

## 2 試験研究業務

### 2-1 木材化学

#### 2-1-1 スギ材成分の回収技術と有効利用

##### 木製魚礁の劣化調査

材料開発部 ※藤本英人、落合克紀

###### 試験の概要

宮崎県では農政水産部、水産試験場、木材利用技術センター、(財)漁港漁場漁村技術研究所および数社の企業が中心となって、間伐材を用いた新型魚礁を開発中である(写真1)。当センターの分担は、スギ間伐材などの木材を海中に設置した際の生物劣化に関する部分である。この目的のために、30 cm程度に玉切りしたスギ材、ヒノキ材およびスギ材の木口をセメント被覆した材(以下、スギ被覆材という)を細島港沖の水深約10メートル付近に沈めた。テストピースとして、各3本を1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、12ヶ月および15ヶ月後に抜き取り、食害調査を行った。調査の方法は目視による劣化調査と、3 cm間隔でテストピースを輪切りにし、食害痕(穴)数を計数する方法で行った。



写真1 宮崎型木製魚礁の外観

###### 結果と考察

フナクイムシは二枚貝の仲間で、細長い胴体の先端に木材をすりつぶすための貝殻を持っている(写真2)。貝殻は木材の磨砕に適した形状に進化している。写真3に貝殻表面の電子顕微鏡写真を示したが、鋸歯状の部分とおろし金状の部分が認められる。フナクイムシはこの貝殻を木材にこすりつけ、微細な木粉として体内に取り込んでいる。

テストピースの食害痕数の経時変化を表1に示す。スギはヒノキよりわずかに食害を受けにくいものの、意味のある差とは考えられない。どちらの樹種も心材は辺材よりも明らかに食害を受けにくいことが明らかになった。セメントによる木口の被覆は効果的に食害を抑制した。これはマリンボーラー(主にフナクイムシ)の食害が木口から始まるため、この部分を保護することにより、その侵入を効果的に防げるものと考えられる。今回供試したどのテストピースも1年から1年半でほぼ完全に食害され尽くしているが、被覆を更に完璧にすることにより、海中での寿命を延長できる可能性が示唆された。また、フナクイムシは主に木口から侵入し、食害しながら成長していくものであるため、長尺の材では内部の食害が遅れる可能性も示唆された。しかし、いずれにしても、フナクイムシの活性の高い南九州地域で、木製魚礁に数年以上の寿命を期待することは困難であると考えられる。



写真2 木材中のフナクイムシ

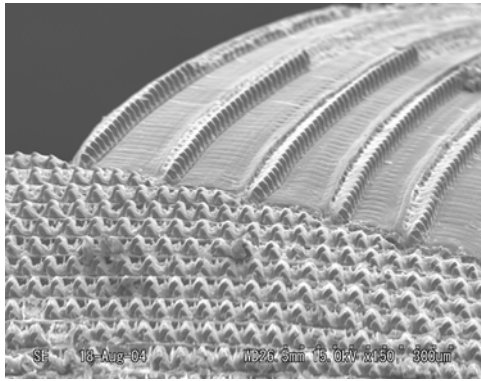


写真3 貝殻の電子顕微鏡写真



写真4 テストピースに生息していた甲殻類

木製魚礁は寿命が短いと言う欠点がある一方で、食物連鎖や微小生物の生育環境に良い影響を与えることも明らかになった。一般的にフナクイムシは魚類の好餌とならないと言われているが、食害痕内にゴカイが多く生息していたことから、フナクイムシ→ゴカイ→魚と連鎖が形成されていることが明らかになった。また、フナクイムシの食害痕は石灰質の殻で覆われているが、木材が消滅した後に、多孔体となり、微小なエビやカニの良い住みかを提供していることも明らかになった（写真4）。

以上の点から、木製魚礁は寿命が短いものの、海中に栄養分を供給し、小動物の生息場所を提供するなど多くのメリットがあることが明らかになった。従って、今後、餌の補充を兼ねて、短期間で交換可能な構造を取り入れた木製魚礁を開発することは意義があると考えられる。

表1 海中に設置したテストピースのマリンボーラーによる食害痕数の経時変化

樹種／処理	辺材／心材	木口から6 cm付近の平均食害痕数（個）				
		1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月	15ヶ月
ヒノキ	辺材	0.0	76.6	414.3	—	—
	心材	0.0	2.2	145.0	—	—
スギ	辺材	0.0	44.8	359.3	—	—
	心材	0.0	2.0	113.0	—	—
スギ被覆	辺材	0.0	1.0	37.7	79.7	—
	心材	0.0	0.0	1.0	17.3	—

