

2-1 木材化学

2-1-1

スギ成分の化学的有効利用に関する研究 ー 木材の人工乾燥に伴い排出されるドレーンの有効利用 ー

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

木材の人工乾燥に伴い環境中に排出されるものに2種類ある。その一つは大気中へ放出される蒸気であり、もう一つは乾燥機底面から液体として排出されるドレーンである。このドレーンについては木材乾燥に携わるとごく少数の人を除いて、ほとんど知られていないのが現状である。ドレーンの性状は、木材乾燥のステージによっても異なるが、濃褐色～黒色である。木材乾燥施設は水質汚濁防止法で言うところの特定事業場ではないので、多くの木材の人工乾燥施設で現在は特に排水処理することなく、排水路へ放出されている。しかし、このドレーンはpH、BOD（生物学的酸素要求量）、SS（懸濁物質）などが基準値を大幅に超えており、社会的あるいは道義的責任からみて、何らかの対策が必要と考える。そこで、本課題の中で、ドレーンの性状を調査し、排水基準に適合させるための処理、さらに含有成分の有効利用などについて検討することとした。

2 試験方法

2.1 ドレーン発生量の経時変化

宮崎県木材利用技術センターに設置されている九州オリンピア工業株式会社製 IF 型木材乾燥機（内容積約4m³）を用い、スギ柱材（13.5 × 13.5 × 300cm）40本を供試してドレーンの発生量の経時変化を求めた。木材乾燥スケジュールは当センターで一般的に用いている条件、すなわち、蒸煮90℃・22時間、その後120℃に昇温し、セットをかけた後、100℃を5日間保つ条件である。

2.2 オゾン酸化

ドレーンは（株）高嶺木材より提供されたものを用いた。これにコロナ放電式オゾン発生器から得られたオゾン进行バブリングした。反応は室温で、シリコン系消泡剤（GE 東芝シリコン株式会社製、TSA737）を添加して行った。

3 結果及び考察

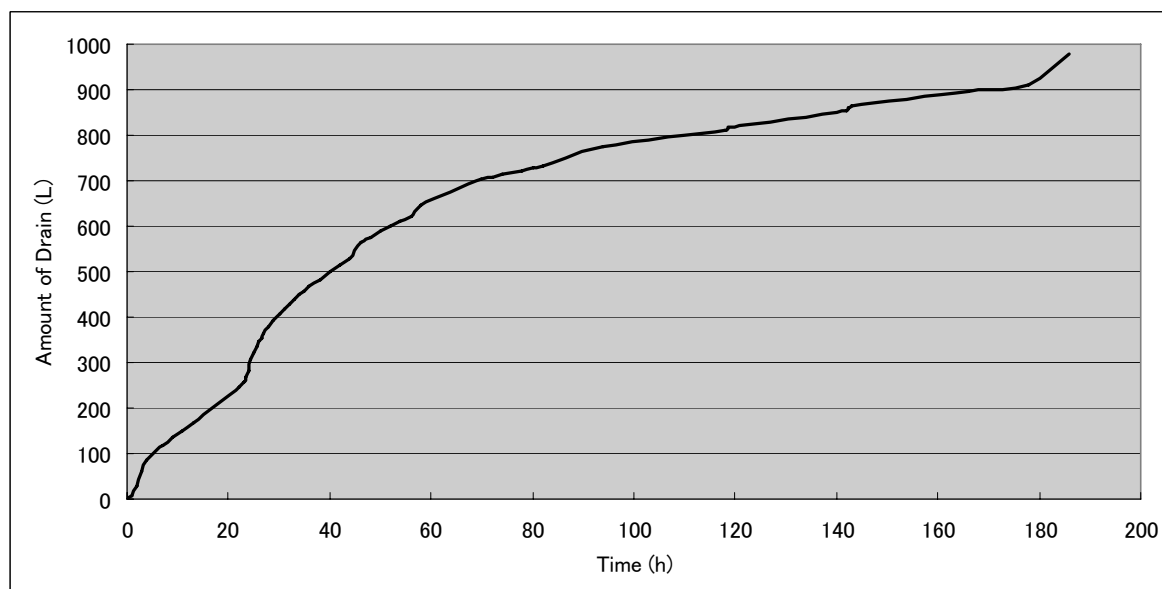


図1 木材の人工乾燥に伴い排出されるドレーン量の経時変化

木材乾燥に伴い排出されるドレーンの経時変化を図 1 に示した。なお、図中で、180 時間以後にドレイン量が増加しているのは冷却用の水噴射によるもので、ドレイン量には算入しない。

pH については、蒸煮開始とともに低下し始め、24 時間の時点で 3.7 程度、その後も低下し続け、120℃のセット終了時（約 60 時間後）には 2.9 になった。その後も乾燥が終了するまでこの値を維持した。このことから、本試験で用いた木材乾燥機の場合、木材約 2.2m³から 900 リットルにも及ぶドレーンが排出されていることが明らかになった。ただし、この量には蒸煮時に吹き込まれた生蒸気から生じる水も含まれている。

性状は褐色～暗褐色で、濁りが強く（すなわち、SS が多く）、全体としての pH は 2.9 であったことから、何らかの排水処理が必要と考えられた。

実際の製材工場に附設された木材乾燥機から排出されるドレーンにオゾンを追加し、その効果を検討した（図 2、図 3）。



図 2 オゾンのバブリング



図 3 オゾンによる脱色効果
（左から、原液、1 時間、2 時間、3 時間処理）

オゾンの吹き込みにより色調はかなり淡色化することが明らかになった。しかし、オゾン処理により BOD を減少させることはできないので、他の方法と組み合わせて排水処理をする必要があると考えられる。

ドレーンの成分として、低分子化したヘミセルロースやリグニン、一部変質したリグナンなどの抽出成分が多く含まれていることが推測される。ドレーンの BOD が高い理由はこれらの成分に起因する。BOD が高いということは生物に資化されやすいということであり、ドレーンを用いて、何らかの微生物を培養することが可能ではないかと考えた。最も簡単な培養対象微生物として、ミズカビの仲間が適しているものと考えている。これは、培地保管中にその中にミズカビ状のものが比較的短時間で発生することからのアイデアである。ミズカビの細胞壁はベータグルカンからできていることから、免疫賦活作用等を有する化合物が製造できる可能性がある。今後、木材乾燥ドレーンに特異的に発生するミズカビの種類を同定し、その細胞壁構成成分を明らかにした上でその有効利用を図っていく予定である。



図 4 ドレーン中に繁殖したミズカビ

土木用スギ材の耐久性評価試験 (木材保護塗料の耐候性 II)

材料開発部 岩崎 新二

「目的」

スギ材を屋外利用するには、耐候性向上が重要である。本研究は、耐候性付与の一方法である木材保護塗料の屋外環境下での耐候性の把握と、塗料・塗装系の評価、再塗装の時期及び効果等耐用年数の向上と維持管理に必要なデータを把握することを目的としている。

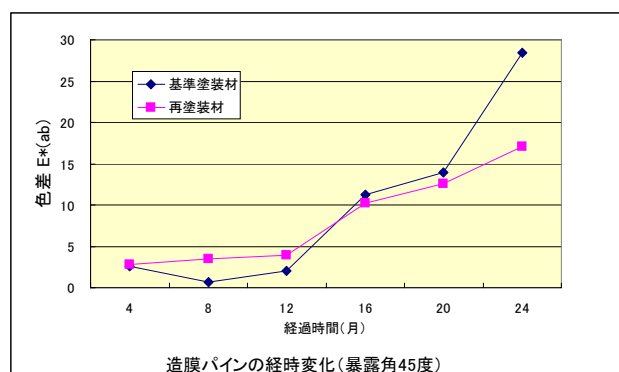
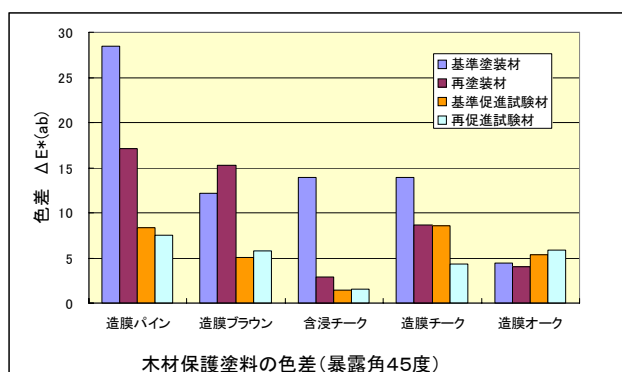
「実験方法」

スギ材 (L: 140 × W: 70 × D: 20 mm) に造膜型、含浸型の木材保護塗料5種の塗装を行い、屋外暴露試験を行った。屋外暴露試験は、2年間暴露試験後の試験材に再塗装を行った材と、比較するために新たに塗装した基準材について屋根、壁、床を想定した屋外暴露角度(南面0度、45度、60度)に設定し、2年間の経時変化(色差、生物汚染等)の測定を行った。また、同様にキセノンウェザーメーターを用いて1000時間の促進耐候性試験を同時に行った。

「結果」

塗膜剥離、塗膜割れや生物汚染は、屋外暴露試験のみ発生した。生物汚染は、最初に造膜型塗料の塗装表面の一部に発生したが、容易に洗浄できた。造膜型塗料の塗膜剥離は、塗膜割れの発生後、劣化の進行に伴い増大した。また、割れの状態で止まったものもあった。含浸型塗料は、劣化の進行とともに、徐々に剥離が発生し、うずくり状態に、また微小な割れが発生しサメ肌になった。

屋外暴露試験での色差は、暴露角45度での造膜ブラウンが基準塗装材12.2，再塗装材15.3と再塗装材が大きかったが、その他は再塗装材の方が小さく、再塗装することは、変色を抑えるのに効果的であると考えられる。特に含浸チークが効果的であった。再塗装の時期は、16ヶ月後から色差が大きくなったものが多く、12～20ヶ月に行うのが良いと考えられる。また、促進耐候性試験の色差は、屋外暴露試験ほどの差は見られなかった。また、屋外暴露試験の色差を比較すると、促進耐候性試験の方が小さいものが多かった。



【研究概要】

木質バイオマス施設より回収された焼却灰を用いて石膏複合材を試作した。電気集塵機で回収された細粒な分級灰には小石や砂に由来するケイ酸塩鉱物の混入がほとんど認められず、カルシウム塩がその主要構成物である。そこで分級灰のカルシウム塩に硫酸を作用させて石膏の微結晶を生成し、材の木質細胞内に浸透固着させる実験を試みた。灰の懸濁液と硫酸の中和反応では、生成した石膏が灰の粒子を被膜するために反応効率は芳しくない。しかし実験的に材試験体を 10%硫酸と焼却灰の懸濁液に順次含浸させたところ、質量にして 5%程度の石膏結晶の複合が認められた。また電子顕微鏡を用いた観察により、複合試験体の木口面から深さ 1mm 程度の範囲で石膏結晶の析出が確認された。

【緒言】

木質資源を燃焼させて発電するバイオマス施設では運営上焼却灰の処理などの問題が生じている。廃棄するにも費用のかかる焼却灰の利活用については個々の製材所や企業で独自に模索されており当センターにも度々相談が寄せられている。本研究では、木質焼却灰の新しい利用法として灰の主成分であるカルシウム化合物を出発物質に含水石膏の結晶を合成し、木材への浸透固着による複合化を試みた。

【実験操作および結果】

(1) 木質焼却灰の選定

実験にはウッドエナジー協同組合（宮崎県南郷町）の木質バイオマス発電施設から回収された焼却灰を用いた。これはおもにスギの樹皮や端材を燃焼したものであり、分級の過程でマルチサイクロンから MC 灰、電気集塵機からは EP 灰として回収されている。先行研究¹⁾において組成を分析した結果、①焼却灰の主成分は Calcite (CaCO_3)や Lime (CaO)といったカルシウム化合物である。②特に MC 灰には Quartz (SiO_2)や Anorthite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)など砂粒に由来するケイ酸塩鉱物が含まれており、スギの外樹皮を燃した灰に近い組成を示す。③一方 EP 灰はケイ酸塩鉱物の混入がほとんど認められず、内樹皮の焼却灰に近い組成を示す。以上の結果を踏まえ本研究では EP 灰を用いることとした。

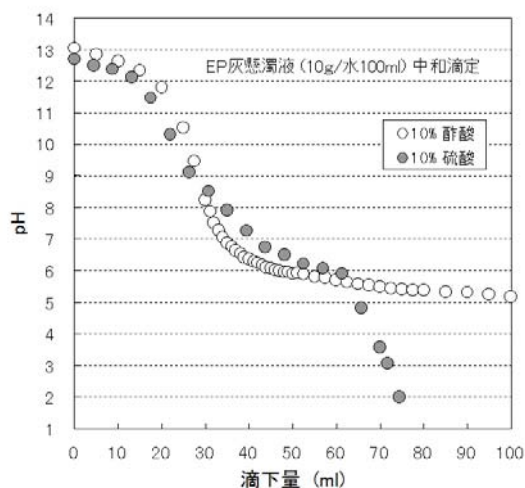


図 1 EP 灰懸濁液の中和曲線

(2) EP 灰の反応性と石膏の合成

EP 灰に含まれる上述の Ca 化合物は一般に蒸留水に対して難溶であるが酸にはよく溶ける。そこで予備分析として EP 灰 10g を蒸留水 100ml に混合した懸濁液を 10%の酢酸および硫酸により滴定し pH の変化を調べた。その結果が図 1 である。酸を添加する前の懸濁液は pH13 程度であった。酢酸の場合は 30ml 添加時点で pH7 となり、その後 pH5 付近で落ち着いた。一方硫酸を用いた場合は 60ml 添加するまで pH の値がなだらかに低下し、二酸化炭素の発生が終わった 60ml 滴下以降は急激な pH 低下が起きた。硫酸を滴下した場合の pH 変化は再現性に乏しく懸濁液を攪拌する程度によってもまちまちであった。これは反応生成物である硫酸カルシウム（石膏）が EP 灰粒子の表面を被膜し中和反応の進行を妨げている結果であると考えられる。一方酢酸の場合は酢酸カルシウムが可溶であるため生成物の皮膜による pH 変化への影響は認められなかった。

(3) 合成石膏と木材の複合化

前述の分析・実験結果を踏まえ、EP 灰から合成した石膏の微粒子を木材に浸透・固着させる実験を試みた。供試材料にはスギおよびヒノキを用い L50mm×T30mm×R4mm で木取りした単板および木口面 20mm×20mm×高さ 10mm の木片を試験体とした。まず各試験体の絶乾重量を測定したのち、室温下で 10%硫酸溶液に 24 時間浸漬させた。その後 EP 灰の懸濁液にさらに 24 時間含浸させ、析出反応により石膏を試験体内部に定着させた。懸濁液に浸漬してから 1 時間ほどで試験体の表面に石膏の白色結晶が析出する様子が観察された。なお石膏合成時の温度 (EP 灰懸濁液の温度) は 25,40,60,80,95℃ の 5 段階を試した。その後再び複合単板の絶乾重量を測定し、複合前に対する重量増加率(WPG%)を算出した。なお 1 水準につき 5 検体の平均値で評価した。結果を図 2 に示す。WPG の値は石膏合成時の温度やスギ・ヒノキの別に関わらず、総じて 5%前後に留まった。また単板の試験体に比べて木口面が広い木片試料のほうが数%高い傾向にあった。

そこで次に、試験体内部に析出した石膏結晶の様子を電子顕微鏡により観察した。その結果、試験体の形状を問わず木口面からおよそ 1mm の深さまでは石膏の微結晶が確認された。図 3 に示すとおり微結晶の形状はシート状および針状で細胞壁を基点に析出し内壁を層状に覆っていた。一方試験体の柢目面では試験体のごく表面にしか石膏の析出は認められなかった。

【考察と今後の課題】

今回の試みでは、石膏の固着量が高々5%程度と低い値に落ち着いた。その要因は石膏の微結晶が試験体内部まで深く浸透・固着できていないことにある。先行研究でも指摘があるとおり²⁾、二液含浸による無機塩の複合では試験体表面で生じた結晶が木材内部への液体の拡散経路を閉塞してしまい均一な析出反応を阻害する懸念がある。そこで木材表面における石膏の析出を少量の結晶化遅延剤で意図的に遅らせ³⁾、代わりに含浸時間を長くすることで溶液の浸透を促進させる工夫が考えられる。また先述の pH 分析で明らかのように EP 灰の懸濁液に浮遊するカルシウム塩の粒子に硫酸を直接作用させるのは反応効率が悪く、石膏で皮膜された灰の粒子は木材表面に付着するだけで木材内部に浸透しづらい。したがって EP 灰の懸濁液は予め適当な酸で処理しておき、溶液中の Ca イオン濃度を高濃度にした状態で用いたほうがより好ましいと考えられる。今後は以上の考察に基づいた追試を鋭意実行しさらなる検討を進めたい。

【参考文献】

- 1) 赤木剛ら;日本木材学会九州支部大会第 14 回年会 要旨集 pp.31-32, 2007.
- 2) 河野敏夫ら;日本材料学会講演論文集 vol.45, pp.185-186, 1996.
- 3) 佐野親幸ら;石膏と石灰 No.151, pp.271-276, 1977.

