

2 試験研究業務

2-1 高品質・効率的かつ大径材加工に対応した生産体制の構築

2-1-1 スギ大径材から得られる心去り材の木取りや乾燥条件が変形挙動等に及ぼす影響の解明及び板材の生産性向上を目的とした乾燥技術の開発

(1)スギ心去り材の木取りや乾燥条件が変形挙動等に及ぼす影響の解明

松元 明弘、小田 久人

1. はじめに

現在、本県の人工林の齢級別面積は、10 齢級以上の立木面積が約 5 割を占めており、今後、原木供給量に占める大径材の割合はさらに増加していくことが予想される。このため、県産材の利用拡大を図るには、大径材の利用推進を図ることが不可欠となってきた。

大径材の場合、1 本の丸太から正角や平角等、断面の大きな材を複数取ることができるが、この場合、得られる材は心去り材となり、断面における年輪走向には偏りが生じる。このため、製材工場や建築現場では、この年輪走向の偏りによって生じる曲がりや変形が懸念されており、市場においては、心去りの正角や平角の流通量はごく限られた量に留まっている。

心去り材で生じる変形や曲がり、製材時における生長応力の解放や乾燥過程で生じる収縮異方性によるものであるが、これらの過程を経た後、すなわち、製材後、気乾含水率以下に仕上げた材であれば、心去り材であってもその後の変形挙動は小さいと考えられ、構造材としての利用においても支障なく使えるはずである。

そこで、本研究では、スギ大径材から得られる心去り材の曲がりや変形が大きいという印象を払拭し、構造材としての利用を推進するため、十分な乾燥処理を施した心去り材の自然環境下（温湿度変動下）における変形挙動について検討した。本報では、令和 5 年度に実施したスギ心去り平角の人工乾燥材と天然乾燥材の変形挙動の測定経過を報告する。

2. 実験方法

2. 1 試験体と試験条件

試験には、仕上げ寸法 105×210×3,000mm の宮崎県産スギ心去り平角の人工乾燥材（高温セット処理＋中温乾燥）10 本と天然乾燥材 10 本をそれぞれ用いた。製材木取りはいずれも 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）。人工乾燥材は、令和 3 年の 7 月に、蒸気式乾燥機を用いて表 1 に示す条件にて乾燥し、その後、令和 5 年の 4 月まで屋内に積み重ねていたものを用いた。また、天然乾燥材は、令和 3 年 7 月から令和 5 年 4 月までの間、屋内に積み重ねていたものを試験に供した。いずれも表面未仕上げの状態で積み重ねていたものを令和 5 年 4 月下旬に表面仕上げし、写真 1 に示す形で屋内に静置し、5 月から令和 6 年 2 月にかけて、月 1 回の頻度で重量及び寸法等を測定した。

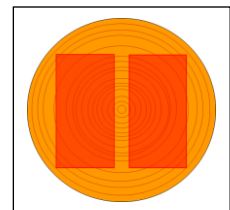


図 1 試験体の木取り

2. 2 試験体の測定

試験体の測定は、重量および試験体長さ方向中央部における幅（A・C 面）と高さ（B・D 面）の直交する 4 材面の寸法を測定した。また、試験体長さ方向の曲がり量を測定するため、弓なりに曲がった試験体の凹側に生じた矢高量を測定した（図 2 参照）。さらに、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。

3. 試験結果

静置期間中の天乾材および人乾材の個々の重量推移と重量増減率および試験体静置場所の温湿度推移を図 3 に示す。上段の重量推移においては天乾材、人乾材ともにほぼ横ばいの推移に見えるが、中段の重量増減率を見ると、下段の温湿度変化に合わせて、いずれも重量が増減している様子が見てとれる。また、両者の重量増減率を比較すると、天乾材の最大増加率が 101.1%であったのに対し、人乾材で

表 1 人工乾燥スケジュール

工程	合計時間 (hr)	単位時間 (hr)	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)
昇温	2	2	95	95
蒸煮	8	6	95	95
昇温	10	2	120	90
高温セット	28	18	120	90
降温	29	1	90	60
中温乾燥	506	477	90	60



写真 1 スギ心去り平角試験体の静置状況

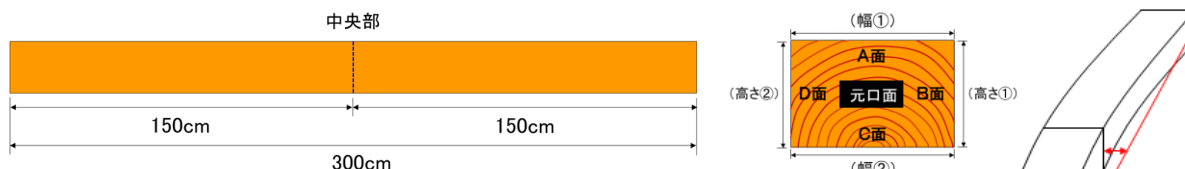


図2 試験体寸法測定位置(左図)と寸法測定面(中央図)および矢高量の測定(右図)

は 100.7%と天乾材の変動率がやや大きい傾向にあった。一方、最大減少率においても、天乾材が 99.0%であったのに対し、人乾材では 99.6%となっており、最大増加率と同様に天乾材の最大減少率が大きい傾向にあった。図 4 は試験体の幅 (A 面) と高さ (B 面) の変動推移と膨潤収縮率の推移を示したものであるが、天乾材、人乾材ともに重量の増減に合わせて、幅、高さともに膨潤収縮している様子がうかがえる。また、天乾材と人乾材における幅の膨潤収縮率の最大値と最小値の差を比較すると、天乾材で 0.7%、人乾材で 0.47%と天乾材で変動幅は大きく、高さにおいても天乾材で 0.62%、人乾材で 0.41%となっており、幅と同様の傾向が認められた。図 5 は矢高量の推移を示したものであるが、全試験体とも試験開始時を変化量 0 とし、その後の矢高量の増減を示す形で表示している。とくに A・C 面方向において、人乾材に比べて、天乾材の矢高の変動量が大きい傾向が認められた。図 6 は天乾材および人乾材の A・C 面における表面割れ面積の推移を示したものである。A 面の推移を見ると、人乾材では、期間を通して概ね横ばいの推移を示しているが、天乾材では、割れ面積が増減しており、温湿度変化に応じて表面割れが閉じたり開いたりしている動きが認められた。

試験はまだ継続中ではあるが、以上の結果から、心去り平角材の自然環境下 (温湿度変動下) における変形挙動は、人乾材に比べて、天乾材の重量変動率が大きいとともに、寸法変化率や曲がりの矢高等に関しても、天乾材の変動量が大きい傾向が認められた。今後は心持ち材の測定も加えていくことで、より詳細な検証を行っていく予定である。

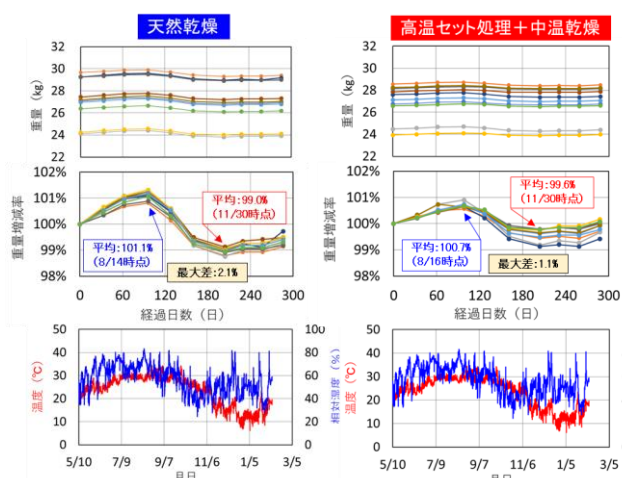


図3 試験体の重量推移(上段)と重量増減率(中段)および保管場所の温湿度推移(下段)

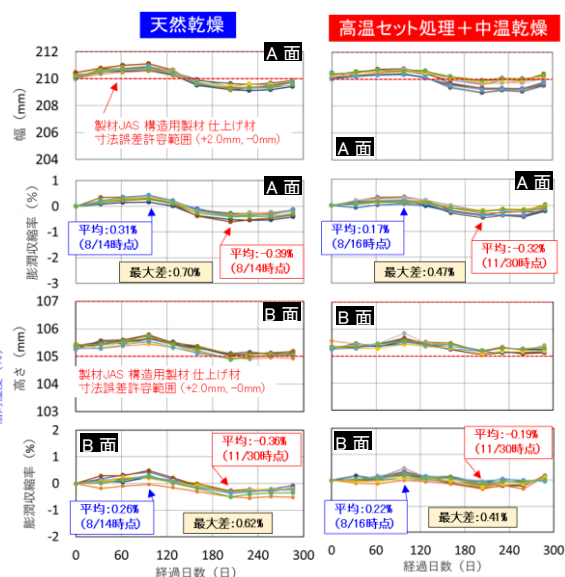


図4 幅および高さの変動推移(1, 3段目)と膨潤収縮率の推移(2, 4段目)

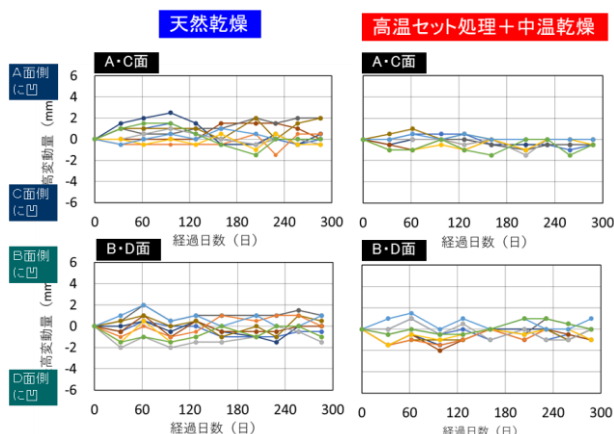


図5 矢高の変動量

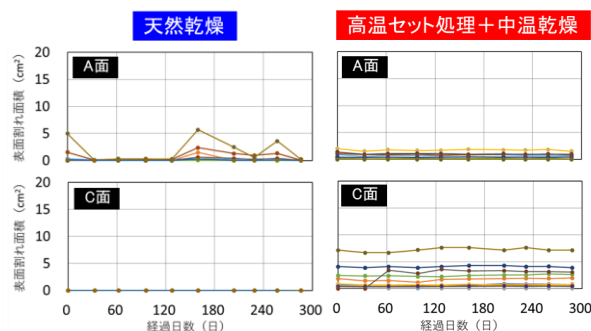


図6 表面割れ面積の推移

2-1-1 スギ大径材から得られる心去り材の木取りや乾燥条件が変形挙動等に及ぼす影響の解明及び板材の生産性向上を目的とした乾燥技術の開発

(2) スギ板材の生産性向上を目的とした乾燥技術の開発

※児玉了一、松元明弘

1. はじめに

ウッドショック等を背景に木材需給のバランスが乱れ木材価格が異常に上昇した。このような中、外材の代替材として国産材に注目が集まるが需要に応えることができない状況であった。そこで、県産スギ KD 板材の生産性向上を目的として新たな乾燥技術に取り組んだ。

2. 目的

新たな乾燥技術とはホットプレスに設置された熱盤のみを利用した乾燥方法で、製材後すぐにホットプレスにて熱盤乾燥させる。今回、熱盤温度と加熱時間により得られた品質について検証した。

