

2 試験研究業務

2-1 高品質・効率的かつ大径材加工に対する生産体制の構築

2-1-1 スギ構造材の天然乾燥における表面割れ抑制のための前処理に関する研究

松元 明弘、小田 久人

1. はじめに

住宅における柱や梁桁等の構造材については、耐震性への関心の高まりや建物全体の気密性、断熱性の確保等により、寸法安定性に優れた集成材や人工乾燥材の利用が一般的となっている。一方、自然志向や木造建築物に対するこだわり等から、天然乾燥による自然な風合いを保った無垢材を使用したいという要望を持つ顧客も少なからずいる。そこで、このような需要をターゲットに、表面割れを抑え、変色の少ない高品質な天然乾燥材を生産する技術を開発することを目的として、ホットプレスによる表面割れ抑制処理について検討した。

2. 実験方法

2.1 試験体と試験条件

試験には、製材寸法 $120 \times 225 \times 3,000\text{mm}$ （表面未仕上げ）の宮崎県産スギ心去り平角の生材 24 本を用いた。製材木取りは 1 本の原木から 2 本の平角を製材する 2 丁取りとした（図 1）。表面割れ抑制処理には（株）山本鉄工所製の高周波加熱装置付きホットプレス FTYBL4-150-60SP を用いた（写真 1）。ホットプレス表面処理条件は、熱盤温度 200°C 、圧縮圧力は約 $0.01 \sim 0.03\text{N/mm}^2$ とし、圧縮時間を「15 分」、「30 分」、「45 分」の 3 条件設定するとともに、処理の有無による比較のための「無処理」を含めた計 4 条件を設定した。

各試験条件につき 6 本の試験体を振り分け、2 丁取りの対となる平角が同一条件にならないようにした（表 1）。なお、表面処理は 1 回のプレス工程で処理できる 2 面のみとし、幅広面となる木表側の板目面（図 2 の A 面）と木裏側の柃目面（図 2 の C 面）に施した。表面処理後は試験体を屋内に積み重ねて約 1 年間（令和 4 年 2 月 9 日～令和 5 年 2 月 4 日）、天然乾燥を行った。

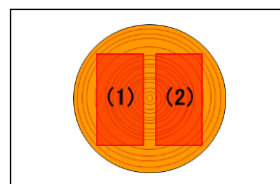


図 1 試験体の木取り

表 1 試験体の振り分け

原木 NO.	(1)	(2)
NO.1	15min	30min
NO.2	30min	45min
NO.3	45min	無処理
NO.4	無処理	15min
NO.5	15min	45min
NO.6	30min	無処理
NO.7	45min	15min
NO.8	無処理	30min
NO.9	15min	無処理
NO.10	30min	15min
NO.11	45min	30min
NO.12	無処理	45min



写真 1 ホットプレス（左）と表面処理状況（右）

2.2 試験体の測定

試験体の測定は、重量、寸法および縦振動ヤング係数を測定するとともに、材表面（両木口以外の 4 材面）に発生した個々の表面割れの長さ及び最大幅を測定した。

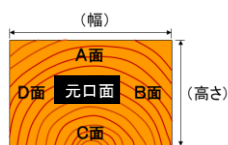


図 2 試験体の測定面

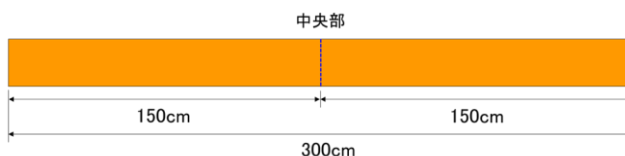


図 3 試験体寸法測定位置

測定は表面処理の直前と直後（無処理は天乾前）、天然乾燥開始以降は任意の間隔で行った。なお、寸法は、試験体の長さ方向中央部にて幅（A 面）と高さ（B 面）の直交する 2 材面を測定した（図 2,3 参照）。

3. 結果と考察

天乾中の全試験体の重量推移を図 4 に示す。2 月初旬に天乾を開始してから 12 月初旬には、ほとんどの試験体で横ばいの推移となり、概ね気乾状態に達した。試験前と天乾後の測定結果から算出した試験体の密度、縦振動ヤング係数および寸法収縮率を表 2 に示す。試験前について、1 本の原木から 2 丁取りした対となる心去り平角が同一試験条件にならないよう振り分けた結果、密度および縦振動ヤング係数ともに、試験条件間での有意差は認められなかった。

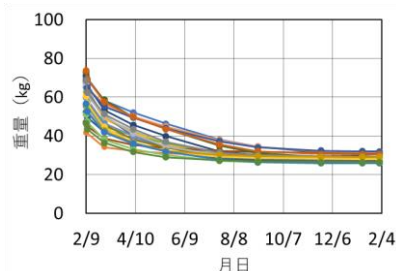


図 4 天乾中の試験体の重量推移

天乾後は、いずれの試験条件においても平均で 700kg/m^3 前後あった密度が $360\sim 370\text{kg/m}^3$ と試験前の半分程度まで減少し、乾燥後の平均密度は試験条件間でほとんど差がなかった。

幅 (A 面) の収縮率では、15min 処理と 30min 処理の間で有意差 (危険率 5%) が認められたものの、試験条件の違いや処理の有無による明瞭な傾向等は認められな

かった。高さ (B 面) の収縮率に関しては、処理材に比べ無処理材がやや小さい傾向を示したものの、幅と同様に試験条件間で大きな差異は認められなかった。ホットプレスの圧縮方向と平行となる B 面においては、ホットプレスによる圧縮の影響により、処理材の収縮率が高くなることも考えられたが、本試験で実施した圧縮圧力程度であれば、収縮率にはほとんど影響しないと思われる。

天乾中の試験体の A 面 (木表面) に発生した表面割れ総長さの推移を図 5 に示す。表面割れの測定は木口面を除く 4 材面について行ったが、A 面以外の材面においては、いずれの試験条件においても、表面割れはごくわずかであったことから、以下、A 面を対象に考察する。

天乾中に測定した中では、57 日目まで表面割れが最も多く視認され、とくに無処理材では、平均で約 1,800mm の長さの表面割れが発生していた。処理材の中では、45min 処理が最も多く、平均で約 670mm であり、次いで 30min 処理が 480mm、15min 処理が最も少なく約 350mm であった。なお、15min 処理は 45min 処理と無処理との間で有意差 (危険率 5%) が認められた。

天乾 57 日目から 162 日目、357 日目と試験体の乾燥が進むにつれ、いずれの試験条件においても表面割れが閉じていく様子が確認され、処理材においては、357 日目には発生していた表面割れのほとんどが閉じた状態となった。また、無処理材においても多くの試験体で表面割れが閉じていく様子が確認された。処理の有無に関わらず乾燥に伴い顕著な表面割れの閉塞が確認されたことは、乾燥収縮に応じて断面形状が変形しやすい心去り材ならではの特徴と捉えられる。

ただし、表面割れが閉じたことにより外観的には目立たなくなったものの、割れそのものが無くなったわけではないので、例えば、モルダー仕上げを行った際に閉じていた割れが表出することも考えられる。一方、表面割れの深さが浅ければ、モルダー仕上げで割れも一緒に除去されることも考えられるので、引き続き検証を行う予定である。

表 2 試験前および天然乾燥終了時の試験体の測定結果

試験条件	試験前 (R4.2.9)		天然乾燥後 (R5.2.1)			
	密度 (kg/m^3)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm^2)	密度 (kg/m^3)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm^2)	寸法収縮率	
					幅 (A面) (%)	高さ (B面) (%)
15min	718	6.51	367	7.06	2.7	2.3
30min	747	6.16	367	6.66	2.3	2.1
45min	720	6.09	368	6.63	2.6	2.3
無処理	682	6.13	363	6.69	2.4	1.9

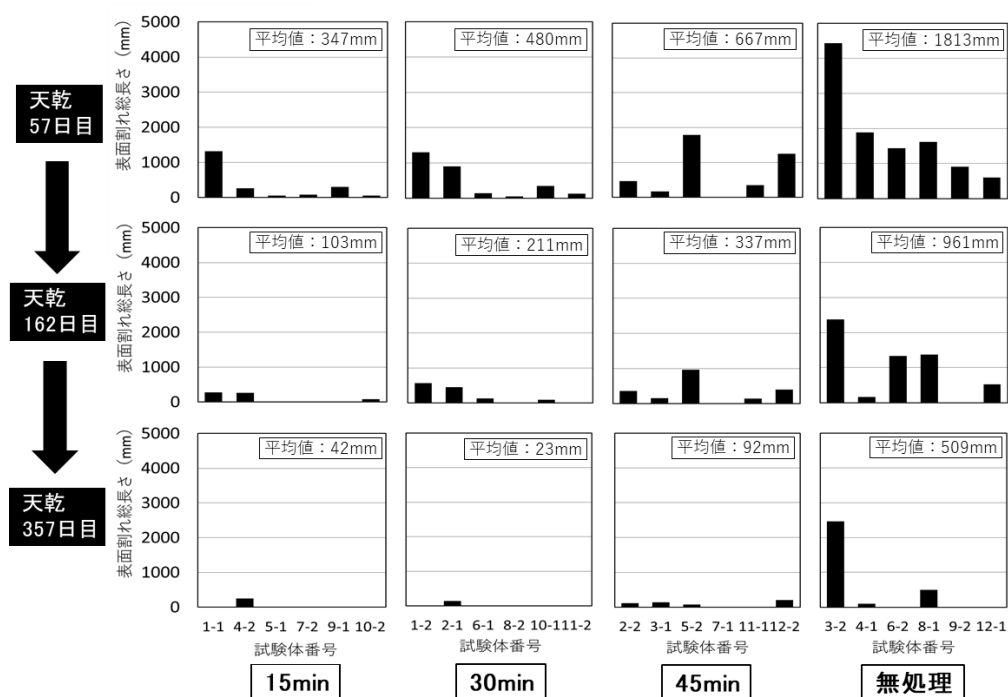


図5 天乾中の幅広面(A面[木表側])の表面総割れ長さの推移

2-1-2 スギ大径材から製材した桝組壁工法構造用製材の強度特性 — 206 材の引張強度特性 —

荒木博章、松元明弘、兒玉了一、田中 洋
(森林総研) 加藤英雄

【緒言】近年、桝組壁工法構造用製材としてスギなど国産材の活用が進んでいるが、主なサイズはスタッド向けの 204 である。スギ大径材の活用を進めるうえで、それより材幅の大きな 206 や 210 といった寸法での活用が有効であると考えられるため、その強度特性について研究を進めているところである^{1),2)}。本研究では、大径丸太から得られる 206 材の引張強度特性について、丸太の採材位置、材の木取り位置及び製材方法との関係について検証した結果を報告する。

【実験方法】九州南部において生育したスギ材を地際より約 0.2m の位置で伐採し、長さ 6.4m 程度の丸太 5 本を入手した。それらを 3.2m 程度に玉切りして、一番玉及び二番玉の計 10 本を供試丸太とした。丸太の動的ヤング係数等を測定した後、各丸太から幅 153mm でたいこ材を得た。その後、髓を考慮しつつ厚さ 46mm で縦挽きしたが、その際に髓を挟んで一方は中心定規挽き、もう一方は側面定規挽きで製材し、各丸太から 5~7 体、計 57 体の 206 材用原板を入手した。木取りの状況について図-1 に示す。2 ヶ月程度の天然乾燥を経て、九州内の桝組壁工法構造用製材の日本農林規格 (JAS) 認証工場にて人工乾燥して 38×140mm に仕上げた。その後、元口側を基準にして長さ 2100mm に揃えて引張用試験体として、動的ヤング係数を測定後にチャック間距離を材せいの 9 倍 (1260mm) とした引張試験を実施した。また、標点間距離を 500mm とした引張ヤング係数を併せて測定した。なお、動的及び静的ヤング係数と引張強さについては、マニュアル³⁾を参考にして旧 ASTM2915 の方法により含水率 15%時に調整した。

【結果および考察】丸太の諸元を表-1 に示す。丸太のヤング係数は一番玉より二番玉の方が高く、平均値ではそれぞれ 4.72kN/mm² 及び 5.77 kN/mm² であった。引張試験体計 57 体のうちチャックで破壊した 3 体を除く 54 体について、丸太番玉別の引張ヤング係数と引張強さの関係を図-2 に示す。一番玉及び二番玉の引張ヤング係数の平均値はそれぞれ 4.78kN/mm² 及び 5.34 kN/mm² であった。引張ヤング係数と引張強さには番玉に関わらず強い相関がみられたが、二番玉の方がより強い傾向であった。なお、甲種桝組材のスギの基準強度告示値⁴⁾と比較すると、2 級の値 (10.3N/mm²) は上回り、特級の値 (13.5N/mm²) は一番玉由来の試験体で満たないものがあつた。次に、製材方法別の引張強さについて図-3 に示す。中心定規挽きにおける引張ヤング係数と引張強さの関係に比べて、側面定規挽きの方が強い相関がみられた。また、特級に満たなかった試験体は一番玉で側面定規挽きであるものが主であつたが、これらは節をきっかけとした破壊状況がみられることから、製材方法の影響については別途検討が必要である。ところで、本研究で得られた引張強さは、ヤング係数に関わらず図中に示す MSR 桝組材の 1350Fb 区分の基準強度 (11.4 N/mm²) を概ね満たした。また、今回とほぼ同様の手法で試験体を準備した既報¹⁾での曲げ強さも同様の傾向であつた。同区分で設定されているヤング係数の下限値は 6.8 kN/mm² であり現状ではスギに適用しにくいものの、これらの結果をふまえるとスギを想定した新たなヤング係数区分の追加も検討の余地があると思われる。

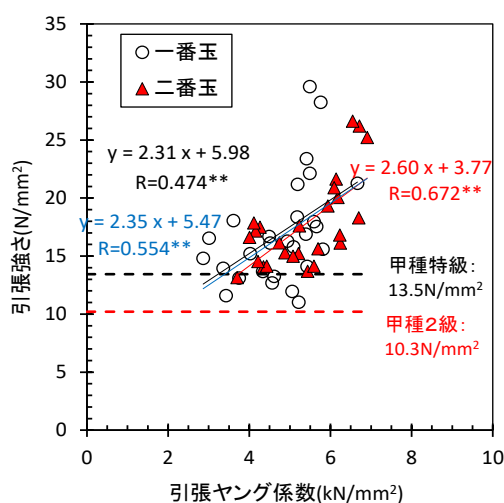
次に、番玉毎の髓からの距離と動的ヤング係数／丸太のヤング係数及び引張強さの関係について図-4 及び図-5 に示す。一番玉、二番玉ともに髓から樹皮に向かって強度特性値は高くなる傾向がみられるが、一番玉では丸太によって分布にバラツキがみられたのに対して二番玉ではおおむね一様の増加傾向を示した。また、図-5 から特級の基準強度に満たない試験体は一番玉かつ髓に近い木取り位置に多かったことがわかる。図-2 及び 3 の結果と併せて考察すると、引張強さが低位にあるものは一番玉かつ髓に近い木取り位置である傾向がみられ、これらの点を考慮するだけでもより強度性能の高い材を供給しやすくなるといえる。

【参考文献】1) 荒木ほか：第 26 回日本木材学会九州支部大会講演集,p18-19(2019)、2) 例えば、荒

木ほか：(公社)日本木材加工技術協会第 38 回年次大会講演要旨集,p50-51(2020)、3) 構造用木材の強度試験マニュアル ((公財) 日本住宅・木材技術センター発行) ,p.88-91(2011)、4) 平成 12 年建設省告示第 1452 号 (平成 27 年改正)【謝辞】材料調達には熊本県林業研究・研修センターの皆様にご協力いただきました。厚く御礼申し上げます。