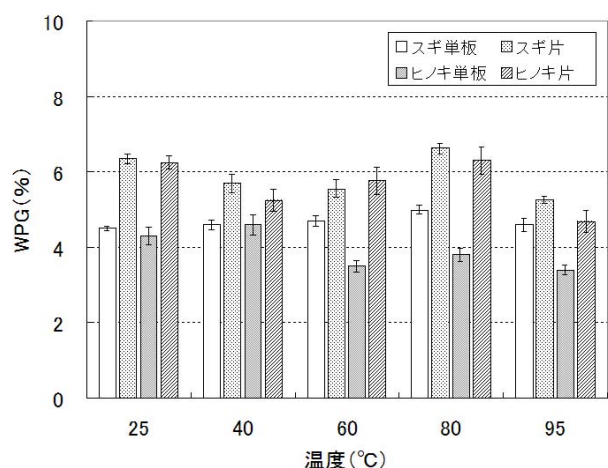


図 2 試作複合材の質量増加率

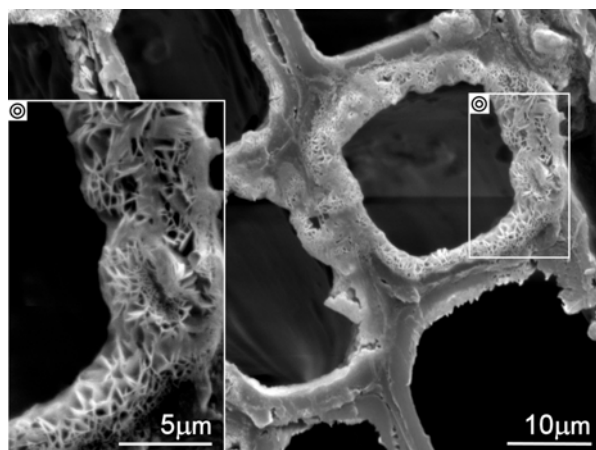


図 3 試作板断面の電子顕微鏡画像

1 はじめに

木材を加害する生物はシロアリがよく知られているが、その他にもヒラタキクイムシなどの乾材害虫がある。また、シロアリも在来の土壌性シロアリ（ヤマトシロアリ、イエシロアリ）の他に新しくアメリカカンザイシロアリ、ニシインドカンザイシロアリなどのカンザイ系シロアリが大きな問題となりつつある。

このような状況下で 200 年住宅という長期耐用住宅の開発・実用化が進みつつあるが、このプロジェクトに取ってカンザイ系害虫の問題は極めて大きなウェイトを占めるものと考えられる。すなわち、カンザイ系害虫はその食害速度が土壌性シロアリに比べて格段に遅く、住宅寿命が 20～30 年程度では大きな問題ではなかったが、住宅寿命が 100～200 年となると、念入りの乾材害虫対策が必要となる。ダイコクシロアリなどのカンザイシロアリが棲息する沖縄で木造住宅を見ると、手で触れる柱を含めほぼ全ての部材に防蟻処理がなされている。この状態で、「木造住宅は健康に良い」と言えるであろうか。200 年住宅が推進されるなら、日本本土も近日中にこの状態になるものと危惧している。

このような状況下で、環境と健康に配慮した新しい防蟻・防乾材害虫処理が求められている。そこで、平成 20 年度より文部科学省の科学研究費補助金で行っている食塩を用いた処理を他の乾材害虫に適用することを試みている。

2 試験方法

木材利用技術センター内で飼育しているヒラタキクイムシ(*Lyctus brunneus* Stephens)を供試した。飼育箱に、食塩を含浸した広葉樹合板及びコントロールを入れ、それぞれの合板への侵入率と死虫率を計測する手法を用いた。

3 結果及び考察

本課題は前年度まで土壌性シロアリを対象として行っていたものである。このテーマで目処がついたので、科学研究費補助金を申請したところ、採択されたために、土壌シロアリを本課題から切り離して、乾材害虫で新たに始めたものである。従って、乾材害虫の入手と飼育条件の検討で時間が取られ、現時点ではほとんど成果が得られていない。



図1 飼育中のヒラタキクイムシ（背面）



図2 同（腹面）

ヒラタキクイムシの活性は梅雨前後から上がるため、この時期を中心に食塩処理広葉樹合板へ卵を産み付けるかどうか評価を行う予定である。

2-2 木材乾燥

2-2-1 木材加工にかかわるエネルギー消費量に関する研究（第1報）

—主に伐採から原木市場まで—

材料開発部 ※小田久人、 木材加工部 松元明弘

【はじめに】

本県のスギ素材生産量は100万m³を超えるなど生産力は高く、さらに、製材品生産量も全国第3位を占め製材加工能力も高い。ところで、木材製品の生産には電力や燃料など多くのエネルギーを消費するが、木材にストックされるCと排出されるCの量を明らかにすることは、地球環境と人工林木材の関係を考える上で基本となる情報と考える。木質系建材の製造時消費エネルギーは過去にも調査されているが、当時に比べ人工乾燥技術が大きく向上したことで乾燥材生産量が増加したことが異なる点である。本研究の最終目標は、伐採・搬出、輸送、原木市場および製材工場の各段階におけるエネルギー消費量とCO₂排出量の実態を検証することであるが、本報は、その第1報として主に伐採から製材工場に搬入されるまでの工程を中心に分析した。製材工場における分析は中間段階であることを付記する。

【調査範囲および方法】

調査の範囲は、スギ材の主な生産過程である、伐採・搬出、輸送1、原木市場、輸送2および製材工場とした。

1) 伐採・搬出

高性能林業機械を用いる近年の伐採・搬出の作業仕組みは、伐木をチェーンソーで行い、集材をグラップル、車両系機械のウィンチまたはタワーヤードを使用した集材方法を現地の状況に応じて使い分けている。集材された材は、ハーベスタで造材、はえ積みの後、市場へ輸送される。本報では、伐木に要する燃料消費量は文献1に、搬出と造材、はえ積み工程の燃料消費量は文献2、3に基づき、それぞれ算出した。

2) 原木市場

当センターが位置する都城市にある原木市場3か所それぞれで、素材取扱量とフォークリフトで使用する軽油の消費量、および電力使用量を聞き取り調査した。

3) 輸送

原木の輸送は、伐採地から原木市場まで（輸送1）と原木市場から製材工場まで（輸送2）の2段階に分けられる。それぞれの輸送距離、使用されるトラックの燃費と積載量を市場の担当者から聞き取り調査した。

4) 製材工場

都城市内の製材工場担当者から、原木消費量、製材品生産量、電力使用量、軽油、重油などの使用量を聞き取り調査した。

5) 標準発熱量、CO₂排出量原単位

重油や軽油などのエネルギー源別標準発熱量は、資源エネルギー庁が平成19年に改訂した値を用いた。CO₂排出量原単位は、日本建築学会が作成した「建物のLCA計算ソフト」付属データを用いた。なお、電力に関しては、九州電力HP記載の平成16年から18年までの平均値を用いた。

【結果および考察】

1) 伐採・搬出

間伐8事例、主伐13事例の結果を表1に示す。また、事例ごとの素材材積と消費エネルギーの関係を図に示す。文献1の作業工程は、伐採と造材（所定の長さ玉切り）を含んでいるが、本報で想定した作業仕組みでは造材は後の工程で行うため燃料消費量を1/2とした。主伐、間伐にかかわらず素材材積が大きいほど消費エネルギーは小さくなる傾向があるが、事例ごとのばらつきが大きい。また、主伐と間伐の明確な差は認められない。

2) 原木市場と輸送

原木市場の調査結果を表2に示す。B市場で消費エネルギーが大きいのは、市場機能の他に製材用鋸の目立て作業を行っているためである。また、輸送に関しては、トラックの種類、輸送距離が様々であることを考慮し、代表的な場合として、積載量14tトラックに10m³積載し、伐採地から市

場まで（輸送1）と市場から製材工場まで（輸送2）共に30km 輸送すると仮定した。

以上の分析で、伐採・搬出から原木市場を経由して製材工場に搬入するまでの工程で消費するエネルギーとCO₂排出量が求められる。表3にその結果を示す。素材材積当たりストックされる炭素量の約2%を排出していることが分かる。ここで、スギ材の全乾密度を350kg/m³とし、その50%が炭素であると仮定した。

3) 製材工場

製材工場の分析結果を表4に示す。一般製材に要するエネルギー消費量は3工場ともほぼ同程度であったが、人工乾燥に要するエネルギー消費量は大きく異なる。これは、D工場とF工場は木屑炊きボイラーの蒸気を乾燥の主なエネルギー源としているのに対し、E工場のエネルギー源は全て重油であるためと推察される。なお、消費原木材積当たりの製材に要する電力消費量は25から28kWhであった。

【まとめ】

以上の分析結果から、伐採・搬出、原木市場、輸送の工程で排出されるCは、人工乾燥を含めた製材工程で排出されるC（表5）に比べ極めて小さく、製材品の生産過程全体で評価する場合に無視できる大きさと考えられる。また、人工乾燥熱源の種類によってCO₂排出量が大きく異なる。CO₂排出量低減のためには木屑炊きボイラーに代表されるバイオマス資源の利用が不可欠であることが示された。

表1 素材生産

項目	エネルギー 消費量 MJ	CO ₂ 排出量 kg-CO ₂
主伐	103	7
間伐	115	8
(素材1m ³ 当たり)		

表2 原木市場

項目	エネルギー 消費量 MJ	CO ₂ 排出量 kg-CO ₂
A市場	36	2
B市場	48	3
C市場	32	2
(素材1m ³ 当たり)		

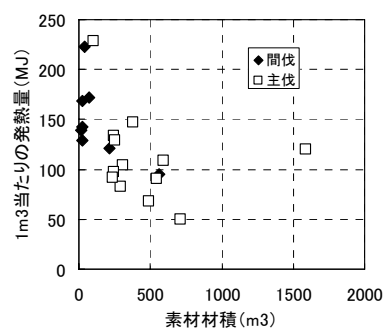


図1 素材材積と消費エネルギーの関係

表3 製材工場に搬入するまでの工程で排出されるCO₂量

	伐採・搬出	原木市場	輸送1+2	合計
CO ₂ 排出量	8	2	4	14
炭素換算	2.2	0.5	1.1	3.8
炭素ストック				175
割合(%)				2.2

(素材1m³当たり 単位:kg-CO₂、kg-C)

表5 人工乾燥材生産工程で排出されるCO₂量

項目	D工場	E工場	F工場
CO ₂ 排出量	128	192	69
炭素換算	34.9	52.4	18.8
炭素ストック		175	
割合(%)	19.9	29.9	10.7

(製材品1m³当たり 単位:kg-CO₂、kg-C)

表4 製材工場

項目	製材		人工乾燥		乾燥材	
	エネルギー	CO ₂	エネルギー	CO ₂	エネルギー	CO ₂
	消費量 MJ	排出量 kg-CO ₂	消費量 MJ	排出量 kg-CO ₂	消費量 MJ	排出量 kg-CO ₂
D工場	488	20	2010	108	2498	128
E工場	456	19	2491	173	2947	192
F工場	503	20	907	49	1410	69

(謝辞) 多忙にもかかわらず快く資料を提供いただいた各企業の皆様に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 梅田、辻、井上編著、標準工程表と立木評価、日本林業調査会、1982
- 2) 平成12年度宮崎県林業技術センター業務報告、p2-7、2001
- 3) 平成13年度宮崎県林業技術センター業務報告、p2-6、2002

木材加工部 ※松元 明弘、森田 秀樹、藤元 嘉安
材料開発部 小田 久人

研究概要

クヌギは主に薪炭材や椎茸原木として利用されているが、近年、これらの用途におけるクヌギの需要量が減少していることから、伐採量が減少し、大径化したクヌギが増えつつある。

そこで本研究ではクヌギ大径材の木材利用を図るため、乾燥過程において変形が著しいクヌギ材に対して、熱盤乾燥により材の変形を抑制した乾燥方法の有効性について検討した。その結果、幅ぞりの抑制効果は確認できたものの、表面割れや落ち込みに関しては、十分な抑制効果が得られず、特に心材部において損傷が著しかった。

【緒言】

クヌギはわが国では昔から薪炭材や椎茸原木として利用されてきた。ところが海外からの木炭の輸入量の増加や菌床栽培による椎茸の生産量の増加等の理由から、これらの用途におけるクヌギの需要量が減少し、これまで造林されてきたクヌギが伐採されずに徐々に大径化してきている。

一方、クヌギの木材利用については、一部の器具材や杭材等の利用がある程度で、建築用材や家具用材としての利用はほとんどなされていない。クヌギの木材としての性質は、一般に比重が高く、硬質である。しかし乾燥過程において割れや変形が著しいことから、このことが建築用材等の利用において大きな障害となっている。

そこで本研究ではクヌギ大径材の有効利用を図るための一つの方法として、熱盤プレスを用いて、圧縮しながら乾燥させることにより、割れや変形を抑制した乾燥方法の有効性について検討した。

【実験方法】

試験には胸高直径 24cm のクヌギ立木 1 本を供試した。クヌギ立木を伐採し、元口から順次 1m ずつ玉切りした。これらの丸太から幅 130mm、厚さ 35mm 程度の板材を丸太 1 本あたり 3~4 枚ずつ製材し、さらに 4 面をプレーナーで平滑に仕上げ、長さ 500mm、幅 120mm、厚さ 30mm の試験体を 10 数枚調整した。試験体の採材および製材方法を図 1 に示す。熱盤乾燥試験には(株)山本鉄工所のホットプレス機 TA-200-1W-AR を使用した。また材表面からの水分の抜けを良くするために、幅および深さが 1mm のスリットを 10mm 間隔で施した 600×600mm のコール板を試験体の上下に挟んだ。

熱盤乾燥試験は、①熱盤温度 180℃、圧縮圧力 10kg/cm²、②熱盤温度 150℃、圧縮圧力 5kg/cm²、③熱盤温度 130℃、圧縮圧力 5kg/cm² の 3 条件を設定した。各条件とも 3 体の試験体を供試し、試験体の両木口をシリコンでコーティングした。試験体の測定項目は、重量、幅、厚さとした。②および③の試験では材内温度を測定し、110℃を超えた時点で終了した。

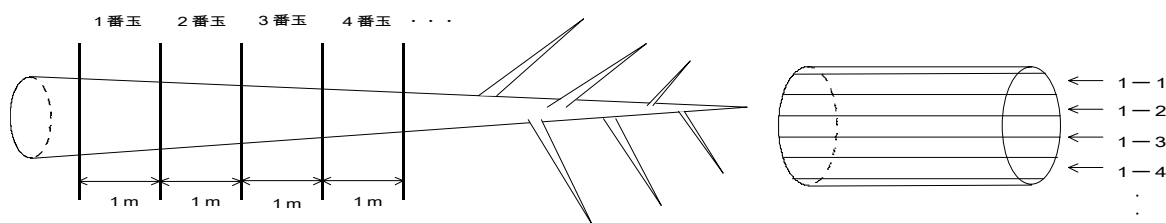


図1 採材および製材方法

【結果および考察】

各試験条件における熱盤乾燥後の含水率および寸法変化の結果を表 1 に示す。熱盤乾燥後の含水率は、180℃の試験では、いずれの試験体ともほぼ全乾状態にまで乾燥し、明らかに過乾燥であった。また材表面の変色も著しかった。150℃と 130℃の試験では、材内温度を乾燥終了時の目安にした結果、乾燥時間はそれぞれ 3.0hr と 4.5hr と

なったが、両試験とも乾燥後の含水率にばらつきがあった。150℃および130℃の試験のいずれも乾燥前の含水率に大きな差はなく、最終含水率のばらつきの原因は現在のところ不明である。幅方向の収縮は、特に木裏面の収縮率が高い傾向にあった。厚さ方向は、180℃の試験では試験体の変形を抑えるために圧縮圧力が10kg/cm²と高かったこともあり、いずれの試験体も25%以上の大きな収縮が生じた。150℃および130℃の試験では、圧縮圧力を5kg/cm²に設定したところ、20%程度の収縮率であった。熱盤乾燥後の試験体の外観は、熱盤により圧縮されていることから幅ぞりは認められなかった。またほとんどの試験体の木表面（熱盤乾燥時の上面）は、表面がほぼ平滑に保たれていたが、木裏面（熱盤乾燥時の下面）は、150℃および130℃の試験体において、特に心材部の落ち込みにより表面が波打っている試験体が複数認められた（図2）。表面割れは心材部で繊維方向に割裂するような大きな割れが一部の試験体で認められたものの（図3）、多くの試験体においては放射組織の部分が薄く裂けるように生じた細かな割れが材表面に多数認められた（図4）。表面割れ、落ち込みともに心材部において著しい傾向にあった。



図2 試験体木裏面の落ち込み



図3 心材部の大きな割れ



図4 放射組織部の細かな割れ

今回、熱盤プレスを用いてクヌギ板材を圧縮拘束しながら乾燥させることにより、幅ぞりの抑制効果は確認できたが、割れや落ち込みの十分な抑制効果が得られず、特に心材部において損傷が著しかった。落ち込みに関しては、圧縮圧力を高くすることにより、凹凸の軽減が図られると考えられるが、圧縮圧力が高すぎると厚さ方向の収縮も著しくなることから、適正な圧縮圧力を検討する必要がある。

今回は試験体数が少ないこともあり、限られた条件下での検討にとどまったが、今後も研究を継続し、多様な条件下における試験データを蓄積していくことで、さらに詳細な検討を進めたい。

表1 各試験条件における含水率および寸法変化

試験条件 熱盤温度 圧縮圧力 乾燥時間	試験体番号	含水率		板幅						厚さ		
		乾燥前 (%)	乾燥後 (%)	木表面			木裏面			乾燥前 (mm)	乾燥後 (mm)	収縮率 (%)
				乾燥前 (mm)	乾燥後 (mm)	収縮率 (%)	乾燥前 (mm)	乾燥後 (mm)	収縮率 (%)			
180℃ 10kg/cm ² 180min	1-4	68.8	0.0	99.91	99.43	0.5	99.77	95.91	3.9	30.02	22.36	25.5
	4-3	65.5	0.0	99.64	98.96	0.7	100.12	96.94	3.2	29.83	22.36	25.0
	5-1	69.1	0.6	99.70	99.72	0.0	99.69	96.26	3.4	30.06	22.16	26.3
150℃ 5kg/cm ² 180min	2-1	66.3	3.9	100.12	98.80	1.3	99.77	96.36	3.4	30.03	24.74	17.6
	4-2	75.1	14.4	99.99	98.93	1.1	100.03	96.67	3.4	30.01	24.30	19.0
	5-2	72.3	12.8	100.07	98.84	1.2	100.23	97.03	3.2	29.94	24.10	19.5
130℃ 5kg/cm ² 270min	1-1	75.4	7.6	99.58	97.76	1.8	99.90	92.77	7.1	27.08	21.92	19.1
	3-3	70.5	9.0	99.74	98.30	1.4	99.72	93.12	6.6	27.05	21.93	18.9
	4-1	71.1	14.7	99.61	99.31	0.3	99.97	95.65	4.3	27.08	21.64	20.1

※板幅については試験体の両木口から10mmの位置と中央部の計3カ所を測定したものの平均値

厚さについては試験体の端部、中央部等の計15カ所を測定したものの平均値

2-3 木質材料

2-3-1 スギ材（特に低質部分）を原料とする新製品、新用途の開発に関する研究 スギ材の釘引抜き性能

木材加工部 藤元嘉安

1 はじめに

近年、スギ材の強度性能の一つとして、釘接合性能に関する問い合わせが増えつつある。これらの多くは、海外からの輸入材との性能比較を目的とする場合が多い。一般的に、実際の釘接合部においては接合条件が多岐にわたっており、ある限られた接合条件において接合性能の評価を行うことは現実的ではないと思われる。今回は、樹種間における釘接合性能比較の一例として、対照材としてホワイットウッド、アカマツおよびベイマツを用い、非常に限られた接合条件においてではあるが、釘引抜き性能について比較検討を行った。

