り強度が正しく評価できるようになりました。また、森林総合研究所では一般公開の際に集成材の引張り試験の公開実験を行い、見学された方々に破壊時の迫力と轟音を体感していただきました。

本試験機の詳細は以下をご覧ください。

住宅と木材、31巻6号（2008年）、34～35ページ
木材工業、63巻12号（2008年）、613～615ページ

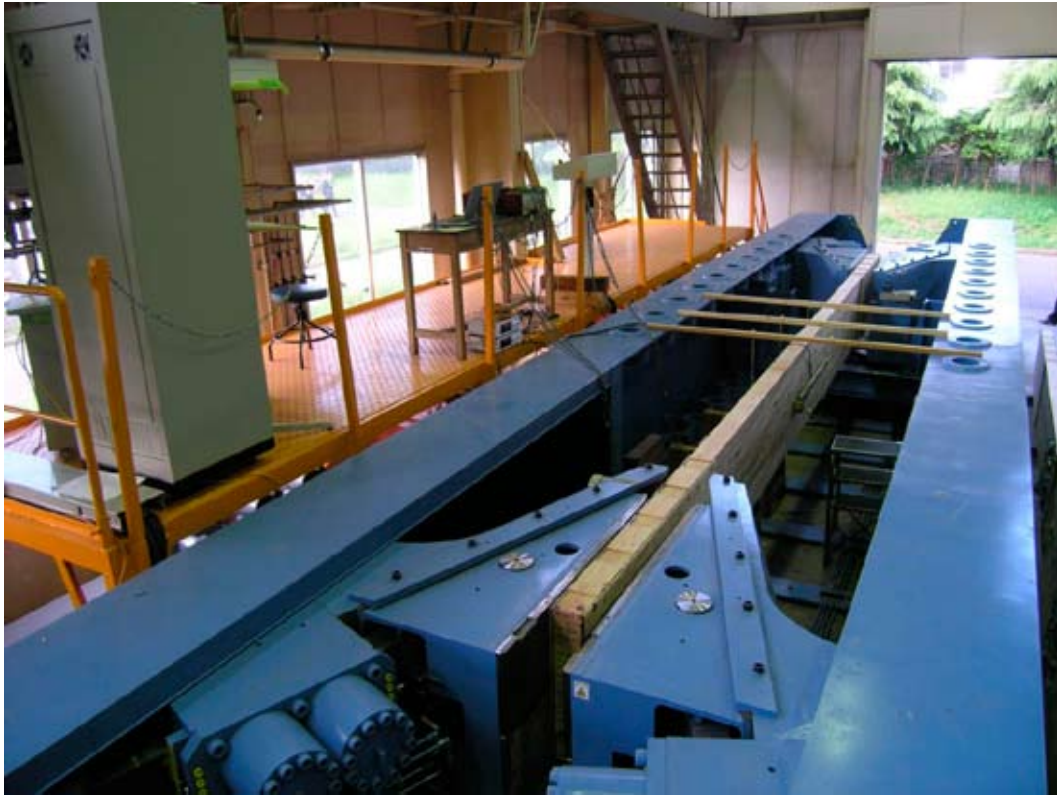


写真1 導入した実大横型引張試験機
厚さが105mm、幅（高さ）が600mm、長さが7400mmの試験体を設置したところ。
写真手前と右上の試験体を挟んでいる三角形の部分がチャック。

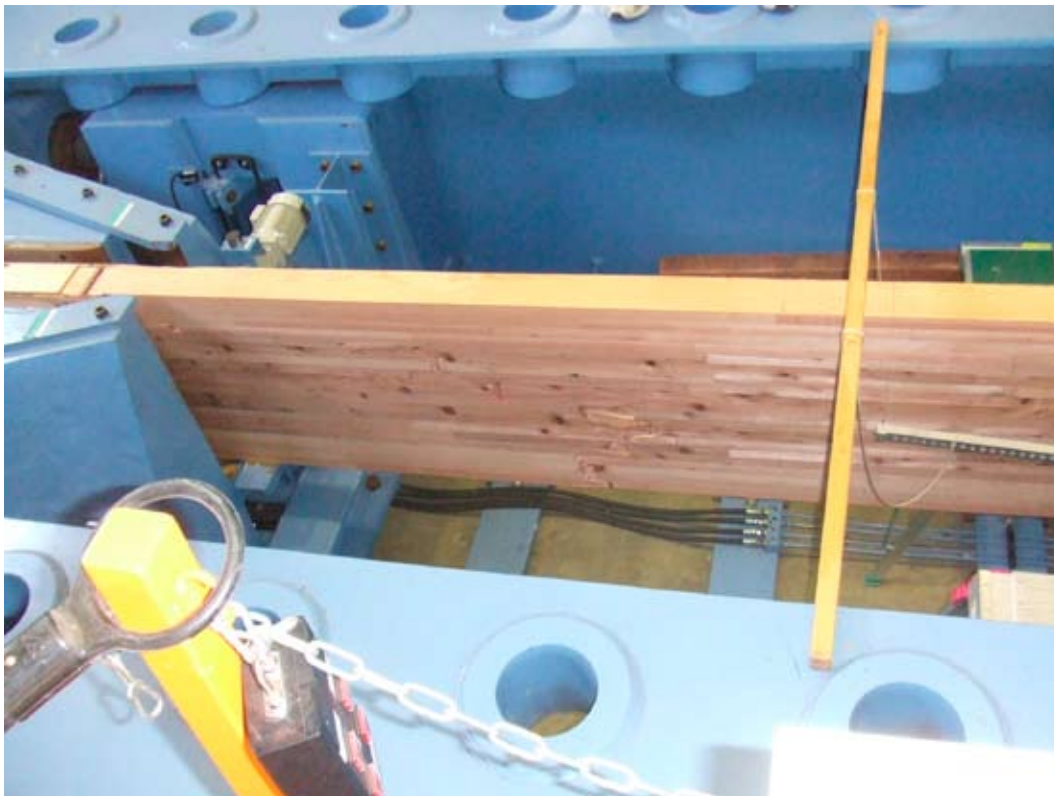


写真2 破壊した大断面集成材

長期優良住宅用部材の耐久性能を評価する技術を開発

木材改質研究領域 桃原郁夫、大村和香子、西村 健、松永浩史

100年以上にわたって使用できる性能を持つ長期優良住宅の部材には高い耐久性が要求されます。本研究では、そのような住宅部材の耐久性能を迅速に評価する技術や、保存処理された木材に規格で定められた量の薬剤がきちんと入っていることを正確に判定する技術を開発しました。ここでは、その中から木材保存剤の試験方法のJIS規格に定められたファンガスセラー法を改良し性能評価期間を短縮した例と、JAS規格やJIS規格で定められた木材保存剤の定量方法を改良した例とを紹介します。

耐久性能評価方法の改良

長期優良住宅で使用する部材には高い耐久性が要求されます。本研究では、そのような住宅部材の耐久性能を迅速に評価する技術や、保存処理された木材に規格で定められた量の薬剤がきちんと入っていることを正確に判定する技術の開発を目的に、研究を実施しました。

木材保存剤の性能とその試験方法とを定めた日本工業規格（JIS K1571）では、さまざまな試験方法を用いて木材保存剤の性能を評価しています。その評価方法の一つに、温度を高く保った室内に持ち込んだ無殺菌土壤中で耐久性を評価するファンガスセラー試験という方法がありますが、この試験方法では評価が終了するまでに最低でも2年程度の時間がかかるという問題が指摘されました。今回、ファンガスセラー試験で使用する試験体の大きさや評価指標を改善することで（表1）、1年以内に試験を終了させることが可能となりました（図1）。

本方法を用いることにより、主観によらない正確な評価と試験期間の大幅な短縮とが可能となるため、木材保存剤の開発に要する期間や、認定のためのデータ取得期間が大幅に短縮できることが期待されます。

木材保存剤定量方法の改良

製材の日本農林規格（JAS）では、保存処理木材中の木材保存剤の量について、性能区分ごとに最小含有量を規定しています。このため、保存処理木材がJAS製品の基準を満たしているか否かを判定するためには、木材に含まれる木材保存剤の量を正確に測定する技術が必要となります。