注：—は食害痕数が極めて多く、形状が複雑なため計数不能を意味する

## 2-1-2 土木資材用スギ材の耐久性評価試験

材料開発部 ※岩崎新二、落合克紀

### 「はじめに」

スギ材の用途拡大は、地球温暖化防止対策、木材資源循環のために重要な課題であり、外構部材や土木資材への展開が重視されている。スギ材を屋外利用する場合、耐久性向上の処理及び措置が施されるが、耐用年数向上のためには、補修は欠かせない。

本試験は、土木・建築資材用としてスギ丸太材、角材の利用を想定し、県産スギ材に耐久性を付与し、補修時期を把握することを目的とした。

### 「実験方法」

材料は、スギ角材(12×12×60cm(高温乾燥材))とスギ丸棒加工材(大径Φ20×160cm、小径Φ10×60cm(高温乾燥と生材))である。防腐処理は、化学的処理として防腐剤塗布(油性、水性)と物理的処理としてバーナーによる炭化とした。各処理を地中部全面と地際部のみに行った。試験材と対照区の無処理材を地中部40cmとなるように、屋外に2004年7月に埋め込んだ。評価項目は、目視による腐朽度、超音波伝播速度(上部、中間部、下部、地際部)等である。

### 「結果」

1年後の試験材の腐朽は、高温乾燥材の無処理材1本の地際部に軽度の腐朽が確認された。また、高温乾燥材の炭化処理材の一部に子実体の発生が確認されたが、他の処理材には確認されなかった。

1年後の超音波伝播速度は、高温乾燥材、生材ともに地際部が最も小さい値を示した。高温乾燥材の超音波伝播速度は、1年後には減少したが、生材は上昇した部位も見られた。また、高温乾燥材の方が、生材より部位にかかわらず小さい値を示した。超音波伝播速度は、表面割れや含水率の割合等にも影響されるので、今後、劣化の進行を調査しながらデータを蓄積し検討を進めたい。

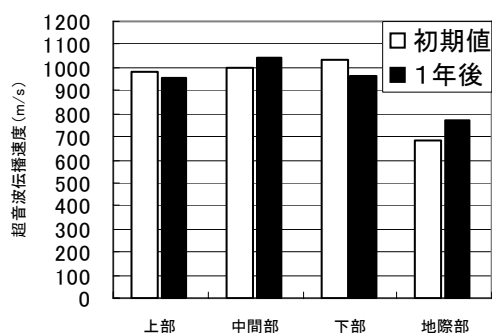


図1 スギ生材(φ200、無処理材)の部位別超音波伝播速度

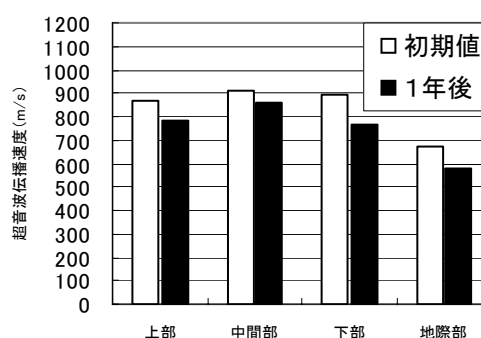


図2 スギ高温乾燥材(φ200、無処理材)の部位別超音波伝播速度

## 2-1-3 木材に由来する揮発性有機化合物の放散量に関する研究

### —オビスギ心材の品種別耐蟻性能に及ぼすテルペン類の影響—

材料開発部 ※落合克紀、藤本英人

#### 1 目的

南九州地方の主要造林樹種であるオビスギは、油分を多く含んでおり、耐蟻性が比較的高いといわれている。材の耐蟻性能が、含有される精油成分などの抽出成分に深く関与を受けている所以である。この精油に関しては、これまでにオビスギ心材のテルペン類の成分分析を行い、林齢、生息地及び伐採時期が同一であっても含有成分及び組成の違いなど品種によって特異性があることを見出し、その違いが耐蟻性など生物活性に影響を与えかねないことを指摘した。そこで、今回、オビスギ品種群の耐蟻性能を明らかにすることを目的として、シロアリに対する摂食試験を行い、テルペン類の成分組成の面から性能評価を試みた。

#### 2 方法

##### (1)供試木及びテルペン類の成分分析

供試木として、宮崎県北郷町の「オビスギ品種別展示林」に植栽のオビスギ33年生15品種各1個体を用い、テルペン類は、ジエチルエーテル抽出物をGC-MSにより分析した。