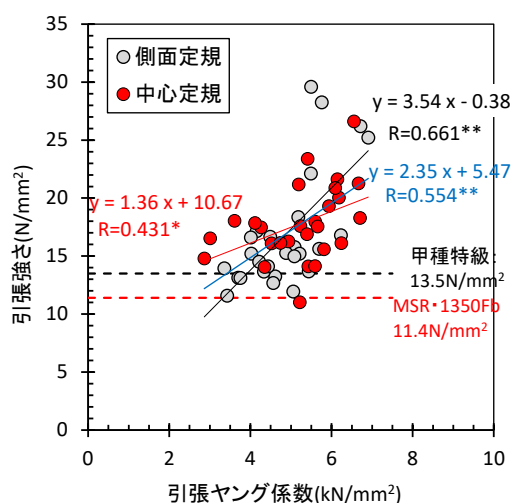
図－1 木取りの状況



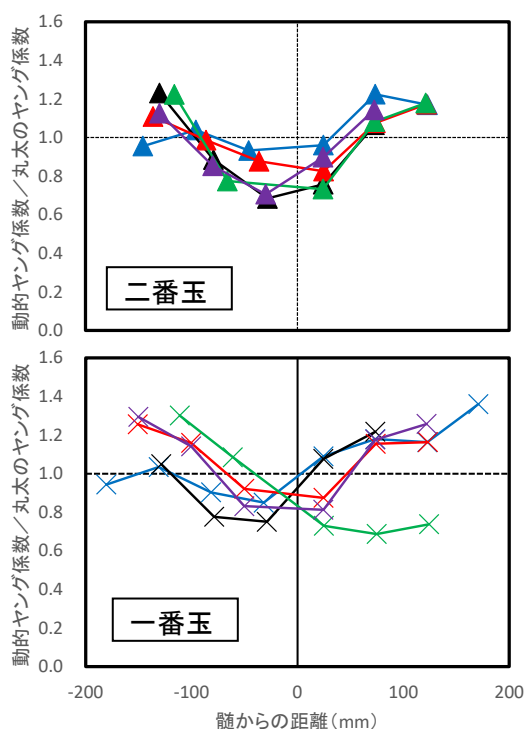
図－2 番玉別の引張ヤング係数と引張強さ
※青色は全体の回帰直線と相関係数を示す

表－1 丸太の諸元

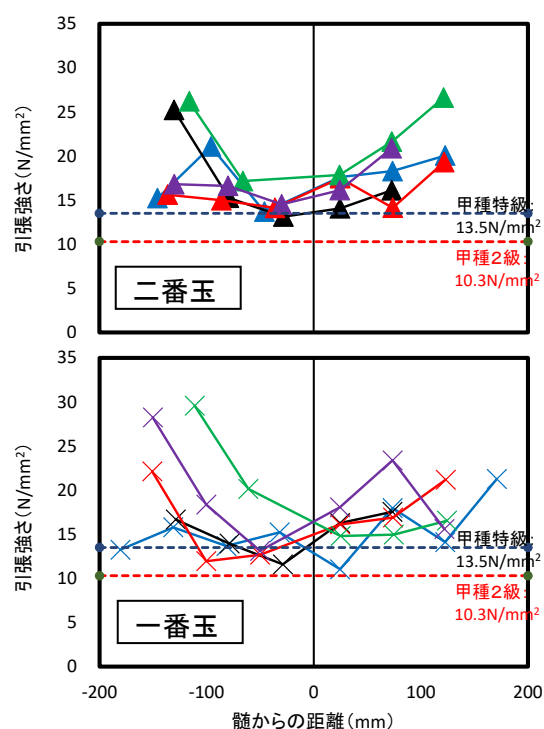
	材長 (mm)	末口直径 (mm)	元口直径 (mm)	細り (%)	密度 (kg/m ³)	動的ヤング 係数 (kN/mm ²)
全体 (標準偏差)	3245 (49)	364 (34.0)	420 (44.3)	1.72 (0.50)	706 (69.7)	5.25 (0.59)
一番玉 (標準偏差)	3201 (4.2)	386 (29.2)	455 (22.8)	2.15 (0.23)	691 (83.4)	4.72 (0.23)
二番玉 (標準偏差)	3288 (26)	343 (24.6)	385 (29.5)	1.28 (0.17)	720 (58.8)	5.77 (0.18)



図－3 製材方法別の引張ヤング係数と引張強さ



図－4 髄からの距離と動的ヤング係数／丸太のヤング係数の関係



図－5 髄からの距離と引張強さの関係

2-1-3 スギ心去り材の強度性能評価 ―強度に及ぼす節の影響―

田中 洋、兒玉了一、荒木博章

【緒言】

近年、スギ大径材から採材した心去り材の構造利用に向けた検討が進められ、一定の条件下では心去り材の強度性能に大きな問題がないことが明らかにされつつある。ただし、木取り方法によっては、心持ち材と心去り材で強度に相違が見られる場合や、加力方向によって心去り材の曲げ強度が異なる場合があり、心去り材に現れる材表面を横断するような節、もしくは部材断面を貫通する節が強度に影響した可能性が指摘されている¹⁾。また、製材の日本農林規格（JAS）において木取り方法ごとの材種区分はされていないが、心去り材の場合 JAS による節径比が心持ち材と同等であったとしても、節と強度の関係はかなり変わることが予想される。そこで、本課題では JAS に従ってスギ心去り材の品質評価を行うとともに、節が曲げ強度性能に及ぼす影響を検討した。

【実験方法】

試験には、末口径 44cm 以上のスギ大径丸太から採材した追い柵木取りの心去り正角（105mm×105mm×3000mm）42 本を用いた。試験体の製材、乾燥は 2015 年 7 月に実施され²⁾、その後 2022 年 9 月まで実験棟内で保管されていた。なお、2016 年 8 月時点における試験体の性状は、含水率約 12%、曲がり約 0.1%で、表面割れおよび内部割れは確認されていなかった。各試験体について、JAS に規定された材面の品質に加え、密度および最大節面積比（節を木口面に投影した面積の木口断面積に対する比）を調査した後、曲げ試験を行った。曲げ試験は、構造用木材の強度試験マニュアル（住木センター）に従い 3 等分点 4 点荷重方式により実施したが、試験体の設置については、最大節部分を引張側に配置して試験に供した。試験終了後、破壊箇所近傍から小片を採取して全乾法による含水率を測定した。

【結果および考察】

表 1 および表 2 に試験結果を示す。試験体には流れ節等の複数材面にまたがる節が存在したが、最大節径比の値はスギ心持ち正角³⁾に比べてやや大きいものの、ほとんどの試験体が JAS 基準に適合することがわかった。目視等級 2 級（甲種Ⅱ）の出現頻度が最も高く、等級落ちの主要因子は材縁部の最大節径比であった（等級外：1 体）。最大節面積比は、節径比が等しい心持ち正角と比較すると平均で約 1.2 倍大きく、節の形態に応じて最大 3.6 倍に相当する値を示した。曲げ試験における破壊形態は、最大節に起因するものが全体の 83%を占めた。ただし、表 3 に示すように、最大節部分を引張側に配した試験条件下では、節径比および節面積比と曲げ強さの間に有意な相関は認められなかった。また、曲げ強さは全ての試験体が無等級材の基準強度

を満足した。以上の結果から、追い柵取りしたスギ心去り材（105mm 正角）の JAS 適合材に関しては、実用上大きな問題はないと考えられる。

【文献】

- 1) 荒武ほか：木材情報(No.315)、p.6-10、2017.
- 2) 兒玉：現代林業(No.605)、p.30-35、2016.
- 3) 例えば、田中ほか：日本木材加工技術協会第 21 回年次大会講演要旨集、p.64-65、2003.

表 1 試験体の材質および曲げ試験の結果

n = 42

	含水率 (%)	密度 (kg/m ³)	平均年輪幅 (mm)	繊維傾斜 ^{a)} (mm)	曲がり ^{b)} (%)	最大節径比 ^{c)} (%)	集中節径比 ^{c)} (%)	節面積比 ^{d)} (%)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)
平均値	12.0	352	5.29	30.0	0.127	30.4	36.5	6.74	6.31	5.78	32.4
最小値	10.9	301	3.48	9.52	0.0499	12.4	13.3	0.00	4.13	3.69	23.6
最大値	12.9	400	9.62	68.3	0.233	50.5	63.8	23.8	7.54	6.93	44.7
標準偏差	0.484	24.0	1.19	15.7	0.0443	8.15	12.1	5.30	0.793	0.725	5.41
変動係数(%)	4.04	6.81	22.6	52.3	34.9	26.8	33.2	78.7	12.6	12.5	16.7
下限値											22.5

^{a)} 材長1m当たりの傾斜高、^{b)} 矢高/材長、^{c)} 材縁部および材中央部の値の最大値、^{d)} 節を木口平面に投影した面積/木口断面積×100

※ 最大節径比および集中節径比は材全体(等級格付用)の値、節面積比は荷重点間(モーメント一定区間)の値

※ 表面割れおよび内部割れはなし

表 2 等級区分の結果

JAS 機械等級		JAS 目視等級		目視等級 因子別						
				最大節径比		集中節径比		曲がり	繊維傾斜	平均年輪幅
				材縁部	中央部	材縁部	中央部			
E50	43%	1級	12%	19%	50%	45%	79%	93%	100%	86%
E70	55%	2級	55%	50%	45%	48%	17%	7%	0%	10%
E90	0%	3級	31%	29%	5%	7%	5%	0%	0%	5%
等外	2%	等外	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

表 3 主な材質指標と曲げ強さの間の相関係数

説明変数	密度	年輪幅	繊維傾斜	最大節径比	集中節径比	節面積比	曲げヤング係数
相関係数	0.256	-0.379*	-0.151	-0.263	-0.225	-0.112	0.556**

2-2 新たな木材需要創出に向けた取組の推進

2-2-1 スギ由来タール状物質の耐腐朽性及び抗蟻性等に関する研究

材料開発部 ※須原弘登、加藤政和、岩崎新二

1. 緒言

県内の LVL 製造工場では、木材乾燥工程において大量の蒸気が排出され、周辺への臭気対策のため、排蒸気は湿式スクラバーによる処理がなされている。この排蒸気には、木材由来の抽出成分が含まれており、脱臭処理の過程で、抗菌活性や抗蟻活性を有するフェルギノール^{1,2)}などのジテルペン類を含むエマルジョン様またはタール様（以下「ヤニ」とする）油脂が排出されるが、現状では用途がなく全量廃棄されている³⁾。このためこの油脂類の活用を図ることを目的とし、ヤニそのものとこれを原料として精製したフェルギノール及びその変換物を用いて耐蟻性試験を実施した。

2. 試験方法

2.1

供試虫：イエシロアリ（*Coptotermes formosanus*）：京都大学生存圏研究所居住圏劣化生物飼育棟（DOL）の飼育個体。

試料：県内 LVL 工場で排出されるヤニ（表 1）。

試薬：ヤニより精製したフェルギノール⁴⁾。宮崎大学工学部菅本研究室で合成したフェルギノール変換物（スギオール、スギオール変換物 A、スギオール変換物 B）。

表 1 タール様油脂（ヤニ）に含まれるテルペンの組成

化合物名	検出比(%)
δ-カジネン	3.0
1-エビ-クベノール	1.4
クベノール	1.1
アビエタジェン	4.4
サンダラコピマリナール	3.8
フィロクラダノール	4.1
サンダラコピマリノール	15.6
6,7-デヒドロフェルギノール	12.4
フェルギノール	42.9

2.2 フェルギノールとその変換物の抗蟻性試験

JIS K 1571:2010 に準じてヤニの抗蟻性能試験を行った。

フェルギノールまたはその変換物を 5 枚重ねにして針無しステープラーで留めたる紙（20mm 角；約 160mg）に 10%(w/w)になるように含浸処理したものをを用いて強制摂食試験を行った。試験には、職蟻 100 頭及び兵蟻 10 頭を使用し、14 日間食害処理を行った。

試験期間終了後に試験体の重量減少量、死虫率を測定した。

2.3 野外試験

JIS K 1571:2010 に準じてヤニの抗蟻性能試験（野外試験）を行った。スギ辺材で作った 3 cm 角、長さ 60 cm、の杭にヤニ（10%エタノール溶液）を塗布または含浸処理したものを、3 カ所の試験地（佐土原、串間、赤江）に設置した。1 年目は 3 か月おきに、2 年目は 6 か月おきに目視による被害度調査を行った。目視被害度は雨宮の方法⁵⁾（表 2）に従った。

表 2 目視による 6 段階被害度表

被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害
2	全面的に軽度の虫害
3	2の状態のうえに、部分的に激しい虫害
4	全面的にはげしい虫害
5	虫害により形が崩れる

3. 結果

3.1 フェルギノールとその変換物の抗蟻性能試験

フェルギノールとその変換物を用いたイエシロアリに対する食害阻害試験では（n=1；図 1）では、無処理の食害量が 34.9 mg であったのに対し、フェルギノールではその食害が 1.7 mg（食害阻害率 95.1%）まで抑制された。これに対しフェルギノール変換物のスギオールでは 35.7 mg（食害阻害率 -2.5%）、スギオール変換物 A で 1.4 mg（食害阻害率 96%）、スギオール変換物 B で 8.1 mg（食害阻害率 76.8 %）とスギオール変換物に食害阻害活性が見られ、特にスギオール変換

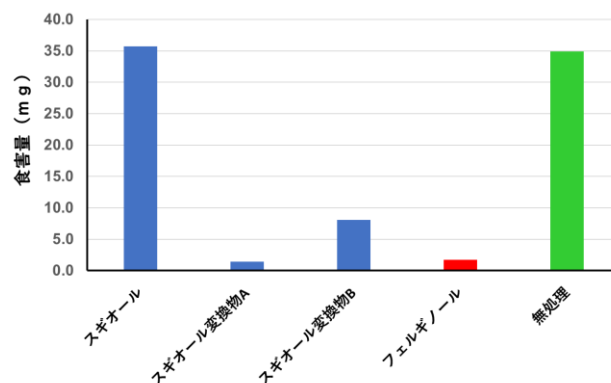


図 1 フェルギノールとその変換物の抗蟻性能

物 A でフェルギノールと同程度の高い食害阻害活性が見られた。

死虫率は無処理の 6.4% に対し、フェルギノールが 6.4%、スギオールが 6.4%、スギオール変換物 A で 5.5%、スギオール変換物 B で 4.5% となっており、今回用いた化合物には殺蟻活性は無いと考えられた。しかしながら、本試験は試数が 1 で繰り返し試験を行えていないため、再現性の検証が必要である。

3.2 野外暴露試験

野外暴露試験は 10% のヤニ溶液を含浸処理または 2 回塗布したものを 2020 年 9 月 6 日（赤江試験地、佐土原試験地）と 24 日（串間試験地）に打設した。対照として無塗装、および市販の木材保護塗料（含浸系）を用いた。試験の経過を図 2 に示す。無処理区（食害度 3.0）とヤニ塗布区（食害度 3.4）で食害度が JIS の防蟻性能規格の基準値を上回り、一方、市販塗料（食害度 1.0）とヤニ含浸処理区（食害度 1.0）では食害が抑えられている。