木材保存剤の定量方法についてもJASに定めがありますが、規格作成からの年数が経つにつれ、当時は使用していなかった樹種が使われるようになったことなどにより、木材保存剤と樹種の組み合わせによっては定量が難

しい場合がでてきました。また、環境や人の安全性に対する配慮から、定量の際に使用する溶媒等についても、より安全なものに変更していくことが求められています。そこで、今回北海道立林産試験場と共同で、定量が困難な樹種に含まれる木材保存剤の量を正確に定量できる技術（図2,3）や、危険な有機溶媒を使用しない定量方法（図4）を開発しました。既存の方法では、クロロホルムを使用し、溶媒による抽出やその後の処理に30分程必要でしたが、開発した方法では水に溶かした試薬と混ぜるだけで簡単かつ安全に正確な定量ができるようになりました。

ここまで紹介してきた方法を用いることにより、長期優良住宅を始めとする長い期間に亘って使用される住宅部材の耐久性能を迅速に評価することや、保存処理された木材に規格で定められた量の薬剤がきちんと入っていることを正確に判定することが可能となりました。本成果の一部は今後JAS等の試験方法に記載され、活用されていく予定です。

詳しい情報源

- 1) 固相抽出 - HPLC - UV法によるタナリスCY処理木材中のシプロコナゾールの定量分析、宮内輝久、桃原郁夫、森満範、木材保存、33:218-225 (2007)
- 2) Spectrophotometric assay of a wood preservative, didecyl dimethyl ammonium chloride (DDAC), in aqueous solution、Ikuo Momohara, Atsushi Kato, Takeshi Nishimura、J. Wood Sci., 56:314-318 (2010)
- 3) Spectrophotometric assay of a wood preservative, N,N-didecyl-N-methyl-poly(oxyethyl) ammonium propionate (DMPAP), in aqueous solution、Ikuo Momohara, Wakako Ohmura、J. Wood Sci., in press

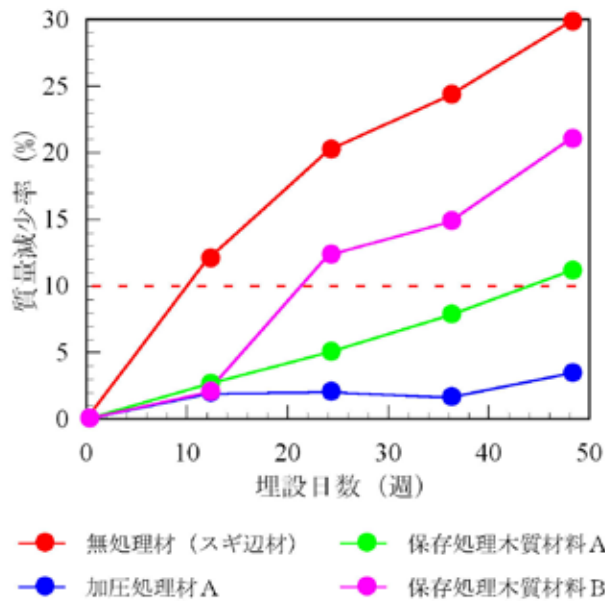


図1 土に埋めた小試験体の質量減少率の経時変化
図の例では、無処理材の質量の10%が腐って失われるのに10週間かかりました。これに対して保存処理材Aと保存処理木質材料Aでは、30週間以上経ってもそれぞれの元の重さの10%が失われていなかったことから防腐効力があると判断されました。

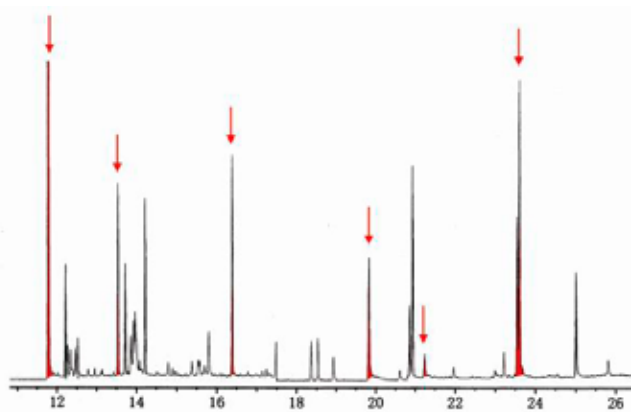


図3 検出器の変更による定量の高精度化
木材保存剤の定量には高速液体クロマトグラフィー分析装置やガスクロマトグラフ分析装置を使用していますが、ガスクロマトグラフ分析装置に質量分析装置を組み合わせることで、木材保存剤のピークを分離でき、正確に定量できることを明らかにしました。図では赤く塗りつぶした部分が木材保存剤のピークで、他の抽出成分のピークと綺麗に分離できているのが分かります。

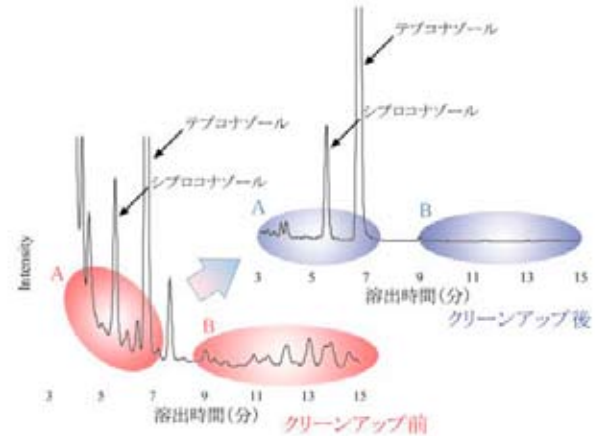


図2 試料クリーンアップによる定量の高精度化
木材保存剤が木材抽出成分と混ざった状態のサンプル（上図左下）では、木材保存剤（シプロコナゾールとテブコナゾール）付近に木材抽出成分に由来するピークが現れるため、正確な定量ができません（赤字Aの部分）。また、溶出時間が長い成分が多数あるため、1回の測定に時間がかかっていました（赤字Bの部分）。しかし、このサンプルをクリーンアップすることで、これら定量を阻害する成分を除くことができ、定量を正確かつ迅速におこなうことが可能となりました。

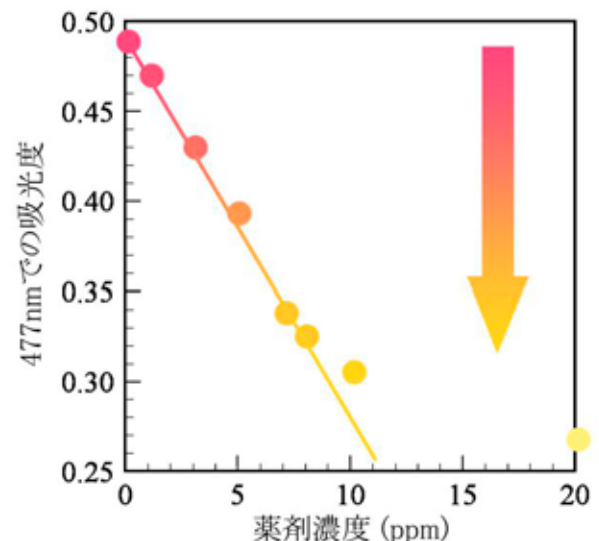


図4 環境に優しい木材保存剤定量法
プロピルオレンジという試薬を用いる第四級アンモニウム化合物系木材保存剤の定量方法を開発しました。試薬と木材保存剤とを混ぜると試薬の色が赤からオレンジへと変わります。その変わり方の規則性を利用することにより、簡単な操作で木材保存剤の濃度を正確に定量することが可能です。

表1 ファンガスセラー法の改良点

改良箇所	改良点	その効果
試験体サイズ	2×2×10cm から 2×2×1cm に変更	菌が試験体に侵入しやすくなり腐朽の進行が早くなります
評価方法	目視による評価から 質量減少率による評価に	目視というあいまいな評価を絶対的な評価にしたため、曖昧さが無くなります
評価基準	6段階評価を%評価に	評価基準の目盛りが細かくなり、より正確な判断が可能となります

