

## 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：農林技術部 木材利用グループ

担当者名：越智俊之・藤田 勝

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は、間伐の一層の推進と間伐材の利用促進である。間伐実施率は、「島根県間伐推進基本方針（平成 11 年度策定）」の目標数値 50%を平成 14 年度に達成したが、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「新しまね間伐推進基本方針」でも、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、間伐実施と間伐材の利用促進が唱えられている。特に間伐材の利用は、平成 16～25 年度の 10 年間に 278,000m<sup>3</sup>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、現場で実施できる劣化診断方法についての検討も行う。本研究の成果は、「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を各グループ 10 本引き抜き、目視による被害度（表－1）、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 90mm の縦圧縮試験体を採取し、縦圧縮試験を行った。

表－1 目視による被害度の区分

被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	全面的に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえに部分的に激しい虫害または腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形がくずれる

#### 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、ピロディンによる打込抵抗法および FAKOPP による応力波伝播法による測定を行った。

### 3. 結果の概要

#### 1) 野外杭試験

設置後 2 年が経過し、地際部に腐朽の徴候の認められるものもあった。しかし、ピロディン打ち込み深さおよび応力波伝播速度の測定値を、前年度の測定値と比較したところ、差は認められなかった。ま

た、縦圧縮強度についても差は認められず、腐朽による強度低下は生じていないといえる。

## 2) 劣化状況調査

県内4箇所において、合計107本の防腐処理された木製防風柵を調査した。施工年度は、平成10年～14年であり、目視での診断では腐朽は認められなかった(写真-1)。



写真-1 木製防風柵

## 4. 今後の計画

木材の腐朽は長期間にわたって生じる現象であるため、試験期間内では野外杭試験は調査が完了していない。そのため、野外杭試験については今後も継続して調査を行い、腐朽の進行や強度劣化等のデータを収集し、適宜関係機関に情報提供をすることで県産材の土木部門での利用拡大を図る。

**研究課題名 : スギ構造用製材の高品質乾燥技術の確立と強度性能評価**

担当部署 : 農林技術部 木材利用グループ

担当者名 : 藤田 勝・後藤崇志

予算区分 : 県単

研究期間 : 平成 18~20 年度

---

## 1. 目的

平成 10 年の建築基準法の一部改正による建築基準の性能規定化, 平成 12 年の「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行, 木造住宅のプレカット化の進展等により, 構造用製材に対する品質管理(含水率, 割れ・狂い等の欠点)・寸法精度・強度性能の明確化等の要求が一段と高まっている。木造建築分野における県産スギ材の需要拡大を図るためには, 需要者ニーズに対応した品質・性能が明確な乾燥材の生産拡大が最重要課題である。

本研究は, スギ構造用製材の乾燥材としての品質確保, 乾燥コストの低減及び乾燥処理時間の短縮化のため, 乾燥初期の高温セット処理と各種乾燥法を組み合わせた高品質乾燥材の生産技術を確立することを目的とする。

## 2. 方法

### 1) スギ正角無背割り材の乾燥前重量選別実施高温乾燥試験

平成 18 年 3 月飯石森林組合から購入した丸太径級  $\phi 18\sim 22$  cm, 材長 4 m のスギ丸太 100 本を供試材とし, 丸太の動的ヤング係数及び外観特性(曲り, 節, 年輪幅等)を調査後, 寸法  $13\times 13\times 400$  cm の正角材に製材した。

次に, 初期含水率を求めるために両木口面から 20 cm 内側の位置より含水率測定用試験片を採取した後, 材長 350 cm に調製した試験材について重量, 寸法, 含水率計含水率, 材面割れ等(以下「重量・寸法等諸特性」という)及び動的ヤング係数を測定した。

供試用試験材 100 本を重量選別し, 重量の軽いグループと重いグループそれぞれ 50 本ずつに分けて, 表-1 の乾燥条件で乾燥試験を行い, 以後グループごとに次のとおり測定・調査を実施した。

乾燥終了後の動的ヤング係数及び重量・寸法等諸特性を測定し, さらに両木口面から 20 cm 内側の位置より含水率測定用試験片を採取して, 人工乾燥後の含水率を全乾法で測定した。