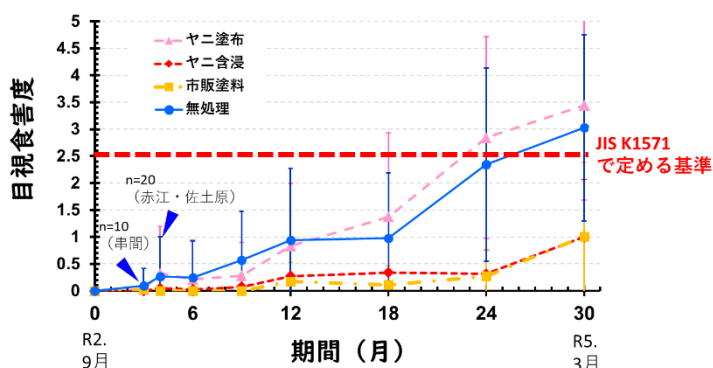


図 2 野外防蟻試験（杭試験）の経過

4 まとめ

本課題ではヤニ及びヤニからの精製物とその化学変換物について、防蟻性能を評価した。ヤニから精製したフェルギノールとその変換物を用いた強制摂食試験では既報通り^{1,2)}、フェルギノールが高い抗蟻活性を示し、これと共に 2 つのスギオール変換物が抗蟻活性を示した。特にスギオール変換物 A はフェルギノールと同程度の高い活性を示した。しかしながら本試験については十分な試数を得られていないことから、引き続き検討を要するため、再試に取り組みたい。併せて、より低濃度での試験も行うことで、有効下限濃度やフェルギノールとの阻害活性の差異についても評価を行いたいと考えている。

野外暴露試験でも無処理区の食害の進行が遅いことから、試験期間の延長などの検討が必要と考えている。充分食害が進行していないものの、現段階ではヤニ塗布では風雨の影響で溶脱が起きるため、無処理と同様の挙動を示し、一方で含浸処理を行ったものは市販の木材保護塗料と同程度の防蟻効果を示すことが示唆されている。

今後はより信頼性の高い結果を出すため、室内試験では再試、野外試験では試験地の見直しや試験地のシロアリ活性向上のための整備などを進めていく必要があると考えている。

【参考文献】

- 1: 狩野仁美, 澁谷栄, 林 和男, 飯島泰男, 土居 修一 (2004) スギ心材の抗蟻性におよぼす高温乾燥の影響. 木材学会誌 50:91-98.
- 2: Scheffrahn RH, Hsu RC, Su NY, Huffman JB, Midland SL, Sims JJ. (1988) Allelochemical resistance of bald cypress, *Taxodium distichum*, heartwood to the subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. *Journal of Chemical Ecology* 14(3):765-76
- 3: 大平辰朗 (2009) 木質材料の乾燥工程で排出する凝縮液の有効利用. におい・かおり環境学会誌 40(6): 400-411
- 4: 東崎無我, 須原弘登, 岩崎新二 (2020) 令和 2 年度業務報告書 宮崎県木材利用技術センター. p17-19
- 5: 雨宮昭二 (1963) 浅川実験林苗畑の抗試験 (I) 杭の被害程度を評価する方法. 林業試験場研究報告 150:143-156

2-2-2 ラミナと木質パネルを組み合わせた新たな木質材料の実用化に関する研究 (1) 寸法安定性評価

※児玉了一、田中洋、松元明弘

1. 目的

新たな木質材料 Ply Core の家具材としての利用を検討するため、スチール製脚金物に Ply Core の天板を取り付けたテーブルを製作した。居住空間での利用を想定し、室内環境における Ply Core 天板の寸法安定性を検証した。※ Ply Core とは、スギ LVL の強軸方向とヒノキラミナの繊維方向を平行に並べ、スギ LVL の上下面にヒノキラミナを配置したもので 3 層構造。幅はぎ及び積層部は水性高分子イソシアネート系接着剤で接着している。なお、スギ LVL には直交層を 2 層含んだものを使用した。

2. 実験

2.1 試験体と試験条件

図 1 に試作したテーブルの概要を示す。Ply Core 天板はヒノキラミナの木表側及び木裏側がそれぞれ天板の表面に現れるように配置した 2 つのタイプを準備した。Ply Core を構成するラミナ及びスギ LVL の厚さはそれぞれ 8mm、18mm で総厚 34mm とした。

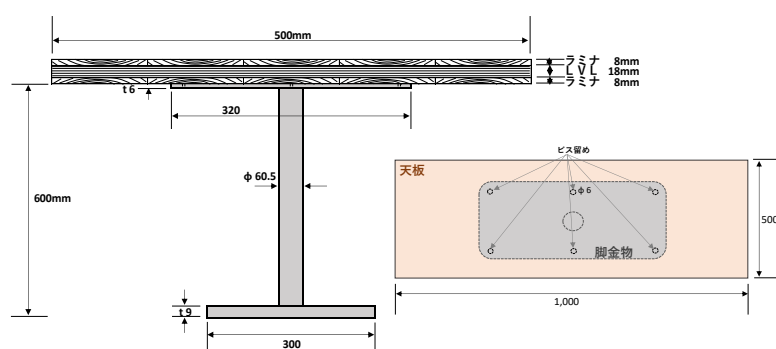


図 1 試験体

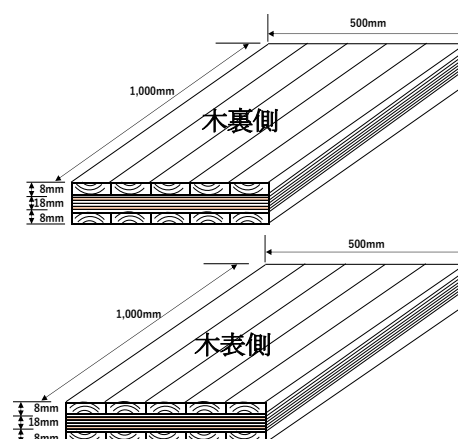


表 1 スケジュール

工程	①	②	③
養生	養生	高温	低温
温度 (°C)	30	40	40
相対湿度 (%RH)	58	79	30
時間 (日)	35	30	30

室内利用を想定した温湿度の調整には恒温恒湿室（エスペック社製 TBR-12 E40W6P2T）を用い、表 1 のスケジュールにより温湿度を変化させ、この間の試験体天板の寸法変化（長さ、幅、厚さ）等を測定した。なお、Ply Core 原板から天板試験体を切り出す際に、試験期間中の含水率推移を測定するための試験体（400×500mm）も同時に切り出し、テーブル試験体とともに恒温恒湿室内に入れた。

2.2 試験方法

図 2 に試験体天板の測定位置を示す。天板の長さ、幅、厚さの挙動には高感度変位計 CDP-25（株）東京測器製作所）を用い、試験体と変位計の間にはアクリル板を挿入し 3 層全体の挙動を測定した。測定値の記録にはデータロガー TDS-540（株）東京測器製作所）を用い測定間隔は 10 分とした。また、反り是对角線上の両端と中央部の 3 箇所を直尺ステンレス及び隙間ゲージを用いて隙間の大きさを測定し、天板表面に現れた個々の割れ長さと幅を直尺ステンレスを用いて測定した。なお、反り、表面割れ、含水率推移測定用試験体の重量測定は 24 時間毎に行った。

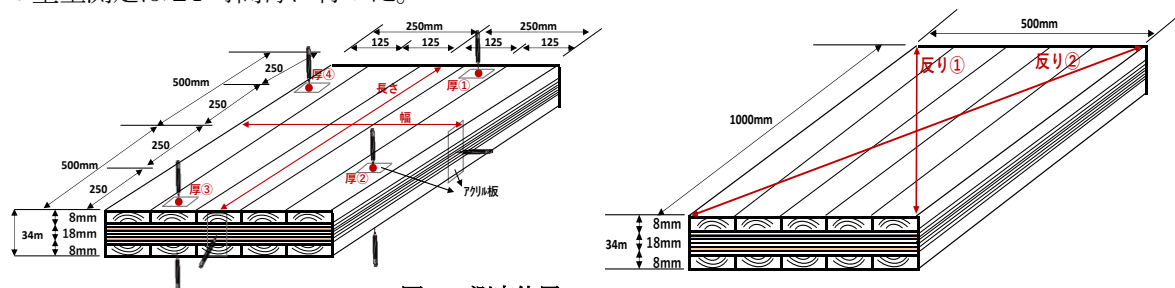


図 2 測定位置

2.3 試験結果と考察

図 3 に含水率の推移を示す。図中の相対湿度はテーブル天板高さの位置に設置した温湿度計の値を示したものである。また、表 2 及び図 4 に 3 方向の寸法変化、表 3 及び図 5 に反り、表 4 に表面割れの測定結果を

示した。なお、表に記載した値はいずれも最大値であり、3方向の変位量を図4、反りの発生形態を図5に示した。

養生35日目で含水率10.6%であった両試験体の含水率は相対湿度を77.1%RHに上げ30日経過した時点で13.2%となり、その後、26.8%RHに相対湿度を下げ30日経過した時点で6.4%となり概ね平衡状態に達した。

寸法変化量を養生後の基準長で除して求めた寸法変化率の大きさは、設定した相対湿度の高低に関らず、厚さ>幅>長さの順となり、厚さ方向で最大となった。また、相対湿度(77.1%RH, 26.8%RH)別に3方向の寸法変化率を比較すると、低湿時(26.8%RH)よりも高湿時(77.1%RH)で変化が大きくなった。これは高湿状態に置かれた試験体の木口からLVLが水分を吸着し膨張したことによるものと推察された。

天板中央部で脚金物にビス留め固定した天板の反りは高湿時に4隅が下がり、低湿時に4隅が上がるように変形し、その反り量は両試験体とも低湿時に比べ高湿時で大きくなった。この変形挙動に関しては、天板を脚金物でビス留め固定したことにより天板裏面の変形挙動が制限されたことによるものと考えられる。ただし、変形量は1~2mm程度と僅かであり、テーブル天板用途においては問題ないものと思われる。

養生後に確認した表面割れは両試験体には無く、その後、高湿状態では表面割れは確認されず、低湿状態でのみ確認された。両試験体は天板表面に大中小の節があり、木裏側を表に配した天板は節を起因とした割れが目立ち、時間経過とともに割れ長さ及び割れ幅が拡大した。また、木表側を表に配した天板は節周り、木口、欠点の無い表面箇所でも万遍なく割れが発生し、中でも欠点の無い表面部からの割れが多く確認された。表面割れや変形を抑制するのであれば塗装処理が考えられる。

表3 反り

	最大反り量 mm	
	77.1%RH	26.8%RH
木裏が表面	1.5	0.9
木表が表面	1.7	0.9

表4 表面割れ

	発生箇所	箇所数	総長さ mm	最大割れ幅 mm
			mm	mm
木裏が表面	節周り	8	553	1.1
	木口	2	42	0.1
	計	10	595	—
木表が表面	節周り	5	127	0.7
	木口	4	150	1.0
	欠点の無い表面	9	201	1.5
	計	18	478	—

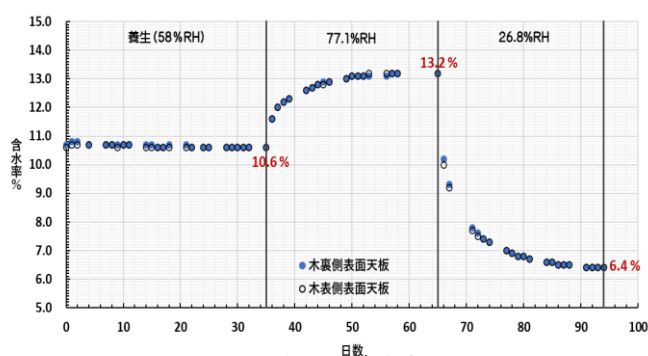


図3 含水率

表2 寸法変化率

		77.1%RH		26.8%RH	
		木表側表面	木裏側表面	木表側表面	木裏側表面
最大寸法変化率 %	長さ	0.06	0.06	-0.03	-0.05
	幅	0.11	0.11	-0.11	-0.07
	厚さ	0.82	1.01	-0.58	-0.52

$$\text{寸法変化率 (\%)} = \frac{\text{最大寸法変化量 (mm)}}{\text{基準長 (mm)}} \times 100$$

		木表側表面	木裏側表面
養生後基準長	長さ (L)	1,000	1,000
	幅 (W)	499.5	500
	厚さ (t)	34.3	34.5

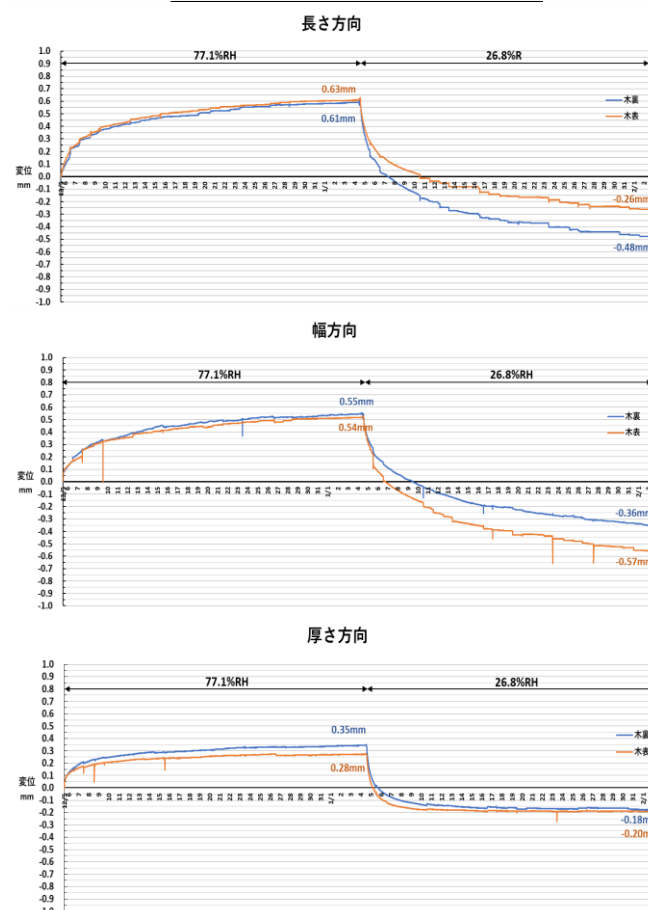


図4 変位

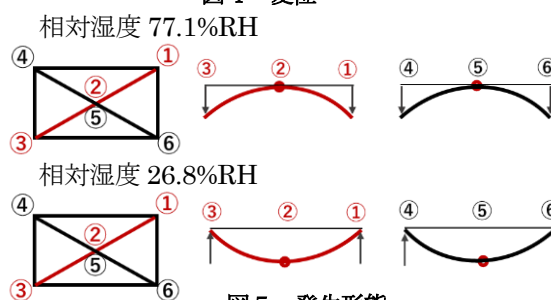


図5 発生形態

2-2-2 ラミナと木質パネルを組み合わせた新たな木質材料の実用化に関する研究 (2) 南九州産ヒノキラミナと韓国産カラマツ合板で構成された Ply Core CLT の曲げクリープ性能について

(宮崎木技セ) 松元 明弘、荒木 博章、兒玉 了一、中谷 誠、田中 洋、
(宮崎大教) 藤元 嘉安、(広工大) 森田 秀樹、(忠南大) 姜 錫求

【緒言】

近年、欧米をはじめ国内外において CLT（直交集成板）を使った中大規模建築物が増えつつある。一方、本県産材の輸出先の一つである韓国においては、CLT の平行層に輸入ラミナを、直交層に相当する部分に韓国産カラマツ合板を配置した新たな木質材料（Ply Core CLT）が開発されている。本研究では、この Ply Core CLT の開発に合わせて、平行層に南九州産ヒノキラミナを、直交層に韓国産カラマツ合板を用いた Ply Core CLT を試作し、曲げクリープ性能について検証した。