微小振動によるシロアリ行動制御法の開発

木材改質研究領域	大村和香子
森林昆虫研究領域	高梨琢磨
木材特性研究領域	鈴木養樹

薬剤だけに頼らないシロアリ対策の確立を目的として、シロアリの行動を物理的にコントロールする新たな対策方法を考案しました。シロアリは危険と感じる刺激を受けたときに、自分の頭を地面や壁にぶつけて音をたてたり、体を震わせたりする特異的な行動を起こすことが知られています。これらの自己振動行動は、巣仲間に対して危険という情報を伝えるための警報行動と考えられています。私たちは高速度カメラを使って警報行動パターンを記録・解析しました。その結果、シロアリの種類や階級により行動パターンは異なり、イエシロアリの働きアリでは1秒間に15～20程度往復運動すること、その速度は最大10 mm/sであることなどがわかりました。さらに、行動パターンを模倣した微小な振動を機械的に発生させて、シロアリに与えることによって、シロアリの行動をかく乱できることを明らかにしました。

現在、木造建築物のシロアリ対策において、薬剤だけに頼らない方法が求められています。そこで、シロアリが危険と感じたときに起こす警報行動を精査し、シロアリの行動を物理的にコントロールする新たな対策方法を考案しました。

シロアリは目が未発達なため、光の強弱以外は感じ取ることができません。シロアリは通常、土壌や木材中など暗いところで生活していて、体表が乾燥するのを嫌いますので、風（空気）の動きや（太陽）光に非常に敏感です。例えばシロアリに急に強い光を当てると、歩く速度が速くなると同時に、独特な行動、すなわち自分の頭部を地面や周囲の壁に打ち付ける「頭突き行動（タッピング）」や、体を前後に小刻みに揺する「ゆすり行動（トレミュレーション）」を起こします（図1）。このようなシロアリの行動は、地面や壁を振動させたり、近傍の空気の流れを生じさせることで、仲間に危険を知らせる警報行動と考えられています。

1. シロアリ固有の警報行動パターンを解析

私たちは、これらのシロアリの警報行動を高速度カメラを使って記録・解析してみました。一般的なビデオカメラは1秒間に30枚の撮影を行います。今回使用した高速度カメラは、最高で1秒間に10万枚の撮影が可能で、これまで記録できなかった速い動きが記録・解析できる装置です。

イエシロアリの働きアリの「ゆすり行動」を観察すると、3対の脚が付いている胸部を中心に、体軸方向前後に往復する動きをしていることがわかりました。図2は胸部を原点とした場合、時間経過とともに、体が前後にどの

くらいの距離動くかを表したものです。イエシロアリの働きアリの体長は約5 mmですから、体をゆり動かす距離は体長の10分の1程度ということになります。また、主として1秒間に15～20回の往復運動をすることから、最大10 mm/sの速さで体を動かすことが明らかになりました。

2. 微小な振動を使ってシロアリの行動を制御

シロアリが起こす振動はヒトには感じないレベルの微小な振動です。シロアリ固有の振動を機械的に再生して、シロアリが付着している木材を局部的に揺らすと、シロアリがその場から逃げることを確認しています。このような技術を応用して（図3）、例えばシロアリの食害が生じている箇所に振動を順々に当てていくことで、シロアリを特定の場所に移動させて、その場所だけに薬剤を使つてのシロアリ駆除が可能となると考えられます。

本成果は文部科学省科学研究費補助金「シロアリの振動シグナルを用いたコミュニケーション制御に関する研究」の成果です。

詳しい情報源

1) Wakako Ohmura, Takuma Takanashi, Yoki Suzuki, Behavioral analysis of tremulation and tapping of termites, Sociobiology, 54, 2009, 269 – 274

2) 名称：振動により害虫を防除する方法

発明者：高梨琢磨、大村和香子、大谷英児、久保島吉貴、森輝夫、小池卓二、西野浩史 国際出願番号 PCT/JP2010/65398、出願年月日：2010年9月8日

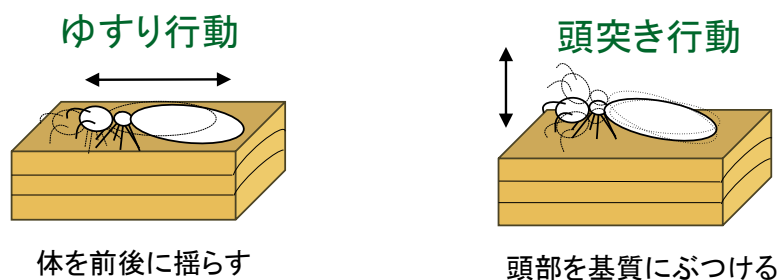


図1 シロアリの警報行動

例えばシロアリに急に強い光を当てると、体を前後に小刻みに揺する「ゆすり行動」や、自分の頭部を地面や周囲の壁に打ち付ける「頭突き行動」を起こします。このようなシロアリの行動は仲間に危険を知らせる警報行動と考えられています。

図2 イエシロアリの「ゆすり行動」パターン

「ゆすり行動」のときに、イエシロアリの働きアリの体が、時間経過とともに、前後にどのくらいの距離動くかを表したものです。イエシロアリの働きアリの体長は約5 mmですから、体をゆり動かす距離は体長の約10分の1程度ということになります。また、主として1秒間に15～20回の往復運動をすることから、最大10 mm/sの速さで体を動かしていることになります。

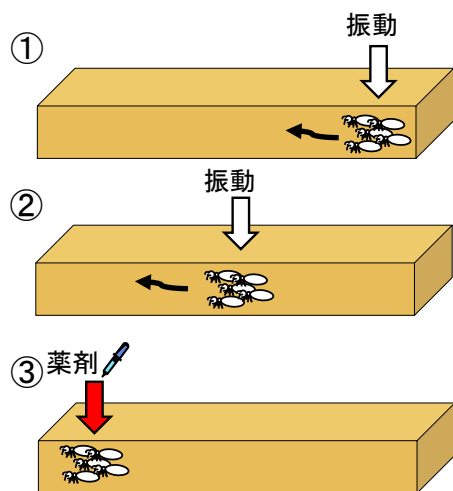
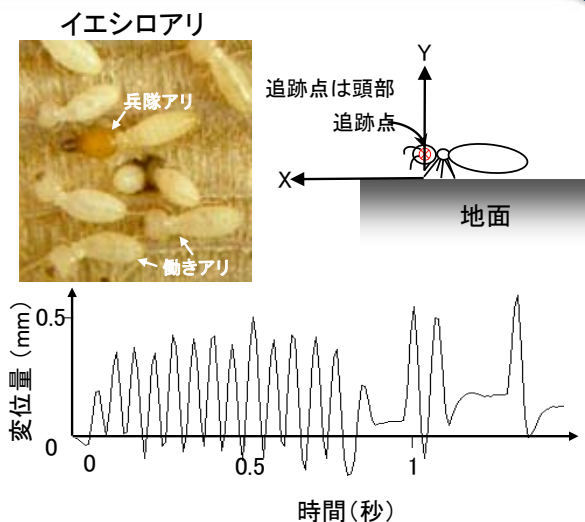


図3 振動による誘導を使ったシロアリ駆除例

例えばシロアリの被害が生じている箇所に振動を順々に当てていくことで(①→②)、シロアリを特定の場所に移動させて追い込んでいき、特定の場所(③)だけに薬剤を使って、シロアリ駆除ができる可能性があります。

木材中に注入されたナノ銅粒子の可視化

木材改質研究領域 松永浩史、片岡 厚、木口 実

住宅部材等に用いられる木材は、耐朽性向上を目的にイオン性銅等を主成分とする保存剤が注入処理されますが、最近、ナノ銅粒子を木材に注入する技術が開発されました。ところが、このナノ銅粒子が木材中にどのように浸透し分布しているのかという根本的な現象が不明であり、結果として性能発現メカニズムも未解明のままです。

そこで、高分解能の電子顕微鏡を用いて木材中のナノ銅粒子を可視化しました。その結果、径 20 ～ 700nm の銅粒子が細胞の内腔や細胞同士の連絡路に目立って分布すること、径 20nm 未満の細かい粒子が細胞壁の内部に浸透することを明らかにしました。本成果は、ナノ粒子の木材保存効果の解明や更なる性能向上に役立つことが期待されます。

