

2 試験研究業務

2-1 資源の循環利用システムの確立

2-1-1 オビスギの魅力を引き出す抽出成分に関する研究 その1 (生活害虫に対する忌避効果に関する研究)

※東崎無我、須原弘登

1. 緒言

本県は全国有数の林業県であり、各製材業者等において大型人工乾燥施設の導入が進んでいる。製材の人工乾燥時に排出される蒸気には、テルペン類やアルコール類をはじめとした精油成分が含まれているが^{*1}、その大半は回収されることなく大気中に放出され利用されていない。スギ精油の用途開発・普及により、回収・利用が進めば、森林資源の有効活用に加え、製材業者等においては新たな収入源として期待される。このことから、本県では乾燥蒸気から精油を回収する装置の開発に取り組んでおり^{*2}、併せて回収したオビスギ精油の利活用を図ることを目的として、その機能性の評価を行っている^{*3}。

スギ精油に対するゴキブリの忌避効果はこれまでも報告されているが^{*4}、科学的な論拠としては内容が不十分と考えられた。そのため本研究では、スギ材精油のゴキブリに対する忌避効果について検証を行い、昨年度までにクロゴキブリに対する忌避効果試験を行い^{*4}、その効果が確認できたため、今年度はチャバネゴキブリに対する忌避効果について引き続き検証を行った。

2. 実験

2.1 忌避効果の検証

2.1.1 供試材料

試験用検体としチャバネゴキブリ (*Blattella germanica*) 成虫を用いた。繰り返し試験を行うため、1 グループ 20 頭の 3 つのグループに分け、試験に供した水は滅菌した。また、精油は県内の製材工場に設置されている SK 式超省エネ全自動木材乾燥機実験機 (新柴設備製、18 m³容) の排蒸気から採取したスギ材精油を用いた。その主成分は δ -Cadinene、 α -Murolene などのセスキテルペン炭化水素であった。モノテルペンは確認されず、Abieta-7,13-diene といったジテルペンが微量に確認された。

2.1.2 試験方法

試験装置は、容量 50 L の透明コンテナ 2 個を金網及びアクリルパイプで繋ぎ作成した。各コンテナにはエアポンプを設置し装置内に 30 l/h で換気するとともに、試験装置中央部に外側から送風し室内の換気を行った。片方のコンテナにはスギ材精油を塗布 (8、4 及び 2 g/m²) した板を、もう片方のコンテナには無処理の板を設置し、試験を行った (図)。敷板はアクリルで作成した板を用い、塗布後 24 h 養生を行ってから試験に用いた。

試験は暗室内で行い、各コンテナ内にゴキブリを同数投入し、各コンテナ及び連絡通路に滞在するゴキブリ頭数を 1 時間毎に 1 日 7 回計測した。試験は 2 日連続で計測し 1 日ごとに装置の位置を反転させた。

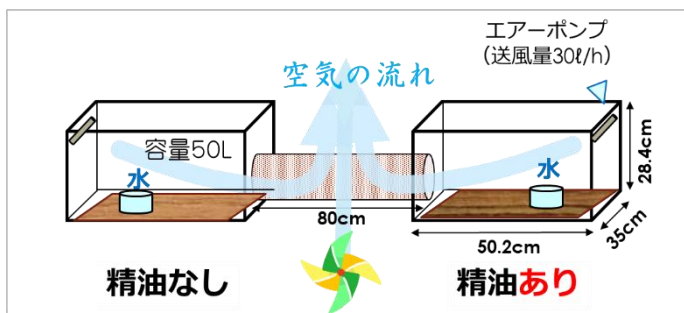


図. チャバネゴキブリ試験装置概要

2.2 揮発性成分分析

忌避効果の下限値における揮発性成分の濃度を確認するため、敷板に精油を塗布し試験装置のコンテナの片方に設置し 24 h 養生を行った後、精油を塗布した板を設置したコンテナ内の揮発性成分の分析を行った。

吸着管として TDU チューブ (Gestel 社 Tenax[®]TA) を使用し、吸引ポンプ (東京デオドラント (株) JP-1500) の吸引口から伸ばしたチューブに取り付け、コンテナ底面から 20 mm の位置に設置した。吸引ポンプの流速は 0.1 L/min、捕集時間は 15 min (精油塗布量 8 g/m²時) 及び 60 min (精油塗布量 2 g/m²時) とし、捕集後の吸着管は直ちに分析に用いた。

吸着管に吸着させた揮発性成分の分析には、HP-5MS カラム（長さ 30 m、内径 0.25 mm、膜厚 0.25 μ m）を装着した加熱脱着装置付 GC-MS（GestelTDU+Agilent7890B/5988A）を使用した。

揮発性成分の濃度を求めるため、セスキテルペンである β -caryophyllene 及び内部標準としてベンズアルデヒドを用い検量線を作成した。検出されたテルペン類の濃度は、 β -caryophyllene 当量として空気中の濃度を算出した。

3. 結果および考察

試験装置内の各コンテナ及び連絡通路に滞在するチャバネゴキブリの割合（2 日間平均値）を表 1 に示す。処理区と無処理区を比較すると精油塗布量 2 g/m²までは、いずれも無処理区の滞在率が有意に高く（ $P < 0.01$ ）精油を忌避する傾向が確認できたが、1 g/m²では処理区と無処理区の滞在率に差はなく（ $P > 0.1$ ）忌避する傾向は見られなかった。

次に、忌避効果の下限值における試験装置ボックス内の揮発性成分濃度を表 2 に示す。揮発性成分濃度は、精油塗布量 8 g/m²（クロゴキブリの忌避効果下限値）時に 9.85 g/m³、塗布量 2 g/m²時に 2.47 g/m³であり、同定できた成分は、全てセスキテルペン炭化水素であった。また、主要成分は δ -Cadinene、 α -Murolene で、成分の種類及び組成比について、精油塗布量による違いは見られなかった。

クロゴキブリ及びチャバネゴキブリは、スギ材精油を忌避することが確認できたが、忌避効果の下限值における揮発性成分の測定値は、厚生労働省が示す室内空気中の総揮発性有機化合物量（TVOC）の暫定目標値^{*5}400 μ g/m³の 6 倍～25 倍に当たる。このため、スギ材精油を忌避剤として用いるには、建物内への侵入を防ぐために入り口付近にのみ塗布するなど、使用方法を検討する必要がある。

表 1. スギ精油のチャバネゴキブリに対する忌避効果（2 日間平均・餌無し）

精油塗布量 (g/m ²)	虫体数 (頭)	滞在率 (%)			p
		精油なし	通路	精油あり	
8	20	57	57	16	0.01>
4	20	49	49	18	0.01>
2	20	41	41	26	0.01>
1	20	31	35	34	>0.1

表 2. 試験装置ボックス内の揮発性成分濃度

Name	濃度(μ g/l)	
	8g/m ²	2g/m ²
α -Murolene	1.38	0.41
β -Bisabolene	0.27	
γ -Cadinene	0.22	0.04
δ -Cadinene	5.49	1.57
α -Calacorene	0.34	0.06
gleenol	0.27	0.04
Cedrol	0.25	0.05
1-epi-Cubenol	0.82	0.16
Cubenol	0.64	0.11
Cadalene	0.16	0.04
total	9.85	2.47

【参考文献】

- *1 大平辰朗、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、Vol. 40、No. 6、P. 400-411 (2009)
- *2 須原弘登・蛭原啓文、木材乾燥機排蒸気からの精油回収の取り組み、第 25 回日本木材学会九州支部大会講演集、P. 42-43 (2018)
- *3 蛭原啓文他、スギ精油による雑草生育の阻害について、日本木材加工技術協会第 34 回年次大会要旨集、P. 49-50 (2016)
- *4 藤本英人、スギ成分の化学的有効利用に関する研究（スギ材の人工乾燥工程で得られる精油のゴキブリ忌避効果）、宮崎県木材利用技術センター業務報告書、P. 17 (2006)
- *5 厚生労働省医薬・生活衛生局長通知、室内空気中化学物質の室内濃度指針値について、平成 31 年 1 月 17 日薬生発第 117001 号

1. 緒言

樹木の構成成分のうち微量成分である抽出成分は、樹種ごとに量や成分構成が大きく異なり⁽¹⁾、同一樹種であっても品種や生育地域により変化が見られる⁽²⁾。宮崎県の代表的なブランド品種であるオビスギは、木造船用の材（弁甲材）として用いられてきた歴史があり、古くから油が多いとされている。

しかしながら、このことを科学的に裏付ける論拠はなく、物証に乏しい。このことが科学的に立証されれば、オビスギのブランドイメージの向上や PR につながることから、本研究では、宮崎県産オビスギと他地域産スギの抽出成分について、成分量及び組成を比較し、オビスギの化学特性について調査を行った。

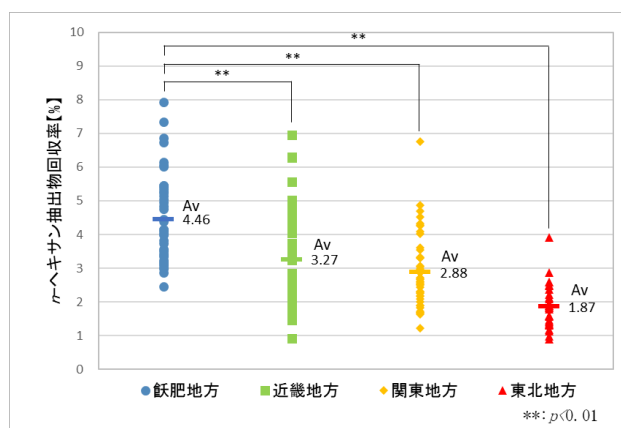
2. 実験方法

宮崎県飢肥地方、近畿地方、関東地方及び東北地方の4地域の同一流域において10～15林地を選び、各林地から樹齢40～60年のスギ3本を無作為に選定した。選定したスギの地際から50cmの間で、厚さ10cmの円盤を作成し試験体とした。試験体の採取は2016年5月～2019年10月に行った。

試験体から心材を切り出し、粉碎後3mmメッシュの篩を通過したものを60℃のオーブンで24時間乾燥させ、*n*-ヘキサンを溶媒として6時間のソックスレー抽出を行った。抽出物は重量を測定し抽出成分量として評価した。

抽出物中に含まれるテルペン類の分析のため、抽出物をアセトンに再溶解させ、GC-MS分析を行った。

また、これまでに得られた抽出成分の分析結果と既報の論文等と比較し、飢肥地方産スギの品種の特定を試みた。

図1. *n*-ヘキサン抽出物回収率

3. 結果および考察

3.1 2019年度までの結果

各地域のスギの心材に含まれる抽出物回収率は、飢肥地方は平均4.5% (n=44)、近畿地方3.3% (n=45)、関東地方2.9% (n=45) 及び東北地方1.9% (n=30) となり、飢肥地方のスギは他地域産のスギと比べ有意に高い値を示した ($P < 0.01$) (図1)。

抗菌性の報告⁽³⁾のあったβ-Eudesmolなどのセスキテルペンアルコールについては、東北地方の試験体において低い値を示したが、その他の地域では同程度(10～12%)含まれていた。飢肥地方及び関東地方のスギには殺ダニ活性^(4,5)などが報告されるCedrolやCryptomerioneといった成分

表1. *n*-ヘキサン抽出物中に含まれるテルペン類の成分

成分名		ピーク面積比 (%)			
		飢肥地方	近畿地方	関東地方	東北地方
セスキテルペン	alpha-Cubebene	4.1	4.5	4.1	1.4
	alpha-Murolene	1.2	1.5	1.2	<1
	gamma-Cadinene	8.0	9.2	7.7	4.0
	delta-Cadinene	5.3	6.5	5.8	<1
セスキテルペン アルコール	Cedrol	2.5	<0.1	1.4	<0.1
	1-epi-Cubenol	4.5	4.4	4.4	1.2
	Cubenol	3.2	3.1	3.1	<1
	alpha-Murolol	1.5	1.5	1.4	<1
	beta-Eudesmol	<1	1.2	<1	<1
セスキテルペン ケトン	Cryptomerione	1.8	<1	1.1	<0.1
	2,7(14),10-Bisabolatrien-1-ol-4-one	2.7	<1	1.4	<0.1
ジテルペン	Abietadiene	5.0	6.2	6.8	5.7
	Sandaracopimarinal	4.4	3.7	4.1	6.3
ジテルペン アルコール	Phyllocladanol	4.2	5.1	4.8	8.4
	Sandaracopimarinal	12.0	14.2	15.0	18.1
	6,7-dehydro-Ferruginol	10.7	9.4	8.9	4.9
	Ferruginol	18.8	18.5	18.6	39.5
	? (RI=2436)	<1	<1	<1	1.2
計		89.8	89.1	89.8	90.7

が含まれており、殺蟻性の報告⁶がある Phyllocladanol、Sandaracopimarinel については、すべての地域のスギに見られた。また、全ての地域において、抗蟻性が報告⁷されている Ferruginol が最も多く含まれていた。東北地方においては抽出物量が少なく、ジテルペン類以外の成分が少ないことから、相対的に Ferruginol の割合が特に高くなっていると考えられた。

3.2 飯肥地方産スギの品種特定

成分組成の違いにより、Elemol 及び Eudesmol を含まないグループ（ハアラやトサアカの特徴とされる⁸⁾）など、いくつかのグループに分けることはできた。全てがオビスギ群であれば、落合らの報告⁹⁾をもとにある程度絞り込める可能性はあるものの、今回のサンプルに関し、オビスギ群である確証がなく、また、同じ品種でも成育地の影響により成分の割合が逆転する報告⁸⁾もあり、今回のサンプルの組成の差が、品種間の差であるか、個体差であるかが不明で、品種を特定することはできなかった。

【参考文献】

1. 城代進・鮫島一彦、木材科学講座 4(1993)
2. 長濱静男・田崎正人、スギ材油のテルペノイド成分-オビスギの特異性について、木材学会誌、Vol. 39、No. 9、P. 1077-1083(1993)
3. 酒井温子他、奈良県産スギ精油及びヒノキ精油の抗菌力に関する成分-奈良県産材の利用拡大をめざして-、第 68 回日本木材学会大会要旨集、Y16-08-10000 (2018)
4. 谷田貝光克他、ヤクスギ土埋木材の抽出成分とその殺ダニ・植物生長制御活性、木材学会誌、Vol. 37、No. 4、P. 345-351(1991)
5. 森田慎一他、ヤクスギ土埋木ヘキササン抽出物の抗ダニ活性成分、木材学会誌、Vol. 40、No. 9、P. 996-1002(1994)
6. 曾我部昭好他、オビスギ(*Cryptomeria japonica* D. DON)の殺蟻成分について、天然有機化合物討論会講演要旨集 40 巻 (1998)
7. Kusumoto, N. 他 Antitermitic activities of abietane-type diterpenes from *Taxodium distichum* cones. Journal of Chemical Ecology, 35 (6), 635-642 (2009)
8. 長濱静男他、スギ材油テルペノイド成分 (第 8 報) 精英樹県国東 5 号外 5 クローンの成分、木材学会誌、Vol. 48、No. 5、P. 380-386(2002)
9. 落合克紀他、オビスギ精油成分の品種別比較、平成 16 年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書、P. 18(2005)

2-1-2 木材関連工場より排出されるエマルジョン油等の有効利用に関する研究

材料開発部 ※岩崎新二、須原弘登

1. 緒言

LVL製造工場では、消臭のために木材乾燥で排出される蒸気中に含まれる、エマルジョン化された木材成分由来の精油成分と高沸点のヤニ分を全て焼却処分している。エマルジョン化された精油成分には抗ウィルス性、殺菌作用等があるセスキテルペンが含まれていることから、焼却処分されているエマルジョン油等を有効利用し木工用自然塗料等への活用を図るため、耐蟻性試験、耐腐朽性試験、塗布剤溶脱性試験等の基礎データの収集を行うこととする。今年度は耐腐朽性試験と促進耐候性試験について報告する。

2. 実験方法

2.1 エマルジョン油等の調整

LVL 製造工場より排出されるエマルジョン油とヤニ分に製材工場よりとれるスギ精油を芳香のために混合した。エマルジョン液（エマルジョン油：スギ精油 1:1）及びヤニ含有液（ヤニ分：スギ精油 1:4）を調整した。さらに比較材として市販されている自然系油性塗料、木材保護塗料を加え宮崎県産スギ辺材（2×2×2 cm）に塗装した。表1に試験体一覧を示す。

表1 試験体一覧	
1	無処理
2	エマルジョン油1回塗り
3	エマルジョン油3回塗り
4	ヤニ含有液1回塗り
5	ヤニ含有液3回塗り
6	自然系油性塗料3回塗り
7	木材保護塗料2回塗り

2.2 耐朽性試験

JIS Z 2101 木材の試験方法に準じオオウズラタケ（褐色腐朽菌）、カワラタケ（白色腐朽菌）を用いた。供試菌を培養した培養瓶ごとに3個ずつ入れ、温度25度、湿度75%に設定した恒温恒湿器（ADVANTEKU AG327）で12週間培養を行い、重量減少率を測定した。

2.3 促進耐候性（降雨無）試験

JASS 18 M 307 に準じて試験を行い、色差（変色の程度）を評価した。測色計（日本電色工業（株）SD-7000）を用い試験前後の測色を行い、色差（ $\Delta E^*(a,b)$ ）を算出した。

3. 結果

3.1 耐腐朽性評価

図1にオオウズラタケ、カワラタケに対する重量減少率を示す。ヤニ含有液1回塗り、ヤニ含有液3回塗りは、オオウズラタケ、カワラタケの両方に対する重量減少率がともに3%以下であり、JIS Z 2101による防腐性能基準を満たした。

オオウズラタケに対しては、3回塗りの方が重量減少率は小さく塗装回数を増やすことにより耐腐朽性は向上した。また、エマルジョン油3回塗りは自然系油性塗料より小さく、木材保護塗同程度であった。

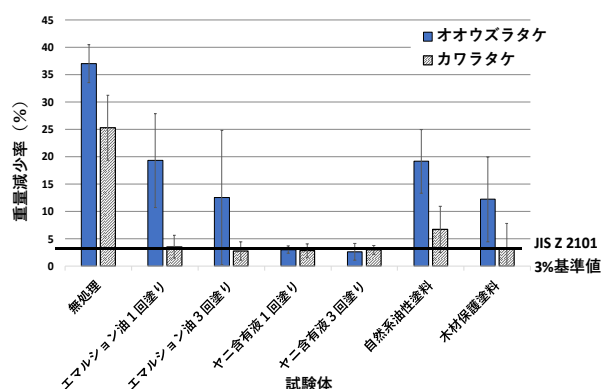


図1 耐腐朽性試験による重量減少率

カワラタケに対しては、エマルジョン油 1 回塗り、エマルジョン油 3 回塗り及びヤニ含有液 1 回塗り、ヤニ含有液 3 回塗りの重量減少率は自然系油性塗料より小さかった。

3.2 促進耐候性評価

図 2 に促進耐候性試験による色差を示す。エマルジョン油、ヤニ含有液両方とも 3 回塗りの方が色差は小さく、塗装回数を増やすことにより耐候性は向上した。

エマルジョン油 3 回塗り、ヤニ含有液 3 回塗りの色差は、自然系油性塗料よりも小さく、かつ木材保護塗料とほぼ同等であり、内装用木材塗料としての可能性がみいだされた。