3. 実験

(1) 試験体

宮崎県産材スギ（心去り材） ① 45（厚）×155（幅）×3,000mm ② 30（厚）×130（幅）×3,000 mm

(2) 試験方法及び目標品質

試験体の幅広面上下にホットプレスの熱盤をあて乾燥仕上げを行う。品質は含水率 12%以内、内部割れなし、表面割れが軽微と認められるものを目標とした。

(3) 試験結果

概要を表 1, 2 に示す。乾燥仕上後の仕上り及び内部割れの状況を図 1, 2（厚 45mm）、図 3, 4（厚 30mm）に示す。

表 1 県産スギ 45mm 厚

試験体数 n	温度 ℃	重量区分	加熱時間 h	品質【乾燥仕上後】		
				含水率 %	表面割れ 有・無	内部割れ 有・無
3	100	軽	33	18.3 ~ 24.9	有（極少）	無
3	105	軽	27	16.0 ~ 27.5	有（極少）	無
〃	〃	〃	40	10.9 ~ 15.4	有（木口割れのみ）	有（極少）
〃	〃	中	52	7.3 ~ 17.8	無	有（極少）
3	110	中	16	12.8 ~ 15.1	無	有（小）
〃	〃	軽	18	21.0 ~ 34.5	有（中）	有（多）
〃	〃	中	22	22.8 ~ 46.4	有（多）	有（中）
〃	〃	軽	24	10.5 ~ 19.8	有（極少）	有（中）
〃	〃	重	26	32.4 ~ 47.7	有（多）	有（多）
〃	〃	中	28	13.0 ~ 26.8	有（極少）	有（中）
3	112	軽	18	17.0 ~ 33.0	有（少）	有（多）
〃	〃	中	22	14.6 ~ 42.2	有（多）	有（多）
〃	〃	重	26	37.8 ~ 61.6	有（多）	有（多）
3	115	軽	18	10.3 ~ 20.3	有（少）	有（中）
〃	〃	中	22	22.1 ~ 28.9	有（少）	有（中）
〃	〃	重	26	18.6 ~ 45.7	有（少）	有（中）
3	120	中	16	12.3 ~ 13.7	有（少）	有（中）
〃	130	軽	16	2.8 ~ 15.1	有（多）	有（中）
〃	140	中	16	4.4 ~ 13.6	有（多）	有（多）



図 1 45mm 厚 乾燥終了後の表面（左：105℃-40h 右：105℃-52h）



図 3 30mm 厚 乾燥終了後の表面（左：105℃-23h 右：105℃-28h）

表 2 県産スギ 30mm 厚

試験体数 n	温度 ℃	重量区分	加熱時間 h	品質【乾燥仕上後】		
				含水率 %	表面割れ 有・無	内部割れ 有・無
4	105	軽	23	7.1 ~ 9.9	無	有（極少）
〃	〃	中	28	9.5 ~ 18.5	無	無

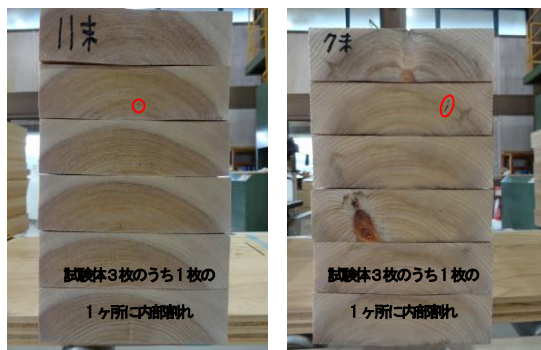


図 2 45mm 厚 内部割れ（左：105℃-40h 右：105℃-52h）

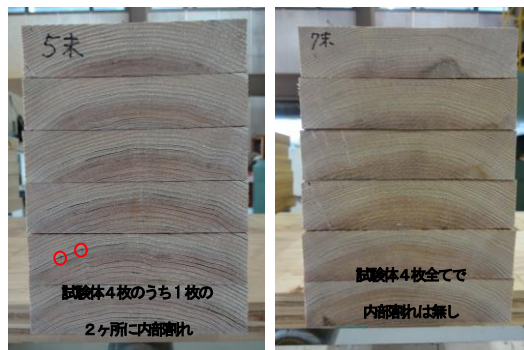


図 4 30mm 厚 内部割れ（左：105℃-23h 右：105℃-28h）

表 3

	生材重量区分	生材含水率 %	熱盤温度 °C	加熱時間 h
45mm厚	軽量	~ 70	105	40
	中量	70~100	105	52
30mm厚	軽量	~ 70	105	23
	中量	70~100	105	28

4. まとめ

乾燥により得られる含水率は生材時の含水率に左右されること、また、今後、実用上の品質許容範囲について検討を要するが、45mm 厚及び 30mm 厚の県産スギ板については表 3 に示す熱盤温度、加熱時間により実用上支障のない乾燥材に仕上がることを明らかにした。

荒木博章、松元明弘、兒玉了一、田中 洋
(熊本林研セ) 徳丸善浩

【緒言】

スギの大径化に伴いその活用が大きなテーマとなっているが、大径材からは小中径材に比べて節等の少ない高品質な板材を得ることが期待できるため、今後は構造用材としての利用を増やすことが需要拡大につながると考えられる。構造用途としては構造用集成材ラミナのほか、非住宅建築物の木造化の動きに伴う活用、例えば畜舎等でのトラス部材としての利用も期待される。本研究では、大径材より得られる板材の引張及び曲げ強度特性について、主に木取りとの関係に着目して検討を行ったので報告する。

【実験方法】

今回の試験材は 11 本のスギ丸太から製材した。丸太の諸元を表 1 に示す。長さは 4m、丸太の末口直径、動的ヤング係数の平均値はそれぞれ 46cm、4.7kN/mm² である。本研究で用いた試験材は図 1 に示すとおり髓より樹皮に向かって製材した板材であり、荒挽き寸法は 38×120mm、中温乾燥後に仕上げ寸法を 35×115mm とした。なお、供試した丸太には予めくん煙熱処理を行っている。各丸太から 5～6 枚、計 53 枚の供試材を得て、末口側から平使いで曲げスパンを厚さ 35mm の 21 倍とした曲げ試験体、残りからチャック間距離を幅 115mm の 18 倍とした引張試験体を採取して、それぞれ縦振動法による動的ヤング係数 (E_H) を測定後に試験を実施した。なお、引張ヤング係数を得るためチャック間中央を基準に標点間距離を 1000mm として変位を測定した。また、曲げ試験体については丸太単位で密度が均等になるよう振り分けて木表側及び木裏側からの加力を行った。試験の状況と加力方向について図 2 に示す。

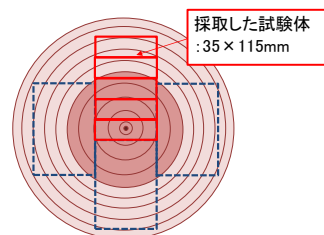
【結果および考察】

E_H と引張及び曲げヤング係数の関係について図 3 に示す。なお、各特性値は文献 1) にある国内の解析による提案式を参考にして含水率 15% 時の値に補正した値である（以下、丸太の値以外については同様に補正）。どちらも高い相関を示しており、大径丸太から得た板材でも E_H で概ね引張及び曲げヤング係数を把握できると考えられる。次に、ヤング係数と引張強さ及び曲げ強さの関係について図 4 に示す。どちらもヤング係数との高い相関がみられた。また、曲げ試験については木表加力ー木裏加力間に有意差がみられるものの ($p=0.0281$)、加力方向に関わらず告示 2) で示されるヤング係数の区分毎の基準強度は上回った。一方、引張強さに対しては基準強度を下回る試験体もみられたが、それらは主に節によって規格外とされるものであった。ここで、強度性能に及ぼす木取りの影響を検討するため、図 5 に髓からの距離と板材の E_H / 丸太の E_H の関係を、図 6 に強度との関係を示す。なお、髓は引張試験体の末口面の位置を基準として示している。図 5 より、髓から樹皮に向かって 90mm 付近まで強度特性が上昇し、その外側は安定するという長尾らの報告 3) と同様の傾向がみられた。また、図 4 と図 6 の引張強さとの比較から、規格外であった引張強さの低い材は概ね髓に近い位置で木取りされた材であることがわかる。一方、曲げ強さに関しては加力方向の影響がみられ、木表加力の場合は樹皮寄りの木取り位置でも低いものがあったものの、木裏側加力については引張強さと同様に髓からの距離に伴う上昇・安定化の傾向がみられた。以上をふまえ、例えば構造用途を想定した木取りとして髓より 90mm 以上離れた位置から丸太段階で測定した E_H に基づき所望の板材を効率よく生産するといった手法が考えられ、大径材の有効利用につながれると考えられる。

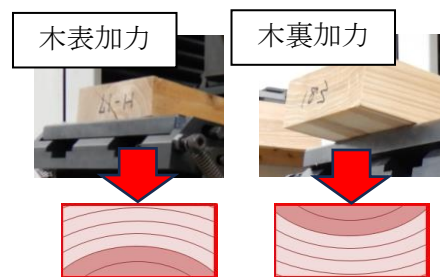
【参考文献】1) 構造用木材の強度試験マニュアル, (公財) 日本住宅・木材技術センター編, P90 (2011)、2) 平成 12 年建設省告示第 1452 号 (令和 2 年 8 月 28 日改正)、3) 長尾博文ほか, 第 68 回日本木材学会大会研究発表要旨集, D14-04-1545 (2018) 【謝辞】 試験材の調達に御協力いただいた熊本県林業研究・研修センターの関係者の皆様に感謝申し上げます。

表－１ 丸太の諸元

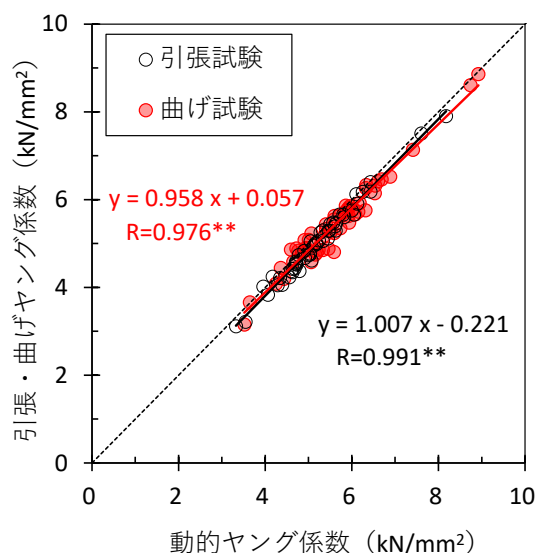
	材長	末口直径	元口直径	密度	動的 ヤング係数	末口側 平均年輪幅
	mm	cm	cm	kg/m ³	kN/mm ²	mm
平均	4166	46.4	55.1	669	4.73	5.3
最小	4045	41.4	50.6	541	4.20	4.0
最大	4285	50.3	60.2	740	5.43	6.5
標準偏差	68.01	2.78	3.26	58.5	0.41	0.7
変動係数 (%)	1.63	6.00	5.91	8.75	8.57	13