木材保存のトレンドは「イオン性銅→ナノ銅粒子」へ

住宅部材等に用いられる木材は、多くの場合、耐朽性向上を目的にイオン性銅を主成分とする保存剤が注入処理されますが、最近、イオン性銅に代えてナノサイズの炭酸銅微粒子を木材に注入する技術が実用化されました。この新技術の特長は、木材からの銅の溶脱が抑制できることにあり、環境汚染の低減に繋がると期待されています。世界最大の市場である北米では既に 8 割超のシェアを獲得しており、今や木材保存のグローバルなトレンドは「イオン性銅→ナノ銅粒子」へと変化しています。

ナノ銅粒子の木材中への浸透・分布機構は不明

木材保存処理では、保存剤の注入性や材内分布の良否が製品の性能を左右します。これは、白色腐朽菌に対しては細胞の内腔よりも細胞壁の内部への処理が有効であること、軟腐朽菌などに対しては細胞壁の内部に浸透した保存剤の量が防腐性能に寄与するからです。

ところがこのナノ銅粒子について、①材内分布、②細胞壁内部への浸透の可能性、といった点の詳細は不明のままです。

木材中のナノ銅粒子を可視化して解明

そこで、高分解能電子顕微鏡を用い木材中におけるナノ銅粒子の微細分布を可視化することによって、注入性や材内分布を解明しました。使用した装置は、フィールドエミッション走査電子顕微鏡－エネルギー分散型 X 線分光器 (FESEM-EDX) で、材内の無機元素の濃度分布を組織構造と関連付けながら可視化することができます。

解析の結果、①細胞の内腔、細胞同士の連絡路である壁孔部、といったマイクロオーダーの空隙構造に、径 20

～ 700nm の炭酸銅粒子が豊富に分布すること (図 1)、②一方、細胞壁の内部から銅元素は検出されるにも拘わらず (図 2)、銅粒子は観察できないこと (図 3)、などを明らかにしました。

これらの結果から、細胞壁の内部に浸透し得るナノ銅粒子のサイズは、FESEM の分解能 (20nm) を下回る極めて微細なものであることがわかりました。つまり、径 20nm 未満の微細なナノ銅粒子が細胞壁内部のナノキャピラリー (径 1 ～ 10nm) に浸透する可能性を示唆したことになります。

ナノテクは新技術として脚光を浴びていますが、実際に実用化されたものは意外と多くありません。ナノ銅粒子の木材保存への適用は、現在世界的にみても最大規模です。本研究の成果は、ナノ銅粒子による木材保存効果の解明や改良に役立ち、ひいては環境汚染の低減に資することが期待されます。

情報源

- 1) Matsunaga, H., Kiguchi, M., Evans, P. (2009): Microdistribution of copper carbonate and iron oxide nanoparticles in treated wood. *Journal of Nanoparticle Research*, 11 (5) 1087-1098.
- 2) Evans, P., Matsunaga, H., Kiguchi, M. (2008): Large-scale application of nanotechnology for wood protection. *Nature Nanotechnology*, 3 (10) 577.
- 3) Matsunaga, H., Kiguchi, M., Roth, B., Evans, P. (2008): Visualisation of metals in pine treated with preservative containing copper and iron nanoparticles. *IAWA Journal*, 29 (4) 387-396.

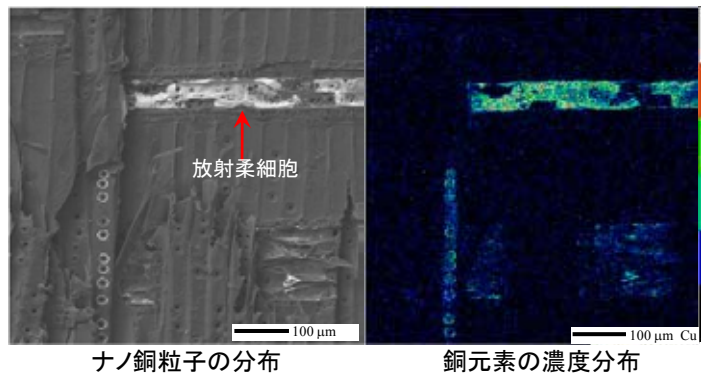


図1 ナノ銅粒子の材内分布
放射柔細胞の内腔や壁孔部などに
ナノ銅粒子が蓄積しています。

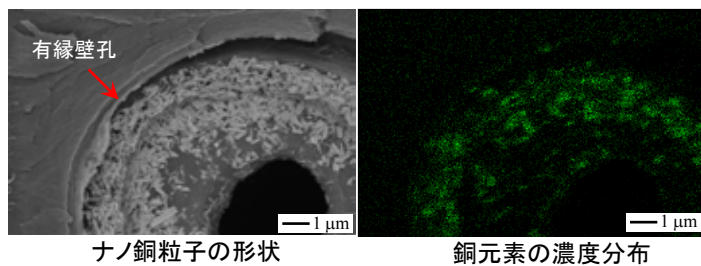


図2 EDXによる表面組成分析
点分析のスペクトルから、仮道管壁の
内部からも銅元素が検出され、銅の存
在が確認できます。

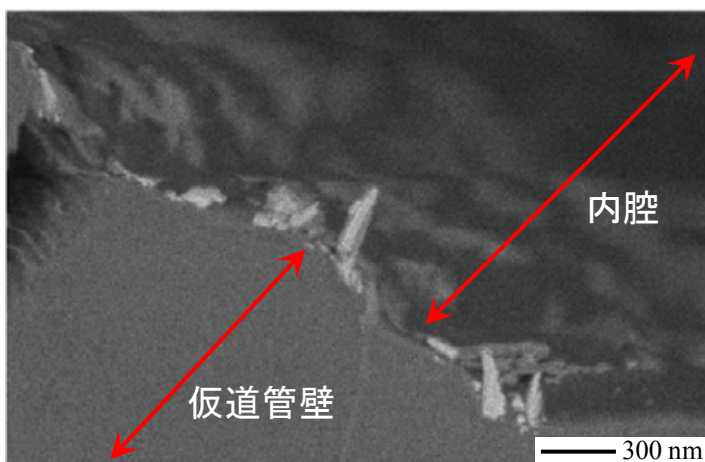
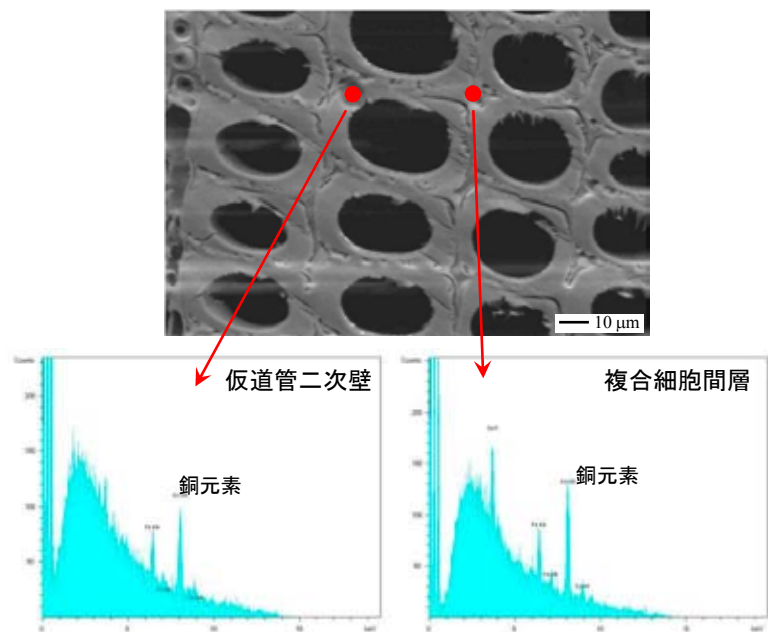


図3 仮道管壁の拡大写真（木口面）
ナノ銅粒子は内腔面にへばりついており、
壁内では観察されません。

屋外での難燃薬剤溶脱メカニズムの解明

木材改質研究領域 原田寿郎、松永浩史、片岡 厚、木口 実

難燃処理木材は、難燃薬剤の水溶液を木材に注入して製造するのが一般的で、屋外で使用する、薬剤が雨に溶けて流れ出てしまい、初期性能が低下してしまう懸念があります。その改良のために難燃薬剤がどのようなメカニズムで溶脱するのかを明らかにしました。

