

研究課題名：土木・公園・建築資材への利用技術の開発

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：越智俊之・池淵 隆

予算区分：県単

研究期間：平成 15～18 年度

1. 目 的

島根県の森林・林業の最重要課題の一つが、間伐の一層の推進とその間伐材の利用促進である。間伐実施率については、「島根県間伐推進基本方針（平成 11 年度策定）」において目標とされていた数値 50%を平成 14 年度にクリアしたが、間伐材利用率は目標 37%に対して 16%と低い状況であった。そのため、平成 16 年 4 月に策定された「新しまね森林・林業活性化プラン」においても、間伐実施面積および間伐材利用量の目標数値が掲げられており、間伐の実施と間伐材の利用促進が唱えられている。特に間伐材の利用については、平成 16 年度～25 年度の 10 年間に 278,000 m³を利用することを目標に掲げている。

そこで、間伐材の需要拡大が大いに期待できる土木・公園等の公共土木用資材の利用状況や劣化状況を調査し、既存の製品の耐久性や問題点を明らかにする。また、屋外での使用に耐えられるような耐朽性向上技術の検討を行う。本研究で得られた成果は、平成 17 年 3 月に策定された「島根県公共土木工事木製構造物等設計指針」に反映され、さらなる間伐材の利用促進につながる。

2. 方 法

1) 野外杭試験

平成 16 年度に屋外暴露試験地に設置した野外杭について、各グループ 10 本引き抜き、目視による被害度の判定、ピロディンを使用した打込抵抗法および FAKOPP を使用した応力波伝播法による測定を行った。また、野外杭の地上部、地際部および地下部から長さ 90 mm の縦圧縮試験体を採取し、縦圧縮試験を行った。

2) 劣化状況調査

公園等に設置されている防腐処理された防護柵や階段工を対象に劣化状況調査を実施した。調査項目は、目視による被害度の判定、打込抵抗法および応力波伝播法による測定を行った。

3) 注入試験

径 100 mm、長さ 1,900 mm のスギ丸棒に加圧条件 0.98Mpa、加圧時間 1 時間または 2 時間の処理条件で注入試験を実施した。注入処理後、1 日間屋内で乾燥し、注入処理後の重量を計測した。

3. 結果の概要

1) 野外杭試験

屋外暴露試験開始 1 年であるため、野外杭には腐朽の兆候が認められなかった。また、各グループの打込抵抗法および応力波伝播法での測定結果にも差は認められなかった。

縦圧縮強度においても、初期強度に比べて強度低下を認めることはできなかった。

2) 劣化状況調査

県内 4 箇所の施工現場で合計 218 本の防腐処理された木製構造物について調査を行った。調査が少数が不十分ではあるが、防腐処理された木製構造物の劣化状況は、写真 1 および写真 2 に示すよ

うに、施工後の経過年数よりも施工状況や施工場所によって異なる可能性があると思われる。



写真1 施工後10年経過



写真2 施工後11年経過

また、目視被害度の増加にともなって、ピロディン打込深さが増加する傾向が認められた（図1）。

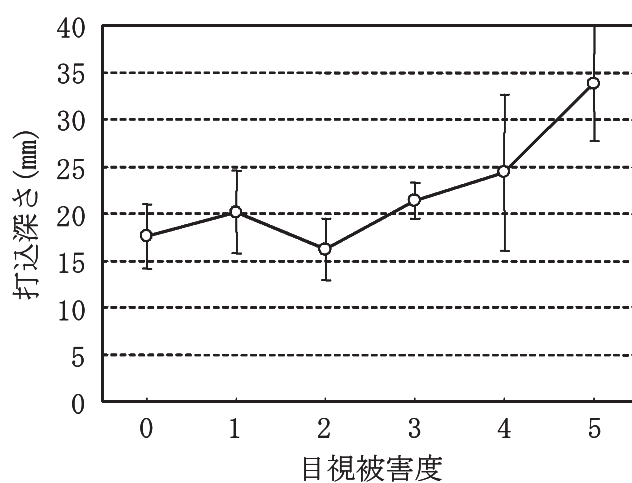


図1 目視被害度とピロディン打込深さ

3) 注入試験

加圧時間の違いによる注入量には差が認められなかった。

今後は、注入処理を施したスギ丸棒を屋外暴露し、実大強度試験を実施する予定である。

研究課題名：スギ材の異樹種・異種材料との複合化技術の開発

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：後藤崇志・越智俊之

予算区分：県単

研究期間：平成15～17年度

1. 目的

建築分野では平成10年に建築基準法が性能規定化され、平成12年には住宅の品質確保の促進等に関する法律が施行された。また、住宅建築ではプレカットが普及したことにより、構造用部材は強度性能が明確で寸法変化が小さいものが求められている。