【実験方法】

試験には、平行層（強軸方向）に南九州産ヒノキラミナ、直交層（弱軸方向）に韓国産カラマツ合板を用いた長さ 4m、幅 1m、厚さ 120mm の Ply Core CLT（5 層 5 プライ）の原板 1 枚を用いた。ヒノキラミナの幅はぎには、水性高分子イソシアネート接着剤を使用し、合板の接着剤にはフェノール樹脂接着剤を用いた。また、ヒノキラミナと合板の積層接着には、レゾルシノール樹脂接着剤を使用し、冷圧プレスで 1MPa の力で 12 時間以上圧縮した。この原板から図 1 に示すように幅 120mm の試験体を 8 体切り出し、半数の 4 体を長期試験で載荷する荷重を決定するための短期試験（曲げ試験）に供し、残りの 4 体を長期試験（曲げクリープ試験）に供した。長期試験体については、図 2 に示すとおり曲げクリープ試験体 1 体、重量追跡用試験体 1 体、含水率測定用試験体 2 体を切り出した。曲げクリープ試験は、建築基準法第 37 条に関する技術的基準（平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1446 号）で定められているクリープ評価法（以下、告示法と記す。）に準じて実施した（ただし、試験環境は水分非平衡下）。具体的には、図 3 に示すとおりスパン 2,520mm とし、スパン・梁背比 18 倍の 3 等分点 4 点荷重方式とした。変位は、中央たわみ測定用としてストローク 100mm のひずみゲージ式変換器、2 箇所 の 支 点 に 膨 潤、収 縮 測 定 用 に ス ト ロ ー ク 50mm のひずみゲージ式変換器を設置し、データロガーを用いて自動測定した。

なお、負荷荷重は短期試験体の曲げ試験によって得られた最大荷重の 5% 下限値に $0.37 [2/3 \times 1.0 \times 1.1/2]$ を乗じた値 (7.18kN) とし、試験開始時期は冬季（令和 3 年 2 月）と夏季（令和 3 年 8 月）の 2 条件（各 2 体ずつ）を設定した。

120mm	NO.1	長期(曲げクリープ)試験体(冬スタート)	PC-W1
120mm	NO.2	短期(曲げ)試験体	
120mm	NO.3	長期(曲げクリープ)試験体(夏スタート)	PC-S1
120mm	NO.4	短期(曲げ)試験体	
120mm	NO.5	長期(曲げクリープ)試験体(冬スタート)	PC-W2
120mm	NO.6	短期(曲げ)試験体	
120mm	NO.7	長期(曲げクリープ)試験体(夏スタート)	PC-S2
120mm	NO.8	短期(曲げ)試験体	

図 1 試験体の採材方法

【結果および考察】

曲げクリープ試験体の全たわみ、相対クリープおよび試験開始以降の温湿度変動の推移を図 4 に示す。全たわみについては、冬スタート試験体（2/8 開始）において試験開始から 8 月末にかけて緩やかにたわみ量が増加し続けた。一方、夏スタート試験体（8/4 開始）においては、試験開始から 3 週間程はたわみ量が増加し続けた

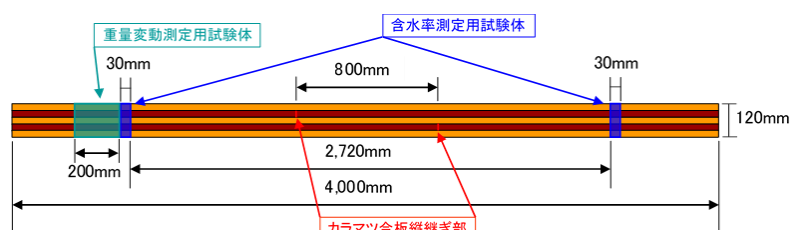


図 2 長期試験体からの各試験体の採材

が、その後は横ばいの推移を示した。両開始時期とも全たわみの推移が横ばいになった時期はほぼ同時期であり、この頃の温湿度推移を見てみると、同じ頃から気温が下がり始めている。北原らが実施した曲げクリープの途中で温度を変化させた試験¹⁾では、温度降下時点からほぼ横ばいのクリープ挙動を示したが、本試験においても、同様の傾向が認められた。また、両条件とも全たわみが横ばいの推移になって以降、それぞれの全たわみはほぼ同量で推移した。

一方、相対クリープにおいては冬スタートに比べ、夏スタートの相対クリープが小さい傾向を示した。上述したように両条件の全たわみは、ほぼ同量であったことから、相対クリープの違いは初期たわみの違いによるものとなる。実際、両条件の初期たわみを比較したところ PC-W1,W2 が 10.57mm と 10.56mm、PC-S1, S2 が 11.54mm と 11.34mm となっており、両条件間では約 1 mm の差が認められた。一般的に、木材の力学的性能は温度の上昇に伴って低下する傾向にある²⁾ため、気温が高い夏スタート時はヤング係数がわずかに低下し、その結果、初期たわみが大きくなったと推察される。なお、両条件とも全たわみの推移が横ばいになった 1 年目の夏期以降は、温湿度変動に伴うたわみの増減幅は小さく、時間の経過とともに曲げクリープに及ぼす温湿度変動の影響は徐々に小さくなると推察される。

また、曲げクリープの実測値をもとに、(1)式に示す曲げ剛性の低減係数(Kt)から求めた(2)式（告示法）を用いて相対クリープの予測を行った。

$$Kt = \delta_t / \delta_0 \quad (1) \quad \delta_t / \delta_0 \text{ は相対クリープ}$$

$$\delta_t / \delta_0 = 1/10^{\epsilon f} \quad (2) \quad (\delta_t \text{ は全たわみ、} \delta_0 \text{ は初期たわみ})$$

t は時間、 ϵ, f は実測値から求める定数

告示法により求めた夏スタートと冬スタート試験体各 1 体の予測値 (δ_t / δ_0) を図 5 に示す。各予測値の定数は全たわみの推移が横ばいになって以降（冬スタート：201 日目～、夏スタート：31 日目～）の実測値から求めた。得られた結果から各試験体のクリープ調整係数を求めた結果を表 1 に示す。いずれの試験体とも平成 12 年 5 月 31 日建設省告示 1459 号の変形増大係数 (=2) の範囲内に入ることが確認され、今回試作した Ply Core CLT の曲げクリープ性能は概ね問題ないことが示唆された。

【文献】

- 1) 北原覚一、湯川公夫：木材学会誌, 10 (5), 169-175 (1964)
- 2) たとえば福山万治郎、竹村富男：木材学会誌, 8 (4), 170-176 (1962)

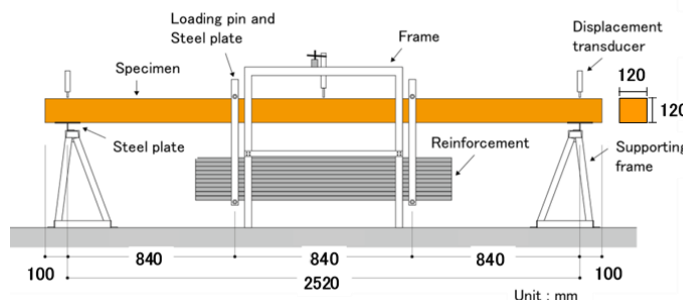


図 3 クリープ試験条件

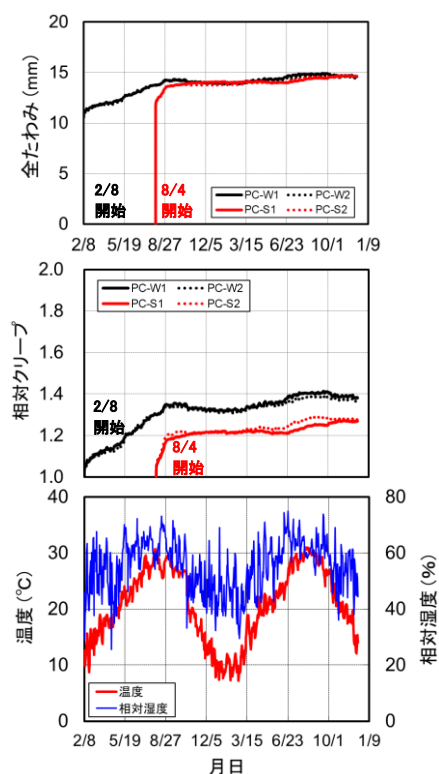


図 4 全たわみと相対クリープおよび温湿度変動の推移

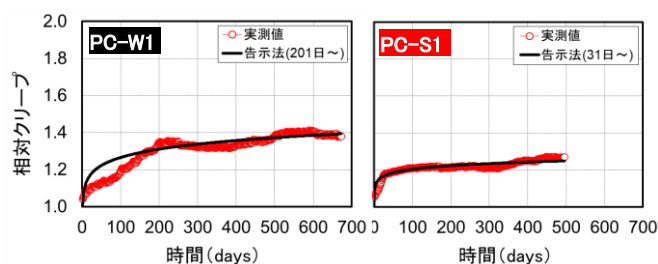


図 5 相対クリープの実測値と予測値の比較

表 1 クリープ調整係数

試験体	クリープ調整係数
PC-W1	1.65
PC-W2	1.59

試験体	クリープ調整係数
PC-S1	1.35
PC-S2	1.41

2-2-3 糸状菌シトクローム P450 モノオキシゲナーゼ遺伝子組み換え酵母により生産されるテルペノイドを用いた抗蟻成分の探索

材料開発部 ※須原弘登、加藤政和、
九州大学・農学研究院 一瀬博文

1. 緒言

木質構造物を良好な状態で長期間使用するためには、木材を劣化から守ることが必要である。シロアリ食害は木材を劣化させる大きな原因の一つであり、我が国の白アリ防除市場は推計で 486 億円(2020 年見込み)と巨大な市場を形成している。シロアリ防除は化学合成薬剤(農薬)を用いることが主流であるが、脱ケミカルが今後の課題となると考えられる。天然物ではテルペン類をはじめ多くの成分に防蟻効果が報告されているが、生産量が微量である場合が多く、一部を除いて研究・開発が進んでいない。

そこで、本研究では糸状菌のセスキテルペン合成酵素(以下「STS」とする)及び様々な化合物に対して代謝能を持つ糸状菌のシトクローム P450 モノオキシゲナーゼ(以下「CYP」とする)遺伝子を酵母に導入しテルペン類の生産・代謝を行い、これにより生産されたテルペンを用いて防蟻性能試験を行うことで、天然物であるテルペンまたはその生物変換物による防蟻処理技術の開発を目指す。

2. 試験方法

2.1 供試生物

本研究では供試生物: 図 1 に示す 7 種の糸状菌から得た 86 種の STS 遺伝子と 5 種の糸状菌より得た 615 種の CYP 遺伝子を *Saccharomyces cerevisiae* INVSc-1 (MATa his3D1 leu2 trp1-289 ura3-52 MAT his3D1 leu2 trp1-289 ura3-52) 株 (Invitrogen) で異種発現させた酵母ライブラリ(図 1)を用いる。これにより STS 遺伝子にセスキテルペン合成を行わせ、その後 CYP 遺伝子によって STS 遺伝子が生産したテルペンを代謝させるというスキームになっている。今年度は上流側の反応となる STS 遺伝子のみを組み込んだ STS ライブラリを用いた。このライブラリよりセスキテルペン生産能の高いクローンを選抜し、このうち 11 クローンについてイエシロアリ食害阻害活性の評価を行った。

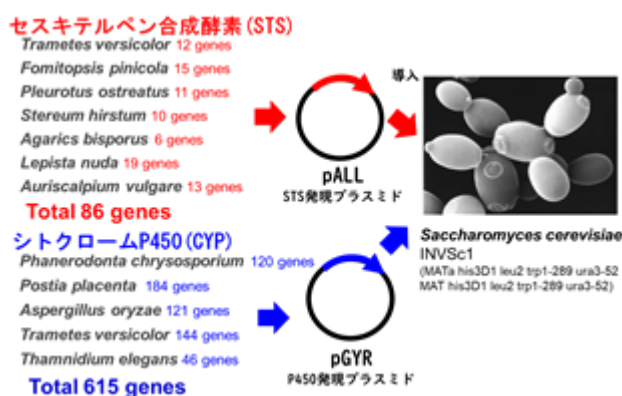


図 1 本研究で用いる酵母ライブラリ

2.2 強制摂食試験

ろ紙 (20mm 角、約 160 mg) に遺伝子組み換え酵母により生産されたテルペン (表 1) 16 mg を添加したものを扱い、JIS K 1571 に順じて強制摂食試験を行った (今回は n=1)。14 日間食害処理を行った後、試験体の重量減少量、死虫率、虫体重量の増減率を評価した。

3. 結果

STS ライブラリより選抜した 11 クローンにより生産されたセスキテルペンによる抗蟻性能試験では、対照として用いた抗蟻性が知られているフェルギノールの食害率 7.1%まで低下したのに対して（食害阻害率は 92.9%）、今回用いたクローンでは最も食害量が少なかったものでも PcSTS-08 の食害率 75.2%（食害阻害率は 24.8%）であり、無処理に対して食害阻害率 50%以上の防蟻性能を示すクローンはなかった（図 2）。表 2 にそれぞれのクローンが生産するテルペン、虫体重量変化率、死虫率を示す。

最も摂食阻害活性の高かったフェルギノール（ポジティブコントロール）では死虫率が 10%、虫体重量が 26.9%減少していた、これに対して無処理（溶媒処理・ネガティブコントロール）では死虫率が 1.8%で虫体重量減少率は 10.5%であった。今回用いたクローンが生産するテルペンで処理したものでは、AvSTS-01 の生産する Itremulanol A で死虫率が 8.2%とフェルギノールの値に近い値を示し、ネロリドールが 5.5%と次に高い値を示した。このほかのクローンの産物については無処理と同程度で殺蟻活性は無いと考えられた。また AvSTS-01 の Itremulanol A は PpSTS-14 も同じテルペンを生産し、こちらでは死虫率が 0%であったことから、本物質には殺蟻活性は無いと考えられた。PoSTS-11 の生産するネロリドールも摂食阻害が見られず、虫体重量の減少率も 0.7%と低いことから、シロアリに対する毒性はないと推定される。今回の検討では、摂食阻害及び殺蟻活性いずれについても活性のある化合物は無かったとみている。

今回の試験は得られた虫体数の都合上、繰り返し数を 1 で行っていることから、次年度は引き続きスクリーニングを続けるとともに、虫体の確保に努め今年度分の再試を行い、再現性の評価を行いたい。

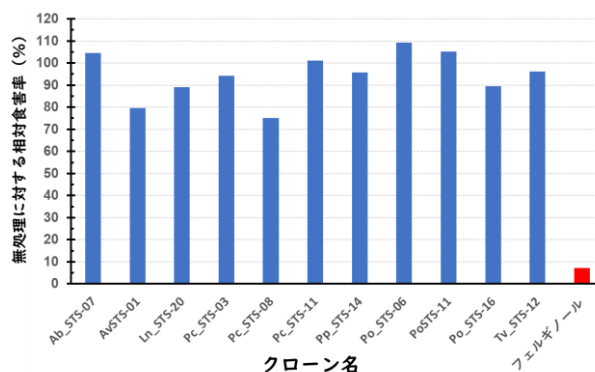


図 2 STS クローンにより生産されたセスキテルペンの防蟻性能試験

表 1 STS クローンにより生産されたセスキテルペンが死虫率・虫体重量変化に与える影響

クローン名	生産物の組成	死虫率 (%)	虫体重量変化率 (%)
AbSTS-07	δ -カジネン 87% エピゾナレン 13%	1.8	-12.9
AvSTS-01	Itremulanol A 100%	8.2	-2.9
LnSTS-20	β -バラバテン 95% イソバザネン 5%	3.6	-13.9
PcSTS-03	エピクベノール 100%	3.6	-10.5
PcSTS-08	α -ピサボレン 100%	2.7	-12.5
PcSTS-11	α -サンタレン 100%	3.6	-9.4
PpSTS-14	Itremulanol A 100%	0	-15
PoSTS-06	未同定 100%	1.8	-10.8
PoSTS-16	α -クプレン 93% β -クプレン 4% δ -クプレン 3%	0.9	-14.2
PoSTS-11	ネロリドール 100%	5.5	-0.7
TvSTS-12	γ -カジネン 100%	3.6	-11.2
	フェルギノール 100%	10	-26.9
	無処理（溶媒のみ）	1.8	-10.5