含水率測定後の材長 300 cm に調製した試験材を室内で養生し, 重量・寸法等諸特性の経時変化を概ね 1 カ月おきに測定した。経時変化が落ち着いた養生開始 3 ヶ月後の時点で重量・寸法等諸特性を測定し, 両木口面から 20 cm 内側の位置より含水率測定用試験片を採取して, 養生終了後の含水率を全乾法で測定した。

含水率測定後の材長 250 cm に調製した試験材について, 両木口面の内部割れ(個数, 長さ, 最大幅)を測定した後, 試験材をモルダーで  $12\times 12\times 250$  cm の正角材に加工した。この試験材の動的ヤング係数, 年輪幅, 重量・寸法等諸特性を測定した後, 実大曲げ試験を行い曲げヤング係数及び曲げ強度を求めた。

### 2) スギ正角無背割り材の高温乾燥試験

平成 18 年 10 月飯石森林組合から購入した丸太径級  $\phi 18\sim 22$  cm, 長さ 4 m のスギ丸太 80 本を供試材とし, 上記 1) と同じ手順で製材, 測定, 試験材の調整, 重量選別を行った試験材について, 軽いグループの試験材 40 本は表-1 の乾燥スケジュールのうち乾燥工程を 72 時間に, 重いグループ 40 本は同じく

乾燥工程を 144 時間に変更して高温セット乾燥を行った。その後、それぞれのグループごとに1)と同じ手順で乾燥材の特性調査を実施した。

表-1 スギ正角材乾燥スケジュール

時 間 (hr)	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	温 度 差 (℃)	備 考
12	90	90	0	初期蒸煮
24	120	90	30	高温セット
96	90	60	30	乾燥工程
12	0	70		冷却工程

注) 目標仕上がり含水率20%

### 3. 結果の概要

#### 1) スギ正角無背割り材の乾燥前重量選別実施高温乾燥試験

##### ①乾燥終了時点における仕上がり含水率

スギ正角材の乾燥前含水率の平均値は、軽いグループ(乾燥前重量 40 kg未満)は 78.5% (53.6~123.7%の範囲)、重いグループ(同 40 kg以上)は 108.0% (80.7~167.1%の範囲)であった。

それぞれを表-1 の乾燥条件で乾燥試験を実施した結果、乾燥終了時の平均仕上がり含水率は軽いグループは 12.8% (6.6~21.1%の範囲)、重いグループは 19.8% (12.2~40.4%の範囲)となった。軽いグループでは目標含水率 20%以下に達した試験材は 48 本(96%)であったが、重いグループでは 30 本(62%)にとどまった(図-1)。

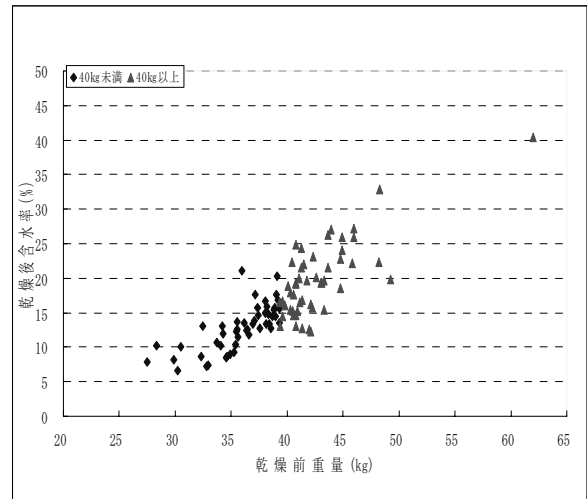


図-1 乾燥前重量と乾燥後含水率(全乾法)との関係

##### ②養生終了時点における曲げ強度試験

養生終了後モルダーで 12×12×250 cmの正角材に加工した試験材について、スパン長をせいひの 18 倍(2,160 mm)とした3等分4点荷重方式で実大曲げ試験を行った。その結果は表-2及び表-3のとおりであった。

乾燥前重量により選別した2つのグループ間において、強度面における著しい差はないと思われる。

表-2 スギ正角材の実大曲げ試験結果(1)

乾燥前重量によるグループ区分	本数	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )				曲 げ 強 さ (N/mm <sup>2</sup> )			
		平均	範囲	標準偏差	平均	範囲	標準偏差		
40kg未満	50	6.81	4.83 - 8.86	1.05	35.6	23.3 - 46.4	5.1		
40kg以上	50	6.52	4.33 - 9.38	0.96	34.7	27.2 - 50.9	5.3		
全 体	100	6.67	4.33 - 9.38	1.01	35.2	23.3 - 50.9	5.2		