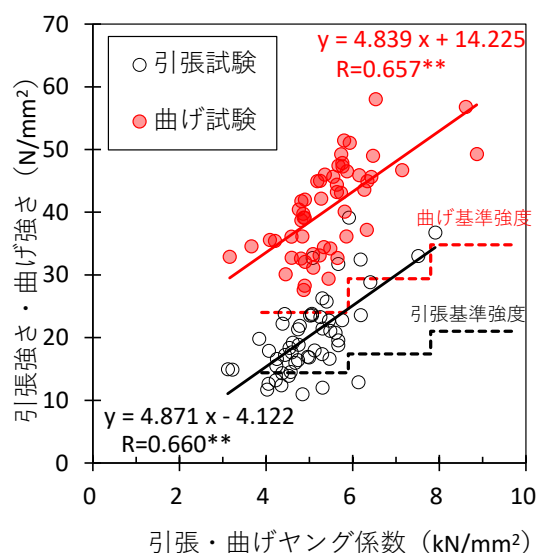
図－１ 試験材の木取り



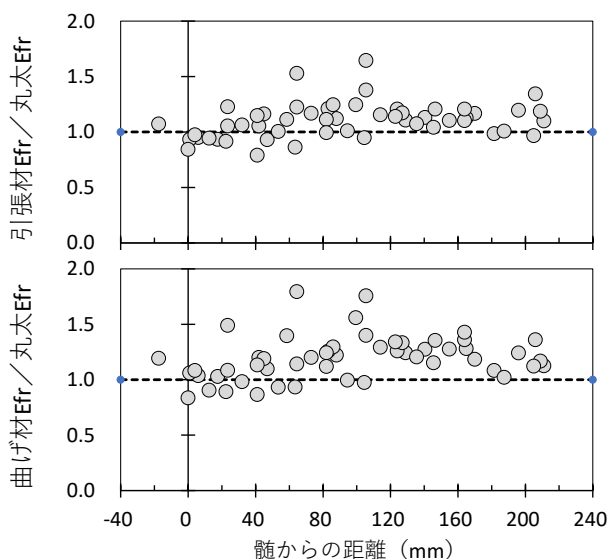
図－２ 試験の状況（左図）と曲げ試験時の加力方向（右図）



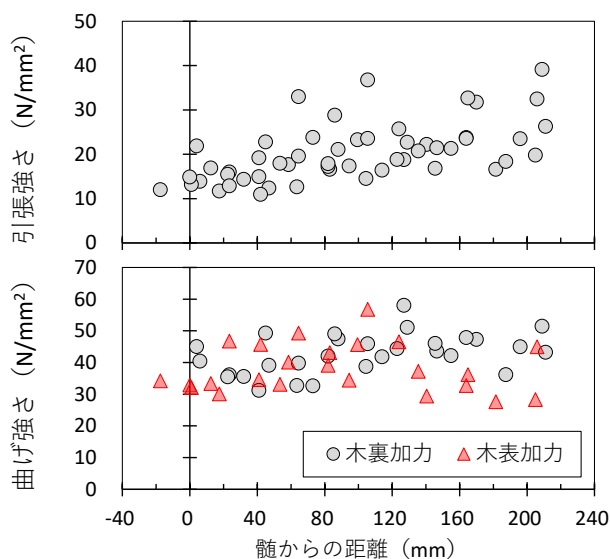
図－３ 動的ヤング係数と引張・曲げヤング係数



図－４ ヤング係数と引張・曲げ強さ



図－５ 髄からの距離と板材の E_{fr} / 丸太の E_{fr}



図－６ 髄からの距離と引張強さ及び曲げ強さ

田中 洋、児玉了一、荒木博章

1. 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、一定の条件下ではそ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、製材の日本農林規格（JAS）における目視等級区分で規格外に格付けされる割合が高い場合¹⁾や、曲げ強度が加力方向によって異なる場合²⁾があり、心去り材に現れる流れ節等がそれらに影響を与えた可能性が指摘されている。また、心去り材においては、JASによる節径比が心持ち材と同等であったとしても、節と強度の関係は心持ち材のケースとはかなり変わることが予想³⁾される。そこで、本研究ではスギ心去り材の品質評価を行うとともに、節が強度性能に及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

供試材は、スギ大径丸太から採材した追い杭木取りの心去り正角（105mm×105mm×3000mm）42本であった。図1に試験体の木取りおよび乾燥方法等の概要を示す。試験体の製材、乾燥は2015年7月に実施³⁾され、その後、本試験に至るまで約7年間実験棟内で保管され

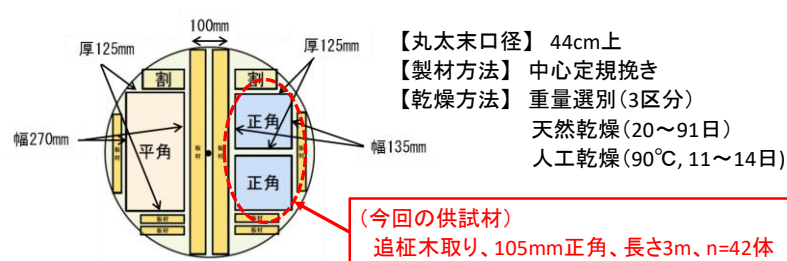


図1 試験体の木取りおよび乾燥方法

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、表面割れや内部割れは観察されていなかった。

各試験体について、JASの甲種Ⅱで規定された材面の品質の基準で目視等級を判定するとともに、密度、縦振動ヤング係数、および曲げ試験時の荷重点間における最大節面積比（節を木口面に投影した面積の木口断面積に対する比）を測定した。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（木表側から加力38体、木裏側から加力4体）。試験には実大強度試験機（前川試験機製作所製 SAH-100-MZ）を用い、加力速度は5mm/minとした。試験体の試験時密度は352kg/m³（S.D. 24.0 kg/m³）、全乾法による含水率は12.0%（S.D. 0.484%）であった。

3. 結果および考察

表1に試験結果を示す。乾燥後の試験体の長期保管中における曲がりや割れの増大は見られなかった。最大節径比の値は、南九州地域産の一般的なスギ心持ち正角⁴⁾に比べて大きい値を示したが、JAS甲種Ⅱの目視等級区分の結果、規格外の試験体は1体のみであり、2級の出現頻度が最も高かった（1級12%、2級55%、3級31%）。材縁部の最大節径比により等級がほぼ決定づけられ、中央部最大節

表1 試験結果一覧

n = 42

	平均年輪幅 (mm)	繊維傾斜 ^{a)} (mm)	曲がり ^{b)} (%)	最大節径比 (%)		集中節径比 (%)		節面積比 ^{c)} (%)	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)
				材縁部	材中央部	材縁部	材中央部				
平均値	5.29	30.0	0.13	21.6	27.8	23.2	33.9	6.74	6.31	5.78	32.4
最小値	3.48	9.52	0.050	2.9	0.0	2.9	0.0	0.00	4.13	3.69	23.6
最大値	9.62	68.3	0.23	50.5	49.5	50.5	63.8	23.8	7.54	6.93	44.7
標準偏差	1.19	15.7	0.044	7.64	11.0	10.0	14.7	5.30	0.793	0.725	5.41
変動係数(%)	22.6	52.3	34.9	35.3	39.5	43.4	43.3	78.7	12.6	12.5	16.7

^{a)} 材長1m当たりの傾斜高、^{b)} 矢高/材長、^{c)} 節を木口断面に投影した面積/木口断面積×100

※1 最大節径比と集中節径比は材全体における値 ※2 節面積比は曲げ試験時の荷重点間における値

※3 荷重点間における材縁部および材中央部の最大節径比(平均値)は、それぞれ14.9%、15.1%

径比によるものが2体、集中節径比、平均年輪幅および曲がりによるものが各1体であった。また、全ての試験体がJAS機械等級区分構造用製材の節径比の基準に適合した。

図2に示すように、本試験体には材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存在した。図3に曲げ試験の破壊部における節について最大節径比と最大節面積比を比較した結果を示す。同図には心持ち正角における最大節面積比の計算値も併記した。心去り材の最大節面積比は、JASの節径比が等しい心持ち材と比較すると平均で約1.2倍(0.1倍～3.5倍)に相当する値を示し、試験体ごとのばらつきが大きかった。

表1に曲げ試験の結果を示す。試験体の破壊形態は最大節に起因するものが全体の83%を占めており(最大節以外の節部で破壊:12%、目切れ:2%、無節材:2%)、単独節の位置で破壊する傾向が明確であった。図4に破壊部における最大節径比および最大節面積比と曲げ強さ(MOR)の関係を示す。破壊形態を考慮すると、節がMORに影響を及ぼしたことは明らかであったが、本試験では節に関わる指標とMORの間に統計的に有意な相関は認められなかった。スギの材面に現れる節の大きさは輸入材等の他樹種に比べて小さく、実大材の強度変動に与える影響が比較的少ないことが示唆された。なお、曲げヤング係数(MOE)と節径比等の関係も同様であった。

図5にMOEとMORの関係を示す。図6に目視等級ごとの強度分布を示す。MORの予測に関しては、MOE単独の場合が最も効果的で、視覚的因子のうちMORとの間に有意な相関が認められたものは平均年輪幅のみであった。JASでは、心持ち材と心去り材の違いなどを考慮せずに同一の品質基準で等級区分を行うこととされているが、図5および図6のとおり心去り材においても各機械等級ならびに目視等級の基準強度を概ね満足することが確認された。

4. 参考文献

- 1) 椎葉淳、荒武志朗、森田秀樹、井上正文：日本建築学会構造系論文集、78(688)、p.1105-1112、2013。
- 2) 飯島泰男：構造用木材-強度データの収集と分析、日本木材学会木材強度・木質構造研究会、p.1-41、1988。
- 3) 兒玉了一：現代林業、No.605、p.30-35、2016。
- 4) 例えば、田中洋、荒武志朗：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。
- 5) 例えば、村田功二：ティンバーメカニクス 木材の力学理論と応用、日本木材学会木材強度・木質構造研究会編、海青社、p.35、2015。

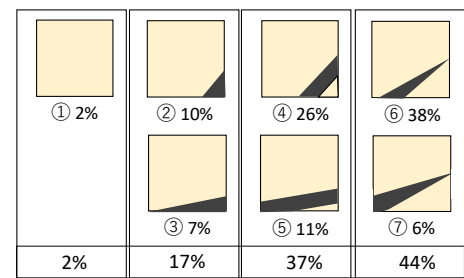


図2 節の形態別出現頻度(破壊部)