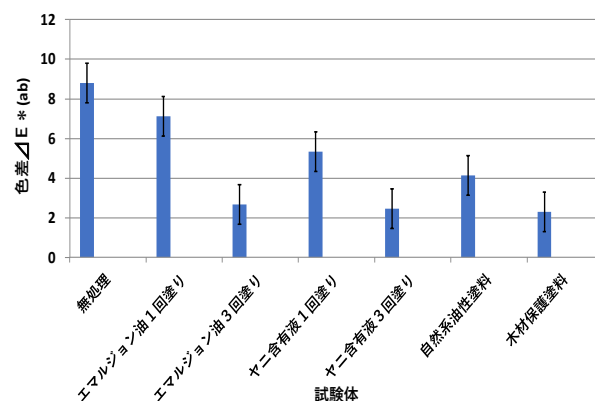


図 2 促進耐候性試験による色差

1. 緒言

宮崎県は全国有数の林業県であり、特にスギの素材生産量においては平成3年から28年間全国1位となっている。しかし、スギ材の生産に伴い排出される林地残材、特に針葉の利用は進んでいない。本研究は、木材腐朽菌であるスギエダタケを用いてスギ針葉成分の生物変換を行い、有用な成分を生産しスギ針葉の有効活用を図ることを目的とした。

2016年のラボスケールでの試験¹⁾により、白色腐朽菌のスギエダタケによる処理で、スギ針葉の精油成分のうちカウレンのみが選択的に分解を免れることが示された。2017年から実証スケールで再現できるか林地残材を模した試験地からサンプリングを行い、一般的なキノコの栽培袋を用いた培養試験²⁾³⁾を行ったところ伐採後12か月経過したサンプルは抽出物量の減少が緩やかであり、スギエダタケを2か月程度処理することでカウレンの相対的な含有率を上げることが示された。

今年度は、新たに設定した試験地にスギ針葉を集積して放置し、抽出物量やカウレン含有量の経時変化が同様の傾向を示すか試験を行った。

2. 実験方法

【試験体】

都城市山之口の皆伐現場で伐倒したスギの針葉を試験体とし、試験地1箇所につき約100 kgを用いた。

【試験地】

都城市内（宮崎県）の3か所に試験地を設定した。また、比較のために宮崎県木材利用技術センター（以下「木利センター」）の試験室内に試験体を一部保管した。

試験地の詳細を次のとおり示す。

- ・山之口(間伐)：宮崎県都城市山之口町山之口、都城市有林（31° 77'55"N 131° 17'70"E）
2018年度に間伐完了、2019年5月24日試験地設置
- ・山之口(皆伐)：宮崎県都城市山之口町花木、都城市有林（31° 81'89"N 131° 16'81"E）
2014年度に皆伐完了、2019年5月24日試験地設置
- ・センター(屋外)：宮崎県都城市花繰町 木利センター（31° 72'61"N 131° 08'87"E）
2019年5月30日試験地設置
- ・センター(室内)：宮崎県都城市花繰町 木利センター（材質試験室）
2019年5月30日試験地設置

【試験方法】

伐採直後及び6か月経過後に、スギ針葉集積物の全体から満遍なく枝葉約1kgを取り出し試験に供した。枝葉は木材用チップパー（大橋 GS92G）で破碎したものをアブソリュートミル（ABS-W）で粉碎し、篩（3 mmパンチ穴）にかけたものを n -ヘキサンで6時間のソックスレー抽出を行い、乾燥後に抽出物の重量を求めた。

抽出物中の精油成分（テルペン類）については、ベンゼンに再溶解した抽出物をHP-5MSカラム（Agilent 長さ30m、内径0.25mm、膜厚0.25 μ m）を装着したGC-MS（Agilent 7890B/5977msd）で分析した。

抽出物中のカウレンの定量については、抽出前にノナデカン定量添加し、GC-MS分析によるノナデカンのピーク面積に対するカウレンのピーク面積比を求め、絶乾したスギ針葉1g当たりのノナデカン当量（mg/g）に換算して算出した。

3. 結果および考察

図2(a)にスギ針葉1g当たりの抽出物量の経時変化を示す。伐採直後は山之口の間伐と皆伐、センター室内が54～58mgの値を示したが、センター屋外は25mgで他の試験地より少なかった。伐採後6か月（180日）以上経過した試験体の抽出物量はセンター室内では増えたが、屋外の試験地では15～28mgに減少した。特に山之口の間伐、皆伐での減少が大きくそれぞれ73%、49%の減少率であった。



図1 スギ枝葉集積地（山之口皆伐）

前回試験²⁾³⁾では2017年6～7月にすべて屋外に試験地を設定したが、図2(b)の6か月後の抽出物量をみると伐採直後よりやや増加しており今回試験と異なる傾向を示している。

表1に抽出物中の精油成分の含有率1%以上のものについて経時変化を示す。伐採直後は13～16種の成分が検出された。6か月以上放置した試験体は、室内放置で11成分あったが、屋外放置では1～4成分に減っていた。

図3(a)にスギ針葉1gに含まれる推定カウレン量の経時変化を示す。屋外に6か月(180日)以上放置した試験体のカウレン量の減少率は77～96%であった。図3(b)に示す前回試験の6か月後の減少率は30%であることからカウレン量についても前回と比べると大幅に減少したといえる。

今回、屋外に放置したスギ針葉の抽出物やカウレン量が大きく減少した原因は、気象条件の影響ではないかと考えられた。前回と今回の試験開始後6か月間の降水量を比較したものを図4に示す。この中で2019年7月の降水量が際だって多いことが分かる。気象庁HPによるとこの月は平年の2.9倍の降雨があり、6/25から7/4にかけては823mmの降水量を記録していた。屋外に放置したスギ針葉はこの時期に雨水にさらされたことで精油等の抽出成分が流出し、その後の夏期に急激に劣化したのではないかと推測された。

本研究はスギ針葉から有用成分を生産することを目的として行われ一定の成果は得られたが、スギ針葉の保管を気象条件の影響を受けずに行うことが今後の課題といえる。

参考資料

- 1) 堂籠究：平成28年度業務報告書、p31-32、宮崎県木材利用技術センター（2016）
- 2) 須原弘登：平成29年度業務報告書、p29-30、宮崎県木材利用技術センター（2017）
- 3) 田中洋、須原弘登：平成30年度業務報告書、p34-35、宮崎県木材利用技術センター（2018）

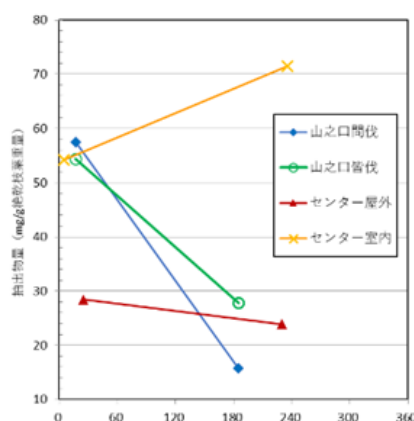


図2(a) 抽出物量の変化

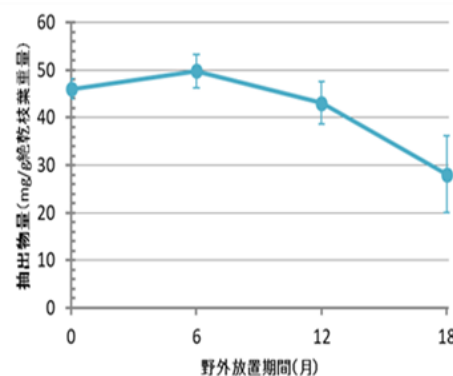


図2(b) 前回試験(2017～)の抽出物量の変化

表1 精油成分の変化

成分名	伐採直後				6か月後以降			
	山ノ口 間伐	山ノ口 皆伐	センター 屋外	センター 室内	山ノ口 間伐	山ノ口 皆伐	センター 屋外	センター 室内
alpha-Pinene	11.8	3.9	1.1	9.9	7.8			3.9
unidentified(RI=932)			2.3				11.8	
Sabinene		2.1		1.6				
D-Limonene	2.5	1.1		1.9				2.0
cis-Thujopsene	1.6	6.8	3.7	3.0	28.3		12.7	5.9
Germacrene D		2.0						
Elemol	10.0	3.9	8.6	9.9				8.7
gamma-Murolene	7.3	9.1	6.8	11.4				9.5
unidentified(RI=1577)	2.4	13.6	8.6	3.0				13.8
Cedrol		3.8	2.6	1.7				3.6
gamma-Eudesmol	1.3							
beta-Eudesmol	7.0	2.1	6.7	4.9				5.0
alpha-Eudesmol	7.8	1.7	8.3	5.5				6.4
7-epi-alpha-Eudesmol(RI=1663)?	6.7	4.5	5.4	9.5				5.6
Cyclohexadecanolid							7.3	
Kauren	34.1	40.0	41.0	32.3	63.8	100.0	68.2	35.8
Nezukul	2.2		2.4	1.9				
6,7-dehydro-Ferruginol	1.6	1.9	1.2					
trans-Ferruginol	1.8	1.3						
unidentified(RI=2408)	2.0	2.2		2.0				

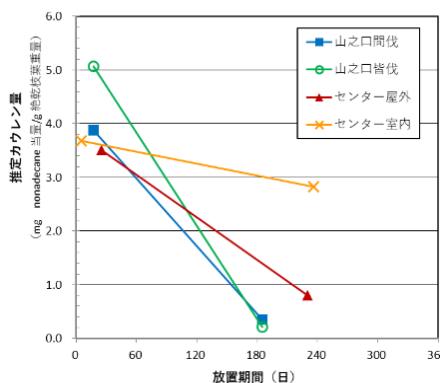


図3(a) カウレン量の経時変化

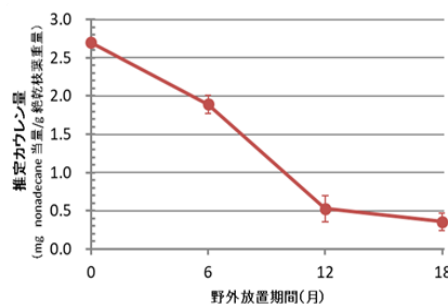


図3(b) 前回試験(2017～)のカウレン量の変化

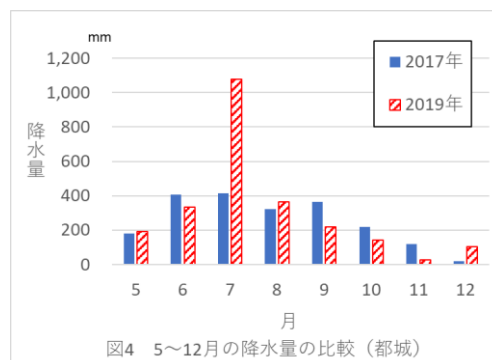


図4 5～12月の降水量の比較(都城)

1. 緒言

本県は全国有数の林業県であり、各製材業者等において大型人工乾燥施設の導入が進んでいる。

製材工場等で使用する木材乾燥機を長期間使用すると、木材由来のタール状物質（スギヤニ）が乾燥機内の壁や床等に付着・蓄積し、扉の開閉や木材の出入を阻害するため、定期的に除去する必要がある。このスギヤニは有用成分が多く含まれているものの、土砂や木片などのごみが含まれており、これまでのところ用途がなく全量廃棄されている。

一方で、スギヤニは弓道で用いる滑り止め（ギリ粉）の原料として使用されていたが、スギヤニの流通がほとんどないことから、現在ではスギヤニを原料としたギリ粉の製造・販売はほとんどなく、マツヤニや炭酸マグネシウムを原料としたものが主流となっている。しかし、スギヤニの入手先を探すメーカーもいるため、このごみを含んだスギヤニをギリ粉の原料として利活用するための精製方法について検討を行った。

2. 実験内容

2.1 発生量調査

県内の3つの製材工場から、木材乾燥機の清掃時等に生じたスギヤニを回収し、重量を計測した。スギヤニに含まれるごみの量及び内容を確認するため、回収したスギヤニをアセトン及びメタノール混合溶液に溶解させ、吸引ろ過を行った。ろ液から溶媒を除去し重量を計測し、スギヤニの収率を求めた。また、工場毎の成分組成を比較するため、それぞれGC-MS分析を行った。

2.2 精製方法の検討

ろ過後のスギヤニが原料として使用可能か確認するため、濾材を変えてろ過を行った複数のスギヤニをギリ粉製造業者に提供し、ギリ粉の試作を依頼した。

2.3 装置の試作

有機溶媒を用いる方法で、規模を拡大する際、装置が高額となることが想定される濃縮装置について、代替可能な装置を試作した。

3. 結果および考察

3.1 発生量調査

回収できたスギヤニは、3工場合計で33.9 kgであり、当初聞き取りを行った際に想定していた発生量の3分1程度の量であった。

回収物からごみを取り除いたスギヤニの量は、合計で29.7 kg、収率は87.6%であった。工場毎の収率は、工場Aで77.7%、Bで72.6%、Cで96.4%であり、Cではほとんどごみが含まれていなかった。

スギヤニの工場毎のGC-MS分析結果を表に示す。いずれの工場においてもジテルペンアルコールが主成分であった。A及びBでは6, 7-dehydro-Ferruginolが30%程度、Sandaracopimarinalが15%程度含まれており、成分組成にあまり違いは見られなかったが、CではSandaracopimarinal

表. 回収したスギヤニの成分組成

Name	Area%		
	製材工場 A	B	C
trans-Calamenene	4.07	1.62	2.38
Cedrol	2.33	1.45	1.1
1-epi-Cubenol			2.09
?			2.81
alpha-Muuroiol			1.4
beta-Eudesmol			1.13
alpha-Cadinol			2.85
Cadalene	1.64	<1	
Isophyllocladene		2.68	1.15
?	2.02		
Abietatriene		<1	1.42
?			1.27
Sandaracopimarinal	2.56	2.75	4.74
Phyllocladanol	1.76		11.81
?			1.19
?	2.42	1.13	
Sandaracopimarinal	15.15	14.16	25.88
Abieta-8,11,13-trien-3-one	2.55	1.69	2.58
?		1.23	
6,7-dehydro-Ferruginol	6.84	6.75	3
Ferruginol	30.54	31.68	17.59
?	2.44	1.37	
?			1.04
?	6.62	9.67	3.72
?	3.77	2.31	
?			2.43
?	6.73	7.94	
?		1.27	
?	8.56	6.94	1.63
?		1.15	
計	100	95.79	93.21

が26%、6,7-dehydro-Ferruginol が18%とA及びBと逆転しており、A及びBでは見られなかったセスキテルペンアルコールも含まれていた。Cでは確認ができなかったが、A及びBでは高温乾燥機中心にスギヤニを回収していたことから、乾燥機の乾燥温度の違いが組成の違いに影響していることが考えられた。

3.2 精製方法の検討

回収したスギヤニをアセトン及びメタノールの混合溶液に溶解させ、土嚢袋、晒し布、晒し布及びコーヒーフィルター、ろ紙を用いてそれぞれろ過を行った。土嚢袋を使用した場合、土のほか木片等、目視できるごみが少量残っていた。晒し布等では、木片等は見当たらないものの、ろ液を静置すると沈殿が見られたが、ろ紙では沈殿等も見られなかった。それぞれのろ液から溶媒を除去したものでギリ粉を試作してもらった結果、土嚢袋以外のものであれば、そのまま原料として使用できることがわかった。また、土嚢袋を用いた場合でも、途中段階で視認できるごみを除けば問題がないこともわかった。

3.3 装置の試作

有機溶媒を使用した精製では、ろ過後に溶媒を除去する必要がある。試験室で実施する場合はロータリーエバポレーターを使用しているが、規模を拡大し、同様の装置を使用する場合、費用が高額となるため、低価格で製作できる装置として、冷却管にはジムロートを使用した、その他は寸胴鍋等の調理器具を使用した簡易な蒸留装置を試作した（図1）。湯煎することで温度管理の手間を省き、約80%の溶媒を回収することができた。



図1. 試作蒸留装置

2-1-5 シロアリによるスギ材の食害促進物質の探索

* 須原 弘登、中谷 誠
京大大学生存圏研究所 吉村 剛

諸言

日本の林業では、伐採に伴い多量に産出される林地残材の処理は大きな課題の一つである。これらの未利用木質資源の有効利用については、FIT 制度の導入によりエネルギー資源としての利用が進んでおり、宮崎県では木質バイオマス発電所が急速に増えている。これらの焼却施設からは多量の燃焼灰が排出されるが、ほとんど利用価値がなく、多くは産業廃棄物として処分されている。当センターのこれまでの研究で、木灰を原料にヒドロキシアパタイト (HAp) を合成し、これを木質の難燃化に用いる試みが行われてきたが、その過程で当該処理を木材に行うとシロアリの食害を促進する可能性が見出された。

この現象を検証し、林地残材の分解促進や、シロアリのバイオコントロール技術に応用するため、これまで LSF 試験地で HAp を含むいくつかの食害促進効果の期待できる物質を用いた生物劣化促進試験を行ってきた^{1,2)}。しかしながらこれまでの検討では定量的な評価が難しかったことから、一昨年度より定量評価可能な小試験体を用いた試験に取り組んでいる。今年度も引き続き小試験体を用いた試験を行い、食害を促進する物質の探索に取り組む、定量的で信頼性の高いデータの取得を試みた。

実験方法

試験用虫体：居住圏劣化生物飼育棟 (DOL; 京都大学宇治キャンパス) で飼育されているイエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki) 虫体を譲り受け、これを用いた。

材料：一辺 2 cm の濾紙を 5 枚重ねにしたもの (約 0.2 g) に表 1 に示す食害促進処理を行ったものを試験体として用いた。試験体は食害促進処理後、絶乾し秤量してから試験に供した。

選択摂食試験：不透明のコンテナボックス (ST7; 内寸 158×283×95 mm, 4L、アステーシ) に滅菌した吹上浜の砂 130 g を敷き、イオン交換水 35ml を加えた。これに食害促進処理 (表 1) を施したろ紙をランダムに配置し、イエシロアリ 3.5-4 g を投入し、適宜霧吹きでイオン交換水を噴霧しながら 25℃ で食害試験を行った ($n = 7$)。ろ紙は直接石膏に触れないように 2.5 cm 角の塩ビシート (3 mm 厚) にピン止めして設置した。試験体は 1 週間に 1 回程度、ボックス内の位置をランダムにシャッフルして、シロアリの食害が一カ所に偏在する影響を避けた。無処理の試験体が 3 割程度食害された時点で試験体を回収し、絶乾後、試験体重量を測定し、食害量を求めた。食害量の差は Holm 法による多重検定で評価を行った。

表1 処理区一覧

食害促進	MW	モル濃度 (w/v)
リン系	リン酸1本素2カリウム	174.2
	リン酸1本素2ナトリウム	141.98
	5'-グアニル酸(5'-グアノシン-リン酸)	363.22
	5'-イノシン-リン酸-2Na-H ₂ O	382.17
	ヒドロキシアパタイト	1
窒素系	尿素	60.06
	L-グルタミン酸	147.13
カルシウム	塩化カルシウム	110.98
	硫酸アンモニウム	132.14
無機塩	塩化ナトリウム	58.443
	塩化カリウム	74.551
	無処理 (イオン交換水)	

強制摂食試験：直径 7cm (高さ約 6cm) のアクリル円筒に歯科用石膏 (ニュープラストン®、GC) で厚さ 5 mm 程度の底を作ったものに、滅菌した海砂 (富士フィルム和光純薬) 10 g を入れた。これをキムタオル (日本製紙クレシア) を敷いた 4L 容の不透明コンテナボックス内に 2 つ並べて入れ、それぞれの円筒に食害促進処理をしたろ紙または無処理のろ紙を 2.5 cm 角の塩ビシート (3 mm 厚) にピン止めして設置した後、シロアリ 110 頭 (職蟻 100 頭、兵蟻 10 頭) を投入した。イオン交換水を霧吹きして湿り気を与えなが

ら、25℃で14日間の食害試験を行った ($n = 5$)。試験期間中は一日おきに観察を行い、死虫を除去した。試験終了後はろ紙を絶乾し重量を測定するとともに、虫体の生存率と体重を測定した。

結果

選択摂食試験の結果を図1に示す。選択摂食試験の結果、無処理では食害量が平均49 mgであったのに対し、最も食害の大きかったリン酸水素二カリウム処理では123 mgと約2.5倍になり $0.01 > p$ で有意差が見られた。このほかの処理では、無処理の食害量との間に有意差は見られなかった。