本県の林業・木材産業では、人工林の4割を占めているスギ材の構造用部材としての利用が期待されている。しかし、スギ材は含水率が高く強度性能のバラツキが大きいため、構造用部材として利用するにはその規格が均一化しにくい。

そこで、本研究ではスギ材を集成化技術により構造用部材（横架材）としての利用拡大を図ることを目的とし、強度性能の高い県産アカマツラミナと強度等級が低めのスギラミナによるアカマツ－スギ異樹種集成材を製造し、曲げ性能や接着性能の評価を行って強度性能等の品質を明確にする。

2. 方法

1) ラミナの製造と強度等級区分

スギ丸太は末口直径20cm×材長3m丸太を34本、末口直径28cm×材長4m丸太を20本供試した。アカマツ丸太は末口直径28cm×材長4m丸太を26本供試した。丸太は打撃音法により動的ヤング係数（Efr）を計測した後、ラミナに製材し人工乾燥により含水率を約10%に調整した。各ラミナは乾燥の前後にEfrを計測し（写真1）、乾燥後のEfr値によってラミナの強度等級を行った。

2) ラミナのフィンガージョイント

乾燥したラミナは狂いや節等を除去した後、垂直型フィンガージョイント（FJ）加工を施した。フィンガー長は12.4mmである。そして、FJ部にレゾルシノール樹脂接着剤（㈱オーシカ製D-33N）を塗布して同等級ラミナ同士をたて継ぎ加工した。製造したFJラミナは、寸法を幅123×せい33×材長4,100mmに加工してEfrを測定しFJラミナの強度等級区分を行った。

3) 異樹種集成材の製造

FJラミナを集成接着して集成材を製造した。集成材は7プライとし、最外層から2層にアカマツラミナを構成し内層3層にスギラミナを構成した集成材（2AS異樹種集成材）を14体、最外層のみアカマツラミナを構成し内層5層にスギラミナを構成した集成材（AS異樹種集成材）を12体、その他アカマツ集成材5体とスギ集成材14体を製造した。集成接着はレゾルシノール樹脂をラミナに両面塗布して24時間冷圧した。集成材は養生後に寸法を幅120×梁せい210×材長4,050mmに仕上げ性能評価を実施した。

4) 異樹種集成材の性能評価

性能評価は、各集成材のEfrを測定した後、構造用集成材の日本農林規格（JAS）に準じて通直集成材の実大曲げ試験（写真2）、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験等を行った。

3. 結果の概要

1) 乾燥ラミナおよびFJラミナの強度等級区分

供試丸太のEfrはスギ3m丸太6.87GPa（標準偏差1.44）、スギ4m丸太7.08GPa（同1.54）、アカマツ丸太10.62（同1.98）となり、一般的な丸太と同様な値であった。乾燥したラミナのEfrは、スギ3mラミナ7.57GPa（標準偏差1.80）、スギ4mラミナ7.71GPa（同1.84）、アカマツラミナ11.85GPa（同2.92）であり、丸太のEfrと同様な分布傾向を示した。

各FJラミナの強度等級区分結果を示す（図1）。最頻度等級はスギFJラミナでL70、アカマツFJラミナでL125となった。スギ3m丸太から製造したスギFJラミナの強度等級の分布は、スギ4m丸太から製造したラミナと比較してL50、L60等級が多くなっていることが分かる。これは、スギ3m丸太は節等が多く等級の低い丸太であったことが影響したものと考えられる。

2) 異樹種集成材の性能評価

各集成材のEfrを計測した結果、2AS異樹種集成材10.50GPa（標準偏差1.14）、AS異樹種集成材9.83GPa（同0.90）、アカマツ集成材11.20GPa（同0.67）、スギ集成材7.90GPa（同1.06）であった。実大曲げ試験の結果、各集成材ともJASに準ずる性能が得られた。