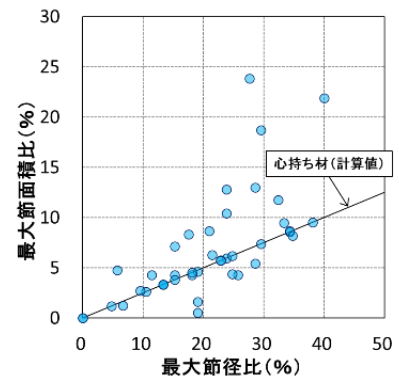


図3 節径比と節面積比の関係

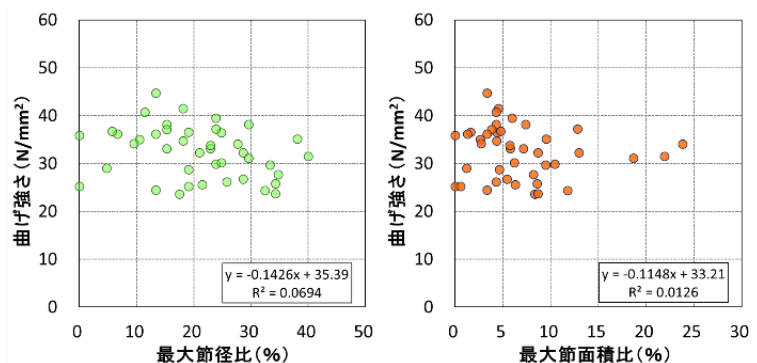


図4 最大節径比および節面積比とMORの関係

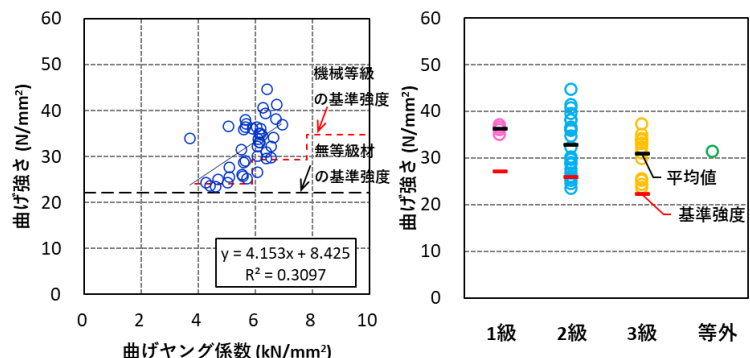


図5 MOEとMORの関係

図6 目視等級別MOR分布

2-2 木質バイオマス活用の推進

2-2-1 木質バイオマス発電所より排出される精油等の抗蟻性に関する研究

岩崎新二

1 緒言

これまで LVL 製造工場のスギ材乾燥工程で排出される蒸気中に含まれる高粘度の油脂類（エマルジョン油・ヤニ）について、防腐試験や屋内外で耐蟻性試験を行い、国内で分布の多いイエシロアリ、ヤマトシロアリの両種に対する忌避効果を確認した。

また、FIT 制度の導入により、県内にある木質バイオマス発電所が多く建設されているが、その一つである発電所では、ペレット製造工程の中で 100L/月程度の精油が回収されている。しかしながら、この精油は現在の所適切な用途が無く、有効利用が求められている。

そこで、本研究ではヤマトシロアリに対する防蟻性能を検証することで、木材保存処理剤等への活用を目指すこととした。

2 実験方法

供試虫：ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*)

供試材：スギ辺材 (L20×D20×H5mm 約 0.6g)

処理剤：精油 (3%、5%、10%—エタノール希釈)

処理方法：加圧注入 (1.2MPa)

2.1 強制摂食試験

試験は JIS K 1571 : 2010 に準じて行った。コンテナボックス (アステージ(株)STBOX7 容積 4L) に石膏で底を固めたアクリル筒 (φ74mm、高さ 60mm) に海砂 (10g) を入れ、その上に試験体各 1 個を設置した。その中に職蟻 150 頭、兵蟻 10 頭を投入し、3 週間経過後の試験体重量減少量を測定し摂食量とした。

2.2 選択摂食試験

海砂 (135g) を薄く敷いたコンテナボックス (STBOX7 容積 4L) に各濃度のエマルジョン油で処理した試験体 2 組を設置し、ヤマトシロアリ (2.5~3g=職蟻 180~220 頭/検体) を投入し、4 週間経過後の試験体重量減少量を測定し、摂食量とした。

3 結果と考察

強制摂食試験の結果を図 1 に示す。精油では無処理の摂食量が 0.19g であるのに対して、3%で 0.18g、5%で 0.14g、10%で 0.14g であり、無処理と 5%及び 10%処理に有意差がみられた。

選択摂食試験の結果を図2に示す。精油では無処理の摂食量が1.09gであるのに対して、3%で0.14g、5%で0.13g、10%で0.04gと摂食阻害効果が見られた。無処理の摂食量は大きかったため7～10日ごとに試験片を追加した。無処理と3%、5%、10%処理に有意差が見られ、その効果は3%処理でも十分と思われた。自然環境下では、シロアリの食行動は選択摂食試験の状態に近い振る舞いをすると思定されるため十分に実用的な効果があると考えられる。

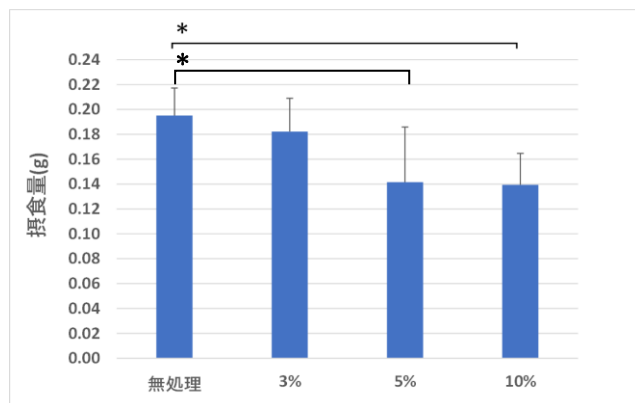


図1 強制摂食試験 (n=5)

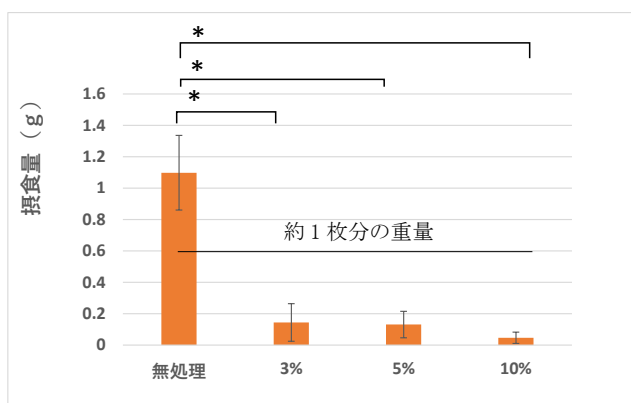


図2 選択摂食試験 (n=8)

4 まとめ

ヤマトシロアリを用いて木材バイオマス発電所より排出される精油の抗蟻性能試験を行った。

- (1) 強制摂食試験では、無処理と5%及び10%処理に有意差が見られた。
- (2) 選択摂食試験では、3%処理濃度で高い摂食阻害効果を示した。また、選択摂食試験は、自然環境下に近いと考えられることから、実用的な効果が十分あると考えられる。

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 新たな木材需要創出に向けた取組の推進

2-3-1 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 13 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。表 1 に今回用いたクローンとその産物を示す。テルペンの純度は GC-MS 分析により検出されたピークの面積比により算出している。

また、入手が容易なジテルペンであるアビエチン酸(マツヤニの主成分)を CYP で変換して得られた代謝物についても抗蟻性能評価を行った。

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 16 mg を添加し、オーブン(105℃)で 5 分間乾燥し、秤量したものをを用い、JIS K 1571 に準じて強制摂食試験を行った(n=3, 対照のフェルギノールのみ n=6)。14 日間食害処理を行った後、試験体の重量減少を評価した。

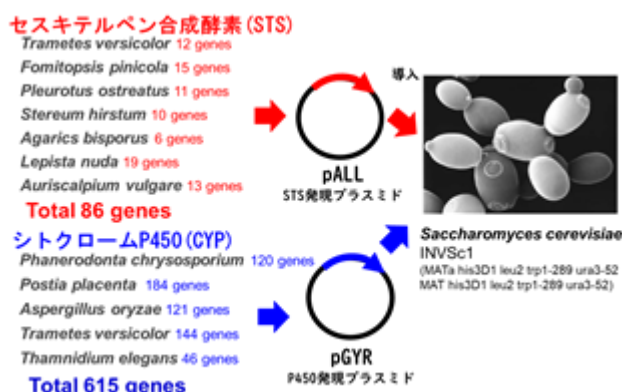


図 1 本研究で用いる酵母ライブラリ

3. 結果

STS ライブラリより選抜した 13 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が無処理区に対して 10.1% (n=6) まで低下したが、今回用いた 13 クローンでは試験結果が大きくばらつくものが多く、評価することが難しい結果となった(図 2)。この中で PpSTS-14 と AvSTS-01 が同様の結果を示し、複数回の試験で高い食害抑制効果を見せた。この二つのクロンの代謝物はいずれも *iltremulanol A* であることから、再現性の確認は必要であるが、食害抑制効果を持つ可能性があると考えられた。試験結果がばらついた要因としては、テルペンをろ紙に吸着させたのち、短時間ではあるが熱乾燥を行ったため、テルペンの一部が揮発した可能性が考えられた。このことから再試の際はテルペンの揮発を抑える工夫をしたい。

図 3 にアビエチン酸とその代謝物であるデヒドロアビエチン酸及び E2 代謝物(構造未決定)の食害阻害率を示す。本試験では対照のフェルギノールの食害率が無処理区に対して 13.4% (n=3)まで低下したのに対して、アビエチン酸の食害率が 33.7%であったものが、デヒドロアビエチン酸、E2 代謝物と代謝変換が進むにつれて、残念ながら、それぞれ 39.7%、68.4%まで低下した。これは CYP が主に水酸化反応を行う酵素であるため、代謝反応の進行により水酸基が導入され、極性が高くなったことと、これにより生体親和性が高くなったことが要因として推察された。

STS クローンの産物を用いた試験と異なり、試験結果が大きくばらつかなかった理由として、本試験で用いているテルペンがジテルペンとその代謝物であることから、揮発性が低く、ろ紙への吸着量が安定していたためと考えられた。

次年度は引き続き STS 遺伝子産物の食害抑制効果を評価し、再現性の高い結果を得たい。併せて、CYP クローンによるテルペン代謝物の防蟻性能についても評価を行い、構造の変化に伴う活性の変化についての知見を得たい。

表 1 試験に用いたクローンとその生産物

クローン名	生産されるテルペンとその純度
PcSTS-03	Epicubenol (100%)
PpSTS-14	Iltremulanol A (100%)
PcSTS-08	α -Bisabolene (100%)
PcSTS-11	Santalene (100%)
PpSTS-08	Δ^6 -Protoilludene (100%)
LnSTS-27	Acora-3,7(14)-diene (100%)
PoSTS-06	Unidentified (100%)
PoSTS-16	α -cuperene (93%), β (4%), δ (3%), β -barabatene (95%) Isobazzanene (5%)
LnSTS-20	
TvSTS-12	γ -Cadinene (100%)
AbSTS-07	δ -Cadinene (87%), etc
AvSTS-01	Iltremulanol A (100%)
PoSTS-11	Nerolidol (100%)