表-3 スギ正角材の実大曲げ試験結果(2)

乾燥前重量によるグループ区分	本数	密 度 (kg/m <sup>3</sup> )			含水率(%) <sup>注1)</sup>		
		平均	範囲	標準偏差	平均	範囲	標準偏差
40kg未満	50	417	336 - 540	33	13.8	10.5 - 15.4	1.18
40kg以上	50	412	346 - 456	22	14.8	13.6 - 17.2	0.75
全 体	100	415	336 - 540	28	14.3	10.5 - 17.2	1.11

注1) 全乾法含水率

**研究課題名： 県産スギ構造部材の接合部の強度性能に関する研究**

担 当 部 署： 農林技術部木材利用グループ

担 当 者 名： 越智俊之・後藤崇志

予 算 区 分： 県単

研 究 期 間： 平成 18～20 年度

---

**1. 目 的**

県内の木造住宅に使用される梁・桁といった横架材には外材，特にベイマツが多く使用されている。一方で，島根県のスギ人工林資源は充実してきており，径級が 22～28cm の中目丸太の生産・流通が今後さらに増加するものと思われる。中目丸太は板材などに用途が限られており，新たな用途を開発することが急務である。現在，ベイマツが多く使用されている横架材をスギで代替することができれば，県産材の需要拡大につながる。ベイマツをスギで代替するためには，スギの材料強度と接合強度を把握する必要がある。材料強度については，研究課題（平成 15～17 年度）を設定し，明確化することができ，この研究成果をふまえて「島根県産スギ横架材スパン表」を作成した。

しかし，スギ横架材の接合強度に関する試験は未実施である。そこで，スギ横架材の接合部に関する強度性能評価を実施し，接合部の性能を明らかにする。

**2. 方 法**

- 1) スギ横架材の接合部の実大破壊試験を実施し，接合強度を把握する。
- 2) ベイマツ横架材の接合部の実大破壊試験を行い，接合強度を把握する。
- 3) 乾燥度合の異なるスギ材を接合した接合部の実大破壊試験を行い，乾燥度合が接合部に与える影響について検討を行う。
- 4) 接合部に補助金物を使用した場合の強度性能を把握する。

試験体は，「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」（財）日本住宅・木材技術センター，2001）にもとづき，柱－梁型および梁－梁型の接合試験体を用意し，それぞれ 10 体ずつ試験を行う（写真－1）。



写真－1 接合部破壊試験

## 研究課題名：薬剤処理によるスギ材の難燃化技術の開発

担当部署：農林技術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18～19年度

### 1. 目的

平成10年の建築基準法改正以降、木材の不燃・準不燃化技術の開発に向けた研究が進められており、今後住宅をはじめとして教育、医療施設等の内外装材料として不燃・準不燃化処理したスギ材の需要拡大が期待できる。

本研究では、低毒性の薬剤処理によりスギ材の低コストで汎用性の高い不燃・準不燃化技術の検討と、薬剤処理したスギ材の発熱性（不燃・準不燃性）及び紫外線や風雨に対する耐候性等についての性能評価を行う。まず、薬剤処理条件の検討を行い、次に発熱性試験を行った。

### 2. 方法

#### 1) 薬剤処理条件の検討

試験片は、乾燥したスギひき板（板目板）辺材部から厚さ12×幅60×材長100（mm）の試験片を1条件につき5片調製した。試験片は予備乾燥（60℃、24時間）と真空乾燥（50℃、24時間以上）を行い、全乾重量を測定した後に薬剤処理を行った。

薬剤処理はスギ材の含水率、薬剤の溶液濃度、薬剤中への浸せき時間について10条件設定した（表-1）。含水率は水中浸せきにより60～80%と120～140%に調整し、飽水状態は減圧処理と水中浸せきにより調整した。処理用の薬剤はケイ酸塩溶液にホウ酸を添加したものを濃度100%とし、それに重量比25%の蒸留水を加えたものを濃度75%とした。

含水率調整した試験片は、設定した浸せき時間の条件毎に薬剤中へ浸せき処理した。浸せき処理終了後、固着乾燥（60℃、24時間）と真空乾燥（50℃、24時間以上）を施して薬剤処理後の全乾重量を測定した。そして、薬剤処理前後の全乾重量から無機物の固着量である重量増加率（以下、WPGと略す）を算出した。

