

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 スギ大径材の伐採高さによる材質の変動と樹幹内強度分布の解明

※小田久人、兒玉了一、荒武志朗、
(現児湯農林) 深田学、(現広島工大) 森田秀樹

1. はじめに

スギ人工林の伐採面積は増大しているが高齢級林分も多く、全体としては大径材の生産割合は増加している。スギ材は根元部分の張り出した根張りがあり、従来材質が不安定であることが指摘されている。大径化に伴い根張り部の大きくなった元玉より製材した構造材の強度や曲がりなどを危惧する声もある。そこで、伐採高さを変えた丸太の材質を検証すると共に、多様な木取りが可能となる大径材で最終用途を考慮した効率的な木取りを検討する基礎資料となる樹幹内強度分布を明らかにする。

本研究は、平成 30 年度から 3 年間の予定で取り組んできたが、実験計画の変更により今年度予定した試験を終えた。本報告は 4 年間の全体をとりまとめたものである。

2. 実験方法

2. 1 供試木

都城市高崎町の民有林と東臼杵郡椎葉村宮崎県有林のそれぞれ 54~60 年生と 46 年生（林分 A、B）においてそれぞれ 7 本を選び、図 1 に示すように、伐採高さを 0m、0.5m と 0.5m 間隔に 3m まで段階的に伐採し、そこから長さ 3m の丸太を連続して 2 本玉切りした（1 番玉、2 番玉）。得られた丸太の縦振動ヤング係数（Efr）を測定し、Efr の 1 番玉に対する 2 番玉の比を算出した。

さらに、樹幹内強度分布試験に供したのは、上記両林分の地上高 0 m（図 1 の左端）で伐採した 2 本（大径材 A、大径材 B）と同じく県有林内で近隣に所在した 96 年生のスギ 2 本（高齢級材 A、高齢級材 B）の合計 4 本である。後者も含め地上高 0m の位置で伐採し、長さ 3m の丸太を 2 本連続して玉切りした。丸太は、髓を含む厚さ約 10cm のたいこ材に製材し、実験室に一年以上置き天然乾燥した。始めに長さ 50cm ずつに切断し、髓を通るように割った後、厚さ方向に 3 分割した後、無欠点小試験体（ $T=R=15\text{mm}$, $L=240\text{mm}$ ）を作製した。曲げ試験は JIS Z2101 に準じて行った。なお、クロスヘッドの加力速度は 5mm/min とし、曲げ強さ（MOR）と曲げヤング係数（MOE）を求めた。さらに非破壊部から長さ 30mm 切り出し全乾密度を測定した。

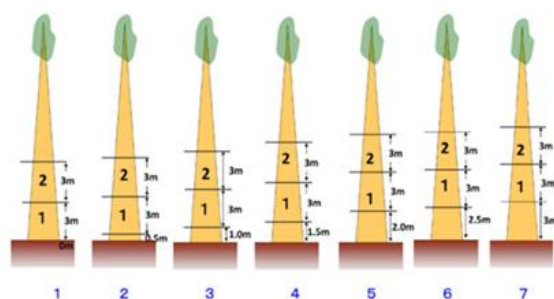


図 1 伐採高さと玉切り位置

次に、半径方向の強度分布を多くの個体で検討するために、一定の地上高部位を定め、その半径方向の強度分布を縦圧縮強さにより評価した。すなわち、県内においてスギ大径材の 1 番丸太の長さは通常 4m であるので、地上高 4m に相当する 1 番丸太と 2 番丸太との間で厚さ 10cm 程度の円盤を県北部の耳川地区と県南地区の日南地区でそれぞれ 15 個と 19 個入手した（以下円盤材）。実験室内で 6 ヶ月以上天然乾燥し、無欠点の縦圧縮試験体

（ $T=R=20\text{mm}$, $L=60\text{mm}$ ）を作製した。同時に、長さ 20mm の全乾密度試験片も切り出した。縦圧縮試験は、同じく JIS Z2101 に準じて行い縦圧縮強さを求めた。

【結果および考察】

表 1 に丸太の概要と図 2 に伐採高さと Efr の比の関係を示す。Efr の 1 番玉に対する 2 番玉の比は、伐採高さ 0m の場合、すなわち、地面に接して伐採した場合に林分 A で特に高くなっているが、0.5m、1.0m と地上高が上がるに従い両林分間の差異はなくほぼ一定に推移している。このことは、地上高の低い部位は、それより高い部位に比べてヤング係数が低い、地上高が 0.5m を超えると緩やかな上昇傾向にあることを示している。

表 1 丸太の概要

林分	番玉	末口		密度		Efr	
		直径	年輪数				
		cm		kg/m3		kN/mm2	
A	1	39 ~ 46	40 ~ 48	686 ~ 903		5.0 ~ 6.8	
	2	34 ~ 40	37 ~ 43	691 ~ 889		6.0 ~ 7.3	
B	1	46 ~ 54	37 ~ 42	608 ~ 725		3.2 ~ 5.0	
	2	42 ~ 48	33 ~ 38	616 ~ 723		3.6 ~ 5.5	

注記：データの範囲（最小値～最大値）

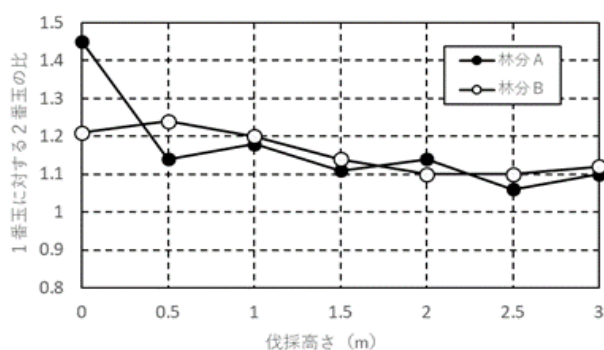


図 2 伐採高さと Efr の比の関係

表 2 に供試木ごとに丸太と小試験体の曲げ試験の平均値を示す。1 番玉の末口直径は 46~58cm で同じく年輪数は 42~84 であった。丸太の縦振動ヤング係数 Efr は個体によって差異は大きい、いずれも 2 番玉の方が 1 番玉より大きいことが分かる。小試験体の曲げ試験結果を見ると、MOR、MOE は Efr の大小に対応していることが分かる。なお、試験時含水率の平均値は約 11%~13%であったが、MOR、MOE の含水率補正は行っていない。

次に、表 3 に大径材 A と B の曲げ試験結果を地上高別に示す。密度や曲げ強度の値は地上高が高くなるに従い大きくなる傾向を示している。特に地上高 0.5m で小さくなっていることが分かる。これらの傾向は高齢級材でも同様であった。

表 2 大径材と高齢級材の供試丸太の概要と曲げ試験結果

区分	丸太				小試験体曲げ試験				
	番玉	末口直径	末口	Efr	n	全乾密度	MOR	MOE	MC
		cm	年輪数	kN/mm2		kg/m3	N/mm2	kN/mm2	%
大径材A	1 番	45.9	44	5.03	428	390	81.8	7.41	12.5
	2 番	39.8	40	7.31					
大径材B	1 番	52.2	42	3.79	559	288	52.2	4.43	10.8
	2 番	47.9	37	4.58					
高齢級材A	1 番	58.5	84	4.49	553	286	55.6	4.72	12.3
	2 番	51.5	82	5.49					
高齢級材B	1 番	53.0	80	4.35	432	316	48.2	4.72	13.1
	2 番	47.0	76	5.98					

表3 大径材の高さ別小試験体曲げ試験結果

地上高	大径材A				大径材B			
	n	全乾密度	MOR	MOE	n	全乾密度	MOR	MOE
		kg/m ³	N/mm ²	kN/mm ²		kg/m ³	N/mm ²	kN/mm ²
6-5m	65	406	87.4	8.12	79	292	52.0	4.79
5-4m	65	396	86.1	7.86	80	292	53.1	4.71
4-3m	66	388	84.1	7.65	96	284	52.9	4.54
3-2m	58	387	81.0	7.50	93	289	52.7	4.50
2-1m	84	385	81.3	7.36	102	286	52.4	4.30
1.0m	43	385	78.2	6.87	51	290	51.3	4.10
0.5m	47	384	70.0	5.97	58	285	49.6	3.77
全体	428	390	81.8	7.41	559	288	52.2	4.43

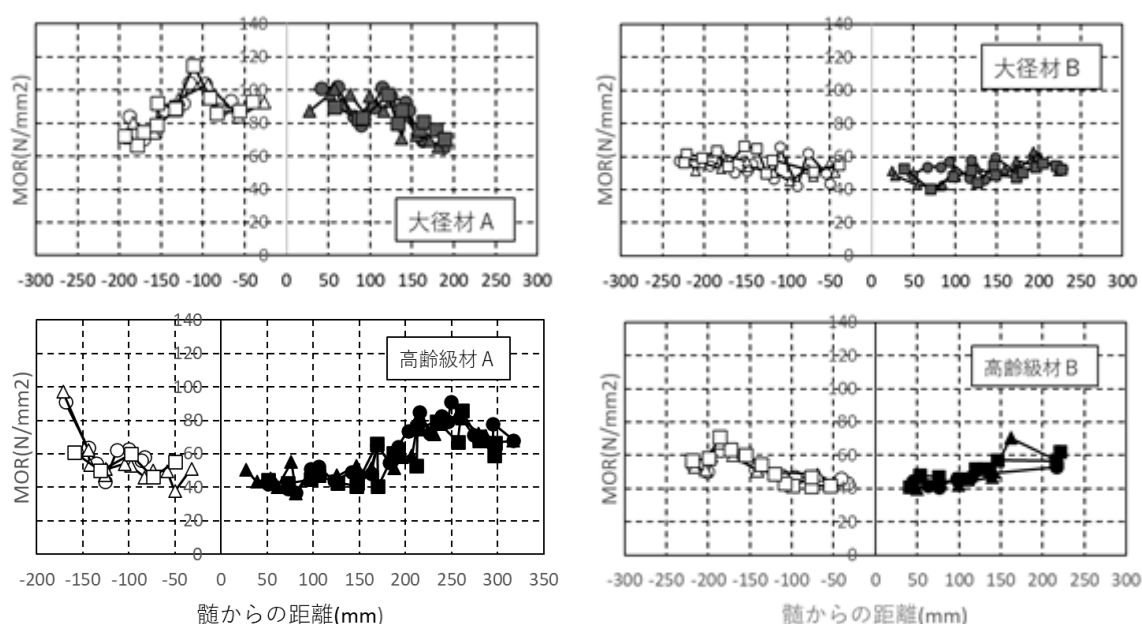


図3 MORの半径方向の分布(地上高5-4m)

ここで、半径方向の MOR の変動を図3に示す。大径材 A の地上高 5-4m の場合、髄からの距離が 10cm 程度までは上昇し、それ以降距離が増すに従い低くなり、さらに、樹皮近くで再度上昇する傾向を示す。一方、大径材 B は髄からの距離に関係なくほぼ一定であり、また、高齡級材 B は明確に髄からの距離が増すに従い MOR は上昇する傾向を示している。なお、この傾向は供試材内でどの地上高でも同様であった。図より明らかなように、高齡級材 A の肥大成長は髄の両側で極端に異なっている、いわゆる偏心材である。年輪幅が両側で大きく異なっているが、MOR に大きな差異は見られない。MOE でも同様の傾向であった。小試験体による曲げ試験の全データを MOE と MOR の関係で示したのが図4である。供試木ごとにデータの範囲が異なるため、プロットの領域が異なるが、MOE と MOR の関係に明確な差異は見られず、概ね同一と見なされる結果になった。

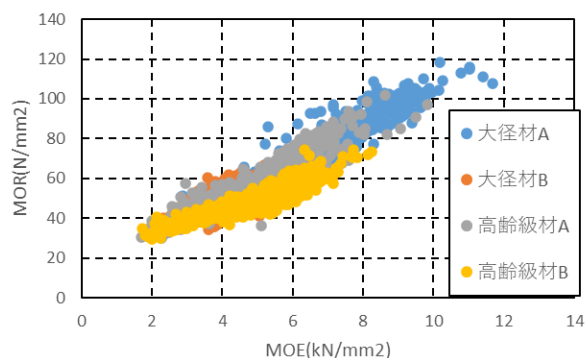


図4 MOE と MOR の関係

このように、強度値と髓からの距離の関係に従来の研究で見られていた高齡級材 B のような関係と異なる傾向が確認されたため、多くの個体で検討することが必要と判断され、曲げ試験より短い丸太で試験体が作成できる縦圧縮試験を行うことにした。

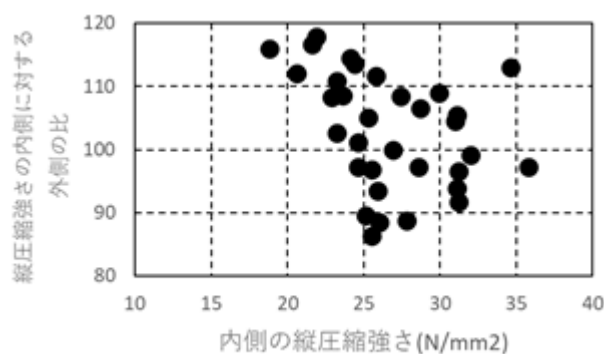


図5 縦圧縮強さの髓付近とそれ以降の比の関係

円盤材の直径と年輪数は日南地区、耳川地区それぞれ 30～40cm、30～44cm、41～84、39～66 であり、おおむね曲げ試験に供した大径材の材質と同じと見なされる。従来の研究や長尾 2)らの研究に加え高齡級材 B の傾向も考慮し、縦圧縮強さを髓からの距離が 100mm で区分し、「髓付近」に対する「それ以降」の比を求めて検討した。図5に示すように、この比が 90 を下回る円盤材は4個認められる。なお、大径材 A の MOR で同じ比を求めると 90 となり、これも含めると曲げ試験の供試材と円盤材合わせて 38 個体中5個体で髓付近よりも髓から 100mm 以降の強度が低下する個体のあることが分かった。大径材から得られる製材の強度分布を考える上で変動要因の一つとして挙げられよう。スギ人工林資源の変容に応じてデータの蓄積、更新が望まれる。

謝意

森林組合や素材生産業の方々のご協力に対し心より感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 深田、荒武：第 68 回日本木材学会大会研究発表要旨集、D15P-13、京都、2018
- 2) 長尾、加藤、井道、原田：木材工業、76(11)、p434-439、2021

【緒言】

国内におけるスギ人工林の高齢級化に伴い、市場等に出荷される原木のうち大径材の占める割合が徐々に高まっている。大径材からは平角や正角といった断面が大きい材を複数取ることができる。その際の木取りパターンとしては、髓を中心に上下や左右を対称とした2丁取りや4丁取りといった木取りが考えられるが、この場合、得られる製材は心去り材となる。

心去りの正角や平角の乾燥においては、心持ち材に比べ表面割れの発生が少ないことから、高温セット処理を行わなくとも比較的表面割れの少ない材に仕上げられる。しかしながら、1本の原木から髓を中心に左右対称に平角を2丁取りするような幅広の板目面が表れる木取りにおいては、幅広面における表面割れの発生が多いとの現場の声も聞かれる。

そこで、本研究では、宮崎県産スギ大径材から髓を中心に左右対称に2丁取りした平角の乾燥において、表面割れ抑制のための高温セット処理を用いて人工乾燥した場合と特に前処理をせず天然乾燥した場合の表面割れ発生状況について比較検証した。なお、天然乾燥においては、令和4年2月初旬の時点で約7ヶ月間実施しているが、材内部の乾燥が不十分であるため、本報では現時点での経過報告とする。

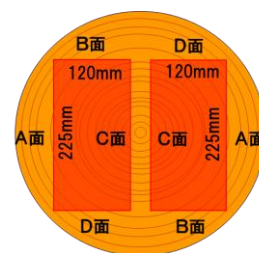


図1 スギ平角の木取り

【実験方法】

試験には、宮崎県日南市産の樹齢54～66年生のスギ大径材から得られた原木（2番玉、径級：38～40cm）12本を用いた。これらの原木を図1に示す形で木取りし、スギ平角（120mm×225mm×3,000mm）24本を製材した。1本の原木から切り出したスギ平角2本のうち、片方については高温セット処理を施す人工乾燥用に、もう片方は比較用の無処理材（天然乾燥）とし、それぞれ11本ずつ2つのグループに分けた。残る平角2本は人工乾燥中の含水率推移を把握するためのモニター材とした。なお、モニター用の試験材は2本の平角の元口側から50cmの長さでそれぞれ切り出した。これらを高温セット処理終了以降の中温乾燥期間中に任意のタイミングで取り出して重量を測定することで含水率推移を把握した。高温セット処理を行った人工乾燥スケジュールについては表1のとおりであるが、蒸煮時間および高温セット時間はあらかじめ設定し、その後の中温乾燥は2体のモニター材の含水率が15%を下回った時点で終了した。また、木口面を除く4材面について、材面ごとの寸法変化率や表面割れ発生量を調べるため、図1のとおり各試験材の木表面をA面として元口側から見て時計回りにB、C、D面と材面を区分した。なお、表面割れは個々の割れの長さとして計測した。

表1 人工乾燥スケジュール

工程	単位時間 (hr)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
昇温	2	95	95
蒸煮	6	95	95
昇温	2	120	90
高温セット	18	120	90
降温	1	90	60
中温乾燥	477	90	60

【結果および考察】

乾燥前の両グループの試験材の概要を表2に示す。両者は1本の原木から2丁取りした平角をそれぞれのグループに振り分けていることもあり、密度および縦振動ヤング係数の値はほぼ同等であった。人工乾燥後の高温セット処理材および天然乾燥から216日目の無処理材における密度やヤング係数等の値を表3に示す。人工乾燥終了後の高温セット処理材の含水率計含水率の値を見ると、平均値で11.7%、最大値でも19.9%と約21日間の人工乾燥期間であったが、ほとんどの材で概ね含水率20%以下まで乾燥していることがうかがえた。なお、表3の欄外の注意書きにあるように、1体のみ計測不能な試験材があり、高含水率材も混在していた。

人工乾燥後の試験材の幅および高さの収縮率の平均値では、それぞれ約2.9%と約3.4%の値を示した。今回の木取りの場合、幅が接線方向、高さが半径方向に該当することから、幅の収縮率の方が大きくなるものと考えられるが、本研究では逆の傾向を示した。今回、表面割れ抑制のための高温セット処理を施しているが、このことが材の収縮に影響を及ぼしていることが要因の一つとして考えられる。

また、無処理材の幅と高さの収縮率においては、やや幅の収縮率が高い傾向を示した。ただし、含水率計含水率の値を見ると、まだ、今後も乾燥が進むと思われる、引き続き寸法変化を調べる必要がある。

人工乾燥後および天然乾燥中のスギ心去り平角における材面別の表面割れ総長さを図2に示す。無処理材においては、A面が最も多く表面割れが発生しており、最大で約2,000mmの割れ長さがあった。また、B面、D面に関しては表面割れは見られなかった。一方、人工乾燥後の高温セット処理材に関しては、大きな表面割れはほとんどなく、高温セットによる表面割れ抑制効果が認められた。なお、材面ごとの比較においては、A面が最も多く表面割れが発生していたものの、微細な割れが散見される程度であった。また、無処理材と同じくB面とD面には表面割れは見られなかった。

今回のような木取りの場合、木表側の板目面に表面割れが多く発生するものの、適切な高温セット処理により心持ち材と同様に表面割れを抑えられることが確認された。一方、今回、無処理材においても、それほど大きな表面割れは発生しておらず、既往の研究報告りにもあるように心持ち材においては心持ち材と比べて、乾燥に伴う表面割れの発生は全体的に少ないものと思われる。

表2 乾燥前の試験材の概要

【人工乾燥前【高温セット処理】】

	幅【A面】 (mm)	高さ【B面】 (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)
最小値	224.24	120.09	43.6	537	5.8
平均値	224.80	120.44	56.0	689	7.4
最大値	225.33	121.11	72.7	895	8.7
標準偏差	0.38	0.29	9.9	122	0.9
変動係数(%)	0.2	0.2	17.8	17.7	11.9

【天然乾燥開始前【無処理】】

	幅【A面】 (mm)	高さ【B面】 (mm)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)
最小値	223.57	119.49	43.6	537	6.5
平均値	224.82	120.30	55.3	681	7.5
最大値	225.30	120.94	69.2	854	8.5
標準偏差	0.49	0.45	9.0	111	0.6
変動係数(%)	0.2	0.4	16.3	16.3	8.6

表3 人工乾燥後および天然乾燥中の試験材の概要

【人工乾燥終了後【高温セット処理】】

	幅収縮率【A面】 (%)	高さ収縮率【B面】 (%)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率計 含水率 (%)
最小値	1.68	2.28	26.4	352	6.3	6.9
平均値	2.89	3.35	31.2	409	8.2	11.7
最大値	3.82	4.76	35.5	452	9.8	19.9
標準偏差	0.72	0.75	2.3	27	1.0	4.1
変動係数(%)	24.9	22.5	7.5	6.5	11.8	35.0

※含水率計含水率は、高周波含水率計で測定できなかった試験材1体を除く集計値

【天然乾燥216日目【無処理】】

R4.2.8 現在

	幅収縮率【A面】 (%)	高さ収縮率【B面】 (%)	重量 (kg)	密度 (kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率計 含水率 (%)
最小値	1.37	1.15	28.9	370	7.3	14.4
平均値	1.98	1.77	32.8	419	8.3	19.9
最大値	2.58	2.48	36.9	467	9.4	30.3
標準偏差	0.44	0.43	2.5	29	0.8	5.7
変動係数(%)	22.1	24.3	7.5	7.0	9.1	28.9

※含水率計含水率は、高周波含水率計で測定できなかった試験材3体を除く集計値

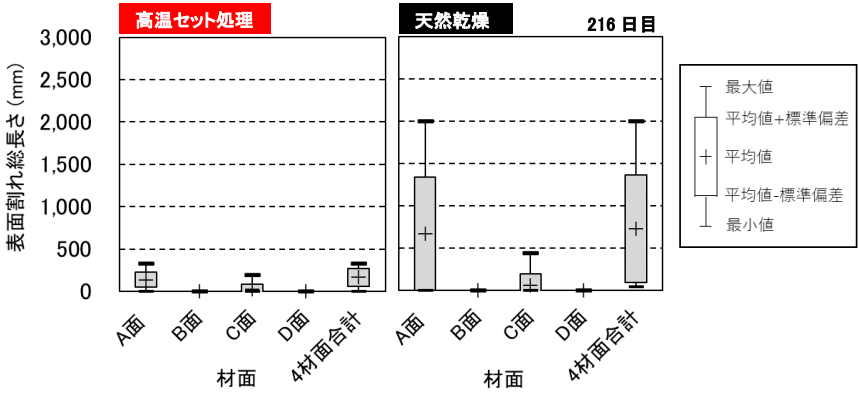


図2 人工乾燥後および天然乾燥中の材面別の表面割れ総長さ

【文献】1) たとえば柴和宏：富山県農林水産総合技術センター木材研究所研究報告，Mo.9, 1-12 (2022)