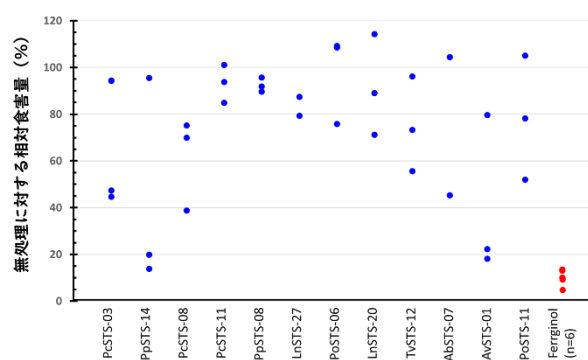


図 2 STS クローンにより生産されたセスキテルペンの防蟻性能試験結果

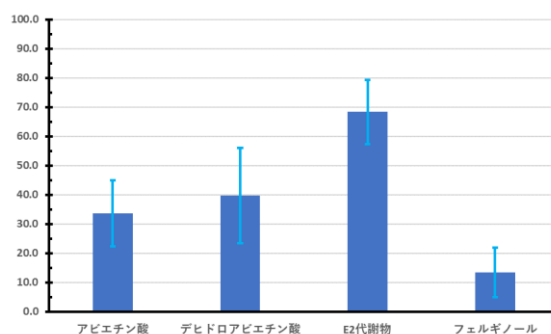


図 3 CYP クローンにより代謝されたアビエチン酸の防蟻性能試験結果

る釘等の接合具の一面せん断抵抗力が壁の耐力発現のベースであるが、実際に有効な接合具の本数は壁の高さによらずほぼ同数であると想像され、ほぼ同等のせん断変形角を生じていると考えられる旨の解説がある。これらを踏まえ、当該条件において横架材間距離を 2,600mm とした場合の耐力への影響はないものと整理した。

その他、軸組に関して集成材と製材の関係や梁せいについても同様の検討を行い、影響ないと思われる範囲を整理した。

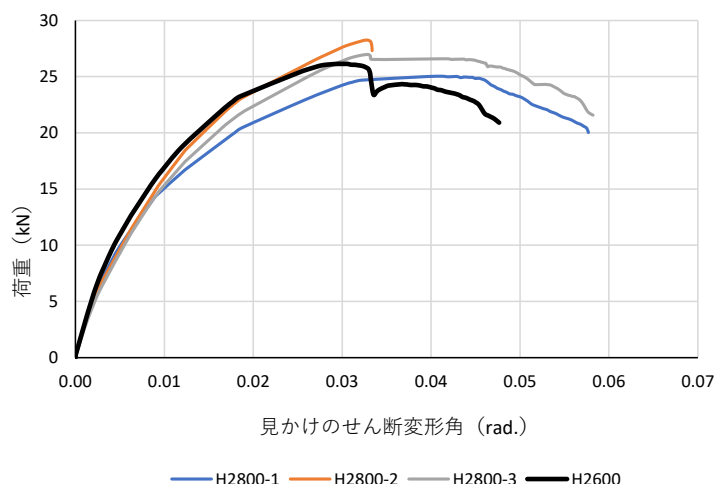


図2 荷重と見かけのせん断変形角の関係

表1 特性値

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)
H2800-1	13.2	12.4	16.7	13.6	25.0	22.8	1661	4.2	7.96	13.70	57.7
H2800-2	15.8	9.1	18.8	14.1	28.3	25.4	1613	2.1	9.80	15.70	33.4
H2800-3	14.5	12.6	18.0	13.6	27.0	24.8	1586	3.7	9.17	15.60	58.1
平均値	14.5	11.4	17.8	13.8	26.8	24.3	1620	3.34	8.98	15.00	49.7
標準偏差	1.30	1.97	1.06	0.29	1.66	1.36	38.0	1.09	0.94	1.13	14.15
変動係数	0.09	0.17	0.06	0.02	参考壁倍率 ($\alpha=0.75$) 5.3 (4.0)						
ばらつき係数	0.96	0.92	0.97	0.99							
P_o	13.9	10.4	17.3	13.6							
H2600	13.6	12.3	17.4	15.2	26.10	23.70	1935	3.89	7.02	12.2	47.6
P_o	12.3				参考壁倍率 ($\alpha=0.75$) 6.2 (4.7)						

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

3. 標準仕様書及びチラシの作成

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た、MLT 耐力壁標準仕様書(図3)をとりまとめた。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。

併せてチラシ(図4)を作成した。施主向けの PR に用いることを想定している。今後はこれらを活用し、認知機会の増加を図っていききたい。

図3 MLT 耐力壁標準仕様書

図4 チラシ

2-5 リフォームなど住宅産業等との連携の促進

2-5-1 調湿機能を高度に発揮する内装木質化に関する研究

椎葉 淳

1. 緒言

内装に使われる建材については、調湿建材登録・表示制度があり、一定の調湿性能基準を満たした建材は調湿建材として登録されている。木材で作られた内装材が調湿建材と同等の調湿性能があることを示せば、香りや肌触りの良さなど木材の特長も考慮して内装を木質化する選択が増えてくると考える。

現在登録されている調湿建材は大部分が木材以外の製品であるが、木材（スギ、ヒノキ）を使用した建材も一部ある。しかし、その製品は近畿地方の木材が主に使われており、宮崎県産材が使われる可能性は極めて低い。宮崎県産材を使用した内装木質化を推進するには、新たな製法で調湿建材並みの内装材を作る必要がある。そのため、スギやほかの樹種の吸放湿性を部材別（心材・辺材、板目・木口）に試験して調湿建材になり得る材料を選び、それを組み合わせて、新たな内装材を開発することを目的とした。

2. 試験方法

内装材に使用する樹種として針葉樹 2 種（スギ、ヒノキ）、広葉樹 5 種（イチイガシ、ケヤキ、クス、センダン、キリ）の計 7 種について各 5 本の丸太（直径約 300～400 mm、長さ約 300 mm）を準備した。

図 1 に示すように、随を外して両側から木口材（ブロック状）、その外側から板目材（板状）を採取した（スギ板目材のみ心材と辺材、それ以外は心材）。これらを実験棟の軒下で約 4 か月間天然乾燥した後、人工乾燥機で含水率 8～9% を目標にして約 1 か月間人工乾燥した。取り出し後、木口材については含水率が目標より高かったため、ブロックから板状に切り出し、追加で人工乾燥した。これらを幅 50 mm×長さ 200 mm×厚さ 10 mm の試験体加工し、恒温恒湿器（エスベック CSH-112）内で温度 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 2\% \text{RH}$ （以下「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について吸放湿面以外の 5 面をアルミテープで断湿し、再び低湿の条件で恒量になるまで養生し、試験に供した（写真 1）。

試験は、一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会の調湿建材判定基準（以下「基準」）に定める吸放湿量試験とした。恒温恒湿器を使用し、JISA 1470-1 : 2014（建築材料の吸放湿性試験方法—第 1 部：湿度応答法）により、周期は 24 時間で行った。吸湿量は、中湿域（相対湿度 50%—75%）における吸湿過程の湿度のステップ変化に対する経過時間 3、6、12 時間後の値を測定した。また、放湿量は放湿過程の湿度のステップ変化に対する経過時間 12 時間後の値を測定した。上記試験において、放湿過程 12 時間後の放湿量が吸湿過程 12 時間後の吸湿量の 70% 未満の場合、中湿域での周期定常吸放湿試験を 4 サイクル繰り返した（写真 2）。

3. 結果及び考察

測定した 7 種のうちスギとセンダンの吸放湿量（平均値）の推移を、それぞれ図 2 及び図 3 に示す。1 サイクル（12 時間）の吸放湿では、部材に関わらず吸湿量が放湿量を上回ったが、吸放湿を繰り返すに従い両者の差は小さくなった。この傾向は他の樹種でも同様であった。また、センダンの木口材は同サイクルの放湿量が吸湿量の 70% 以上であり、キリ木口材でも同様の傾向を示した。

測定した全試験体について、1 サイクル（12 時間）の吸湿量及び放湿量と密度の関係を、それぞれ図 4 及び図 5 に示す。吸放湿量は、全ての樹種において木口材が板目材より大幅に多く、特にヒノキではその差が顕著であった。また、木口材は全ての樹種、板目材はセンダンが基準の数値を上回った。スギにおける心材と辺材の比較では、吸放湿量ともに辺材の方がやや多い傾向であった。なお、吸放湿量と密度の間に相関は見られなかった。