#### 2) 発熱性試験

試験片は、寸法が厚さ12×幅100×材長100（mm）のスギひき板（板目板）辺材部を供試し、予備乾燥と真空乾燥を施して全乾重量を測定した後に薬剤処理を施した。

薬剤は濃度100%溶液を用い、減圧加圧処理（減圧1時間及び空気加圧5時間）、浸せき処理（浸せき時間6時間、24時間）の3条件で処理した。処理後、固着乾燥と真空乾燥を行ってWPGを算出し、含水率を12%に調整した後、各条件毎に1試験片を発熱性試験に供試した。発熱性試験はコーンカロリメータ試験（委託試験）を行った。

表-1 薬剤処理条件の概要

含水率 (%)	溶液濃度 (%)	浸せき時間 (h)
60～80	75	12, 24
120～140	75	12, 24
飽水	75	6, 12, 24
飽水	100	6, 12, 24

### 3. 結果の概要

#### 1) 薬剤処理条件とWPGとの関係

各条件で処理した試験片のWPGを図-1に示す。含水率を飽水とし濃度100%溶液で処理すると、いずれの浸せき時間においても高いWPGを示した。

濃度75%溶液での処理は、含水率60~80%ではバラツキがみられるものの、各浸せき時間で含水率が高くなるにつれてWPGも高くなる傾向が認められた。浸せき12時間での含水率とWPGは、60~80%で7.5%，120~140%で6.2%，飽水で9.8%となり、浸せき24時間では、60~80%で11.4%，120~140%で11.5%，飽水で14.7%となっている。含水率が飽水で溶液濃度75%の処理では、各浸せき時間におけるWPGとその含水率との間に高い相関係数 ( $r=0.83\sim0.91$ ) が認められたが、含水率60~80%の処理では相関係数は認められなかった。

処理条件である木材の含水率、溶液濃度、浸せき時間、さらにスギ材の全乾時密度を加えた4つの因子とWPGとの関係を検討した。その結果、各因子とWPGとの相関係数は含水率で0.57、溶液濃度で0.71、浸せき時間で0.44、全乾密度で-0.20となった。溶液濃度と含水率がWPGに強く影響することがわかった。

#### 2) 発熱性試験

発熱性試験に供試した試験片のWPGは処理条件によって異なり、減圧加圧処理で69.8%，6時間の浸せき処理で8.6%，24時間の浸せき処理で20.5%であった。試験片中への薬剤の固定量はそれぞれ  $270.1\text{kg/m}^3$ ， $60.5\text{kg/m}^3$ ， $29.2\text{kg/m}^3$ であった。

発熱性試験の結果(写真-1)，10分間の加熱による各試験片の総発熱量は、減圧加圧処理で28.47 MJ/m<sup>2</sup>，6時間の浸せき処理で48.79MJ/m<sup>2</sup>，24時間の浸せき処理で35.94MJ/m<sup>2</sup>となり、試験片を貫通する割れも発生し十分な防火性能は認められなかった。今後、薬剤の調整条件および含浸処理方法などについて検討を続ける。