強制摂食の結果、リン酸水素二カリウム処理と無処理の食害量、死虫率、虫体重量の変化に有意差は見られなかった。

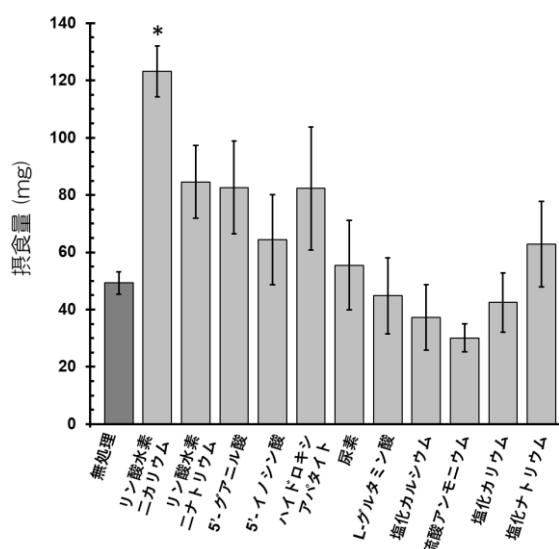


図1 選択摂食試験の結果

*は無処理区に対して $0.01 > P$ で有意差あり。

表2 強制摂食試験の結果

	リン酸水素二カリウム処理	無処理	差	p値
摂食量 (mg)	39.8 ± 4.0	41.5 ± 5.5	-1.7	0.58
死虫率 (%)	8.3 ± 3.1	7.4 ± 3.2	0.9	0.66
虫体重量変動率 (%)	-11.2 ± 7.5	-11.9 ± 5.2	0.7	0.87

考察

今回の試験の結果、シロアリの食害はリン酸水素二カリウム処理で有意に食害量が増大することが示された。また、有意差はなかったがリンを含む処理系の多くで平均食害量の増大が見られた。この理由として、シロアリが主食とする木材の元素組成が炭素、酸素、水素がほとんどであるのに対し、シロアリ虫体では核酸やタンパク質を合成するためにその他の多くの元素を必要としており、この中でも核酸を構成するリンが不足していることを示唆していると考えている。

一方で強制摂食試験では、選択摂食試験で有意差の見られたリン酸水素二カリウム処理に食害促進効果は表れず、死虫率や体重の増減も無処理と差がなかった。このことから、限られたシロアリの虫体数では、リンの摂取許容量に限界があり、食害量の差が表れる前に飽和してしまったと推察される。シロアリは虫体間で摂取したものを分配しており、集団（コロニー）の虫体数を増やすためには、リンを取得することが重要であるが、個体としてはそれほど多くを摂取できないことを示唆しているのではないかと考えられる。

本研究で見られた選択摂食条件下での摂食促進効果は、シロアリ駆除法の一つであるベイト法に適用可能で、ベイト法の効率改善や低コスト化に大きな寄与をすることが期待できる。

参考文献

- 1) 須原弘登, 中谷誠, 森拓郎, 伊藤貴文(2015) 切り捨て間伐材のシロアリによる生物劣化促進 MOKUZAI HOZON (Wood Protection) 41: 119–128
- 2) 須原弘登・中谷誠・森拓郎・伊藤貴文(2016) 間伐材などの林地残材のシロアリによる劣化促進。第66回日本木材学会大会要旨集。CD-ROM

2-2 品質の確かな製品の加工・供給体制の整備・充実

2-2-1 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、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。今年度は、丸太と製材の E_{fr} の比を中心に報告する。

2. 実験方法

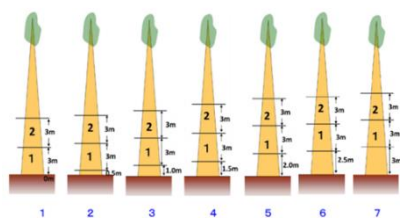


図1 伐採高さと玉切り位置

県内に成育する46年生から50年生台のスギ民有林2か所（林分A、Bとする）においてそれぞれ7本を選び、図に示すように、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（ E_{fr} ）と丸太から心去り正角材を製材し、同じくヤング係数を測定し、それぞれのヤング係数の1番玉に対する2番玉の比を算出した。さらに、地上高0mで伐採した丸太は髄を含む厚さ10cmのたいこ材に加工し、実験室内で一年以上天然乾燥した後、無欠点小試験体（15×15×240mm）を作成した。今年度は乾燥が

終わった林分Aの試験体を用いて中央集中3点曲げ試験（柁目面載荷）を行った。

3. 結果と考察

伐採高さと丸太に対する製材 E_{fr} の比の変動は地上高0mの位置で伐採した林分Aの場合を除き、伐採高さや番玉に関わらず丸太に対する製材の E_{fr} の比はおおむね1.2～0.9の範囲であった。このため、地上高の低いいわゆる「根張り」部分を除けばスギ材内部の強度分布は安定していると言える。

表1 小試験体曲げ試験結果

高さ m	n	気乾密度 kg/m ³	全乾密度 kg/m ³	MOR N/mm ²	MOE kN/mm ²
6~5	65	434	406	87.4	8.12
5~4	65	425	396	86.1	7.86
4~3	66	419	388	84.1	7.65
3~2	58	418	387	81.0	7.50
2~1	84	415	385	81.3	7.36
1	43	413	385	78.2	6.87
0.5	47	413	384	70.0	5.97
全体	428	420	390	81.8	7.41

小試験体の曲げ試験結果を表1に示す。曲げ強さ（MOR）、曲げヤング係数（MOE）とも地上高が高くなるに従い強くなる傾向が見られる。特に、地上高0.5mの根張り部分では低いことが明瞭である。なお、強度と髄からの距離との関係など詳細な検討は林分Bの結果と合わせ来年度行うこととする。

2-2-2 ラミナ及び面材で構成された新たな木質材料 Ply Core CLT の開発 —実大曲げ強度及び接着性能—

木材利用技術センター 森田秀樹、田中洋
宮崎大学 藤元嘉安 忠南大学校 姜錫求

【緒 言】

現在、世界各国で直交集成板(CLT)の利用が進展しつつあり、我が国におけるスギ CLT のように、地域資源を活かした様々な樹種の CLT が開発されている。このような中、韓国では CLT の平行層(外層及び内層)にベイマツ等の輸入製材ラミナを、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の実用化が検討されており、直交層に面材を使用することで製造工程を簡略化できるとともに、性能のバラツキを抑えた製品の実現が期待されている。本研究では、日韓連携による共同研究として、南九州産ヒノキラミナの幅はぎパネルと韓国カラマツ合板を交互に積層接着した“Ply Core CLT”の実大曲げ強度及び接着性能について評価を行った。

【実験方法】

(1) Ply Core CLT の原料

ラミナには、南九州産ヒノキを用いた。国内の CLT 製造工場では、通しラミナ(幅 120mm)の MSR 区分を行った後、外層用としてヤング係数が 11kN/mm^2 以上のラミナを、内層用として 9kN/mm^2 以下のラミナをそれぞれ高周波幅はぎプレスで接着し、幅(W) 1000mm×厚さ(D) 30mm×長さ(L) 4000mm のパネルを 45 枚製造した。幅はぎ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。一方、直交層には韓国カラマツ合板を用い、韓国の合板工場において、W 1220mm×D 30mm×L 2440mm の 11 プライ合板原板を 85 枚製造した。合板は等厚のコア用単板のみで構成されており、接着にはフェノール樹脂接着剤を用いた。

(2) Ply Core CLT 原板の製造

国内で製造したヒノキ幅はぎパネルを韓国の CLT 製造工場に輸出し、W 1000mm×D 150mm×L 4000mm の Ply Core CLT 原板を 15 体製造した。断面構成は、ヒノキを外層に配置して韓国カラマツ合板と交互に積層した 5 層 5 プライとした。合板は、その強軸方向がヒノキの繊維方向と平行になるように、長さを 2400mm 及び 1600mm(幅はいずれも 1000mm)に切断した合板を 2 枚並べて配置した。その際、合板どうしの縦継ぎは行わず、2 層目と 4 層目の合板の長さ方向の突き付け部の位置をずらすため、長さが異なる 2 枚の合板を各層で逆の位置に配置した。積層接着にはレゾルシノール樹脂接着剤を用い、定盤寸法 1100mm×4800mm の冷圧プレスにより 1MPa の圧縮圧力で 12 時間以上圧縮した。

(3) Ply Core CLT の実大曲げ試験

Ply Core CLT 原板から、W 300mm×D 150mm×L 3450mm の面外曲げ試験体、W 150mm×D 200mm×L 4000mm の面内曲げ試験体(いずれも強軸方向、図 1 参照)を各 12 体採取した。縦振動法及び曲げたわみ振動法による動的ヤング係数(E_{fr} 及び E_{afb})を測定した後、実大強度試験機を用いて 3 等分点 4 点荷重方式による曲げ試験(全スパン：面外曲げ 21D、面内曲げ 18D、荷重速度：10mm/min)を行い、変位計で全スパンたわみとモーメント一定区間のたわみを測定して、みかけの曲げヤング係数(MOE_m)、真の曲げヤング係数(MOE_b)及び曲げ強さ(MOR)を算出した。

(4) Ply Core CLT の接着試験

実大曲げ試験後の試験体両端の非破壊部から、W 75mm×D 150mm×L 75mm の剥離試験片を 4 体、接着層のブロックせん断試験片を 2 体採取した。剥離試験は、2 体を浸せき剥離試験とし、室温水中に 24 時間浸せきした後恒温器で乾燥させ、USB 顕微鏡を用いて剥離を観察し、剥離率を算出した。残り 2 体は煮沸剥離試験とし、沸騰水中に 4 時間浸せきした後、室温水中に 1 時間浸せきし、恒温器で乾燥させ、同様に剥離率を求めた。一方、ブロックせん断試験は、せん断面積 625mm^2 (25×25mm)、加力速度 1mm/min とし、治具を用いて接着層(全層)をせん断破壊させ、木部破断率及びせん断強さを算出した。

【結果及び考察】

(1) 実大曲げ試験結果

試験体の密度及び実大曲げ試験の結果を表 1 に示す。Ply Core CLT の密度の平均値は 571kg/m³ であり、韓国カラマツ合板単体の密度に比べて 11%程度低くなった。試験体の各ヤング係数の値は、ばらつきが小さかった。動的ヤング係数について、 E_{fr} は面外及び面内方向の曲げ振動を計測して求めた各 E_{afb} の中間的な値を示した。面外及び面内曲げの MOE_m は、それぞれ面外及び面内方向の E_{afb} とよく一致した。 MOE_m は、ラミナと合板のヤング係数をもとに等価断面法で求めた計算値とよく一致した。また、 MOE_m を CLT の JAS における強度等級 Mx120-5-5 の計算値(強軸方向ラミナの曲げヤング係数基準値をもとに計算)と比較すると、面外曲げで 16%、面内曲げで 86%高い値を示し、CLT の直交層に相当する部分に合板を配置した影響が大きく現れた。面外及び面内曲げの破壊性状は、圧縮側が圧壊した後、引張側の欠点部から破壊に至るものが主であった。面内曲げの圧縮側で合板の突き付け部付近のラミナに初期圧壊が生じたが、突き付け部の位置と引張破壊箇所の関係は明確ではなかった。 MOR は、面内曲げよりも面外曲げの方が高く、信頼水準 75%の 5%下限値は、面外曲げ 39.6 N/mm²、面内曲げ 32.6 N/mm² であった。これらの値を CLT の Mx120-5-5 等級と比較すると、JAS 基準値(面外曲げ 14.6N/mm²)を大きく上回る結果であった。

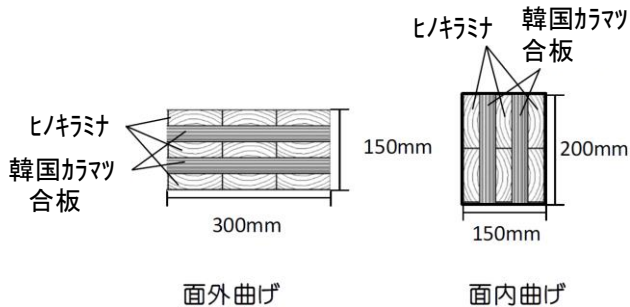


図 1 実大曲げ試験体の断面構成

表 1 実大曲げ試験結果

	密度 (kg/m ³)	E_{fr} (kN/mm ²)	E_{afb} (kN/mm ²)		MOE_m (kN/mm ²)	MOE_b (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)
			面外	面内			
平均値	566	10.3	11.1	9.09	10.9	12.3	49.0
標準偏差	9.64	0.280	0.271	0.244	0.242	0.552	4.47
下限値							39.6

	密度 (kg/m ³)	E_{fr} (kN/mm ²)	E_{afb} (kN/mm ²)		MOE_m (kN/mm ²)	MOE_b (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)
			面外	面内			
平均値	575	10.8	11.7	10.2	10.0	11.1	42.0
標準偏差	8.12	0.408	0.525	0.296	0.365	0.580	4.77
下限値							32.6

(2) 接着性能試験結果

浸せき及び煮沸剥離試験結果を表 2 に示す。CLT の JAS では、直交接着層の 4 側面における同一接着層の剥離の長さの合計が、それぞれの接着層長さの 40%以下であることが規定されている。表 2 は全層の結果を示しているが、剥離の発生は極めて低いことが明らかであり、同一接着層でも同様の結果を示した。なお、韓国カラマツ合板の表面性状はプレーナー加工されたヒノキラミナと異なり平滑ではないことから、顕微鏡で観察した接着層厚さにばらつきが認められた。今後、他の接着剤についても同様な試験が必要であると考えられる。

ブロックせん断試験結果を表 3 に示す。CLT の JAS では、直交接着層は木部破断率の基準(スギ・ベイスギは 70%以上、その他の樹種は 65%以上)のみであり、今回の結果は十分に高い値を示した。表 3 には、比較試験としてスギ CLT の直交接着層に対して全く同じ試験条件で実施した結果も示している。木部破断率については同等であるが、せん断強さについては Ply Core CLT が大きく上回った。

表 2 剥離試験結果

	浸せき剥離		
	接着層長さ (mm)	剥離の合計 (mm)	剥離率 (%)
平均値	1200	4.8	0.40
標準偏差		0.9	0.07

	煮沸剥離		
	接着層長さ (mm)	剥離の合計 (mm)	剥離率 (%)
平均値	1200	10.5	0.88
標準偏差		5.3	0.44

表 3 ブロックせん断試験結果

Ply Core CLT			
	密度 (kg/m ³)	木部破断率 (%)	せん断強さ (N/mm ²)
n	64	64	64
平均値	598	98.9	12.3
標準偏差	38.3	3.1	2.2
5%下限値			8.4

【参考】スギCLT			
	密度 (kg/m ³)	木部破断率 (%)	せん断強さ (N/mm ²)
n	50	50	50
平均値	410	99.2	4.6
標準偏差	26.4	2.1	1.5
5%下限値			1.9

【参考文献】 1) Choi et al.: Bio Resources 13(2), 2715-2726(2018).

2-3 木質バイオマスを活用した産業の育成

2-3-1 廃棄プラスチック及び廃棄木材等を利用した再生ボードの開発可能性調査

田中 洋

【緒言】

近年、廃棄プラスチック（廃プラ）による海洋汚染問題等を背景に、使用済プラスチック資源の利用促進が強く求められている。本研究では、廃プラの熱可塑性に着目し、廃プラを木質ボードのバインダーとして利用することを検討した。今回は、廃プラと建設廃材等の廃棄木材（建廃）をチップ化して複合化した再生ボードを試作し、基礎的な性能試験を行った。

【実験方法】

ボードの製造にはホット・コールドプレスを用いた。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、接着剤を使用せずに廃プラのみのボード及び廃プラと建廃を混合したボード（寸法：300mm×300mm×9mm）を成板することを試みた。

廃 プ ラ：産業廃棄物として回収されたポリエチレン（PE）を主体とする軟質廃プラを高速一軸粉碎機で粉碎し、8mm メッシュを通過したものを原料として使用

建 廃：建築解体材等の廃棄木材をナイフリングフレーカーで切削し、4mm メッシュを通過かつ1mm メッシュの上に残ったパーティクルを原料として使用

混 合 比：ボード重量に占める建廃の混合比 0、10、20、30、40、50%

目標比重：0.85

製造条件：熱板温度 130℃、圧力 1.5MPa、加圧速度 2mm/sec

熱圧時間 13 分（廃プラのみのボードは 9 分）

冷圧時間 26 分

製造したボードを実験室内で 1 カ月以上養生した後、JIS A 5908（パーティクルボード）に準じて、曲げ試験及び常温水に 24 時間浸漬した後の吸水厚さ膨張率試験を行った。

【結果及び考察】

PE を主体とする廃プラを 120℃程度に熱圧することで、容易に再生ボードを製造することができた。また、建廃を混合した場合も、廃プラがバインダーとなり成板可能であった（写真 1 参照）。

廃プラのみの再生ボードの曲げ強さは、比重 0.80～0.90 の範囲で 8.58～14.1MPa の範囲に分布し、比重との間に正の相関が認められた。廃プラと建廃を混合した再生ボードの曲げ強さは、比重 0.74～0.87 の範囲で 11.0～17.5MPa の範囲に分布しており、廃プラのみのボードに比べて同比重での強度は高く、建廃による補強効果が認められた。木材の方が廃プラよりも強度が高いため、木材との複合化により強度が増加したと考えられる。

廃プラのみのボードの吸水厚さ膨張率は平均値で 0.2%程度であり、極めて小さかった。それに比べて、建廃を混合したボードの厚さ膨張率は、木材自体が吸水膨張するためやや大きい値を示したが、建廃混合比が低く比重が大きいほど厚さ膨張率も低下し、廃プラのみのボードの値に接近した。再生ボードは疎水性の高い廃プラが建廃を包み込むように複合化しているため、一般的なパーティクルボードよりも耐水性が優れていた。

【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」の支援を受けて行った。



写真1 製造した再生ボードの一例

2-4 県産材の需要・販路等の開拓

2-4-1 水分非平衡下におけるスギ CLT の曲げクリープ

※荒武 志朗、松元 明弘

【はじめに】

筆者らは、2015 年からスギを用いた CLT (Cross laminated timber) の水分非平衡下における曲げクリープ特性を検討している。これまでの実験で^{1,2)}、CLT の場合、製材 (乾燥材) や集成材に比べて春頃から夏頃 (特に梅雨時期) にかけてのたわみ進行が顕著になる傾向を示した。これは、CLT では部材構成上、強軸と弱軸の両方に木口面が現れることから、湿度変動に対する水分の増減を生じ易く、結果として、水分非平衡下におけるメカノソープティブ変形を顕著にすることが要因と推察した。本研究では、この推察の実験的な検証を試みるために、弱軸木口面に防湿処理を施した試験体と施さない試験体の曲げクリープ特性を比較、検討した。さらに、その結果を踏まえて、各条件による CLT のクリープ調整係数 (負荷 50 年後の相対クリープ) の推定を試みるとともに、同係数が、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1459 号の変形増大係数 (=2)、以下、告示値) の範囲内に入るか否かを検証した。

【試験体】

CLT のラミナには宮崎県産スギを用い、ラミナ構成を Mx60、B 種構成、強軸仕様とした。接着剤には、ラミナの積層方向、幅方向、縦継ぎともに水性高分子イソシアネート系接着剤を用いた。層構成は 7 層 7 プライとし、幅 300、厚さ 175、長さ 4000 (mm) を 2 体、幅 120、厚さ 175、長さ 4000 (mm) を 2 体 (合計 4 体) 供試した。これらは全て同一パネル (短辺 1000、長辺 4000 mm) から採取し、幅 300mm の 2 体と幅 120mm の 2 体がそれぞれ隣り合う様にサイドマッチングした。この場合、各幅条件のうち、それぞれ 1 体は弱軸木口面にアルミテープを貼る方法により防湿処理を施し (以下、テープあり)、もう一体は防湿処理を施さない状態 (以下、テープなし) でクリープ試験に供した (図 1、2 参照)。試験開始時における CLT の含水率は 12.2~15.0% (高周波含水率計)、密度は 409~412kg/m³、縦振動ヤング係数は 4.62~4.86kN/mm² であった。