2. 試験方法

釘引抜き試験は、木材の強度試験方法（JIS Z 2101）に準じて行った。供試材には、スギ、ホワイットウッド、アカマツ及びベイマツの小割材を用いた。その基本的性質を表1に示す。試験体の寸法は、厚さ 30mm、幅 40mm、長さ 100mm とし、釘打込み前に、密度、平均年輪幅および年輪傾斜角を測定した。

供試釘には JIS A 5508 に規定する N45 鉄丸釘（公称直径 2.45mm、公称長さ 45mm）を用いた。図1に示すように各試験体の3面の所定の位置に釘を打込んだ。打込み深さは 30mm とし、一部の試験体において打込み時に木材が割れる恐れがあったため、直径 2.0mm、深さ 20mm の案内穴を設けた。釘は、アセトンを用いて油脂分や汚れを除去した後、インストロン型強度試験機を用い 100mm/min の速さで打込み、同時に最大打込み荷重を測定した。

釘引抜き試験は、釘打込み後 24 時間以上養生した後、荷重速度 2mm/min により行った。釘の引抜き性能は、釘引抜き抵抗（引抜き試験時の最大荷重を打込み深さで除した値）により評価した。

表1 供試木材の基本性質

樹種	密度(g/cm ³)	平均年輪幅(mm)	含水率(%)
スギ	0.39	2.87	11.0
ホワイットウッド	0.43	3.00	12.8
アカマツ	0.50	1.15	12.6
ベイマツ	0.59	3.32	12.4

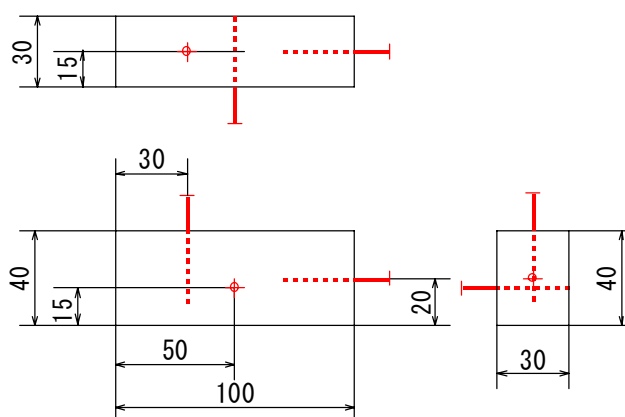


図1 釘引き抜き試験体
釘 N45（打込み30mm）
下穴（φ2.0×20mm）

表2 釘引抜き試験結果

樹種	釘引抜き抵抗(N/mm)				
	長さ方向	半径方向	中間方向	接線方向	半／接比
スギ	5.99	13.24	15.62	10.86	1.22
	2.42	4.61	2.17	4.08	
	1.55	4.72	8.78	3.31	1.43
ホワイットウッド	3.55	9.48	7.18	8.67	1.09
	1.21	2.16	1.62	1.83	
	1.32	5.44	4.10	5.24	1.04
アカマツ	4.59	9.25	9.25	6.92	1.34
	1.17	2.15	2.22	1.67	
	2.45	5.08	4.07	3.68	1.38
ベイマツ	8.98	20.87	20.84	18.20	1.15
	3.23	5.24	4.88	5.05	
	3.05	11.08	11.59	8.76	1.26

注) 上段: 平均値、中断: 標準偏差、下段: 75%信頼の5%下限値
注) 半／接比: 半径方向釘引抜き抵抗の接線方向に対する比

3. 試験結果

3.1 釘打込み方向の影響

各樹種の打込み方向別の結果を表2に示す。釘の打込み方向は、釘の打込み方向に対する年輪傾斜角により、 $0 \sim 30^\circ$ を半径方向、 $60 \sim 90^\circ$ を接線方向および $30 \sim 60^\circ$ を中間方向とした。いずれの方向においても、ベイマツが最も大きい引抜き抵抗を示し、他3樹種の2倍程度の値であった。スギは、ホワイトウッドおよびアカマツに比べて平均値は大きい値を示しているが、標準偏差が大きく非常にバラツキが大きいことが分かる。スギは、他の樹種に比べ早晚材部の強度差が大きいことから、釘が打込まれる場所により、引抜き抵抗が大きく変化するものと考えられる。

方向別では、長さ方向で最も低い引抜き抵抗を示した。横方向では、いずれの樹種においても釘を板目面に打込んだ半径方向の方が、柾目面に打込んだ接線方向より10～30%程度高い引抜き抵抗を示した。

3.2 試験体密度の影響

試験体密度と釘引抜き抵抗との関係について、半径方向打込みの場合の結果を図2に示すが、いずれの打込み方向においても、試験体密度と釘引抜き抵抗との間に非常に高い相関関係が認められた。なお、樹種間では、ホワイトウッドやアカマツは同じ密度では釘引抜き抵抗が低くなる傾向にあった。

3.3 年輪幅の影響

スギについては、若干ではあるが、平均年輪幅が小さいものほど引抜き抵抗が高くなる傾向にあったが、4樹種をあわせて全体的に見ると、年輪幅が引抜き抵抗に及ぼす影響は明瞭ではなかった。

3.4 打込み荷重との関係

釘打込み時に測定した荷重の最大値と釘引抜き試験時の最大荷重との間には、樹種内においても、また全体的にも、非常に高い相関関係が認められた。また、打込みに要する荷重のほぼ半分程度の荷重が、引抜き荷重として得られていることが認められた。密度の高い木材ほど、打込み時により大きい荷重を必要とし、これに応じて大きな引抜き荷重が得られるものと考えられる。

4. まとめ

スギ材の釘接合性能評価の一つとして釘引抜き試験を実施し、ホワイトウッド、アカマツおよびベイマツとの比較を行った。スギ材の釘引抜き抵抗は、ホワイトウッドおよびアカマツに比べ高い平均値を示したものの、バラツキが大きく、5%下限値は同等かより低い値を示した。方向別では、長さ方向で最も低い引抜き抵抗を示した。横方向では、いずれの樹種においても半径方向打込みの方が接線方向より10～30%程度高い引抜き抵抗を示した。また、引抜き抵抗は試験体密度と非常に高い相関関係にあり、密度の高いものほど打ち込み時に要する荷重が大きく、これに応じて大きな引抜き抵抗を示す傾向にあった。なお、スギは、ホワイトウッドやアカマツに比べ、同じ密度では釘引抜き抵抗が高くなる傾向にあった。

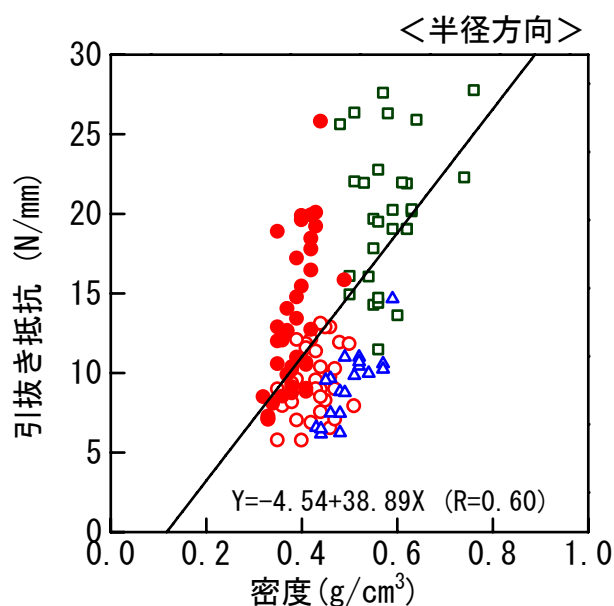


図2 密度と釘引抜き抵抗との関係

- : スギ
- : ホワイトウッド
- △ : アカマツ
- : ベイマツ

2-4 木材利用

2-4-1 県産スギ丸太及び製材品の評価と利用方法に関する研究 —宮崎県産スギ間柱の丸太内採材位置と曲げ強度性能の関係—

木材加工部 ※森田秀樹、松元明弘、荒武志朗、藤元嘉安
柵木木材 柵木俊昭、藤田正信、柵木慎吾

研究概要

宮崎県産スギ丸太から間柱を製材木取りした場合に得られる曲げ強度性能を、心の有無および番玉との関係において検討した。2～4 番丸太から製材された 45×120mm 断面の間柱を比較した結果、4 番丸太から得られた心持ち間柱の曲げ強さ及びヤング係数は、2 番及び 3 番丸太のそれより高く、心去り間柱と同等の値を示した。

【緒言】

宮崎県内には間柱を主製品として生産する企業が多く存在する。間柱の代表的な断面寸法は 30×105mm, 30×120mm, 45×120mm 等であり、いわゆる平割に分類される。このため、製材木取りでは髓を有する心持ち材と心去り材が採材されるが、流通現場では心去り材を求める声が多い。その理由として、心持ち間柱は強度が低いこと、狂いが大きいことが指摘されると聞く。しかしながら、同じ心持ち材でも例えば 1 番丸太と 4 番丸太から製材された間柱ではその材質は大きく異なり、採材位置を考慮すれば心持ち間柱の強度性能は必ずしも劣ることはないと考えられる。そこで、丸太内採材位置別の間柱の強度性能を把握し、効率的な間柱生産のための 1 資料とするために本実験を行った。

【実験方法】

長さ 9m、末口直径約 15cm の宮崎県都城地域産スギ丸太 5 本を供試体とし、3m 毎に玉切りした。丸太は地上高約 4m から長さ 9m を採取しているため、玉切りした供試体はほぼ 2～4 番丸太に相当する。それぞれの丸太から 50×130mm 断面の間柱試験体を 1 または 3 枚採取した。図 1 に試験体木取り方法を示す。得られた間柱は最高乾球温度 90℃で人工乾燥させ、養生後 45×120mm の断面寸法に仕上げた。その後、長さを 1m に揃え、密度および縦振動ヤング係数を測定した後、スパン 810mm、ロードスパン 270mm の条件で 3 等分点 4 点荷重方式による曲げ試験を実施した。試験は、荷重速度 5mm/min、木裏側からの加力とし、曲げ強さおよび曲げヤング係数を求めた。図 2 に曲げ試験風景を示す。

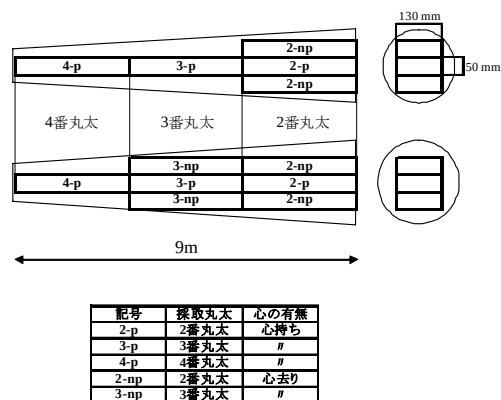


図 1 試験体の木取り

【結果および考察】

図 3 及び図 4 に丸太内の縦振動ヤング係数および曲げヤング係数分布を、図 5 に曲げ強さ分布を示す。ヤング係数および曲げ強さは高い位置から採材されるほど(4-p 試験体)、さらには外側の部位(3-np, 2-np 試験体)ほど高い傾向にあった。破壊要因については、心持ち間柱では節を要因とする破壊が多くを占め、心去り間柱では無欠点部位あるいは節との複合的破壊が多く見られた。曲げ強さとの相関関係について、縦振動ヤング係数および密度の単相関係数はそれぞれ $r=0.49^{**}$, $r=0.48^{**}$ となり、いずれも危険率 1% で有意な相関を示した。表 1 に曲げ強さおよび縦振動ヤング係数の母平均の差の検定結果を示す。おおよそ 3-np 試験体 $\geq$ 4-p 試験体 $\geq$ 2-np 試験体の関係を示し、2-p 試験体及び 3-p 試験体は明らかに低い結果となった。

以上より、4 番丸太から得られる心持ち間柱の曲げ強度性能は、2 番及び 3 番丸太のそれより高く、心去り間柱と同等の値を示すことが明らかになった。



図 2 曲げ試験風景

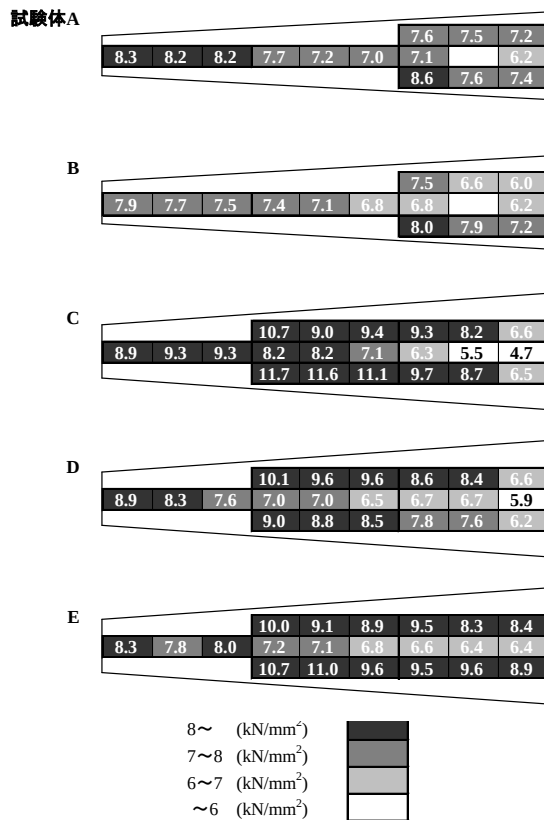


図3 縦振動ヤング係数の分布

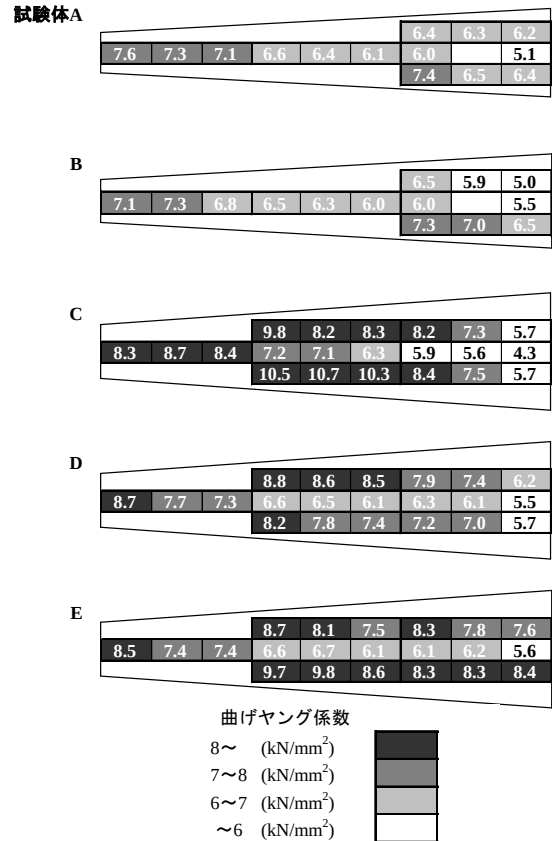


図4 曲げヤング係数の分布

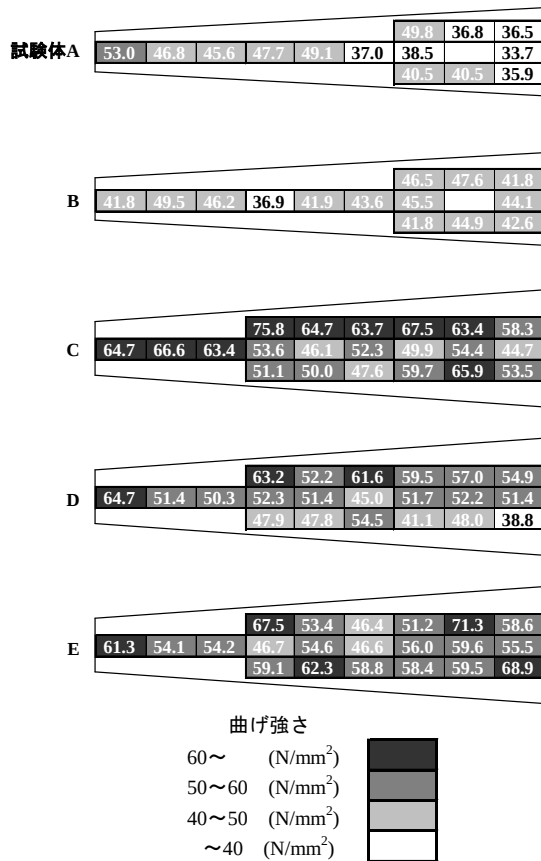


図5 曲げ強さの分布

表1 母平均の差の検定結果

曲げ強さ

	試験体記号(図1参照)				
	2-p	2-np	3-p	3-np	4-p
2-p		ns	ns	**	ns
2-np			*	ns	ns
3-p				**	**
3-np					ns
4-p					

** : 母平均に差があると言える(危険率1%)

* : " (危険率5%)

ns : 母平均に差があるとは言えない

縦振動ヤング係数

	試験体記号(図1参照)				
	2-p	2-np	3-p	3-np	4-p
2-p		**	**	**	**
2-np			ns	**	ns
3-p				ns	**
3-np					ns
4-p					

** : 母平均に差があると言える(危険率1%)

ns : 母平均に差があるとは言えない

2-4-2 県産スギ丸太及び製材品の評価と利用方法に関する研究 ー土台用積層材の開発（Ⅰ）ー

木材加工部 ※森田秀樹、荒武志朗
 桧木木材 桧木俊昭、藤田正信、桧木慎吾

【緒言】

間柱や筋かいなどスギ板材を主製品とする県内の企業において、心持ち材の取り扱いに苦慮するケースが多い。水が抜けにくい、狂いが大きい、さらには強度が低いといった先入観から、購入を心去り材のみに限定する工務店が多いとの情報がある。したがって、心持ち材の新規用途の開発が望まれている。心持ち材はヤング係数及び曲げ・引張・圧縮強度では低い値を示す傾向にあるが、密度は丸太外周部に比べて高いことが多く、めり込み及びせん断性能は必ずしも劣ることはないと考えられる。そこで本研究では、そのようなめり込み及びせん断性能が重要な指標となる住宅用土台の開発を目的として、心持ち材のみで構成された積層材を製造しその性能評価を行った。