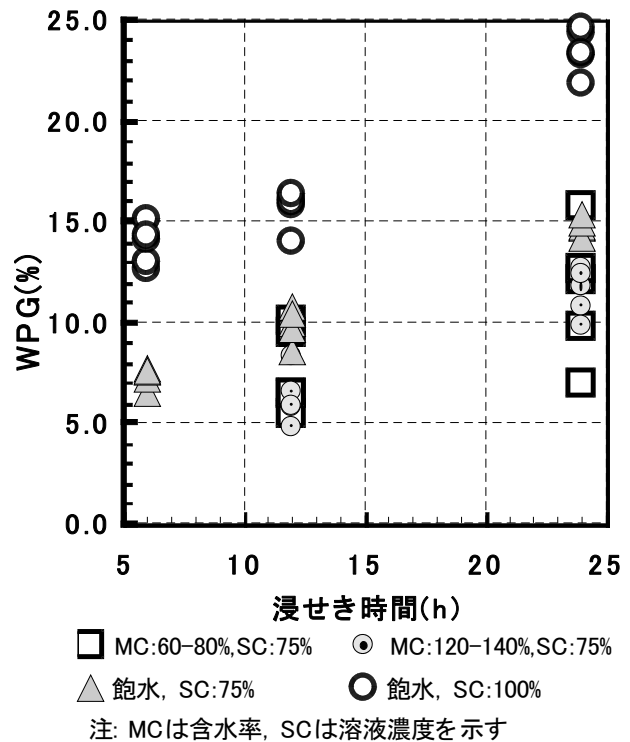


図-1 各処理条件でのWPG

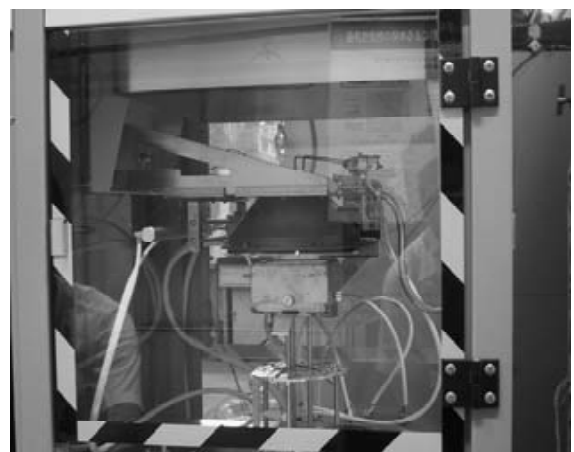


写真-1 コーンカロリメータによる発熱性試験

## 研究課題名：県産針葉樹材を利用したパネル製造技術の開発

担当部署：農林技術部木材利用グループ

担当者名：後藤崇志・藤田 勝

予算区分：県単

研究期間：平成18～20年度

### 1. 目的

3層パネルは、幅はぎ板3枚を各繊維方向が互いに直交するように集成接着した面材料で、寸法変化が小さい構造用の床・壁材料として利用できる特徴がある。

本研究では、異樹種複合3層パネルの製造と性能評価を行い、寸法変化が小さく強度性能が明確な異樹種複合3層パネルの製造技術を確立する。各丸太からの幅はぎ板の製造とその性能評価を行い、次に小寸法の異樹種複合3層パネルを製造して接着性能試験と曲げ試験を行った。

### 2. 方法

#### 1) 丸太からの幅はぎ板の製造

県産スギ、ヒノキ、アカマツ丸太について末口直径280mm、材長はスギとヒノキ4m、アカマツ3mを各15本供試した。丸太は打撃音法による動的ヤング係数（以下、Efrと略す）を測定し、厚さ20×幅120（mm）のひき板に製材して人工乾燥を施した。乾燥したひき板は、板目面の節の出現状態により上小節、大節、抜け節などに目視区分した。あわせて、丸太のEfrに基づいて強度等級区分を行い、目視と強度等級により区分した各等級のひき板を幅はぎ接着した。

幅はぎ接着は、2種類の水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を用い、ひき板10枚を1組として高周波プレスにより圧縮と加熱を行い、その後養生した。

#### 2) 幅はぎ板の曲げヤング係数測定

幅はぎ板は、重錘法により曲げヤング係数（以下、MOEと略す）を測定した（写真－1）。幅はぎ板寸法は厚さ14×幅1,050×材長2,020（mm）、供試枚数はスギ57枚、ヒノキ58枚、アカマツ25枚である。重錘法はスパン1,860mm、荷重は1kgを2点に加える作業を5回行ってMOEを算出した。その後、幅はぎ板の幅寸法を498mmに加工した後、再びMOEの測定を行った。

#### 3) 異樹種複合3層パネルの製造

異樹種複合3層パネルの基礎物性を評価するため、厚さ36×幅498×材長980（mm）の異樹種複合3層パネルを製造した。樹種構成はヒノキースギーヒノキ、アカマツースギーアカマツとし、ヒノキとアカマツの単一樹種構成の3層パネルも製造した。積層接着は、幅はぎ接着と同じ2種類の接着剤を使用し、接着剤を塗布後冷圧により圧縮し1週間養生した。

#### 4) 接着性能試験・曲げ試験

3層パネルは、接着性能試験と曲げ試験を行った。接着性能試験は、優良木質建材等の品質性能評価基準（財団法人 日本住宅・木材技術センター）に準じ、浸せきはく離試験と煮沸はく離試験を行った。曲げ試験は、試験体寸法を厚さ36×幅80×スパン450（mm）として中央集中荷重方式により破壊試験を行った。