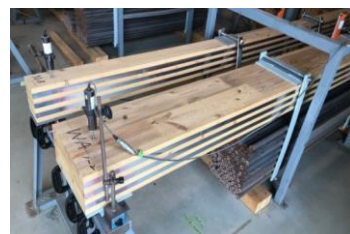


図1「テープあり」試験体の試験風景



図2「テープなし」試験体の試験風景

【実験方法】

クリープ試験は、図3に示す条件で実施した。試験環境は、表題にも示したように水分非平衡下 (自然環境下) である。負荷荷重は、同じ条件で製造された CLT (5 体) に対して事前に実施した短期試験 (曲げ試験)¹⁾ で得られた各破壊荷重の下限 5% 値に 0.37 を乗じた値とした (幅 300mm で 1538kg、幅 120mm で 615kg)。変位

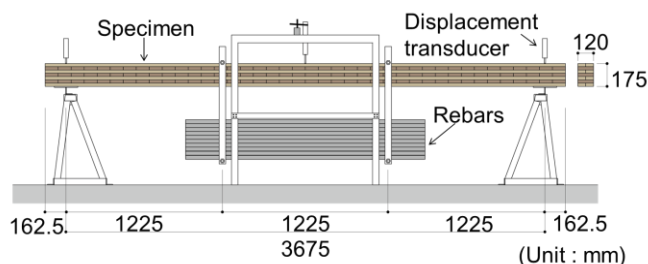


図3 クリープ試験条件

は、試験

体中央上部にセットした変位計 (東京測器研究所、SDP-100C、容量 100mm) で中央たわみを測定するとともに、材せい方向の収縮や支点のめり込みの影響を除去するために 2 箇所の支点変位も測定した (東京測器研究所、CDP-50、容量 50mm)。測定インターバルは、負荷直後を 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。試験は 2018 年 1 月 10 日に開始し、現時点も継続中であるが、ここでは 2020 年 1 月 7 日時点 (ほぼ 2 年経過) における検討結果を報告する。

【結果および考察】

図 4 に温湿度、図 5 に重量変動率 (CLT 試験体端部から採取した小試験体による)、図 6 に相対クリープの変動を示す。まず図 4、5 を見ると、何れの試験体も、湿度変動に対して重量変動が鋭敏に対応しているが、テープありとなしの差はさほど大きくなく、幅の影響も殆ど認められない。

図 6 の相対クリープを見ると、最初の梅雨以降「テープなし」の傾向を示しているが、その差はさほど大きくなく、概ね一定の水準を保っている。また、幅による差異も殆ど認められない。ここで、注目すべきは、全ての条件で、最初の梅雨前後まで（負荷 180 日頃まで）の相対クリープ増加が著しい点である。これは、負荷 0～150 日頃までは、図 5 に示す重量変動率に大きな変動が無いことから 1 次クリープによるものと考えられるが、それ以後（負荷 150～180 日頃）は、重量変動率の増減が著しいことから、吸湿による剛性低下と脱湿によるメカノソープ変形が要因と考えられる。ただし、この傾向にテープありとなしの差異は殆ど認められない。このため、少なくとも最初の梅雨前後における顕著なたわみ増加は、冒頭で推測した「強軸と弱軸の両方に木口面が現れる」ことが原因ではないと考えて良い。一方、テープありとなしの何れも、2 回目の梅雨前後では、相対クリープの急増はほとんど認められない（図 6 参照）。この点も注目すべき傾向であり、クリープとクリープ回復（ドラインゲットの回復による）の「重ね合わせ現象」³⁾を生じた可能性が考えられる。

以上の結果を踏まえ、ここでは、幅 30 cm の CLT のみを対象として、(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 (δ_t/δ_0) による実測値の予測を試みる。

$$\delta_t/\delta_0 = 1 + at^N \dots\dots\dots (1)$$

$$K_t = \delta_0/\delta_t \dots\dots\dots (2)$$

$$\delta_t/\delta_0 = 1/10^e t^f \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 t は時間、 a 、 N 、 e 、 f は定数である。

図 7 に、相対クリープの実測値と Power 則及び K_t ⁴⁾ から求めた予測値 (δ_t/δ_0) の比較を示す。なお、各予測値は、前述の結果を受けて負荷 180 日以降のデータから求めた。同図から、最初の梅雨以降の実測値と各予測値が非常に良く一致しており、この方法による水分非平衡下におけるクリープ曲線の予測の有効性が示されている。

図 8 に試験期間とクリープ調整係数の関係を示す。ここで、何れの条件も一番右の数値 (1.68、1.67、1.80、1.77) が図 7 の予測曲線を 50 年後に伸ばした時の値であり、本研究における最も

精度良い予測値である。いずれも告示値 (=2) の範囲内に入っていることから、実用条件下で複数年の梅雨を経た場合であっても、スギ CLT の長期たわみによる構造上の支障は殆ど生じないと考えて良いだろう。また、試験期間 1 年以降のクリープ調整係数が概ね一定値を示していることから、同係数を求めるための実験を複数年に渡って実施する必要はないと考えて良い。

【文献】

1) 荒武他 3 名：第 66 回日本木材学会大会 (名古屋) 講演要旨集, 2016, CD-ROM, 2) 荒武他 3 名：平成 30 年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書, 2019, p. 43-44, 3) 徳本ら：材料 47 (4) 374-379 (1998), 4) 日本ソーパフォーム建築協会：“2018 年枠組壁構法建築物構造計算指針”，丸善出版, 2018, p. 226-235.

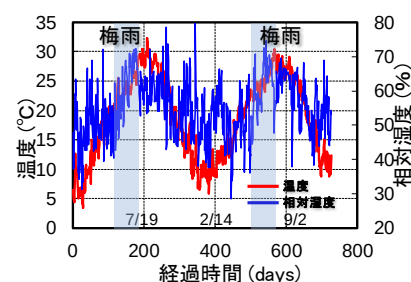


図 4 温湿度の変動

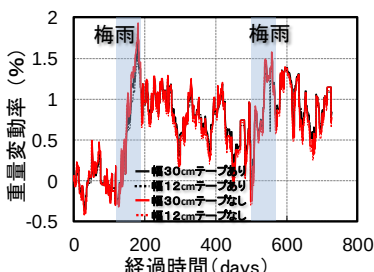


図 5 重量変動率の変動

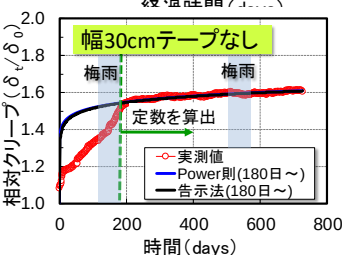
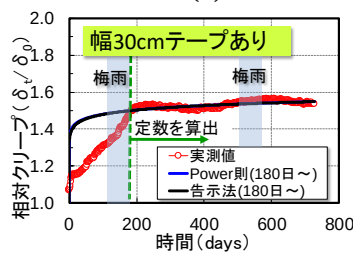
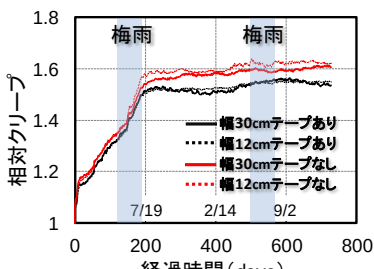


図 7 相対クリープの実測値と予測値の比較

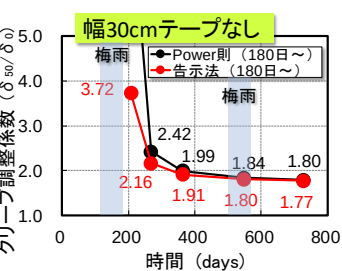
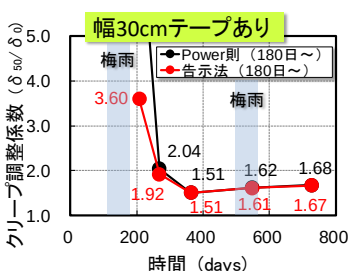


図 8 試験期間とクリープ調整係数の関係

2-4-2 宮崎県産スギCLT普及のための県産スギ平行積層集成板

(〈仮〉MLT: Miyazaki Laminated Timber) を使用した小規模建築物用耐力壁の開発

山下 かすみ、中谷 誠、雀ヶ野 浩

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。また、CLT (直交集成板) の日本農林規格では、CLT の規格として 3 層以上の構造を持たせることが適用の範囲とされている。さらに、ラミナの厚さは 12mm 以上 50mm 以下とされており、総厚さ 36mm (ラミナ厚さ 12mm の 3 層) が CLT の最薄の規格となる。しかし、本県で CLT 製造が可能な工場では総厚さ 54mm (ラミナ厚さ 18mm の 3 層) が最薄の規格であり、例えば幅 1,820mm、高さ 2,730mm の耐力壁だとその重量は約 100kg となり、人力での施工は難しい。

以上を踏まえ本研究では、CLT より軽量で、なおかつ、CLT 製造機械において製造可能な MLT (MLT: Miyazaki Laminated Timber) を使用した高耐力で施工性の良い耐力壁の提案を目的とした。

※ 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

今年度の試験は、昨年度の大壁仕様と分割仕様の試験体の内、施工性を考慮し MLT パネルの構成を 3 段組とするとともに、室内側の MLT があらわしで使用できるように、受材を配して MLT を裏側からビス留めする分割仕様の試験体 MLT3C II の耐力と施工性の向上をめざし、仕様の見直しを行った試験体のほか、2 試験体の計 3 試験体の試験を行った。MLT3C II の仕様を見直した MLT3C III は、パネルを真壁納まりとし、受材は片側 1 本ずつ、パネル同士の接合は突き付けで裏面から厚物合板で接合する仕様とし、面材の突き上げ防止の目的で梁との間に隙間を設けた。MLT3C III-H は、パネルのラミナを縦方向から横方向にかえた試験体、また、MLT2P は、MLT3C III の 3 段パネルの中段を外した仕様の試験体とした。各試験体の主な仕様は表 1 に示すとおりである。表中の L はビス長さ、@ はピッチであり、ビスは千鳥配置とした。試験体 (MLT3C III) の概要を図 1 に示す。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。各接合はビス留め接合とした。

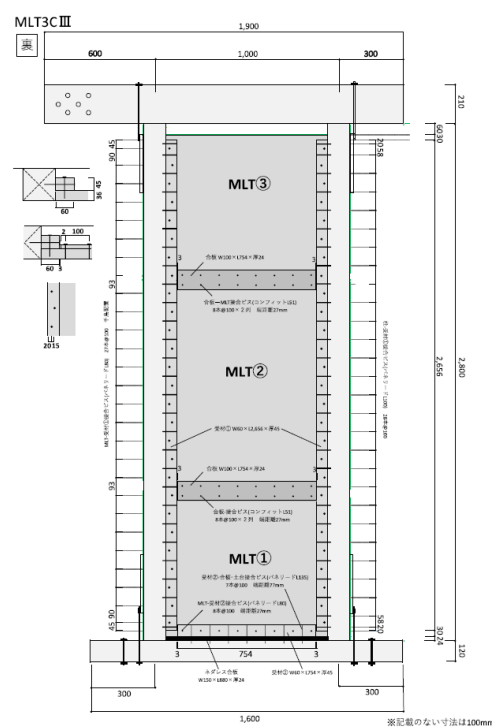


図1 試験体概要 (MLT3CIII)

表1 試験体条件

試験体名	試験体数	MLT構成	ビス接合			
			柱-受材	受材-MLT	MLT-MLT	土台-MLT
					合板(W100×L754×厚24)	(土台-ネダレス合板-受材)
MLT 3 C III	1	3 段組 (ラミナ縦)	L100@100	L 80@100	L 51@100	L 135@100、L80@100
MLT 2 P	1	2 段組 (ラミナ縦)	L100@100	L 80@100	—	L 135@100、L80@100
MLT 3 C III-H	1	3 段組 (ラミナ横)	L100@100	L 80@100	L 51@100	L 135@100、L80@100

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

試験体の破壊性状は、昨年の MLT3CⅡ の試験体と同様に、MLT3CⅢと MLT2P の試験体で MLT の割れ破壊が発生した。MLT の割れは、幅はぎとビス留め付近で発生し、受材と MLT を留めるビスの曲げ及びせん断破壊、面材同士のズレやパネルの跳ね出しが見られた。特に MLT2P の試験体では、中間パネルが無いため、上下のパネルを留めている水平方向の受材が柱の受材から外れたことにより割れ破壊が大きく進みパネルが耐力壁としてほとんど機能しない状態となった。MLT3CⅢ-H の試験体は、パネルに加わる加力方向とラミナの繊維方向(水平)がほぼ同一方向となるためパネルに割れが発生しにくく、最後までパネルが機能し荷重が落ちなかった。最終的には、下側のパネルに割れが生じ、各パネルの跳ね出しが生じた。図 2 に MLT3CⅢ-H の終局状態の試験体の全景を示す。

また、MLT3CⅢ-H の荷重と見かけのせん断変形角の関係を図 3 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。

表 2 より、MLT3CⅢは昨年の分割仕様の試験体と同様に壁倍率が低位に留まった。また、MLT2P については、MLT3CⅢの壁倍率の半分以下で、開口部周囲でパネルを留める補強が必要である事が分かった。MLT3CⅢ-H は、目標としていた壁倍率 5 倍以上となり、分割仕様においてもラミナを横方向に使用する等の仕様を検討することで高耐力の耐力壁として使用できることが分かった。



図 2 MLT3CⅢ-H 試験体の終局状態

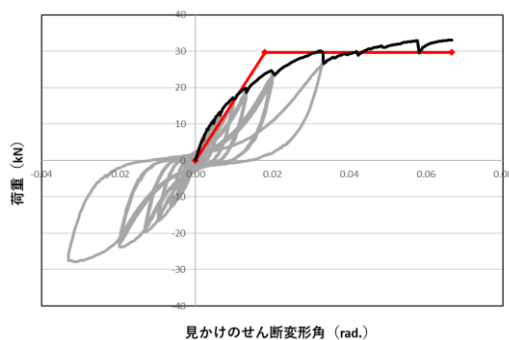


図 3 MLT3CⅢ-H の
荷重と見かけのせん断変形角の関係

表 2 全試験結果

試験体名	① P_y	② $P_u \times (0.2/D_s)$	③ $2/3 \times P_{max}$	④ P_{120}	短期基準せん断耐力 $P_o(kN)$	壁倍率	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 ($\times 10^{-3} rad$)
MLT 3 C Ⅲ	11.73	9.09	15.30	14.1	9.09	4.6 (3.5)	23.0	20.2	1845	0.44	6.36	33.23
MLT 2 P	7.87	4.09	10.02	9.0	4.09	2.1 (1.6)	15.0	13.4	1120	0.66	7.02	19.93
MLT 3 C Ⅲ-H	17.56	15.05	22.08	15.7	15.05	7.7 (5.8)	33.1	29.8	1650	3.70	10.64	66.67

1 はじめに

国産材の利用を促進するため、平成 22 年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（以下、「法」と記す）が施行され、国や地方公共団体が整備する公共建築物等（庁舎、学校、病院等）については可能な限り木造化又は内装等の木質化に努めなければならないとの考えが示されました。

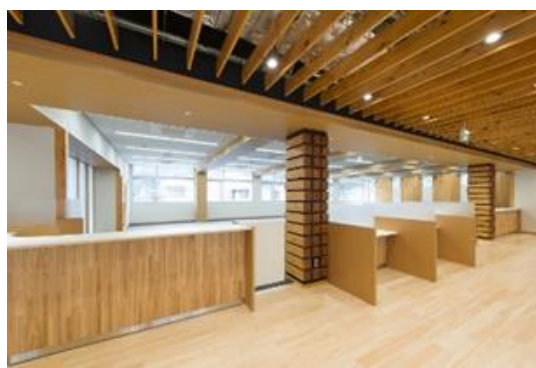
宮崎県木材利用技術センターでは、法施行前から様々な公共建築物等の設計に関する技術支援を行ってきましたが、法施行に伴い、公共建築物の整備における木材利用の機会が増え、技術相談も増えると考え、平成 25 年度に「木構造相談室」を設置し、公共建築物等の木造化・木質化に関する情報提供や技術支援を行ってきました。

○過年度の技術支援

平成 30 年度に完成した西米良村新庁舎の設計において、村産木材調達、C L T 耐力壁の活用、内外装木質化等の助言を当センターにて行いました。



（西米良村新庁舎 全景）



（西米良村新庁舎 内部）

○今後完成予定のプロジェクト

宮崎県防災拠点庁舎で使用している C L T 耐力壁の強度試験（接合部のめり込み確認）を当センターで実施しています。



（正面イメージ）



（エントランスイメージ：県産材による内装木質化）

2 木構造相談室の業務

公共建築物等の木造化・木質化を促進させるためには、発注者が木材利用促進の背景や意義、地域材活用の効果について理解する必要があります。また、発注者が木造建築物の実現に向けての木材調達（地域材活用）の方法、設計（維持管理含む）の手法、施工（品質管理含む）の方法を理解する必要があります。特に木材調達（地域材活用）については、発注者と設計者、林業関係者、施工業者等が連携し計画的に進めることが重要です。

一方で、発注者である市町村の中には、建築技術者が配置されていなかったり、建物整備事業主管部局、建設部局、林務部局の連携が十分とれていないなどの体制上の課題をもつ市町村もあります。

木材利用技術センターの「木構造相談室」では、市町村における公共建築物が木造化・木質化され、その事業が円滑に進捗できるよう、木材利用促進の普及啓発を行うとともに、計画から施工までの一連の工程における適切な情報提供や技術指導、助言等の支援を行っています。また、大規模木造建築物の設計にあたり新たな工法を採用する場合は構造計算において必要となる実証実験を行っています。

3 令和元年度の木構造相談室

事前に県内全市町村(26)の施設整備関係部局に木材利用の促進に関する調査票の配布を行い、24市町村を訪問し、公共建築物の木造化・木質化の取組、今後の建物整備計画、既存の木造建築物の維持管理に関する問題点などについて聞き取り調査を行うとともに木材利用促進の普及啓発を行いました。また、建築物の設計・施工に取り組んでいる市町村については、情報提供、課題の聞き取り調査等も行いました。

また、昨年度から取組を進めている公共建築物の木造化・木質化に向けたマニュアルについて、本編の案を完成させ、県内全市町村に配布しました。

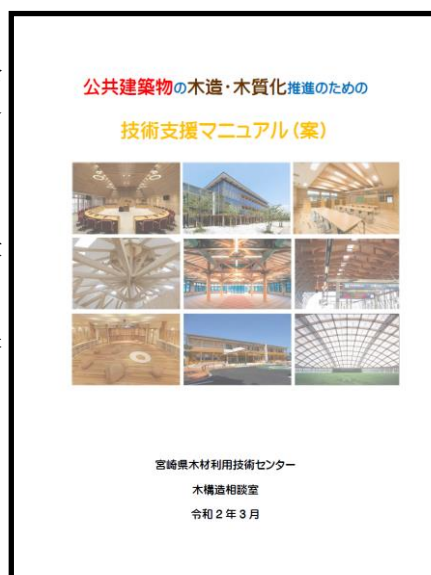
4 成果

各市町村の建物整備計画と事業執行体制に関する情報を把握することにより、今後の木材利用促進の普及啓発と技術支援を計画的に実施することが可能となりました。

各市町村の公共建築物の木造化・木質化にあたっての課題を把握することができたので、対応策を検討することが可能になりました。

また、宮崎県内の公共建築物建設事業担当者向けの「公共建築物の木造・木質化推進のための技術支援マニュアル（案）」の本編を全市町村に配布することが出来たことにより、今後は市町村の施設整備担当者と共通の情報として本マニュアルを活用することで、公共建築物の木造化・木質化に向けた検討が進むと考えております。