##### (2)耐蟻試験

①ジエチルエーテル抽出物に対する強制摂食試験 抽出物を含浸させた直径8mmのペーパーディスク(PD)をイエシロアリの職蟻50頭に1週間強制摂食させた。なお、含浸濃度は、供試木に含有される抽出物濃度(重量比)と同等とした。

②小試験片に対する選択摂食試験 供試木の心材部から10(T)×10(R)×20(L)mmの試験片を各品種3検体ずつ調製して、蒸留水で調湿した川砂1000gを敷き詰めた320×230×110(T)mmのプラスチック製容器にプラスチック製網を介して設置した。その容器に、イエシロアリの職蟻5000頭と兵蟻500頭を投入し、1ヶ月間選択摂食させた。試験片は、精油成分の揮発など熱の影響を考慮して乾燥処理を行わず、室温20℃、湿度60%での恒量から質量減少率を測定した。

#### 3 結果

図に、品種別の抽出物含浸PD及び小試験片に対する質量減少率の結果を示す。質量減少率は、品種間で大きな差が見られ、また、両者の試験で類似した傾向を示した。すなわち、ゲンベエを筆頭にタノアカ、チリメンドサ、アラカワ、オビアカで質量減少率が高く、クロ、ミゾロギ、トサアカ、エダナガなどで低かった。テルペン類の成分を比較したところ、成分の含有量と質量減少率には負の相関が見られた。特に、ジテルペンの主成分で耐蟻性成分でもある ferruginol、sandaracopimarinol 及び phyllocladanol の含有量とでは密接な関係が認められ、概ねこの3成分のクロマトグラムTIC面積の総和が多い品種ほど食害を受けにくい結果となった(図参照)。また、セスキテルペンでは、オビスギで特に含有量が高いと言われる4-epicubebol及びcubebolに関し、含有量と質量減少率の関係に上記と同様な傾向が認められ、これらも耐蟻性成分である可能性が高いと思われる。以上、一口にオビスギと言っても品種によって耐蟻性能には優劣の差があることがわかった。また、耐蟻性能の発現には、テルペン類の耐蟻性成分の含有量が大きく関与していることが示唆された。