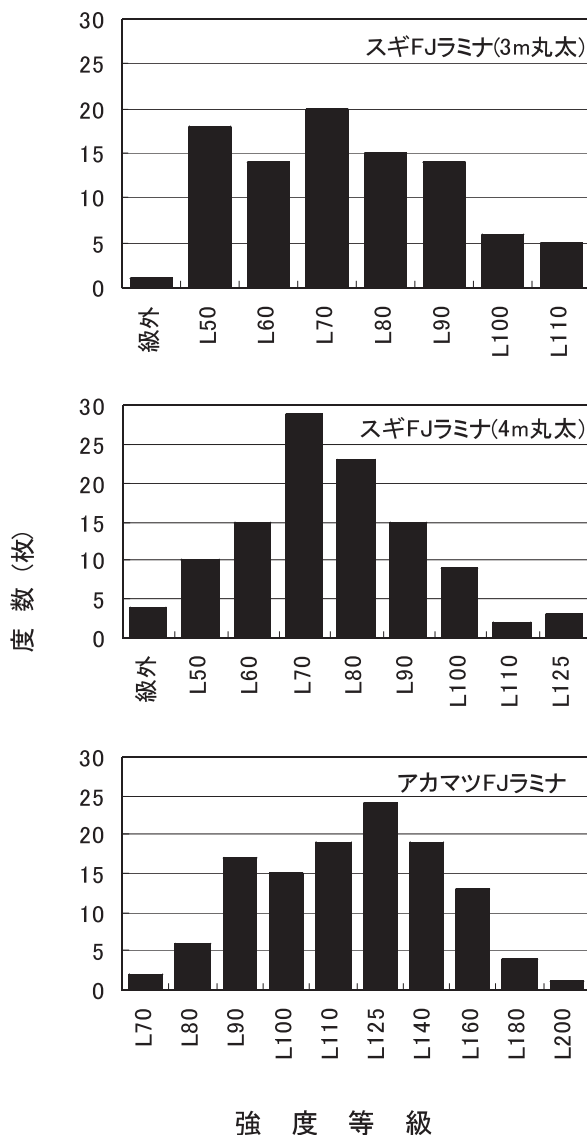


図1 FJラミナの強度等級区分結果



写真1 打撃音法によるラミナの強度等級区分



写真2 集成材の曲げ試験

研究課題名：針葉樹合板，LVL 等の効率的製造技術の開発

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：後藤崇志・池淵 隆

予算区分：県単

研究期間：平成 15～17 年度

1. 目 的

林業・木材産業では，スギ間伐材等の針葉樹中小径材の利用技術の開発が求められている。近年では，新たな利用方法としてスギ丸太の単板化による合板等への利用が進められている。

コナラ材は本県広葉樹蓄積量の 3 割以上を占め，チップ用材，シイタケ原木等として利用されてきた。しかし，近年それらの需要が減少したため木材チップ業者等から住宅用部材をはじめとするコナラ材の新しい利用技術の開発が求められている。

そこで，本研究ではコナラ材を住宅用部材へ有効に利用するため，コナラ丸太から単板を製造し，スギ単板との複合化による異樹種複合 LVL の製造と強度性能，接着性能等の評価を行った。

2. 方 法

1) 供試単板

スギおよびコナラ単板は，鳥根県合板協同組合浜田針葉樹工場（浜田市治和町）で製造した厚さ 3 mm のロータリー単板を供試した。各単板は割れや波うち等の少ないものを選別し，寸法を幅 430 × 長さ 850 (mm) に加工して積層接着を行った。

2) 異樹種複合 LVL の単板構成および積層接着

LVL は単板積層数を 15 プライとし，単板構成は表 1 に示す 7 通りとした（図 1）。積層接着は水性高分子イソシアネート樹脂接着剤（㈱オーシカ製 鹿印ピーアイボンド 6000）を単板に両面塗布し，100℃で 23 分間熱圧縮した。その後，2 週間以上養生して性能評価試験体用に小割した。