2-1-3

構造用製材の強度特性予測技術の開発 I

機械等級区分を想定した枠組壁工法構造用製材の水分非平衡下における曲げクリープ（その4）

— 個体による傾向の相違とその原因について —

※荒武志朗、荒木博章、松元明弘、中谷誠、(森林総研) 加藤英雄
(建研) 槌本敬大、(道総研林産試) 大橋義徳、石原亘、高梨隆也

【はじめに】

国産大径材から得られた製材を構造材として普及するための研究の一環として、平成 28 年度から 5 か年に渡って南九州産スギおよび北海道産カラマツ枠組壁工法構造用製材（以下、枠組材）の曲げクリープ試験を実施してきた。前報¹⁾では、試験開始時と季節変動（特に梅雨前後の温湿度変動）の関係がクリープに多大な影響を及ぼすこと、言い換えれば、たわみがクリティカルな場面では建て方と梅雨時期との関係に配慮する必要があることを示した。一方、個々の試験体で曲線の傾向が大きく異なる結果となったが、その原因は不明確なままであった。本研究では、前報¹⁾までに明らかになったクリープに影響を及ぼす因子（上述した季節変動や応力レベルなど）に加えて、樹種特性（材質の違い）、木取り、負荷方向など実務に関連する要素を複合的に捉え、個体間におけるクリープの差異の原因解明を試みるとともに、可能な限り安定的な長期たわみを得るために実務面から留意すべき事項を検討した。

【試験体と試験方法】

曲げクリープ試験には、スギ 206 材(1200Fb-0.7E、900Fb-1.0E)とカラマツ 206 材(1450Fb-1.3E、1800Fb-1.6E)各 2 体(計 8 体)を供試した（表 1 参照）。ここで、表 1 では、0.7E、1.0E、1.3E、1.6E と略記して添え字(-冬、-夏)を付しているが、-冬は冬スタート試験体(平成 30 年 1 月 10 日開始)、-夏は夏スタート試験体(平成 30 年 8 月 7 日開始)を意味する（試験期間は、夫々約 3 年、約 2 年）。

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)が定めるクリープ評価法²⁾に従い、スパン 2520 mm の 3 等分点 4 点荷重方式により実施した。具体的には以下のとおりである。負荷荷重は、短期試験で得られた最大荷重 (Pmax) 平均値に 0.37 を乗じた値とした。なお、この値 (0.37) は、構造用集成材に関する既往の含水率強度調整係数のうち、乾燥環境の応力レベルを意味する。変位は、中央たわみ測定用としてストローク 100mm、2 箇所 の 支 点 に お け る 膨 潤、収 縮 測 定 用 と し て ス ト ロ ー ク 50mm の ひ ず み ゲ ー ジ 式 変 換 器 を 所 定 の 位 置 に セ ャ ッ ト し、デ ー タ ロ グ を 用 い て 自 動 測 定 し た。測 定 イ ン タ ー バ ル は、負 荷 直 後 は 1 分、2 分、5 分、10 分、100 分、500 分経過時とし、その後は 24 時間とした。

【結果および考察】

試験終了後に曲げ試験を実施し、得られた各試験体の Pmax から実応力レベルを算出した結果、表 1（右端）に示す様にクリープ限度 (0.4~0.5) を超える試験体は見られなかった。これを受け、本実験においてクリープの評価を行うことに問題はないと判断して考察を進める。

図 2 に相対クリープと重量変動率の推移を示す。同図を見ると、夏スタートよりも冬スタートの相対クリープが大きいことに加えて（この原因については前報¹⁾を参照）、たわみ増減の著しい個体とそうでない個体の差が非常に大きい。これらの傾向は、クリープ調整係数(50 年後のたわみ/初期たわみ)のバラツキにも影響を及ぼしており (1.26~2.56¹⁾)、看過することはできない。以下、原因の特定を試みる。

表 1 試験体の概要と応力レベル

樹種	種別	密度 kg/m ³	含水率 %	Efr kN/mm ²	短期試験で求めた値			クリープ試験体の値		
					Pmax平均 kN	応力 レベル	荷重 kN	Pmax kN	実応力 レベル	
スギ	0.7E-冬	376	10.2	4.67	10.9	0.37	4.04	10.1	0.40	
	0.7E-夏	370	12.2	5.49				10.9	0.37	
	1.0E-冬	428	10.9	7.53	13.2		4.88	12.7	0.38	
	1.0E-夏	442	11.0	7.51				13.6	0.36	
カラマツ	1.3E-冬	499	11.0	8.38	11.1		4.11	14.2	0.29	
	1.3E-夏	495	12.3	10.1				11.4	0.36	
	1.6E-冬	530	11.0	11.8	14.1		5.22	19.9	0.26	
	1.6E-夏	600	13.7	12.7				16.0	0.33	

※試験体寸法は38×140×2800(mm)、「Efr」は縦振動ヤング係数、「Pmax」は最大荷重、「クリープ試験体の値」は試験終了後の曲げ試験で得られた値

図3に、たわみ変動幅と相対湿度変動幅の関係を示す(月変動)。同図を見ると、両者は比較的明確な関係を示すものの、試験開始時(冬、夏)、グレード、樹種等には全く依存しておらず、各因子から個体間における傾向の差異を説明することは困難である。ここで、今回の試験体は心去材であるが、個体によって髓近傍の位置に若干の上下が見られた。この場合、未成熟材で占められる髓近傍は、吸脱湿時における繊維方向の膨潤収縮が相対的に大きいと考えられ、そのために髓の位置

(中立軸に対する上下)によって、湿度増減による材料の曲がり方向がクリープたわみと同方向に向く場合と逆方向に向く場合が

考えられる(図4参照)。そこで、図3の傾向と各個体の髓近傍の位置を見比べたところ、全体として、図3で正の関係を示す個体は髓がやや下にあり{図4(A)}、負の関係を示す個体は髓がやや上にあった{図4(B)}。また、全体に、図3において負の関係を示す個体の方が正の関係を示す個体よりも相対クリープ(図2)が大きい傾向を示した(脱湿時のメカノゾープティブ変形が可塑変形に近い挙動を示す³⁾ことから当然であろう)。以上の結果から、図2における個体間のクリープの差異には、木取りと負荷方向との関係が関与していた可能性が高い。実用的に、枠組材を曲げ材として用いる場合、少なくとも“たわみを重視する場面”では髓に近い方を下に向けた方がベターだろう。

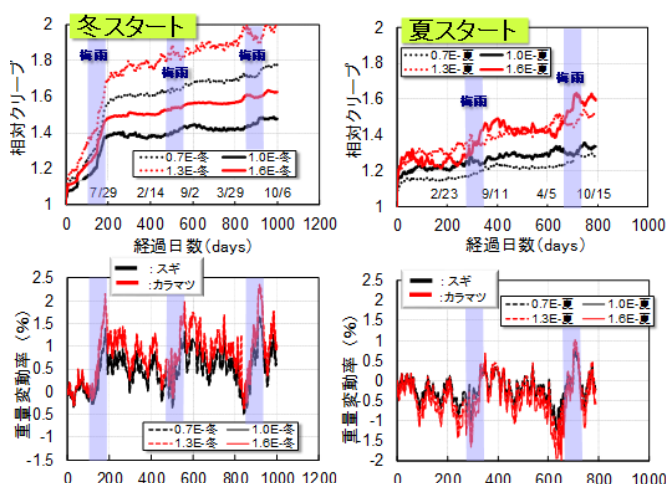


図2 相対クリープと重量変動率の推移

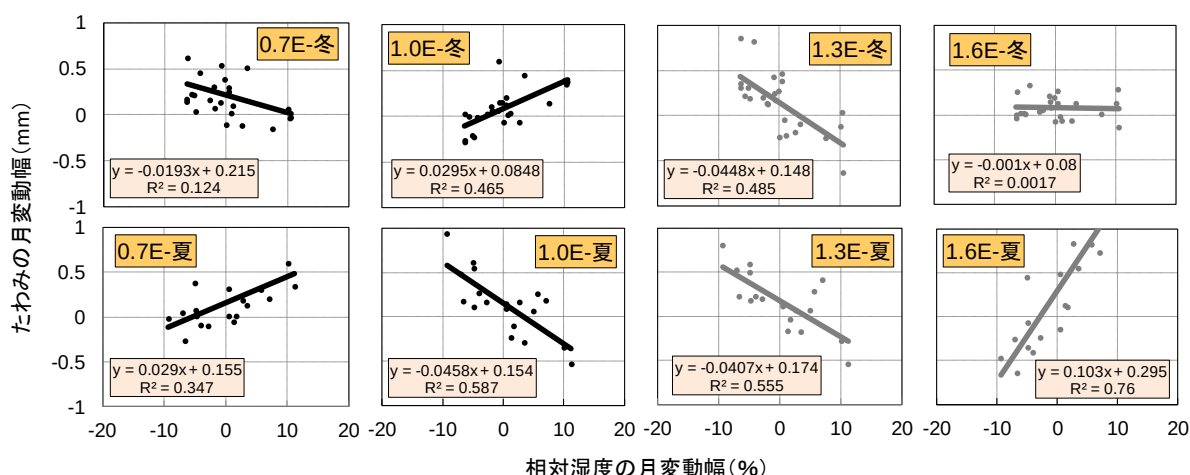


図3 たわみ変動幅と相対湿度変動幅の関係(月変動)

※上段は冬スタート、下段は夏スタート、黒はスギ、灰色はカラマツ

【謝辞】

本研究は、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト)」の支援を受けて行った。

【文献】

1) 荒武他7名: 令和2年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書, 43-44(2021), 2) 日本ツーバイフォー建築協会: “2018年枠組壁構法建築物構造計算指針”, 丸善出版, 2018, p. 277-279, 3) 有馬孝禮, 佐藤雅俊, 益田恵吾: 建築研究報告, No. 95, 1-24 (1981).

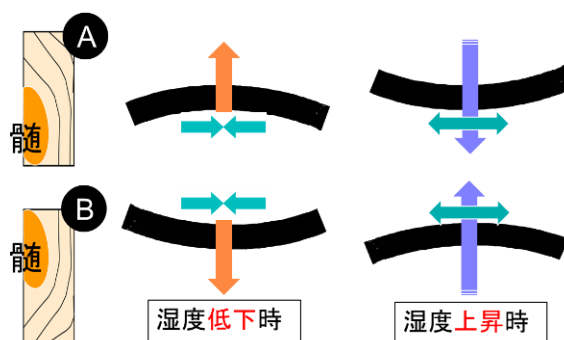


図4 湿度変動とたわみ変動の関係(模式図)

構造用製材の強度特性予測技術の開発Ⅱ スギ大径材から得られた心持ち及び心去り平角材の水分非平衡下 における曲げクリープ（第3報）

（宮崎木技セ）○松元明弘、荒木博章、荒武志朗、中谷誠、
（森林総研）加藤英雄、（建研）槌本敬大、
（道総研林産試）大橋義徳、高梨隆也、石原亘、
（熊本県玉名地域振興局）野口琢郎

【緒言】

近年、市場等への出材量が増加傾向にある大径丸太の構造材としての利用推進を目的として、筆者らは、スギ大径丸太から得られた心持ち及び心去り平角の曲げクリープ試験（水分非平衡下）を実施している。既報²⁾において、試験開始時期の違い（温湿度変動）によるクリープ挙動への影響が示唆されたことから、本研究においても、試験開始時期を夏期と冬期の2条件を設定して、温湿度変動の影響を検証した。その結果、断面の大きい平角においても、試験開始から約1年の間は温湿度変動によるクリープ挙動への影響は大きかったものの、2年目以降は、その影響は小さくなる傾向が認められた。

【実験方法】

長さ4m程度に玉切りした南九州産スギ大径丸太から図1のとおり心持ち及び心去り平角材を木取り、長さを3,440mmにそろえた。心持ち材と心去り材それぞれにつきE50とE70を2体ずつの計8体を抽出し、曲げクリープ試験に供した。また、試験体の採材と合わせて、曲げクリープ試験期間における重量変動測定用の試験体（長さ190mm）をエンドマッチングで切り出した。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）。試験条件を図2に示す。試験体中央部にたわみ測定用として、2箇所の支点上部に膨潤・収縮測定用としてそれぞれ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。各試験体の概要を表1に示す。試験開始時期は、令和元年8月と令和2年1月の2回に分けた。負荷荷重は、今回の試験体と同ロットの試験体の曲げ試験によって

得られた平均破壊荷重に0.37

$[= 2/3 \times 1.0 \times 1.1/2]$ を乗じた値とした。

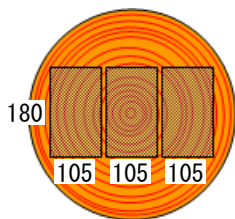


図1 試験体の木取り

表1 試験体の概要と載荷荷重

試験区分 試験開始日	試験体	密度 (kg/m ³)	全乾法 含水率 (%)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)	同ロットの短期試験で求めた値		
					最大荷重平均 (kN)	応力 レベル	載荷荷重 (kN)
【夏スタート】 R1.8.5	心持ちE50夏	335	11.4	4.1	26.2	0.37	9.7
	心持ちE70夏	390	11.2	6.5	29.5		10.9
	心去りE50夏	344	11.6	5.1	31.4		11.6
	心去りE70夏	372	13.3	7.8	37.0		13.7
【冬スタート】 R2.1.7	心持ちE50冬	349	13.0	5.3	26.2		9.7
	心持ちE70冬	390	12.2	7.5	29.5		10.9
	心去りE50冬	376	14.0	6.2	31.4		11.6
	心去りE70冬	374	13.0	8.0	37.0		13.7

【結果および考察】

図3に夏スタートおよび冬スタート試験体の相対クリープと温湿度および含水率の推移を示す。いずれの試験条件においても1年目の春～夏にかけては、たわみの急増が見られ、とくに冬スタートにおいては著しいたわみが生じた。

木材の曲げクリープに及ぼす温度の影響は大きく、応力作用中に温度変化

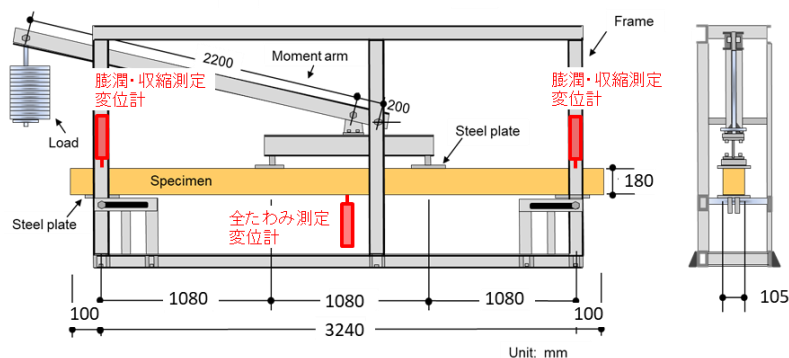


図2 クリープ試験条件

を生じたものは、一定温度下の場合と比較して著しく大きなたわみを生じることが報告されている³⁾。また、含水率変動においても、メカノソープティブ変形のような水分の吸脱着を伴った载荷による変形は、水分移動のない状態での载荷に比べて著しく大きな変形が生じることから、上記の結果は、これらの影響が顕著に表れたものと推察される。なお、両スタート時期における相対クリープを比較すると心去りE50 冬以外は、推移が横ばいになって以降、いずれも約 1.5~1.7 の範囲で推移しており、これ以前のクリープの増加の仕方には、違いはあるものの、相対クリープが横ばいになってからの推移はスタート時期の違いによる大きな差は見られなかった。

一方、2 年目の春～夏にかけては、いずれの試験条件ともたわみの急増は見られず、温湿度変動による影響は小さかった。この原因については、徳本らの研究報告⁴⁾にもある「吸脱湿サイクル下の木材のクリープにおいては、水分吸脱着を伴った過去の変形の履歴の影響を強く受ける」ことによるものと考えられる。とくに吸湿過程においては、1 回目の吸湿過程では含水率増加に比例してクリープが増加するのに対して、2 回目以降はたわみが部分的に回復することが報告されており、本試験においても、これと同様の現象が生じたことで、2 年目のたわみが少なかったものと推察される。

また、表 2 は各スタート時期におけるクリープ試験体の 1 年ごとの最高含水率と最低含水率の差から年間の含水率変動幅を算出したものであるが、後年になると含水率の変動幅が小さくなっていることが分かる。時間の経過とともにたわみの進行が緩やかになってくるのは、このような木材の吸放湿能の低下により、水分の吸脱着を伴った異常変形自体が減少したということも要因の一つとして考えられる。

試験開始から令和 4 年 3 月 12 日までに得られた曲げクリープの実測値をもとに、(1)式に示す Power 則、並びに(2)式に示す曲げ剛性の低減係数(Kt)から求めた値(3)式(告示法)を用いて、全試験体の相対クリープの予測を行った。

$$\delta t / \delta_0 = 1 + at^N \quad \cdots \cdots (1)$$

$$Kt = \delta_0 / \delta t \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\delta t / \delta_0 = 1 / 10^{Kt} \quad \cdots \cdots (3)$$

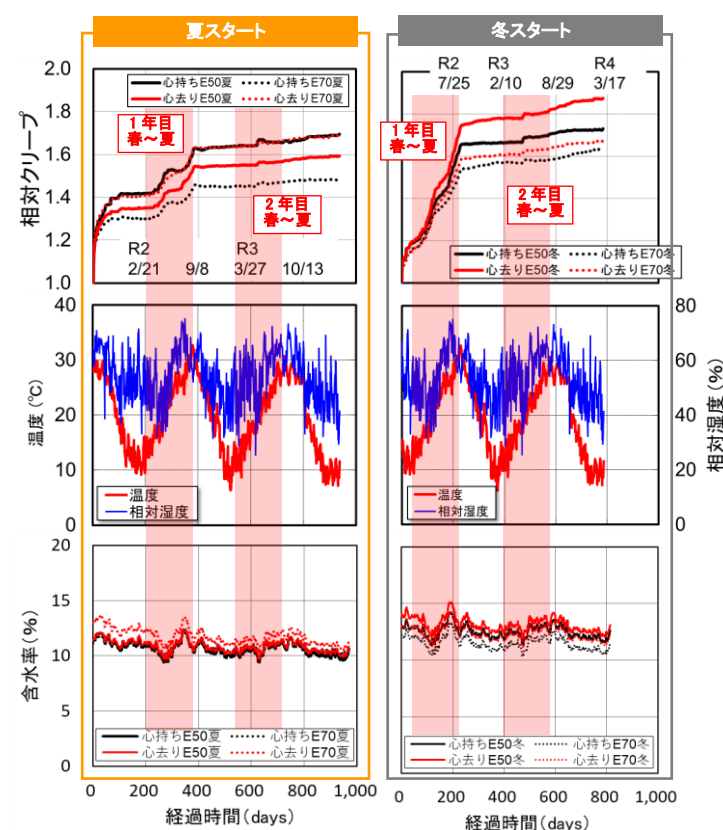


図 3 相対クリープ(上図)と温湿度(中図)および含水率(下図)の推移

表 2 クリープ試験中の年間の含水率変動量

夏スタート		冬スタート	
	含水率変動量 (%)		含水率変動量 (%)
1年目脱湿量	-2.5	1年目吸湿量	3.0
1年目吸湿量	2.7	1年目脱湿量	-3.0
2年目脱湿量	-2.7	2年目吸湿量	2.2
2年目吸湿量	2.0	2年目脱湿量	-2.1
3年目脱湿量	-1.9		

※含水率変動量は各スタート時期における全試験体の平均値

後年になると含水率の変動幅が小さくなっていることが分かる。時間の経過とともにたわみの進行が緩やかになってくるのは、このような木材の吸放湿能の低下により、水分の吸脱着を伴った異常変形自体が減少したということも要因の一つとして考えられる。

試験開始から令和 4 年 3 月 12 日までに得られた曲げクリープの実測値をもとに、(1)式に示す Power 則、並びに(2)式に示す曲げ剛性の低減係数(Kt)から求めた値(3)式(告示法)を用いて、全試験体の相対クリープの予測を行った。

$$\delta t / \delta_0 = 1 + at^N \quad \cdots \cdots (1)$$

$$Kt = \delta_0 / \delta t \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\delta t / \delta_0 = 1 / 10^{Kt} \quad \cdots \cdots (3)$$

$\delta t / \delta_0$ は相対クリープ

(δt は全たわみ、 δ_0 は初期たわみ)

t は時間、a、N、e、f は実測値から求める定数

各試験体について Power 則及び告示法により求めた予測値 ($\delta t / \delta_0$) を図 4 に示す。各予測値の定数は、両スタート時期ともにクリープ変形が横ばいの推移を示し始めた時期以降(夏スタート: 413 日目以降、冬スタート: 230 日目以降)の実測値から算出した。いずれの試験体ともクリープ変形が横ばい

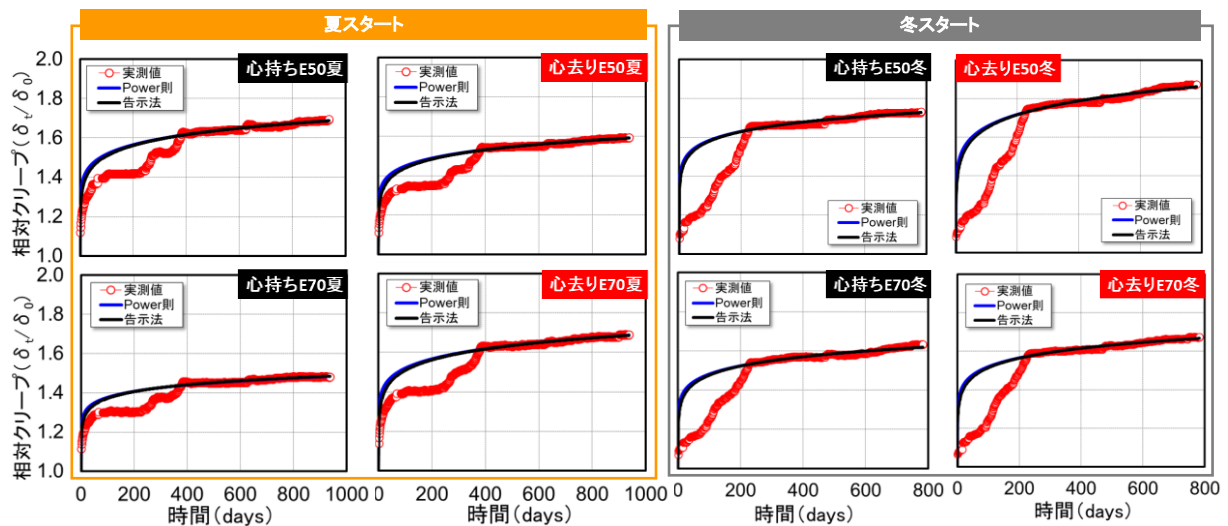


図 4 相対クリープの実測値と予測値の比較

の推移を示して以降、実測値と予測値は、ほぼ重なり合うような線形を示すとともに Power 則と告示法の予測値はほぼ一致している。これらの計算式から得られた予測曲線をもとに、各試験体のクリープ調整係数を求めた結果を表 3 に示す（告示法のみ）。夏スタートにおいては、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）内に収まっており、冬スタートにおいても心去り E50 冬以外は同係数内に収まる結果となった。以上の結果から、大径材から得られた心持ちおよび心去り平角を梁桁材等として利用するにあたって概ね問題はないものと思われる。