次年度は、基準に定める平衡含水率試験を実施し、試験結果の分析を行うとともに、内装材試作に向けた検討を行う予定としている。

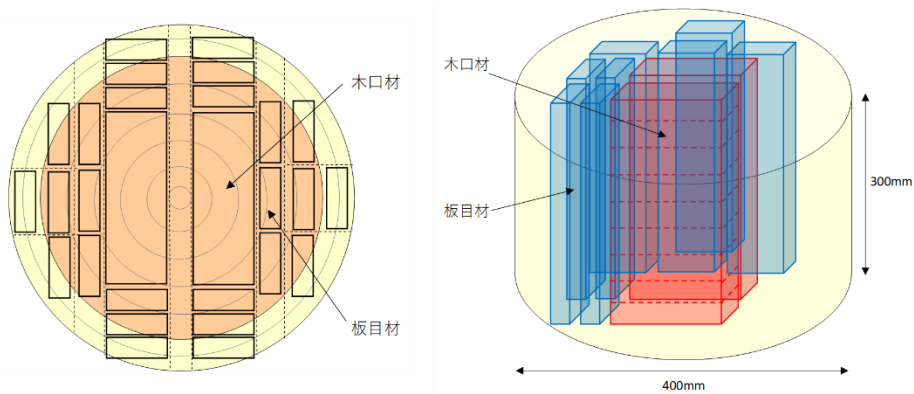


図1 丸太の加工

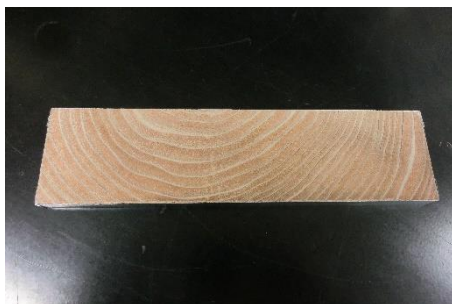


写真1 吸放湿量試験体



写真2 試験の状況

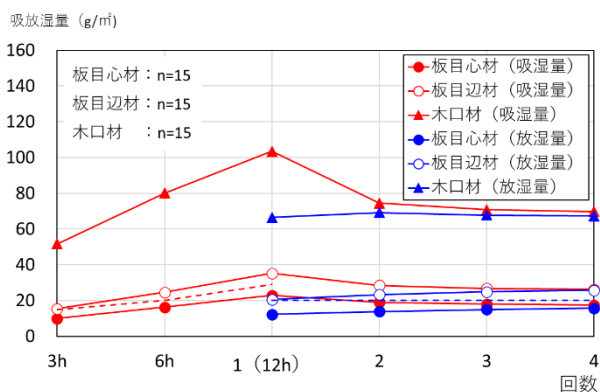


図2 スギ吸放湿量(平均値)の推移

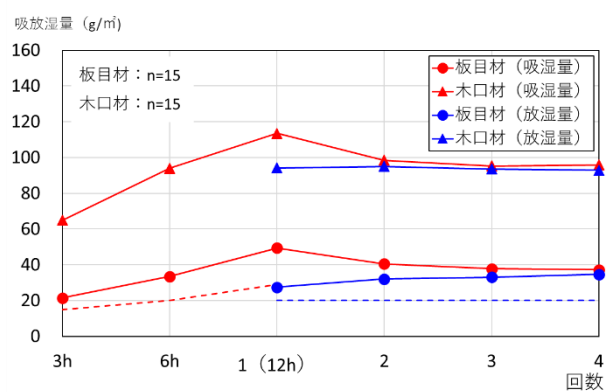


図3 センダン吸放湿量(平均値)の推移

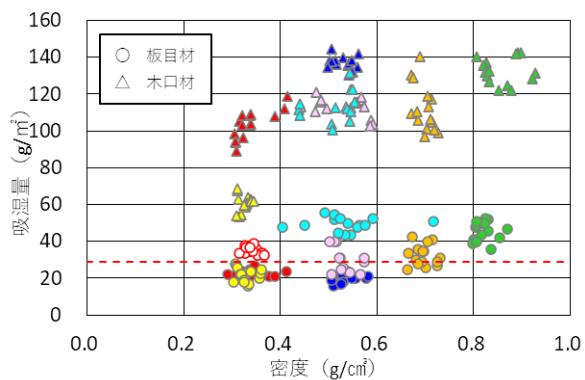


図4 12h(1C)吸湿量と密度の関係

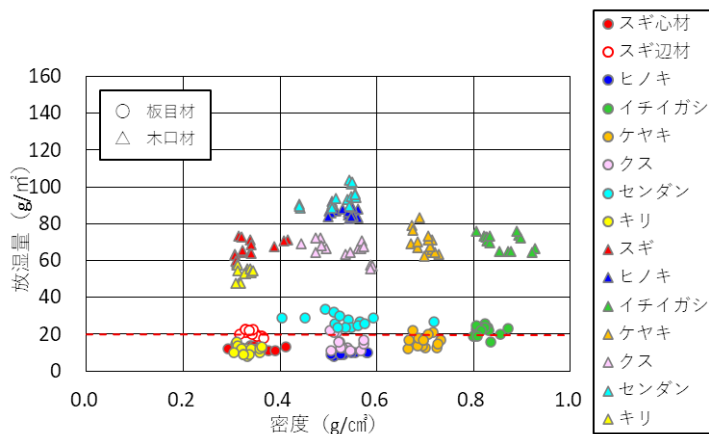


図5 12h(1C)放湿量と密度の関係

2-6 公共建築物・非住宅・土木分野等への利用拡大

2-6-1 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5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 (3)	(3)	2 (12)	1 (1)	1 (2)	5 (21)
市町村	1			1	1 (1)		3 (1)
	10 (10)	3 (5)	3 (7)	7 (4)	6 (7)	11 (7)	40 (40)
計	1			2	1 (1)		4 (1)
	10 (10)	4 (8)	3 (10)	9 (16)	7 (8)	12 (9)	45 (61)

3 ネットワークの構築

関係者間のネットワーク構築を目的とした協議会を設立するため、県内の木造建築に携わる様々な業種を対象としたワークショップ（以下「WS」とする）を開催し、設立に向けて検討を行った。WSは林野庁補助事業（「令和5年度林野庁補助事業 地域における非住宅木造建築物整備推進のうち地域における取組推進」）を活用して開催した。グループワークによる意見交換を中心に、他県の木造取組事例等に関する講話や現場見学会（県内の非住宅木造建築物実例、製材工場、プレカット工場見学等）を全3回実施し、木材生産、製材、プレカット、流通、設計、施工、行政の関係者、延べ42名が参加した。

第1回WSでは「宮崎の課題を整理する」ことをテーマに、業種別に分かれ、4つの議題についてグループワークを行い、各分野の抱える課題を全体で共有、川上・川中・川下の情報共有・連携の必要性や意義を整理した。グループワークの意見を表2に示す。

第2回WSでは、「宮崎の協議会の方向性を検討する」をテーマに、業種を混ぜたグループワークを実施し、各立場の関係者が今後取り組むべき詳細な内容を検討した。取組イメージとして、「木材情報」、「営業」、「研修」といったワーキンググループ（以下「WG」とする）に分かれて活動を行うこととした。

また、協議会の設立に向けた具体的な検討を進めるため、ワークショップ参加者の有志で構成される「協議会設立準備部会」の立上げを行った。

第3回WSでは、「協議会設立に向けた具体的検討」をテーマに、WG別に分かれたグループワークを実施し、各WGで取り組む詳細な内容、優先順位について検討し、ロードマップとして整理した。

全3回を通して整理した協議会の活動内容及び協議会体制イメージについて、表3及び図1に示す。

表3 活動内容

① 森林資源の循環利用
② 県産材を活用した建築物の普及・推進
③ 木造建築に携わる団体や個人の情報共有と連携
④ 技術者の技術力向上と育成
⑤ 各種プロジェクトの発掘
⑥ その他

表2 第1回グループワーク意見まとめ

①非住宅木造が進まない課題
・径級と量と施工計画とのミスマッチング（生産） ・汎用材を活用して欲しい（生産） ・非住宅のイメージがわかりにくい？（製材・プレカット） ・難しい、コスト高の先入観（施工） ・実績が少ない、計画慣れしていない（設計） ・個別の相談先が分からない、いない（意見多数） 等
②他の立場に聞きたい、物申したいこと
・情報が無い、あっても確約されない（生産） ・あまり見た目にこだわりすぎないで欲しい（製材・プレカット） ・価格が不安定、相談先が不明、施工を考えた設計をしている？（施工） ・安定供給、情報の共有、工期の確保、協力体制ある？（設計） 等
③協議会に期待すること
・川上～川下が情報共有できる体制があれば安心して供給できる ・情報共有の場、様々な専門家と集まる機会 ・勉強会、工場見学、県内外の実例見学 ・物件の掘り起こし 等
④他の協議会に聞いてみたいこと
・体制（専門分野、高齢化への対応等） ・運営方法、運営状況 ・協議会設立前後の違い、最も効果的だった活動とその内容 等

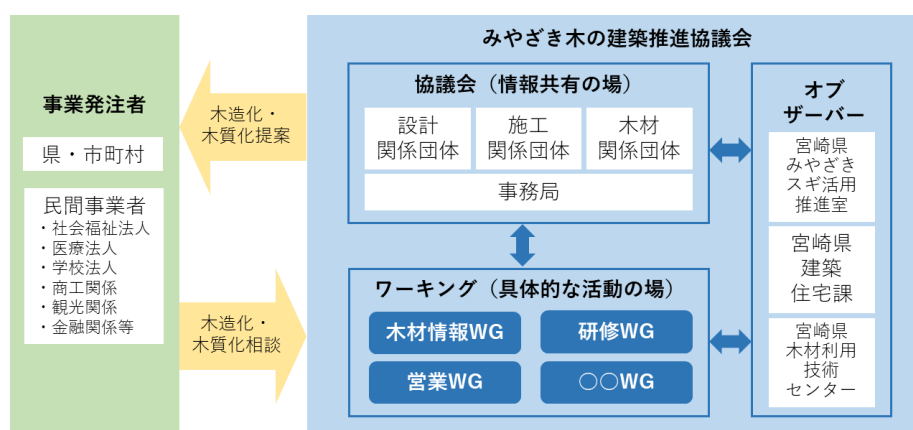


図1 協議会体制イメージ

協議会設立準備部会において、ワークショップ後も協議会設立に向けた準備を進めており、令和6年度中に「（仮称）みやざき木の建築協議会」の設立及び各WGの活動を開始することを予定している。協議会の活動により、新たな木造建築物プロジェクトが発掘され、県産木材の利用拡大及び県内建築物の木造化・木質化の推進に繋がるものと期待している。

1. はじめに

都市の木造化推進法が施行されるなど、本県においても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が、生物劣化による接合強度への影響に関する研究は多くない。これまでの研究において、ドリフトピンやボルト接合部の耐力発現において最もベースとなる支圧強度について、強制的に試験体を腐朽させるファンガスセラーを用いた試験方法の検討し、超音波伝播速度と支圧強度の関係について考察を行ってきた。本研究では、これまでの基礎的な研究成果を踏まえ、実際の接合部を模したドリフトピン接合部を対象とし、超音波伝播速度による非破壊測定と残存性能の関係について明らかにすることを目的とする。

本研究成果により、劣化診断機器の測定値と接合部の残存強度の関係が明らかになれば、建物を安全に長期間使用するための重要な指標になると考える。

2. 実験方法

試験体は使用実績の多い鋼板挿入ドリフトピン接合を想定し、部材はスギ同一等級構造用集成材 (E65F255)、断面寸法は 105 角、長さ 295mm とし、鋼板が納まるスリットを設け、接合具は直径 12mm のドリフトピンを用いた (図 1 参照)。超音波伝播速度は図 1 の①～⑥の位置で測定を行った。試験体数は全 30 体とし、6 体は初期強度試験に用い、24 体は生物劣化を促進させるファンガスセラーに設置した。試験体と初期強度試験の様子を写真 1 に示す。試験体はファンガスセラーの土中にスリット位置まで埋め込み、接合部を強制的に腐朽させている (写真 2 参照)。これまでに、2023 年 2 月に設置後、217 日目 (2023 年 9 月) および 340 日目 (2024 年 1 月) に超音波伝播速度等の測定を実施した。また同時に、含水率の測定 (含水率計: HM520、ケット科学研究所) をドリフトピン位置 (図 1 中③) で実施した。

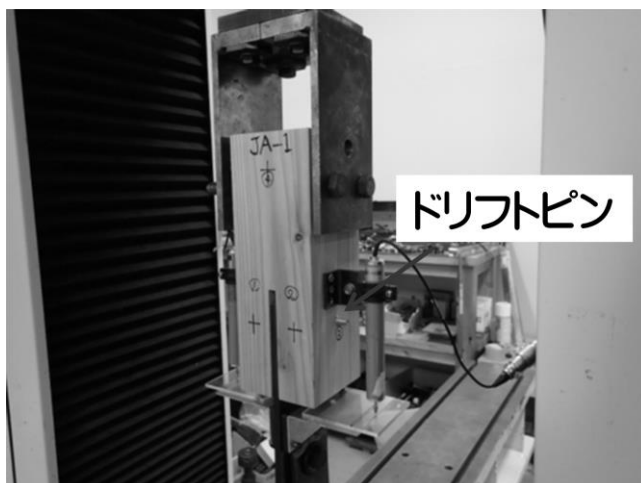


写真 1 試験体と初期強度試験の様子

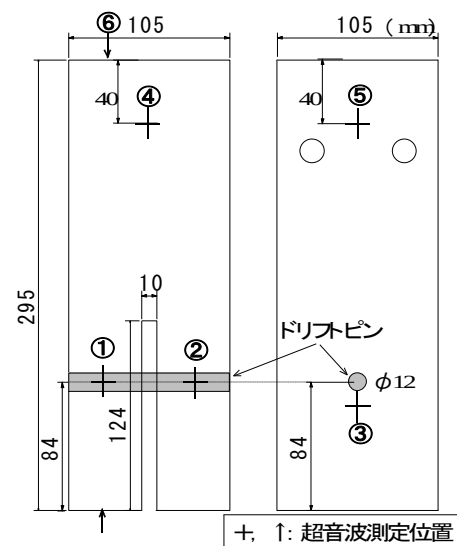


図 1 試験体図と超音波測定位置



写真2 試験体の設置状況

3. 結果および考察

生物劣化の進行について、試験体の間に設置していた餌木には生物劣化を確認できたが、試験体には地際付近以下において吸水による変色は確認できたが、強度に影響を及ぼす程度の生物劣化は目視で確認できなかった（写真3）。ただし、接合部周りの含水率は、図2に推移を示すとおり、初期に気乾状態であった試験体が、繊維飽和点以上の高含水率状態になっており、生物劣化の進行に適した環境であることが分かる。各測定時期の超音波伝播速度について、測定位置①と②の平均値（図1参照）を図2に示す。超音波伝播速度の推移は、含水率によると思われる変化が設置初期と214日目の期間には確認できるが、214日目と340日目の期間ではほぼ同一の値になっており、生物劣化による変化は確認できない結果となっている。目視および超音波伝播速度の結果より強度に及ぼすほど生物劣化は進行していないと判断し、本研究期間では試験体の強度試験を実施していない。今後は、生物劣化の進行程度によって接合部の強度試験を実施していく計画である。