1 緒言

県内にある LVL 製造工場では単板の乾燥時に木材由来の油脂を含んだ大量の蒸気が発生しており、周辺の臭気対策として、スクラバー処理を行い大気放出している。この蒸気の処理水からはエマルション状になった廃油脂(以下エマルション油)が 1 日当たり 50kg 程度、高粘度のヤニ分(以下ヤニ)が 1 日当たり 10 kg 程度回収されている。この油脂は水を除いたほぼ全量がテルペンであり、フェルギノールやサンダラコピマリノール、カジネンなどの防蟻・抗菌・防腐効果のある成分などが含まれていることから、有効活用が望まれる。防蟻の対象になるのは、国内ではイエシロアリ、ヤマトシロアリの 2 種が主であるが、ヤマトシロアリはイエシロアリより広く国内に分布しており被害発生割合は 92%¹⁾ にもおよび、経済的に影響が大きい種である。そのため本研究では LVL 工場より得られる油脂及びヤニの有効活用を図るため、昨年度までに抗蟻性能、耐腐朽性能の確認を行った。

引き続き本年度は油脂及びヤニの有効活用を図るため、大腸菌・黄色ブドウ球菌の抗菌活性などの評価・検証を行った。

2 実験方法

大腸菌(グラム陰性菌)・黄色ブドウ球菌(グラム陽性菌)について抗菌試験(ハロー法、混釈法)を行った。

2.1 ハロー法

試験は JIS L 1902 : 2015 に準じて行った。滅菌シャーレに普通寒天培地(組成:1L 中 肉エキス 5.0g、ペプトン 10.0g、塩化ナトリウム 5.0g、カンテン 15.0g)10ml 入れ凝固した後、大腸菌・黄色ブドウ球菌を 0.3ml(2×10^6 個/ml)接種した。培地表面にエマルション油(3、5、10%—乳化処理)とヤニ(0.13、0.25、0.45、3、5、10%—乳化処理)を含浸させた試験片(ϕ 6mm、ろ紙)を設置し 24~48 時間(37℃)培養し、ハロー(発育阻止帯)の有無を観察した。試験片の周囲にできたハロー幅は次式により計算した。

$$W = (T - D) / 2$$

* W : ハローの幅(mm) T : 試験片の長さ+ハロー幅との合計(mm) D : 試験片の長さ(mm)

乳化処理 : 乳化剤(NIKKOL HCO-60(1%))を加えホモジナイザー(T25 デジタル、(株)IKA 製)を用いて処理した。

2.2 混釈法

試験は JIS L 1902 : 2015 に準じて行った。滅菌シャーレにエマルション油またはヤニ 0.5ml(0.13、0.23、0.45%、最終濃度)と大腸菌または黄色ブドウ球菌 0.5ml(2×10^2 個/ml)を普通寒天培地 10ml に混合した培地を作成し 24~48 時間(37℃)培養し、コロニー数を計測した。有意差は、 $0.05 > p$ とした。

3 結果と考察

3.1 ハロー法

表 1 にハローの有無の評価試験結果を示す。また、エマルション油とヤニの黄色ブドウ球菌に対するハロー及びハロー幅を図 1~4 に示す。

黄色ブドウ球菌に対しては、エマルション油、ヤニともにハロー(発育阻止帯)が認められ、十分な抗菌活性が確認できたが、大腸菌については、ハローが認められず、抗菌活性は確認できなかった。黄色ブドウ球菌については、さらに低濃度のエマルション油、ヤニ(0.13、0.25、0.45%)でハロー試験を行い、すべての条件でハローを確認できた。ヤニ、エマルション油ともに黄色ブドウ球菌に対する抗菌性能を期待できると考えられる。

ハロー幅については、ヤニでは 0.13%で 0.3mm、0.25%で 0.6mm、0.45%で 1mm、3%で 3.2mm、5%で 5.1mm、10%で 5.9mm と濃度依存的な効果が見られた。エマルション油では、0.13%で 1.1mm、0.25%で 1.3mm、0.45%で 0.8mm、3%で 5.1mm、5%で 8.7mm、10%で 7.4mm とヤニと同様な効果が見られた。

表 1 ハロー試験結果

供試菌	処理剤	無処理	0.13%	0.25%	0.45%	3%	5%	10%
大腸菌	エマルジョン油	×	-	-	-	×	×	×
	ヤニ	×	-	-	-	×	×	×
黄色ブドウ球菌	エマルジョン油	×	○	○	○	○	○	○
	ヤニ	×	○	○	○	○	○	○

ハロー有：○ ハロー無：×

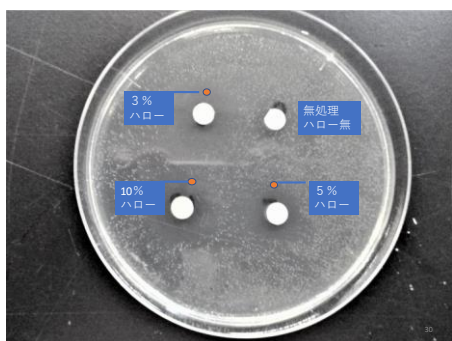


図 1 黄色ブドウ球菌に対する
エマルジョン油のハロー

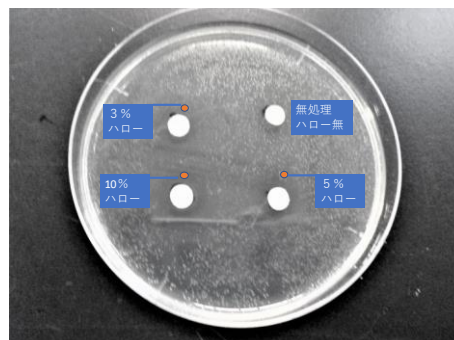


図 2 黄色ブドウ球菌に対する
ヤニのハロー

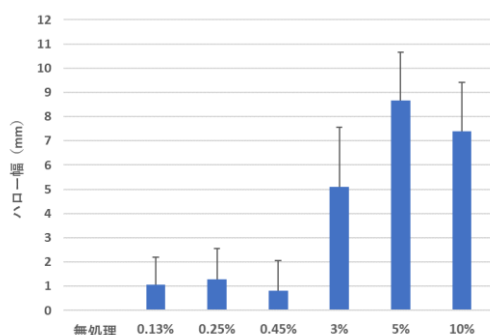


図 3 黄色ブドウ球菌に対する
エマルジョン油のハロー幅

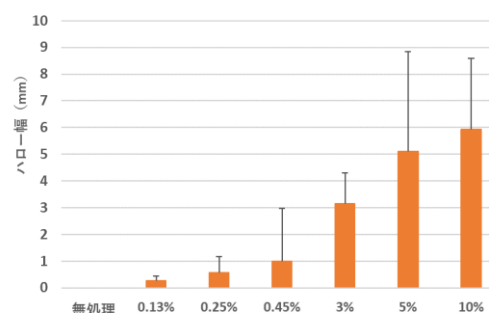


図 4 黄色ブドウ球菌に対する
ヤニのハロー幅

3.2 混釈法

図 5～6 にエマルジョン油、ヤニの大腸菌に対する結果を示す。エマルジョン油については、有意差はみられず、抗菌活性の確認はできなかった。ヤニについては濃度依存性がみられ、また無処理と 0.45% には有意差がみられた。

図 7～8 にエマルジョン油、ヤニの黄色ブドウ球菌に対する結果を示す。エマルジョン油の無処理と 0.45% に有意差がみられ、ヤニについては、無処理と 0.13%、0.23%、0.45% に有意差がみられた。また、発生したコロニー数は大腸菌より少なく、抗菌活性はエマルジョン油よりヤニのほうが高いと思われる。ヤニは混釈法においても、抗菌活性が認められたことから、抗菌剤としての利用が期待できると思われる。

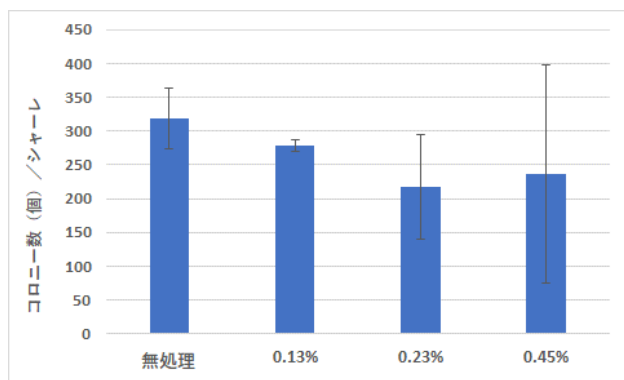


図5 大腸菌に対するエマルジョン油のコロニー数

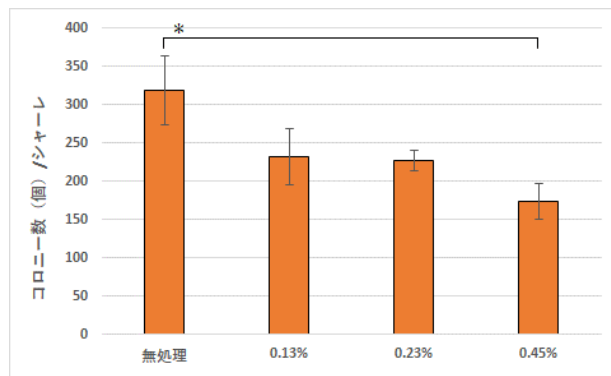


図6 大腸菌に対するヤニのコロニー数

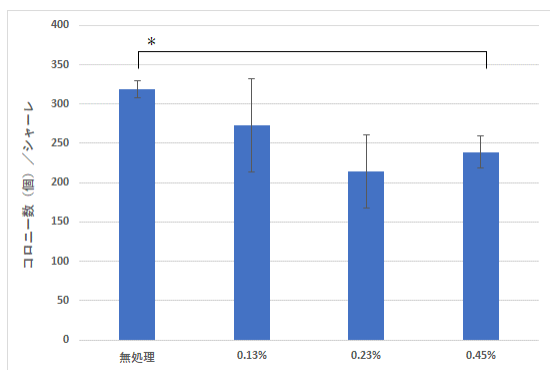


図7 黄色ブドウ球菌に対するエマルジョン油のコロニー数

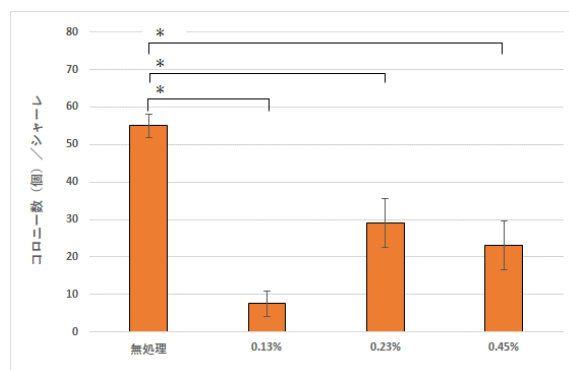


図8 黄色ブドウ球菌に対するヤニのコロニー数

4 まとめ

ヤニ、エマルジョン油について、大腸菌及び黄色ブドウ球菌の抗菌試験を行った。

- (1) ハロー法では、黄色ブドウ球菌に対してエマルジョン油、ヤニともに 0.13%まで濃度を低くしても、抗菌性が確認できたが、大腸菌においてはエマルジョン油、ヤニともに抗菌活性は確認できなかった。
- (2) 混釈法では、黄色ブドウ球菌に対してヤニはすべての濃度で、エマルジョン油は 0.45%で抗菌活性が認められた。大腸菌に対してはヤニの 0.45%で抗菌活性が認められたが、それ以外は認められなかった。
- (3) ヤニ、エマルジョン油ともに黄色ブドウ球菌に対する抗菌性能は期待できると考えられる。

参考文献

- 1) 日本長期住宅メンテナンス有限責任事業組合 国土交通省補助事業 シロアリ被害実態調査報告書、P36 (2013)

2-3 消費者に選ばれる産地・製品づくりの推進

2-3-1 県産スギ材を用いた小規模建築物用耐力壁の普及に向けた研究

川元 悠太朗、中谷 誠、豊永 芳恵

1. 目的

現在の CLT の主な使用用途は中大規模の公共建築物であり、重機による施工が一般的であることから、CLT より軽量で、なおかつ、CLT 製造機械において製造可能で CLT の生産平準化への寄与が見込まれる MLT (MLT : Miyazaki Laminated Timber) を使用した高耐力で施工性の良い耐力壁の開発を行ってきた。

本研究は、これまでに開発した耐力壁の普及を進めるため、より現実的な施工や納まり等に向けた仕様の検討を目的とした。

※ MLT とは、ひき板または小角材の繊維方向を互いに平行に並べて幅はぎし、各々の幅はぎの位置が重ならないように積層接着したもので、2層構造である。

2. 実験

2.1 試験体と試験条件

設備配管の貫通やコンセントボックス、スイッチボックスを設置するには、壁に小開口を設ける必要がある。そんな小開口を設けた場合の耐力への影響を確認することを目的に試験を行った。

ここでは、小開口のない仕様（以下「標準型」という。）及び標準型に小開口を設置した仕様（以下「小開口型」という。）について各3体の試験を行った。小開口型の試験体概要を図1に示す。

小開口は大きさ・形状を 120mm 角とし、位置は MLT 高さの中央部、側端からの離隔を 100mm とした。

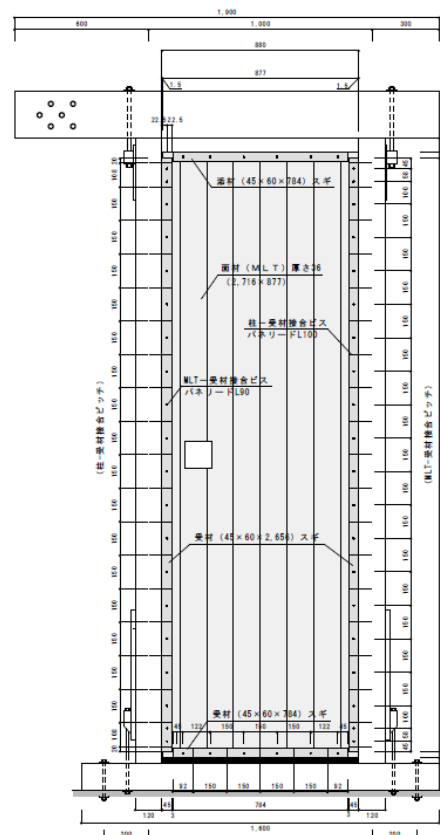


図1 小開口型試験体概要（裏面）

2.2 試験方法

試験は、柱脚固定式試験法を採用し、土台を試験装置に緊結して梁端部を水平方向に加力することで行った。試験は実大壁せん断試験機（（株）理研機器社製、容量押し 500kN、引き 250kN）により行った。加力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、1/50、1/30rad の正負変形時とし、繰り返し回数は、1/450 から 1/50rad までは3回、1/30rad は1回とした。加力は最大荷重に達した後、最大荷重の 80%に荷重が低下するまで、もしくは見かけのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで実施した。

2.3 試験結果と考察

各試験体の荷重と見かけのせん断変形角の関係を図2に示す。また、各試験体の特性値を表1、表2にそれぞれ示す。

このうち標準型-2試験体については、他の試験体が 1/15rad 加力時に終局したのに対し 1/30rad 加力時に MLT が割裂し、早期に終局する結果となった。そのため、他の試験体より靱性が著しく低い結果となり、総合的に評価すると割裂破壊が生じなかった小開口型より壁倍率が低い結果となった。