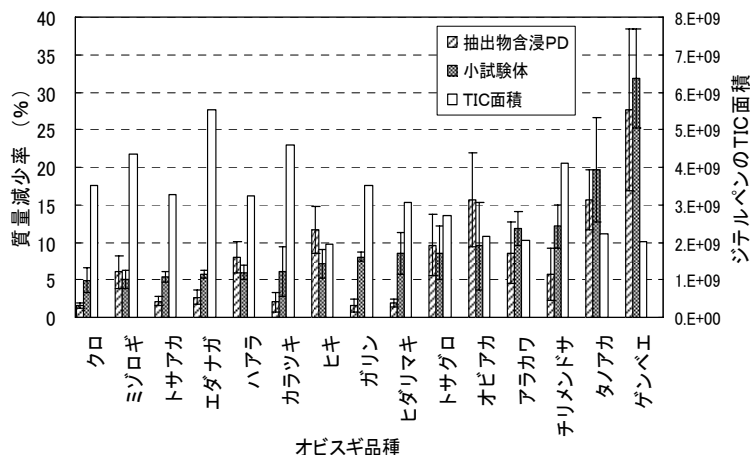


図 抽出物含浸PD、小試験体の質量減少率及びジテルペンのTIC面積

## 2-1-4 人と地球にやさしい塗料、防腐、防虫システムの開発

### —スギ、ホワイトウッド及びアカマツ素材の屋外杭による耐蟻性比較—

材料開発部 ※岩崎新二、落合克紀、藤本英人

#### 「はじめに」

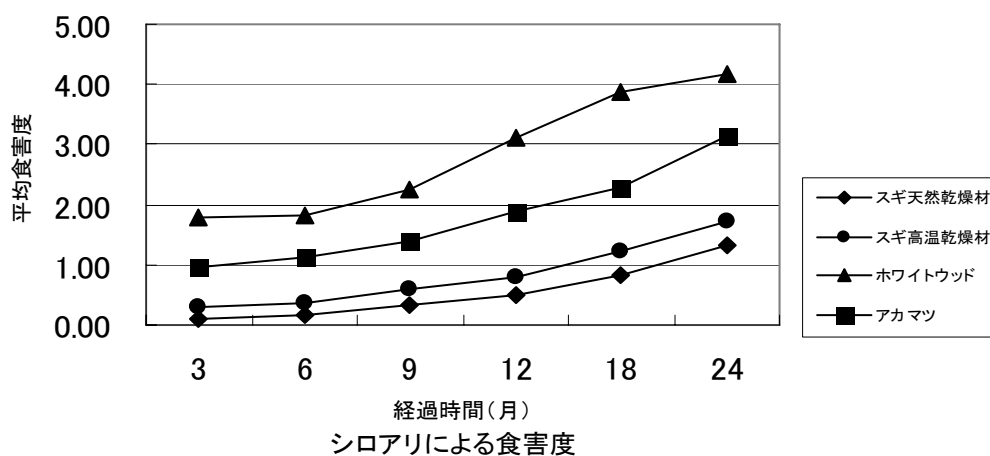
木材に耐蟻性を持たせるために、多種の薬剤による処理が行われているが、環境意識の高まりにより薬剤の使用を控える傾向がある。そのため耐蟻性を有する建築方法や木材の選定が重要である。スギ心材は、耐蟻性を有するという経験則があるが、実証されたものではない。そこで、県産スギ材、ホワイトウッド及びアカマツの素材のシロアリに対する耐蟻性を比較するため、シロアリ生息林内で屋外杭による試験を行った。

#### 「実験方法」

供試木材は、スギ（天然乾燥、高温乾燥）材、ホワイトウッド、アカマツを用いた。試験体はすべて心材部で、約3×3×60cmの杭とし、各56本とした。試験地は、県内3地区（宮崎市、串間市、新富町）の県有林を選定し、平成14年7月から2年間埋め込み試験を行った。食害度の評価は、雨宮の方法<sup>1)</sup>により定期的に行った。

#### 「結果」

食害したシロアリは、ヤマトシロアリであり、食害を受けている部位は、地際が多かった。2年後のスギ材の平均食害度は、天然乾燥材、高温乾燥材ともに2未満であり、小さな値を示した。アカマツは、シロアリの飼育や各種試験に用いられるほど食害を受けることが知られているが、ヤマトシロアリによる平均食害度は3に達していた。さらに、ホワイトウッドの食害は、最も激しく平均食害度は4に達していた。ホワイトウッド、アカマツは、スギ材より極めて大きな値を示した。また、食害度5に達したものは、ホワイトウッド40本、アカマツ14本でありそれらは撤去した。供試した木材の耐蟻性は、高い順にスギ天然乾燥材>スギ高温乾燥材>アカマツ>ホワイトウッドの順であった。これらのことからスギ材の耐蟻性は、乾燥条件にかかわらず、ホワイトウッドやアカマツより高いことが明らかになった。



引用文献 1) 雨宮昭二：林業試験場研究報告、第150号 143-156(1963)

## 2-2 木材乾燥

### 2-2-1 在来品種の特性を活かした乾燥技術の開発

#### 高温低湿乾燥法におけるスギ心持ち柱材の乾燥性

— 高温低湿乾燥過程における含水率分布、解放ひずみおよび材温の推移 —

※材料開発部 小田久人

木材加工部 蛭原啓文

【目的】スギ心持ち柱材の乾燥方法は、表面割れの抑制と短時間で処理できることから、高温低湿乾燥法が主流となっている。そこで、乾燥により発生する内部応力を柱材表面の解放ひずみとして測定し、含水率分布および材温の推移と関連づけて検討した。表面にドライイングセットが生じる含水率条件と、その状態に達するのに必要な時間、セットの大きさを明らかにすることを目的とした。

【試験方法】宮崎県産スギ心持ち柱材(13×13×300cm)を用い、製材直後の重量が30-35kgと36-40kgの範囲にあるものを選別した。試験材を各重量グループから4本ずつ選び、生材状態の解放ひずみと含水率分布を測定した。表-1に示す乾燥スケジュールに従い高温低湿乾燥を行った。所定の時間経過後に試験材を各重量グループから1本ずつ抜き取った。

表-1 乾燥スケジュール

スケジュール:A			
Time(hr)	24	20	45
DBT(°C)	75	90	120
WBT(°C)	68	90	90

スケジュール:B			
Time(hr)	-	22	45
DBT(°C)	-	90	120
WBT(°C)	-	90	90

DBT:乾球温度, WBT:湿球温度

1時間程度室内に静置し、両木口から30cmの位置と長さ方向中央部の3カ所で解放ひずみの測定と含水率分布試験片の作製を行った。ひずみゲージを貼付する面は、生材時に貼付した面と同一とすることを原則としたが、表面割れが生じた場合は表面割れのない他の面に変更した。含水率は全乾法によった。