さらに、今後も事業執行体制、設計及び施工における課題の整理と解決策の検討を行い、普及啓発や情報提供とともに、有効な解決案を示した技術支援等を行うことができれば、公共建築物の木造・木質化は促進されと考えます。



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）を用いた接合形式について長期的な性能の解明に取り組んでいる。既往の研究¹⁾では、その主な耐力発現機構である引張性能についてクリープによる変形特性の解明を試みた。本研究では長期的な引張強度特性の解明を目的に、負荷荷重レベルと破壊までの継続時間の関係を明らかにする DOL 試験を実施した。

【試験方法】

本研究では、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²⁾を参考として試験を行った。試験手順として、まず LSB 接合の短期的な引張強度を試験により求め、その短期試験結果に対して DOL 試験で負荷する荷重レベル 3 条件決定し、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として、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（図 1 参照）、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 DOL 試験での負荷荷重を短期最大引張荷重の 90%、80%、70%とし、試験体数は 90%と 80%は各 10 体、70%は 9 体とした。

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 210mm、全 5 本とした。LSB はネジ山径が 25mm、ネジ谷径が 20mm、ネジ山ピッチが 10mm、ネジ有効長さが 190mm、LSB 内部の雌ネジの直径が 12mm とした（図 2 参照）。

短期試験は LSB の有効埋め込み深さを 150mm とし、万能試験機(オートグラフ型式 AG-1、島津製作所製)を用いて、LSB に引張力を負荷して引き抜くことで行った（図 3 参照）。DOL 試験は図 4 に示すように、上部供試体の LSB の有効埋め込み深さを 150mm とし、テコの原理により所定の荷重が試験体に負荷されるように試験機に錘を負荷した。

表 1 に各木質材料の短期試験結果（3 体の平均値）と DOL 試験で試験体に負荷した荷重を示す。

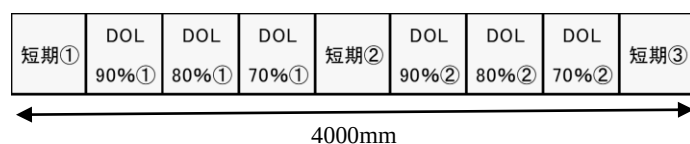


図 1 試験体のマッチング概要

注) 1 本の集成材からの試験体採取位置

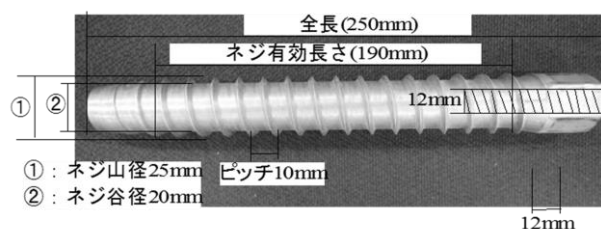


図 2 LSB の概要

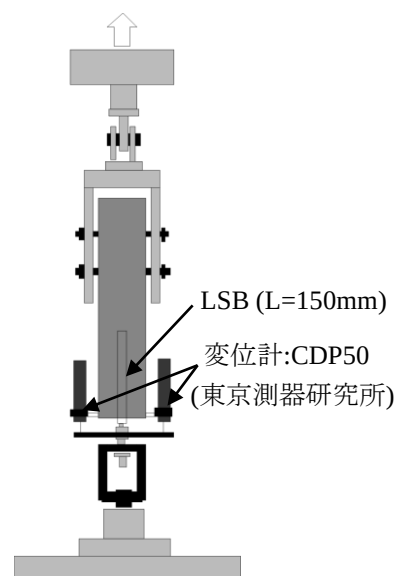


図 3 短期試験方法

表 1 短期試験結果と DOL 試験条件

材料番号	密度 (kg/m ³)	短期試験結果 (kN)	DOL 試験の負荷荷重(kN)		
			90%	80%	70%
1	395	55.9 (2.9%)※	50.3	44.7	39.2
2	392	54.8 (2.5%)※	49.4	43.9	38.4
3	383	56.4 (7.5%)※	50.8	45.2	39.5
4	433	49.3 (8.1%)※	44.4	39.4	34.5
5	409	46.2 (7.0%)※	41.6	36.9	32.3

※：() 内の値は短期試験 3 体の変動係数

【結果および考察】

図 5 に DOL 試験により得られた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測定結果であり、黒太線は試験結果から告示りを参考として導いた回帰直線、赤線はマディソンカーブを示している。

試験体に負荷する荷重レベルが 90%、80%、70%と低下するごとに荷重継続時間は長くなる傾向が見られたが、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。マディソンカーブと測定値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認められた。これは、ほぼ全ての試験体の破壊性状が LSB のネジ山により木部のせん断による引抜け破壊であったため、マディソンカーブによる曲げ強度との特性の差違が考えられる。説明変数を荷重継続期間とする回帰直線から推定される 50 年後の破壊荷重レベルは短期試験結果の 64.5%となった。今後、長期的な強度性能の評価について更なる考察が必要であると考え

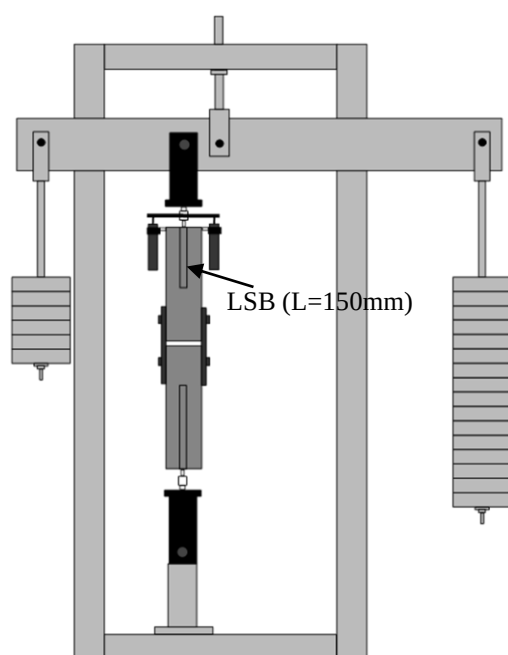


図 4 長期試験方法

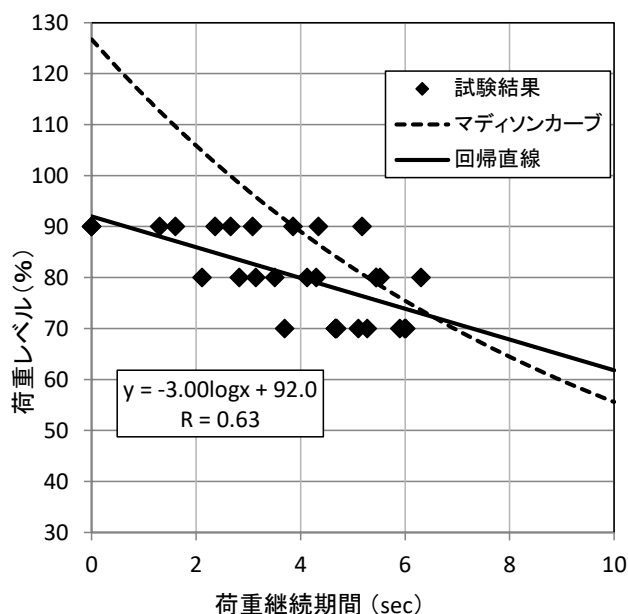


図 5 荷重レベルと荷重継続時間の関係

【参考文献】

- 1) 中谷誠他 4 名：第 69 回日本木材学会研究発表要旨集、H15-P-13、2019
- 2) 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

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 18 K05773 の助成を受けて実施した。

2-4-5 大型木造の接合部における生物劣化を評価するための基礎的研究

中谷 誠、須原弘登
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。本研究では、大型木造建築物の接合部に用いられるドリフトピン及びボルト等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、ファンガスセラーにより強制的に生物劣化させた宮崎県産スギを用いたドリフトピン接合部について、その支圧強度及び初期剛性と超音波伝播速度の関係を考察した。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、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

本研究では、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。各条件の試験体について写真を図 1 に示す。図中の矢印は木材へのドリフトピンのめり込み方向である。試験体数は各条件 42 体、合計 84 体とした。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

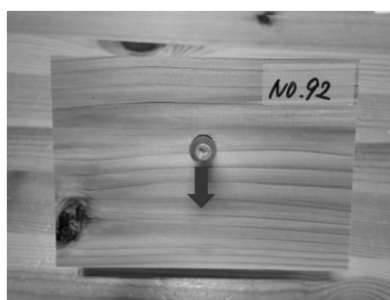
(図 2 参照)。設置直後 0 日目、127 日目、204 日目、479 日目、608 日目に超音波伝播速度の測定を行った。また、設置直後 204 日目及び 479 日目に各条件 6 体 (各期間 12 体) をファンガスセラーから取り出し、気乾状態まで乾燥させた後に強度試験を行い、支圧強度は算出した。支圧強度の算出には 5%オフセット法を用いた。また、強度試験における荷重と変位の関係より、初期の直線域から初期剛性を算出した。



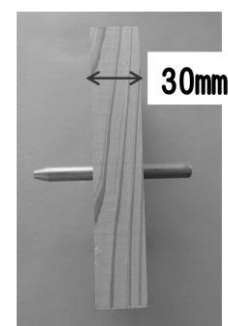
図 2 ファンガスセラー内の試験体設置状況



(i) 繊維平行方向



(ii) 繊維直交方向



(iii) 試験体厚さ

図 1 各試験条件の試験体及び側面の写真

3. 結果および考察

ファンガスセラーの設置期間が479日目の試験体では、図3に示す通り、表面端部において生物劣化による断面欠損が確認できた。しかし、強度試験後に材料を確認したところ、材内部のドリフトピン周りはほぼ健全であることが分かった。ファンガスセラーの設置期間と超音波伝播速度の関係では、明確な傾向は認められなかった（図4参照）。

強度試験の結果から算出した支圧強度及び初期剛性を図5と図6に示す。各図の(i)に示す繊維平行方向では支圧強度及び初期剛性ととも超音波伝播速度と明確な関係が認められなかった。しかし、各図の(ii)に示す繊維直交方向では超音波伝播速度が遅くなるほど低下する傾向を示した。これは、材料内部がほぼ健全材であること、そして密度と超音波伝播速度に相関があることから、縦圧縮及び横圧縮と密度の関係であると考えられる。今後、更に生物劣化が進んだ試験体についてデータを蓄積する計画である。



図3 設置後479日目の試験体
(繊維平行方向)

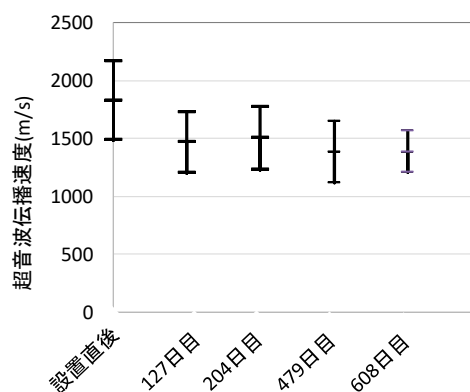
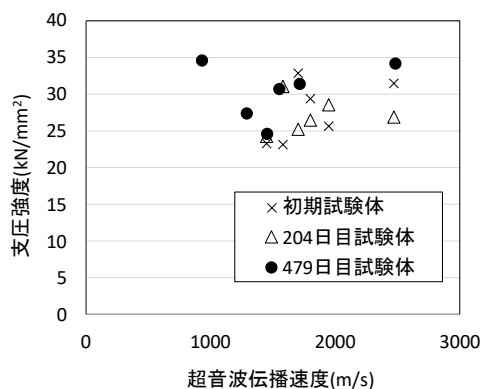
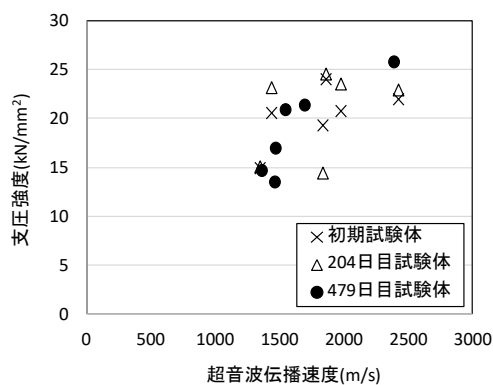


図4 設置期間と超音波伝播速度の変化

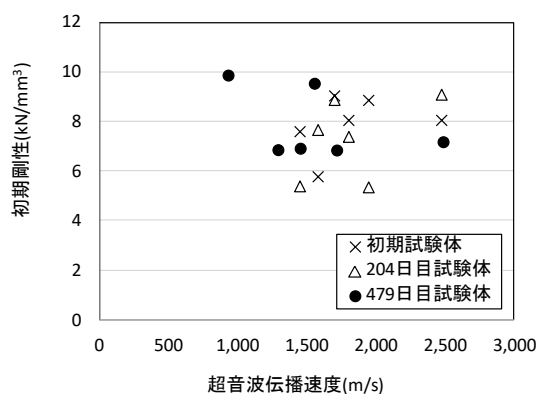


(i) 繊維平行方向

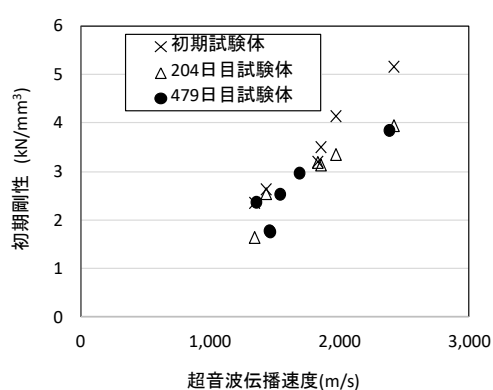


(ii) 繊維直交方向

図5 支圧強度と超音波伝播速度の関係



(i) 繊維平行方向



(ii) 繊維直交方向

図6 初期剛性と超音波伝播速度の関係

2-4-6 宮崎県産スギ材を用いた内装木質化の効果に関する研究

宮崎県木材利用技術センター 水久保孝英 小田久人、岩崎新二
(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

マンションなどの鉄筋コンクリート（以下「RC」）造住宅の床材には、木質フローリングやビニル系のクッションフロアが多く無垢材が使われることはまれである。木材には調湿性や断熱性があることから、無垢材を使うと室内の温湿度の調節やエアコンの消費電力の省力化などの効果が期待できる。

本研究では、県産スギ材でRC住宅の内装を木質化し、温湿度やエアコンの消費電力の数値データを収集することで、木材が持つ調湿性能や省エネ効果を明らかにし、県産材の利用拡大を図ることを目的とした。



図1 103号室（クッションフロア）

2 材料と方法

【試験材料】

内装木質化する床材としてオビスギ赤身材（(株)高嶺木材）の無塗装の板材（幅105mm、長さ1,920mm、厚さ15mm）を使用した。

【試験方法】

宮崎県北諸県郡三股町稗田のRC造共同住宅1階の隣接する2部屋（103, 105号室）を試験地とした。部屋の床材は、103号室がクッションフロアで105号室は木質フローリングであった。

両部屋の居室の中心点から台所側に0.8m移動した点の床から0.1m、1.1m、1.7mの高さに温湿度データロガー（(株)ティアンドデイ TR-72wf-H）を設置した。なお、位置を台所側に移動したのは、日射の影響を極力抑えるためである。また、押入内部の床上0.35mの高さにも同型のデータロガーを設置した。計測は2019年3月1日に開始し、10分間隔で温度と相対湿度を記録した。



図2 105号室（木質化後）

2019年4月24日に105号室（木質フローリング）の居室部分の床13.44㎡にオビスギ赤身材を敷いて木質化し（図2）、引き続き温度と相対湿度を計測した。

当初は換気をせずに温湿度の計測を行っていたが、2019年5月31日から浴室の換気扇を稼働し、居室の出入口の戸を約15cm開けて24時間換気とした。

また、両室にエアコン（SHARP(株) AY-H25D）を各1台設置し、7～9月に冷房又は除湿を、12～2月に暖房を稼働した。その際、タイマーを使用して両室同時に稼働するように設定した。エアコンには電力計測器（(株)カスタム EC-100A）を接続し、エアコン稼働による消費電力量を計測した。

3 結果と考察

【温度及び湿度の比較】

各月のエアコンを稼働していない連続した5日間の温湿度データを抽出し、クッションフロアと木質化部屋で比較した。2019年3～6月及び10, 11月はエアコンを稼働していないので、原則として第1日曜日から5日間のデータを抽出したが、その期間に欠測等が生じた場合は、別の5日間を抽出した。

図3に各月5日間の平均温度の推移を示す。同じ測定点を両部屋で比較すると、木質化部屋は7～9月は高く、11～3月は低い傾向となり、当初の想定とは逆の結果となった。

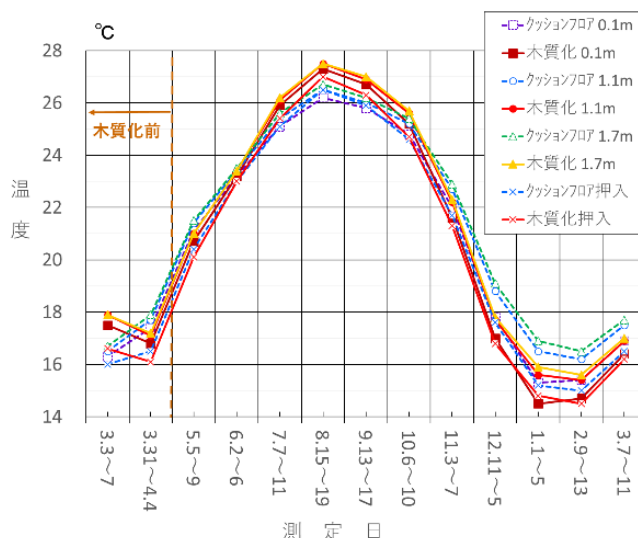


図3 エアコン非稼働日(各月5日間)の平均温度

相対湿度について
 床上 1.1m の平均値の
 推移を図 4 に示す。7
 ～9 月は木質化部屋が
 クッションフロアより
 低くなり、一見木
 質化により湿度上昇
 が抑えられたように
 感じる。しかし、温
 度と相対湿度の計測
 値から算出した絶対
 湿度の平均値を図 5
 に示すと、木質化部屋
 とクッションフロアに
 差は認められなかつた。

このことから、7～9
 月の相対湿度が木質化
 部屋の方が低かったの
 は、木材が吸湿したと
 いうよりも温度が高か
 ったために相対湿度が
 下がったものと考えら
 れる。なお、他の高さ
 の計測値も同様の傾向
 を示した。

各月のエアコンを稼働

しない 5 日間に計測した温度と絶対湿度の関係を図 6, 7 に示す。図 6 は居室内の床
 上 1.1m の測定値を、図 7 は押入内部の床上 0.35m の測定値を示したものである。

温度の最高値から最低値までの値の幅は、図 6, 7 とともに木質化部屋の方が大き
 くなっている。一方、絶対湿度の値の幅は、図 6, 7 とともに木質化部屋とクッションフ
 ロアの差は認められない。しかし、温度が同じ時の絶対湿度の変動幅は、図 6 の居
 室で大きく図 7 の押入では小さくなっている。

試験で使用した押入は上下 2 段の構造で、その内部は合板や柱材など全て木材で
 作られている (図 8)。今回、押入の戸を閉めて温湿度を計測したことにより、結
 果的に木質化率の高い空間の測定結果が得られた。今回の結果は、木質化が湿度の
 変動幅を小さくできることを示している。