難燃処理木材の耐候性試験を行ない、薬剤残存量と防火性能の関係を評価したところ、薬剤の溶脱は細胞内腔から起こり、細胞壁中の薬剤は溶脱し難いことがわかりました。また、溶脱を防ぐ方法を検討するため、難燃処理木材に各種の塗装を施して、その耐候性を調べたところ、薬剤の種類と塗装方法を適切に選択すれば、難燃処理木材の屋外耐候性を著しく向上させることが可能であることがわかりました。

屋外使用に弱い難燃処理木材

木材を難燃化する手法は、難燃薬剤の水溶液を木材に含浸させるのが一般的です。難燃処理木材を外壁やデッキ材などに利用したいという要望が増加していますが、雨水等の影響を受ける屋外で使用する場合、薬剤の溶脱に伴う防火性能の低下が懸念されます。塗装により耐候性を高める手法も検討されていますが、屋外使用時の防火性能低下に関する基礎的なデータが乏しく、難燃薬剤の溶脱のメカニズムや塗装の有効性も明らかにされていません。そこで、本研究では、屋外使用環境下における難燃処理木材の性能低下メカニズムを解明するとともに、塗装による難燃薬剤の溶脱防止効果を検証しました。

難燃薬剤の溶脱は細胞内腔から

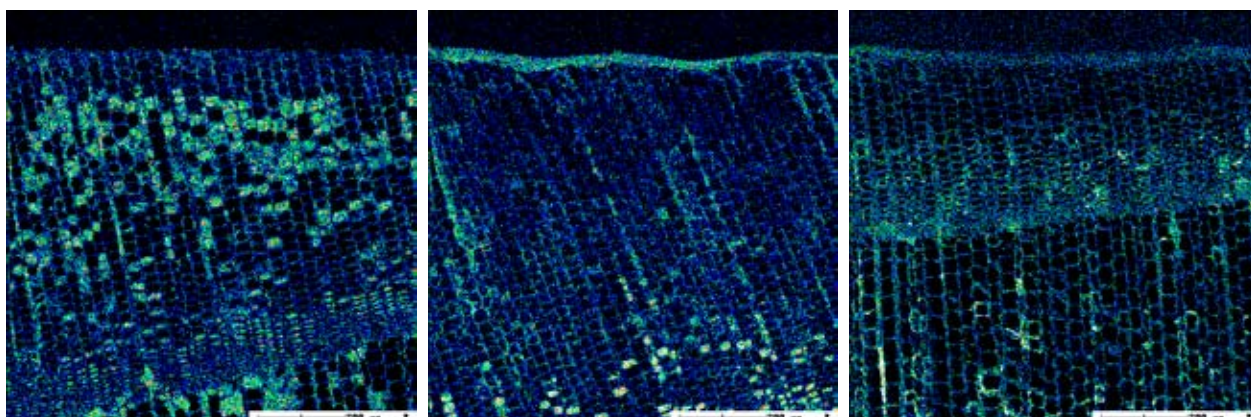
走査電子顕微鏡・エネルギー分散型X線分光器を用いて分析を行うと、難燃薬剤に含まれるリン元素を可視化できるので、リンを含む難燃薬剤の木材中での分布状態を知ることができます。人工的に雨や光を照射する装置（ウェザメータ）に暴露した後の難燃処理木材の薬剤分布状態をこの装置で観察し、難燃薬剤は、先ず表層に近い細胞内腔から溶脱し、細胞壁中の薬剤は比較的溶脱しにくいこと（写真1）、塗装木材では塗膜等の割れの箇所から薬剤が溶脱していることなどを突き止めました。また、さらに詳しく分析したところ、溶脱が進んでも、細胞壁中の濃度にさほど変化が認められなかったことから、細胞内腔の薬剤は、壁内を介して移動していることがわかりました。

塗装による溶脱防止効果

難燃薬剤としてポリリン酸系薬剤（A）、ホウ砂・ホウ酸・リン酸アンモニウム混合物（B）、リン酸・窒素系薬剤（C）、リン酸系薬剤（D）を含浸させたスギ材をウェザメータ試験や屋外での暴露試験を行い、一定期間後の木材中の薬剤量を調べたところ、薬剤間に溶脱性の違いがあり、Dの溶脱性が比較的低いことがわかりました（図1）。しかし、防火性能では、Dでさえ、当初準不燃材料レベルであった性能が、ウェザメータ試験500時間後には難燃材料レベルにまで低下しています（図2）。水性・造膜・隠蔽型塗料①、油性・含浸・半透明型塗料②、油性・半造膜・半透明型塗料③、油性・造膜・透明型難燃塗料④の4種類の塗料を用いて塗装の効果を調べたところ、薬剤Dと塗料②の組合せでは、ウェザメータ試験で2000時間経過した後も200kg/m³以上の薬剤が残存しており、極めて良好な耐候性、溶脱防止性能を示しました（図3）。これは屋外使用可能な難燃処理木材の開発に向けた大きな一歩です。現在、通常の難燃処理と同程度での製造コストの製品化を目指し、民間企業との共同研究を進めています。

主な発表文献

・Toshiro Harada, Hiroshi Matsunaga, Yutaka Kataoka, Makoto Kiguchi, Junji Matsumura : Weatherability and combustibility of fire-retardant-impregnated wood after accelerated weathering tests, Journal of Wood Science 55(5), 359-366 (2009)



(a) 0時間(試験開始前)

(b) 500時間後

(c) 1000時間後

写真1 難燃処理木材中での薬剤(リン元素)の分布状態

ポリリン酸系薬剤(A)を含浸させた木材のウエザメータ試験を行い、薬剤の溶脱状況を観察しました。走査電子顕微鏡・エネルギー分散型X線分光器を用いると、薬剤が存在する場所を目で見ることができます。

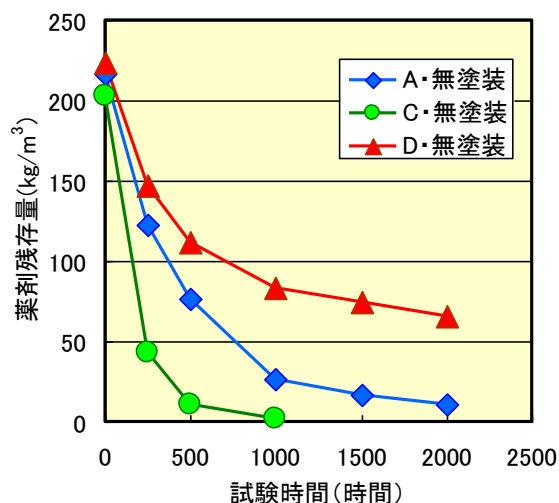


図1 ウエザメータ試験における難燃処理木材中の薬剤残存量の推移
時間の経過に伴って、薬剤は溶脱しますが、その量は薬剤によって異なります。

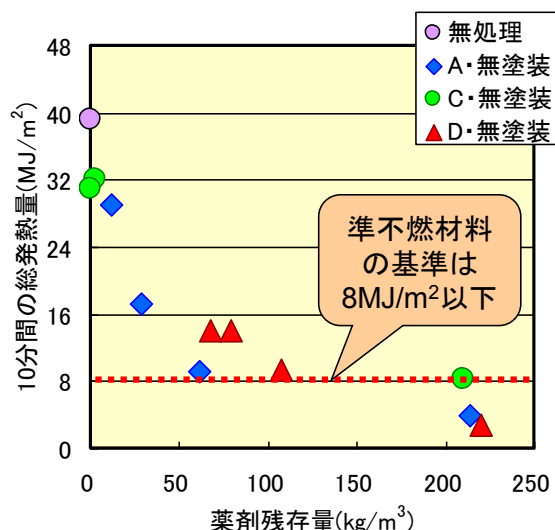


図2 薬剤残存量と10分間の総発熱量
ウエザメータ試験で500時間経過すると、溶脱し難い薬剤Dでも薬剤残存量は100kg/m³となり、防火性能も低下します。

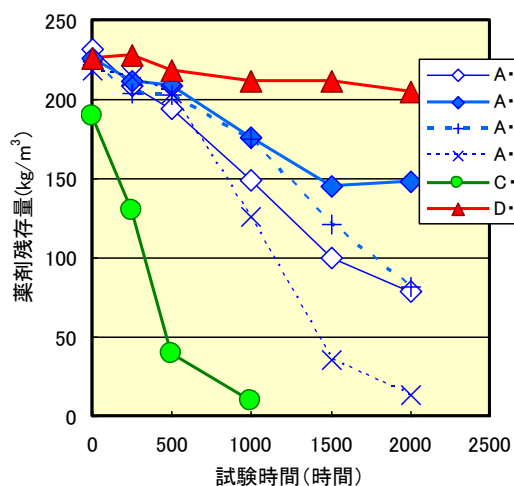


図3 溶脱防止に及ぼす塗装の効果

薬剤Dと塗料②の組合せなら、ウエザメータ試験で2000時間経過しても薬剤残存量は200kg/m³を維持しています。

木質建材製造工場から排出される揮発性有機化合物の実態調査

加工技術研究領域
複合材料研究領域
木材改質研究領域
バイオマス化学研究領域
(地独) 東京都立産業技術研究センター
(株) オーシカ
玄々化学工業(株)