表 1 製造した LVL の単板構成

タイプ	単 板 構 成		
15K	全層コナラ15プライ		
6K3S	外層コナラ 6 プライ	— 内層スギ 3 プライ	— 外層コナラ 6 プライ
4K7S	外層コナラ 4 プライ	— 内層スギ 7 プライ	— 外層コナラ 4 プライ
2K11S	外層コナラ 2 プライ	— 内層スギ11プライ	— 外層コナラ 2 プライ
15 S	全層スギ15プライ		
4S7K	外層スギ 4 プライ	— 内層コナラ 7 プライ	— 外層スギ 4 プライ
2S11K	外層スギ 2 プライ	— 内層コナラ11プライ	— 外層スギ 2 プライ

3) 異樹種複合 LVL の性能評価

異樹種複合 LVL の性能評価は曲げ試験と接着性能試験を行った。曲げ試験は日本工業規格（JIS Z 2101-1994）の木材の曲げ試験方法に準じ，LVL の寸法を幅 40 × 梁せい 40 × 材長 640 mm，スパン 560 mm として各 LVL 30 体以上を試験した。接着性能試験は，構造用 LVL の日本農林規格に準じ，浸せきはく離試験と煮沸はく離試験を各 LVL 3 体ずつ試験した（写真 1）。

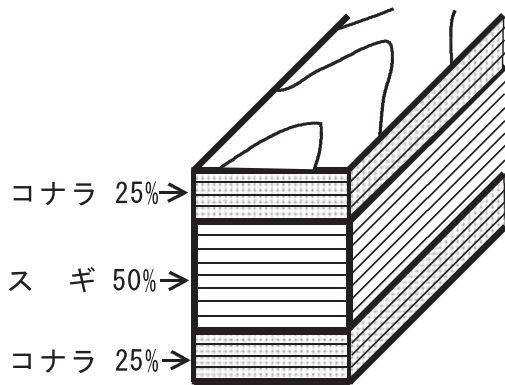


図1 異樹種複合LVL (4K7Sタイプ)の単板構成方法



写真1 LVLの浸せきはく離試験

3. 結果の概要

1) 異樹種複合LVLの曲げ試験結果

異樹種複合LVLの曲げ試験結果を示す(図2)。外層にコナラを構成したLVLは、コナラの構成量が増加すると曲げヤング係数と曲げ強度が高くなり、15SタイプのLVLより曲げヤング係数と曲げ強度とも大きく向上することが分かる。4K7SタイプのLVLは15Kタイプあるいは6K3SタイプのLVLと同等の曲げヤング係数10.64GPa(標準偏差0.33)が得られることが明らかとなった。

2) 異樹種複合LVLの接着性能試験結果

異樹種複合LVLの接着性能試験の結果、浸せきはく離試験および煮沸はく離試験ともJASの基準を満たす性能が得られることが分かった。異樹種複合LVLは、浸せきあるいは煮沸処理により単板の裏割れの拡大によって特に幅方向の寸法変化が大きくなることが分かった。