【実験方法】

都城地域産スギ丸太 9 本(3 番玉以上)を供試材とし、幅 115mm、厚さ 43mm、長さ 3000mm の板材を丸太 1 本あたり 3 枚、合計 27 枚製材した。板材は最高乾球温度 95℃で人工乾燥後、厚さを 35mm に鉋加工し、イソシアネート樹脂接着剤を用いて 3 枚積層した。このとき、心持ち材のみを積層したタイプと心去り材のみを積層したタイプの 2 種類を製造した。心持ち積層材は密度(ρ)を基準として外層部に高 ρ の材を配し、心去り積層材は縦振動ヤング係数(E_d)を基準として外層部に高 E_d の材を配した。養生後 105mm 角に仕上げ、構造用木材の強度試験法(日本住宅・木材技術センター)に準拠して材中間部めり込み試験を実施した。

【結果】

表 1 に製造した積層材の外観および E_d 、 ρ を示す。図 1 にめり込み試験の荷重変形曲線を、表 2 にめり込み特性値を示す。心持ち積層材と心去り積層材のめり込み剛性には大きな違いは認められなかったが、めり込み強さ及びめり込み降伏強さには明確な差異が認められた。表 3 にめり込みの基準強度を示す。めり込み強さの 5% 下限値と基準強度を比較すると、基準強度(スギ)を満足しない心去り積層材に対し、心持ち積層材はヒノキの基準強度と同等であった。

表 1 製造した積層材

	心持ち積層材	心去り積層材
		
縦振動ヤング係数 (kN/mm^2)	5.2 - 5.8 - 6.2	6.2 - 7.3 - 8.6
密度 (kg/m^3)	392 - 409 - 444	367 - 397 - 450

(最小値 - 平均値 - 最大値)

(最小値 - 平均値 - 最大値)

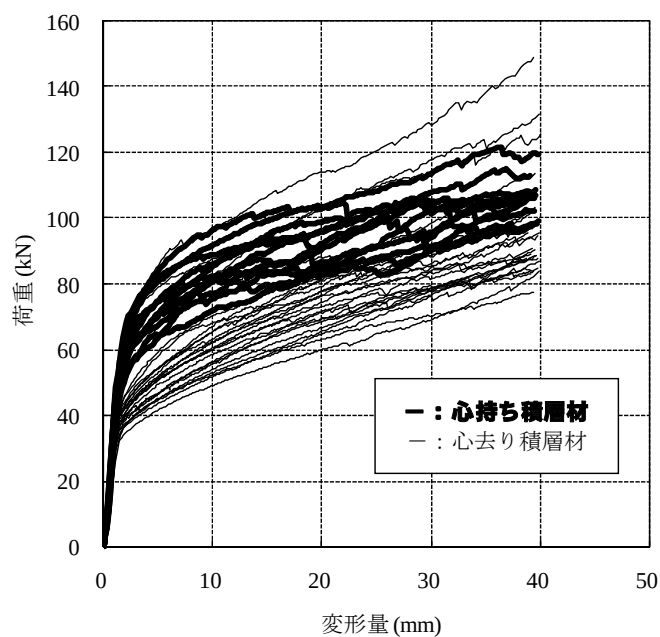


図1 むり込み試験における荷重変形曲線

表2 むり込み特性値

		変位20mm時の荷重 (kN)	むりこみ強さ $f_{c,90}$ (N/mm ²)	むりこみ降伏強さ $f_{c,90,y}$ (N/mm ²)	むりこみ剛性 $K_{c,90}$ (N/mm ³)
心去り積層材 (A)	平均値	77.5	8.2	5.2	4.6
	標準偏差	13.3	1.4	1.0	0.9
	変動係数	17.2	17.2	20.1	19.1
	試験体数	24	24	24	24
	5%下限値	—	5.5	3.2	2.9
心持ち積層材 (B)	平均値	91.9	9.7	7.3	4.8
	標準偏差	7.4	0.8	0.7	0.4
	変動係数	8.1	8.1	9.1	9.1
	試験体数	12	12	12	12
	5%下限値	—	8.1	5.9	3.9
B/A	平均値	1.19	1.19	1.39	1.03
	5%下限値	—	1.47	1.84	1.32

表3 むり込みの基準強度

	基準強度 (N/mm ²)	
	材中間部	材端部
ヒノキ, バイマツ	8.1	6.6
ベイツガ, ラジアタパイン	7.5	6.0
スプルース, オウシュウアカマツ	6.6	5.1
スギ, ベイスギ	6.0	4.8

木材加工部 ※荒武 志朗、森田秀樹、 所長 有馬 孝禮

1 目的

筆者らは、この数年スギの土台としての適合性の有無に焦点を当て、主として長期性能に関する検討を行ってきた¹⁻³⁾。具体的には、宮崎県産スギを用いた軸組構法の柱脚柱頭接合部試験体(I型)のめり込みクリープ性能を検討し、その結果からスギの土台としての適合性を吟味するものである。これまでに、通常の住宅レベルの荷重下であれば、部材の含水率に配慮した施工を心がける限りスギの土台としての適合性に大きな問題がないこと¹⁾、乾燥方法による差異がさほど明確ではないこと^{2,3)}、並びに鉛直変位を大きく低減させるためには長ほぞの先端を基礎に到達させること(すなわち柱の縦圧縮に応力の多くを負担させること)が極めて効果的^{2,3)}なこと等を明らかにした。

本研究では、これらのうち、長ほぞの先端を基礎に到達させる接合法^{2,3)}について、さらに実用上考えられる過酷な条件下でのクリープとクリープ回復特性を検討した。具体的には、一般的な方法(長ほぞの先端を基礎に到達させないもの)では過大¹⁾と判断された荷重(基準強度 $\times 1.1/3$ に相当する荷重)でのクリープ挙動、同条件下で24時間の事故的水かかり試験を平行して実施したときのクリープとメカノソープティブ挙動、並びに除荷後のクリープ回復挙動の3項目を対象としたものである。

2 実験方法

実験条件は前報³⁾とほぼ同様であるが、以下に概要を説明する。実験には、宮崎県産スギ心持ち正角材で、乾燥方法の異なる乾燥材8本を供試した。寸法は、何れも断面が105mm $\times$ 105mm、長さが2000mmである。ここで、各供試材の実験開始時における材質と乾燥方法を表1に示す。

表1 供試材の材質と乾燥方法

種別	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	ヤング係数 (GPa)	乾燥方法
高温乾燥材	0.356	12.1	6.52	最高乾球温度125℃、乾燥日数7日
燻煙熱処理材	0.405	12.4	6.49	最高温度115℃、乾燥日数6日
蒸気式乾燥材	0.364	12.3	6.49	乾球温度80~85℃、乾燥日数10日
天然乾燥材1	0.354	14.0	6.51	実験棟内にて積積み
天然乾燥材2	0.355	15.3	6.40	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材3	0.394	15.5	6.24	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材4	0.379	15.3	6.76	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材5	0.367	15.5	7.11	曲げクリープ試験の過程で乾燥

これらの供試材を用いて、図1に示すI型の接合試験体(以下、試験体)を製作した。なお、試験体の接合部には、ほぞ深さの異なる2種類の長ほぞ差し込み栓打ちを採用した。具体的には、幅30mm $\times$ 長さ90mm $\times$ 深さ90mmの長ほぞ(S型)と、幅30mm $\times$ 長さ90mm $\times$ 深さ105mmの長ほぞ(L型)である(いずれも通しほぞ)。この場合、前報³⁾でも述べたように、前者(S型)では、主として胴付き部のめり込みが応力の多くを負担すると考えられるが、後者(L型)では、ほぞの先端が基礎に接触しているため、柱の縦圧縮が応力の多くを負担するものと考えられる。したがって、後者については、厳密にはめり込みクリープとは言えないが、ここでも、前報³⁾同様、両条件ともめり込みクリープとして取り扱うこととする。

めり込みクリープ試験は、レバー式の圧縮引張兼用クリープ試験装置を用い、自然環境下で行った。この場合、変位は、図1に示すように各試験体にひずみゲージ式変換器(以下、センサ)をセットし、データログを通して自動測定した(温湿度も同様)。なお、同図におけるNo1~No4のセンサは梁及び土台のめり込み変位測定用、No5, No6のセンサは収縮量測定用である。

実験は2006年の9月4日に開始し、全試験体に対して基準強度 $\times 1.1/3$ に相当する荷重(2473kgf)を負荷した(通常の住宅の柱が負担する最大荷重の2倍程度⁴⁾である)。また、負荷1年後の2007年9月

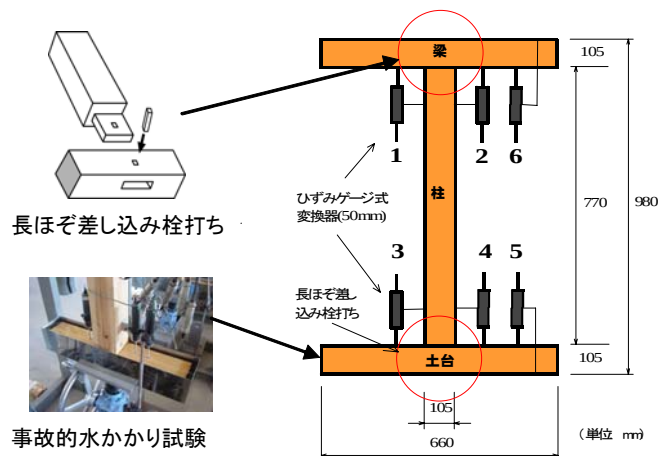


図1 試験体と試験条件

4日に土台部分を24時間浸漬し、その後の変位変動をモニタリングした(図1の写真参照、事故的水かかり試験)。さらに、負荷2年2ヶ月後の2008年11月4日に除荷し、その後2009年4月30日までの約半年間はクリープ回復を測定した。

3 結果と考察

図2に柱-梁の全変位(初期変位+めり込みクリープ)変動を示し、図3には柱-土台の同変動を示す(前者は事故的水かかり試験なし、後者は同試験あり)。

図2を見ると、S型の全変位は、小さいものでは1.06mm[燻煙(S)]と実用上支障が出るほどではないが、大きいものでは4.24mm[天乾1]まで増加している。また、いずれも除荷後の瞬間的な回復は限定的であり、その後のクリープ回復も僅かに認められる程度である。一方、L型の場合、いずれの条件も全変位の増加は微小である(0.165～0.428mm)。この場合、除荷後の残留変位もほとんど看守されず、現時点で、ほぼ負荷前の状態に回復している。

図3を見ると、S型の場合、事故的水かかり前の変位は図2の場合とほぼ同様であるが、事故的水かかり直後からの変位の増加が著しく、除荷直前の最大変位は4.44～9.87mmにも達している。これは、主として事故的水かかり後の含水率減少による著しいメカノソープティブ変形が通常のクリープ変位に付加されたためと考えて良い。この場合、同図に示されるように、事故的水かかりによるメカノソープティブ変形の増分は、全体にクリープ変位を大きく上回っている。また、この場合も、事故的水かかりのない場合(図2)と同様に除荷後の瞬間的な回復は限定的であり、その後のクリープ回復もほとんど認められない(除荷177日後の残留変位は3.32～8.48mm)。それに対してL型の場合、事故的水かかり前のみならず事故的水かかり後にも大きな変位の増加は看取されない(0.626mm～1.38mm)。これは、同条件下の変位増加が、主として土台の横圧縮方向に生じるクリープと脱湿時のメカノソープティブ変形よりも柱の縦圧縮方向に生じるそれらの値に大きく依存していたためであろう。

以上の結果から、ある程度厳しい外周条件変動下で基準強度×1.1/3に相当する荷重(通常の住宅の柱が負担する最大荷重の概ね2倍⁴⁾)を負荷した場合でも、長ほぞの先端を基礎に到達させることにより、少なくともクリープやメカノソープティブ変形による実用上の問題はほとんど生じなくなると考えて良い。

4 文献

- 1) 荒武志朗, 田中洋, 上杉基, 有馬孝禮: 木材工業, 60(3), 121-126(2005).
- 2) Shiro Aratake, Takanori Arima, Hiroshi Tanaka: Transactions of the Materials Research Society of Japan, 31(4), 985-988(2006).
- 3) 荒武志朗, 有馬孝禮: 日本建築学会学術講演梗概集, 九州, 2007, pp. 147-148.
- 4) 青井秀樹, 三井信宏, 宮武敦, 神谷文夫: 木材学会誌, 54(4), 208-215(2008).

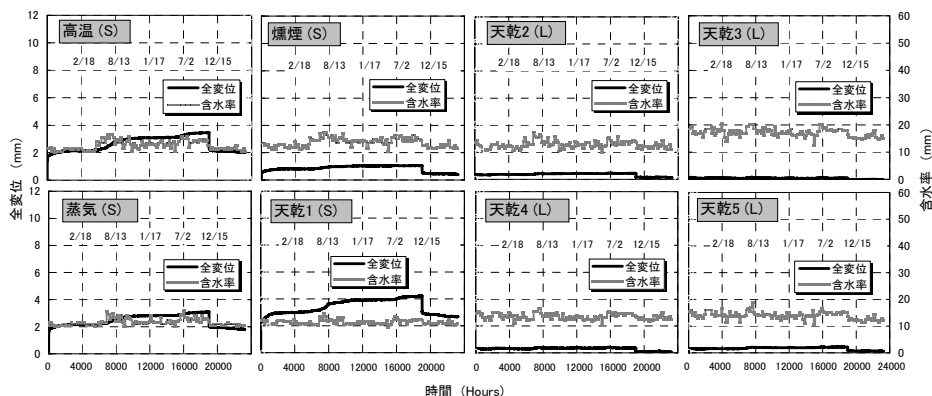


図2 柱-梁の全変位変動(事故的水かかりのない場合)

※ 積載荷重: 2471kg (基準強度×1.1/3)、全変位: 初期変位+めり込みクリープ

(S): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ90mm)、(L): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ105mm)

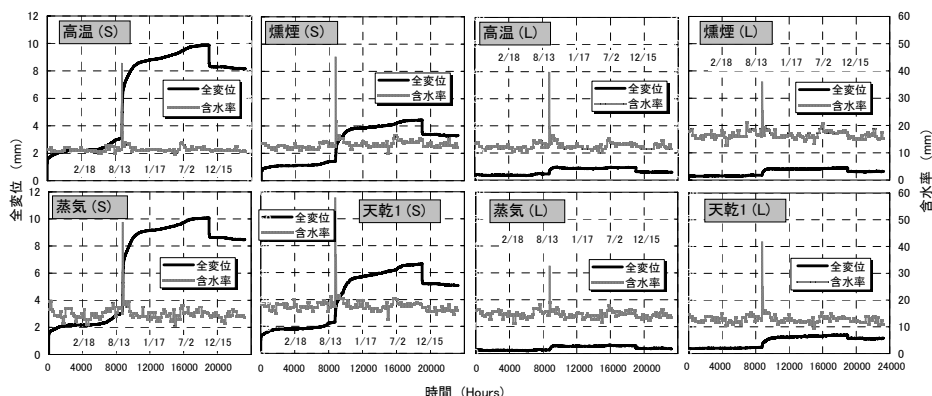


図3 柱-土台の全変位変動(事故的水かかりのある場合)

※ 積載荷重: 2471kg (基準強度×1.1/3)、全変位: 初期変位+めり込みクリープ

(S): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ90mm)、(L): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ105mm)

2-5 構法開発

2-5-1

スギ集成材を用いた大型構造物の経年変化

構法開発部 ※飯村 豊、北田孝二、椎葉 淳、上杉 基

1. 研究開発の背景と目的

宮崎県木材利用技術センター(以下、センター)は、2001年(センター開設年)から大型構造物の屋根架構にスギ集成材(日本農林規格に定める最下強度同級構造用集成材 E65-F225)を利用する新しい建築構法を研究・開発している。従来の大規模木造では屋根架構に高強度・高ヤング係数材を使用するのが一般的であり、そうした木材は資源量が少なくなりつつある。宮崎県では戦後植林された県産スギが伐採期を迎えて市場で入手し易いことや人工の森林資源の早期循環利用の視点からも、低強度・低ヤング係数のスギ集成材を県内の公共施設を中心に屋根架構に用いる取り組みを推進しており、その技術的な支援をセンターが担ってきた。低ヤング係数のスギ集成材を屋根架構に使用した大型構造物は過去に例が少ないことから、ここでは県内のそうした既存施設4棟について施設完成後から屋根架構の変位を、台風通過後の影響も含めて調査し、今後のスギ利用を推進するための基礎資料の整備に資することを目的にしている。

2. 大型構造物の概要

表1に大型構造物の概要を示す。それぞれの構造物は図1に示すように台風常襲地である宮崎県の太平洋沿岸に沿って建設された。長スパンと高さが必要な施設に低ヤング係数のスギ集成材を利用するための新構法としては、「サンドーム日向(No.1)」（海岸線から0.5km）が60mアーチスパンの変形を少なくするために2ヒンジアーチを採用している(写真1)。「大宮高校体育館(No.2)」（同3.9km）ではスパン35mでも低ヤング係数材の利用を可能とするキールトラスを採用(写真2)。「南郷くろしおドーム(No.3)」（同0.6km）は耐火検証法のルート2を満たす排煙用の大きな開口を周囲に配置しており、それを可能にするために小屋組を3ヒンジアーチ形式を利用した立体骨組みにしている(写真3)。「木の花ドーム(No.4)」（同0.6km）は建築面積が10,000m²を超えることから風荷重を少なくするドーム形状を採用した(写真4)。

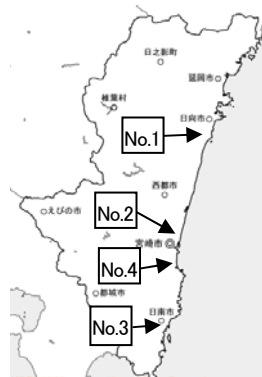


図1 大型構造物位置

屋根仕上げは「木の花ドーム」がテフロン膜、他3施設は金属葺きである。

3. 変位測定

構造物の変位測定は、屋根架構を構成する部材の中で、長期応力や地震、台風による変位が大きく現れると予想される場所を選定し、三次元光波測距儀(トータルステーション GPT-2005F)を用いた。測定回数は施設完成後年1回程度の割合である。「サンドーム日向」と「大宮高校体育館」では、測点は棟位置にある構造部材に設定し、変位は鉛直方向のみを計測した。「南郷くろしおドーム」では、測点はアーチ頂部を連結する棟木両端にターゲットを取り付け、変位はX、Y、Z方向を計測した。「木の花ドーム」では、測点はハブ金物にミラーターゲットを取り付け、変位はX、Y、Z方向を計測した。図2～5にそれぞれの測点の位置を示す。