写真－1 幅はぎ板のMOE測定



### 3. 結果の概要

#### 1) スギ・ヒノキ・アカマツ丸太のEfr

各丸太のEfrは、スギで7.16GPa（変動係数（以下、*C.V.*と略す）14.1%）、ヒノキで9.34GPa（*C.V.*11.2%）、アカマツで10.40GPa（*C.V.*14.9%）であった。丸太のEfrに基づく強度等級区分は、例えばEfr7.00～7.99を1等級とし、スギとヒノキは5等級、アカマツ6等級に区分した。

#### 2) ひき板の目視区分

各ひき板を目視区分した結果を示す（表-1）。スギとヒノキは上小節が300枚以上出現し、全体の50%以上を占めていた。アカマツでは上小節は少なく、大節が112枚出現して全体の45%を占めていた。

表-1 ひき板の目視区分結果

	上小節 (枚)	大節 (枚)	抜け節 (枚)
スギ	301	147	121
ヒノキ	306	177	104
アカマツ	72	112	64

#### 3) 幅はぎ板のMOEと丸太のEfrとの関係

幅はぎ板のMOEはスギで8.64GPa（*C.V.*16.7%）、ヒノキで11.56GPa（*C.V.*10.7%）、アカマツで12.16GPa（*C.V.*14.5%）となり、Efrよりも15～20%高い値を示すことがわかった。幅はぎ板の幅を498mmとした場合のMOEも同様な傾向を示した。

各丸太の強度等級と幅はぎ板のMOEとの関係を示す（図-1）。丸太の強度等級と幅はぎ板のMOEとの間には、各樹種とも高い相関関係（ $r=0.70\sim0.78$ ）が認められ、丸太のEfrから幅はぎ板のMOEを推定できることが示唆された。

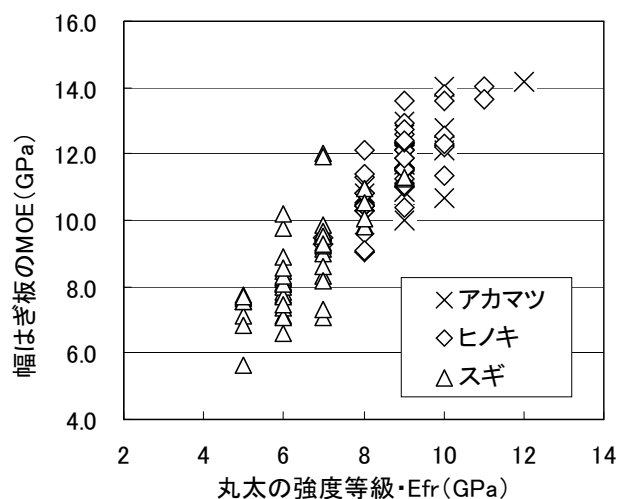


図-1 丸太の強度等級と幅はぎ板のMOEとの関係

#### 4) 接着性能試験・曲げ試験

浸せきはく離試験では、アカマツ単一樹種構成の試験片1体を除く全ての試験片がJAS基準を満たした。煮沸はく離試験では、接着性能に対する接着剤の違いの影響は認められず、異樹種複合3層パネルの合格率が単一樹種構成の場合の合格率と比較して高くなる傾向が認められた。

曲げ試験の結果、異樹種複合3層パネルは単一樹種の3層パネルと比較して、比強度（強度/密度）もほぼ等しく、同等な曲げ性能を有していることがわかった（表-2）。

表-2 異樹種複合3層パネルの曲げ試験結果

樹種構成	気乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	曲げヤング係数(GPa)	曲げ強度(MPa)	比強度
ヒノキ-スギ-ヒノキ	0.44(7.1)	7.49(9.9)	60.8(13.2)	136.7(12.7)
アカマツ-スギ-アカマツ	0.46(6.0)	7.79(9.1)	62.2(9.2)	136.8(7.2)
ヒノキ-ヒノキ-ヒノキ	0.46(9.8)	7.54(9.2)	65.4(7.6)	141.1(20.6)
アカマツ-アカマツ-アカマツ	0.53(5.1)	8.80(8.8)	73.4(10.3)	137.0(11.3)

注：( )内は*C.V.*を示す

## 平成18年度 研究成果概要集 第4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  
T E L (0854) 76-2025(代)  
F A X (0854) 76-3758

印刷所 株式会社谷口印刷  
〒690-0133 松江市東長江町902-59  
T E L (0852) 36-5888