写真3 試験体の状況

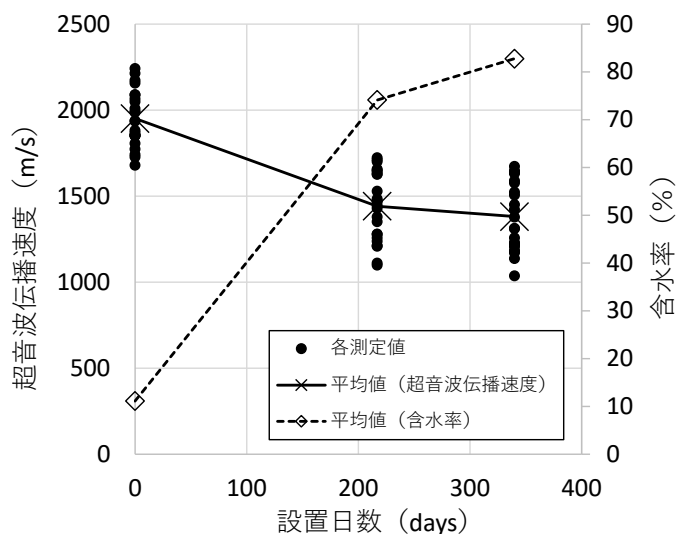


図2 設置期間と超音波伝播速度
および含水率の関係

1. はじめに

中層大規模木造建築物が推進されており、その主な使用用途となる非住宅建築物は長期間安全に使用されることが求められる。しなしながら、木造建築物の接合部について長期性能を検討した研究例は少ない。接合部の設計において、その長期（50年）の強度性能は木材の長期性能に依存するとされ、短期強度の0.55倍とされている。これは米国における無欠点小試験体の長期試験により得られたマディソン・カーブがベースとなっている。また、我国においても長期強度性能を確認するDOL試験は実施されているが、そのほとんどが木質材料の曲げ性能に関するものである。このため、短期的な接合試験において木部に脆性的な割裂破壊を生じる接合形式について、その長期強度性能に疑念が残る。そこで本研究では、割裂破壊を生じるドリフトピン接合をイメージした試験体によるDOL試験を実施し、割裂強度に関する長期強度性能の解明を目的とした。

2. 実験方法

DOL試験は、平成12年建設省告示1446号を参考として、事前に実施した短期試験の最大荷重に対して3つの応力レベルで载荷した試験体が破壊に至るまでの継続時間を測定した。

供試材料は、スギ同一等級集成材（強度等級E65-F255）を3本準備し、ドリフトピンは $\phi 12$ （材質S45C）とした。接合形式は、鋼板挿入ドリフトピン接合とし、引張力を負荷するとドリフトピン位置で割裂破壊が生じる形状とした（写真1参照）。図1に試験体図を示すように、ドリフトピンが打ち込まれるグレーで示したラミナには節等の欠点がないようにした。

DOL試験で負荷する荷重は、同一材料から取り出したマッチング試験体よる事前の短期試験より定めた。図2に試験体の採材方法を示す。図中でグレーに塗りつぶした材料番号1, 4, 7, 10を事前試験体とし、残りの6体の材料をDOL試験に供した。DOL試験の载荷荷重は、事前試験4体の最大荷重の平均値に対して70%、80%、90%の3条件の応力レベルとし、材料番号が2と6は70%、3と8は80%、5と9は90%とした。DOL試験方法はテコの原理を利用した引張試験装置を用いた（図3参照）。試験体数は、一部の試験体でドリフトピン位置以外の破壊を生じたため、全19体（70%：6体、80%：7体（追加の1体は材料番号10の隣より採取）、90%：6体）とした。

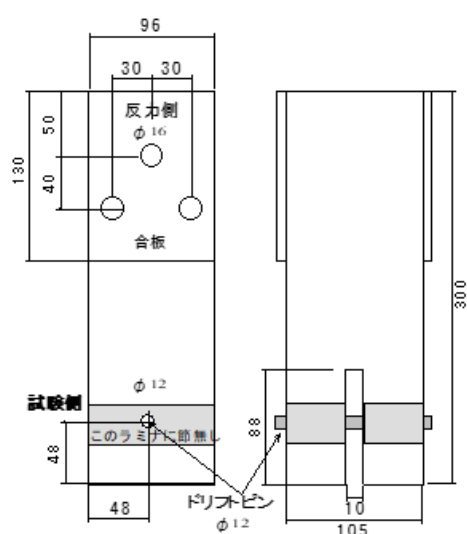


図1 試験体図

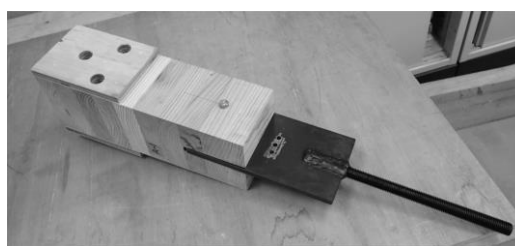


写真1 試験体全景

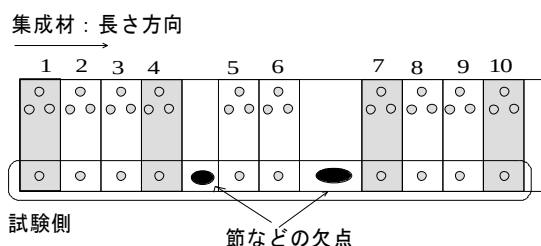


図2 試験体の採取方法

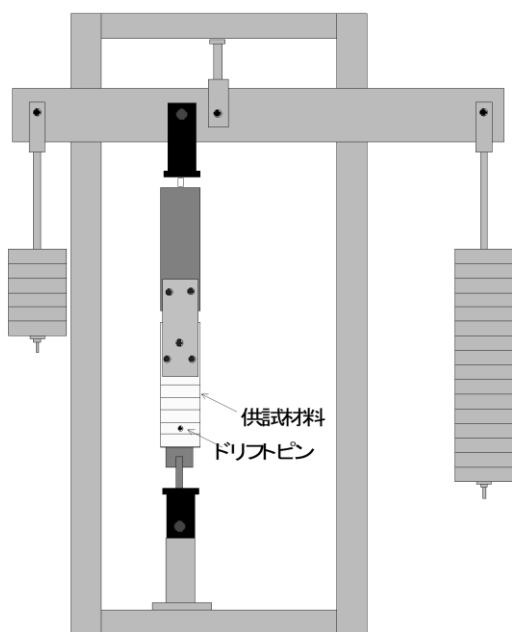
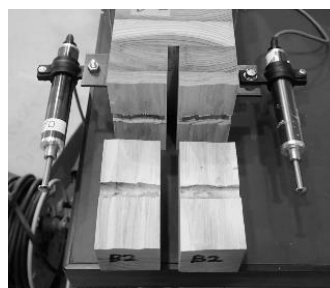


図3 DOL試験方法



(i) ドリフトピン位置での割裂破壊



(ii) 割裂破壊面



(iii) 木部の横引張破壊



(iv) ボルトからの割裂破壊

写真2 DOL試験の破壊性状

3. 実験結果

試験体の破壊性状を写真2に示す。全19体のうち70%の4体は試験を継続中（6ヶ月以上未破壊）であり、15体が試験を終了している。このうち12体がドリフトピン位置での割裂破壊であった（写真2(i)と(ii)）。残る3体のうち2体が木部の横引張破壊となり（写真2(iii)）、1体が反力用のボルト位置からの割裂破壊となった（写真2(iv)）。

図4に、反力側で破壊した試験体と継続中の試験体、また载荷の途中で破壊した90%の試験体1体を含めた全試験結果について、応力レベルと破壊までの荷重継続時間の関係を示す。全19体中14体（73%）でマディソン・カーブ（図中：点線）よりも荷重の継続時間が長い結果となった。また、告示に則り試験結果の回帰直線（図中：黒細線）より算出した荷重継続時間の調整係数は0.72となり、目的変数を破壊までの荷重継続時間とした場合の回帰直線（図中：黒太線）では0.58となった。

これらの試験結果より、脆性的な割裂破壊を生じる接合部の長期強度性能について、マディソン・カーブよりも多くの試験体で長期間荷重を継続して負荷できる結果となったこと、また試験結果より回帰直線で推定した荷重継続時間の調整係数が現行規準の0.55を上回る0.72もしくは0.58であったことから、現行の規準により安全に長期間使用できることが示される結果となった。

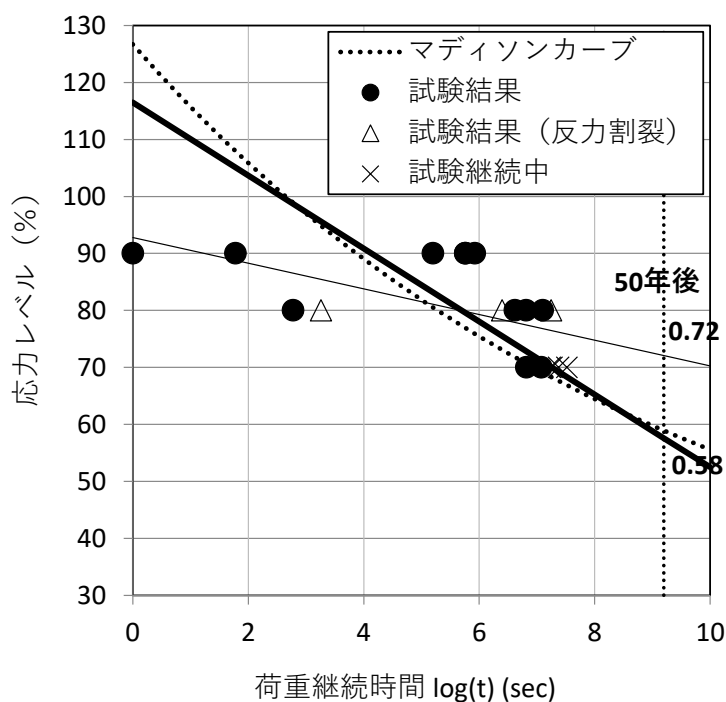


図4 DOL試験の結果

2-7 県産材の輸出促進

2-7-1 スギとその保存処理剤を用いた台湾における防蟻性能試験

材料開発部 須原 弘登

農業部 林業試験所 林産利用組（台湾） 許 富蘭

1. 緒言

本県では戦後に植林されたスギが次々と伐採適齢期を迎える一方で、全国における新規住宅着工件数は少子高齢化の影響を受け年々減少している。そのためスギ利活用のための新たな市場が必要となり、中でも台湾は木材自給率が1%程度と極めて低く、魅力的な市場の一つである。現在でも日本からスギの輸出が行われているが、その用途は殆どがセメント型枠材としての利用に留まっている。そのため、今後は付加価値の高い建築物等など、板材や柱材でのスギ利用を促進したいところであるが、亜熱帯・熱帯地方に位置する台湾ではシロアリの活動が盛んなため、これらのスギ材（木材）利用に対して不安な声が聞かれるところである。