これは、得られた試験結果において、両者

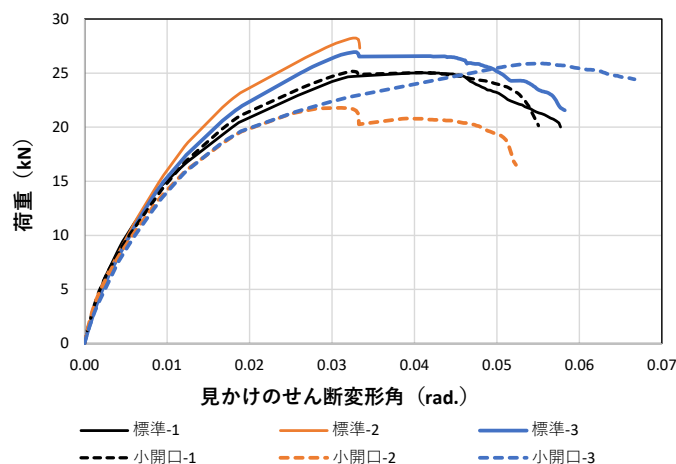


図2 荷重と見かけのせん断変形角の関係

表1 特性値（標準型）

試験体	P_y (kN)	$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_{120} (kN)	P_{max} (kN)	P_u (kN)	K (kN/mm)	μ	δy (mm)	δv (mm)	δu (mm)
標準型-1	13.5	12.3	16.7	13.6	25.0	22.6	1645	4.2	8.18	13.70	57.7
標準型-2	15.8	9.1	18.8	14.1	28.3	25.4	1613	2.1	9.80	15.70	33.4
標準型-3	14.5	12.6	18.0	13.6	27.0	24.8	1586	3.7	9.17	15.60	58.1
平均値	14.6	11.3	17.8	13.8	26.8	24.3	1615	3.3	9.1	15.00	49.7
標準偏差	1.15	1.94	1.06	0.29	1.66	1.47	30	1.1	0.82	1.13	14.15
変動係数	0.08	0.17	0.06	0.02	注) Pmax：最大荷重、Py：降伏耐力、Pu：終局耐力、K：初期剛性、 μ ：塑性率、 δy ：降伏変位、 δv ：完全弾塑性モデルの降伏点変位、 δu ：終局変位、Ds：構造特性係数						
ばらつき係数	0.96	0.92	0.97	0.99							
P_o	14.1	10.4	17.3	13.6							
	10.4										
壁倍率	5.3										
$(\alpha=0.75)$	3.9										

表2 特性値（小開口型）

試験体	P_y (kN)	$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_{120} (kN)	P_{max} (kN)	P_u (kN)	K (kN/mm)	μ	δy (mm)	δv (mm)	δu (mm)
小開口型-1	13.8	11.7	16.8	13.1	25.2	23.5	1540	3.6	8.97	15.20	55.0
小開口型-2	11.7	10.7	14.5	12.7	21.8	20.1	1568	4.0	7.43	12.80	51.8
小開口型-3	16.5	11.3	17.3	12.4	25.9	24.1	1182	3.3	13.98	20.40	66.7
平均値	14.0	11.2	16.2	12.7	24.3	22.6	1430	3.6	10.1	16.13	57.8
標準偏差	2.41	0.50	1.49	0.35	2.19	2.16	215	0.4	3.42	3.89	7.84
変動係数	0.17	0.04	0.09	0.03	注) P_{max} : 最大荷重、 P_y : 降伏耐力、 P_u : 終局耐力、 K : 初期剛性、 μ : 塑性率、 δy : 降伏変位、 δv : 完全弾塑性モデルの降伏点変位、 δu : 終局変位、 D_s : 構造特性係数						
ばらつき係数	0.92	0.98	0.96	0.99							
P_o	12.9	11.0	15.5	12.6							
	11.0										
壁倍率 ($\alpha=0.75$)	5.6										
	4.2										

のばらつき係数に差が生じた（標準型：0.92、小開口型：0.98）ことが要因として挙げられる。今回の試験において、小開口型は3体とも割裂等の脆性破壊が生じなかったが、標準型と同様に脆性破壊する場合も考えられる。そのため、脆性破壊によりばらつきが生じたと仮定し、小開口型のばらつき係数（=0.98）を標準型のばらつき係数（=0.92）に置き換えて試算したところ、壁倍率は5.3倍（低減係数 $\alpha=0.75$ の場合3.9倍）となり、同等の結果となった。また、小開口型3体のいずれも小開口に起因する破壊性状は見られなかった。よって、本試験条件下において小開口による耐力への影響は無いものと整理した。

3. 標準仕様書の策定

広く MLT 耐力壁を使用してもらうためには、これまでに確かめられた性能を発揮するための条件を整理しておく必要があり、図3の標準仕様書としてとりまとめた。設計及び施工時のマニュアルとして活用されることを想定しており、建築技術者にとって MLT 耐力壁を導入する際の実務的な負担軽減につながることを期待される。

令和5年3月



MLTとは、宮崎県産スギのひき板(ラミナ)の繊維方向を互いに平行に並べて側面同士を接着し、その接着位置をずらして2層に重ねて接着した面材です。
MLT耐力壁は、そんなMLTを用いた在来軸組工法による真壁形式の耐力壁です。木の風合いを生かし、そのまま内装材としても使うことができます。

仕様一覧

	仕様	壁倍率※	特徴
1	標準型 ラミナ縦方向	3.9 (5.3)	一連の仕様のうち、最も高耐力となる標準的な仕様です。見た目の印象が異なる2仕様を選択できます。
2	標準型 ラミナ横方向	3.7 (4.9)	
3	出隅対応型 ラミナ縦方向	3.3 (4.5)	ホールダウン金物をスパン内に設置でき、出隅部などでも使用可能な仕様です。
4	開口部設置型 ラミナ縦方向	1.8 (2.4)	開口部（窓）が設置できる仕様です。見た目の印象が異なる2仕様を選択できます。
5	開口部設置型 ラミナ横方向	2.3 (3.1)	

※壁倍率は $\alpha=0.75$ として算出したもので、カッコ内は低減前の壁倍率を示す。

開発元 宮崎県木材利用技術センター
(本書に関する御質問は下記までお問い合わせください)
〒885-0037 宮崎県都城市花緑町21号2番
TEL: 0986-46-6041 FAX: 0986-46-6047
MAIL: mokuzaiki-center@pref.miyazaki.lg.jp
URL: <http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/kankyo/mokuzaiki/wurc>

1

図3 MLT 標準仕様書（表紙）

2-4 リフォームなど住宅産業等との連携の促進

2-4-1 宮崎県産スギ材の調湿性能の活用に関する研究

木材利用技術センター 水久保孝英、小田久人、松元明弘
(一社) 木と住まい研究協会 有馬孝禮、宮代博幸、小池 透、岩本景子
ナイス(株) 青木良篤

1. 緒言

住宅や学校、職場など生活活動の場や倉庫、書庫など物品を保管する空間における湿度の管理は、室内環境を管理する上で、重要な要素といえる。室内の内装に木材を豊富に使用すると湿度を調節する効果がある 1) ことは知られているが、空間内の木材量と発揮される調湿性能の関係を明確に示した試験結果はあまり見当たらない。そこで、空間内の木質化量を気積率(木質化面積/空間の容積)で表し、気積率と調湿性能の関係を数値化し、室内の内装を木質化する際の指標とすることを本研究の目的とした。

さらに、実際に内装木質化に取り組む場合に、材料にどの樹種を選べばよいか判断するためのデータは一般的に示されていない。そこで、複数の樹種の調湿性能を試験して比較し、内装木質化の材料選択の指標とする事も目的に加えた。

2. 試験方法

2.1 アクリルボックス試験

木材の調湿性能を測定する空間として、アルミフレームとアクリル板で長辺 1146mm×短辺 860mm×高さ 720mm のアクリルボックス(以下「ボックス」)を製作した。このボックスを、温度と湿度の調節が可能な恒温恒湿室(サンヨー MTH-140HP)内の高さ 50cm の台の上に設置した。

ボックス内を木質化する試験体は、宮崎県産スギ(心材・KD)を材料として厚さ 3.6mm、幅 59mm で 4 種類の長さ(370, 360, 320, 310mm)の板材を製作した。この試験体を温度 $23\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度(以下「湿度」) $50\pm2\%\text{RH}$ の条件下で恒量に達するまで養生した後、評価面の木表面以外の 5 面にはアルミテープを貼って断湿した。



図1 アクリルボックス試験(気積率 1.5)

ボックスの容積 0.71 m^3 に対し、木質化量が気積率 0(木質化なし)、1.0(木質化面積 0.71 m^2)、1.5(同 1.07 m^2) となるように試験体を組み合わせてボックス内に設置した(図1)。試験体設置後、恒温恒湿室の温度を $23\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度を $50\pm2\%\text{RH}$ (以下「低湿」)にして 12 時間以上静置した。その後、温度は変えずに湿度を $75\pm2\%\text{RH}$ (以下「高湿」)にして 12 時間試験体に吸湿させた後、湿度を低湿にして 12 時間試験体に放湿させる行程を 5 回繰り返した。

ボックス内の換気を住宅で広く採用されている第 3 種換気(自然給気、機械排気)で行った。給気口の風速を確認しながら、排気口に設置した DC ファンの回転速度を 1 時間に 0.5~1.0 回換気するよう調整し、常時稼働させた。温湿度記録計のセンサーはボックス内の床から高さ 33cm、ボックス外の高さ 36cm(ボックスの高さの半分)の位置に設置し、10 分間隔で測定した。試験体を交換して 3 回繰り返して行った。

2.2 樹種別吸放湿性試験

内装材に使用する樹種として針葉樹 3 種(スギ、ヒノキ、マツ)、広葉樹 8 種(イチイガシ、ケヤキ、ヤマザクラ、クス、クヌギ、キリ、センダン、ミズナラ)の計 11 種について吸放湿性を比較した。

厚さ 30mm 程度に加工した未乾燥の板材を、木材利用技術センター実験棟の軒下で 4 か月間天然乾燥した後、人工乾燥機で含水率 9% を目標にして乾燥温度 $60\sim75^{\circ}\text{C}$ で乾燥した。乾燥した材の心材部のみを幅 50mm×長さ 200mm×厚さ 10mm に加工し、低湿の条件で恒量になるまで養生した。恒量に達した試験体の木表面以外の 5 面をアルミテープで断湿した。

恒温恒湿器(エスペック CSH-112)内に木表面を上にして試験体を置き、アクリルボックス試験と同様に低湿の条件下で恒量となっていることを確認した後、湿度を高湿に上げ、12 時間試験体に吸湿させた。その後、低湿に下げ 12 時間放湿させた。吸湿及び放湿の前後に試験体の質量を測定し、吸湿前後の質量差を吸湿量、放湿前後の質量差を放湿量とした。吸放湿サイクルを 10 回繰り返して測定し、吸放湿量の推移を調べた。

3. 結果及び考察

3.1 アクリルボックス試験

ボックス外を75%RHにした時にボックス内を70%RH以下に維持した時間を木材の調湿効果として評価した。吸湿と放湿を繰り返すと70%RH以下の時間が短くなったため、5回目の吸湿・放湿の湿度変化を比較した(図2)。木質化量が大きくなると70%RH以下の時間が長くなり、湿度の高低差が小さくなる傾向を示した。

吸湿5回目の12h経過時の相対湿度と気積率の関係を図3に示す。12h経過時点で70%RHに達する木質化量は気積率1.0と1.5のほぼ中間値になると推測される。

なお、温度については、木質化による変化は特に認められなかった。

3.2 樹種別吸放湿性試験

測定した11種のうちスギとイチイガシの10回目までの吸放湿量の推移を図4に示す。1回目の吸放湿では吸湿量が放湿量より大きくなる傾向を示したが、吸放湿を繰り返すうちに吸湿量と放湿量は近づいていき、9~10回目にはほぼ同じ量となった。他の樹種でも同様の傾向を示した。

測定した全試験体の密度と吸放湿量の関係を図5に示す。密度と吸放湿量が比例に近い関係を示したものの、密度に関係なく吸放湿量がほぼ一定なもの、密度はあまり変わらないが吸放湿量にばらつきがあるものなど、その関係性は樹種によって異なっていた。針葉樹-広葉樹、散孔材-環孔材など材の組織による傾向の違いも多少みられており、吸放湿量を決定する要因の解明が今後の課題となる。

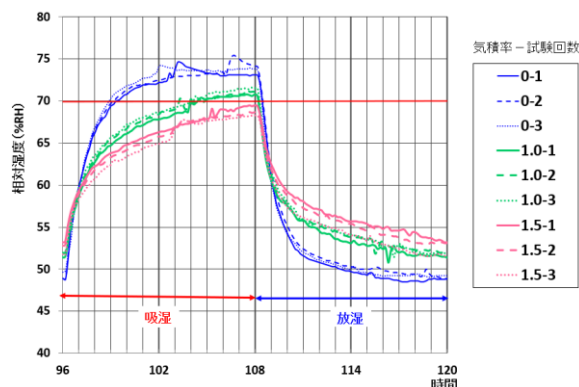


図2 吸湿・放湿5回目のボックス内の相対湿度

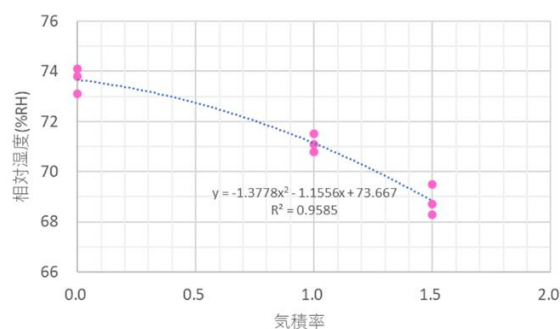


図3 吸湿5回目 12hのボックス内の相対湿度と気積率の関係

【文献】1) 則元京：木質環境の科学，海青社，p313(1987)

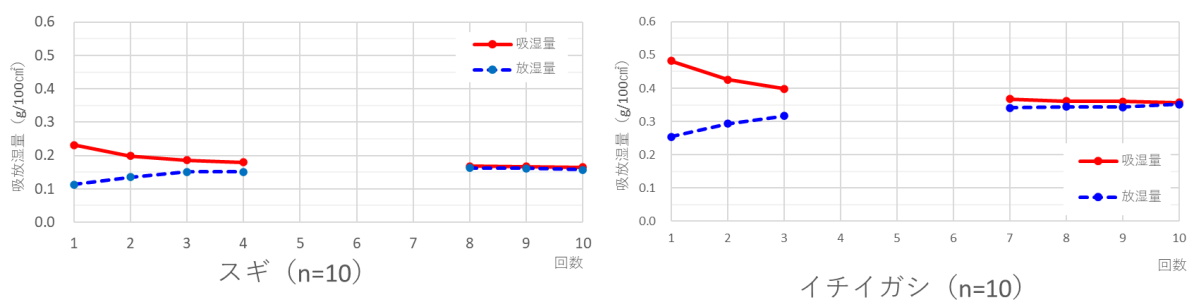


図4 12h吸放湿量の推移

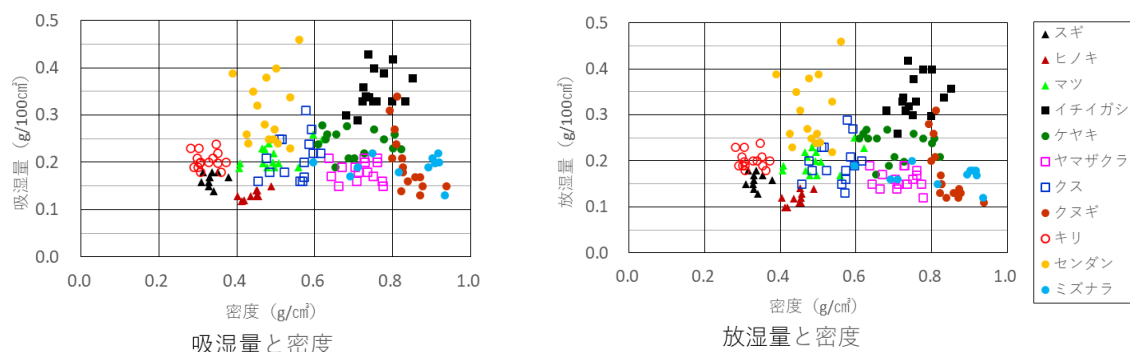


図5 吸湿10回目 12h吸放湿量と試験体密度の関係

2-5 公共建築物・非住宅・土木分野等への利用拡大

2-5-1 民間建築物等の木造化・木質化促進に関する技術支援

豊永 芳恵、川元 悠太郎

1 はじめに

平成22年に制定された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が令和3年に「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に改正され、法の対象が公共建築物から民間建築物を含む建築物一般に拡大されたことに加え、宮崎県木材利用促進条例が制定された。