なお、大径材の製材においては、正角や平角のような比較的断面の大きい材を複数取ることが可能となるが、この場合、木取りに応じて部材断面内における髓や未成熟材の配置が異なってくることから、これらの違いが強度や変形性能等に影響してくることが想定される⁵⁾。その他、乾燥方法の違い等も材質に影響を及ぼすことが考えられる。水分非平衡下における曲げクリープ性能の評価にあたり、これらの要素がどの程度の影響を及ぼすかについても、今後、検証していく必要がある。

表 3 クリープ調整係数

夏スタート			冬スタート		
試験体		クリープ調整係数	試験体		クリープ調整係数
心持ちE50夏		1.96	心持ちE50冬		1.98
心持ちE70夏		1.65	心持ちE70冬		1.86
心去りE50夏		1.82	心去りE50冬		2.25
心去りE70夏		1.95	心去りE70冬		1.93

- 【文献】 1) 松元明弘ら：第 70 回日本木材学会大会研究発表要旨集, D17-P1-10 (HP) (2020)
 2) 荒武志朗ら：第 69 回日本木材学会大会研究発表要旨集, D14-01-1545 (HP) (2019)
 3) 北原覚一、湯川公夫：木材学会誌, 10 (5), 169-175 (1964)
 4) 徳本守彦ら：材料, 47 (4), 374-379 (1998)
 5) 荒武志朗ら：日本木材加工技術協会第 39 回年次大会講演要旨集, 32-33 (2021)

【謝辞】 本研究は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）」の支援を受けて行った。

構造用製材の強度特性予測技術の開発Ⅲ 荷重増減下におけるスギ構造材のクリープ —心去平角材のクリープに及ぼす積雪の影響について—

※荒武志朗、荒木博章、松元明弘、中谷誠、(森林総研) 加藤英雄
(建研) 槌本敬大、(道総研林産試) 大橋義徳、石原亘、高梨隆也

【はじめに】

国産大径材から得られた製材を構造材として広く普及するための研究の一環として、荷重変動下におけるスギ心去平角材の曲げクリープ特性を検討してきた。この目的は、一定荷重下のみならず、断続的に繰り返される積雪、融雪が長期たわみに如何なる影響を及ぼすのかを知るとともに、このような荷重変動下におけるクリープ調整係数（50年後のたわみ／初期たわみ）を可能な限り精度良く予測することにあった。これにより、寒冷地（豪雪地帯）におけるスギの構造安全性を少なくとも長期たわみの側面から担保できると考えるからである。

ここでは、荷重増減を伴うクリープ試験（以後、荷重増減試験）の過程で直面した実験手法上の問題点と解決策について検討した結果、並びに Boltzmann の重ね合わせの原理¹⁾（以下、SP）を用いて積雪、融雪下におけるクリープ調整係数の予測を試みた結果を報告する。

【試験体と試験方法】

スギ心去り平角材 E50、E70 の各 3 体（幅 105mm×高さ 180mm×4000mm）から、荷重増減試験体（幅 105mm×高さ 120mm×長さ 2200mm）3 体、及びエンドマッチング試験体（＝短期試験体、幅 105mm×高さ 120mm×長さ 1800mm）3 体を木取り、いずれも重量変動がなくなるまで養生したうえで、各試験に供した。表 1 に荷重増減試験体の概要を示す。ここで、表中の「一般地域」、「多雪地域」、「長期」は応力レベル条件を示すもので、建築基準法施行令第 89 条第 1 項をベースとして以下の様に設定した。

- ① 「一般地域」： 1.1/3（6 か月）→1.6/3（3 日）→1.1/3（4 か月）→除荷
- ② 「多雪地域」： 1.1/3（6 か月）→1.43/3（3 か月）→1.1/3（3 か月）→除荷
- ③ 「長期」： 1.1/3（約 2 年）

負荷荷重は、エンドマッチング試験体の短期試験で得られた最大荷重の下限值に上述した各応力レベルを乗じた値とした（下限値を得るための短期試験は別途実施した²⁾）。

荷重増減試験は、大気条件下（水分非平衡下）で実施した。この場合、季節変動の影響³⁾を可能な限り除くために 試験開始を梅雨明け（7 月末）とした。

変位は、たわみ測定用としてストローク 50mm、膨潤、収縮測定用としてストローク 25mm のひずみゲージ式変換器をそれぞれ試験体の中央部下と両支点上にセットし、データログを用いて自動測定した。この場合、測定インターバルは、負荷後、荷重増減後、除荷後のいずれも 1 分、2 分、5 分、10 分、100 分、500 分経過時とし、その後は 24 時間とした。

荷重増減の基本曲線には、(1)式に示す Power 則と(2)、(3)式に示す曲げ剛性の低減係数(K_t)⁴⁾ から求めた相対クリープ（全たわみ／初期たわみ＝ δ_t/δ_0 ）を採用した（以下、後者は告示法）。

$$\delta_t/\delta_0 = 1 + at^N \dots \dots \dots (1), \quad K_t = \delta_0/\delta_t \dots \dots \dots (2), \quad \delta_t/\delta_0 = 1/10^{ef} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 t は時間、 a 、 N 、 e 、 f は定数である。

変形モデルには、以下に示す SP を採用した（「一般地域」、「多雪地域」を設定）。

表 1 荷重増減試験体の概要

試験体		幅 mm	高さ mm	長さ mm	密度 kg/m ³	含水率 %	Efr kN/mm ²
一般地域	E50	104	120	2201	307	11.5	5.23
	E70	105	120	2200	381	15.3	7.02
多雪地域	E50	105	121	2201	332	13.3	5.43
	E70	105	121	2200	360	15.0	7.42
長期	E50	103	121	2200	362	15.3	6.16
	E70	104	120	2200	390	16.2	7.65

※含水率は高周波含水率計による値、Efrは縦振動ヤング係数

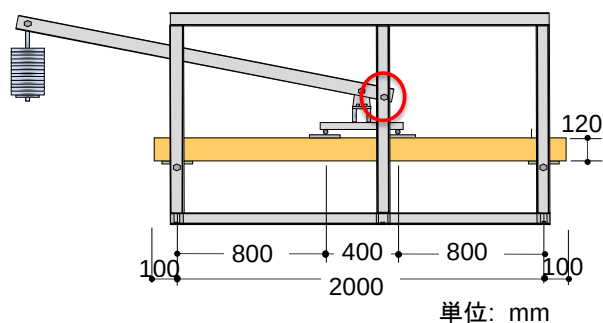


図 1 荷重増減試験条件

$$\delta_t = \delta(P_0, t) + \delta(P_1 - P_0, t - t_1) - \delta(P_1 - P_0, t - t_2) - \delta(P_0 - P_0, t - t_3) \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 δ_t は全たわみ、 $t - t_1$ は荷重増加時 ($P_0 \rightarrow P_1$)、 $t - t_2$ は荷重減少時 ($P_1 \rightarrow P_0$)、 $t - t_3$ は除荷後 ($P_0 \rightarrow 0$) を意味する。

【結果および考察】

図2に、荷重増減下における δ_t / δ_0 の実測値と SP で求めた同値の比較を示す (E50 のみ示しているが E70 も同様であった)。なお、ここでは、基本曲線として①第1ステージ (負荷 1~180 日間) の Power 則と告示法が適用され、②瞬間変形が負荷荷重に比例すると仮定している。同図のうち、除荷後 ($P_0 \rightarrow 0$) のクリープ回復は、何れも SP による予測値が実測値に近似しているが、第2ステージから第3ステージ ($P_1 \rightarrow P_0$) の予測値は実測値から大きく離れている (すなわち、仮定②が成立していない)。この原因を特定するために、図1と同一条件で“吊り下げ型”による荷重増減試験を実施した (同一ロットの試験体2体を供試し、支点のフリクションを確認するために1体の支点にテフロンシートを敷いた)。結果として、試験条件に係わらず瞬間変形が負荷荷重に比例した (すなわち、仮定②が成立した)。これは、図1による試験では、モーメントアーム支持部 (図1の赤丸) のフリクションが荷重減を妨げていた可能性を示すとともに (後に荷重を実測した結果、50~60%しか戻っていなかった)、この種の試験装置を用いて荷重増減試験を行う場合には、事前のフリクション対策が極めて重要なことを示している。

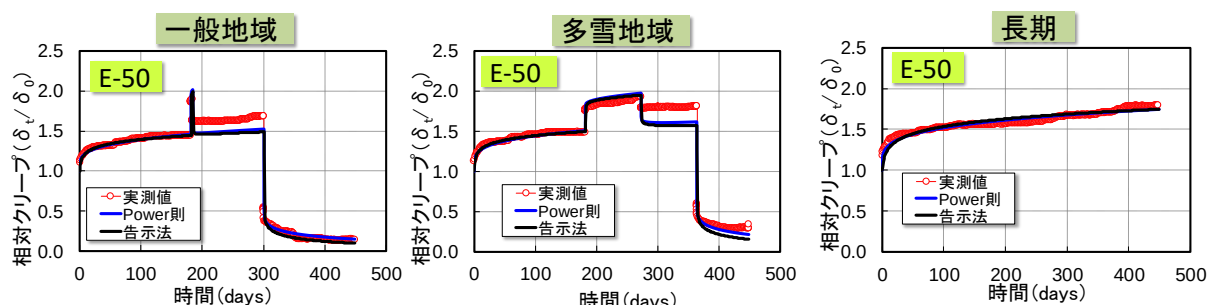


図2 荷重増減下における相対クリープ (δ_t / δ_0) の実測値と SP による予測値の比較

以上を受け、ここでは前述した仮定①、②が成り立つものとし、SP と告示法を用いて積雪がなかった場合と年に1度の積雪があった場合の δ_t / δ_0 の比較を図3に示す (10 年間のみ)。同図を見ると、「一般地域」と「多雪地域」のいずれも、融雪から少なくとも次年の積雪開始までには殆どのクリープが回復しており、積雪によるクリープ調整係数の加算は極めて微小な数値に収まる結果となった (「一般地域」で+0.003 前後、「多雪地域」で+0.06 前後)。ただし、結論づけるには、更なるデータ蓄積、とりわけ恒温恒湿下や積雪地におけるデータ蓄積が必須となろう。

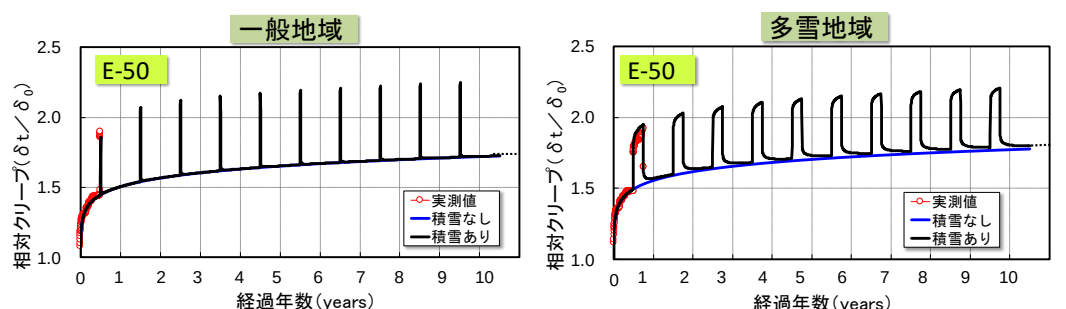


図3 積雪なしと積雪あり (1 回/年) の相対クリープ (δ_t / δ_0) の比較 (SP を適用)

【謝辞】本研究は、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト)」の支援を受けて行った。

【文献】1) 北原覚一：木材物理，森北出版，pp. 109-110(1966)，2) 松元ら：第 69 回日本木材学会大会研究発表要旨集，D15-P-09 (HP) (2019)，3) 荒武ら：第 71 回日本木材学会大会研究発表要旨集，D3-04-07 (HP) (2021)，4) 日本ツーバイフォー建築協会：“2018 年枠組壁構法建築物構造計算指針”，丸善出版，2018，p. 277-279。

2-1-4 スギ丸太品質に基づく構造用製材の強度特性の明確化 —スギ大径丸太から製材した 210 材の曲げクリープ・自然環境下の 曲げクリープ挙動に及ぼす温湿度の影響—

荒木博章、荒武志朗、松元明弘、兒玉了一
(熊本林研セ) 中村圭子、徳丸善浩、池田元吉
(森林総研) 加藤英雄

【はじめに】スギ大径材の活用を進めるにあたり板材としての利用、とりわけ大径材ならではの幅の大きな板材を活用する取り組みとして、横架材を想定した幅広の枠組壁工法構造用製材の強度特性について研究を行っている。その一つとして 210 材 (38×235mm) の自然環境下、及び恒温恒湿下から自然環境下へ環境が変化した際の曲げクリープ挙動について研究を実施している¹⁾³⁾。本報では、自然環境下での温度と相対湿度が挙動に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

【実験方法】試験材の調達及び曲げクリープ用試験体の作製は既報⁴⁾のとおりである。試験体の諸元について表-1に示す。今回報告する試験は開始時期が2つのフェーズに分かれており、フェーズⅠは2020年7月20日に自然環境下(屋内)で試験を開始した2試験体 N5.0、N7.5 であり、フェーズⅡは2021年2月2日に20℃、65%の恒温恒湿室内にて開始し、65日目(2021年4月8日)までは恒温恒湿下、その後調温調湿を止めて室を開放した状態で継続中の2試験体 EN6.1、EN6.4 である。各フェーズとも予め20℃、65%の恒温恒湿室で調湿した後に曲げヤング係数を測定したうえで試験に供している。荷重条件、測定方法は既報¹⁾²⁾のとおりである。なお本報告での時間はフェーズⅠ開始時を基準とした。

【結果および考察】相対クリープ(たわみ量/初期たわみ量:以下、 δ_t/δ_0)、寸法変化量及び温度・相対湿度の変化について図-1に示す。どちらのフェーズでも δ_t/δ_0 の変動が温湿度の変動に対応する傾向がみられた。そこで、フェーズⅠの試験体 N7.5 について、日中のたわみ量が大きくなる時間帯である18時を基準とした12時間毎の温度、相対湿度及び平衡含水率の変動に伴うたわみ量の変動について図-2に示す。たわみ量の変動は温度の変動と高い正の相関がみられ、図-1でのたわみ挙動に反映されていると考えられる。また、相対湿度及び平衡含水率の変動は δ_t/δ_0 と負の相関がみられ、自然環境下での脱湿に伴うメカノソープティブ変形(以下、MS変形)が影響していると考えられる。なお、これらの傾向は試験体 N5.0 の場合も同様の傾向であった。

表-1 曲げクリープ試験体の諸元

フェーズ	試験体番号	試験開始日 (試験条件変更日)	試験条件	曲げヤング係数 (kN/mm^2)	含水率 (%)
Ⅰ	N5.0	2020年7月20日	自然環境下 (屋内)	5.03	13.2
	N7.5			7.54	13.4
Ⅱ	EN6.1	2021年2月2日 (2021年4月8日)	恒温恒湿下 85日間 (20℃65% 恒温恒湿室内)	6.10	12.8
	EN6.4		⇒ 自然環境下 85日目～ (恒温恒湿室内)	6.42	14.4

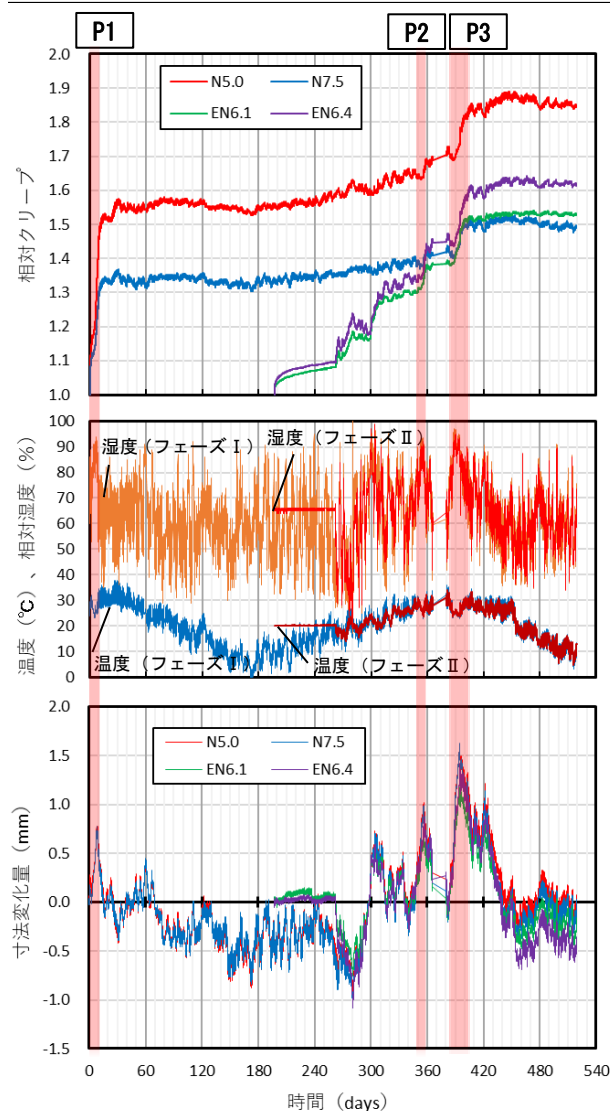
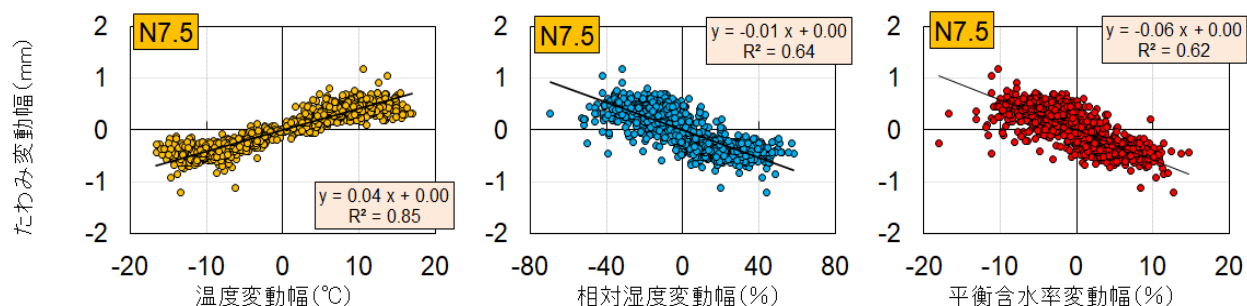
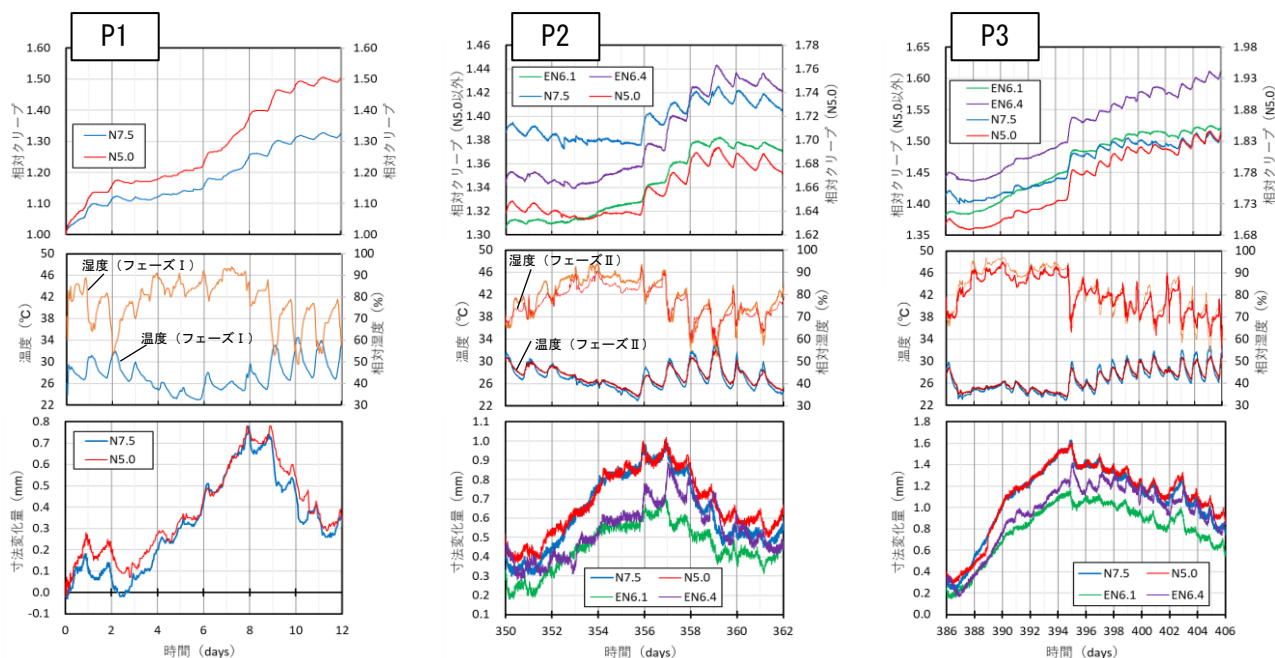


図-1 相対クリープ、寸法変化量
及び温度・相対湿度の変化



図－2 18時を基準とした12時間毎の温度、相対湿度及び平衡含水率の変動に伴うたわみ量の変動

温度と相対湿度の変動に伴う δ_t/δ_0 の増減傾向がみられる一方で、図－1の朱網掛け部分 P1～P3 に示すような短期間で δ_t/δ_0 が著しく増加する現象がみられた。それらの期間での δ_t/δ_0 、温湿度変化及び寸法変化について図－3に示す。まず P1 は自然環境下での負荷より 12 日目頃までの一次クリープが生じている段階と考えられるが、試験初期での高湿状態の継続に伴い文献⁵⁾にある最初の吸湿過程による δ_t/δ_0 の増大、さらに脱湿過程の MS 変形に伴う δ_t/δ_0 の増大が順に生じていると考えられる。次に P2 について、フェーズⅠの試験体の δ_t/δ_0 は 353 日目から 356 日目まで漸減傾向を示すのに対して、フェーズⅡは漸増傾向を示した。その後、いずれも 356 日目の著しい温度増・相対湿度減に伴い MS 変形とみられる著しい増大が生じ、その後も温湿度変化に伴い MS 変形が進んだ。356 日目以前のフェーズⅠとⅡの傾向の違いは、文献⁵⁾にある吸湿過程によるクリープの増大の履歴が異なることが影響していると考えられる。最後に P3 については、388 日目以降にみられる高湿状態の継続によりどちらのフェーズも吸湿過程でのクリープが生じて漸増傾向がみられた後、395 日目の著しい温度増・相対湿度減に伴い大きな MS 変形が生じ、その後も温度・相対湿度の増減に伴い MS 変形が進行した。これらのことから、温度と相対湿度の変化が様々な形でたわみの進行に影響すること、特に MS 変形によってたわみが急増することが確認できた。