石川敦子
井上明生、塔村真一郎、宮本康太
片岡 厚
大平辰朗
木下稔夫、瓦田研介
藤井一郎、松本重幸、田中博史
杉野克美、大木博成、山田和俊

首都圏では光化学スモッグ注意報が頻繁に出されるなど、大気汚染の状況は良くなっていません。そこで平成16年に大気汚染防止法が改正され、大気汚染の原因物質の一つとなっている揮発性有機化合物(VOC)の工場からの排出規制が定められました。木質建材(合板など、木を使った建築材料)を作る工場でも接着剤や塗料にVOCが含まれているので、排出量を減らすことが強く求められています。この研究では、木質建材工場のどの工程からどのくらいのVOCが排出されるかを調べ、VOCの排出量を減らす技術を開発しました。

工場から出るVOCとその排出メカニズム

合板工場などの木材(単板)の乾燥工程におけるVOC排出量は少ないことが分かりました。ただし、排出されるVOCのほとんどが天然材料である木の成分であることが分かりました。合板工場、LVL工場、パーティクルボード工場のいずれの工場においても、接着工程(接着剤塗布及びプレス工程)で排出されるVOCは少ないことが分かりました。また、プレス工程においては、ホルムアルデヒドを含む接着剤を用いた場合は、木の成分に加えて接着剤に由来する成分が排出され、ホルムアルデヒドをまったく含まない新しいタイプの接着剤を用いた場合は、木の成分だけが排出されることが分かりました。化粧合板工場及びフローリング工場の塗装工程では、塗布から乾燥(硬化)の工程でVOCが排出され、その量は塗料に含まれる溶剤の量に依存することが分かりました。また、フローコーティングやロールコートのようなバルク塗布とスプレー塗布ではVOC排出の周期や変動幅が異なることも分かりました。

VOCを減らす技術

単板乾燥工程においては、乾燥温度を低く、乾燥時間を短くするほど排出量が少なくなることが分かりました。接着工程におけるVOCをさらに減らすためには、ホルムアルデヒドを含む接着剤については、低ホルムアルデ

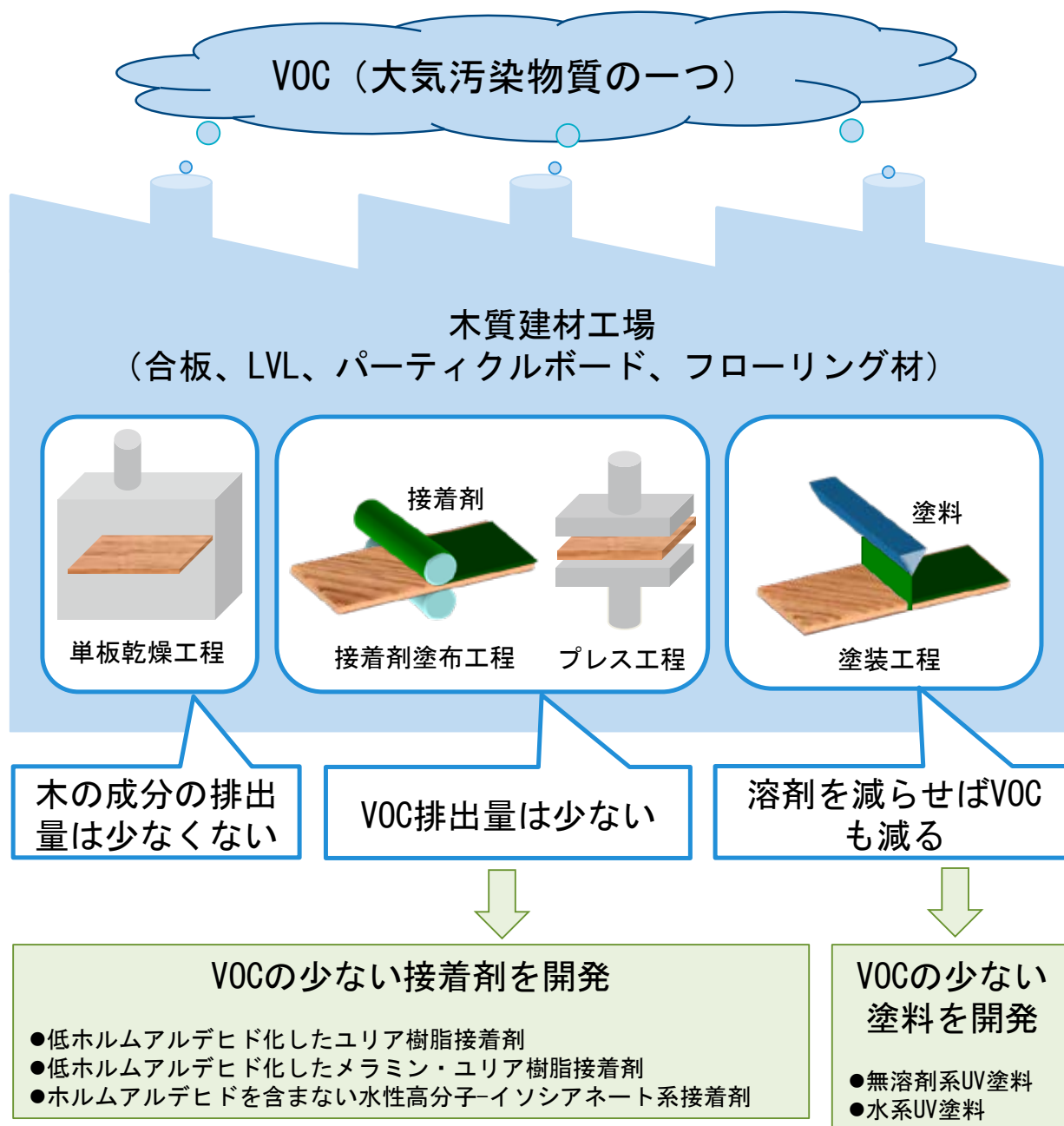
ヒド化することが効果的であり、また、ホルムアルデヒドをまったく含まない新しい接着剤(水性高分子イソシアネート系接着剤)を用いることが効果的です。塗装工程におけるVOCを減らすためには、塗料中の溶剤を減らすことが効果的であるため、塗膜の性能基準を満たしつつ、溶剤を他の成分に換えた無溶剤タイプのUV(紫外線硬化型)塗料と水系のUV塗料を開発しました。これらの塗料は、溶剤を多く用いる従来型の塗料と比較して、塗装各工程におけるVOC排出量が大きく減少することが分かりました。

成果の利活用

本研究成果は、①接着剤及び塗料メーカーにおいては開発指針として、②木質建材製造工場においてはVOC排出量削減のための技術資料として活用されています。さらに、林野庁の行政施策にも反映していきます。

本研究は、農林水産省先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「木質建材製造工程における揮発性有機化合物排出低減化技術の開発」による成果です。