このようなことから、設計者や施工者が木造化・木質化に取り組みやすくなるように、適切な情報提供や技術的な支援ができる体制（ネットワーク）を構築することとした。

2 木造・内装木質化公共建築物の事例集・図面集

情報提供の一環として、建築技術者向けに作成・公開している県内の公共木造（木質化）建築物の事例集及び図面集について、施設情報の追加・更新を行った。事例集については、過年度作成分も含め木材使用量の掲載を行った。

事例集及び図面集の内訳を表1に示す。各項目の上段（網掛け部分）は令和4年度追加分の数、下段は総数、（ ）内は図面集の数を表している。

表1 木造・内装木質化公共建築物事例集・図面集の内訳

	福祉施設 (保育所等)	学校	スポーツ施設 体育館	事務所 庁舎	公営住宅等	その他	計
県		1 (1)				1 (1)	2 (2)
		1 (3)	(3)	1 (12)	1 (1)	1 (2)	4 (21)
市町村	1 (1)			2	2 (2)	5 (2)	10 (5)
	9 (10)	3 (5)	3 (7)	6 (4)	5 (6)	11 (7)	37 (39)
計	1 (1)	1 (1)		2	2 (2)	6 (3)	12 (7)
	9 (10)	4 (8)	3 (10)	7 (16)	6 (7)	12 (9)	41 (60)

3 木造化・木質化を阻害する要因に関するアンケート調査

令和2年度に県内の建築関係団体会員へ実施したアンケート調査（「建築物の木材利用に関するアンケート調査」）において、木造化・木質化を行うにあたり、「木材（材料）」について情報収集に困っている回答が多く見られた。

そこで、「木材（材料）」の情報を把握し難い状況が、県内における建築物の木造化・木質化を阻害する要因の一つとなっていると考え、設計を主担当とする県内建築士にアンケート調査を実施し、25名から回答があった。ここでは、「民間建築物（戸建て住宅を除く）の木造化・木質化を検討する上で必要と感ずる情報」について、「素材」及び「流通」の観点から質問事項を設定した。

その結果について、図1に示す。

なお、回答方法は該当する項目について複数回答可とし、具体例の自由記載欄を設けた。

「素材」については、「コスト（地域差、規格材と無等級材の差）」についての回答が最も多く、22件の回答があった。具体例としては、「機械等級と目視等級によるコストへの影響」や「乾燥方法による調達時間、コストの違い」等の回答が挙げられた。

「流通」については、「製材加工場（場所、樹種、供給量、納期、品質）」についての回答が最も多く、22件の回答があった。具体例としては、「各工場情報（工場毎の加工範囲、建築用製材の見積依頼対応の

可否)」、「情報が希有で正確な状況がつかみにくい」等の回答が挙げられた。「素材について」が59件の回答であるのに対し、「流通について」は82件の回答となっており、県内においては、「流通について」の情報が、より必要とされていることが分かった。また、自由記載欄において、川上から川下までの県内関係者の情報共有、連携を求める回答も多く見られた。

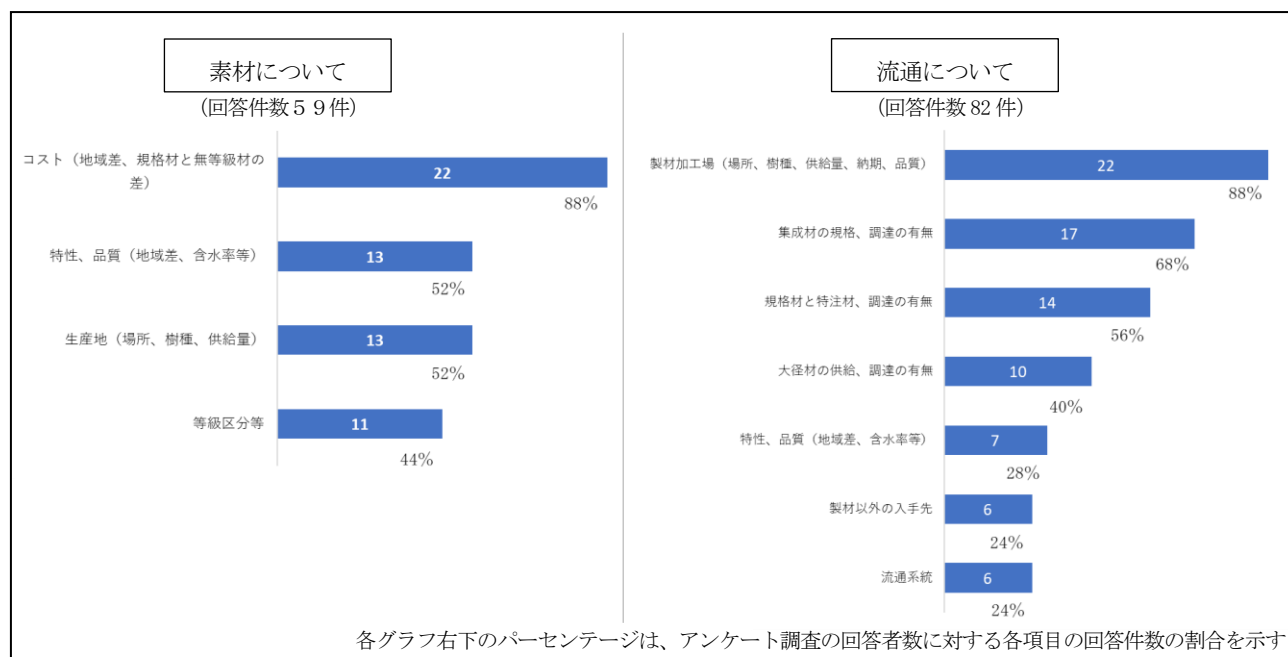


図1 民間建築物（戸建て住宅を除く）の木造化・木質化を検討する上で必要と感じる情報

4 今後の取組計画

今後は、今回実施したアンケート調査の結果より、木材調達に係る情報を集約するため「県産材部材リストの作成」及び川上から川下が連携して建築分野における県産材の利用拡大をさらに進めていくための「協議会の設立」を予定している。

「県産材部材リスト」は、県内のJAS認証工場について、連絡先等会社情報をまとめた一覧表及び工場毎の製材品についてリスト化したものを想定している。これらの情報を集約することにより、使用予定の部材が県内で調達可能か、また、調達にどの程度の期間を要するか等、設計時に必要とされる情報を容易に把握できるようになり、業務の効率化が期待される。

「協議会の設立」は、川上から川下が参加する協議会を設立することで、県内関係者が連携して建築物への県産材利用を推進するネットワークを構築する。これにより、民間事業者（川上から川下）は互いの情報の共有、連携をとりやすくなり、事業者（施主）に対して、これまでより積極的な木造・木質化の提案を行うことができるようになる。また、事業者（施主）からの相談、質問に対して、県内関係者（川上から川下）が連携してスムーズかつ的確な提案、回答を行うことで、県内の木造建築物の推進へ繋がるものと期待している。

2-5-2 大型木造の接合部における生物劣化を評価するための基礎的研究

中谷 誠、須原弘登
(京都大学) 大村和香子

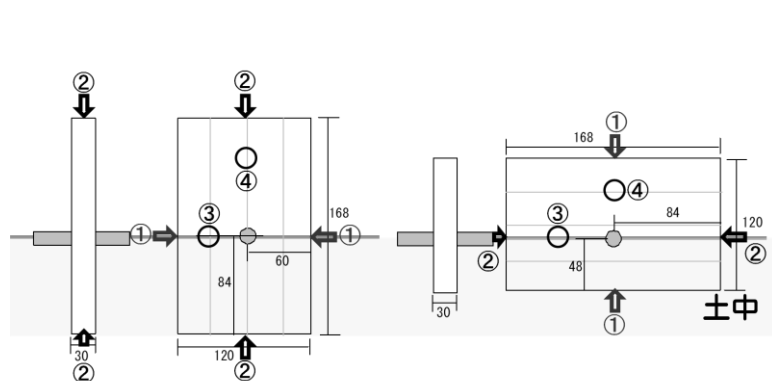
1. はじめに

令和3年度に「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行されるなど、非住宅分野での木材利用が推進されている。このため、木造建築の長期利用に関する重要度は増している。しかしながら、生物劣化を受けた建築物の強度性能を評価する研究は数多くない。そこで、本研究では生物劣化を受けた接合部の強度性能を非破壊で評価する方法の検討として、超音波伝播速度と接合部の残存強度性能の関係について明らかにすることを目的とする。これまでの研究では、ドリフトピンおよびボルト接合の最も基本的な接合部の抵抗要素である支圧強度について、腐朽した試験体の強度と超音波伝播速度の関係を明らかにしてきた。今年度は、これまでの支圧強度に加えて、接合部の強度推定について検証を行う。

本研究により超音波伝播速度と接合部の残存強度の関係が明らかになれば、木造建築物を安全に長期間使用するための指標になると考える。

2. 実験方法

支圧試験は2018年度、接合試験は2022年度より試験体をファンガスセラー(京大大学生存圏研究所)に試験体を設置し、実験を継続している。ファンガスセラーは、木材腐朽菌の活動に適した温湿度を再現することで生物劣化を促進させる施設である。供試木材は支圧試験体が寸法 120mm x 168mm、厚さ 30mm のスギ板材、接合部試験体が構造用スギ集成材 (E65F255)、寸法 105 角、長さ 295mm とした。接合具は、錆止め塗装した直径 12mm のドリフトピンとした。各試験体の概要を図1と2に示す。図中の矢印は超音波伝播速度の測定位置である。試験体数は、支圧試験が各条件 30 体、全 60 体、接合試験が全 30 体とした。支圧試験は定期的に超音波伝播速度を測定し、一部の試験体はファンガスセラーから取り出し、気乾状態になるまで室内で養生させた後に強度試験を行い、支圧強度及び初期剛性を算出した。接合部試験は、コントロール(未腐朽)試験 6 体の接合強度を万能試験機により明らかにし、24 体をファンガスセラーに設置した。今後、生物劣化の程度を4段階として各 6 体の強度試験を実施する計画である。



(i) 繊維平行方向試験体 (ii) 繊維直交方向試験体

図1 支圧試験体の概要

(注：各矢印及び○は超音波伝播速度の測定位置)

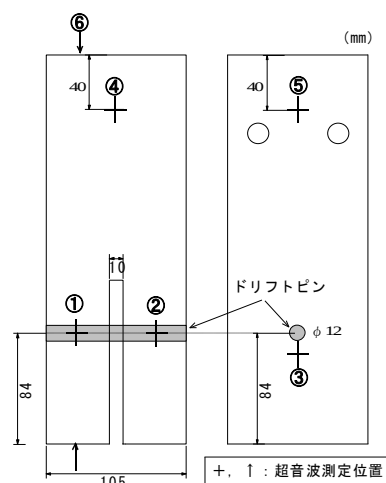


図2 接合部試験体の概要

3. 結果および考察

図3および図4に、繊維方向に対する加力方向ごとに支圧強度と超音波伝播速度の関係を示す。両条件共に、設置期間が長くなり生物劣化が進むほど超音波伝播速度が遅くなり、超音波伝播速度が遅いほど支圧強度が低くなる傾向が見られた。ただし、その割合は繊維直交方向試験体がより大きく、ドリフトピンがめり込む方向により傾向が異なることがわかった。また、初期剛性についても、超音波伝播速度が遅いほど低くなる傾向が見られ、その低下割合は支圧強度よりも大きく、生物劣化の影響を受けやすいことが分かった（図5参照）。今後、更に生物劣化が進んだ試験体の測定データを増やす計画である。接合部試験体の超音波伝播速度の測定値は、図2の①～⑤における平均値が1981m/sであり、支圧試験の初期健全材と同等であった。コントロール試験体の強度試験結果を図6に示す。ドリフトピンが曲がりながら木材にめり込むことで降伏し、その後ドリフトピンからのせん断破壊で終局に至った。今後、ファンガスセラーに設置した試験体について定期的な測定を実施し、生物劣化の進行状況に応じて強度試験を実施していく予定である。

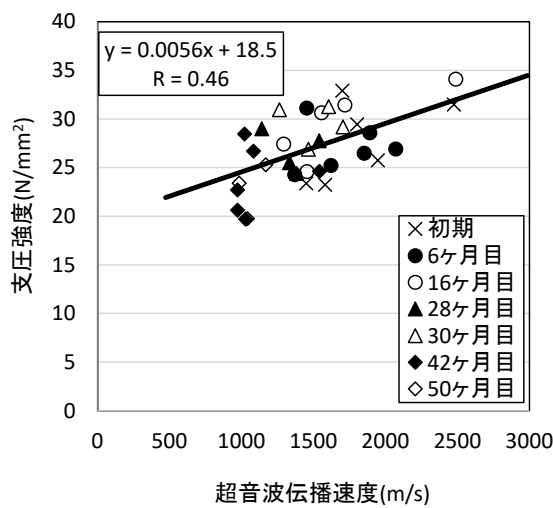


図3 支圧強度と超音波伝播速度の関係
(繊維平行方向)

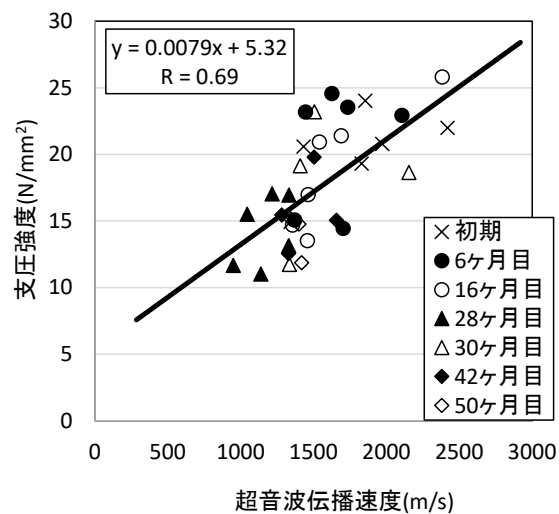


図4 支圧強度と超音波伝播速度の関係
(繊維直交方向)

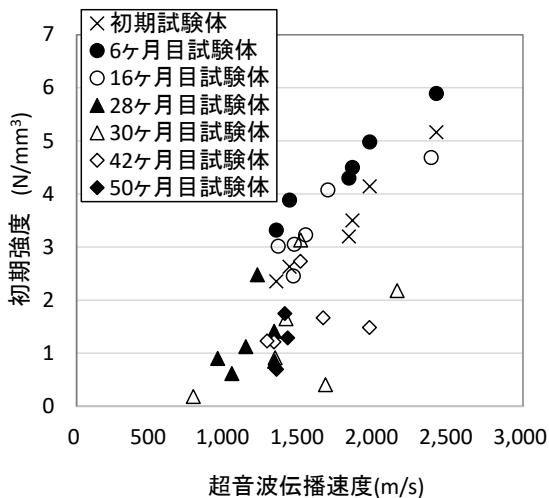


図5 初期剛性と超音波伝播速度の関係
(繊維直交方向)