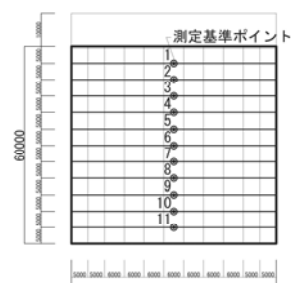


図2 サンドーム日向

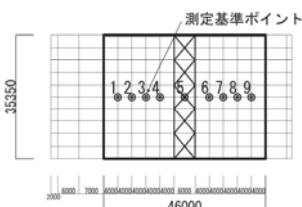


図3 大宮高校体育館

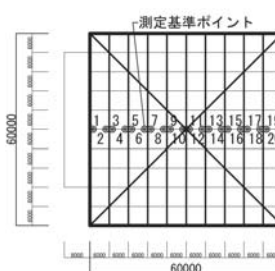


図4 南郷くろしおドーム

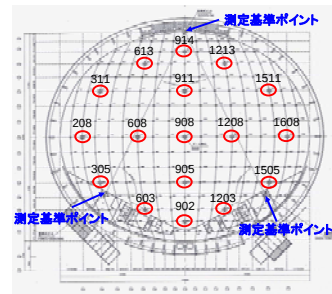


図5 木の花ドーム



写真1 サンドーム日向

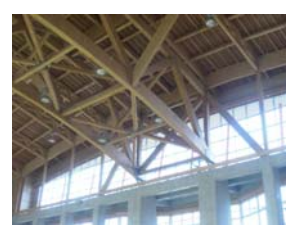


写真2 大宮高校体育館



写真3 南郷くろしおドーム



写真4 木の花ドーム

表1 大型構造物の概要

No	名称	建設地	完成年月	用途	建築面積(m ²)	スパン(m)	最高高さ(m)	構造形式	屋根荷重(kN/m ²)
1	サンドーム日向	宮崎県日向市	2002.01.	全天候型運動施設	5,075.4	60.0	25.2	2ヒンジアーチ	590
2	大宮高校体育館	宮崎県宮崎市	2003.12.	体育館	2,800.6	35.0	21.0	キールトラス	520
3	南郷くろしおドーム	宮崎県南郷町	2002.01.	全天候型運動施設	4,457.3	60.0	29.8	3ヒンジアーチ	390
4	木の花ドーム	宮崎県宮崎市	2004.01.	全天候型運動施設	10,966	102.5	38.0	ドーム	200

4. 測定結果

測定を開始した2004年から2009年までに、この地域に大きな地震はなかったが、表2に示すように、宮崎地方気象台（海岸線から5.1km）によれば最大瞬間風速が35m/sから45m/sの強い台風が4回記録されている。このため、図6～9の測定結果には台風の通過時期（記号①②③④⑤⑥）も併せて示した。

表2 宮崎地方気象台の記録

記号	年	号	月	日	風速 (m/s)	風向
①	2004(H16)	16	8	30	44.3	南東
②	2004(H16)	18	9	7	40.5	南南東
③	2005(H17)	14	9	6	43.1	南東
④	2006(H18)	13	9	17	34.2	東南東
⑤	2007(H19)	4	7	14	38.8	東南東
⑥	2008(H20)	13	9	18	22.5	北東

注) 風速は最大瞬間風速

図6の「サンドーム日向」は、完成してから約2年後（2004.03.24）に測定が始まった。図6はX軸を経過日数、Y軸を鉛直方向の変位、測定開始を0とし、プラスが上昇、マイナスが下降を示している。11測点の全てが長期荷重によって下降を続けているわけではなく、上昇するものも多い。最大の上昇量は15mmで台風③の通過後に発生している。上昇した測点はその後下降を続け他測点とほぼ同じ高さとなっている。2016日目での11測点の平均降下量は測定開始時に比べて4mm増えている。

図7の「大宮高校体育館」は、完成してから約3ヶ月後（2004.03.27）に測定を開始した。計測方法は「サンドーム日向」と同様である。図7でも「サンドーム日向」と同様に台風通過による測点上昇、その後下降を続け他測点とほぼ同じ高さになる現象が現れている。最大上昇量は23mmである。1705日目の8測点の平均降下量は測定開始時に比べて12mm増えた。

図8の「南郷くろしおドーム」は、完成してから約2年後（2004.03.26）に測定を開始した。図8はX軸に経過日数を、Y軸に絶対変位量（変位量）を20の測点について示している。ここでの変位量は、各測点が空間でどのように変位しているかを表すため、空間座標X、Y、Z方向の変位それぞれの二乗和の平方根によって変位量を求めている。図8では変位量は全体として漸増傾向にあるが、強い台風の通過後には変位量が増え、測点によっては大きな変位量を記録している。この大きな変位量は強い台風の通過時に接合金物に落とし込んだ棟木が浮き上がったためであることが後の点検で分かっている。そうした測点も日数と共に変位量は減少している。1608日目の平均降下量は、大きな上昇量を示した2測点を除く18測点で測定開始時に比べて11.7mm増えた。

図9の「木の花ドーム」は、完成してから約2ヶ月後（2004.03.25）に測定を開始した。図9は、「南郷くろしおドーム」と同様の方法で17の測点について絶対変位量を示したものである。計測開始後252日目までは各測点共、変位量は増加傾向にあったが、その後は1393日目までは変位量は増えていない。しかし、強い台風の通過後には絶対変位量が増え、測点によっては大きな変位量を示してい

る。計測開始時と比べると、1393日間の17測点の平均降下量は9.8mm増加した。

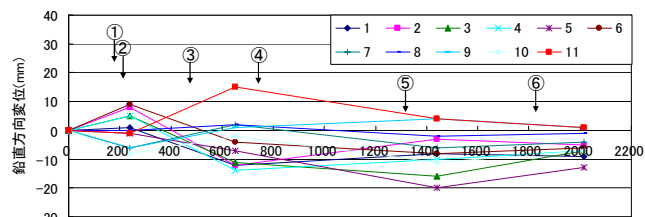


図6 サンドーム日向

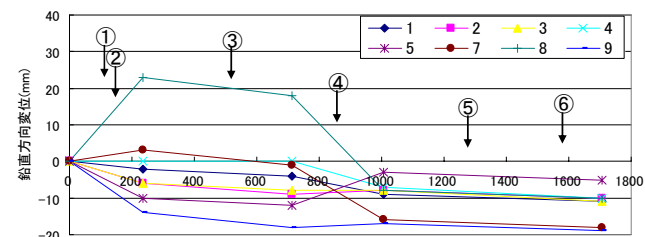


図7 大宮高校体育館

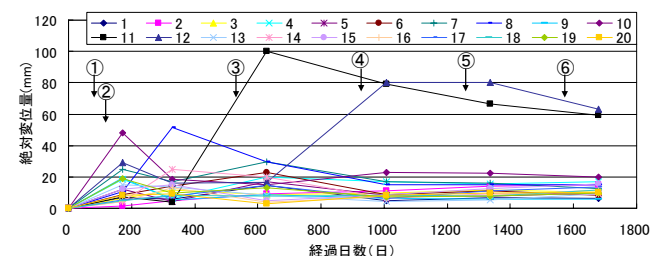


図8 南郷くろしおドーム

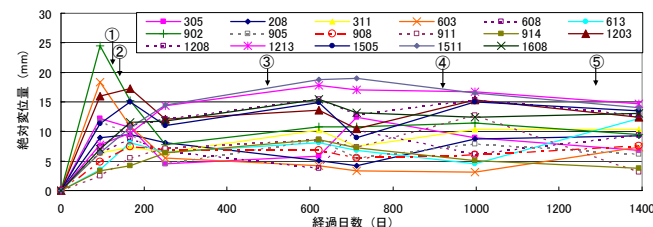


図9 木の花ドーム

5. おわりに

スギ集成材を用いた大型構造物4棟の屋根架構を約5年間に亘って継続測定した結果、鉛直方向の降下量および3次元の絶対変位量に増加は見られたが、その量はスパンや高さに比べてその割合が極めて小さく、設計時に見込んだ長期荷重による変形の範囲内であることがわかった。低強度・低ヤング係数のスギ集成材であっても大型構造物の屋根架構に十分利用できることを実証した。

今後の課題としては、スギ集成材は軽量構造を実現し易い反面、強い台風通過時の強風による屋根面の負圧に対する接合設計に更なる配慮が必要で有ることも分かった。

【謝辞】

本研究は、齊藤 豊氏（元宮崎県木材利用技術センター）との共同研究として実施しました。記して謝意を表します。

かりこぼうず大橋の経年変化 — 供用開始から6年経過後の状況 —

構法開発部 ※椎葉 淳、飯村 豊、北田 孝二

1 はじめに

かりこぼうず大橋は、西米良村の国道 219 号線と対岸にある温泉施設やキャンプ場を結ぶアクセス道として、一ツ瀬川に架けられた橋長 140m の木造車道橋である。最大支間長 48.2m は、キングポストトラス形式としては日本一の長さを誇る。また橋桁及びトラスには、スギ大断面構造用集成材を使用している。このような大規模木造車道橋は他に例が少ないことから、維持管理に関する基礎資料を整備するために、主要構造部について継続的に変位を測定してきた。供用開始から 6 年経過し、データがある程度蓄積されてきたので、これまでの状況についてとりまとめた。

2 変位測定

変位測定の位置を図 1 に示す。トラス部については、交点（接合部）上下流の X、Y、Z 方向変位、桁部については、地覆上下流、床版上下流及び中央の Z 方向変位を測定している。測定には、三次元光波測距儀（トータルステーション GPT-2005F）を用いた。測定間隔は概ね 1 年程度である。

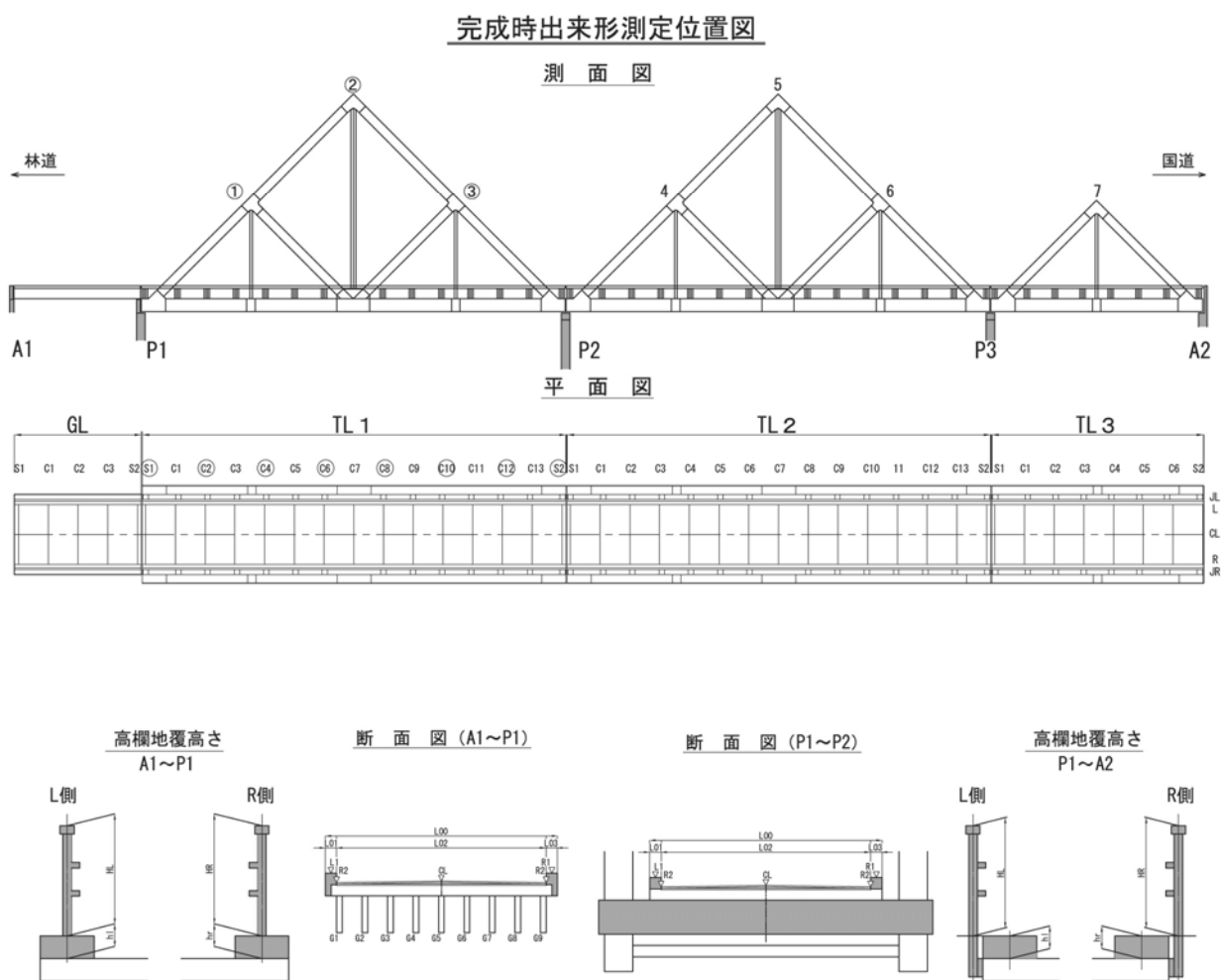


図 1 変位測定位置

3 測定結果

今回は、林道側の 48.2m キングポストトラス橋（P1-P2、図1の○囲みの測点）について考察を行った。図2に床版上流側(L2)におけるZ方向変位量を示す。完成時と比較すると、C4で992日後に6mm程度の下がりが見られるが、その後はほとんど変化は見られなかった。またC6では鉛直材の張力導入の影響か、上がる傾向であった。いずれの箇所においても、設計値よりかなり小さな値で推移し安定している。図3～6にトラス交点(1～3)における変位量を示す。図3の変位は、空間座標X、Y、Z方向の

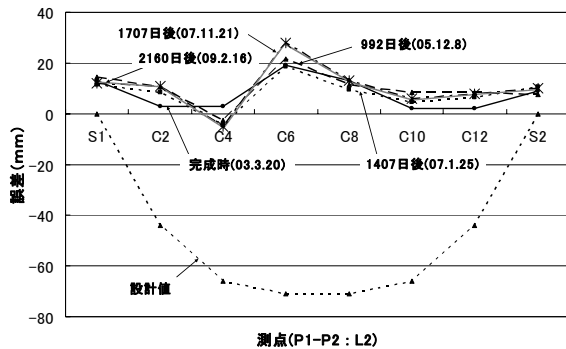


図2 桁部変位量の推移

変位それぞれの二乗和の平方根によって求めた絶対変位量を示し、図4～6の変位は単純にX、Y、Z方向の変位量を示している。なお、測定開始が992日後であるため、完成時から測定している図2とは経過日数が異なる。図3をみると、2006年台風13号通過後は全6測点で変位量が増加しているが、2007年台風4号通過後は増加点が5、減少点が1で、2008年台風13号通過後は増加点が4、減少点が2であった。また図4～6をみると、Z方向変位量が絶対変位量に最も近い値を示しているが、X、Y方向変位量も最大で10数mmあり、風圧などが影響していることが推察される。

4 まとめ

6年間の変位測定の結果、桁部については多少変位量の増減はあるものの、スパンに比べてかなり小さく、設計値の範囲内で安定していることが分かった。トラス部については、変位には鉛直方向だけでなく水平方向の要素も関係していることから、絶対変位量を調べるのが重要であることが分かった。今後の維持管理に向けても、同様の測定を継続していく必要があると思われる。

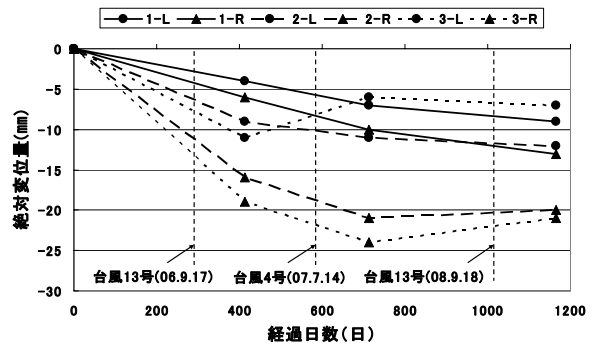


図3 トラスの絶対変位量と経過日数の関係

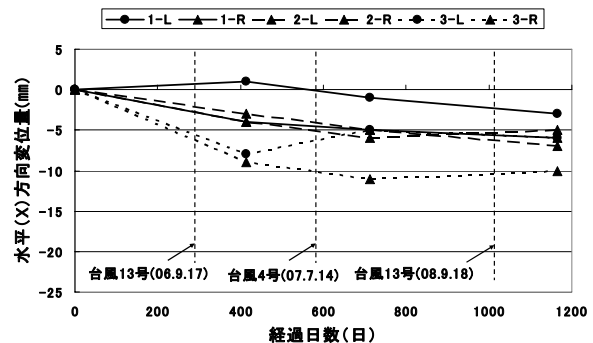


図4 トラスのX方向変位量と経過日数の関係

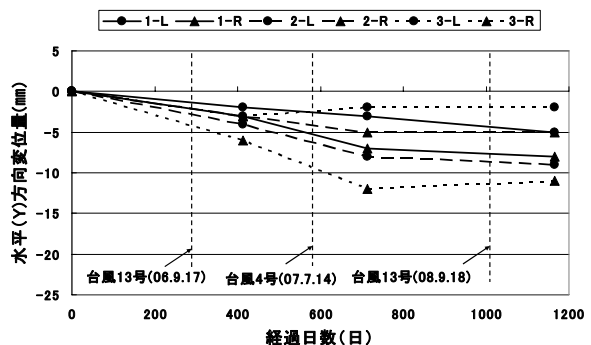


図5 トラスのY方向変位量と経過日数の関係

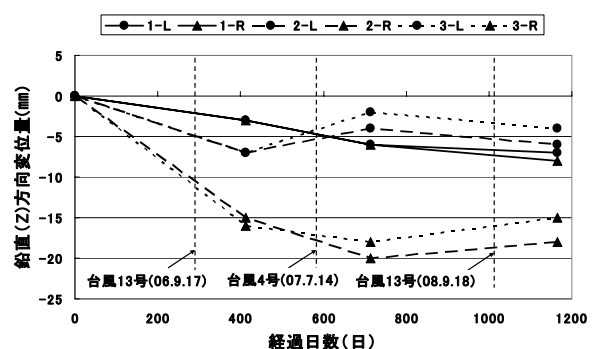


図6 トラスのZ方向変位量と経過日数の関係

2-6 木質化推進

2-6-1 L20、L30の集成材ラミナによるスギパネルの開発

構法開発部 ※北田孝二、上杉基

【研究の目的】

宮崎県産オビスギは、以前は弁甲材（造船材）として利用されてきたが、当センターでその材料特性など基礎的な研究を行ってきた結果、構造用集成材にも利用できることがわかり、その商品化が急速に進んでいる。しかし、オビスギを構造用集成材のラミナに用いる場合、生育の早いことから年輪幅が広く、ラミナ強度等級（5%下限値）の頻度分布では、L30以下のJAS格別ラミナも多い。そのためここではそうしたL30以下の集成材用ラミナを壁や床、屋根の下地材の用途に活用できるための研究開発を行い、実用化を目指した。