図－3 図－1における P1～P3 の期間の相対クリープ等の変化

【参考文献】1) 荒木ほか：第 71 回日本木材学会大会研究発表要旨集,1P70(HP)(2021)、2) 荒木ほか：(公社)日本木材加工技術協会第 39 回年次大会講演要旨集,2021,p58-59、3) 荒木ほか：第 72 回日本木材学会大会研究発表要旨集,Y16-06-1330(HP)(2022)、4) 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,2020,p50-51、5) 徳本守彦,木材工業 56(2),p48-52(2001)【謝辞】本研究は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）」の支援を受けて行った。

2-2 木質バイオマスの活用の推進

2-2-1 廃プラスチック及び廃木材を利用した再生ボードの開発可能性調査 - 3層ボードの特性 -

田中 洋

【緒言】

使用済みプラスチック資源（廃プラ）の回収・リサイクル促進が喫緊の課題とされる中、筆者らは廃プラの熱可塑性に着目し、廃プラと木材小片を混合してプレス成形する簡易な方法により接着剤を使用しないリサイクルボードを製造することを試みた¹⁾³⁾。その結果、このリサイクルボードは表面に木材小片が露出するため、水分を吸収すると木材小片が突起状に膨らみ、ボードの表面平滑性が損なわれることが明らかになった。そこで、今回はボードの表裏面に廃プラのみの層を設けた3層ボードを製造し、その力学的性能および耐水性について検討した。

【実験方法】

1) 供試材

廃プラは、産業廃棄物として回収された使用済み農業用ポリフィルム（厚さ 0.02～0.05mm）を用いた。廃プラをツインプレスクラッシャー（(株)御池鐵工所製 TPC-60160-200）で一次破碎した後、高速一軸粉碎機（商研(株)製 ES3280H）で粉碎し、目開き 8.0mm 篩下の廃プラ小片を原料として使用した。なお、この廃プラを目視で4種類に分別しフーリエ変換赤外分光法による組成分析を行った結果、いずれもポリエチレンであることがわかった。

木質原料は、産業廃棄物として回収された建設廃材等の廃木材を用いた。廃木材をハンマー式破碎機（(株)御池鐵工所製 MHM-100B）で一次破碎した後、リングフレイカー（PALLMANN 製 PZ8）で切削し、目開き 4.8mm 篩下かつ 1.0mm 篩上の木材小片を原料として使用した。木材小片は、廃プラと混合する前に含水率 3%以下に乾燥させた。

2) リサイクルボードの製造

ホット・コールドプレス（(株)山本鉄工所製 TA-200-1W-AR）を用いて、廃プラと廃木材を混合したボードおよび廃プラ単独のボードを製造した。本試験では、熱圧時に廃プラが熔融し冷却により結合力が発現することを利用しており、接着剤は使用しなかった。以下に廃プラと廃木材を混合したボードの製造方法を示す。

表層用の廃プラ小片、および芯層用の廃プラ小片と木材小片を常温にて所定の比率で攪拌混合したものをそれぞれ計量し、表層用、芯層用、表層用の順でフォーミングボックス内に散布してマット状に成形した。表層：芯層：表層の重量比は、0.5：9：0.5であった。次に、ガラス繊維入りテフロンシートを貼付した2枚のアルミ板でマットを挟み、プレスで熱圧した。マット厚さはプレスの熱板間隔を制御することで規制した。その後、圧縮圧力を保持したまま熱板内に通水し冷圧固化させた。製造条件は、熱板温度 130℃、圧力 Max.3.5MPa、熱圧時間 13 分（廃プラ単独のボードは 9 分）、冷圧時間 26 分であった。ボード寸法は 300mm×300mm×9mm、目標比重は 0.95 とし、木材混合比（重量比）を 0%、10%、30%、50%、70%および 90%としたボードを各 3 枚製造した。

3) 材質試験

製造したボードを実験室内で1カ月以上養生した後、1枚のボードから幅 50mm、長さ 200mm の曲げ試験体を 6 体採取し、JIS A 5908 パーティクルボード（JIS）に準じて常態での曲げ強さ、曲げヤング係数を求めた。曲げ試験終了後、非破壊部から 50mm×50mm の試験体を採取し、JIS に準じて 20℃±1℃ の水中に 24 時間浸漬した後の吸水率と吸水厚さ膨張率を測定した。試験体数は、両試験とも木材混合比が異なるボードごとに 18 体であった。

【結果および考察】

1) 曲げ性能

木材混合比と比重の関係を図 1 に示す。廃プラと木材小片を混合して熱圧することで、接着剤を用いずに比重 0.9 以上のボードを製造可能であった。ただし、木材混合比が 50%を超えるとボードの仕上がり厚さが増し、比重が低下した。

木材混合比と曲げヤング係数の関係を図 2 に示す。木材混合比 50%までは、木材小片の増加とともにヤング係数は上昇し、木材混合比 50%の場合の平均値は各ボード間で最高の 1.85kN/mm²を示した。木材混合比が 50%を超えると木材小片の増加とともにヤング係数が低下した。

木材混合比と曲げ強さの関係を図 3 に示す。曲げ試験では、木材混合比が高いほど最大応力時の変形量が小さくなる傾向が認められた。曲げ強さの平均値は木材混合比 30%で極大値を示し、木材混合比 10%~50%の範囲では JIS13 タイプ、木材混合比 0 および 70%の場合は JIS8 タイプのパーティクルボードに相当する曲げ性能が得られた。

木材混合比が一定の範囲内では木材小片が補強材として曲げ性能に有効に作用したが、木材小片の割合が一定範囲を超えると廃プラの減少に伴う接着効果の低下が生じるとともに、比重の低下が曲げ性能の低下に影響したと考えられる。

2) 耐水性

今回製造したボードは、表層に配した廃プラのみの層が熱圧時に溶解して膜状の表面が形成されており、木材小片は表面に露出していなかった。そのため、水中浸漬後もボード表面に凹凸が生じることなく平滑性は保持された。

木材混合比と吸水率の関係を図 4 に示す。吸水率は木材混合比が高いほど大きくなった。ボード表面は廃プラで覆われているものの、試験体の端部が露出しているため、端部に現れる木材小片の量に応じて吸水量が変化したと考えられる。

木材混合比と吸水厚さ膨張率の関係を図 5 に示す。厚さ膨張率の挙動は吸水率と同様の傾向を示したが、とくに木材混合比 30%以下のボードは耐水性に優れていた。

木材混合比が高い場合においても、端部をシールするなどボード表面のみが水と接している場合は、吸水率、厚さ膨張率ともに本試験結果よりも小さくなるのではないかと考えられる。

【謝辞】

本研究は、(公財) 宮崎県産業振興機構「環境イノベーション支援事業（基礎実験型可能性調査支援事業）」の助成を受けて行った。

【文献】

- 1) 日本木材加工技術協会第 38 回年次大会（岐阜）講演要旨集、p.40-41（2020）
- 2) 日本木材加工技術協会第 39 回年次大会（旭川）講演要旨集、p.76-77（2021）
- 3) 令和 2 年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書、p.32（2020）

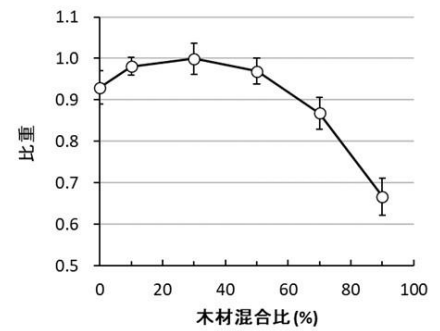


図 1 木材混合比とボード比重の関係

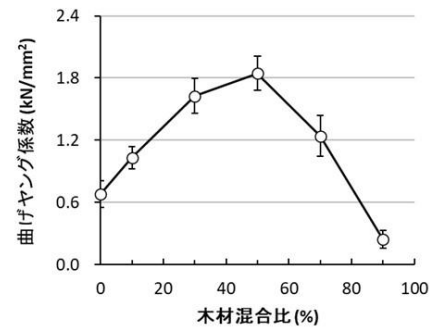


図 2 木材混合比と曲げヤング係数の関係

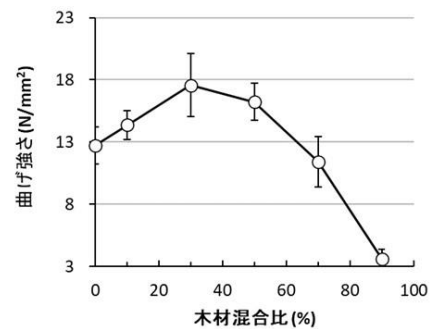


図 3 木材混合比と曲げ強さの関係

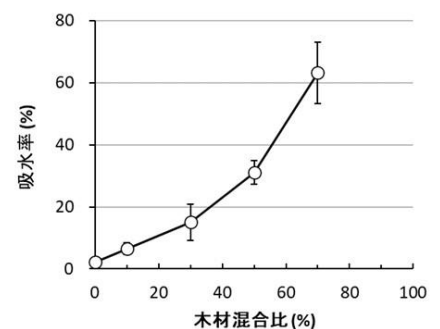


図 4 木材混合比と吸水率の関係

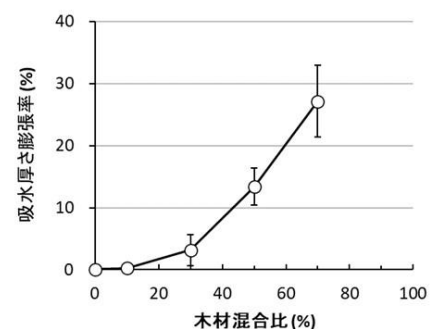


図 5 木材混合比と吸水厚さ膨張率の関係

2-3 新たな木材需要創出に向けた取組の推進

2-3-1

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 ※東崎無我 須原弘登、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（以下「エマルジョン」とする）またはタール様（以下「ヤニ」とする）油脂が排出されるが、現状では使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、耐腐朽性試験及び耐蟻性試験を実施した。

2. 試験方法

2.1

供試菌：褐色腐朽菌としてオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris*)、白色腐朽菌としてカワラタケ (*Trametes versicolor*) を用いた。

供試虫：イエシロアリ (*Coptotermes formosanus*)：野生個体または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 工場で排出されるエマルジョンまたはヤニ (表 1, 2)。

2.2 ヤニの耐腐朽性能試験

JIS K 1571:2010 に準じてヤニの耐腐朽性能試験を行った。ヤニのエタノール溶液 (3%、5%、10%) をスギ辺材 (2×2×2cm) に加圧含浸処理し試験に供した。温度 25℃、湿度 75% で 12 週間培養した後、試験体の重量減少率を測定した。本研究では Student の t-test により無処理区との差の優位度検定を行っており、*p* 値が 0.01 未満を統計的に有意とみなした。

2.3 抗蟻性試験

2.3.1 強制摂食試験

JIS K 1571:2010 に準じてヤニの抗蟻性能試験を行った。

エマルジョンまたはヤニ (3, 5, 10% in EtOH) をスギ辺材 (L20×D20×H10 mm) に含浸処理したものを用いて強制摂食試験を行った。木片使用時は、職蟻 150 頭及び兵蟻 15 頭を使用し、21 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。

2.3.2 選択摂食試験

エマルジョンまたはヤニ (3, 5, 10% in EtOH) をスギ辺材 (L20×D20×H10 mm) に含浸処理したものを用いて選択摂食試験もおこなった。コンテナボックス (4 L) に薄く海砂を敷いた容器に試験体を設置し、イエシロアリ (約 4g、約 1300 頭) を投入し、28 日間食害処理を行った (図 1)。試験期間終了後に試験体の重量減少を計測し食害量を求めた。

2.4 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%

表 1 エマルジョン様油脂に含まれるテルペンの組成

化合物名	検出比(%)
trans-ムロラ-4(14), 5-ジェン	2.8
α-ムロレン	1.7
γ-カジネン	5.7
δ-カジネン	7.6
1-エピ-クベノール	5.2
クベノール	4.1
α-ムロロール	2.2
β-オイデスマール	1.3
α-カジノール	1.3
ピマラジェン	2.3
アビエタトリエン	1.1
アビエタジエン	15.6
サンダラコピマリナール	5.8
フィロクラダノール	3.9
サンダラコピマリノール	10.4
6,7-デヒドロフェルギノール	3.8
フェルギノール	14.7

表 2 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-エピ-クベノール	1.4
クベノール	1.1
アビエタジエン	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



図 1 選択摂食試験の様子

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⁴⁾(表3)に従った。

3. 結果

3.1 ヤニの耐腐朽性能試験

ヤニを含浸処理したスギ辺材を用いた耐腐朽性能試験(n=10)の結果(図2)、カワラタケによる処理では無処理区が17.4%の重量減少であったのに対して、3%処理区では3.3%、5%処理区では2.6%、10%処理区では2.5%の重量減少にとどまった。いずれのヤニ処理区も無処理区に対して1%水準で有意差を示した。JIS K1571では重量減少率3%未満を耐腐朽能ありとしていることから、ヤニ5%、10%処理区でカワラタケに対する耐腐朽能を有すると言える。

一方でオオウズラタケによる処理では無処理区が31.6%の重量減少率を示したのに対して、3%処理区では31.0%、5%処理区では22.4%、10%処理区では15.8%の重量減少となった。無処理区に対しては10%処理区のみが1%水準で有意差を示したが、いずれの処理区もJIS K1571で定める水準には及ばず、オオウズラタケによる腐朽に対しては耐腐朽効果が乏しいことが示唆された。

3.2 スギ由来油脂の抗蟻性能試験

3.2.1 強制摂食試験

ヤニを含浸処理したスギ辺材を用いた強制摂食試験については昨年度の報告書で報告している。参考までに本報告書の最後に試験結果を掲載する(図6)。

同様にエマルジョンを含浸処理した試験(n=3; 図3)では、無処理の食害量が267 mg(重量減少率20.0%)であったのに対し、3%で28 mg(重量減少率2.0%)、5%で31 mg(重量減少率2.2%)、10%で46 mg(重量減少率2.6%)と処理濃度に関わらず、大幅な抑制効果が見られた。しかしながら一方で有意差検定では無処理区との間に有意差は見られていない。これは、繰り返し試験数が3回と少ない事と、無処理区の食害が小さい(重量減少率11%)試験があったためと考えられる。本来JISの規格ではこの試験は除外されるべきだが、これを除外すると試数が少なくなりすぎるため、今年度はこれを含めたものを報告する。より精度の高い評価を行うため、次年度以降も引き続き追試験を行いたい。

死虫率は無処理の17.8%に対し、3%は22.8%、5%は31.7%、10%は23.4%となり、エマルジョン処理区で死虫率が増加したものの、一貫した傾向は見られなかった。

3.2.2 選択摂食試験

ヤニを含浸処理したスギ辺材を用いた選択摂食試験についても昨年度の報告書で報告しているが、参考までに本報告書の最後に試験結果を掲載する(図7)。スギ辺材にエマルジョンを含浸処理した木片の選択摂食試験の結果を図4に示す。無処理の試験体の食害量が502 mg(重量減少率40.2%)であったのに対

表3 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

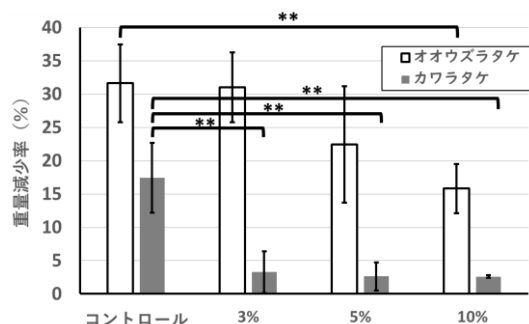


図2 耐腐朽試験の結果

□はオオウズラタケ(褐色腐朽菌)、■はカワラタケによる腐朽試験の結果。

** : 0.01 > p で有意差あり。

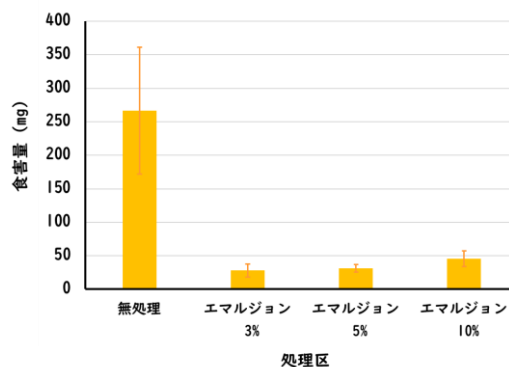


図3 エマルジョン含浸処理木片の強制摂食試験の結果

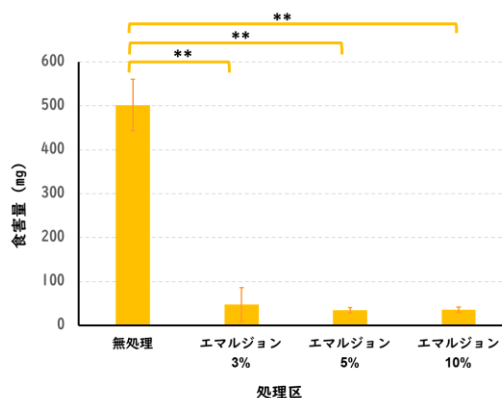


図4 エマルジョン含浸処理木片の選択摂食試験の結果。

** : 0.01 > p で有意差あり

し、3%では48 mg（重量減少率3.5%）、5%処理では35 mg（重量減少率2.5%）、10%では36 mg（重量減少率2.3%）といずれも有意に食害を抑制した（0.01>p）。選択摂食試験と強制摂食試験の結果を併せて考えると、更なる繰り返し試験は必要なものの、エマルジョンにはイエシロアリに対する防蟻効果が見込めると言える。

3.3 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。対象として無塗装、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5に示す。無処理区（食害度1.0）とヤニ塗布区（食害度1.4）で食害度が高くなってきており、一方、市販塗料（食害度0.1）とヤニ含浸処理区（食害度0.3）では食害が抑えられている。18か月の段階では全体に食害の進行が遅く、無処理区においてもJIS K1571の目安となる防蟻性能の基準値2.5に達していない。このため、杭の打設場所の変更などを行いシロアリ食害が進行するよう検討をしている。試験は24か月（2022年9月）で終了予定であるが、食害の進行が遅い場合は、期間を延長するなどして、引き続き野外防蟻性能の評価を行いたい。

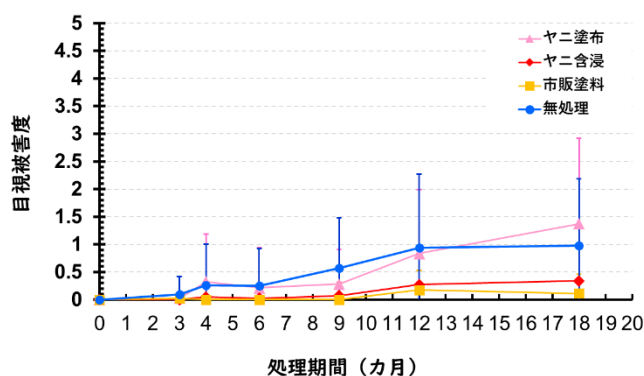


図5 野外防蟻試験（杭試験）の経過

まとめ

ヤニ及びエマルジョン油の耐腐朽、防蟻性能について検討をおこなった。耐腐朽性については白色腐朽菌のカワラタケには処理濃度5%以上でJIS規格を満たす耐腐朽が見られたが、一方で褐色腐朽菌のオオウズラタケに対しては処理濃度10%で無処理区に対しての腐朽抑制効果は見られたが、JIS規格は満たさなかった。これはカワラタケを含む白色腐朽菌類が主に広葉樹を腐朽するのに対して、オオウズラタケを含む褐色腐朽菌が針葉樹の腐朽で多く見られることから、それぞれの生態を反映した妥当な結果と言える。

また、防蟻試験についてはヤニの防蟻試験の詳細は昨年度の報告を参照されたい。また、ヤニ・エマルジョンのヤマトシロアリに対する防蟻効果は、本報告書の岩崎・須原が執筆した項を参照されたい。本課題ではエマルジョンのイエシロアリに対する効果を検証したが、選択摂食試験ではエマルジョン油の防蟻性が見られたが、強制摂食試験では先述の通り、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。同様に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: 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

参考資料：「令和3年度業務報告書 宮崎県木材利用技術センター」より編集して転載

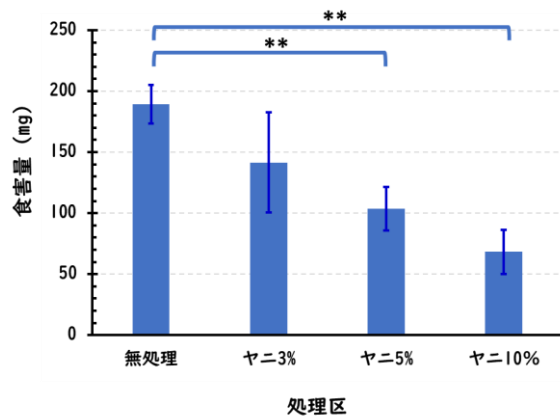


図 6 ヤニ含浸処理木片の強制摂食試験の結果
(**：0.01>pで有意差あり)

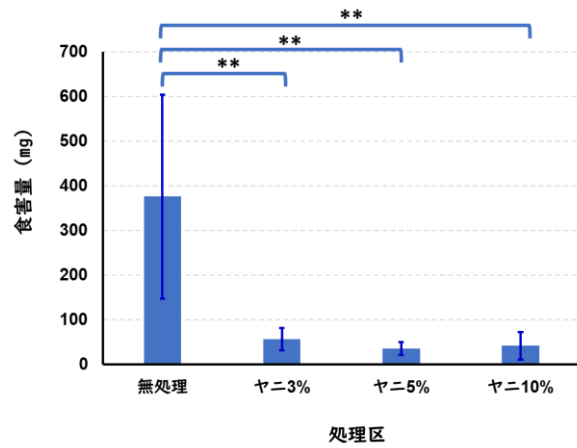


図 7 ヤニ含浸処理木片の選択摂食試験の結果
(**：0.01>pで有意差あり)

2-3-2 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

はじめに

製造工程及び性能のバラツキを抑えた製品を開発する目的で、宮崎県産ヒノキラミナ及びスギ LVL を組み合わせた造作用 Ply Core CLT を製作するとともに、比較材として、宮崎県産のスギ CLT、ヒノキ CLT、外層ヒノキ内層スギの異樹種 CLT を製作し、これらの寸法安定性について評価を行った。

試験体及び試験方法

1 試験体

表 1 に供試材であるラミナ及びスギ LVL 原板の特性を示す。図 1 に示す Ply Core CLT は、製造工程を簡略化する目的で LVL の強軸方向がラミナの繊維方向と平行になるよう配置し、内層のスギ LVL には直交層の数が異なる 3 種類を用意した。表 2 に Ply Core CLT, CLT の構成及び試験体の略称を示す。試験体の幅はぎ及び積層接着には水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を用いた。

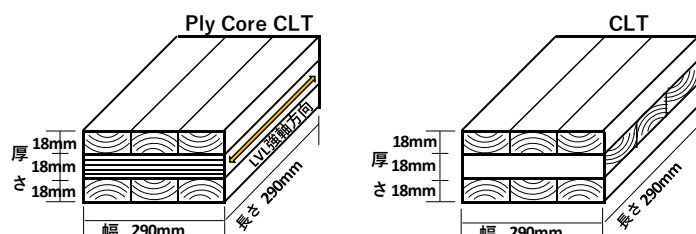
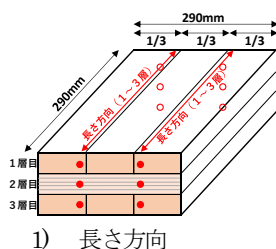