【エアコン消費電力量の比較】

エアコン稼働による消費電力量の比較を図 9 に示す。

冷房、除湿、暖房のすべてで木質化部屋の消費電力量が大きくなった。1 時間当
 消費電力量は、暖房>除湿>冷房の順であったが、クッションフロアを 1 とした時
 の木質化部屋の消費電力量の比率は、冷房>除湿>暖房の
 順となった。このことは、暖房や除湿より消費電力量の少
 ない冷房が、木質化とクッションフロアの消費電力量の差
 が最も大きくなることを示している。

木質化部屋の消費電力が多くなった原因は、クッション
 フロアに比べて夏期の温度が高く冬期の温度が低かったこ
 とが一つの要因と推測されるが、この温度変化が木質化に
 よるものか他の要因によるものかについては今後究明して
 いく必要がある。

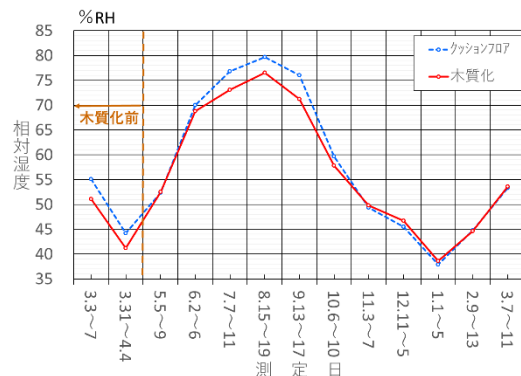


図 4 エアコン非稼働日 (各月 5 日間)
 の平均相対湿度 (床上 1.1m)

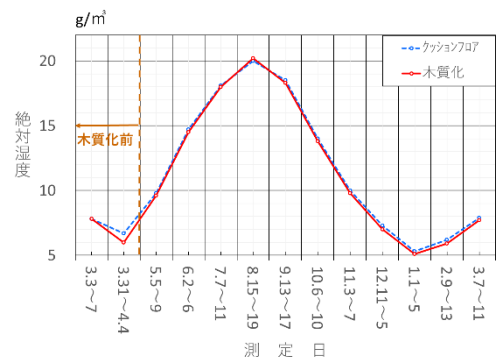


図 5 エアコン非稼働日 (各月 5 日間)
 の平均絶対湿度 (床上 1.1m)

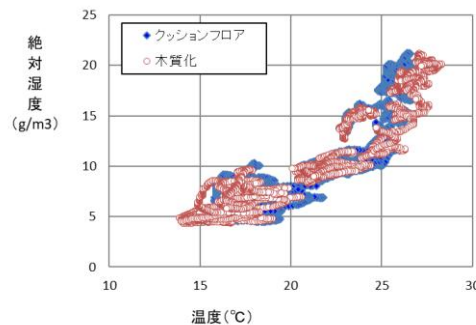


図 6 エアコン非稼働日 (各月 5 日間) の
 温度と絶対湿度の関係 (居室 1.1m)

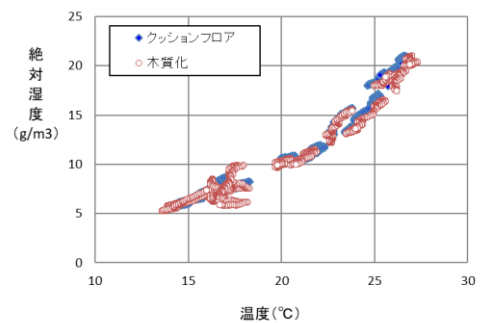


図 7 エアコン非稼働日 (各月 5 日間) の
 温度と絶対湿度の関係 (押入 0.35m)



図 8 押入の内部
 (105 号室)

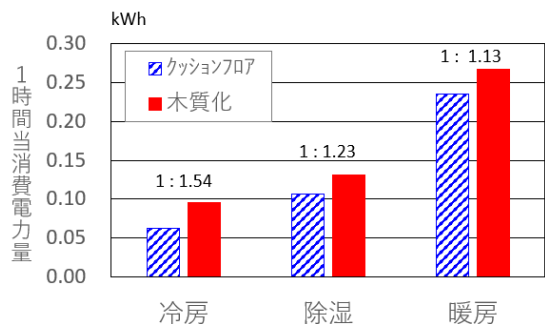


図 9 エアコン消費電力の比較

2-4-7 県産材による構造用集成材及びCLT製造に関する研究

その1 県産スギによるCLTの製造

—上位番玉から製材されたスギラミナの等級区分—

※松元明弘、森田秀樹
(有) 桧木木材 藤田正信

1. はじめに

スギ丸太の利用において、3番玉や4番玉といった上位番玉は、径が小さくなることから、木杭等の土木用資材としての利用や、建築用資材においては、胴縁や垂木といった断面の小さな部材としての利用が多い。一方、樹幹内のヤング係数や強度といった力学的な材質分布に関しては、元玉に比べて2番玉、3番玉の強度性能が高い傾向にあることが知られている¹⁾。

そこで、本研究では、上位番玉における強度性能の高さを活かした木材の利用を図るため、これらの丸太を取り扱っている県内の製材工場で製材された県産スギラミナの等級区分やその分布及び生産可能なCLTの強度等級について検討した。

2. 試験体と実験方法

長さ3mに玉切りした3～4番玉の県産スギ丸太から図1のとおり心持ちラミナと心去りラミナを木取りし、計91本のスギ丸太から273枚（仕上げ寸法：幅105mm、厚さ30mm、長さ3000mm）のスギラミナを製材した。

製材後に1～2ヶ月間の天然乾燥を行い、その後、乾球温度80～90℃で7日間人工乾燥を行った。人工乾燥後は、CLTのJASに準じて、スギラミナを目視及び機械等級区分により選別し、それぞれの等級区分で生産可能なCLTの強度等級とラミナ使用歩留まりについて検討した。なお、機械等級区分は縦振動ヤング係数を基に行い、目視等級区分は、特に等級区分に影響の大きい集中節径比及び材縁部節径比に測定項目を絞った。

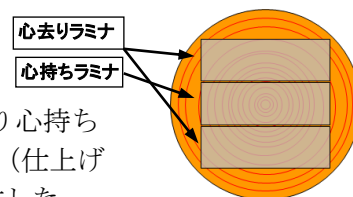


図1 スギラミナ試験体の木取り

3. 結果と考察

3.1 心持ち及び心去りラミナの比較

心持ち及び心去りでラミナを区分し、それぞれの縦振動ヤング係数及び密度について比較した結果を図2に示す。縦振動ヤング係数については、心持ちラミナの平均値が7.5kN/mm²、心去りラミナの平均値が8.7kN/mm²となり、心去りラミナが1kN/mm²ほど高い値を示し、両者の間に危険率5%で有意差が認められた。

また、密度に関しては、心持ちラミナの平均値が424kg/m³、心去りラミナの平均値が411kg/m³であり、その差は小さいものの、心持ちラミナがやや高い傾向を示し、危険率5%で両者の間に有意差が認められた。

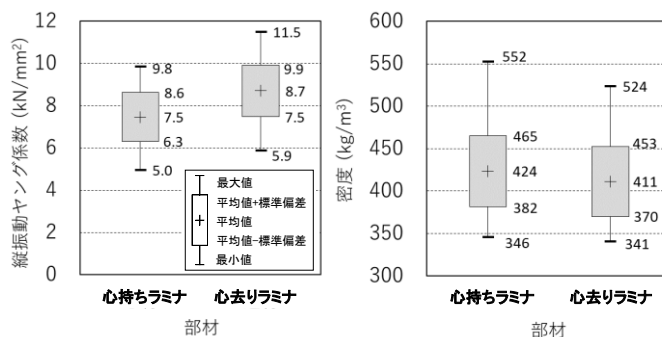


図2 心持ちラミナと心去りラミナの比較

3.2 スギラミナのヤング係数分布

図3は、スギラミナを集成材のJASにより機械等級区分した結果を、既往の研究報告²⁾で示された県内の集成材工場が日常的に取り扱っているラミナの等級分布図に重ねたものである。既報におけるスギラミナの等級分布はL50、L60の占める割合が高いが、今回のスギラミナの等級分布はL70、L80の占める割合が高く、全体的に2等級ほど高い分布傾向を示し、上位番玉からの製材による強度性能の優位性が認められた。

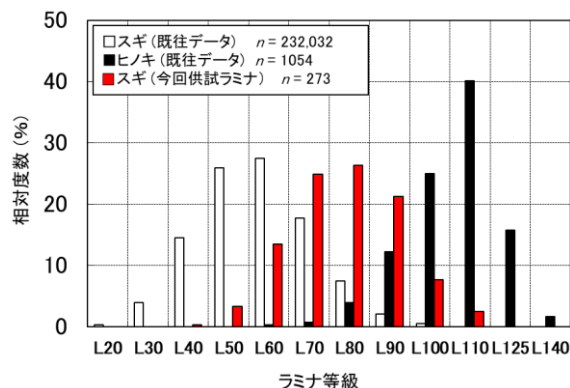


図3 スギラミナのヤング係数分布

3. 3 スギラミナの等級区分

スギラミナを CLT の JAS により A 種構成用と B 種構成用にそれぞれ機械等級区分した結果を図 4 に示す。A 種構成はラミナの等級区分において曲げヤング係数の下限値のみが設定されているタイプであるが、ほぼ全てのラミナが M60A の下限値を上回っていた。また、M90A に関しても 7 割以上のラミナが同等級の下限値を上回っていた。

B 種構成はラミナの等級区分において曲げヤング係数の上限値と下限値の両方が設定されたタイプであるが、各ラミナ等級における割合を見ると、M30B が 3.7% と最も小さく、M90B が 73.6% と最も高い割合を示した。前節のスギラミナを集成材ラミナとして等級区分した場合において L70、L80 及び L90 の割合が高かったが、同等級区分の傾向が反映された形となった。

スギラミナを目視等級区分した結果を図 5 に示す。1 等が 42.1% と最も高い割合を示したものの、2 等も 38.8% と 1 等と同程度の割合を示した。今回、供試したラミナは、3 番玉、4 番玉といった樹幹の高い位置で玉切りした丸太から製材されたものであるが、当該部位は径が小さく枝条が多い部分であることから、材面に節が表出し、1 等の割合が上がらなかったものと考えられる。

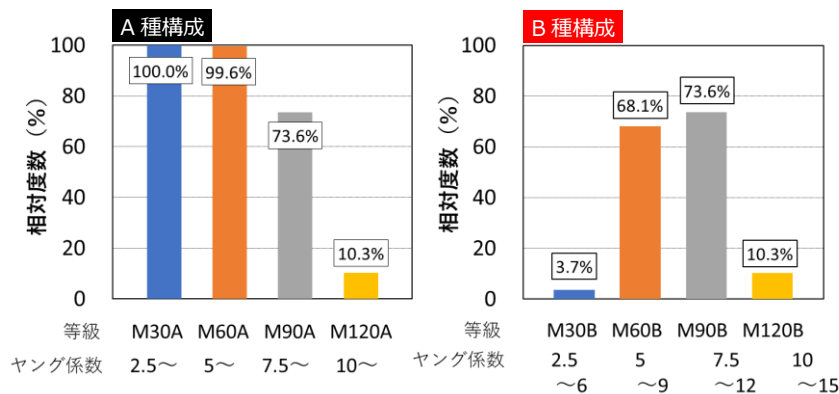


図 4 スギ CLT ラミナにおける機械等級区分の結果

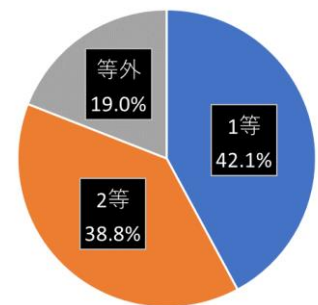


図 5 スギ CLT ラミナにおける目視等級区分の結果

3. 4 CLT 製造におけるラミナ使用歩留まり

等級区分したスギラミナを用いて異等級構成 CLT を製造した場合のラミナ使用歩留まりを図 6 に示す。なお、図は、供試ラミナを全て外層に用いた場合の歩留まりを示している。目視等級区分については、スギの場合、1 等のラミナを外層に用いて製造できる異等級構成 CLT の強度等級は Mx60 であるが、この製造において 42.1% のラミナ使用歩留まりであった。また、機械等級区分の B 種構成においては、スギで製造できる異等級構成 CLT の強度等級は Mx60 であるが、この製造におけるラミナ使用歩留まりは 68.1% であった。機械等級区分の A 種構成においては、Mx60 の製造において 99.6% のラミナ使用歩留まりを示した。また、A 種構成の場合、MSR 区分により等級区分した場合、樹種に限らず Mx90 や Mx120 の異等級構成 CLT を製造することが可能であるが、この場合において、Mx90 の製造では 73.6% の歩留まりを示し、Mx120 の製造においては 10.3% の歩留まりを示した。

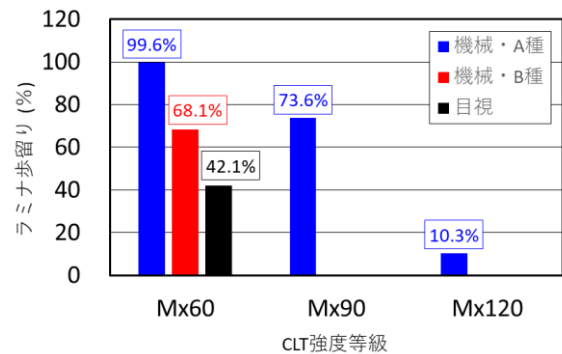


図 3 異等級構成 CLT の製造におけるラミナ歩留まり

以上のことから、各等級区分における異等級構成 CLT の製造については、目視等級区分に比べて、機械等級区分がラミナ使用歩留まりにおいて有利となるとともに、機械等級区分においては、B 種構成よりも A 種構成による等級区分がラミナ使用歩留まりの上で有利となった。

文献

- 1) 雉子谷佳男, 北原龍士: 木材学会誌 55, 198-206 (2009).
- 2) 森田秀樹, 松元明弘, 荒武志朗, 藤元嘉安, 吉田利生, 野辺寛成, 柏崎健治: 木材工業 64, 411-415 (2009).

2-4-7 県産材による構造用集成材及びCLT製造に関する研究

その2 県産ヒノキによる構造用集成材の製造

ーフィンガージョイントラミナと集成材の強度性能ー

※松元明弘、森田秀樹

1. はじめに

近年、国内の住宅着工戸数は減少傾向にあり、今後、木材利用拡大を図っていくには、公共建築物をはじめとする非住宅建築物も視野に入れた製品の利用を図っていく必要がある。

これらの建築物については、その規模の大きさから使用される構造材の断面が大きく、寸法安定性や強度性能が確保された部材が求められるため、集成材やLVLといったエンジニアリングウッドの利用が一般的となっている。

このような木材利用情勢の中、県産材の更なる利用拡大を図るため、本研究では、平成30年度から県産ヒノキを用いた構造用集成材の生産について検討している。平成30年度は、県産ヒノキを主体に取り扱っている製材工場において、日常的に生産されるヒノキ板材（以下、ラミナという。）を対象に、集成材のJASに準じて、目視及び機械等級区分による選別を行い、各等級区分で製造可能な構造用集成材の強度等級とラミナ使用歩留まりについて検討した。

今年度は、同工場で製材された県産ヒノキラミナ及びそれらを用いて製造した集成材の強度性能評価を行った。

2. 実験方法

2. 1 ラミナ試験体と強度試験

L100 から L160 までの機械等級区分された県産ヒノキラミナを試験に供した。ラミナ試験体は、長さ方向中央部に垂直型フィンガージョイント（以下、FJ という。）を施し（図1）、下記に示すように曲げ、引張、圧縮の3種類の強度試験を行った。曲げ及び圧縮試験については、比較対照として通しラミナの試験も行った。

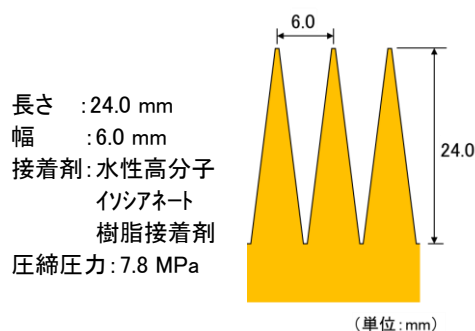


図1 フィンガー加工条件

- | | |
|--|---|
| (1) ラミナ曲げ試験 (構造用集成材JAS・曲げC試験)
試験体寸法: 幅120mm 厚さ28mm 長さ700mm
試験体数 : 通しラミナ・FJラミナ 各67枚 計134枚
試験方法 : 4点曲げ試験
(上部スパン196mm 下部スパン588mm)
荷重速度 : 10mm/min | (2) ラミナ引張試験 (構造用集成材JAS・引張試験)
試験体寸法: 幅120mm 厚さ30mm 長さ1,800~2,170mm
試験体数 : 67枚 |
| (3) ラミナ縦圧縮試験 (構造用木材の強度試験法)
・通しラミナ 試験体寸法: 幅120mm 厚さ28mm 長さ168mm
試験体数 : 67枚
・FJラミナ 試験体寸法: 幅118mm 厚さ26mm 長さ156mm
試験体数 : 67枚 | |

2. 2 集成材の製造と強度試験

集成材の製造には、ラミナ試験体と同じ工場で製材されたヒノキラミナのL100を16枚、L110を16枚及びL125を16枚の計48枚を用いた。集成材の製造方法を図2に示す。まず、長さ3mのラミナを長さ方向の中央部から約25cmずらした位置でカットし、再びFJにより接合することで48枚のラミナ全数をFJラミナに加工した。次に、ラミナのFJ部が集成材の材せい方向に連続して重ならないように、FJラミナを1層ずつ交互に元末を反転させる形で積層した。以上のような形で外層から内層に向かって順にL125、L110、L100と配置した6層からなるE105-F300相当の対称異等級構成集成材を8本製造した。

FJラミナの加工条件は先述のラミナ試験体と同様である。集成材の製造条件としては、接着剤には、水性高分子イソシアネート接着剤を使用し、ラミナを積層する際の1層当たりの接着剤の塗布量を300g/m²とし、両面塗布した。積層接着した集成材の圧縮には、当センターに設置されている山本鉄工所の高周波プレス機を使用した。プレス条件は、熱盤温度を40℃、プレス圧力を

1MPa、圧縮時間を3時間とした。

なお、集成材の強度試験については、集成材のJAS 曲げ A 試験に準じて、下部スパン 2700mm、上部スパン 600mm の条件で曲げ試験を行った。

3. 結果及び考察

3. 1 ラミナの曲げ性能

ヒノキラミナの曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図3に示す。通しラミナ及びFJラミナともに曲げヤング係数と曲げ強さの間に正の相関が認められ、とくに通しラミナにおいて危険率1%で有意な相関を示し、FJラミナに比べて高い相関を示した。また、曲げ強さの比較においては、通しラミナに比べて、FJラミナの曲げ強さが低い傾向にあり、危険率5%で両者に有意差が認められた。一方、集成材のJASの基準値と比較した場合いずれのラミナも曲げ強さの下限值を上回っていた。

3. 2 ラミナの縦圧縮性能

ヒノキラミナの縦振動ヤング係数と縦圧縮強さとの関係を図4に示す。通しラミナとFJラミナのいずれも縦振動ヤング係数と縦圧縮強さとの間に危険率1%で有意な正の相関が認められた。また、縦圧縮強さの比較では、わずかな差ではあるが、通しラミナの縦圧縮強さが高い傾向にあり、危険率5%で有意差が認められた。

ヒノキラミナの密度と縦圧縮強さの関係を図5に示す。通しラミナとFJラミナのいずれも密度と縦圧縮強さとの間に危険率1%で有意な正の相関が見られ、とくに通しラミナにおいては、曲げヤング係数よりも高い相関を示した。