【試験体】

2Pパネル（1950mm×2850mm）のサイズによる2種類の耐力パネルをそれぞれ5体製作する。その内1体は上張りを行った。

- ① A 試験体タイプ1（横張り）：この試験体は、建築基準法施行令第46条、国土交通省告示1100による一般的な落とし込み板壁の壁倍率0.5と及び施工性を比較検討するためのものである（図1）。
- ② B 試験体タイプ2（斜め張り）：この試験体は、1.5cm×9cmの引張り筋交い壁倍率1.0との比較検討するためのものである（図2）。

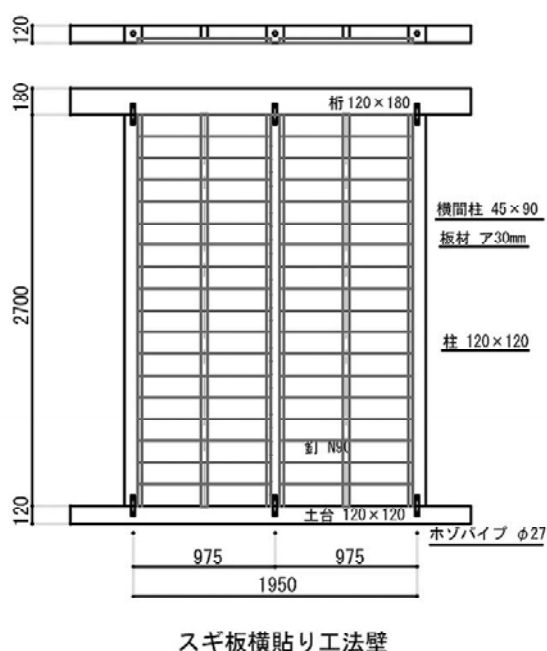


図1 スギ板横貼り工法壁

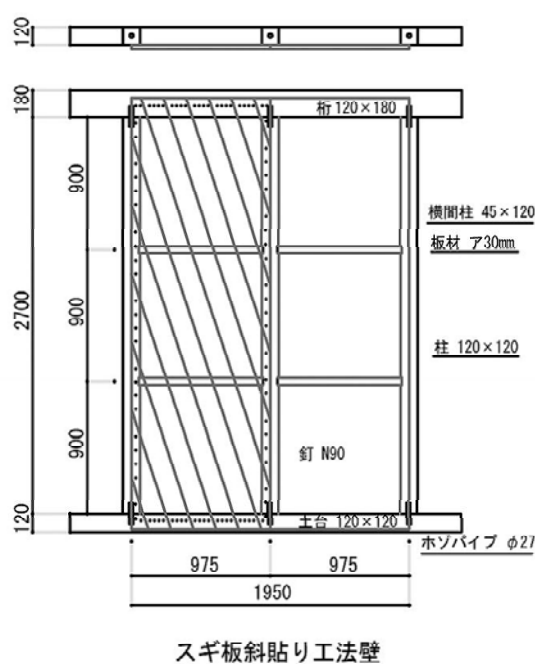


図2 スギ板斜貼り工法壁

【試験方法と評価方法】

壁せん断試験機で柱脚固定式により実験を行った（写真1、2）。

加力方法は、正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は見かけのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの正負変形時に行った。繰り返し加力は、履歴の同一変形段階で3回の繰り返し加力を行った。最大荷重に達した後、最大荷重の80%野荷重に低下するまで加力する

か、試験体の見かけの変形角が $1/15\text{rad}$ 以上に低下するまで加力する。なお、見かけの変形角が $1/15\text{rad}$ を超えても最大荷重の 80% の荷重まで低下しない場合は、見かけの変形角 $1/15\text{rad}$ を終局変形角とし、その時の荷重を最大荷重として扱って良いものとした。変位測定は、桁材の水平方向変位、土台の水平方向変位、左右の柱脚部の鉛直方向変位を、各点に設置した変位系により測定した。短期許容基準せん断耐力 P_0 は下記の (a) ～ (d) で求めた耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値の内最も小さい値とする。(a) 降伏耐力 P_y 、(b) 終局耐力 $P_u \times (0.2 / D_s)$ 、(c) 最大荷重 $P_{\max}$ の $2/3$ 、(d) 特定変形時の耐力（柱脚固定式の場合見かけのせん断変形角 $1/120\text{rad}$ ）



写真1 横貼り壁試験状況



写真2 斜貼り壁試験状況

【まとめ】

横貼り試験体は終局耐力 $P_u \times (0.2 / D_s)$ 時で決定した。参考倍率は、1.8 倍であった（ $7.19 \text{ kN} / 1.96 \text{ kN} / 1.95 \text{ m} = 1.88$ ）。

斜貼り試験体は見かけのせん断変形角 $1/120$ (rad) 時で決定した。参考倍率は、4.7 倍であった（ $18.09 \text{ kN} / 1.96 \text{ kN} / 1.95 \text{ m} = 4.73$ ）。

低ヤング率のラミナ板材でも、面材として利用することが可能であることがわかった。また品質の安定確保が容易で、木造住宅の新築やリフォームにおける床や壁等の耐震補強の下地材として可能であり、低ヤングスギラミラ利用普及、有効に活用し得ることがわかった。

構法開発部 ※椎葉淳、上杉基、北田孝二、飯村豊

生長が早く、今後一層の大径化が進む宮崎県産スギを有効利用するため、また技術的にもコスト的にも鉄骨造で建設されてきている非住宅建築物の木造化ニーズに対応するため、宮崎県では鉄骨と大断面プレカット製材によるハイブリッド構造に取り組んできた。これまでに、製材を柱、方杖などの軸材として利用した大規模建築物が建設されている。今回は、横架材にも大断面プレカット製材を用いた建築物について、設計荷重に基づく継ぎ手接合部性能の確認実験を行ったので、その結果について報告する。

【緒言】

大規模建築物の横架材としてスギ製材を使用するにあたり、一部においては、大スパン化に伴い継ぎ手を設ける必要が生ずる。そこで、構造解析によりモーメントが最小となる位置を継ぎ手とし、荷重条件に合わせて接合部形状及びその本数について検討を行った。

【実験方法】

試験体の材料には、スギ製材 E50 を使用した。断面寸法は、180 mm×360 mm(以下 H360)と 180 mm×400 mm(以下 H400)の 2 種類である。接合部は、互い違いに穴孔が配置された 9 mm 鋼板を製材の上下に添え、 $\phi 20$ ラグボルトで留めている。また内部にはせん断防止用に $\phi 20$ ドリフトピンを 4 本挿入した (図 1)。ラグボルトの本数は、H360 が 3 本、H400 が 5 本である。試験は曲げ及びせん断試験とし、いずれも実大強度試験機を用いた。曲げ試験については、(財)日本住宅・木材技術センターの構造用木材の強度試験法に基づき、3 等分 4 点荷重方式とした。せん断試験については、はね出し単純ばり方式とし、接合部のモーメントが 0 となるように設定した。H360 及び H400 について、それぞれ各 3 体ずつ試験を行った。

【結果および考察】

(1) 曲げ試験

写真 1 に破壊後の状況、表 1 に試験結果の一覧を示す。荷重をかけていくと、木材自体のたわみはほとんどみられず、接合部引っ張り側が大きく開き、最後は V 字型になって終局した。試験体を解体してみると、引っ張り側では各試験体とも左右どちらか一方で、ラグボルトの大きな変形及び木材への激しいめり込みが見られた。最大荷重の平均値は、H360 が 35.3kN、H400 が 52.9kN で、ばらつきは小さかった。短期接合モーメントは、両者とも P_y で決定し、H360 が 54.56kN・m、H400 が 85.30kN・m であった。これを設計値と比較すると、それぞれ 13.36kN・m、21.04kN・m で実験値が約 4 倍あり、耐力としてはかなり安全側にあることが分かった。



写真 1 曲げ破壊の状況

また曲げヤング係数については、試験体組立前に計測しておいたそれぞれの動的ヤング係数の平均値と比較すると、H360 で約 40%、H400 では約 55%で低い値となった。

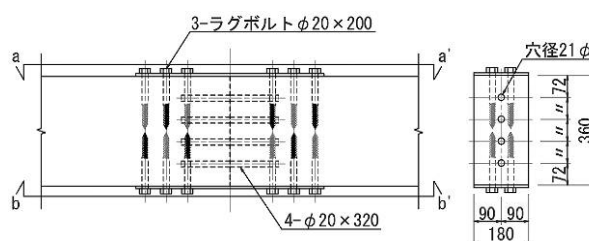


図 1 接合部 (H360)

表 1 曲げ試験結果

H360	P_y (kN)	2/3 P_{max} (kN)	P_{max} (kN)	MOE (GPa)	組立前の 動ヤング	MOE/動
No.1	18.8	23.7	35.6	3.06	5.70	53.7%
No.2	20.2	23.0	34.5	2.11	6.51	32.4%
No.3	18.9	23.9	35.9	2.34	6.71	34.9%
平均値	19.3	23.6	35.3	2.50	6.31	40.3%
標準偏差	0.78	0.49	接合モーメント 設計値: 13.36kN・m 実験値: 54.56kN・m 実験値/設計値=4.1倍			
変動係数	0.04	0.02				
ばらつき係数	0.87	0.93				
短期基準接合耐力	16.84	22.01				

H400	P_y (kN)	2/3 P_{max} (kN)	P_{max} (kN)	MOE (GPa)	組立前の 動ヤング	MOE/動
No.1	26.0	34.8	52.2	4.00	6.99	57.2%
No.2	26.5	35.5	53.2	3.00	5.82	51.5%
No.3	27.9	35.5	53.3	2.64	4.57	57.8%
平均値	26.8	35.3	52.9	3.21	5.79	55.5%
標準偏差	0.98	0.41	接合モーメント 設計値: 21.04kN・m 実験値: 85.30kN・m 実験値/設計値=4.1倍			
変動係数	0.04	0.01				
ばらつき係数	0.88	0.96				
短期基準接合耐力	23.70	33.99				

(2) せん断試験

写真2に破壊後の状況、表2に試験結果の一覧を示す。接合部にせん断力がうまく伝わり、綺麗なせん断破壊を示した。また、加力点にはめり込み防止用に鋼板を配したが、支点には配しなかったため、めり込みが見られた。最大荷重の平均値は、H360は198.0kNでややバラツキが見られたが、H400は



写真2 せん断破壊の状況

251.4kNでばらつきは小さかった。短期接合耐力は、両者とも P_y で決定し、H360は39.76kNで、設計値19.61kNの約2倍で安全側であ

った。H400は100.48kNで、設計値3.68kNの約27倍となったが、もともとせん断力が小さい箇所に同じ形式の接合部を用いたため、設計値を大きく上回る結果となった。

表2 せん断試験結果

H360	P_y (kN)			2/3 P_{max} (kN)	P_{max} (kN)
	$P_y 1$	$P_y 2$	$P_y Ave$		
No.1	89.2		89.2	108.9	163.3
No.2	87.0	87.51	87.3	125.6	188.4
No.3	120.2	121.37	120.8	161.6	242.4
平均値	98.8	104.4	99.1	132.0	198.0
標準偏差				18.82	26.95
変動係数	設計値: 19.61kN			0.19	0.20
ばらつき係数	実験値/設計値			0.40	0.36
短期基準接合耐力	=2.0倍			39.76	47.09

H400	P_y (kN)			2/3 P_{max} (kN)	P_{max} (kN)
	$P_y 1$	$P_y 2$	$P_y Ave$		
No.1	125.2	125.92	125.5	163.1	244.6
No.2	113.3	113.37	113.3	170.3	255.4
No.3	121.2	121.75	121.5	169.5	254.2
平均値	119.9	120.3	120.1	167.6	251.4
標準偏差				6.23	3.95
変動係数	設計値: 3.68kN			0.05	0.02
ばらつき係数	実験値/設計値			0.84	0.93
短期基準接合耐力	=27.3倍			100.48	155.16

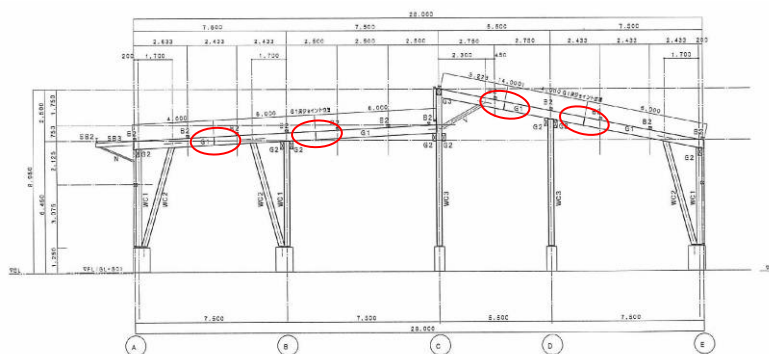
【実際の施工例】

本接合方法は、実際に施工された大規模非住宅建築物（製材工場）の梁の継ぎ手として使用された（写真3、図2）。施工に当たっては、ラグボルトの本数を設計数量より多く配置してあることや、中間柱や方杖によりスパンが小さくなっていることから、実験条件よりかなり安全側となっているため、少なくとも短期のたわみに対しては特に問題ないと思われる。この実験及び施工を通じて、大径化する宮崎県産スギ材が、接合部を介して横架材として利用できることが分かった。



写真3 建て方の状況

図2 製材工場軸組



【まとめ】

曲げ試験については、短期接合モーメントは実験値が設計値の約4倍あり、耐力としてはかなり安全側であった。しかし、ヤング係数は組立前の40～55%と、低い値にとどまった。またせん断試験については、多少バラツキはあったがせん断耐力は実験値が設計値の2倍以上であった。試験方法については、めり込みを防止する工夫が必要である。今後は、接合部に集中する応力を分散し、たわみを抑制出来るような方法を検討し、スギ大径材の有効利用につなげていきたい。

2-7 受託共同研究

2-7-1

先端技術を活かした農林水産研究高度化事業

ー 新しい木材乾燥システムによる低コスト化と有用成分の回収 ー

材料開発部 ※藤本英人、小田久人

1 はじめに

現在使用されている木材乾燥機はロスが多い。それらは大電力を必要とする循環ファンであり、熱効率の悪さであり、精油などの資源の大気中への放出である。本課題では庫内気流の見直しによる循環ファン電力の削減、廃熱利用による燃料コストの削減、精油回収による付加価値化の3つ柱により、木材乾燥のコスト低減を図ることを目的としている。なお、本プロジェクトは宮崎大学工学部、及び企業3社との共同研究である。

2 試験方法

2.1 木材乾燥期中の気流改善

コンピュータソフト FLUENT を用いて、木材乾燥機内部の気流を解析し、気流改善型木材乾燥機を設計・製作した。

2.2 排熱を利用した乾燥養生庫の性能確認

平成19年度に設置した簡易な熱交換器を備えた木材仕上げ乾燥庫（養生庫）に2.1で製作した木材乾燥機を取り付け、その性能を検証した。2台ある養生庫にはそれぞれ木材乾燥機と同量のスギ柱材を入れ、経時的な温度変化を測定した。

2.3 精油採取と得られた精油の用途開発

2.2で製作した養生庫内の簡易熱交換器（凝縮器）を用いてスギ材乾燥工程凝縮液を採取する試験を行った。また、スギ材精油のアリ（ハチ目アリ科）忌避作用について検討した。

3 結果及び考察

3.1 木材乾燥期中の気流改善

今年度設置した大型乾燥機内の流れを解析したところ、棧積み間を流れる流量比は80.8%であり、既存の小型木材乾燥機の33.8%と比較すると、大幅に改善されていることが分かった。これは、乾燥機の全体構成が大きくなり、中天井と側壁間のスロート部流路幅も広がったためと考えられる。このことにより、循環ファンの回転数を低くすることができ電力消費量の節減につながることを示唆された。

3.2 排熱を利用した乾燥養生庫の性能確認

平成20年度に導入した木材乾燥機を稼働させて、その廃熱を養生庫で回収する試験を行った（図1）。当センターで一般的に採用している高温・低湿乾燥スケジュールで木材乾燥を行った場合、60℃以上に昇温した後、乾燥スケジュールの最後まで54～55℃で推移した（図2）。この温度が維持できるな



図1 木材乾燥機（右）と併設した養生庫（左）

ら、板材の乾燥等様々な用途に廃熱を有効利用できることが明らかになった。

その一方で問題点も明らかになった。今回採用したステンレス煙突を利用した簡易な熱交換器では凝縮能力が不足し、木材乾燥機内部で発生した水蒸気を十分に除去することができなかった。その結果、木材乾燥機の排気ファンが常に回転し続け、エネルギーロスになった。この結果を活かし、次年度は十分な熱交換能力を有する凝縮器を開発・設置する予定である。また、熱交換回路の密閉性が十分でなく、精油を含んだ蒸気が盛れだしていた関係で、十分な量の凝縮液を採取できなかった。この点についても次年度は改善する予定である。

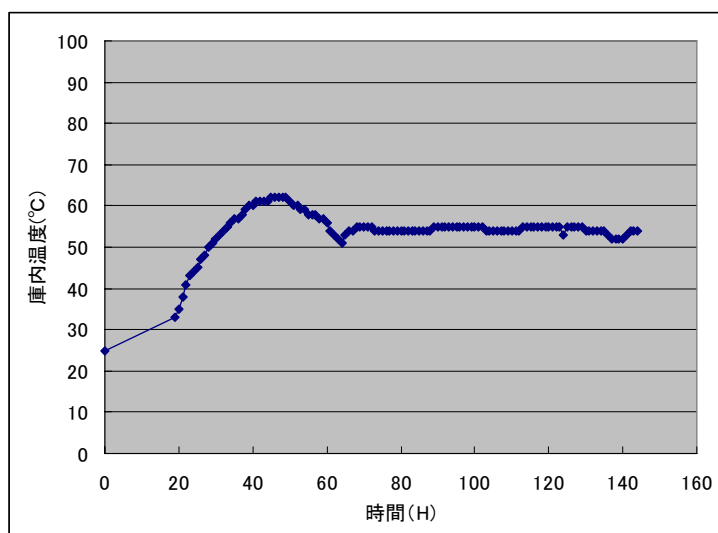


図2 簡易な熱交換器を備えた養生庫の内部温度推移

3.3 精油採取と得られた精油の用途開発

スギ精油の用途開発の一つとして、不快害虫であるアリ（いわゆる黒アリ）に対する忌避効果の確認試験を行った。アリはゴキブリ、ハエ、カに次いで家庭内で不快な害虫として嫌われていることから、アリに対する忌避効果を確認することは意味のあることである。その結果、ヤマアリなどの大型の肉食アリにはほとんど効果がないが、オオズアリなどの砂糖を好む小型のアリに対してはろ紙に 5% (w/w) 程度精油を含浸すると忌避効果があることが明らかになった（図 3）。このことから、精油を含浸したティッシュペーパー様の製品が有望であると考えられる。