そこで本課題では、台湾農業部林業試験所との共同研究により、嘉義市にある試験場（中埔研究中心）にてスギとこれを保存処理した木材を用いて防蟻試験を行い、その性能を評価して、台湾への木材輸出の足掛かりとなる研究成果を上げることを目指す。

2. 試験方法

試験地：台湾林業試験所中埔研究中心
(23°29'26"N 120°26'58"E、嘉義市、台湾)

試験材料：スギ辺材（60℃乾燥）；
30×30×300 mm。節の数2個以下。

方法：試験に供した試験材の処理条件などを表1に示す。スギとその保存処理木材を試験地内のシロアリ食害発生地付近の地表に図1に示すようにレンガと餌木（アカマツ）で組んだ土台の上に並べて、黒のコンテナボックスを被せて設置し、シロアリに食害させる。

試験は2023年4月12日に開始し、その後3か月おきに食害の有無と程度の評価を目視で行う。目視評価は（公社）日本木材保存協会規格のJWPAS-TW-GF(2018)に従って評価する。

表1 試験に用いたスギとその保存処理材一覧

処理名	条件など
無処理	
30 w/w% ホウ酸（8ホウ酸ナトリウム）	Tim-Bor、85kg/m ³
15 w/w% ホウ酸（8ホウ酸ナトリウム）	Tim-Bor、26 kg/m ³
ACQ	K3相当
ACQ	K4相当
含浸 AZN	K3相当
処理 AZN	K4相当
10 w/w% スギヤニ	36 kg/m ³
5 w/w% スギヤニ	26 kg/m ³
10 w/w% スギエマルジョンオイル	50 kg/m ³
5 w/w% スギエマルジョンオイル	25 kg/m ³
防蟻塗装	キシラデコール、50 g/m ²
マツ辺材	
スギ心材	
ベイスギ心材	乾燥履歴不明

3. 結果

試験体を設置した直後の試験地の様子を図2に示す。保存処理の一つに、8ホウ酸ナトリウム処理を用いており、当該薬剤の水溶脱性が高いことから、本試験では試験体の接地を避け、且つ雨水による処理薬剤の流出防止のため、このような試験方法を用いている。

試験は2023年4月12日に開始し、その後7月25日に行った3か月経過後の経過観察では、すべての試験体でシロアリの侵入及び食害が見られなかった。引き続いて、10月16日に行った経過観察では2組の台木（松）に食害が見られ、その内1組の試験体の無処理スギ辺材に食害が見られた（図3）。食害の進行が当初想定より遅いことから、試験体の周りに誘蟻杭としてアカマツ材の杭を打設した。

当初の計画では2024年1月に9カ月目の経過観察を行う予定であったが、食害の進行が想定よりも遅いことから、当該の経過観察については見送った。

4. 今後の計画

引き続き試験を行い、定期的に経過観察を行う。次回の観察予定は12カ月目の2024年4月を予定している。また、本試験地では日本における2大加害種のうちのイエシロアリ（*Coptotermes formosanus* Shiraki）の食害が見られていることから、台湾で特徴的な加害種であるゲストロイエシロアリ（*Coptotermes gestroi* Wasmann）の防蟻試験ができる試験地の選定とそこでの試験について、協議を進めていきたい。

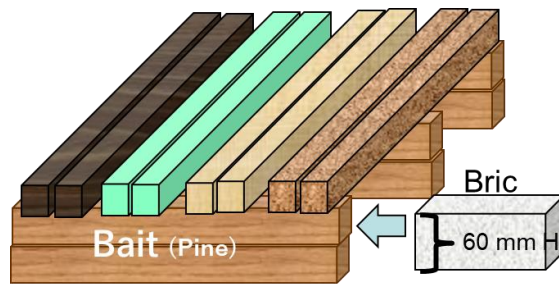


図1 設置した試験体の模式図



図2 試験体設置直後の試験地



図3 シロアリによる食害を受けた無処理スギ辺材試験体（6か月後）

2-8 研究発表(誌上)

発行年月	書籍名	氏名	題名	掲載頁
2023年5月	日本建築学会構造系論文集 第88巻 第807号	岡本滋史 西村悠汰 中谷 誠 秋山信彦 青木謙治 稲山正弘	二つの円形孔を有する集成材梁の耐力に関する研究	ウェブ閲覧
2023年7月	林業みやざき 2023-4・5・6月 No.577	木材加工部	スギ大径材の中身を詳しく見てみる	p.12-13
2023年10月	「材料」(Journal of the Society of Materials Science,Japan).Vol.72.No.10	山形海斗 森 拓郎 中谷 誠	木材の繊維平行方向加力による引張型せん断試験方法の提案	ウェブ閲覧
2023年12月	林業みやざき 2023-10・11・12月 No.579	構法開発部	廃プラスチックと廃木材を原料としたリサイクルボード の開発可能性調査	p.12-13
2023年12月	会誌 第57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 宮崎県産材による建築物の内装木質化に向けて	p.56
2023年12月	Journal of Timber Engineering Vol.36 No.4	村上勝英 角野大介 上杉周平 中谷 誠 田中 洋 米本和央 桐野明寛 小松賢司 本間彩華	割裂補強を施した高靱性GIR接合部の開発	p.135-140
2024年3月	日本建築学会構造系論文集 第89巻 第817号	岡本滋史 秋山信彦 中谷 誠 石山央樹 車田慎介	CLT 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

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。

2-9 研究発表(口頭)

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2023年9月	2023年度日本建築学会大会(近畿)	京都府 京都市	西村悠汰 岡本滋史 中谷 誠 秋山信彦	長方形孔を有する集成材梁の耐力に関する実験的研究	ウェブ閲覧
2023年9月	2023年度日本建築学会大会(近畿)	京都府 京都市	坪井航輝 森 拓郎 小谷竜城 中谷 誠	LSB のねじ形状が引き抜き性能に与える影響と推定式の提案	ウェブ閲覧
2023年9月	第29回日本木材学会九州支部大会	大分県	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ー構造用製材(板材)の引張及び曲げ性能ー	ウェブ閲覧
2023年11月	2023年大田 高層木造建築を実現するための国際シンポジウム	韓 国 大田市	兒玉了一	Ply Core test results manufactured by Japanese CLT factory and comparison with CLT standard values	p.102-110
2024年3月	第512回生存圏シンポジウム 令和5年度DOL/LSF 共同利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web参加)	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	ウェブ閲覧
2024年3月	第512回生存圏シンポジウム 令和5年度DOL/LSF 共同利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web参加)	石山央樹 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	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都府 京都市	荒木博章 松元明弘 兒玉了一 田中 洋 加藤英雄	スギ大径丸太から製材した210材の強度特性(2)ー曲げ強度に及ぼす製材方法、木取りと節の影響ー	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都府 京都市	椎葉 淳 水久保孝英 有馬孝禮 宮代博幸 小池 透 岩本景子 青木良篤	木材及び換気の量が室内の湿度変化に与える影響	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都府 京都市	伊佐亜希子 藤田弘毅 井倉則之 藤本登留 清水邦義 谷 和樹 小藤田久義 光永 徹 芦谷竜矢 須原弘登 加藤政和	単一試験室および室間共同試験によるスギ材抽出成分(テルペン類)分析法の妥当性確認	ウェブ閲覧
2024年3月	2023年度 日本建築学会中国支部研究発表会	鳥取県 米子市	曾我部敬太 田川麗歩 森 拓郎 小谷竜城 中谷 誠	繊維直交方向に同一深さで埋め込まれたLSBの引抜き性能にねじ形状が与える影響	ウェブ閲覧
2024年3月	2023年度 日本建築学会中国支部研究発表会	鳥取県 米子市	田川麗歩 曾我部敬太 森 拓郎 中谷 誠 澤野太地 曾根晃玖 田中 圭 腰原幹雄	大断面集成材を用いたラグスクリーボルト接合に関する基礎的研究 その3:カラマツ集成材を用いた柱ー梁モーメント抵抗接合部のばねモデルによる評価	ウェブ閲覧

注1 共同研究者の所属は省略しています。

2-10 研究発表(展示)

発行年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2023年7月	第60回化学関連支部合同九州大会	北九州市 (web開催)	中井朋香 須原弘登 加藤政和 菅本和寛	フェルギノールから天然フェノールおよびノン型ジテルペン類への変換とその活性評価	ウェブ閲覧
2023年7月	第60回化学関連支部合同九州大会	北九州市 (web開催)	神川直也 中井朋香 須原弘登 加藤政和 菅本和寛	フェルギノールから生物活性アビエタン化合物への変換	ウェブ閲覧
2023年9月	第29回日本木材学会九州支部大会	大分県	中谷 誠 瀧野敦夫 森 拓郎	繊維平行方向に埋め込まれたラグスクリーボルトの圧縮性能	ウェブ閲覧
2023年9月	第29回日本木材学会九州支部大会	大分県	田中 洋 豊永芳恵 水久保孝英 吉田雅穂 上田摩耶子	土木分野での活用を想定したスギCLTの屋外暴露試験(1)ー都城試験地における1年目の基礎物性の劣化ー	ウェブ閲覧
2023年9月	第29回日本木材学会九州支部大会	大分県	松元明弘 小田久人	ホットプレスによるスギ心去り平角の表面割れ抑制処理	ウェブ閲覧
2023年9月	第29回日本木材学会九州支部大会	大分県	豊永芳恵 川元悠太郎 石見 徹	民間建築物の木造化・木質化促進に関する技術支援	ウェブ閲覧
2023年10月	日本木材加工技術協会 第41会年次大会	福岡市	山下香菜 荒木博章 山本浩之	スギ在来品種の大径材における応力解放ひずみの半径方向分布	p.73-74
2023年10月	日本木材加工技術協会 第41会年次大会	福岡市	田中 洋 兒玉了一 荒木博章	追い桎木取りしたスギ心去り正角の品質評価	p.105-106
2023年10月	日本木材加工技術協会 第41会年次大会	福岡市	荒木 博章 田中 洋	枠組壁工法建築物の横架材としてのスギ等国産材利用の可能性の検証 (I)スパン表を参考にしたスギ利用に関する比較検証	p.113-114
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	中谷 誠 山形 海斗 森 拓郎	恒温恒湿状態におけるLSBの長期変形性能	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	森 拓郎 江夏 裕太郎 定金 侑里 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
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	松元明弘 小田久人	スギ心持ち平角におけるホットプレス処理の表面割れ抑制効果	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	荒木 博章 田中 洋 松元 明弘 兒玉 了一	枠組壁工法建築物の横架材へのスギ材利用に関する検証(2)ースパン表を参考にしたスギ特級の場合の比較検証ー	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	須原弘登 川波宇澄 深津信一 片岡 郷 千葉正貴 深津 恵	木材乾燥機に取り付ける精油回収装置の開発	ウェブ閲覧
2024年3月	第74回日本木材学会大会	京都市	永盛正晴 豊田 瑞季 津山 濯 雫子谷 佳男 吉永 新 加藤 政和 須原 弘登	傾斜刺激が引き起こす広葉樹4種における組織構造およびリグニン組成の変化ースダジイ、クマノミズキ、ヒサカキ、ネズミモチの特徴ー	ウェブ閲覧

注1 共同研究者の所属は省略しています。