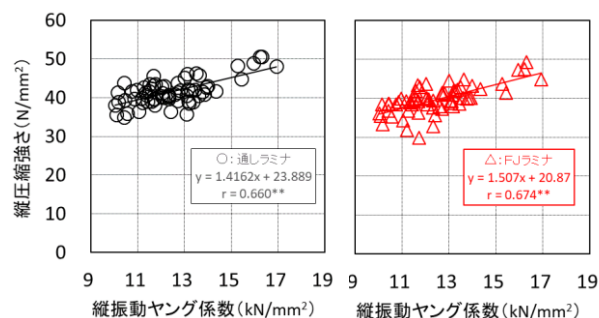


図4 ヒノキラミナの縦振動ヤング係数と縦圧縮強さとの関係

3. 3 ラミナの縦引張性能

ヒノキ FJ ラミナの縦振動ヤング係数と縦引張強さとの関係を図6に示す。曲げ強さや縦圧縮強さに比べて、ばらつきは大きいものの、縦振動ヤング係数と縦引張強さの関係においても危険率1%で有意な正の相関が認められた。試験体の破壊状況を見るとFJ部で破壊しているもののほか、節を起点に破壊しているものも多く見受けられ(図7)、引張強さのばらつきは、これらの欠点部の影響によるものと考えられる。

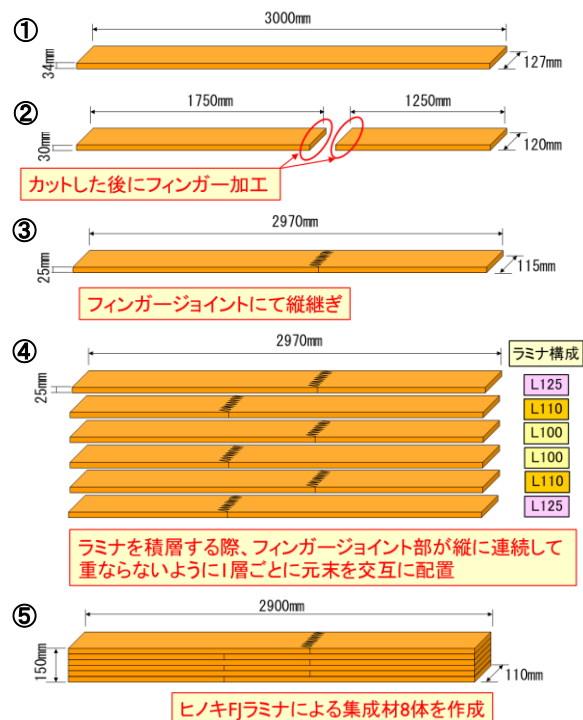


図2 ヒノキ集成材の製造方法

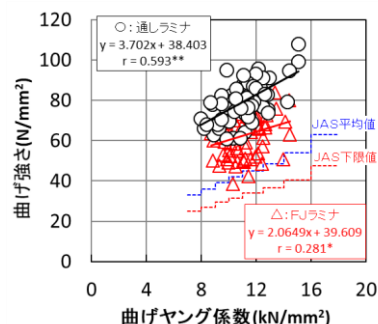


図3 ヒノキラミナの曲げヤング係数と曲げ強さとの関係

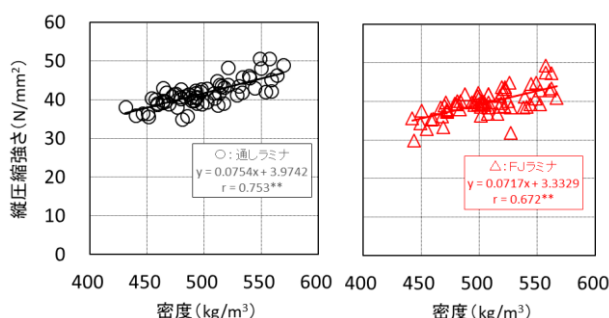


図5 ヒノキラミナの密度と縦圧縮強さとの関係

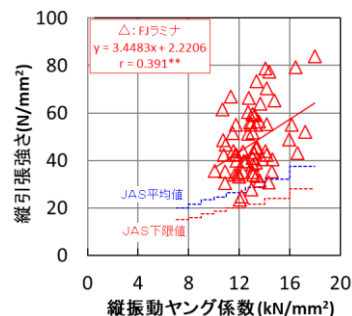


図6 ヒノキ FJ ラミナの縦振動ヤング係数と縦引張強さとの関係

なお、集成材の JAS の基準値との比較においては全ての試験体が引張強さの下限値を上回っていた。

3. 4 集成材の曲げ性能

ヒノキ集成材の曲げ試験により求められた試験体ごとの曲げヤング係数を図 8 に示す。試験体 8 体とも同一のラミナ構成で製造された集成材であることから、曲げヤング係数のばらつきは小さく、平均値で 13.7kN/mm^2 と集成材の JAS における E105-F300 の平均値及び下限値の基準を大きく上回った。

また、図 9 はヒノキ集成材の試験体ごとの曲げ強さの結果を示したものであるが、先述の曲げヤング係数と異なり、試験体ごとのばらつきが大きかった。図 10 は NO. 2 及び NO.7 試験体の曲げ破壊状況の写真であるが、いずれも節や FJ 部を起点として破壊しており、曲げ強さのばらつきは、節の有無や FJ 部の接着性能が大きく影響しているものと考えられる。なお、いずれの試験体とも木部で破壊しており、接着不良等の不具合は見られなかった。

曲げ強さにおける集成材の JAS の基準値との比較では、いずれの試験体とも E105-F300 の下限値を上回っており、日常的に扱っている原木から製造したヒノキ集成材の強度性能は概ね問題ないことが示唆された。



図7 ヒノキ FJ ラミナの縦引張破壊状況

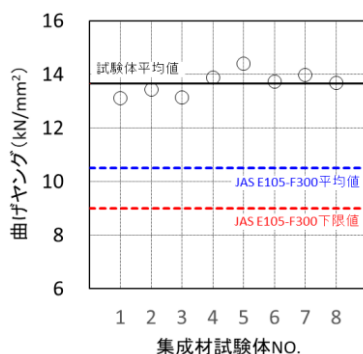


図8 ヒノキ集成材の曲げヤング係数

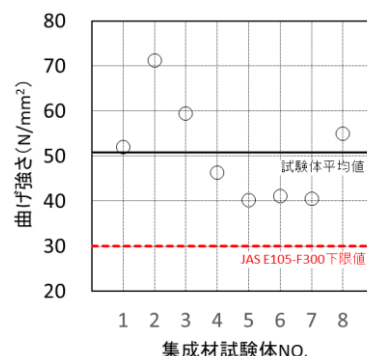


図9 ヒノキ集成材の曲げ強さ

【試験体側面】



NO.2試験体

【試験体下面】



NO.2試験体

【試験体側面】



NO.7試験体

【試験体下面】



NO.7試験体

図 10 ヒノキ集成材の曲げ破壊状況 (左:NO.2 試験体、右:NO.7 試験体)

2-5 大径材を活用した家づくりなど住宅産業等との連携の促進

2-5-1 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状態における曲げクリープ(その2)

—試験開始時(冬、夏)と季節変動の影響について—

※荒武志朗、松元明弘、中谷誠、(森林総研) 加藤英雄
(建研) 植本敬大、(北林産試) 大橋義徳、石原亘

【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の曲げクリープ試験を実施している。これまでの研究で、目視等級区分材を想定した寸法形式 206 の材では、節等の欠点がクリープに影響を及ぼさないことを明らかにし¹⁾、機械等級区分を想定した同材(以下、MSR 材)では、必ずしも相対クリープがヤング係数に依存しないことや、曲げ試験における平均破壊荷重(以下、Pmax)×0.37 を負荷すると、試験体によってはクリープ限度を超える場合があることを明らかにした²⁾。一方、これらの試験の過程で、周期的な湿度変動(季節変動)がクリープの増減に影響を及ぼす可能性も示された。この影響は、長期の設計基準値であるクリープ調整係数(50 年後の相対クリープ)にも及ぶ可能性を示唆しており、決して無視出来るものではない。そこで本研究では、季節変動を考慮したクリープ調整係数を明確にする為の第 1 ステップとして、冬(1 月)と夏(8 月)の 2 回に分けてスギ、カラマツ MSR 材のクリープ試験を開始し、それぞれのクリープ特性を比較、検討することとした。なお、試験は現在も継続中であるが、ここでは 2020 年 3 月末時点の傾向を報告する。

【試験体と試験方法】

クリープ試験には、スギ MSR 材(1200Fb-0.7E、900Fb-1.0E)とカラマツ MSR 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(-2、-3)を付しているが、-2 は冬スタート試験体(2018 年 1 月 10 日開始²⁾)、-3 は夏スタート試験体(2018 年 8 月 7 日開始)を意味する。

クリープ試験は、前報²⁾同様、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³⁾(以下、告示法)に従って実施した(図 1 参照)。

負荷荷重は、Pmax に 0.37 を乗じた値とした(表 1 参照)。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、乾燥環境の応力比であり、次式により求めたものである。

$$\text{乾燥環境の応力レベル} = (2/3) \times 1.0 \times (1.1/2) = 0.37 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、冒頭でも述べた様に、この方法で求めた負荷荷重を適用すると、クリープ限度を超える可能性がある²⁾、本報では敢えてクリープ調整係数の検討は行わない(クリープ試験終了後、実際の応力レベルを確認した上で同係数の検討に入る予定である)。

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ットし(図 1 参照)、データロガー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。

表 1 試験体の概要と負荷荷重

樹種	記号	密度 kg/m ³	含水率 %	Efr kN/mm ²	短期試験体の値			応力 レベル	負荷荷重		
					σ ^b N/mm ²	Ea kN/mm ²	Pmaxave kN		kN	kg	
スギ	0.7E-2	376	10.2	4.67	36.3	5.31	10.9	0.37	4.04	412	
	0.7E-3	370	12.2	5.49							
	1.0E-2	428	10.9	7.53	43.7	7.25	13.2		4.88	497	
	1.0E-3	442	11.0	7.51							
カラマツ	1.3E-2	499	11.0	8.38	37.5	9.89	11.1		4.11	419	
	1.3E-3	495	12.3	10.1							
	1.6E-2	530	11.0	11.8	47.8	11.6	14.1		5.22	532	
	1.6E-3	600	13.7	12.7							

※Efrは縦振動ヤング係数、σ_bは曲げ強さ、Eaは曲げヤング係数、Pmaxaveは最大荷重平均値

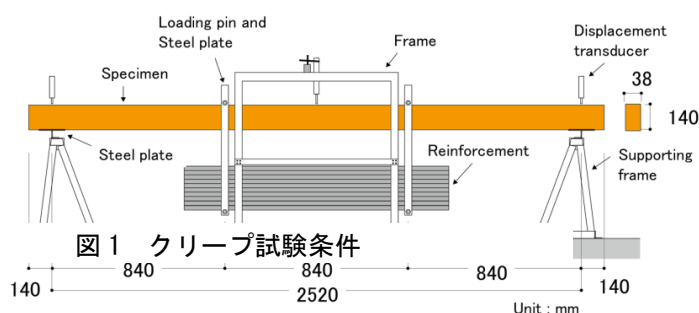


図 1 クリープ試験条件

Unit : mm

【結果および考察】

図 2 に相対クリープと重量変動率の推移を示す。まず、冬スタートの相対クリープ(左図)を見ると、何れの試験体も最初の梅雨前後(6~7月頃)の増加が顕著である。これは、同図下の重量変動率の推移から、この時期の水分増減による曲げ剛性の低下とメカノソープティブ挙動⁴⁾が顕著に現れた結果と考えられる²⁾。ところが、この急増傾向は、2回目の梅雨前後には殆ど認められない。これは、主として、「木材の吸湿過程のクリープが過去の変形履歴の影響を強く受ける⁵⁾」ためであろう(以下、履歴効果⁵⁾)。具体的に言えば、「2回目の梅雨前後にはクリープとクリープ回復(1回目で生じたドラインゲットの回復)が重なって現れた可能性が考えられる。

次に、夏スタートの相対クリープ(右図)を見ると、最初の梅雨前後(6~7月頃)における増加は、冬スタート(左図)のそれと比較して非常に緩慢であり、どちらかと言えば、同スタート2回目の梅雨前後の傾向に近い。夏スタートでは最初の梅雨までの期間が長いいため、それまでに、細かいサイクルで履歴効果⁵⁾を繰り返し、結果として、「吸脱湿の影響が微少となった⁶⁾」ものと考えられる。

以上の結果を踏まえ、ここでは0.7Eと1.3Eの冬、夏スタートを対象とし、(2)式に示すPower則と(3)、(4)式に示す曲げ剛性の低減係数(K_t)³⁾から求めた相対クリープ(δ_t/δ_0)による実測値の予測を試みる。

$$\delta_t/\delta_0 = 1 + at^N \dots\dots\dots (2)$$

$$K_t = \delta_0/\delta_t \dots\dots\dots (3)$$

$$\delta_t/\delta_0 = 1/10^e t^f \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 t は時間、 a 、 N 、 e 、 f は定数である。

図 3 に、相対クリープの実測値とPower則及び K_t ³⁾から求めた予測値(δ_t/δ_0)の比較を示す。この場合、各予測値は、負荷当初の不安定期を除いて求めたものである(冬スタートは180日以降、夏スタートは1か月以降の実測値から定数を算出)。同図から、何れも曲線の後半部では実測値と各予測値が非常に良く一致しており、この方法による水分非平衡下におけるクリープ曲線予測の有効性が示されている²⁾。また、冬スタート(左図)と夏スタート(右図)の何れも、前述した様に、クリープに対する吸脱湿の影響が漸減する傾向を示していることから、各曲線の延長からクリープ調整係数を求めても、大きく安全側に離れることは無いと考えて良いだろう。

【文献】

1) 荒武ら:平成29年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書,2017, p.50-51、2) 荒武ら:平成30年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書,2018, p.59-60、3) 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.226-235、4) 荒武志朗, 有馬孝禮: 木材学会誌, 41(4)359-366(1995)、5) 徳本ら: 材料 47(4)374-379(1998)、6) L.D. Armstrong et al. Appi.Sci., 13. 257(1962)。

【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。

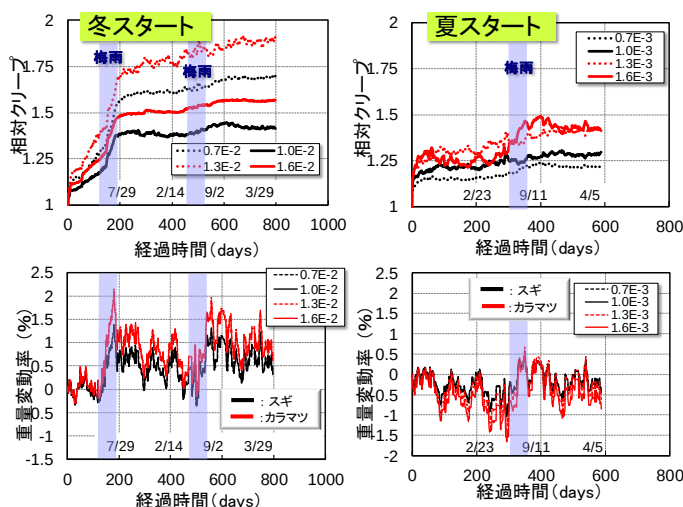


図 2 相対クリープと重量変動率の推移

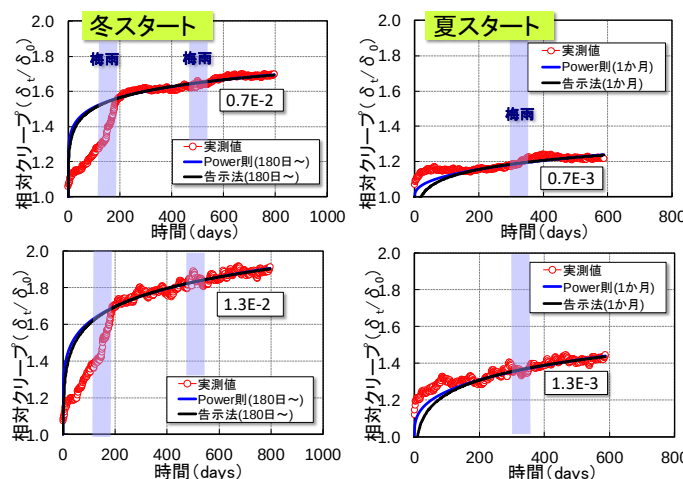


図 3 相対クリープの実測値と予測値の比較

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

※松元明弘、荒武志朗、中谷誠、（森林総研）加藤英雄
（建研）槌本敬大、（熊本林研セ）荒木博章、野口琢郎

【はじめに】

筆者らは、国産大径材の構造用製材としての利用を推進する研究の一環として、水分非平衡下における構造用製材の長期性能試験に取り組んでいる。平成 30 年度からは、スギ大径丸太から得られた平角材（心持ち材・心去り材）の長期性能試験を実施しているが、既報において、試験開始時期の違い（水分変動）によるクリープ挙動への影響が示唆されたため、本研究においても、冬期と夏期の 2 つの試験開始時期を設定し、冬期は平成 31 年 1 月から 8 体の試験体を供試して曲げクリープ試験を開始した。また、夏期は、令和元年 8 月に冬期開始試験体のうちの半数（4 体）を除荷して、これと入れ替える形で曲げクリープ試験を開始した。

本報では、上記の 8 月に試験体の半数を入れ替えた際に除荷した冬期開始分の試験体における試験期間中の水分変動や応力レベルの影響について検討した結果を報告する。

【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 のとおり心持ち平角材と心去り平角材を木取り、それぞれにつき E50 と E70 を 2 体ずつの計 8 体を曲げクリープ試験に供試した。

各供試材からは図 2 のとおり曲げクリープ用試験体 1 体、重量測定用試験体 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に準じて実施した（ただし、試験環境は水分非平衡下）。荷重条件は、全スパン 3240mm とし、スパンー梁背比 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、両端の支点到膨潤・収縮測定用としてストローク 50mm 及び 25mm 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、曲げクリープ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。なお、令和元年 8 月に試験体の半数を入れ替えた際は、心持ち平角材 4 体（A-E50：2 体 A-E70：2 体）及び心去り平角材 4 体（N-E50：2 体 N-E70：2 体）の各試験体区分につき、相対クリープが大きかった方の 1 体を除荷して、夏期開始分と入れ替えた。

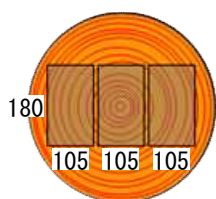


図 1 試験体の木取り

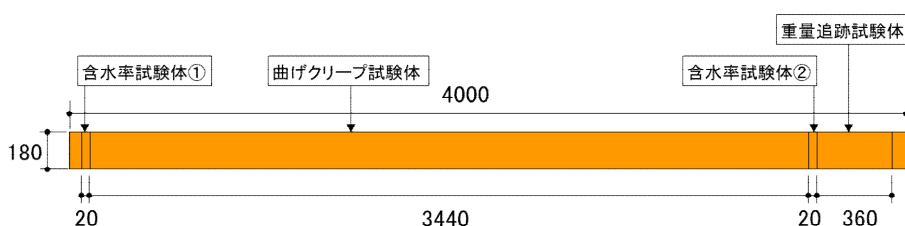


図 2 各試験体の採材方法

【結果および考察】

8 月に除荷した冬期開始試験体の全たわみの推移を図 4 に示す。いずれの試験体も負荷直後に 20～30mm 程度の初期変位を示し、その後は時間の経過とともにクリープ変形が増加している。試験は開始から 205 日経過したところで終了しているが、N-E50 冬試験体のクリープ変形量が約 32mm と最も大きく、こ