図3 スギ精油のアリ忌避効果確認試験（左：精油有り、右：精油無し）

2-8 受託研究

2-8-1 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 「平成 19 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」

構法開発部 ※上杉 基、飯村 豊 所長 有馬孝禮
和光コンクリート工業㈱ 張 日紅、金丸 和生

【はじめに】

宮崎県内では、平成 6 年度から、林道を中心にスギ木製防護柵 C 種の設置が進められ、総のべ延長は約 22 km（平成 17 年度末現在）、最長 14 年が経過している。スギビーム材の劣化状況は、早いものでは 3 年目から腐朽が始まるものや、10 年経過しても風化や干割れ程度の劣化しか見受けられず性能を十分満足しているものまであり、まちまちである。

【現地調査・試験】

現地調査は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究「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」（独立行政法人森林総合研究所が中核機関）の共同研究機関として、平成 16 年度からの 5 か年にわたり、県内の施工地 8 か所以上で実施した。調査方法は、従来用いられている目視（表 1）とハンマーによる打音診断併用法に加えて、ピロディンを用いた貫入深さ測定（写真 3）、たわみ振動測定、超音波伝達速度測定、含水率測定、熱画像撮影などによる劣化度判定を検討した。劣化度を客観的に数値化する試みであったが、目視による計測の速さと打音による内部の腐朽状況がある程度把握できる簡便さで、従来の方法に勝るものは見出せなかった。

被害度	スギビームの状態
被害度 1	部分的に軽度の腐朽
被害度 2	全体的に軽度の腐朽
被害度 3	部分的に重度の腐朽

表 1 目視判断基準（簡略版）

ビームの性能試験は、現地調査の後に、目視劣化度 1 から 3 までのビームを回収して、ハンディの F F T アナライザを用いた縦振動法による動的弾性係数の測定やスパン 1,800mm の実大静的曲げ試験（写真 4）を実施した。



写真 3 ピロディン貫入深さ測定



写真 4 ビームの曲げ試験

目視劣化度 1 から 3 までの 91 本で測定した縦振動法による動的弾性係数と実大静的曲げ試験による破壊荷重との間には、正の相関があった。動的弾性係数が 7 GPa 以上のもの、目視劣化度が 2 以下のものについては、おおむね、日本木製防護柵協会が定めたウッド Gr（木製車両用防護柵）設置基準のビームの破壊荷重 40 kN を満たすことが分かった。目視劣化度 1 から 3 までの 40 本で測定したピロディン貫入深さ（中央部 3 か所の平均）と破壊荷重との間には、負の相関があった。

非破壊的劣化度評価手法の試みに熱画像利用の可能性を、17・18 年度に現地で撮影した熱画像を元に検討した。現地での適用は、日照条件が様々で、劣化による熱の斑よりも木漏れ日による斑の方が大きい等の問題があり困難であるとわかった。ある一定条件では有効な場

合もあった。取り外したビームを静的曲げ試験に供するために、和光コンクリート工業株式会社工場内の日陰に並べた。時期は2月で低温条件下である。回収時には小雨が降っており、ビームは適度に湿っていて、並べたときには表面だけが乾いていた。可視画像からは読み取りづらい劣化も熱画像では判定できる一例である。ただし、問題点として、携帯可能なサーモトレーサーは、まだ高額であり、一般化に適していない。熱画像のスキャン速度が遅いといったことがあげられた。

【まとめ】

ビームの劣化状況から、国道や県道など、維持管理が定期的になされて、通風や日射が確保される条件の良い場所（写真8）と、林道のように土砂の堆積や下草の繁茂で通風や日射量が少ない条件の悪い場所（写真9）では保存処理の性能を区分してビームを使い分ける必要があることがわかった。



写真8 国道沿いの施工地



写真9 林道沿いの施工地

ごく一部ではあるが、設置後3年目くらいから腐朽が始まる寿命の短いビームがあり、木製防護柵のイメージを悪くする恐れがある。その原因は薬剤処理のロット管理にあると考えられる。すなわち、含水率が高くばらつきの大きいスギでは、ビームの個別管理が望ましい。特に、5年を待たずに出てくる交換箇所は劣化条件の厳しい場所であるので、K4相当の薬剤処理を施したビームの交換が必須となる。

維持管理では、道路施設の管理者が、今回検証された目視等の手法で定期的に診断、劣化の状況を把握し、メンテナンスやビーム交換の予算を計画的に確保することが必要である。交換するビームの発注に際しては、ビームの加工過程を考慮して納期に余裕を持たせることが重要なポイントである。十分な加工時間があれば、丸棒加工した後、薬剤注入前に工場内の土場で天然乾燥するなどして、ビームの含水率を調整することが出来る。薬剤の注入量が平均的に増加することにより、より安定した品質のビームの供給につながる。発注者が、注入前後の重量測定をして、品質管理に立ち会うことも有効である。

ビームの交換コストを考えると、劣化の原因である上面の干割れ)からの水の侵入を抑えるような手法、例えばビームの被覆や塗装、干割れ部分の充填等でビームの寿命を延ばすことも今後検討したい。

試験結果

破壊形態は、車知栓のみの B1、B3 で女木の割裂（写真 1）、胴栓を打った B2、B5 で男木の破断（写真 2）が多かった。ヒノキ梁材は、芯持ちの断面で干割れが目立ち、顕著な試験体では加力点に及ぶ貫通割れが観察された。その影響で、接合部ではなく、加力点で破壊する試験体が散見され、B6 では、ほとんどが加力点で破壊した。

降伏荷重 P_y が $2/3 P_{max}$ を下回った（表 1）。

試験後に、接合部に近い部分から試験片を切り出し、全乾法により、試験時の含水率を推定した。人工乾燥されたスギ柱材の含水率が、天然乾燥のヒノキ梁材の含水率を下回る傾向があった。



写真 1 女木の割裂



写真 2 男木の破断

表 1 6 タイプの試験結果

試験体 シリーズ名	最大荷重 P_{max} (kN)	降伏荷重 P_y (kN)	$2/3 P_{max}$ (kN)	材幅 (mm)	材せい (mm)	小根幅 (mm)
長車B-1	34.78	19.26	23.19	120	180	82.5
変動係数		0.33	0.12			
下限値		4.22	16.75			
長車B-2	42.29	21.53	28.19	120	180	82.5
変動係数		0.16	0.11			
下限値		13.34	21.04			
長車B-3	42.47	23.30	28.32	120	240	112.5
変動係数		0.09	0.06			
下限値		18.37	24.12			
長車B-4	55.14	28.62	36.76	120	240	112.5
変動係数	0.14	0.11	0.14			
下限値		21.51	24.58			
長車B-5	29.05	16.61	19.37	120	180	82.5
変動係数		0.07	0.09			
下限値		13.81	15.34			
長車B-6	38.91	20.85	25.94	120	180	82.5
変動係数		0.11	0.09			
下限値		15.65	20.21			

1 はじめに

宮崎県は平成3年から13年連続してスギ生産量全国一位となっているが、木材価格は低迷を続けているのが現状である。そこで、スギ材（製材品）の需要拡大を図るとともに、スギの総体的利用についても検討していくことは需要と考える。この考えに基づいて、平成16年度から平成18年度に文部科学省の「都市エリア産学官連携促進事業」の助成を受けて、木材乾燥に伴って大量に排出される蒸気を冷却捕集した凝縮液に含まれる有効成分に着目し、その成分の効果分析と活用策等について研究を進めてきた。本課題は、その中で得られた研究成果をベースに、スギ材精油の低コスト生産および技術とそれを活用した製品の開発に取り組み、林産業関連の新技术・新産業の創出を図ることを目的として産学官が連携して取り組むものである。木材利用技術センターは本課題の中で、「スギ精油の採取条件のオビスギ材乾燥凝縮液の低コスト冷却捕集技術及び凝縮液からの効率的精油分離・精製技術の開発」と「オビスギ材乾燥凝縮液精油製剤の害虫用および害獣用の試作製品の開発と有効性実証試験」を担当している

2 試験方法

2.1 スギ精油採取試験

都城木材(株)に設置した凝縮装置を用いて、通年で得られる精油量について検討した。

2.2 スギ精油の抗ダニ試験

木材利用技術センターに建築されている二棟の同一形状の二階建て建物を利用してスギ精油のダニ忌避試験を行った。二棟の建物の一、二階それぞれ1畳分のスペースに万年床に見立てた針葉樹パルプを置き、その上を防湿を目的としてビニールシートで覆った。それぞれの万年床一カ所あたり、約70万頭のコナヒョウダニ (*Dermatophagoides farinae* Hughes) 散布した。一棟はコントロールとして水を含ませた紙タオルで畳を拭いた。もう一棟はスギ精油を10%添加した紙タオルを用いて、同様に拭き掃除をした。ダニは所定の方法で電気掃除機を用いて吸引し、外部に委託してELISA法でダニアレルゲン量として測定した。

3 結果及び考察

平成19年度12月に凝縮器を設置してからのスギ精油採取量を各木材乾燥ロットごとに示した(図1)。なお、前年度の報告書に記載したとおり、0712-1のロットは凝縮能力が不足していたため、集計には入っていない。木材の乾燥は1ヶ月にほぼ2~3回程度行われており、約10立方メートルの木材が乾燥されている。一般的に木材乾燥機には公称容積の約6割程度入れるのが良いとされることから、都城木材(株)の公称18立方メートル入り乾燥機としては妥当な材積が乾燥されていることになる。その結果、スギ材乾燥に伴って得られる精油は3.9~10リットルであった。得られる精油量が大きく変動しているが、これは精油含量の低い辺材部の含まれる割合が大きく影響している物と考えられる。すなわち、辺材部から取ることの多い板材の乾燥が多い場合は、得られる精油が少なく、中心部、すなわち心材、の乾燥時には多くなると考えられる。このことから、精油を取る目的であれば、心材の乾燥に特化するのがよいと考えられる。今回の一連の試験を通じて、18立方メートル入りの木材乾燥機を用いると年間約200リットル程度の精油が安定的に得られることを実証した。前述の通り、心材のみから精油を取るならば、この1.5倍、すなわち300リットル程度得られる可能性が高い。また、スギ材1立方メートルあたりの精油採取量は約600mlであるが、これはもとのスギ材に含有される精油量の約1/10~1/20程度であり、乾燥スギ材の耐朽性に問題とはならない量であると判断した。

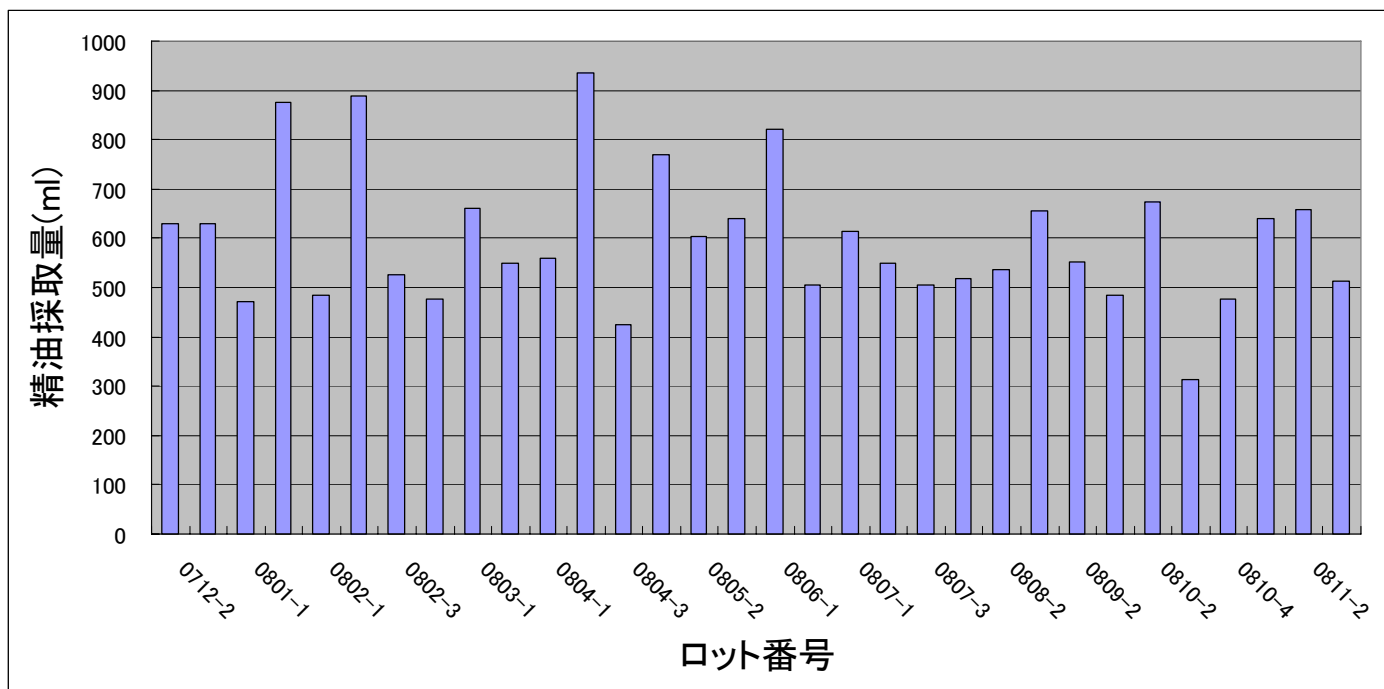


図1 スギ精油のロットごとの採取量

スギ生体中から傷などにより、スギ精油が体外に分泌された場合、粘度が増加していわゆるヤニになることはよく知られている。従って、スギ精油が酸素存在下で高温に曝されるならば、ヤニのような粘性の高い物質に変質する可能性がある。このような事態が生じると、凝縮器や送液パイプ内部で沈着・固化して、熱交換能力が低下したり、パイプ詰まりを生じたりする可能性がある。従って、凝縮器を長期間にわたって安定的に稼働させるためには、凝縮器内部での粘濁物質の生成について検討する必要がある。このような理由で凝縮器を分解し、内部の点検を行った。凝縮器内部の熱交換部にヤニ等の付着はほとんど認められなかった。以上のことから、今回採用したタイプの凝縮器は長期間にわたっての稼働が可能であることが実証された。

ダニ忌避試験の結果の一部を図2と図3に示した。前年度の検討結果で、JIS L1920に準拠して行った際には5%濃度の添加で明らかなダニ忌避性が認められたことから、スギ精油にはダニ忌避性があると推測されたが、本試験の結果からはダニアレルゲン量は変動が大きく、スギ精油にダニ忌避作用があることは確認できなかった。これは実際の家屋ではクモ等のダニ捕食者の糞などもクロスコンタミネーションを起こすためではないかと推測されたが、これ以上の究明は行わないこととする。

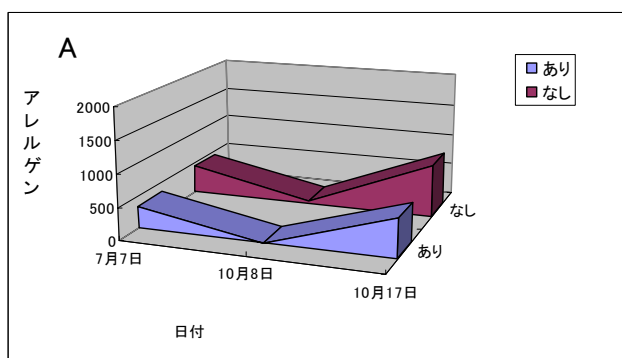


図2 畳Aのダニアレルゲン量の経時変化

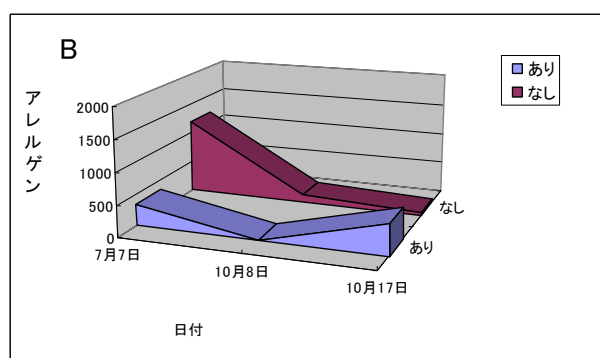


図3 畳Bのダニアレルゲン量の経時変化

1 はじめに

日本はもちろんのこと、温帯から熱帯にかけての地域では世界的にシロアリによる木造建造物やその内装、あるいは本や工芸品などの被害が多いことはよく知られている。この被害を防ぐために多くの研究開発がなされてきている。一部にシロアリの通過を防ぐステンレスメッシュや粒度の揃った砂を用いたシロアリ防除方法、いわゆる物理的防除方法が採用されている例もあるが、薬剤による防除方法が一般的である。これらの方法には、現在のところいくつかの問題点が残されている。物理的防除方法では、高コスト、作業の繁雑さ、技術の熟練などである。一方の化学的防除方法では、薬剤による健康被害や環境に及ぼす影響の大きさなどがあり、世の中の流れとしてレスケミカル、ノンケミカルへと移行しつつある。

そこで、新しいシロアリ防除技術を開発することを目的に、シロアリの生息環境を見直したところ、興味深い知見が得られた。それはすなわち、以下のような事実である。シロアリの生存環境は無機物の極めて欠乏した状態である。彼らの主食である木材には灰分が 0.3~0.5%程度しか含まれていない。その中でも生命維持に必要なナトリウムやカリウム、塩素や硫黄はさらに少なく、常にミネラル欠乏状態にあると言える。このことから、シロアリの体内には無機物の有効利用・再利用システムが高度に発達しているものと考えられるが、このことは逆の見方をするなら、無機物の排泄能力が極度に劣ることを意味する。

また、上述の環境から、シロアリの消化管中の原生動物もおそらく低ミネラル環境（低浸透圧）下で生息していると思われる。この証拠として、シロアリ腸内原生動物を観察する際に使用する生理食塩水は人間用のものを2倍程度に希釈して用いることがあげられる。従って、もしも、高濃度の食塩水をシロアリが摂取した場合は、急激な浸透圧変化により、共生している腸内原生動物の死滅が起こり、その結果シロアリも死滅する可能性があるかと判断できる。