詳しくは「木材関連工場から排出されるVOC」、石川敦子、木材工業、62(6)、244-249(2007.6)をご覧ください。



VOC低減化のポイント

- ☆溶剤を減らす
- ☆処理条件のきめ細かな見直し
（処理温度・時間、接着・塗装方法など）
- ☆低VOC接着剤・塗料への代替

木質建材からの規制対象外 VOC の放散特性の解明

複合材料研究領域 井上明生、塔村真一郎、宮本康太
加工技術研究領域 石川敦子
バイオマス化学研究領域 大平辰朗

建築基準法によるシックハウス対策規制によって、平成15年からホルムアルデヒド発散建築材料の使用制限が行われています。その後、ホルムアルデヒド以外のVOC（揮発性有機化合物）についても、安全性に関する表示制度の確立を望む声が多く寄せられてきました。平成20年4月1日に、(財)建材試験センターが主催する「建材からのVOC放散速度基準化研究会」において「建材からのVOC放散速度基準」が制定され、トルエン、キシレン、エチルベンゼン及びスチレン（以下4VOC）の放散速度基準値が示されました。そこで、木質建材に関するVOC放散データを解析し、「4VOC基準」に対する適合性について検討を行いました。

木材（無垢材）の4VOC基準適合性

木材（無垢材）については、標準法である小形チャンバー法（JIS A 1901）による測定において4VOCがほとんど検出されないこと、また、木材成分の生合成経路から判断して4VOCが生成される可能性がないことなどから建材からの4VOC基準（表1）に適合するものと判断されました。

木材用接着剤の4VOC基準適合性

主な木質材料用接着剤（ユリア樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂及び水性高分子－イソシネート系樹脂接着剤）からは4VOCの放散はほとんど認められず、これらの接着剤は4VOC基準に適合するものと判断されました。

木質建材の4VOC基準適合性

7品目95体の木質建材（合板：14体、集成材：14体、フローリング：20体、パーティクルボード：40体、

ミディアムデンシティファイバーボード（MDF）：5体、インシュレーションボード：1体、ハードボード：1体）について、4VOC放散基準に対する適合性を解析したところ、これらの木質建材は4VOC基準に適合するものと判断されました。

成果の利活用

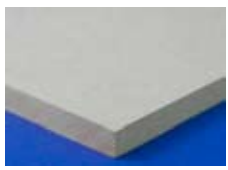
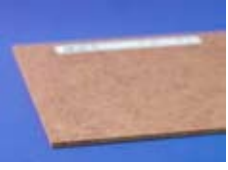
本研究成果は、(社)日本建材・住宅設備産業協会が平成20年10月1日より開始した「化粧板等のVOC放散に関する自主表示（トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン）制度」（業界団体による自主制度）の根拠として活用されています。同制度において、上記の木質建材は「4VOCが基準値以下であることが確認されている資材」として認められることとなりました。

詳しくは：化粧板等のVOC放散に関する自主表示制度 web ページ http://www.kensankyo.org/kensan/kankyo/4voc/4voc_top.htm をご覧下さい。

表1. 4VOCの放散速度基準値（(財)建材試験センター）

対象VOC	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
略記号	T	X	E	S
放散速度基準値 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	38	120	550	32

表2. 4VOCが基準値以下であることが確認されている資材（(社)日本建材・住宅設備産業協会）

材料名称	写真	要件	備考
合板		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた合板については国内産に限る。	「木質建材からのVOC 証明・表示研究会」報告書(平成20年8月1日(財)日本住宅・木材技術センター)による
集成材		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた集成材については、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
単板積層材(LVL)		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた単板積層材については国内産に限る。	
フローリング		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いたフローリングについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。なお、いずれの製品であっても塗装等の処理を全く行っていない製品に限る。	
パーティクルボード		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いたパーティクルボードについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
MDF		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いたMDFについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
インシュレーションボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	
ハードボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	

自然エネルギーを利用した快適温熱環境住宅

構造利用研究領域
バイオマス化学研究領域

森川 岳
塙 藤徳

化石燃料の枯渇や地球温暖化の要因となる電力消費や二酸化炭素の排出を抑えた冷暖房として、太陽熱や地熱などの自然エネルギー利用した冷暖房システムが注目されています。しかし、これまでに開発されてきたシステムは構造が複雑で高価なため、日本での一般世帯への普及は十分に進んでいません。本研究では、簡易な構造で低価格での設置が可能な空気循環式の太陽熱利用温熱環境改善システム（以下簡易ソーラーシステム）を開発し、その性能について検証しました。

1. 簡易ソーラーシステムの概要

この簡易ソーラーシステムは、①屋根下通気層、②屋根下通気層の空気を取り込みと排出を切り替える棟付近の通気路切替装置、③屋根下通気層と床下をつなぎ、空気の流れを上下に切り替えられる送風機を備えた縦ダクトからなっています（図1）。冬の昼の場合、日射で作られた屋根下通気層の暖気を、通気路切替装置で塞ぐことで棟通気口から逃げないようにし、縦ダクトの送風機を下方向に運転することで床下に通し、それによって基礎のコンクリートを暖めながら居室に取り込みます。冬の夜は、昼間に熱を蓄えたコンクリートによって暖められた床下の空気を室内に取り込みます。夏は、通気路切替装置を開いて棟通気口から暖気を逃がすとともに、縦ダクトの送風機を上方向に運転することで建物内の低いところにある冷たい空気を循環させることが可能です。

2. 簡易ソーラーシステムの性能

図2に、ソーラーシステムを運転した2007年の2月上旬とシステムを停止した同2月下旬のそれぞれ3日間における室内の温度変化を示します。いずれの3日間とも晴天でしたが、日射量が少なかった2月上旬の方が日射量が多かった2月下旬よりも室内の温度が、各期間の3日目の朝を除き2℃以上高いことが分かります。すなわち、このシステムは建物内全体を少なくとも2℃上昇させる効果があることが明らかになりました。

この結果から試算すると、冬の間にシステムを運用できる日が75日として、1327kWh（1世帯における平均電力使用量の約4ヶ月分相当）のエネルギーがこのシステムにより供給されることが分かりました。すなわち、この簡易ソーラーシステムは十分な省エネルギー効果があると言えます。さらに、夏の間も熱気の排出や床下の冷気の利用を行えば、1年を通じての効果も得られます。

本システムは、他の省エネルギーシステム等と併用することが可能であることも特徴であり、例えば、写真1に示す日射吸収蓄熱床を組み合わせることによる相乗効果で性能を大きく向上できることも明らかになってきました。

3. 成果の利活用

この簡易ソーラーシステムの導入費用は約30万円と見積もられ、上記の結果から年間3万円程度の電気代節約が可能とすると、約10年で減価償却が可能であることが分かりました。今後、普及させていくことにより、住宅の省エネルギー化に大きく貢献できるものと思われます。なお、本研究で開発した簡易ソーラーシステムは特許出願中です。