図 1 試験体図

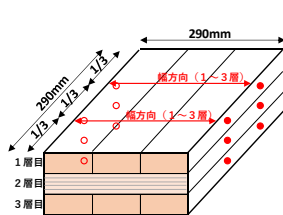
2 試験方法

図 2 に試験工程を示す。試験体を恒温恒湿室内に静置し、高湿条件と低湿条件を交互に繰り返した。各条件終了後に、吸放湿に伴う寸法変化をマイクロメーターで測定し、重量測定により試験体含水率を求めた。試験体数は各 3 体とし、測定位置を図 3 のとおりとした。寸法変化率は次式により求めた。

$$\text{寸法変化率 (\%)} = \frac{\text{計測寸法 (mm)} - \text{試験前寸法 (mm)}}{\text{試験前寸法 (mm)}} \times 100$$



1) 長さ方向



2) 幅方向

図 3 測定位置

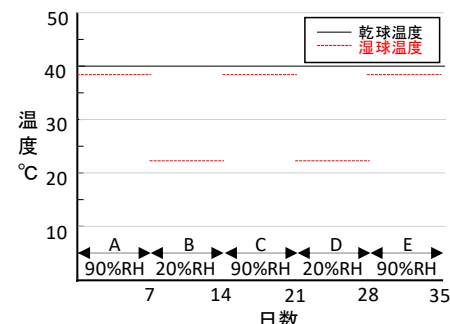
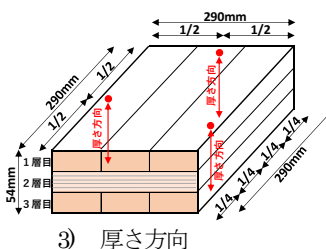


図 2 試験工程



3) 厚さ方向

結果

図 4 に試験体含水率の推移を示す。P, C タイプの試験開始前含水率はいずれも 10.9~12.3% の範囲であった。各条件終了後の含水率を試験開始前含水率と比較^{*1}した変動量 (%pt) についてみると、高湿条件では P (1.1~1.7%pt), C (0.6~2.2%pt)、低湿条件では P (-4.9~-5.6%pt), C (-4.8~-6.2%pt) の範囲で変動しており、いずれも高湿条件に比べ低湿条件で含水率は大きく変動した。

P, C タイプの寸法変化率を図 5 に示す。ここでは 3 方向のうち寸法変化の大きい 2 方向 (厚さ、幅) について示した。なお、低湿条件で P1-1 単板積層部の剥離及び CS-1, CS-2 外層ラミナの材面割れが発生し、厚さ方向に膨らみが生じたため、3 試験体の結果については除外した。C タイプのうち CS を除いた CH, CHS の寸法変化

(2方向) は含水率の変動量に比例して変化していたが、P タイプの厚さ方向については含水率の変動量には比例せず、条件に関わらずほぼ一定の変化率を示した。また、P タイプの幅方向については直交単板数に比例して変化率が小さくなり、直交単板を挿入することで寸法変化が抑制される事が分かった。

※1 各条件終了後の含水率は、14～21 日間の高湿条件、21～28 日間の低湿条件で得られたデータを用いた。

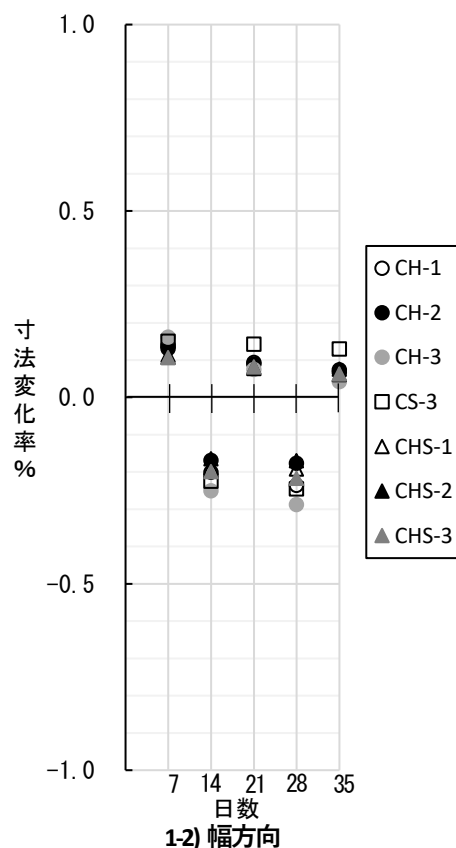
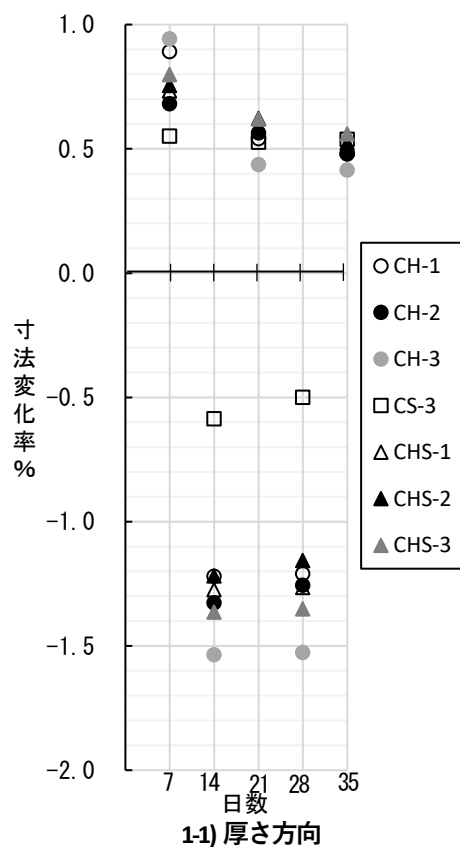
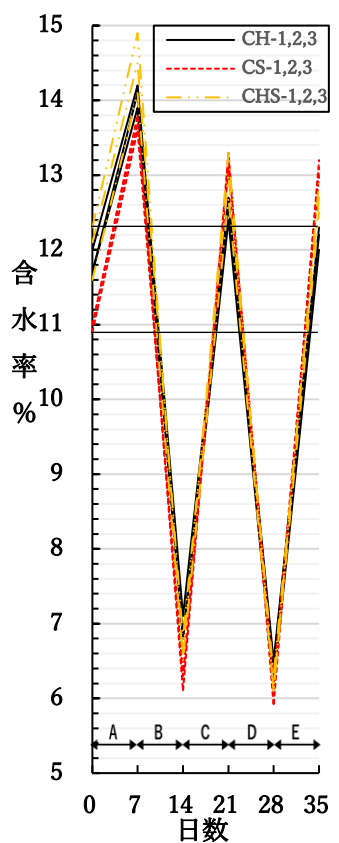
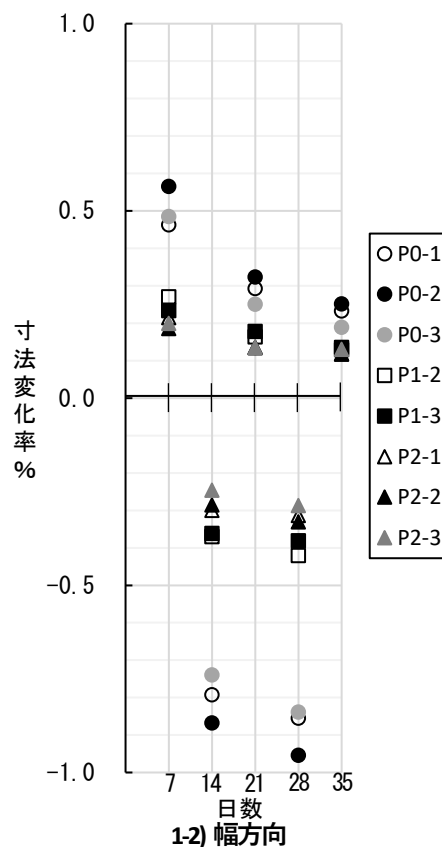
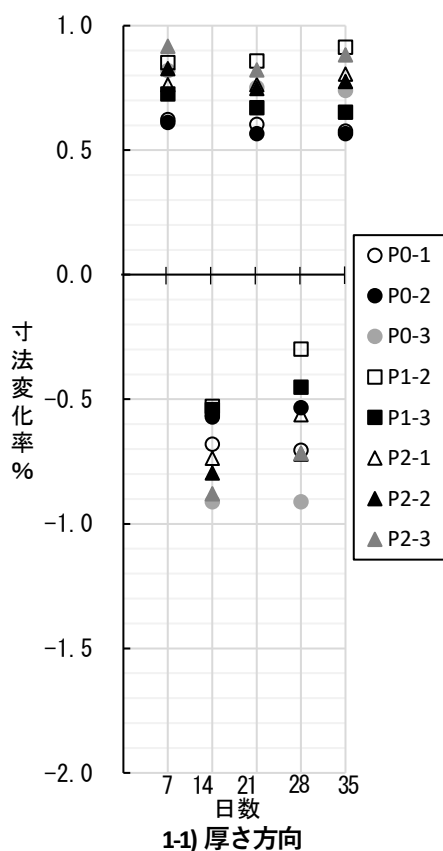
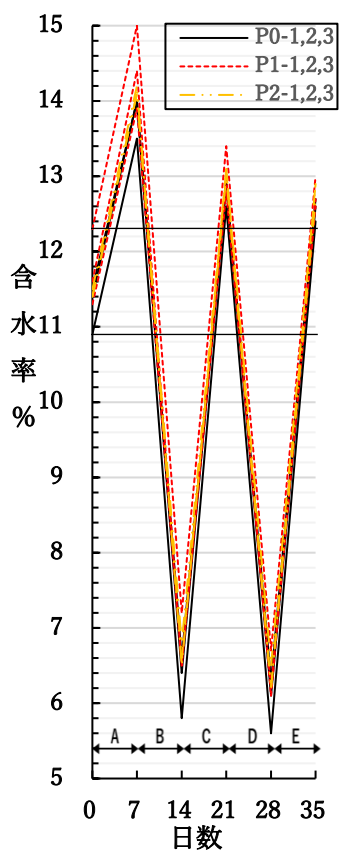


図4 含水率の推移 (上段 Pタイプ, 下段 Cタイプ)

図5 寸法変化率 (上段 Pタイプ, 下段 Cタイプ)

2-3-2 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) ヒノキラミナと韓国カラマツ合板を用いた Ply Core CLT の強度性能

ー構造用ビス引抜特性ー

田中 洋、兒玉 了一

【緒言】

韓国において、CLT の平行層（外層および内層）にベイマツ等の輸入ラミナを、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）の実用化が検討されている¹⁾。本研究では、忠南大学（韓国）および宮崎大学と共同で、南九州産ヒノキラミナの幅はぎパネルと韓国産カラマツ合板を交互に積層接着した Ply Core CLT を製造し、構造用ビスの引抜試験を行った。

【実験方法】

1 供試材（原板）

〔ラミナ〕 南九州産ヒノキ（通しラミナを用いて幅はぎラミナパネルを製造、厚さ 25mm）

強度等級：《外層用》 $E=11\text{kN/mm}^2$ 以上、《内層用》 $E=9\text{kN/mm}^2$ 以下

〔合板〕 韓国産カラマツ合板（11ply、厚さ 25mm）

曲げヤング係数¹⁾：《強軸方向》 10.9kN/mm^2 、《弱軸方向》 5.19kN/mm^2

〔Ply Core CLT〕 ヒノキラミナとカラマツ合板を交互に積層接着した 5 層 5 プライ

原板寸法：幅 1000mm×厚さ 120mm×長さ 4000mm

2 構造用ビス引抜試験

〔試験体〕 寸法：幅 120mm×厚さ 120mm×長さ 120mm（試験体数：4 条件×12 体）

密度：平均値 546kg/m^3 （ラミナ 487kg/m^3 、合板 647kg/m^3 ）、変動係数 2.0%

含水率：平均値 9.5%（ラミナ 9.6%、合板 8.1%）

〔試験体仕様〕 ビスのねじ込み位置：1) 積層方向に平行方向（厚さ方向）、2) 積層方向に直交方向（ラミナ繊維平行方向および直交方向、並びに合板長さ方向）



図 1 構造用ビスの仕様（シネジック（株）H.P. より）

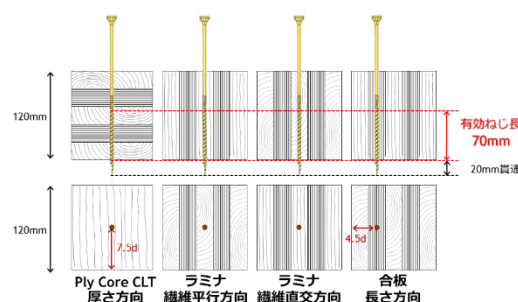


図 2 引抜試験体の仕様

【試験方法】

ビスの頭部を鋼製治具に引っ掛け、主材を固定した後、速度 1mm/min で単調引張り加力を行った。変位は主材固定用治具と引張治具の相対変位を測定した。試験には万能試験機を用い、最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するまで加力を行った。

【結果および考察】

図 3 に試験結果を示す。試験体仕様ごとの引抜耐力（有効ねじ長当たり）について平均値の差の検定を行った結果、ラミナ繊維平行方向の試験体のみ有意に低く、その他の仕様における有意差は認められなかった。合板長さ方向の引抜耐力は、密度が大きいかに関わらずヒノキラミナ繊維直交方向と同程度であり、単板の裏割れが引抜耐力に影響を及ぼした可能性が示唆された。

【文献】 1) Fujimoto, Tanaka, Morita, Kang : J. Korean Wood Sci. Technol., 49(1), pp. 57-66 (2021)

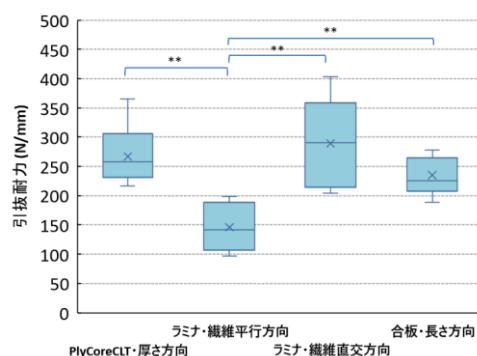


図 3 引抜耐力

2-3-2 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 (3) 長期性能（曲げクリープ性能）について

(宮崎木技セ) ※松元 明弘、兒玉 了一、田中 洋、中谷 誠

【はじめに】

近年、世界各国で CLT（直交集成板）の利用が増えてきており、我が国においても CLT を利用した中大規模建築物が増えつつある。本県産材が輸出されている韓国においても、新たな木質材料として CLT が注目されているが、同国においては合板生産が主要な木材産業であり、CLT や集成材の材料となるラミナは輸入材が大部分を占めている。このような中、韓国では 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カラマツ合板を配置した新たな木質材料（Ply Core CLT）の実用化が検討されている。本研究では、この Ply Core CLT の実用化に合わせて、ラミナ等に製品化した県産材の輸出拡大を目的に、平行層に宮崎県産ヒノキラミナを、直交層に韓国カラマツ合板を用いた Ply Core CLT を試作し、その強度性能等について検証した。なお、本報告では、長期性能評価試験（曲げクリープ性能）に関して報告するが、令和 4 年 3 月末時点において試験継続中のため、同時点までの経過報告とする。

【実験方法】

試験には、平行層（強軸方向）に県産ヒノキラミナ、直行層（弱軸方向）に韓国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、韓国カラマツ合板の接着剤にはフェノール樹脂接着剤を用いた。また、ヒノキラミナと韓国カラマツ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。この原板から幅 120mm の試験体 8 本を切り出し、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（図 1）。

長期試験体については、図 2 の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、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（図 3）。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。

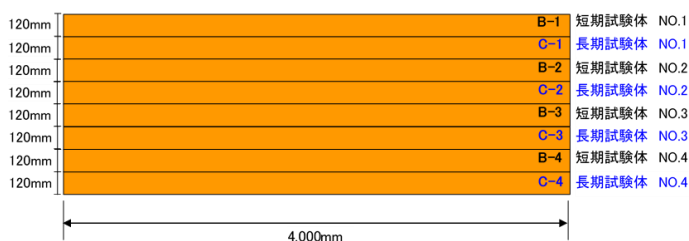


図 1 短期試験体と長期試験体の採材

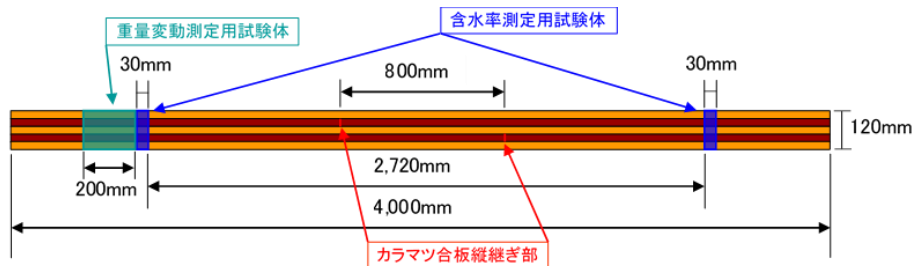


図 2 長期試験体からの各試験体の採材

【結果および考察】

表 1 に短期試験（曲げ試験）結果を示す。試験体の密度は平均値で 563kg/m³、縦振動ヤング係数は 10.6 kN/m³ といずれもばらつきが小さく 4 体とも同程度の値を示した。一方、最大荷重は平均値で 40.6kN あったが、最小値で 30kN と 1 体値の低いものが出現したため、4 体の最大荷重の 5% 下限値は 19.6kN となった。

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クリープ変形が進行し続けた。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 週間程度でクリープ変形は落ち着き、その後は横ばいの推移を示した。両条件ともクリープ変形が横ばいになった時期はほぼ同時期であり、この時の温湿度変動を見てみると、同時期から気温が下がり始めていることが分かる。北原らが、ヒノキの飽水材を用いて曲げクリープの途中で温度を下降させる試験を行った結果としては、温度下降時点からほぼ横ばいのクリープ挙動を示しており、本試験においても、これと同様の傾向が表れた。また、両条件ともクリープ変形が横ばいになって以降、全たわみの推移はほぼ一直線上に重なっており、試験開始時期の違いに関わらず、全たわみがほぼ同量の推移を示した。一方、相対クリープについては、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であることが分かる。つまり、夏スタートの初期たわみが冬スタートに比べ大きかったために、夏スタートの相対クリープが小さくなっている。この要因については、詳細を調べてみないと一概には言えないが、主な要因の一つとして、試験開始時の気温の違いが考えられる。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。今後、冬スタートにおいては 2 回目、夏スタートにおいては 1 回目の梅雨、夏期を迎えることから、引き続き、試験を継続し、温湿度の上昇によるクリープ挙動への影響を検証するとともに、最終的には水分非平衡下におけるクリープ調整係数の算出を試みる。

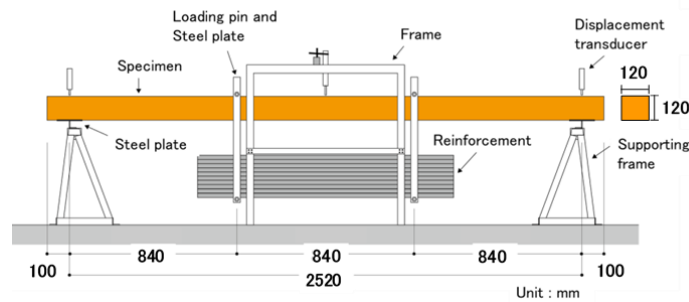


図 3 クリープ試験条件

表 1 短期試験（曲げ試験）結果

	試験体数 (体)	密度 (kg/m ³)	縦振動 ヤング係数 (kN/mm ²)	最大荷重 (kN)	曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)	含水率 (%)
最大値	4	557.1	10.3	48.9	11.6	71.0	9.4
平均値		563.3	10.6	40.6	11.0	58.9	9.7
最小値		568.9	10.9	30.0	10.5	43.5	10.2
標準偏差		5.0	0.3	7.8	0.6	11.4	0.4
変動係数		0.9%	2.6%	19.3%	5.2%	19.4%	3.6%
5%下限値		—	—	19.59	—	—	—

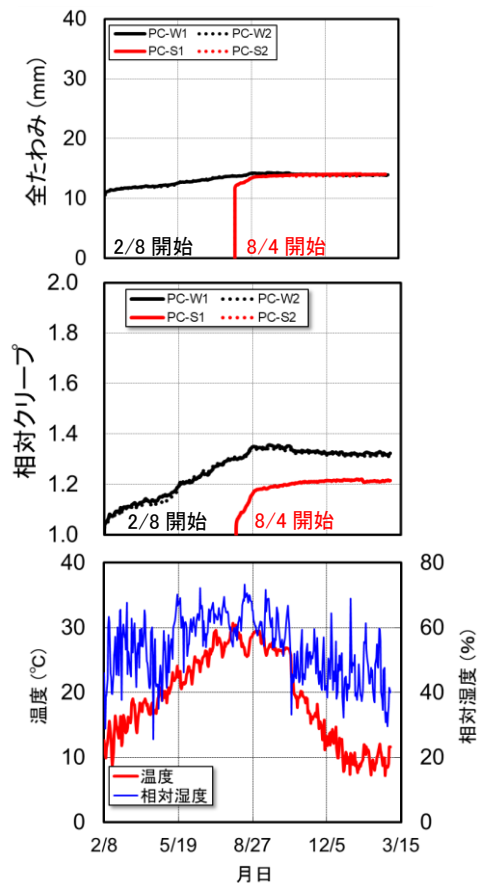


図 4 全たわみと相対クリープおよび温湿度変動の推移

【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)

2-3-3 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、東崎無我
九州大学・大学院農学研究院 一瀬 博文
京都大学・生存圏研究所 吉村 剛、畑 俊充

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。

今年度は糸状菌のセスキテルペン合成酵素(STS)を組み込んだ酵母により生産されるテルペン類の抗蟻性能を評価し、天然物であるテルペンおよびその生物変換物による防蟻処理技術の確立を目指す

2. 試験方法

2.1 供試生物

本研究では糸状菌 7 種より得たセスキテルペン合成酵素(STS) 86 遺伝子をそれぞれ pALL にクローニングし、*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。今年度はこのうち4クローンについて検討を行った。

セスキテルペン合成酵素(STS)

Trametes versicolor 12 genes
Fomitopsis pinicola 15 genes
Pleurotus ostreatus 11 genes
Stereum hirsutum 10 genes
Agaricus bisporus 6 genes
Lepista nuda 19 genes
Auriscalpium vulgare 13 genes
Total 86 genes

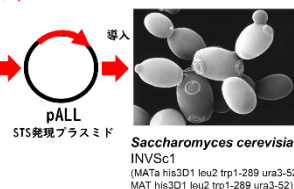


図1 本研究で用いる酵母ライブラリ

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、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. 結果及び考察