以上のシロアリの無機物排泄能と浸透圧変化による原生動物の死滅の2点から、シロアリに塩化ナトリウム（食塩）を喫食させる方法を考案すれば食塩がシロアリ駆除薬剤として使えることになり、健康、環境の両観点から意義のある研究成果となるであろう。

2 試験方法

供試したシロアリは日本に棲息する土壌シロアリのヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus* Colbe) とイエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki) の2種である。それぞれのシロアリを用いて JIS K1571 に準拠して喫食試験を行ったが、餌として木材ではなく、ろ紙（ペーパーディスク）を用いた。ろ紙に、食塩濃度が 1%、5%及び 10%（それぞれ w/w）となるように食塩水を添加した。このろ紙を風乾し、湿った石膏に触れないようにステンレス金網で覆った。繰り返し数は3とし、それぞれの飼育容器から2日、5日、7日目に各3頭の職蟻を取り出し、腸内の原生動物数を測定した。なお、測定対象はおよそ 100 μ m 以上の大型原生動物とした。

3 結果及び考察

シロアリの腸内には多くの原生動物やバクテリアが共生しており、これらの共生生物を何らかの方法で除去するとシロアリも死滅することはよく知られている。ヤマトシロアリの腸内原生動物の顕微鏡写真を図1に示した。このような原生動物やバクテリアがセルラーゼを分泌し、軟消化性の木材を消化し、酢酸などの栄養物としてシロアリに提供していると考えられている。従って、このような原生動物等が死滅すると、シロアリ単独では十分な栄養の摂取ができなくて、たとえ木材を嚙っていても餓死してしまうことが知られている。



図1 シロアリ腸内に共生している原生動物

シロアリに食塩を含浸させたろ紙を喫食させた場合の大型腸内原生動物数の変化を経時的に調査した。その結果、ヤマトシロアリでは、1%含浸ろ紙ではほとんど効果は認められなかったが、5%と10%含浸ろ紙では2日目からほとんど原生動物が消滅し、5日目7日目でも回復することはなかった。すなわち、5%以上の食塩を添加した場合、ヤマトシロアリは死滅するものと考えられた。一方、イエシロアリでは5%以下の含浸ろ紙ではそれほど明らかな効果は認められていないが、7日目ではコントロールの10分の一程度に減少することから、効果はあるものと考えられる。また、死虫率は、イエシロアリについては有意差はないものの、ヤマトシロアリについては5日目から添加率に比例して死虫率が増えた。すなわち、コントロールは7日目まで死虫率がゼロであるのに対し、合計数で1頭(1%)、5頭(5%)、15頭(10%)となった。腸内原生動物数がこの時点で消滅していることを考えると、あと数日で供試したシロアリは全滅するものと予想された。

ただし、今回の実験で反省すべき点もある。ヤマトシロアリもイエシロアリも飼育日数が伸びるに従って、コントロール(食塩無添加ろ紙)でも腸内原生動物が減少する傾向が認められた。これは、飼育環境によるストレスが原因と推測されるので、なるべくシロアリにストレスを感じさせないような実験系を組む必要があると考えられる。近日中にその条件で再試験を行う予定である。

次に、シロアリ腸内原生動物を顕微鏡下で観察しながら、高濃度食塩水を添加する実験を行った。これは食塩バリアーをシロアリが攻撃したときに、体内に高濃度食塩水が取り込まれた状況を再現するためである。0.4%と0.6%に調製した食塩水、それぞれヤマトシロアリ、イエシロアリ用、にそれぞれの腸内原生動物を懸濁した。この状態では、比較的長時間にわたり原生動物は生存可能である。ここに、5%に調製した食塩水を滴下したところ、原生動物は瞬時に動きが止まり、その後回復することはなかった。原形質流動等も停止しており、原生動物は死んだと考えられる。浸透圧の変化による体液の流失等は認められないことから、そのメカニズムは不明である。この現象から、シロアリが食塩で作ったバリアーを突破しようとして嚙った場合、その腸内に食塩が入り、腸内原生動物が死滅する可能性が高いと考えられる。

2-10 研究発表(口頭発表)

2-10 口頭発表

発表題目	発表者名	発表会名	期日
地球温暖化防止における伐採木材の炭素収支効果	有馬 孝禮	日本建築学会大会(中国)	2008.9
木製品の「C表示」の意義と役割分担	有馬 孝禮	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17
地球環境と私たちのできること	有馬 孝禮	第3回 DMB 木材保存研修会	
木造建築の長寿命化と地球温暖化防止に向けて何をすべきか	有馬 孝禮	伝統建築から地球環境を考えるシンポジウム	2009.2.15
木材資源やそれを活用する技術・技能を次代に残していく	有馬 孝禮	木のまち・木のいえ推進フォーラム設立大会	2009.2.27
スギ精油大量採取の試み	藤本 英人	第15回日本木材学会九州支部大会	2008.8.22-23
A trial to obtain essential oil from the condensate in kiln-drying process of wood (II)	Hideto FUJIMOTO	The Third Joint Seminar 2008 of China-Korea-Japan on Wood Quality and Utilization of Domestic Species.	2008.12.17-19
スギ精油大量採取の試み	藤本 英人	合同シーズ・ニーズ発表会、第4回みやざき新事業創出セミナー	2009.2.16
環境および健康に配慮したシロアリ防除技術(II) ー フィルムタイプアリ返し の展望と限界 ー	藤本 英人	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17
乾燥履歴が異なるスギ材の室内環境における含水率変動	小田 久人	日本木材加工技術協会第26回年次大会	2008.10.23-24
スギ心持ち柱材の乾燥特性に関わる材質指標	小田 久人	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17
木材加工に関わるエネルギー消費量に関する研究(第1報)	小田 久人	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17

2-10 口頭発表(つづき)

発表題目	発表者名	発表会名	期日
Chemical analysis of Inorganic compounds in Wood ash -Towards the application for Wood-plaster composites-	Takeshi Akaki	The Third Joint Seminar 2008 of China-Korea-Japan on Wood Quality and Utilization of Domestic Species.	2008.12.17-19
Withdrawal strength of new type connection with sugi compressed-dowel	Takeshi Ohuchi, Mai Kinjo, Yasuhide Murase, Yoshiyasu Fujimoto and Motoyoshi Ikeda	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
Apply CEM and EDX Analysis to Evaluate the Combustion Emissions and Char of Preservative-Treated Woods and Wood preservatives	Han Chien LIN, Yoshiyasu FUJIMOTO and Yasuhide MURASE	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
各種市販木質パネルの耐久性の評価－暴露地"都城"における基礎物性の劣化－	藤元嘉安、森田秀樹、松元明弘	第15回日本木材学会大会九州支部大会(大分)	2008.8.22-23
地球温暖化防止における木材の循環利用に関する環境教育プログラムの実践研究	永富一之、藤元嘉安	日本産業技術教育学会(仙台)	2008.8.23-24
宮崎県内の小・中学校における木製教材の利用実態調査	藤元嘉安、田中浩史、永富一之	第59回日本木材学会大会(松本)	2009.3.15-17
内層に低ヤング係数ラミナを用いたスギ集成材の曲げクリープ	荒武志朗、森田秀樹、有馬孝禮	第15回日本木材学会大会九州支部大会	2008.8.22-23
Bending Creep of Sugi Glulam with Low Young's Modulus Laminae for the Inner Layer	Shiro Aratake, Hideki Morita and Takanori Arima	The IUMRS International Conference in Asia 2008	2008.12.9-13
内層にスギ低ヤング係数ラミナを用いた集成材のクリープ(Ⅱ)－柱-梁接合部におけるせん断クリープ(アゴなし梁受け金物を用いた場合)－	荒武志朗、森田秀樹、有馬孝禮	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17
Development of Shear Testing Method for Evaluation of Sugi Glulam with Low Density and Young's Modulus.	Hideki MORITA, Akihiro MATSUMOTO, Shiro ARATAKE, Yoshiyasu FUJIMOTO	The Third Joint Seminar 2008 of China-Korea-Japan on Wood Quality and Utilization of Domestic Species.	2008.12.17-19

2-10 口 頭 発 表 (つづき)

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 会 名	期 日
日米の技術融合による木橋の耐久性	飯村 豊	土木学会鋼構造委員会・第7回木橋技術に関するシンポジウム	2008.8.22
スギ集成材を用いた大型構造物の変形特性ー木の花ドーム木質構造部の維持管理法の提案ー	飯村豊、北田孝二、椎葉淳、上杉基、(大建設計) 栗田進、(新日鉄エンジニアリング) 佐伯英一郎	第15回日本木材学会大会九州支部大会	2008.8.22-23
大断面製材と鉄骨のハイブリッド構法	飯村 豊	2008年度日本建築学会大会(中国)	2008.9.18-20
大断面製材と鉄骨のハイブリッド構法ー住宅プレカットCAD/CAM技術の適用ー	飯村豊、北田孝二、椎葉淳、上杉基	第12回木質構造研究会技術発表会	2008.12.1-2
改正JASの新構成スギ集成材を用いた柱ー梁接合部性能	椎葉淳、上杉基、飯村豊、北田孝二、森田秀樹、松元明弘	第15回日本木材学会九州支部大会	2008.8.22-23
Development a Composite Girder using New Composition Sugi Glulam -Composite of Sugi Glulam, Reinforced Concrete and Steel Plate-	Atsushi SHIIBA, Yutaka IIMURA, Yasuhiro FUJIMOTO and Zhang RIHONG	The Third Joint Seminar 2008 of China-Korea-Japan on Wood Quality and Utilization of Domestic Species.	2008.12.17-19
宮崎県産スギ製材を用いた継ぎ手接合部性能ー大規模非住宅建築物への梁材としての利用ー	椎葉淳、上杉基、北田孝二、飯村豊	第59回日本木材学会大会	2009.3.15-17
Dynamic model for 3D timber structures with plywoodsheathed shear walls	Nicolas Richard, Motoi Yasumura and Motoi Uesugi	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
Pseudo-dynamic lateral load tests on full-scale two story wooden structure with moment resisting frames	Motoi Yasumura, Motoi Uesugi, Luc Davenne and Tetsuya Suzuki	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
宮崎県内に設置された木製防護柵の現状と維持管理の今後	上杉基、飯村豊、有馬孝禮(和光コンクリート工業株式会社) 張日紅、金丸和生	日本木材加工技術協会第26回年次大会	2008.10.23-24

2-1-1 研究発表(展示発表)

2-1-1 展示発表

発表題目	発表者名	発表会名	期日
宮崎県産スギ材のシロアリに対する耐蟻性について	岩崎新二、落合克紀	第 59 回日本木材学会大会 (松本)	2009.3.15-17
木質燃焼灰の有効利用を目的とした石膏複合材の試作	赤木剛	第 59 回日本木材学会大会 (松本)	2009.3.15-17
Nail Joint Performance of Several Wood-based Panels Subjected to Outdoor Exposure	Yoshiyasu FUJIMOTO, Noboru SEKINO, Hideaki KORAI, Hidetaka NOGAMI and Kazuo OHASHI	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
Development of Insulation Board Using Sugi Bark	Yoshiyasu FUJIMOTO, Hideki MORITA, Akihiro MATSUMOTO	The IUMRS International Conference in Asia2008 (Nagoya)	2008.12.9-13
Effects of moisture contents and moisture gradients on bending deflections of sugi structural members	Hiroaki Araki, Motoyoshi Ikeda and Shiro Aratake	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki, Japan)	2008.6.2-5
宮崎県産スギ間柱の丸太内採材位置と曲げ強度性能の関係	森田秀樹、栢木俊昭、藤田正信、栢木慎吾	第 59 回日本木材学会大会 (松本)	2009.3.15-17
Strength Performance of Obi-sugi Laminae with low Modulus of Elasticity	Akihiro Matsumoto, Hideki Morita, Yoshiyasu Fujimoto, Atsushi Shiiba, Yutaka Iimura	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki, Japan)	2008.6.2-5
クヌギ板材の熱盤乾燥について	松元明弘、森田秀樹、小田久人、藤元嘉安	第 59 回日本木材学会大会 (松本)	2009.3.15-17
Post-and-beam Construction System Using Structural Glulam with Low Specific Gravity Designed through Japan-Korea Collaboration -Threaded steel shaft joints vs. glued-in deformed rod joints -	Yutaka Iimura, Motoi Uesugi, Atsushi shiiba, Kitada Koji. Hei-Soo Baek, Jun-Jae Lee (Seoul National University, KOREA)	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki, Japan)	2008.6.2-5

2-11 展 示 発 表 (つづき)

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 会 名	期 日
A study on the mechanical behaviour of “Integral Frame Structure System”	Hirokazu TOKI, Atsumi OHARA, Motoi UESUGI	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
A study on the structural performance of “Curve-Wall Structure System”	Hirokazu TOKI, Atsumi OHARA, Motoi UESUGI	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki)	2008.6.2-4
宮崎県産スギを用いた継ぎ手接合梁材の曲げ性能 第2報	上杉基、椎葉淳、北田孝二、飯村豊	第59回日本木材学会大会(松本)	2009.3.15-17

2-12 研究発表(誌上発表)

2-12 誌上発表

発表題目	発表者名	発表誌名	号 頁(西暦)等
緑のキーワード 木造の防耐火構造	有馬 孝禮	森林技術	2008年4月号 p.35
木材粉炭の高温二次炭素化で 生成した円錐黒鉛ウイスカと その光学および磁気特性	有馬 孝禮	Reprinted from JOURNAL OF THE SOCIETY OF MATERIALS SCIENCE JAPAN	2008年4月 p.356-361
資源持続性への木質構造	有馬 孝禮	住宅と木材	2008年6月 p.2-3
もっと住宅にも木材を生かそう	有馬 孝禮	モダンリビング	2008年7月 p.68-69
我が山いじり体験記	有馬 孝禮	Jouranl of TIMBER ENGINEERING	2008年8月 p.107-111
緑のキーワード カーボンフットプリントと炭 素ストック(貯蔵)表示	有馬 孝禮	森林技術	2008年10月 p.9
木材工業における国際化と地 域	有馬 孝禮	木材工業	2008年11月 p.567-568
木材産業から見た温暖化対策 と資源の持続性	有馬 孝禮	学術の動向	2008年11月 p.78-80
合板はどのように進化を続け たかー合板のきた道ー	有馬 孝禮	合板百年紙 別冊 回顧と展望	2008年12月 p.54-60
東アジアにおける木造建築の 持つ意味と今後の展開	有馬 孝禮	NPO 木の建築	2008年12月 p.26-27
健全な森づくりと住まいづく りー循環型社会の実現に向け て木造住宅ができることー	有馬 孝禮	SYMBIOTIC HOUSING	2008年 p.1-2
200年住宅を森林・木材・木 造から考える	有馬 孝禮	Urban Housing Sciences 都市住宅学	2009年1月 p.21-24

2-12 誌 上 発 表 (つづき)

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	号 頁 (西暦) 等
私の家づくり	有馬 孝禮	Jouranl of TIMBER ENGINEERING	2009 年 1 月 p.21-28
品質表示とブランド	有馬 孝禮	木材保存剤の審査の記録	2009 年 2 月 p.200
人工林と生物多様性	有馬 孝禮	森林環境 2009 生物多様性の日本	2009 年 3 月 p.65
スギ樹皮断熱材の開発	藤元 嘉安	林業みやざき No. 503	p.12-13 (2008.4)
Withdrawal strength of new type connection with sugi compressed-dowel	Takeshi Ohuchi, Mai Kinjyo, Yasuhide Murase, Yoshiyasu Fujimoto and Motoyoshi Ikeda	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki) Conference Proceedings (2008)	2008.6.2-4
Apply CEM and EDX Analysis to Evaluate the Combustion Emissions and Char of Preservative-Treated Woods and Wood preservatives	Han Chien LIN, Yoshiyasu FUJIMOTO and Yasuhide MURASE	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki) Conference Proceedings (2008)	2008.6.2-4
Nail Joint Performance of Several Wood-based Panels Subjected to Outdoor Exposure	Yoshiyasu FUJIMOTO, Noboru SEKINO, Hideaki KORAI, Hidetaka NOGAMI and Kazuo OHASHI	10th World Conference on Timber Engineering (Miyazaki) Conference Proceedings (2008)	2008.6.2-4
暴露地"都城"における基礎物 性の劣化	藤元 嘉安	木質パネル第 2 次耐久性 プロジェクト中間報告書 (その 5) - 屋外暴露 4 年目のデータ解析 -	pp.110-113 (2008)
暴露地"都城"における釘接合 性能の劣化	藤元 嘉安	木質パネル第 2 次耐久性 プロジェクト中間報告書 (その 5) - 屋外暴露 4 年目のデータ解析 -	pp.121-124 (2008)
地球温暖化防止に貢献する木 質資源の循環利用に関する環 境教育プログラムの開発 (第 2 報) - 木材利用の意義に関 する DVD メディア教材 -	永富 一之、藤元 嘉安	日本産業技術教育学会九 州支部論文集	Vol.16 P.53-60 (2008)

2-12 誌 上 発 表 (つづき)

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	号 頁 (西暦) 等
低位等級スギラミナを用いた 集成材の強度性能評価	藤元嘉安、飯村豊、森田 秀樹、松元明弘、椎葉淳	公立林業試験研究機関研 究成果選集	No.6 pp.71-72 (2009.3)
第 10 回木質構造国際会議 (WCTE2008)開催の道のり	荒武 志朗	木材工業	vol.63 No. 10 p468-472 (2008)
韓国との技術交流ーパジュ市 に建設された展示館の木造軸 組の開発ー	飯村 豊	木材工業	vol.63 No. 6 p281-283 (2008)
WCTE2008 in MIYAZAKI を終 えてーティンバーエンジニア リングの世界の流れー	飯村 豊	Journal of Timber Engineering	vol.21 No. 5 p151-156 (2008)
県内に設置された木製防護柵 の現状と維持管理の今後	上杉 基	林業みやざき	2009 年 1,2,3 月 号 pp14-15
木質面ラーメン構法の構造特 性に関する実験的研究	陶器浩一、大原淳美、 上杉基、小原勝彦	構造工学論文集 Vol.55B	2009 年 3 月
県産スギ材のシロアリに対す る耐蟻性について	岩崎 新二	林業みやざき	2008 年 9 月号 p12-13
オビスギを用いた新しい集成 材の特性を生かす	椎葉 淳	林業みやざき	2008 年 7 月号 p12-13