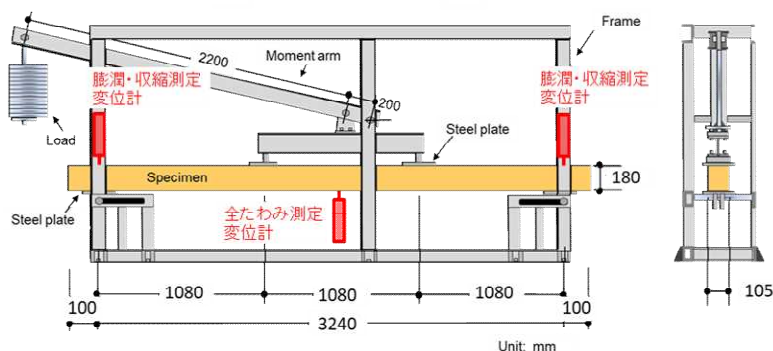


図 3 曲げクリープ試験条件

れ以外の3体については、14～20mm程度の変形量であった。同試験体の相対クリープの推移を図5に示す。いずれの試験体とも、試験終了までのほぼ全期間にわたって相対クリープが増加し続け、特に試験開始から150日目頃までは、右肩上がりに増加し続ける傾向を示した。クリープ試験体とのエンドマッチングで採取した重量変動測定用試験体の重量変動率の推移を図6に示す。試験体によって多少の差はあるものの、いずれの試験体とも試験開始から150日目頃まで重量は減少傾向を示した。このことから、上記のクリープ変形の進行に関しては、水分非平衡下（脱湿）におけるメカノソープティブ変形による影響が大きいと考えられる。

曲げクリープ試験における負荷荷重の概要と曲げクリープ試験終了後の試験体の曲げ試験結果を表1に示す。負荷荷重は上述したとおり同ロット試験体の曲げ試験結果から得られた破壊荷重平均値に0.37を乗じた値であるが、実際に各試験体に負荷されていた応力レベルは同表の右欄に示すとおりであり、N-E50 冬以外は概ね適正な応力レベルであった。N-E50 冬の相対クリープは4体の中で最も大きい値を示したが、前述した脱湿過程におけるメカノソープティブ変形に加え、実際の応力レベルが杉山²⁾が示したクリープ限度0.4～0.5の上限に近い値であったことが要因と考えられる。

今回、供試した曲げクリープ試験体は、調達した試験体の中でも含水率が低いものを選別したが、結果的には、乾燥が不十分であったために上述のとおりメカノソープティブ変形の影響が大きく現れることとなった。本研究においては、冒頭で述べたとおり、大径材から得られた製材の水分非平衡下における曲げクリープ特性の解明とともに、試験開始時期の違いによる影響を検証するという目的もあるため、冬期開始分については、改めて気乾状態に達した試験体を用いて、試験を実施する予定である。

【文献】

- 1) 荒武志朗他 6 名：日本木材学会大会研究発表要旨集, D14-01-1545, 2019、
- 2) 杉山英男：“建築構造学大系 22 木構造”，彰国社, 1971, p.98-101

【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。

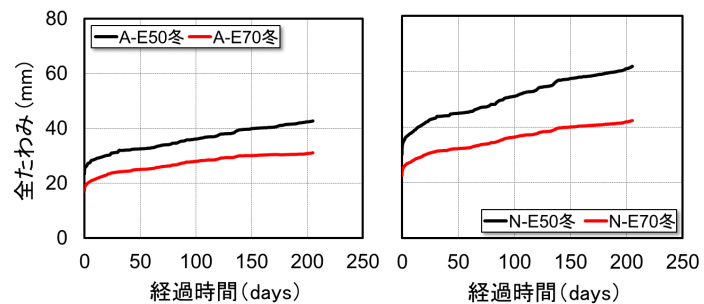


図4 全たわみの推移【左：心持ち材 右：心去り材】

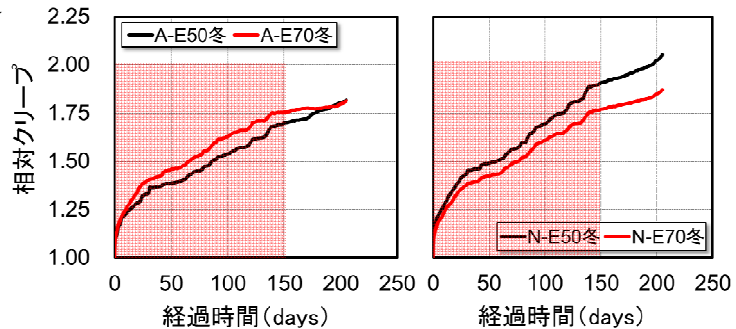


図5 相対クリープの推移【左：心持ち材 右：心去り材】

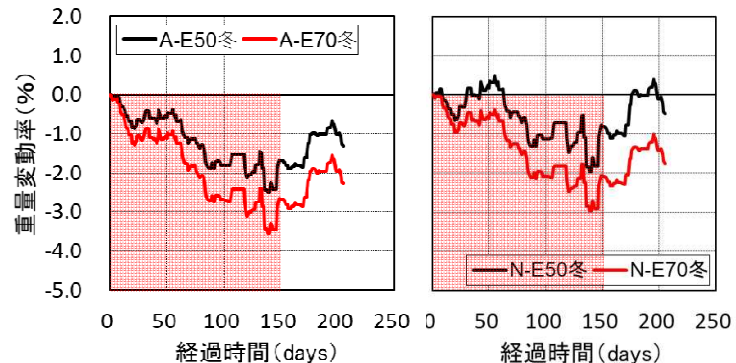


図6 重量変動率の推移【左：心持ち材 右：心去り材】

表1 曲げクリープ試験における負荷荷重と実際の応力レベル

同ロット試験体から得られたクリープ試験の負荷荷重					長期試験体の含水率変動と除荷後の曲げ試験結果					
区分	等級	短期試験 最大荷重 平均値 (kN)	応力 レベル	長期試験 載荷荷重 (kN)	区分	試験体名	試験 開始時 含水率 (%)	試験中 含水率 最低値 (%)	除荷後の 曲げ試験 最大荷重 (kN)	実際の 応力 レベル
心持ち材	E50	25.4	0.37	9.41	心持ち材	AE50冬	15.9	11.7	25.1	0.37
	E70	29.5	0.37	10.93		AE70冬	17.8	11.6	29.0	0.38
心去り材	E50	31.4	0.37	11.63	心去り材	NE50冬	15.1	12.0	25.2	0.46
	E70	37.0	0.37	13.69		NE70冬	17.0	12.1	36.2	0.38

2-6 木質バイオマスの利用拡大

2-6-1 木質バイオマスを用いた半炭化燃料の開発

* 須原弘登

諸言

未利用木質資源の有効利用のため、低温炭化処理による半炭化物を作成し再生可能エネルギーとしての利用を検討する。これまでの検討で木質資源を 300℃以下の低温で炭化することで、経済的に効率の良い炭化物を得られることが示された。

今年度は未利用木質資源として国内で放置林の増加と面積の拡大が問題となっているタケを対象として行う、タケは年間生長量が大きくバイオマス資源として優れている一方で、カリウムを多く含むため燃料として用いると炉内で灰分が低温溶融を起こし、クリンカーと呼ばれる溶岩状の塊を形成する。また、塩素含有量も多く、燃焼により発生した塩素ガスによる炉の腐食が発生するなど、様々な不具合を引き起こすことが知られている。このことから、日立製作所は燃料のタケを予め水洗することで、カリウムや塩素を低減させる装置を開発し特許を取得している。本研究ではこの特許を参考に、これまでの検討を踏まえて、新たな技術要素として半炭化処理と水洗を組み合わせることで、洗浄効率の改善を検討するとともに、製造した炭化物の熾火燃焼を抑制する工程の開発を試みる。

実験方法

原材料：モウソウチクを切削型のチップパーで砕いたもの（2～3cm 角のものが主、無選別。（株）FUKUMURA より購入）。

低温炭化処理：タケチップをバッチ式の真空炭化炉（ウッドセラミック炭化炉；弘前機械開発）内で 3 時間焼成（200, 250, 300, 350, 400℃）した。

脱塩処理：炭化処理したタケ 500g を 2.5 L の 0.1 mol/L の希塩酸に 12 時間浸漬し洗浄を行った。洗浄が均一になるよう、時々全体を攪拌した。

灰分分析：試料を 605℃で焼成し粗灰化したものの元素組成分析を、蛍光 X 線分析装置（XRF, RIGAKU）により行った。

【結果および考察】

図 1 にタケを各温度で炭化処理した際の炭化物の重量回収率を示す。重量回収率は焼成温度が高くなるにつれ低下し、500℃の焼成（洗浄処理には用いていない）では 34.3% となった。重量回収率は 250℃から 400℃の範囲で急激に減少しており、この領域内の 300℃および 350℃の焼成温度では回収率のばらつきも大きくなっている。同様の現象は過去にスギや雑木を用いた検討でも見られており¹⁾、木質を構成するセルロース・ヘミセルロース・リグニンの熱分解が起きていることを示している。また、このばらつきの大きさはこの温度域での焼成の制御が難しいことを示している。半炭化処理では 200℃～300℃の間で炭化を行う場合が多いが²⁾、半炭化処理における炭化温度の制御は非常に難しいことを示唆している。

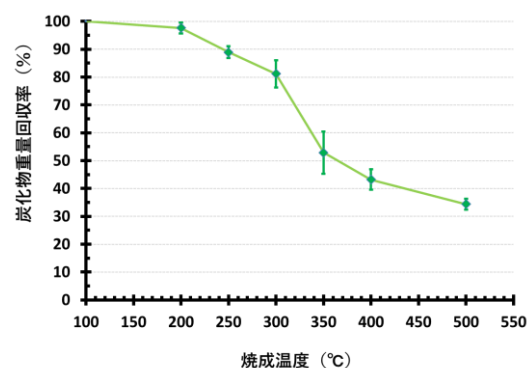


図 1 炭化温度と重量回収率

表 1 炭化処理したタケとこれを希塩酸で洗浄したものの粗灰分組成

成分名	未洗浄						0.1 mol/L HCl洗浄					
	非焼成	200℃	250℃	300℃	350℃	400℃	非焼成1	200℃	250℃	300℃	350℃	400℃
	含有率(%)											
Na ₂ O	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3
MgO	4.5	4.8	5.2	5.2	5.2	5.1	6.8	8.2	7.0	6.3	5.2	5.3
Al ₂ O ₃	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	2.0	1.4	1.0	0.9	0.7	0.6
SiO ₂	18.7	16.0	17.8	16.5	15.2	16.7	43.5	32.5	25.1	22.5	20.1	20.0
P ₂ O ₅	4.7	5.4	4.8	5.4	5.7	5.3	8.9	10.0	8.6	6.9	5.2	5.3
SO ₃	1.6	2.2	2.4	2.1	2.3	2.1	2.7	3.3	2.7	2.5	2.1	1.9
Cl	5.5	4.6	5.4	3.6	2.9	2.7	1.7	2.1	3.5	5.8	6.8	7.6
K ₂ O	60.2	61.8	58.5	61.6	63.0	62.2	28.1	36.8	46.9	50.6	55.0	54.2
CaO	1.9	2.1	2.7	2.1	2.0	1.9	2.4	3.0	2.5	2.1	2.2	2.0
TiO ₂		0.1	0.0		0.1	0.1	0.1	0.1		0.0		0.1
Cr ₂ O ₃	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
MnO	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
Fe ₂ O ₃	0.9	0.9	1.0	1.3	1.4	1.8	2.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
NiO	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CuO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZnO	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Br	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
Rb ₂ O	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
SrO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MoO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0											

表 1 に半炭化処理したものと、これを希塩酸で洗浄したものの粗灰分の元素分析の結果を示す。洗浄していないものではいずれの焼成温度でも元素組成に大きな変動はなく、カリウムが 60%程度含まれていた。塩素については 5%程度含まれていたものが、焼成温度が高くなると半分程度の 2.7%まで減少していた。これは焼成により塩素がガス化し失われたためと考えられる。一方で希塩酸による洗浄を行ったものでは、未焼成のタケではカリウムが 30%程度まで減少していたものの、焼成温度が上がるにつれ脱カリウム効果は失われ 400℃焼成では 55%と、ほとんど洗浄効果が得られなかった。加えて塩素についても未焼成のものでは希塩酸洗浄により 1.7%まで低減できたが、焼成温度が上がるにつれ塩素含有率は高くなり 400℃焼成ではタケ本来の含有率（未洗浄、未焼成の 5.5%）より高い 7.6%まで上昇していた。これは洗浄に使った希塩酸に含まれる塩素イオンが炭化物に吸着したからではないかと考えられる。

灰化率については現在分析中であるため、結果が出次第追って報告したい。

今回の検討では半炭化処理と希塩酸による洗浄を組み合わせることで、タケからの脱カリウム効率を改善することを目的としていたが、試験の結果はこの目論見とは全く反対の結果となり、炭化処理は脱カリウム効率を悪化させるばかりでなく、塩素の吸着効果ももたらし、燃料としての質を下げることを示された。

参考文献

- 1 須原弘登, 小田久人. (2014) スギ木部などの半炭化処理による燃料化の検討. 第 64 回日本木材学会大会 講演要旨集 CD-ROM
- 2 Shankar Tumuluru J., Sokhansanj S., Hess J.R., Wright C. T., Boardman R. D. (2011). A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications. *Industrial Biotechnology*, 7(5), 384-401.

2-7 研究発表(誌上)

発行年月	書籍名	氏名	題名	掲載頁
2019年5月	molecules (IF 3.060)	Dedi Satria Sonam Tamrakar Hiroto Suhara Shuhei Kaneko Kuniyoshi Shimizu	Mass Spectrometry-Based Untargeted Metabolomics and α -Glucosidase Inhibitory Activity of Lingzhi (<i>Ganoderma lingzhi</i>) During the Developmental Stages	vol24 Issue11 2044
2019年6月	林業みやざき 4・5・6月 No.558	材料開発部	オビスギ精油の草本類への成長阻害効果について	p.10-11
2019年8月	林業みやざき 7・8月 No. 559	木材加工部	構造用集成材の生産における県産ヒノキ材の強度性能評価	p.10-11
2019年10月	木材工業 10月 Vol.74 No.10	鈴木利亮	宮崎県木材利用技術センターにおける市町村との連携	p.422-423
2019年10月	林業みやざき 9・10月 No.560	構法開発部	県産スギ平行積層集成板を使用した小規模建築物用耐力壁の開発について	p.10-11
2019年11月	会誌 第53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 —新たな木質材料の開発(Ply Core CLT)について—	p.51
2019年12月	林業みやざき 11・12月 No.561	材料開発部	スギ材の調湿性能について	p.10-11
2020年1月	木材工業 1月 Vol.75 No.1	荒武志朗 松元明弘 椎葉 淳	スギ大径材から得られた心去材の曲げクリープ(第1報) 材せい面を柱目取りとした平角材について	p.16-22
2019年3月	林業みやざき 1・2・3月 No.562	木材加工部	乾燥材の使用と住宅の性能	p.12-13
2020年3月	木材工業 3月 Vol.75 No.3	中谷 誠 森田秀樹 水久保孝秀	宮崎県木材利用技術センターにおける産学官連携の事例紹介	p.132-135
2020年3月	公立林業試験研究機関研究成果集 No.17	平群雄二	スギの調湿性能に関する研究	p.55-56
2020年3月	木材保存 Vol.46 No.2(2020)	美戸 司	宮崎県における木材の海外輸出への取組	p.110-112

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(口頭)

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨頁
2019年9月	2019年度日本建築学会大会(北陸)	金沢市	大坪祐介 森 拓郎 中谷 誠 小谷竜城	ラグスクリューボルト接合部の引き抜き時における応力伝達機構 その1 実験による検討	CD-ROM
2019年9月	2019年度日本建築学会大会(北陸)	金沢市	中谷 誠 森 拓郎	生物劣化したドリフトピン接合の支圧強度と超音波伝播速度の関係	CD-ROM
2019年9月	第26回日本木材学会九州支部大会	宮崎市	東崎無我 須原弘登	スギ精油のチャバネゴキブリ(<i>Blattella germanica</i>)に対する忌避効果	ウェブ閲覧
2019年9月	第26回日本木材学会九州支部大会	宮崎市	田中 洋 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(1)ー曲げ強度性能ー	ウェブ閲覧
2019年9月	日本木材加工技術協会 第37回年次大会	広島市	大坪祐介 森 拓郎 中谷 誠	ラグスクリューボルト接合部の応力分布における考察	p.15-16
2019年11月	第29回日本MRS年次大会	横浜市	S.Aratake A.Matsumoto M.Nakatani H.Kato T.Tsuchimoto Y.Ohase and W.Ishihara	Bending Creep of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D.Don) and Karamatsu (<i>Larix kaempferi</i>) (Lamb.) Carriere) Dimensin Lumber for Wood Frame Construction -in the case of mechanically grained members-	ウェブ閲覧
2020年3月	第423回生存圏シンポジウム 令和元年度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	中谷 誠 須原弘登 森 拓郎 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.15-16
2020年3月	第423回生存圏シンポジウム 令和元年度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	須原弘登 中谷 誠 吉村 剛 森 拓郎	シロアリによるスギ材の食害促進物質の探索	p.23-24
2020年3月	第59回日本建築学会九州支部 研究発表会	熊本市	伊藤大貴 重光紗杜 井上樹里也 森達登 田中圭 中谷誠 森拓郎 腰原幹雄	接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究(その21)大断面集成材に接合金物を複数本配置した場合の引抜き性能	CD-ROM
2020年3月	第59回日本建築学会九州支部 研究発表会	熊本市	重光紗杜 伊藤大貴 井上樹里也 森達登 田中圭 中谷誠 森拓郎 腰原幹雄	接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究(その22)大断面集成材に接合金物を複数本配置した場合のモーメント抵抗性能	CD-ROM
2020年3月	2019年度日本建築学会中国支部 研究発表会	広島市	大坪祐介 森拓郎 中谷誠 小谷竜城	ラグスクリューボルト接合部の応力伝達機構に関する研究	CD-ROM
2020年3月	2019年度日本建築学会中国支部 研究発表会	広島市	黒塚ひとみ 森拓郎 北守顕久 中谷誠	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 ドリフトピン接合の長期計測結果	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
2019年9月	第26回日本木材学会九州支部大会	宮崎市	松元明弘 森田秀樹 小田久人	県産ヒノキによる構造用集成材及び直交集成板の製造(1)ーヒノキラミナの等級区分ー	ウェブ閲覧
2019年9月	日本木材加工技術協会 第37回年次大会	広島市	森田秀樹 中谷 誠 藤元嘉安 姜 錫求 村杉孝一 黒木 誠 橋口博美 外山 均	Ply Core CLTのせん断及び縦圧縮性能	p.83-84
2020年3月	第70回日本木材学会大会	鳥取市	松元明弘 荒武志朗 中谷 誠 加藤英雄 槌本敬大 荒木博章 野口琢郎	スギ大径材から得られた心持ち及び心去り平角材の水平非平衡下における曲げクリープ	ウェブ閲覧
2020年3月	第70回日本木材学会大会	鳥取市	田中 洋 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(2)ーせん断強度性能ー	ウェブ閲覧
2020年3月	第70回日本木材学会大会	鳥取市	荒武志朗 松元明弘	水平非平衡下におけるスギCLTの曲げクリープ	ウェブ閲覧
2020年3月	第70回日本木材学会大会	鳥取市	田中 圭 伊藤大貴 重光紗杜 井上樹里也 森 達登 中谷 誠 森 拓郎 腰原幹雄	大断面集成材に接合金物を複数本配置したGIR接合部の引抜き性能	ウェブ閲覧
2020年3月	第70回日本木材学会大会	鳥取市	中谷 誠 荒武志朗 大坪祐介 森 拓郎 田中 圭	ラグスクリーボルト接合の長期強度性能の解明ー引張強度と荷重継続時間の関係ー	ウェブ閲覧

注1 共同研究者の所属は省略しています。