本年度の試験結果を表1に示す。併せて、表1にそれぞれのクローン名、産生されるテルペン、試験に用いた際の純度も示す。今回用いたクローンが産出するテルペンの内、最も食害阻害効果が大きかったものは α -ピサボレンで阻害率は 30.0%であった。しかしながら、抗蟻性の報告があるフェルギノール(阻害率 90.3%)と比べると、阻害効果は弱かった。これは死虫率・虫体重量減少率から判断できる。フェルギノールでは餌なし処理とほぼ同程度の死虫率・虫体重量減少率になっているのに対し、今回用いた4クローンが産出するテルペンでの処理区は溶媒のみ(無処理区)に近い死虫率・虫体重量減少率になっている。このことは、フェルギノール処理区では食害が阻害され、虫体が餓死しているのに対して、今回用いた4つの試験区では食害が阻害されていないことを示していると考えられる。

今年度は試験条件の設定に手間取り、十分な数のクローンを評価できず、また、繰り返し評価を行うこともできなかったため、次年度はより多くのクローンの評価に取り組み、併せて再現性の評価も進めたい。

表1. 供試サンプル及び試験結果一覧

	Treatment *				Control (フェルギノール)	Control (溶媒のみ/ 無処理)	餌なし
	α -ピサボレン / 100% (PcSTS-08)	Δ -6-プロトイ ルデン/100% (PpSTS-08)	サンタレン /100% (PcSTS-11)	acora-3(7),14- dien/ 100% (LnSTS-27)			
食害量 (mg)	27.5	37.6	33.4	34.4	3.8	39.3	-
無処理区に対する食害阻害率 (%)	30.0	4.3	15.0	12.5	90.3		
死虫率 (%)	6.4	1.8	1.8	1.8	10.9	1.8	10.9
虫体重量変化率 (%)	-6.9	-9.0	-8.2	-5.7	-19.7	-4.8	-18.0

* 純度 (%) はGC-MS分析で評価を行った。括弧内に用いたクローン名を示す。

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、この蒸気の処理水からはエマルジョン状になった廃油脂（以下エマルジョン油）が 50kg/日程度、高粘度のヤニ分（以下ヤニ）が 10kg/日程度排出されている。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⁾ にもおよんでおり、経済的に影響が大きい種である。

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抗蟻活性などの評価を行うとともに、木材保護塗料等への利用を検討する。今年度はヤマトシロアリに対する抗蟻性能について報告する。

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 0.5g)

処理剤：エマルジョン油（3%、5%、10%—エタノール希釈）

ヤニ（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。また、ヤニについても同様の試験を行った。

3 結果と考察

強制摂食試験の結果を図 1、図 2 に示す。エマルジョン油では無処理の摂食量が 0.16g であるのに対して、3%で 0.14g、5%で 0.12g、10%で 0.06g と濃度依存的な摂食阻害効果が見られた。ヤニでは無処理の摂食量が 0.18g であるのに対して、3%で 0.13g、5%で 0.08g、10%で 0.03g とエマルジョン油と同様に濃度依存的な摂食阻害効果が見られ、エマルジョン油よりやや強い摂食阻害効果を示した。

選択摂食試験の結果を図 3、図 4 に示す。エマルジョン油では無処理の摂食量が 1.18g であるのに対して、3%で 0.05g、5%で 0.03g、10%で 0.03g 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。ヤニでは無処理の摂食量が 1.19g であるのに対して、3%で 0.12g、5%で 0.05g、10%で 0.02g とエマルジョン油と同様に摂食阻害効果が見られ、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。

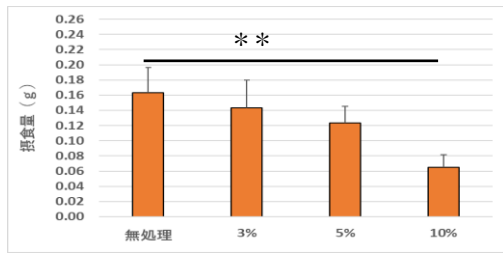


図1 強制摂食試験（エマルジョン油 n=5）

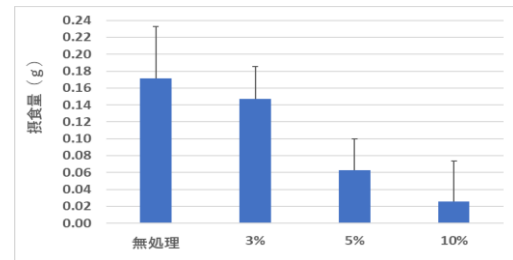


図2 強制摂食試験（ヤニ n=5）

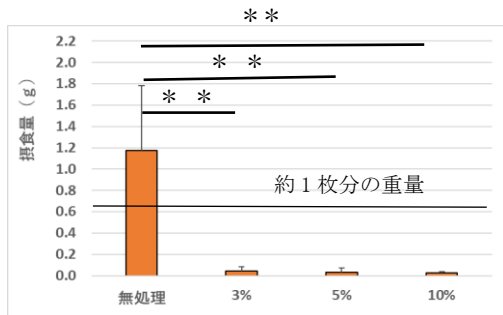


図3 選択摂食試験（エマルジョン油 n=10）

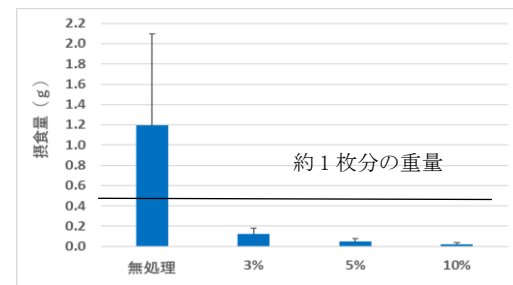


図4 選択摂食試験（ヤニ n=6）

** : 0.01>p で有意差あり

4 まとめ

ヤマトシロアリを用いてLVL工場より排出されるエマルジョン油、ヤニの抗蟻性能試験を行った。

- (1) 強制摂食試験では、濃度依存的な摂食阻害効果が見られ、その効果はヤニの方がやや強かった。
- (2) 選択摂食試験では、エマルジョン油、ヤニともに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。
- (3) 今後は、抗菌活性等の様々な機能性評価を行い、スギ由来油脂であるエマルジョン油、ヤニの性能を明らかにし製品開発につなげたい

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)

2-4 消費者に選ばれる産地・製品づくりの推進

2-4-1 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
石見 徹、雀ヶ野浩、山下かすみ

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

過去に検討した真壁形式耐力壁仕様 MLT3CⅢに対し、施工性の向上を目指しビスの間隔等を見直した MLTSⅡ@150L90 及び使用箇所が制限される原因となっていた金物の納まりを見直した MLTSⅡ@150L90-A の試験を行った。

MLTSⅡ@150L90 は、MLT3CⅢに対し、ビスの間隔を 100mm から 150mm に広げることでビスの施工本数を削減する代わりにビスの径を太いものに変更した他、3 段組としていたため各面材の接合の手間が生じていた面材構成を 1 段組とし、その手間を省略させた仕様である。

一方、これまでの仕様では、仕口金物をスパン外に設置することを想定していたため、複数の MLT 耐力壁を隅部に固めて配置することができなかったが、MLTSⅡ@150L90-A は、MLTSⅡ@150L90 をベースに受材の一部を切欠き、スパン内への金物設置を可能にした仕様である。なお、ここでは、25kN 用以下の金物の設置を想定した。

各試験体に用いた MLT は、樹種がスギ、ラミナ構成が 2 層（総厚さ 36mm）、強度区分が M60A とした。MLTSⅡ@150L90 試験体の概要を図 1 に、MLTSⅡ@150L90-A 試験体の柱頭及び柱脚における受材の切欠き部の詳細を図 2 に、各試験体の主な仕様を表 1 に示す。

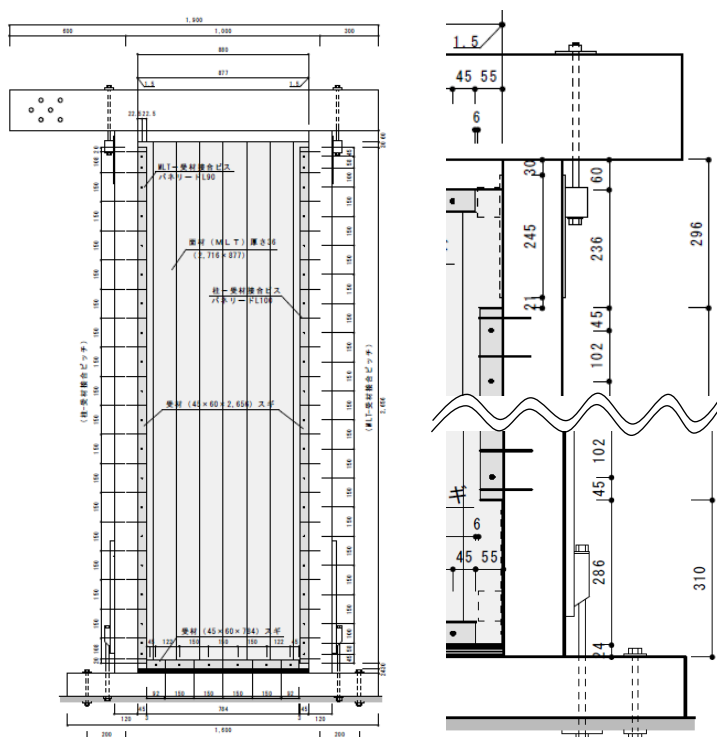


図 1 (左) MLTSⅡ@150L90 試験体概要

図 2 (右) MLTSⅡ@150L90-A 試験体柱頭柱脚部詳細

表 1 試験体条件

接合方法の () 内はビスのねじ部外径 (mm)

試験体名	試験体数	MLT 構成	受材		接合方法			備考
			樹種	寸法 (mm) 幅×せい	柱—受材	受材—MLT	土台—受材	
MLTSⅡ@150L90	1	1段組	スギ	45×60	L100@150 (6)	L90@150 (6)	L135@150 (6)	スパン外に金物の設置を想定
MLT3CⅢ【参考】	1	3段組	ヒノキ	60×45	L100@100 (6)	L80@100 (5)	L135@100 (6)	MLTSⅡ@150L90の改良前仕様
MLTSⅡ@150L90-A	1	1段組	スギ	45×60	L100@150 (6)	L90@150 (6)	L135@150 (6)	スパン内に25kN用金物の設置を想定

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

各試験体の終局状態を図 3 及び図 4 に、荷重と見かけのせん断変形角の関係をそれぞれ図 5 及び図 6 に示す。また、試験結果より算出した特性値の結果を表 2 に示す。なお、表 2 の短期基準せん断耐力 P_o 及び壁倍率は、試験体数が各条件 1 体のため、ばらつき係数を考慮していないため参考値である。

破壊性状としては、MLTS II@150L90 は 1/15rad で MLT を留めるビスの引き抜けや曲がりが生じた。一方、MLTS II@150L90-A は 1/30rad にビス留めした部分でラミナ方向に沿って MLT の割裂が生じ始め、最終破壊時である 1/15rad にはその割裂が大きくなり、さらに柱の破壊や MLT を留めるビスの曲がりが生じた。

表 2 より、MLTS II@150L90 は改良により施工性が向上したことに加え靱性も向上し、壁倍

率が低減後で 4.7 倍と、通常の筋交い（たすき掛け）を超える壁倍率を有することが確認できた。MLTS II@150L90-A は、壁倍率が 3.3 倍と MLTS II@150L90 から低下したが、一定の耐力を確保できることがわかった。これにより、多くの場合で複数の MLT 耐力壁を隅部に固めて配置することが可能となり、設計の自由度の向上につながることを期待される。



図 3（左）MLTS II@150L90 の終局状態

図 4（右）MLTS II@150L90-A の終局状態

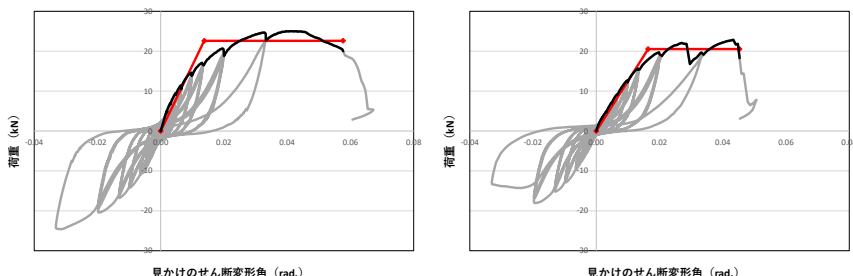


図 5（左）MLTS II@150L90 の荷重と見かけのせん断変形角の関係

図 6（右）MLTS II@150L90-A の荷重と見かけのせん断変形角の関係

表 2 全試験結果

試験体名	①	②	③	④	短期せん断耐力 P_o (kN)	壁倍率	壁倍率の () 内は $\alpha=0.75$ で計算					
	P_y	$P_u \times (0.2/D_s)$	$2/3 \times P_{max}$	P120			P_{max}	P_u	K	D_s	δ_y	δ_u
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)			最大耐力 (kN)	終局耐力 (kN)	初期剛性 (kN/rad)	構造特性係数	降伏変形角 ($\times 10^{-3}$ rad)	終局変形角 ($\times 10^{-3}$ rad)
MLTS II@150L90	13.5	12.3	16.7	13.6	12.3	6.3 (4.7)	25.0	22.6	1645	0.37	8.18	57.7
MLT3CIII【参考】	11.7	9.09	15.3	14.1	9.09	4.6 (3.5)	23.0	20.2	1845	0.44	6.36	33.2
MLTS II@150L90-A	13.4	8.70	15.2	11.3	8.70	4.5 (3.3)	22.9	20.5	1254	0.47	10.7	45.3

2-5 リフォームなど住宅産業等との連携の促進

2-5-1 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。室内等に木材を置くことで湿度を調節する効果がある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。

ボックス内の木質化量は気積率 2.0 とし、ボックスの容積 0.71 m³ に対して木材の表面積は 1.42 m² とした。試験体は宮崎県産スギ（心材・KD）を材料とし、厚さ 3.6mm、幅 59mm、長さ 360mm の板材を 46 枚、同じ厚さと幅で長さ 370mm の板材を 20 枚製作した。



図 1 アクリルボックス試験（気積率 2.0）

この試験体を温度 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度（以下「湿度」） $50 \pm 2\%\text{RH}$ 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り断湿した。

試験体をボックス内に設置し（図 1）、恒温恒湿室の温度を $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度を $50 \pm 2\%\text{RH}$ （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 $75 \pm 2\%\text{RH}$ （以下「高湿」）にして 12 時間置いて試験体に吸湿させた後、湿度を低湿にして 12 時間置いて試験体に放湿させる工程を 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を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 分間隔で温湿度を測定した。この試験を、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

試験材料は針葉樹 3 種、広葉樹 8 種の計 11 種を予定しており、今年度はそのうちスギとヒノキを使用した。厚さ 30mm、長さ 3m の未乾燥の板材を、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 70°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、温度 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 2\%\text{RH}$ の条件下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、温度 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 2\%\text{RH}$ 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。吸湿・放湿を 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

ボックス内の温度は、前報¹⁾の試験と同様にボックス外より平均して0.3℃高い温度で推移しており、木質化の影響は特に認められなかった。

湿度については、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。図2に、5回目の高湿・低湿の湿度変化を示した。繰り返し行ったいずれの試験でも、ボックス内の最高湿度は70%RHに達しなかった。前報の気積率0.86で行った試験では、5回目の高湿時は5時間台で70%RHに達したが、気積率2.0では12時間以上調湿効果を発揮した結果になった。

気積率2.0を実際の6畳間に当てはめると、室内の表面積の97%を木質化する必要がある(表1)。これは一般的には困難であるため、次年度は、気積率1.5など木質化量を減らしてどれだけ調湿性能を発揮するか検証したい。

3.2 樹種別吸放湿性試験

試験体の概要を表2に示す。

また、試験体の表面積100cm²当たりの12時間吸放湿量を図3、4に示す。スギの1回目の吸湿量が0.20g、放湿量が0.10gで、吸湿量が放湿量の倍となったが、吸湿と放湿を繰り返すうちに差が縮まり、10回目では吸湿量0.15g、放湿量0.14gとなった。ヒノキも1回目の吸湿量と放湿量は0.17gと0.08gであったが、10回目には0.13gと0.11gになった。

なお、10回目の吸湿量と放湿量はともにヒノキよりもスギが多く、僅かではあるがスギの方が吸放湿性が優れているという結果になった。

次年度は、広葉樹も含めた樹種で試験を行い、樹種ごとの特性を明らかにしていく。

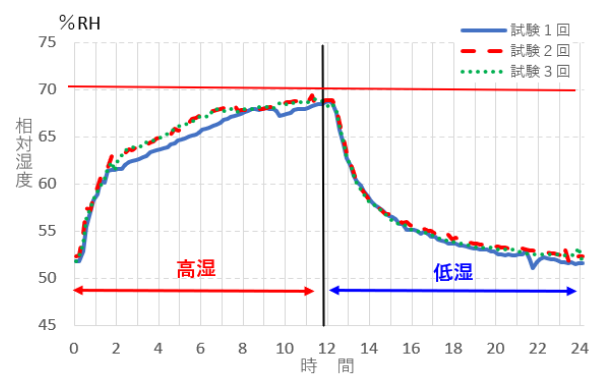


図2 高湿・低湿5回目のボックス内の相対湿度

表1 気積率2.0の比較

	容積 (m ³) V	表面積 (m ²) A	木質化面積 (m ²) W	気積率 W/V	面積率 W/A
アクリルボックス	0.71	4.86	1.42	2.00	0.29
6畳間(京間・本間)	26.27	53.98	52.53	2.00	0.97

表2 試験体の概要(平均値)

	スギ	ヒノキ
試験体数	10	10
試験面面積(cm ²)	100.8	100.7
試験体体積(cm ³)	103.4	103.7
質量(g)	34.77	45.45
密度(g/cm ³)	0.34	0.44
含水率(%)	9.4	8.9

・質量、密度、含水率は恒量時の計測値
・含水率は、同条件で処理した試験体5体を測定

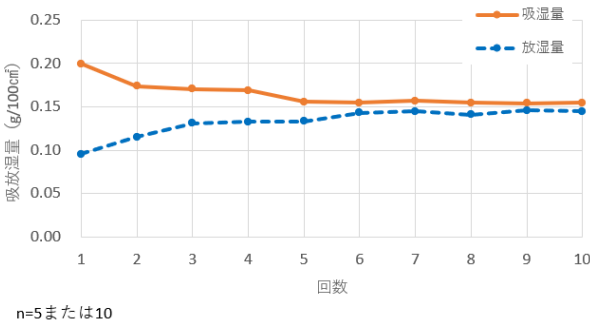


図3 12時間吸放湿量(スギ)

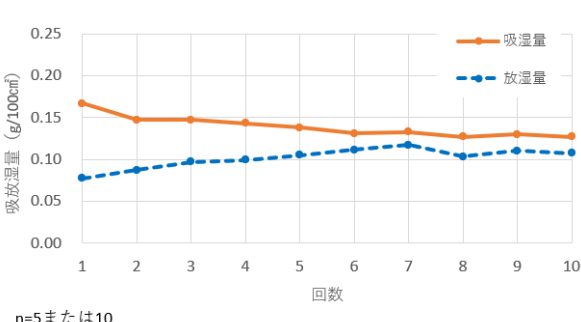


図4 12時間吸放湿量(ヒノキ)

【文献】1)水久保孝英、小田久人、岩崎新二、有馬孝禮、宮代博幸、小池透、岩本景子、青木良篤：宮崎県産スギ材調湿性能の活用に関する研究.令和2年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書,41-42(2020)

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

石見 徹、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図面集

情報提供の一環として、県産木材の利用拡大を進めていくため、県内の公共木造（木質化）建築物の図面集を作成し、建築技術者向けに公開することとした。

図面集の対象となる施設は、令和2年度に作成した「宮崎県内の木造・木質化した公共建築物の事例集」に掲載している施設の他、概ね平成10年（西暦1998年）以降に竣工した公共木造（木質化）建築物とした。図面集の内訳を表1に示す。

表1 木造・内装木質化公共建築物図面集の内訳

	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		2	3	12	1	1	19
市町村	9	5	7	4	4	5	34
計	9	7	10	16	5	6	53

この図面集は、当センターにおいて無料で閲覧できるものとし、複写機又はハンドコピー機等による複写は禁止であるが、カメラ及びカメラ付き携帯電話その他の機器による撮影は可能とした。

3 木材使用量の調査

図面集の作成に合わせて、各施設の木材使用量を調査した。なお、竣工年の古い施設については当時の設計書等が存在しないものもあり、把握できた公共建築物は39施設となった。また、竣工年度は平成12年度から令和2年度となっており、事業主体別では県有施設が8施設、市町村施設が31施設であった。

木材使用量が把握できた39施設の内、木造32施設の床面積は58.67～3,253.0㎡、平均822.89㎡であり、1,000㎡を超えた施設は6施設であった。木材使用量は15.73～551.16㎡、平均196.26㎡で、床面積当たりの木材使用量は、0.12～0.39㎡/㎡、平均0.26㎡/㎡であった。床面積と木材使用量の関係を図1～2に示す。通常、床面積が大きくなると単位面積当たりの木材使用量は少なくなる傾向が見られるが、今回調査した木造施設の内、1,000㎡未満の26施設ではその傾向が見られなかった。

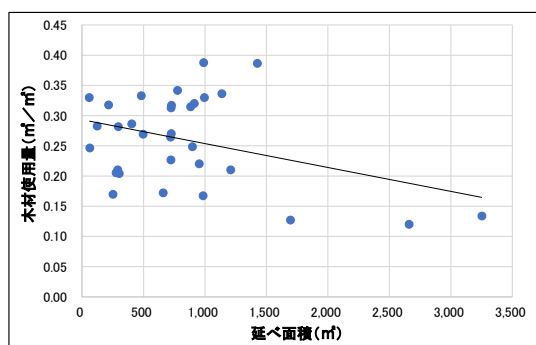


図1 延面積と木材使用量の関係 (32施設)

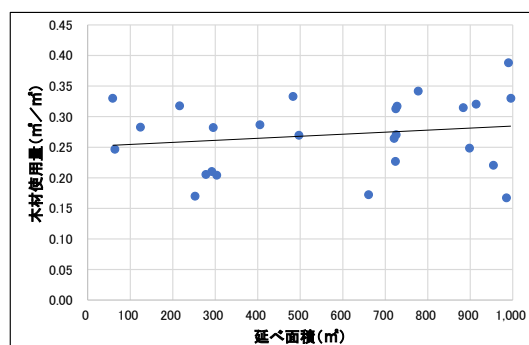


図2 延面積(1,000㎡未満)と木材使用量の関係 (26施設)

木造 32 施設の用途別の単位面積当たりの平均木材使用量を図 3 に示す。事務所 0.30 m³/m²、公営住宅 0.27 m³/m²、保育所、運動施設 0.25 m³/m²で、学校が 0.22 m³/m²で最も少なかった。木材使用量は小規模な部屋が多数存在する施設で多くなる傾向があるが、今回調査した運動施設では、柱や壁、屋根架構を木造とすることで木材使用量が多くなったと考えられる。