詳しくは、塙藤徳、森川岳 太陽エネルギー 35(6):65-71 (2009) をご覧下さい。

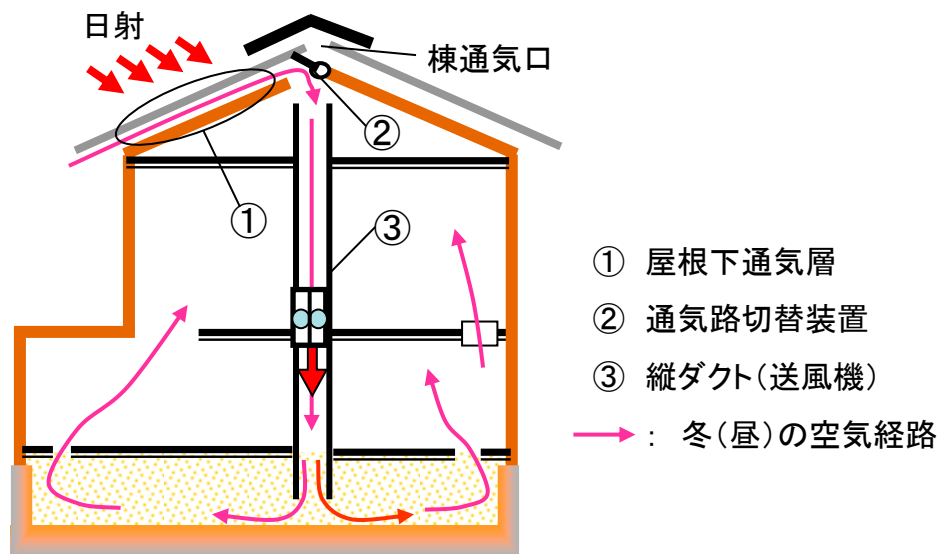


図1 ソーラーシステムの概要

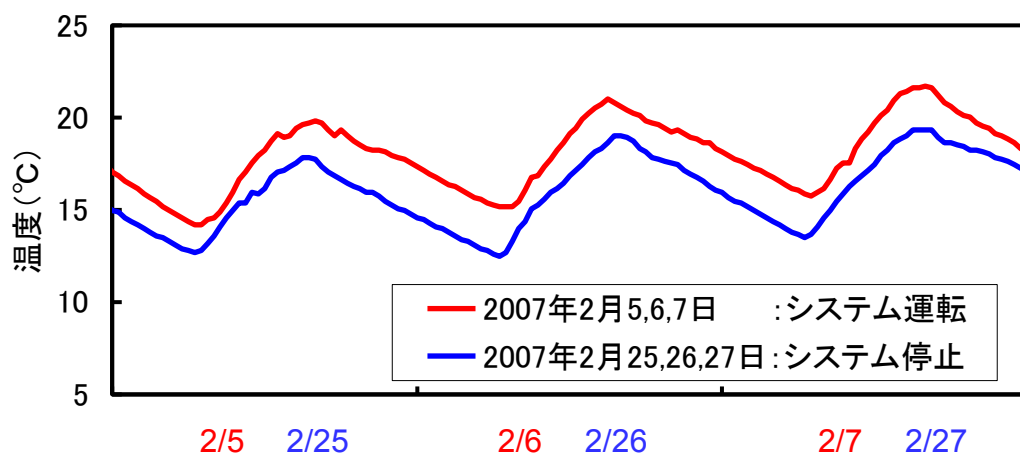


図2 ソーラーシステムの運転期間ならびに停止期間における室内の温度変化



写真1 日射吸収蓄熱床

高齢者・障害者に配慮した木製福祉用具

木材改質研究領域 松井宏昭、杉山真樹、片岡 厚

高齢化社会を迎え、高齢者や障害者の生活や活動を支える福祉用具や、その部材・材料の開発を進める必要があります。本研究で、木製の福祉用具が障害のある人や高齢の人に好感をもって受け入れられていることを明らかにしました。福祉用具の部材として木材に求められる性能基準は、強度等の性能とは別に、なごみや豊かさを表現する木質感や美粧性が重要な要素になると考えられ、今後これらを重視した高齢者や障害者などの住・生活空間や、そこで使用されている全ての用具・機器を対象に、木材の良さを生かした材料や部材の開発が期待されます。

1. 背景

日本の高齢化率は急速に高まり、2010年には23%に達しました。また、国民の5%が何らかの障害者手帳を持っています。当事者の家族を加えると、実に国民の半数が高齢者や障害者と直接関わっていることになり、その多くが高齢者や障害者を支える福祉用具を日常的に使っています。

2. メーカーの動向

国際福祉機器展に出展するメーカーの製品説明の分析から、木製の福祉用具を販売するメーカーは消費者のニーズに応えるため木質感を武器として心理的に訴えた商品を開発し販売していることがわかりました（図1）。

3. 利用者のニーズ

自閉症や知的障害のある就学前から学齢期の児童をもつ母親を対象に、子どもの木材に対する意向調査を行った結果、木材製品に対して好印象をもっていることがわかりました。

同様に、知的障害者、精神障害者、発達障害者の家族が、福祉用具の材料として木材に求めるイメージとして、「自然な」「親しみやすい」「あたたかい」「落ち着く」「好きな」「手触りがよい」「くつろいだ」「健康によい」「見た目のよい」などがあり、これらは好感がもてる木材のイメージとして障害種に関わらず受け入れられていることがわかりました。

これらのことから、福祉用具の部材として木材に求められる性能基準は、強度等の性能とは別に、心理的な

なごみや豊かさを表現する木質感が重要な要素になると考えられます。

4. 福祉用具の試作と臨床テスト

実際に木製の福祉用具を製作して臨床テストを実施いたしました。自閉症のある人が不得手とされている不快な環境を遮断することを目的とした可動型の簡易木製パーテーションを開発し（図2）、大学の心理相談室や障害者施設、小学校・中学校、病院に設置して臨床テストを行った結果、多目的対応ができるよう軽量化、高収納性、幅方向及び高さ方向の可変性、安価で、容易に製作できるものへの要求の高いことがわかりました。

脳性まひや高齢の人のためのキーボード作業の負担軽減を図るため製作した木製ワークステーションは、その木質感が利用者から好印象で評価されるとともに、木材が加工性に優れているため利用者のオーダーに直接応え製造が容易であると高く評価されています（図3）。

木材は高齢者や障害者の住・生活空間や、そこで使用されている用具の材料や部材として適した材料であり、この分野の木材の利用の一層の推進が期待されます。

情報源

- 1) 松井宏昭：ユニバーサルデザインと木材の利用、住宅と木材(31)366、4-5（2008）
- 2) NPO法人自閉症サポートセンター：平成20年度障害者保健福祉推進事業報告書「知的的障害、精神障害及び発達障害者のための日常生活用具の利用調査」（2009）

木質を用いた福祉用具のキャッチコピー

(第33回国際福祉機器展総合カタログより抽出)

視覚に訴えかける	印象に訴えかける	生活環境との調和	触り心地のよさ
・日常生活の質的向上 ・美しいデザイン ・強さ、暖かさ、美しさ ・ムクの木材から加工された優しいデザイン	・高品質の木材を使用した ・高級ブナ材 ・やさしく豪華に ・格調の高い重厚な家具調 ・天然木のアンティーク調 ・豪華に演出 ・経験豊かな木工製造技術者により作り上げられた	・家族と一緒にリビングで ・家の中にあって異和感を与えない ・インテリア感覚でイスとして使える ・高級感あるインテリア感覚 ・居間の家具とも調和する	・木の温もりを生かした ・素手への感触もよい ・冷たさも緩和

木材のイメージ

木材の特性

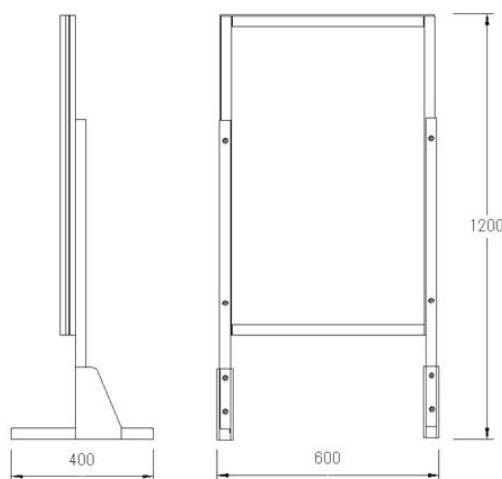


図1 A小学校に試作の木製パーテーションを設置

勉強するときに、苦手な、不快な不要な目からの情報を遮断します。木製のため移動可能で高さ調整も可能です。床面からのパーテーションの高さを変えたときの影響を試験しています。

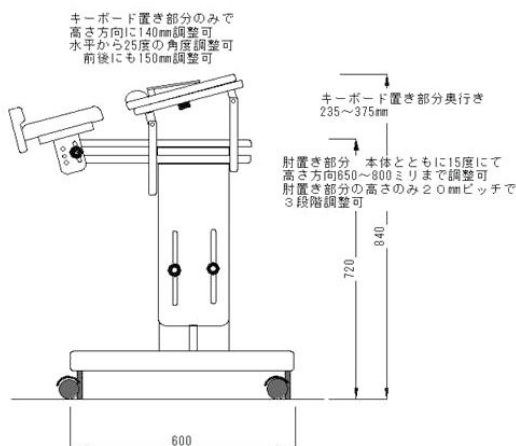


図2 木製ワークステーション

肢体に障害のある方を対象としています。腕の重みを軽減し、体幹から指先までのたくさんの関節の制御から指先の制御だけにすることにより、作業負担を軽減します。手で触れる部分が多いため、木の良さを活かした木製です。

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