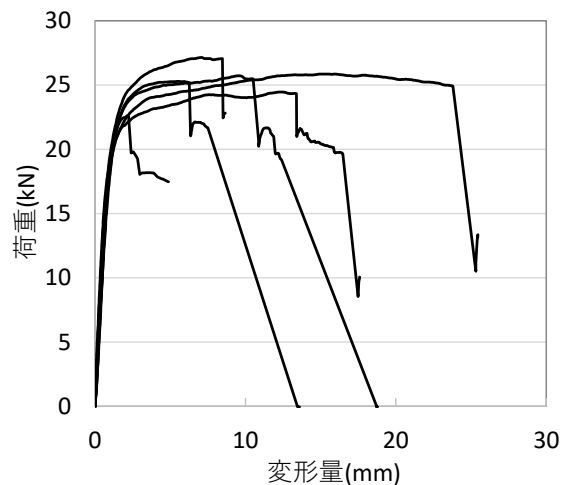


図6 荷重と変形量の関係
(接合部のコントロール試験体)

中谷 誠
(広島大学) 森 拓郎

1. はじめに

公共建築物への木材利用が推進されている。これらの建物は長期間安全に使用できることを求められるが、木質構造の接合部について長期性能を検討した例は極めて少ない。接合部の設計において、その長期性能は木材の長期性能に依存するとされ、初期強度の 55% に低減されるが、これは米国における無欠点小試験体の試験成果がベースとなっている。しかしながら、接合部の耐力発現に係わる木材側の強度性能について、長期特性を検討した研究は皆無である。そこで、本研究では木造建築物において一般的に用いられるボルトやドリフトピンによる接合部をターゲットとし、その耐力発現に係わるせん断、割裂、支圧（めり込み）について、平 12 建設省告示第 1446 号の試験方法に準じて長期試験を実施し、それぞれの初期強度からの低減率を明らかにする。本期間では、接合部における割裂強度に関して長期性能の解明を目的とした実験を開始した。本研究の成果は、木造建築物の長期的な利用の信頼性向上に貢献し、中大規模木造建築物の推進に寄与することになる。

2. 実験方法

試験体は鋼板挿入ドリフトピン接合とし、図 1 と写真 1 に示す通り、幅 10mm のスリット部分に 9mm 厚の鋼板を挟み込み、それをドリフトピンにより接合する。この接合部は引張力が作用すると、ドリフトピン位置において部材に割裂破壊が生じることになる。反力側はボルト留めとし、木材の割裂破壊を防ぐため合板を接着接合した。木質材料はスギ構造用同一等級集成材 (E65F255)、ドリフトピンは $\phi 12$ 、材質は S45C とした。

長期試験では、試験体に負荷する荷重レベルを 3 条件として破壊までの時間を計測した。長期荷重は、同一材料から採取した 4 つの事前試験体の短期破壊荷重の平均値から、その 90%、80%、70% とした。事前試験体の採取位置を図 2 に示す。図中の事前試験体以外の 6 体は長期試験体であり、同一材料で 3 つの荷重レベルの試験体を各 2 体とした。試験体数は全 18 体（6 体/荷重条件）とした。

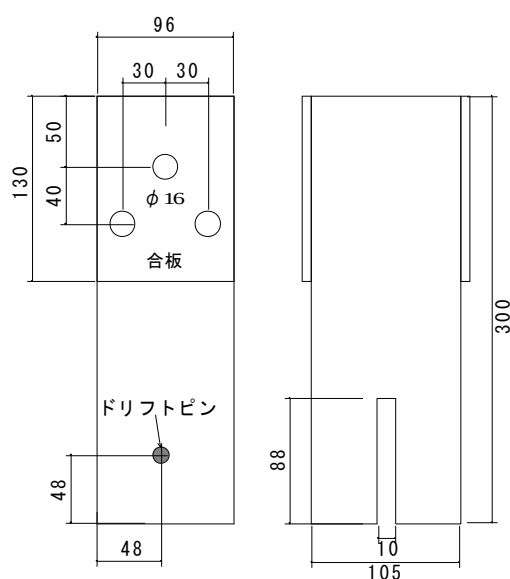


図 1 試験体図

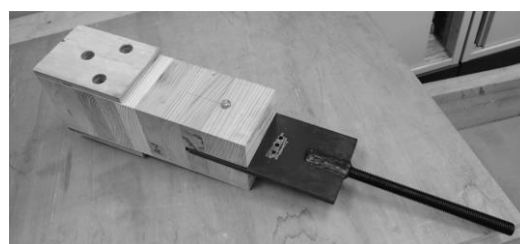


写真 1 試験体全景

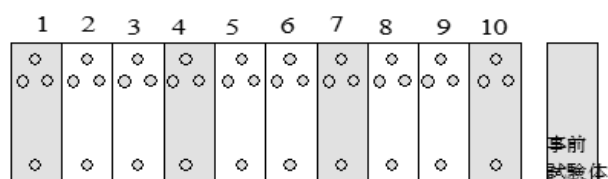


図 2 試験体の採取方法

3. 実験結果

事前試験の全景を写真 2、結果の一部を表 1 と 2 に示す。破壊性状は、ほぼ全ての試験体でドリフトピン位置からの割裂破壊であった。表 1 と表 2 に示す試験結果より、密度がほぼ同等の集成材から採取した試験体であっても最大荷重にバラツキのある結果となった。また、同一材料から採取した試験体であっても、最大荷重のバラツキに差が出る結果となった。これらの結果を基に実施している長期試験の全景を写真 3 に示す。試験機は、テコの原理を利用したレバー式のクリープ試験装置を用いた。破壊性状は写真 4 に示す通り、ほぼ全ての試験体でドリフトピン位置からの割裂破壊であった。これまでに実施した試験結果を図 3 に示す。図中の×印は実験継続中の試験体である。図中の実線は現行の基準のベースとなったマディソンカーブを示している。これまでの試験結果では試験体数が少ないため、今後は試験体を増やしてマディソンカーブと比較するなど長期性能を検討する。

表 1 事前試験結果（その 1）

	Pmax(kN)	δ Pmax(mm)	K0.1-0.4(kN/mm)
B1	11.4	1.61	15.6
B4	11.6	1.02	16.2
B7	11.4	1.47	15.4
B10	11.6	1.12	18.2
平均	11.5	1.30	16.3
標準偏差	0.09	0.24	1.11
変動係数	0.01	0.19	0.07

表 2 事前試験結果（その 2）

	Pmax(kN)	δ Pmax(mm)	K0.1-0.4(kN/mm)
C1	7.54	0.55	17.2
C4	6.63	0.50	20.0
C7	7.16	0.53	18.2
C10	7.55	0.55	19.1
平均	7.22	0.53	18.6
標準偏差	0.38	0.02	1.05
変動係数	0.05	0.04	0.06

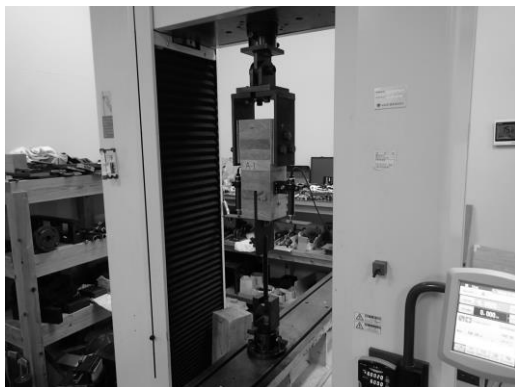


写真 2 事前試験の全景



写真 3 長期試験の全景



写真 4 長期試験の破壊性状

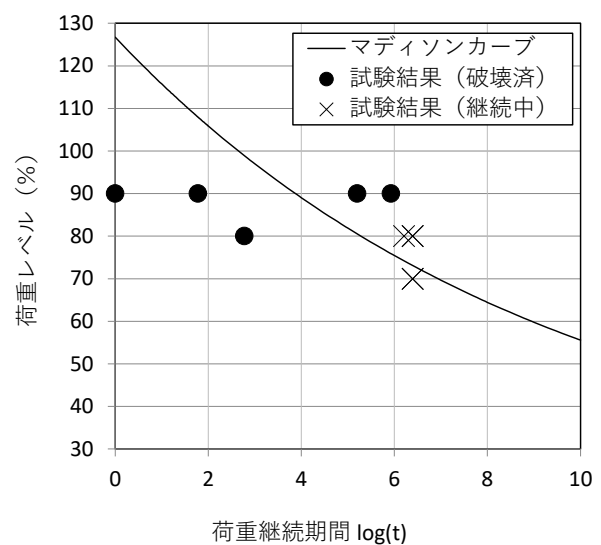


図 3 荷重レベルと破壊までの時間

2-6 研究発表(誌上)

発行年月	書籍名	氏名	題名	掲載頁
2022年5月	木材工業 5月 Vol.77 No.5	村野朋哉 藤本登留 松元 浩 渡辺 憲 長尾博文 大橋義徳 大谷直希 吉田孝久 池田潔彦 永井 智 河崎弥生 玉置教司 中村圭子 山本幸雄 松元明弘 川井安生	高温乾燥された針葉樹構造用製材の平衡含水率と強度性能の関係	p.178-184
2022年7月	林業みやざき 2022-4・5・6月 No.573	構法開発部	民間建築物の木造化・木質化促進に関する技術支援 -「みやざきの木造化・木質化相談窓口」の開設-	p.12-13
2022年8月	木材工業 8月 Vol.77 No.8	小田久人 兒玉了一 深田 学 荒武志朗 森田秀樹	宮崎県産スギ大径材の曲げと圧縮試験を用いた半径方向の強度分布	p.306-309
2022年12月	林業みやざき 2022-10・11・12月 No.575	材料開発部	RC造住宅の内装を木質化するとどう変わる？	p.12-13
2022年12月	会誌 第56号 全国林業試験研究機関協議会	木材利用技術 センター	8 宮崎県木材利用技術センター -民間建築物の木造化・木質化促進に関する技術支援- 「みやざきの木造化・木質化相談窓口」の開設	p.55
2022年12月	Journal of Timber Engineering Vol.35 No.4	中谷 誠 田中 洋 村上勝英 江坂佳賢 角野大介 上杉周平 米本和央 桐野明寛 小松賢司 荻部泰輝 加藤隼人	GIR及びLSBの割裂破壊に対する補強方法の検討	p.159-164

注1 学会要旨集は除く

注2 共同研究者の所属は省略しています。

2-7 研究発表表(口頭)

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2022年5月	日本木材保存協会 第38回年次大会	東京都 (web開催)	松島瑠奈 石山英樹 森 拓郎 須原弘登 高島幸司	潮干の防蟻性解明のための実験方法改善	p.36-39
2022年5月	日本木材保存協会 第38回年次大会	東京都 (web開催)	岩崎新二 須原弘登	エマルジョン油等の抗蟻性と抗菌活性等に関する研究	p.68-69
2022年9月	2022年度日本建築学会大会(北海道)	北海道 札幌市 (web開催)	中谷 誠 坪井航輝 森 拓郎 田中 圭 腰原幹雄	LSBを用いたモーメント抵抗接合部のせん断受け金物の開発	CD-ROM
2022年9月	2022年度日本建築学会大会(北海道)	北海道 札幌市 (web開催)	西村悠汰 岡本滋史 中谷 誠 秋山信彦	二つの円形孔を有する集成材梁の耐力に関する実験的研究	CD-ROM
2022年9月	2022年度日本建築学会大会(北海道)	北海道 札幌市 (web開催)	河本真拓 森 拓郎 中谷 誠 井上 涼 山形海斗	繊維平行方向の長期せん断性能に関する実験的研究 その1:せん断試験方法の提案	CD-ROM
2022年9月	2022年度日本建築学会大会(北海道)	北海道 札幌市 (web開催)	伊藤 大貴 森 達登 佐藤 賢一 石川 光 後藤 侑 田中 圭 森 拓郎 中谷 誠	GIR接合部の長期性能に関する研究 その1 引張クリープ性能及び温度特性	CD-ROM
2022年9月	2022年度日本建築学会大会(北海道)	北海道 札幌市 (web開催)	坪井航輝 森拓郎 中谷誠 田中圭 腰原幹雄	大断面集成材を用いたラグスクリューボルト接合に関する基礎的研究 その2:柱-梁モーメント抵抗接合部の曲げ性能の検討	CD-ROM
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	水久保孝英 小田久人 岩崎新二 有馬孝禮 宮代博幸 小池 透 岩本恵子 青木良篤	RC造共同住宅の内装木質化による調湿効果について(第2報)	ウェブ閲覧
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	荒木博章 松元明弘 兒玉了一 田中 洋 徳丸善浩	スギ大径材から得られる製材品の強度特性 -心去り平角材の実大イ型せん断試験-	ウェブ閲覧
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	雉子谷佳男 津山 濯 平田令子 伊藤 誓 小田久人	円形植栽密度試験地(Nelder plot)で生育したスギ品種の木材材質について -低植栽密度での木材生産の可能性について-	ウェブ閲覧
2023年3月	第491回生存圏シンポジウム 令和4年度DOL/LSF 共同利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web開催)	須原弘登 加藤政和 一瀬博文	糸状菌シトクロームP450モノオキシゲナーゼ遺伝子組み換え酵母により生産されるテルペノイドを用いた抗蟻成分の探索	p.5-6
2023年3月	第491回生存圏シンポジウム 令和4年度DOL/LSF 共同利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web開催)	石山英樹 須原弘登 森 拓郎	温泉成分によるシロアリ忌避効果の検証	p.11-12
2023年3月	第491回生存圏シンポジウム 令和4年度DOL/LSF 共同利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web開催)	中谷 誠 須原弘登 森 拓郎 大村和香子	生物劣化を受けた木造接合部の強度性能評価	p.23-24
2023年3月	第73回日本木材学会大会	福岡市	水久保孝英 小田久人 松元明弘	板目材における吸放湿量の樹種による比較	ウェブ閲覧
2023年3月	第73回日本木材学会大会	福岡市	荒木博章 松元明弘 兒玉了一 田中 洋 加藤英雄	スギ大径材から製材した枠組壁工法構造用製材の強度特性-206材の引張強度特性-	ウェブ閲覧
2023年3月	第73回日本木材学会大会	福岡市	須原弘登	リン酸水素二カリウムによるイエシロアリの食害促進	ウェブ閲覧

注1 共同研究者の所属は省略しています。

2-8 研究発表表(展示)

発行年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	田中 洋 兒玉 了一 藤元嘉安 森田秀樹 姜 錫求	南九州産ヒノキラミナと韓国産カラマツ合板で構成された Ply Core CLT の強度性能(4)ー構造用ビス引抜性能ー	ウェブ閲覧
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	中谷 誠 山形海斗 森 拓郎 村上勝英	ビスによる木質材料のせん断補強効果について	ウェブ閲覧
2022年11月	第28回日本木材学会九州支部大会	熊本県 (web開催)	徳丸善浩 池田元吉 荒木博章	スギ大径材から得られる幅広・厚板を利用した床構面の強度性能評価について	ウェブ閲覧
2023年3月	第74回日本木材学会大会	福岡市	松元 明弘 荒木 博 兒玉 了一 中谷 誠 田中 洋 藤元 嘉安 森田 秀樹 姜 錫求	南九州産ヒノキラミナと韓国産カラマツ合板で構成されたPly Core CLTの曲げクリープ性能について	ウェブ閲覧
2023年3月	第73回日本木材学会大会	福岡市	中谷 誠 坪井航揮 森 拓郎 田中 圭 腰原幹雄	集成材に用いたラグスクリューボルトの圧縮性能	ウェブ閲覧
2023年3月	第74回日本木材学会大会	福岡市	岡本滋史 中谷 誠 秋山信彦	CLTIに挿入したビスの引き抜き性能に対する水掛かりの影響	ウェブ閲覧
2023年3月	第74回日本木材学会大会	福岡市	森 拓郎 有木彩乃 宮内輝久 伊佐治信一 中谷 誠	屋外暴露環境下でのCLT・集成材の内部含水率に関する研究	ウェブ閲覧

注 1 共同研究者の所属は省略しています。