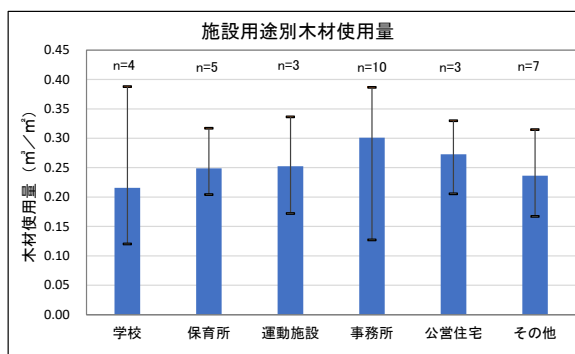


図 3 施設用途と木材使用量の関係
(縦軸は最大・最小値を示す)

4 みやざきの木造化・木質化相談窓口の開設

市町村や民間事業者が整備する県産木材等を活用した建築物の木造化・木質化を支援するため、「みやざきの木造化・木質化相談窓口」を開設（令和4年4月1日運用開始）した。相談窓口のスキームを図 4 に示す。

この相談窓口は、宮崎県内において建築物の木造化や内装等木質化を検討している者や県産木材の利用を検討している者、又はその設計者や施工者、木材産業事業者からの建築物の木造化・木質化に関する様々な相談等に対して、みやざき木造マイスターや宮崎県木材協同組合連合会、県（山村・木材振興課みやざきスギ活用推進室、建築住宅課、木材利用技術センター）が技術的な支援や情報提供を行うとしている。

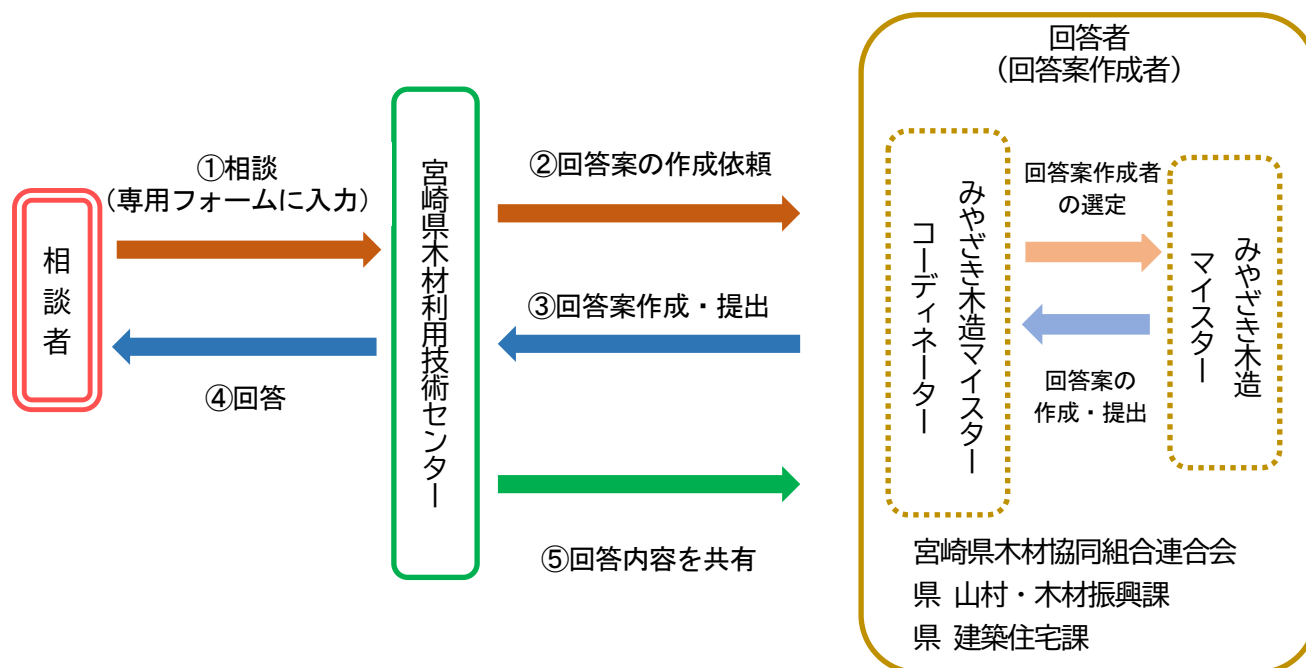


図 4 みやざきの木造化・木質化相談窓口のスキーム

この相談窓口の設置により、これまで非木造で建設されていた建築物について、事業者や設計者、施工者等が木造化を進める上での課題や疑問点が解消でき、木造化・木質化が促進されることが期待される。

今後は、県産木材の利用拡大をさらに進めていくため、図面集や事例集の充実のほか、木材、木造の優位性（強み）を活かした提案を行うためのツール（リーフレット等）の作成を予定している。

中谷 誠、荒武志朗
 広島大学 森 拓郎
 大分大学 田中 圭

【緒言】

公共建築物の木造化に関する法律が制定されるなど、中・大規模建築物を木造で建築する事例が増加している。これらの建物は、長期間にわたり安全に使用できることが要求されるため、接合部の設計においても短期的のみならず長期的な安全性が求められる。本研究では、中・大規模木造建築物に使用されている大型のネジ型接合具であるラグスクリューボルト（以下、LSB）による接合部、そして鋼棒と接着剤を併用した GIR 工法をについて、その主な耐力発現機構である引張性能に関して、DOL 試験による長期的な強度特性の解明を目的とした。

【試験方法】

木質材料はスギ構造用集成材、強度等級が E65-F225、断面寸法が 120mm x 240mm とした。LSB はネジ山径が 25mm、ネジ谷径が 20mm、ネジ山ピッチが 10mm で、部材中央部に空けた直径 22mm の先穴に深さ 210mm（ネジ有効埋め込み深さ 150mm）まで埋め込んだ（図 1 参照）。GIR は直径 24mm の中空型全ねじボルトで、部材中央部に空けた直径 27mm、深さ 150mm の先穴に差し込み、その隙間を接着剤で完全に充填することで部材と一体化した（図 2 参照）。

試験方法は、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1446 号（以下、告示）の測定方法を参考として行った。試験手順は、LSB 及び GIR の短期的な引張試験結果から長期試験で負荷する荷重レベル 3 条件を決定し、長期試験から破壊が生じるまでの荷重継続時間を測定した。供試試験材料のマッチングは、図 3 に示す通り、1 本の木質材料から短期試験用材料 3 体、長期試験用材料 6 体（荷重 3 条件各 2 体）を採取し、木質材料ごとに短期試験の結果から DOL 試験の負荷荷重を決定した。本試験では長期試験での負荷荷重（荷重レベル）を短期試験の平均最大引張荷重の 90%、80%、70%とし、試験体数は各条件 10 体とした。図 4 に長期試験方法を示す。テコの原理による試験機により、試験体に長期引張荷重を試験体に負荷した。

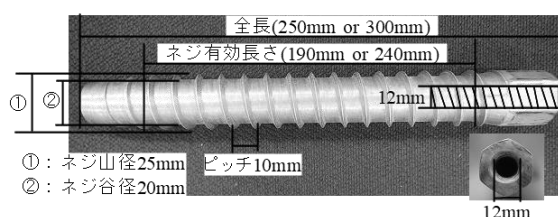


図 1 LSB の全景



図 2 GIR の全景

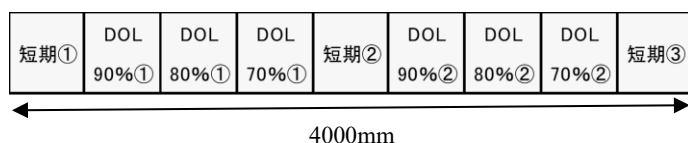


図 3 試験体のマッチング概要

注) 1 本の集成材からの試験体採取位置

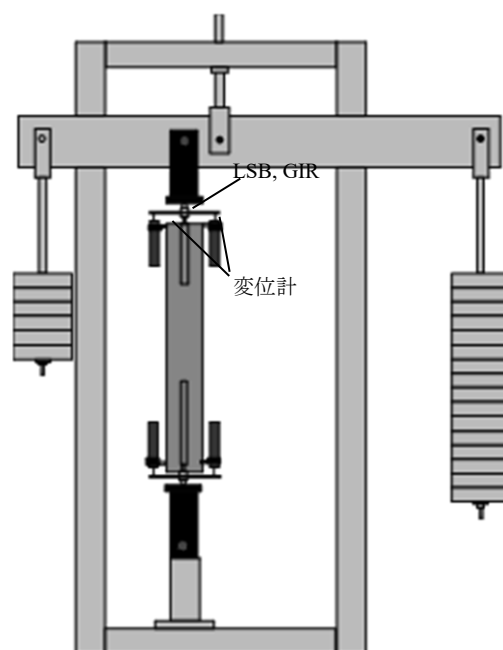


図 4 長期試験方法

【試験結果】

図5と図6に、LSB及びGIR接合部の荷重レベルと破壊までの荷重継続期間の関係を示す。図中の各プロットは試験結果であり、黒太線は試験結果から建築基準法告示¹⁾を参考として導いた回帰直線、黒細線はマディソンカーブを示している。

図5のLSB試験結果について、荷重レベルが90%において試験開始直後に破壊する試験体があるなど、荷重継続期間に大きなバラツキが見られた。黒細線で示すマディソンカーブと試験結果の分布を比較すると、マディソンカーブで予想される荷重継続期間より短期間で破壊する試験体が多く見られる結果となった。建築基準法告示による解析結果を示す黒太線から推定される50年後の破壊荷重レベルは短期試験結果の64%となり、設計の基となっている55%よりも安全側の結果となった。

図6のGIR試験結果について、マディソンカーブで予想される荷重継続期間は試験結果の中央値付近を通る結果となった。建築基準法告示による解析結果を示す黒太線から推定される50年後の破壊荷重レベルは、短期試験結果の69%と安全側の結果となった。

他の評価方法の試みとして、説明変数を荷重レベルとする回帰直線を各図中に点線で示す。この回帰直線は、各荷重レベルにおける試験結果の中央値を通るなど、より適切に試験結果を評価できていると思われる。この評価による結果では、50年後の破壊荷重レベルは、LSBでは44%、GIRは48%となり、両接合方法ともに、現行の基準値よりも低い危険側の結果となった。両接合形式ともに、破壊性状が木部のせん断であることから、曲げを基準としている現行の値とは異なる長期性能を示す可能性があると考えられる。

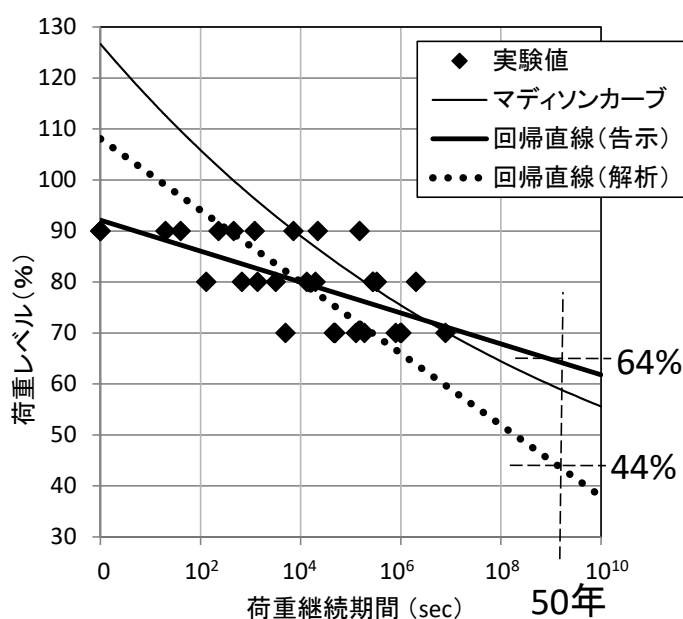


図5 LSBの荷重レベルと荷重継続時間の関係

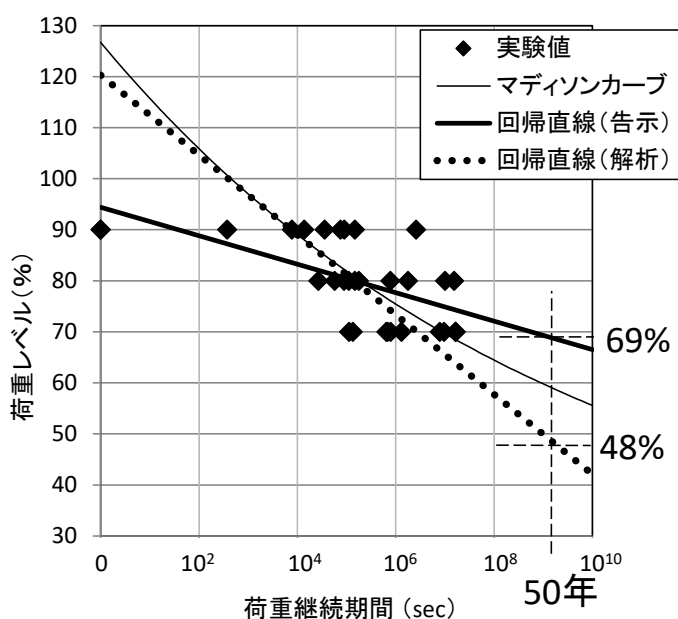


図6 GIRの荷重レベルと荷重継続時間の関係

【まとめ】

LSB及びGIRの長期強度性能について、DOL試験を実施し、現状の基準を満たす安全側の性能が確認された。しかしながら、より適切に評価できると考えられる解析方法では、両接合形式ともに、現行の基準値よりも長期の強度性能が2割程度低くなる危険側の結果となった。

【参考文献】

- 1) 日本ツーバイフォー建築協会：枠組壁工法建築物構造計算指針（2018）、pp.232-233

中谷 誠、須原弘登
 広島大学 森 拓郎
 京都大学 吉村 剛

1. はじめに

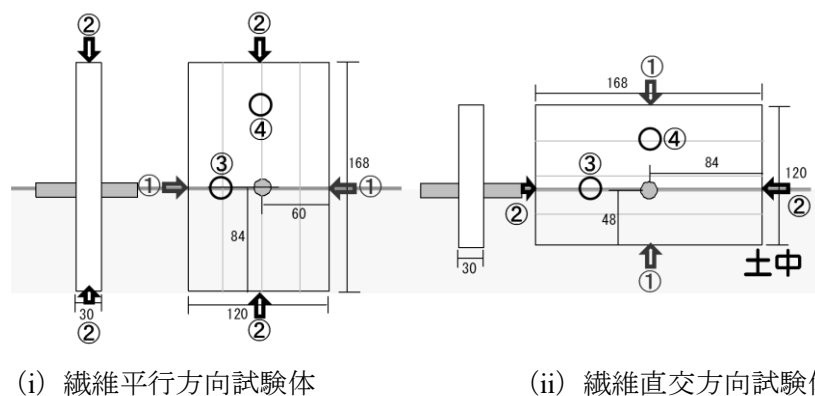
近年、中・大規模木造建築物が注目を浴びており、その長期利用に関する研究の重要度が増している。本研究は、これらの建築物の接合部に用いられるドリフトピン及びボルトなどの曲げ降伏型接合形式について、生物劣化による強度低下と超音波伝播速度の関係を明らかにすることを目的とした。既往の研究¹⁾において、欧州アカマツ材を用いて、超音波伝播速度が遅くなるほど接合具の支圧強度が低下する傾向を明らかにした。本研究では、宮崎県産スギを用いた接合部試験体をファンガスセラーにより強制的に生物劣化させ、その支圧強度と超音波伝播速度の関係を考察する。本研究により非破壊で測定可能な超音波伝播速度と接合部の残存強度の関係が明らかになれば、国産材であるスギを用いた建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

本研究は、ドリフトピン及びボルト接合の主な耐力発現機構である鋼棒が木材にめり込む支圧強度について検討を行った。供試接合具は錆止め塗装した直径 12mm のドリフトピンとし、木材は寸法 120mm x 168mm、厚さ 30mm の宮崎県産スギを用いた。試験体は生物劣化の促進のため腐朽菌の繁殖に適した環境を再現したファンガスセラーに設置した（図 1 参照）。試験条件は、ドリフトピンの木材へのめり込み方向として、その繊維方向に対して平行方向と直交方向の 2 条件とした。各条件の試験体の概要を図 2 に示す。図中の矢印は超音波伝播速度の測定方向である。超音波伝播速度の測定には Dr.wood（秋田エスエスケイ社）を用いた。試験体数は各条件 30 体、合計 60 体とした。超音波伝播速度は、試験体を設置後 4、6、16、21、28、30、42 ヶ月目に測定した。また、6、16、28、30、42 ヶ月目に各条件 6 体（合計 12 体）を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。



図 1 ファンガスセラー内の試験体設置状況



(i) 繊維平行方向試験体

(ii) 繊維直交方向試験体

図 2 試験体の詳細（注：各矢印及び○は超音波伝播速度の測定値）

3. 結果および考察

ファンガスセラーにおける試験体の設置期間と超音波伝播速度（図 2 中の①位置）の関係について、設置期間が長くなり生物劣化の進行することで、超音波伝播速度が遅くなる傾向が確認された（図 3 参照）。支圧強度について、図 4 と 5 に示す通り、両繊維方向の試験体ともに超音波伝播速度が遅くなるほど支圧強度が低下する傾向が見られた。ただし、図 4 の繊維平行方向では超音波伝播速度は遅くなり、支圧強度が低下していなかった試験体については、ドリフトピン付近が健全で、それ以外の部材が腐朽していたことが原因と考えられる。このことから、超音波伝播速度による指標は安全側の評価になると考えられる。ドリフトピンのめり込み堅さを示す初期剛性も、超音波伝播速度が遅くなるほど低下する傾向が見られ、支圧強度よりも急激に低下する性質が見られた（図 6 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。

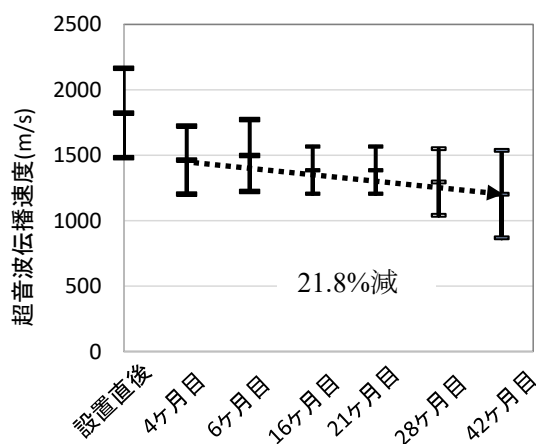


図 3 超音波伝播速度の変化
(繊維平行方向)

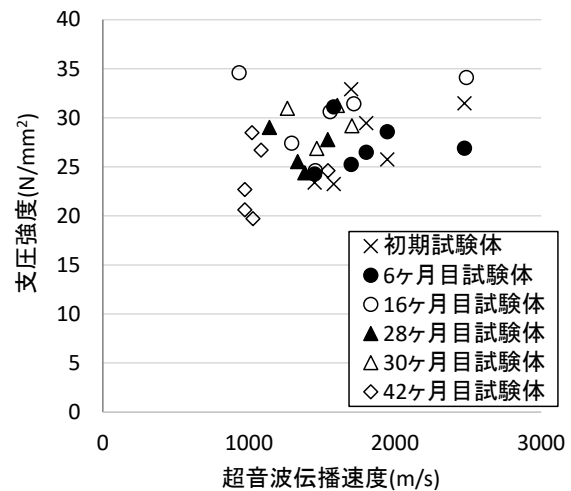


図 4 支圧強度と超音波伝播速度の関係
(繊維平行方向)

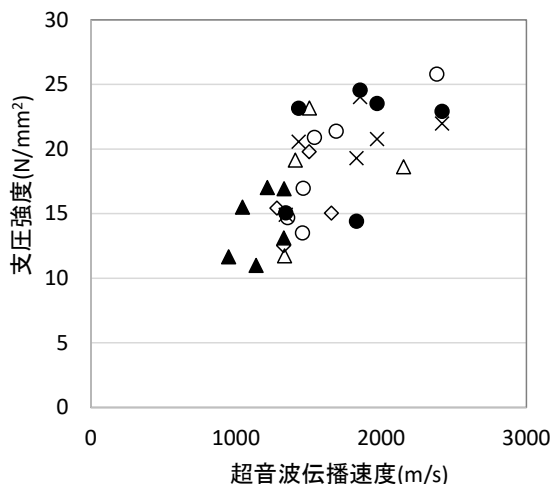


図 5 支圧強度と超音波伝播速度の関係
(繊維直交方向)

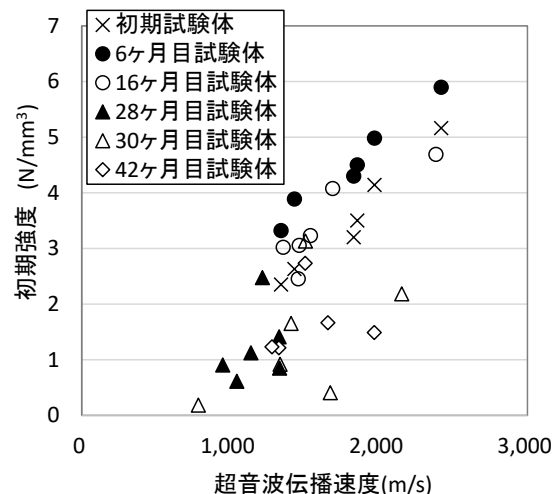


図 6 初期剛性と超音波伝播速度の関係
(繊維直交方向)

【文献】1) 中谷、須原、森：ドリフトピン接合の生物劣化を評価するための基礎的研究、第 68 回日本木材学会大会研究発表要旨集、H15-P-13、2018

2-7 研究発表(誌上)

発行年月	書籍名	氏名	題名	掲載頁
2021年6月	林業みやざき 2021-4・5・6月 No.568	構法開発部	新宮崎県体育館建設への技術支援について	p.12-13
2021年7月	Journal of Wood Science(2021)	Shigefumi Okamoto Makoto Nakatani Nobuhiko Akiyama Kei Tanaka Takuro Mori	Verification of the shear performance of mortise and tenon joints with top and bottom notches at the beam end	ウェブ閲覧
2021年10月	林業みやざき 2021-9・10月 No.570	材料開発部	意外と知らないオビスギの話	p.12-13
2021年11月	木材工業 11月 Vol.76 No.11	池田元吉 中村圭子 荒木博章 平田晃久 野口琢朗	木口面の硬さ測定による丸太横断面内の密度分布推定技術の開発	p.450-455
2021年11月	木材工業 11月 Vol.76 No.11	井道裕史 加藤英雄 長尾博文 原田真樹 小川敬多 荒木博章 荒武志朗 松元明弘 野口琢朗	平角の曲げ強度における寸法効果の検討	p.488-492
2021年11月	木材工業 11月 Vol.76 No.11	槌本敬大 加藤英雄 荒武志朗 松元明弘 高梨隆也 大橋義徳 石原 亘	大径丸太材由来の構造用製材の長期荷重に対する特性	p.493-498
2021年12月	会誌 第55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 -公共建築物等における木造化・内装木質化の促進-	p.53
2022年2月	林業みやざき 2022-1・2・3月 No.572	木材加工部	国産早生樹の材質について	p.12-13