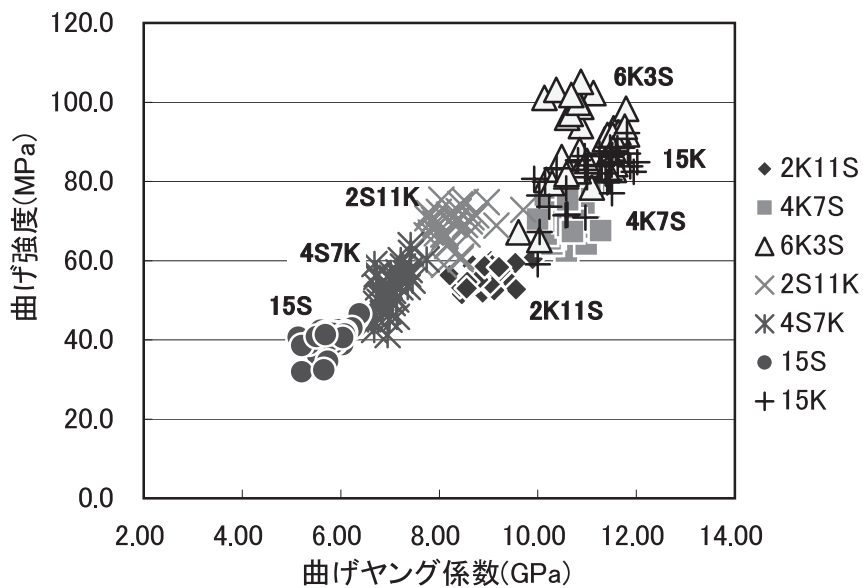


図2 各LVLの曲げヤング係数と曲げ強度との関係

研究課題名：丸太，製材品の燻煙熱処理・燻煙乾燥技術の確立

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：池淵 隆，後藤崇志

予算区分：県単

研究期間：平成 15～17 年度

1. 目 的

丸太含水率の低減（乾燥前処理）と製材歩留まりの向上を目的とした，丸太材積にして 100 m³規模の燻煙熱処理施設が稼働している。

丸太の燻煙熱処理の課題として，地元製材業者は熱による強度性能への影響を懸念していたため，平成 15 年度に燻煙熱処理および未処理丸太から製材したスギ正角材の曲げおよび短柱の縦圧縮試験を実施した。また，化粧面からの評価で重視されるスギ正角材の材面割れについては，より一層の割れ防止を図る必要があったため，平成 16 年度には正角材に背割り加工を施し材面割れの発生防止を検討した。あわせて，燻煙熱処理施設は製材品の燻煙乾燥施設としても応用できると考えられたため，スギ板材の燻煙乾燥試験を実施した。平成 17 年度にはコナラ丸太を燻煙熱処理し，燻煙熱処理による含水率の低減効果，製材歩留まりの向上効果および板材に製材後の乾燥過程における形質変化等を調査した。

2. 方 法

1) 広葉樹丸太の燻煙熱処理による含水率の低減効果と製材後の板材の形質変化

- ①県産コナラ丸太 20 本（径級 24～32 cm，材長 4.2 m）を購入し，長さ方向の中心部から厚さ 3 cm の円盤を採取し，全乾法により初期含水率を測定した。
- ②4 m 丸太 20 本を 2 m ずつに裁断する際，元口部からの 2 m 材と末口部からの 2 m 材が 10 本ずつになるように分け，一方を燻煙熱処理用，他方を未処理用とした。
- ③燻煙熱処理用丸太，未処理用丸太それぞれ 20 本ずつの径級，曲りおよび節等の外観特性を測定した。
- ④燻煙熱処理用丸太 20 本を処理施設で熱処理した（写真 1）。
熱処理前後の重量変化から含水率の低減効果を調査した。
ただし，熱処理は委託ため，スギ丸太と混合している。
- ⑤燻煙熱処理丸太，未処理丸太各 20 本の重量を測定後，厚さ 3 cm の板にだら挽きし製材歩留まりを測定した（写真 2）。
- ⑥燻煙熱処理丸太，未処理丸太から製材したそれぞれのひき板の曲り，縦ぞり，幅ぞり，ねじれ，材面割れおよび収縮率等を製材後，天然乾燥後および人工乾燥後に測定し，燻煙熱処理による効果を把握した。



写真1 燻煙熱処理後のコナラ丸太



写真2 燻煙熱処理丸太から製材したコナラ板

3. 結果の概要

1) 丸太の含水率の低減効果と板材の形質変化

- ①コナラ丸太の燻煙熱処理は平成17年11月11日～17日間のうち6日間、日中のみ製材端材を燃焼室で燃焼させ、その燃焼ガスを熱処理室内に送り込む間けつ運転により行った。燻煙熱処理丸太は熱処理室内の温度が低下するまでにさらに1日間養生した後出材した。
- ②熱処理前のコナラ丸太20本の平均含水率は69.1%であったが、燻煙熱処理後の平均含水率は61.2%となり、燻煙熱処理効果がわずかではあるが認められた。
- ③だら挽き後の製材歩止まりは、未処理丸太が64.2%、熱処理丸太が63.0%となり同程度であったが、製材時のひき板の挽き曲りは熱処理した丸太の方が小さいようであった。

研究課題名：県産スギ梁・桁材の強度性能評価

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：越智俊之・池淵 隆

予算区分：県単

研究期間：平成15～17年度

1. 目的

かつて、県内の木造住宅の梁・桁材には地マツ（アカマツ）が用いられていた。しかし、マツ資源の減少等に伴って、ベイマツ等に代替されるようになり、現在ではベイマツ利用が主流となっている。一方で、スギの中・大径材も原木市場に流通するようになり、地元の設計士や工務店において梁や桁材としてスギを使用する事例が見られるようになってきた。