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。

2-8 研究発表表(口頭)

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2021年6月	令和3年度 日本建築学会 近畿支部研究発表会	大阪府 大阪市 (web開催)	山田翔子 瀧野敦夫 森 拓郎 中谷 誠	ラグスクリューボルト押込み実験時における応力伝達機構の解明	CD-ROM
2021年9月	2021年度日本建築学会大会(東海)	愛知県 名古屋市 (web開催)	黒塚ひとみ 森 拓郎 北守顕久 中谷 誠 五十田博	乾湿繰返しによる実大CLTの含水率変化とそれによる寸法変化 その2 LSB接合の長期計測結果	CD-ROM
2021年9月	2021年度日本建築学会大会(東海)	愛知県 名古屋市 (web開催)	有木彩乃 豊岡佳樹 井上 涼 森 拓郎 中谷 誠 田中 圭 金箱温春 腰原幹雄	継手接合部を有するCLTの面外曲げ性能に関する研究その1 LSBを接合具とした場合	CD-ROM
2021年9月	2021年度日本建築学会大会(東海)	愛知県 名古屋市 (web開催)	山田翔子 瀧野敦夫 森 拓郎 中谷 誠	ラグスクリューボルト押込み実験時における応力伝達機構の解明	CD-ROM
2021年9月	2021年度日本建築学会大会(東海)	愛知県 名古屋市 (web開催)	豊岡佳樹 森 拓郎 中谷 誠 大倉憲峰	ラグスクリューボルト接合部の引き抜きクリープ性能に関する実験的研究 その3 679 日経過時における引き抜きクリープ挙動	CD-ROM
2021年9月	2021年度日本建築学会大会(東海)	愛知県 名古屋市 (web開催)	坪井航輝 豊岡佳樹 井上 涼 森 拓郎 中谷 誠 伊藤大貴 森 達登 田中 圭 腰原幹雄	中層木造建築を想定したLSB接合部の基礎的研究	CD-ROM
2021年9月	日本木材加工技術協会 第39回年次大会	北海道 (web開催)	荒武志朗 荒木博章 松元明弘 中谷 誠 加藤英雄 植本敬大 大橋義徳 高橋隆也 石原 亘	スギ、カラマツ枠組壁工法構造用製材の水分非平衡下における曲げクリープ(その4) 一 個体による傾向の相違とその原因について	p.32-33
2021年11月	第27回日本木材学会九州支部大会	福岡県 (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	ウェブ閲覧
2021年12月	第31回日本MRS年次大会	神奈川県 横浜市 (web開催)	S.Aratake H.Araki A.Matsumoto M.Nakatani H.Kato T.Tsuchimoto Y. Ohashi R.Takanashi W. Ishihara	Bending Creep of Sugi (Cryptomeria japonica D.Don) and Karamatsu (Larix kaempferi (Lamb.) Carrière) Dimension Lumber for Wood Frame Construction -effect of seasonal variation and estimation of creep factor-	ウェブ閲覧
2022年3月	2021年度 第61回 日本建築学会九州支部 研究発表会	沖縄県 (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実験的研究 (その1) 引張クリープ性能及び温度特性	CD-ROM
2022年3月	第462回生存圏シンポジウム DOL/LSFに関する全国・国際共同 利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web開催)	須原弘登 東崎無我 一瀬博文 吉村 剛 畑 俊充	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.7-8
2022年3月	第462回生存圏シンポジウム DOL/LSFに関する全国・国際共同 利用研究成果発表会	京都府 宇治市 (web開催)	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	p.17-18

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2022年3月	第462回生存圏シンポジウム DOL/LSFに関する全国・国際共同 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 故吉村 剛	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	p.19-20
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	小田久人 兒玉了一 荒武志朗 深田 学 森田秀樹	宮崎県産スギ大径材の樹幹内強度変動	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	荒木博章 荒武志朗 松元明弘 兒玉了一 中村圭子 徳丸善浩 池田元吉 加藤英雄	スギ大径丸太から製材した210材の曲げ強度特性(IV) ー自然環境下の曲げクリープ挙動に及ぼす温湿度の影響 ー	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	荒武志朗 荒木博章 松元明弘 中谷 誠 加藤英雄 槌本敬大 大橋義徳 石原 亘 高梨隆也	荷重増減下におけるスギ構造材のクリープ ー心去平角材のクリープに及ぼす積雪の影響についてー	ウェブ閲覧
2022年3月	2021年度日本建築学会 中国支部研究発表会	広島県 (web開催)	坪井航輝 豊岡佳樹 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3月	2021年度日本建築学会 中国支部研究発表会	広島県 (web開催)	豊岡佳樹 森 拓郎 中谷 誠	繊維平行方向加力における長期せん断性能に関する実 験的研究	CD-ROM

注 1 共同研究者の所属は省略しています。

2-9 研究発表(展示)

発行年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2021年9月	宮崎大学 産学・地域連携センター 第28回技術・研究発表交流会	宮崎市 (web開催)	田中 洋 丸田耕正 東郷和也 高橋祐樹 堂籠 究 大迫貴太	廃プラスチック及び廃木材を利用したリサイクル ボードの開発(Ⅱ) ー廃木材チップのサイズの影響ー	ウェブ閲覧
2021年9月	宮崎大学 産学・地域連携センター 第28回技術・研究発表交流会	宮崎市 (web開催)	兒玉了一 田中 洋	ラミナと木質パネルを組み合わせた新たな木質材 料の実用化に向けて ー接着性能評価ー	ウェブ閲覧
2021年9月	日本木材加工技術協会 第39回年次大会	北海道 (web開催)	荒木博章 荒武志朗 松元明弘 徳丸善浩 中村圭子 池田元吉 加藤英雄	スギ大径丸太から製材した210材の曲げ強度特性 (Ⅲ)ー恒温恒湿下から自然環境下への変化に伴 う曲げクリープ挙動ー	p.58-59
2021年9月	日本木材加工技術協会 第39回年次大会	北海道 (web開催)	田中 洋 丸田耕正 東郷和也 高橋祐樹	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 (その2)ー木質原料のサイズの影響 ー	p.76-77
2021年11月	第27回日本木材学会九州支部大会	福岡県 (web開催)	川元悠太郎 中谷 誠 石見 徹 山下かすみ	MLT(Miyazaki Laminated Timber)を用いた耐力 壁の開発ービス及び受材の仕様による影響の検 討と床材としての活用検討ー	ウェブ閲覧
2021年11月	第27回日本木材学会九州支部大会	福岡県 (web開催)	田中 洋 兒玉了一 森田秀樹 姜 錫求 藤元嘉安	南九州産ヒノキラミナと韓国カラマツ合板で構成さ れた Ply Core CLT の強度性能(3)ー縦圧縮及び めり込み強度性能ー	ウェブ閲覧
2021年11月	第27回日本木材学会九州支部大会	福岡県 (web開催)	小田久人 田中 洋 森田秀樹 姜 錫求 藤元嘉安	九州産ヒノキラミナとスギLVLや韓国カラマツ合 板で構成された Ply Core CLT の寸法安定性	ウェブ閲覧
2021年11月	第27回日本木材学会九州支部大会	福岡県 (web開催)	東崎無我	品種別大分県産ヒノキの抽出成分	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	松元明弘 小田久人	スギ心去り平角における高温セット処理について	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	田中 洋 丸田耕正 東郷和也 高橋祐樹	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(その3)ー3層ボードの特性ー	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	兒玉了一 田中 洋 森田秀樹 藤元嘉安 姜 錫求	南九州産ヒノキラミナと韓国カラマツ合板で構成さ れた Ply Core CLT の接着性能	ウェブ閲覧
2022年3月	第72回日本木材学会大会	名古屋 岐阜 (web開催)	中谷 誠 須原弘登 森 拓郎	生物劣化を受けたスギ材の支圧強度と超音波伝 播速度の関係	ウェブ閲覧

注1 共同研究者の所属は省略しています。

3 指導業務

県内外の木材加工業、住宅関連企業、建築設計事務所等を対象に、各研究部が行った技術相談、指導及び依頼試験の実績は次のとおりである。

3-1 技術相談及び指導件数

(1) 件数

令和3年度		企業・団体	行政機関	その他・個人等	計
	材料開発部	22	5	0	27
	木材加工部	57	2	8	67
	構法開発部	31	8	0	39
	企画管理課	0	0	0	0
	木構造相談室	9	9	1	19
	計	119	24	9	152

(森林組合等団体は企業に、大学等教育機関は行政機関に含む)

※152件中、企業（団体を含む）からの相談は約78%

(2) 主な試験及び相談・指導内容

令和3年度		内 容
	材料開発部	・精油回収について・木質バイオマスの発熱量について ・ウツンファイバーの粉碎について・木質ペレットの成分について
	木材加工部	・干割れ材の強度について・足場板の強度について ・乾燥材の表面割れと強度の関係について・スギの各種ヤング係数について ・長大丸太の圧縮性能について
	構法開発部	・接合部強度試験等について・接合部の長期性能と温湿度の影響について ・木工パネル用の接合金物について・木質構造の腐朽とその強度試験について ・県産スギ材のプレカット加工、耐久性等について
	木構造相談室	・木材の劣化度の基準について ・国体関連施設整備における木造化について ・県産スギの材料強度について・CLTを用いた農業用倉庫について

3-2 依頼試験

(1) 依頼試験実績 (単位：件・円)

令和3年度		実績
	県内	107
	県外	104
	計	211
	金額	1,889,380

(2) 試験内容内訳件数 (単位：件)

試験内容	件数
壁せん断試験	4
曲げ試験	42
引張試験	9
小試験体強度試験	50
耐候性試験	8
含水率試験	13
動的ヤング係数測定試験	29
その他の試験	54
成績書の複本	2
合計	211

※依頼試験 211 件中 県内 51% 県外 49%

3-3 研究会等への参加

(1) 森林・木材関係研究機関による合同研究成果報告会

主 催 者	宮崎県、九州森林管理局、宮崎大学農学部
開 催 日	令和3年12月16日（木）
場 所	宮崎県企業局県電ホール（宮崎市旭1丁目2番2号）
参 加 者	53 人
発 表 内 容	公共建築物等の木造化・木質化推進に関する技術支援 構法開発部部長 石見 徹

(2) 研究成果報告会

主 催 者	宮崎県木材利用技術センター
開 催 日	令和4年1月28日（金）
場 所	宮崎県木材利用技術センター大会議室（都城市花繰町21号2番） WEB形式にて開催
参 加 者	73 人
発 表 内 容	ア スギの人工乾燥を考える 専門主幹 小田久人 イ 木材の強さとヤング係数のおはなし 木材加工部専門技師 荒武志朗

3-4 講師派遣

派遣職員	期 日	会議等の名称	内 容	依 頼 者
須原弘登	2021.6.30	みやざき新産業創出研究会	木質バイオマスの利用事例	宮崎県工業技術センター
田中 洋	2021.10.14 ～15	木材接着講習会（九州会場）	集成材・直交集成板	日本木材加工技術協会
松元明弘	2021.12.3	宮崎大学木材加工学概論	木材（宮崎スギ）利用技術の現状について	宮崎大学教育学部
田中 洋	2021.12.16	木造軸組構法入門セミナー（台湾セミナー）	木造軸組構法入門－材料－	宮崎県木材協同組合連合会
松元明弘	2021.12.21 ～22	製材 JAS 研修会	製材 JAS について	宮崎県木材協同組合連合会
松元明弘	2022.2.24	宮崎県産材オンラインセミナー	宮崎県木材利用技術センターについて	宮崎県木材協同組合連合会
田中 洋	2021.11.27	木造軸組構法入門セミナー（韓国セミナー）	木造軸組構法の材料について	宮崎県木材協同組合連合会

3-5 取材

氏 名	題 名	取 材 名	掲載頁	取材年月日
木材利用技術センター	最先端の木材の試験研究	MRT(宮崎放送) 「みやざき WOOD LOVE」	－	2022 年 2 月 17 日

3-6 研修生

研修内容	期 日	人数	研修者所属	担当部
・木材利用技術センターの概要 ・木材の基礎知識、木材の密度測定 ・スギの特性及び強さ ・木造建築物の学びと木造住宅設計	5/25・6/8	5 (教員1名を含む)	宮崎県立都城西高校フロンティア科2年生	企画管理課 材料開発部 木材加工部 構法開発部
木材利用技術センターにおける研究等について	6/23～6/25	28 (教員8名を含む)	みやざき林業大学校研修	企画管理課 材料開発部 木材加工部 構法開発部
宮崎県の森林・林業と木材利用研究	9/2	20	フォレストワーカー 3年次集合研修(Web)	小田専門主幹

4 その他

4-1 学位取得者

称 号	取得大学	論 文 題 目	氏 名	取得年月日
農学博士	東京大学	スギ構造材の材質推定と長期耐力評価に関する研究	荒武 志朗	平成9年 3月3日
農学博士	九州大学	Identification and specific detection of basidiomycetes by molecular biological methods	須原 弘登	平成15年 6月30日
農学博士	九州大学	高温低湿乾燥法におけるスギ心持ち柱材の乾燥性に関する研究	小田 久人	平成18年 3月27日
農学博士	京都大学	ラグスクリューボルトの耐力発現機構の解明と木質ラーメン構造への応用に関する研究	中谷 誠	平成18年 5月23日
農学博士	九州大学	スギ厚板の構造的利用、とくに合わせ梁と集成材への応用に関する研究	田中 洋	平成21年 3月24日
農学博士	九州大学	ホットプレスによるスギ心持ち柱材の表面割れ抑制処理に関する研究	松元 明弘	平成24年 3月27日

4-2 表彰者

受賞年月	賞の名称	受賞者名	授与機関名	受賞内容
H14.7.1	宮崎県知事表彰	木材利用技術センター	宮崎県	木材利用技術センターの設立功績及び技術指導実績
H16.2.5	全国林業試験研究機関協議会研究功労賞	荒武 志朗	全国林業試験研究機関協議会	スギの材質推定と長期耐力評価に関する研究
H16.2.21	日本木材学会地域学術振興賞	荒武 志朗	日本木材学会	スギの材質推定と長期耐力評価に関する宮崎県地域における学術発展と研究成果の普及
H16.7.1	宮崎県知事表彰	木材利用技術センター	宮崎県	県産スギ集成材を使用した木の花ドームの建設
H18.10.8	日本木材学会九州支部黎明研究者賞	森田 秀樹	日本木材学会九州支部	丸太選別及び木取りによる構造用集成材スギラミナの歩留り向上（第2報）
H20.2.7	全国林業試験研究機関協議会研究功労賞	小田 久人	全国林業試験研究機関協議会	九州産スギ材の材質と心持ち柱材の乾燥性に関する研究
H20.7.4	宮崎県知事表彰	小田 久人	宮崎県	高温乾燥法によるスギ心持ち柱材の乾燥性に関する研究による博士学位取得等
H23.2.5	土木学会デザイン賞 2010 最優秀賞	木材利用技術センター	土木学会	堀川運河の「夢見橋」構造検討・設計協力並びにボードデッキ設計協力
H23.7.1	宮崎県知事表彰	木材利用技術センター	宮崎県	スギとヒノキを用いた構造用異樹種集成材の開発
H27.7.1	宮崎県知事表彰	木材利用技術センター	宮崎県	綾中学校校舎の建築に係る技術支援
H28.3.29	日本木材学会地域学術振興賞	小田 久人	日本木材学会	南九州における地域材利用技術の開発と木材産業への貢献

4-2 表彰者（つづき）

受賞年月	賞の名称	受賞者名	授与機関名	受賞内容
H28.3.29	第 66 回 日本木材学会大会 優秀ポスター賞	堂籠究・須原弘登	(一社)日本木材学会	スギエダタケを用いたスギ成分の生物変換
H29.3.24	宮崎県総務部長賞	木材利用技術センター	宮崎県	県庁本館における木質化の取組
H29.7.1	宮崎県環境森林部長賞	木材利用技術センター	宮崎県	本県公共建築物の木造率の向上及び県産材の利用促進
H29.9.29	「科研費」審査委員表彰	荒武志朗	独立行政法人日本学術振興会	公平・公正な審査への貢献
H30.3.16	第 68 回 日本木材学会大会 優秀ポスター賞	須原弘登 他 5 名	(一社)日本木材学会	未利用木質資源の半炭化処理による利用法
R03.11.19	日本木材学会九州支部黎明研究者賞	川元悠太郎	日本木材学会九州支部	MLT(Miyazaki Laminated Timber)を用いた耐力壁の開発

4-3 客員研究員

研究体制の充実強化及び研究員の資質の向上を図るため、第一線で活躍している研究者を招へいする客員研究員制度を実施している。併せて、客員研究員による県内企業への技術指導を実施している。

氏 名	所 属・役 職	専攻分野	期 間	研 究 実 施 内 容
一瀬博文	九州大学大学院農学研究院 環境農学部門准教授	酵素工学 生物工学	R03.7.5	遺伝子組換え生物等使用実験計画の審査に関する講習
岡本滋文	大阪市立大学大学院 講師	木質構造学	R03.8.31	木質構造建築物講演会 「有効梁+CLT を用いた住宅の耐震補強」
有馬孝禮	東京大学 名誉教授	木質材料学	R03.10.5 ～10.6 R04.3.22 ～3.23	研究内容指導
長尾博文	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域 研究専門員	ライフサイエンス 木質科学 木材強度	R03.11.24 ～11.26	大径材利用についての講演及び 研究指導 「国産材の構造的利用」
丸山治彦	宮崎大学医学部感染症 学講座 寄生虫学分野教授	ライフサイエンス 寄生虫学	R03.12.3	遺伝子組換え生物等に関する 講習
清水邦義	九州大学大学院農学研究院 環境農学部門 准教授	天然物生物有機 化学 森林圏生理活性 科学 木材化学	R04.1.28	成果報告会講演 「スギの多機能性に着目した最近の動向 ～人の心理生理応答・抗ウイルス・スギテルペン分析 JAS 化への取り組み～」

4-4 視察者

(1) 視察者

(単位：人)

年 度	件 数	人 数
R03	53	807

※視察者とは見学者を含む

(2) 視察者内訳（令和3年度）

(単位：人)

視 察 日	視察者・団体名（25人以上）	視察者数
R3. 6.17	南九州大学人間発達学部	47
R3. 6.30	認定こども園 天竜幼稚園	27
R3. 7.14	宮崎県立高城高等学校	48
R3. 8. 3	放課後児童クラブ ゆうやけクラブ	44
R3. 8. 6	東小ひいらぎ1室児童クラブ	30
R3. 8.11	フォルケホイスコーレ児童クラブ早鈴・若葉	36
R3.10. 1	都城市立安久小学校	44
R3.10.27	東郷小学校児童クラブ	48
R3.11.16	宮崎県立宮崎工業高等学校インテリア科	44
R3.11.19	都城市立 石山・高城・有水幼稚園	41
R3.12. 8	宮崎県立都城工業高等学校インテリア科	41
	25人以上計	534 (※研修生を含む)
	25人未満計	273
	合 計	807

(參考) 外部資金等一覽

受託事業一覧表

[illegible]

科学技术研究费补助金一览表

研究課題	実施期間	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	計
研究種目名 研究課題																							
前期研究 シロアリの本能・生理を利用した環境応用型防蟻処理技術の開発	H17 ~ H19					1,700	1,100	700															
基礎研究C 連続条件変動下での柱-土台接合部のめり込みクレープ特性の解明	H17 ~ H18					2,000	800																
宮崎大学分任研究 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	H19 ~ H20							300	273														
前期研究 集約ナトリウム(食塩)を用いたシロアリ防除	H20 ~ H21								1,800	820													
神岡大学分任研究 難燃暴露試験を基礎とした資材の耐久性能評価に関する研究	H21 ~ H22									494	754												
基礎研究C スギ低樹高部から得られる平角材の力学的性能向上と梁部材への効果的適用に関する研究	H22 ~ H24									2,600	1,040	800											
前期研究 木質燃焼灰を再利用した水産アバウト複合材の開発	H23 ~ H24										1,690	1,430											
若手研究B ラグスクリーンボードのクロス挿入接合法の開発	H23 ~ H25										1,560	1,300	1,500										
若手研究B エタノール生漆	H24 ~ H25											2,860	1,820										
基礎研究C 中・大規模不道建築物における接合部の長期性能の解明	H30 ~ R02																		1,170	650	650		2,470
基礎研究A 中高層木造建築物への木質材料の構造利用に対する耐久設計ガイドラインの提案	R03 ~ R07																						650
基礎研究B 中高層木造建築物におけるモーメント抵抗型接合部の前震設計法の確立	R03 ~ R05	0	0	0	0	3,700	1,900	1,000	2,073	1,314	3,354	4,290	6,390	3,390	0	0	0	0	1,170	650	650	845	30,716
計		0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	4	2	0	0	0	0	1	1	1	1	延べ12
件数		0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	4	2	0	0	0	0	1	1	1	1	延べ12

その他の補助金一覧表

研究課題	実施期間	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	計
林野行動事業 非住宅建築分野への地域材利用推進事業																							
大規模木造非住宅構架材サバン事例集、汎用金物の開発	H23											14,175											14,175
木材乾燥及び炭生産時に発生する油脂・タール類の効率的活用に関する研究	H25 ~ H28													2,000	2,000	1,500	500						4,000
試験研究機関連携推進事業																							
環境リサイクル技術開発・事業化支援事業（可能性調査）	H27 ~ H28															359	178						537
環境リサイクル技術開発・事業化支援事業（可能性調査）	H28 ~ H29																119	448					567
森林整備加速化林業再生事業（交付金）	H27															17,959							17,959
革新技術の開発：緊急避難事業（うたのまちプロジェクト）	H28 ~ R02																1,830	3,122	10,633	2,389	3,090		21,064
木材乾燥系のスグナバー処理液に含まれる木材由来精油を用いた塗料の開発可能性調査	H30 ~ R01																		337				337
腐葉ブラスチックおよび腐葉木材等を利用した再生ボードの開発可能性調査	R01 ~ R02																			281		462	743
計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,175	0	0	2,000	19,818	2,827	3,570	10,970	2,870	3,552	0	59,382
件数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	4	2	2	2	2	0	延べ8

外部資金導入合計

外部資金導入合計																単位(千円/件)						
	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	計
金額 計	4,000	2,200	7,070	11,491	12,324	10,574	35,434	31,105	30,714	38,254	45,765	38,490	3,390	2,000	19,918	2,827	3,570	12,140	3,320	4,202	1,175	317,753
件数 計	1	1	3	5	6	7	8	6	3	3	5	5	2	1	3	4	2	3	3	3	3	3 延べ32

予算受け入れを伴わない共同研究事業等

[illegible]

※()は研究費、単位(千円)

統計・実用ソフトウェア 合計		H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	計	
件数	合計	1	1	3	5	9	13	14	13	12	15	19	22	12	6	10	17	11	17	17	17	15	18	180

令和3年度

宮崎県木材利用技術センター業務報告書

〒885-0037 宮崎県都城市花繰町 21 号 2 番

TEL0986-46-6041 FAX0986-46-6047

E-mail:mokuzai-center@pref.miyazaki.lg.jp

URL:<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/kankyo/mokuzai/wurc/index.html>