しかし、設計士や工務店がスギを梁・桁材に使用する際の課題として、アカマツやベイマツと比較して、スギの強度性能が不明確な点が挙げられる。現状では、経験的に梁せいを1～2割程度増して設計・施工されているが、この裏付けとなる県産スギ材のデータは未整備である。

スギ梁・桁材の強度性能データを整備することで、スギの信頼性を高め、設計士や工務店だけでなく製材業者等に対してもスギを梁・桁材として利用してもらうように働きかける。また、梁せいについて、これまでの経験的な利用から客観的なデータに基づく利用を目指す。

2. 方法

平成17年度は、島根県森林組合連合会益田木材共販市場より末口径26cm、材長4mのスギ丸太80本を購入し、縦振動法により丸太の動的ヤング係数（Efr-log）を測定した。縦振動法には、リオン（株）製「精密騒音計NL-14」および日本電気三栄（株）製「シグナルプロセッサDP6102」を使用した。動的ヤング係数の計測後、幅130mm×せい225mmの平角材に製材し、屋外土場にて天然乾燥または蒸気式中温乾燥をそれぞれ40本ずつ行った。乾燥終了後に幅120mm×せい210mmにモルダー仕上げを施し、目視等級区分を行った。また、縦振動法による動的ヤング係数（Efr）もあわせて測定した。今年度の試験材では、天然乾燥と蒸気式中温乾燥の2種類の乾燥方法によって乾燥を行ったことから、実大曲げ破壊試験によって求めた曲げ強度についても検定を行った。

実大曲げ破壊試験は、（株）前川試験機製作所製「IPA-100R-F」を用いて全スパン3,780mmの3等分点4点荷重方式で行い、曲げ強度（MOR）および曲げヤング係数（MOE）を測定した（写真1）。



写真1 実大曲げ破壊試験

3. 結果の概要

試験材の年輪幅の平均値は6.2mm（標準偏差1.2）であった。目視等級区分の結果を図1に示す。1級は27本（33.8%）、2級は48本（60.0%）、3級は5本（6.3%）であり、級外に区分された試験材は認められなかった。

また、モルダー仕上げ後の動的ヤング係数を元に機械等級区分を行った結果、E50は12本(15.0%)、E70は41本(51.3%)、E90は25本(31.3%)、E110は2本(2.5%)となった。

乾燥方法の違いによる曲げ強度の差は認められなかった($p=0.993$)。平角材のEfr、MOEおよびMORの平均値は、それぞれ7.28kN/mm²(標準偏差1.21)、7.34kN/mm²(標準偏差1.24)、37.3N/mm²(標準偏差6.7)であった(表1)。スギ無等級材の基準強度を下回る試験材はなかった。

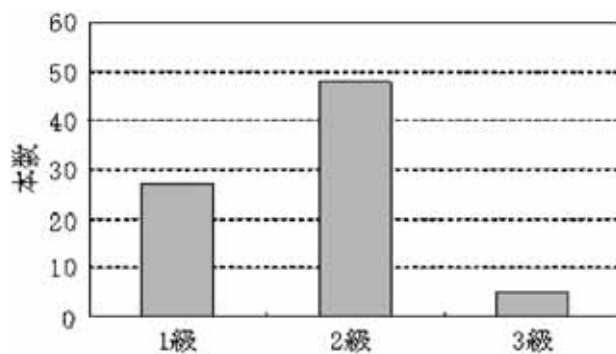


図1 目視等級区分の結果

表1 平角材のヤング係数と曲げ強度

	密度 (kg/m ³)	Efr (kN/mm ²)	MOE (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)
平均値	392	7.28	7.34	37.3
最大値	516	10.21	10.05	52.4
最小値	301	4.32	4.43	23.1
標準偏差	44	1.21	1.24	6.7
変動係数(%)	11.4	16.6	16.9	17.9

曲げ強度と曲げヤング係数の間には相関関係が認められたため、スギ平角材の曲げヤング係数を測定することで曲げ強度を推定することが可能であると言える(図2, $R^2=0.3987$)。また、平角材のEfrとMOEの間には強い相関関係が認められた($R^2=0.9057$)。MOEとMORほどの相関関係ではないが、平角材のEfrとMOEの間にも相関関係が認められたため、縦振動法による動的ヤング係数を測定することで曲げ強度をある程度推定することが可能であると言える($R^2=0.3206$)。

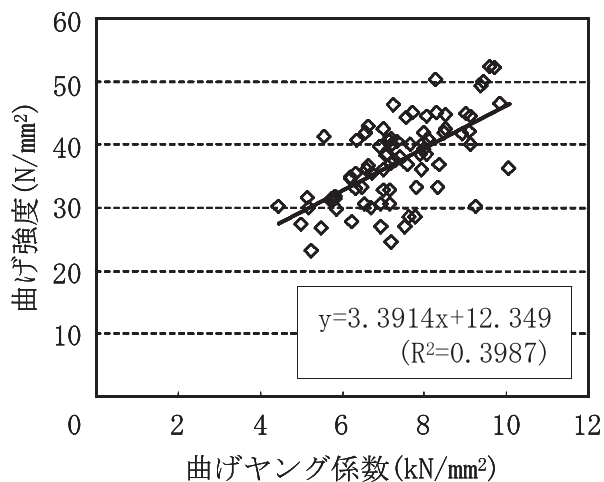


図2 曲げ強度と曲げヤング係数の関係

研究課題名：樹種・材種に応じた最適乾燥技術の開発

担当部署：森林林業部 木材利用グループ

担当者名：池淵 隆，後藤崇志

予算区分：県単

研究期間：平成14～17年度

1. 目的

建築基準法の性能規定化，住宅の品質確保の促進等に関する法律の施行および木造住宅の建築工期の短縮化，機械プレカットの普及等により建築用針葉樹材の乾燥の必要性が急速に高まり，品質・性能が明確な乾燥材の需要が非常に高くなっている。

また，県産材の需要拡大を推進するには，高品質な建築用構造材を低コストで安定供給することが不可欠となっている。

そこで，本研究は，県産スギ正角および平角材を効率的に適正含水率まで乾燥するための乾燥技術を確立し，県産材の品質向上，利用拡大に繋げていく。

2. 方法

1) スギ正角無背割り材（13 × 13 × 350 cm）の高温蒸気乾燥試験

丸太径級φ18～22 cm，長さ4 mのスギ丸太30本を供試材とし，丸太の動的ヤング係数および外観特性（曲り，節，年輪幅等）を調査後，断面寸法13 × 13 cmの正角材に製材した。その後，初期含水率を求めるために，両木口面の20 cm内側の位置から含水率測定用試験片を採取し，長さ350 cmの正角材を乾燥試験した。乾燥条件としては，初期蒸煮12時間（90℃），高温処理24時間（乾球温度120℃，湿球温度90℃），乾燥工程96時間（乾球温度90℃，湿球温度60℃），冷却工程12時間（70℃）とし，乾燥終了後には寸法変化，割れ等を測定するとともに全乾法で乾燥後の含水率を測定した。

2) スギ正角無背割り材（13 × 13 × 300 cm）の高温セット乾燥試験

丸太径級φ18～22 cm，長さ3 mのスギ丸太50本を供試材とし，丸太の動的ヤング係数および外観特性（曲り，節，年輪幅等）を調査後，断面寸法13 × 13 cmの正角材に製材した。乾燥条件としては，初期蒸煮12時間（温度95℃），高温セット処理24時間（乾球温度120℃，湿球温度90℃），冷却工程12時間（70℃）とし，高温セット処理後から天然乾燥（期間…6ヶ月）を行い寸法変化，割れ等の経時変化を測定した。

3. 結果の概要

1) 高温蒸気乾燥試験

スギ正角材の初期含水率の平均値は79.6%（34.0～167.8%の範囲）であったが，上記乾燥条件で乾燥試験を行った結果，平均値は20.4%（6.2～46.8%の範囲）で初期含水率が低い正角材ほど仕上がり含水率も低い結果となり，平成16年度と同様，乾燥開始時の仕分け（含水率又は重量選別）が重要であることが分かった（図1）。また，本乾燥条件で乾燥した正角材のうち，初期含水率が平均値（約80%）を超えていた供試材（約3割）の全てで乾燥試験後の含水率は25%以上（G）であったが，残りの約7割が含水率20%以下という結果になった（図2）。

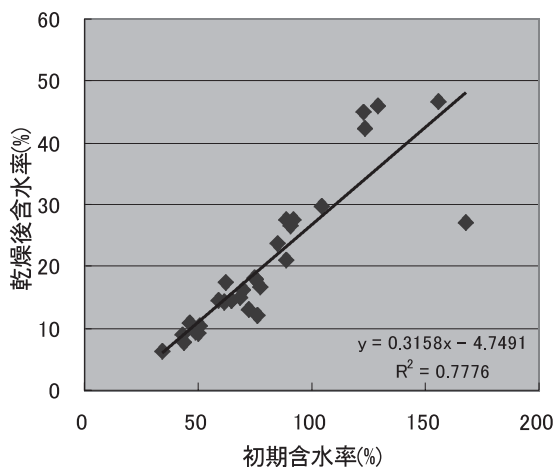


図1 高温乾燥前後の含水率の関係

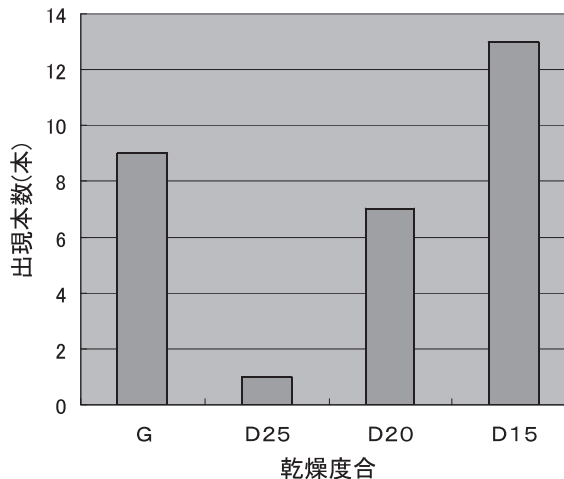


図2 高温乾燥後の乾燥材出現割合

2) 高温セット乾燥試験

スギ正角材の初期含水率の平均値は92.2% (51.1～139.4%の範囲)であったが、上記セット条件で乾燥試験を行った結果、セット後の含水率平均値は36.5% (16.6～71.9%の範囲)となった。セット終了後6ヶ月間 (平成17年4月～9月) 天然乾燥を行い含水率の低下割合を把握した結果の一例を図3に示す。初期含水率の違いによってセット後の含水率低下に違いが認められ、供試材全数のうちセット後の乾燥度合が20%以下のものは2本しか認められなかった。しかし、セット後養生期間 (天然乾燥) をとることにより乾燥コストを抑えて目標とする含水率 (20%以下) まで減少できることが確認できた。ただ、高温セットによる材面割れおよび内部割れの抑制は十分ではなかったため今後の検討課題としたい。

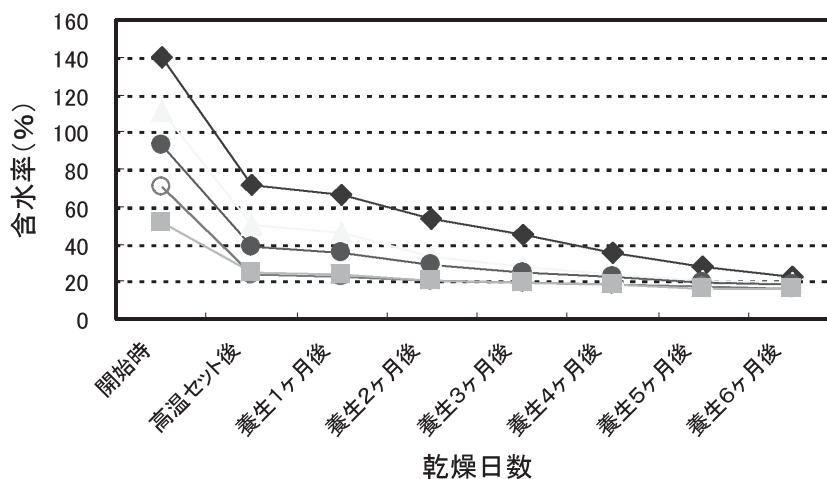


図3 高温セット後養生中の乾燥経過

平成 17 年度 研究成果概要集 第 3 号

編集・発行 島根県中山間地域研究センター
〒 690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島 1207
TEL (0854) 76 - 2025(代)
FAX (0854) 76 - 3758

印刷所 株式会社 島根県農協印刷
〒 690-0044 島根県松江市浜乃木 2 丁目 10 番 52 号
TEL (0852) 21 - 3476(代)
FAX (0852) 21 - 3866