#### 【結果と考察】

##### 1. 含水率分布の推移

横断面内の平均含水率と各層含水率の関係を図に示す。両スケジュールとも、蒸煮工程が終了し、乾球温度120°C、湿球温度90°Cの高温低湿乾燥工程開始時からデータをプロットしている。図より明らかなように、スケジュールAの方がスケジュールBに比較して、平均含水率、中心含水率ともに低下していることがわかる。1-3層の含水率推移については、初期重量30-35kgのグループは両スケジュール間で大きな差異は見られず、いずれも高温低湿乾燥45時間後には含水率がほぼ20%以下に低下している。4-6層の含水率推移については、スケジュールAは、いずれの初期重量グループでも乾燥時間の経過に伴って4層目から順次中心に向かって含水率が低下する傾向が見られる。これに対して、スケジュールBは、含水率のばらつきが大きく、一定の傾向が見られない。

## 2. 解放ひずみの推移

まず、スケジュールAの初期重量 30-35kg 試験材の解放ひずみについて、2層目含水率が約 30%以下から 15%程度までは解放ひずみは負側に大きくなる。これは、含水率が低下し大きな引張応力が表面付近に作用していることを示している。なお、この解放ひずみの極小値は約 $-1400\mu\epsilon$ に達し、この時の3層目含水率は 30%程度であった。さらに乾燥が進行し、2層目含水率が 15%以下に低下すると、解放ひずみの値は正側に向かって変化する。なお、この時点の3層目含水率は繊維飽和点の 30%を下回っており、3層目も収縮が起り始めていると考えられる。すなわち、3層目が収縮を始めたことにより2層目の収縮が拘束されることになり、解放ひずみが含水率の低下に伴い縮小する逆転現象が起こったものと考えられる。これらの傾向は、初期重量 36-40kg においても認められる。

次に、スケジュールBについて、初期重量 30-35kg の試験材では、2層目含水率が約 15%以下に低下すると、解放ひずみの値は正側に向かって変化する。このように、スケジュールAと同様の挙動が見られるが、解放ひずみの極小値は約 $-1700\mu\epsilon$ と大きい。このことは蒸煮のみのスケジュールBでは、大きな引張応力が発生することを示している。しかしながら、初期重量 36-40kg の試験材では上記の傾向が認められない。これは、初期含水率の大きい試験材は表層含水率のばらつきが大きいいため、蒸煮のみのスケジュールでは十分に各層含水率が低下しないと考えられる。

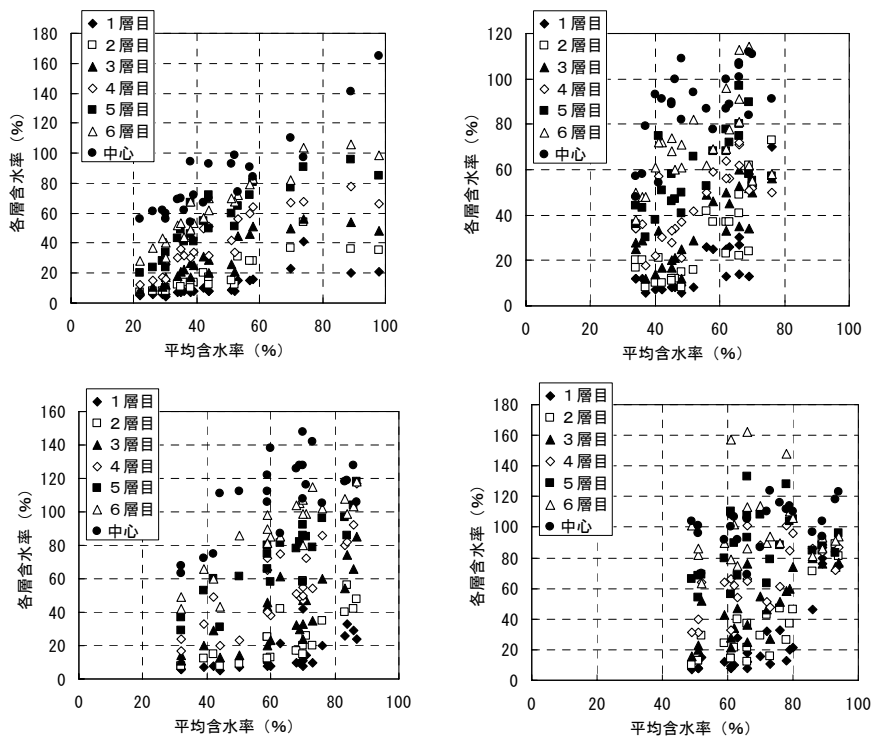


図 平均含水率と各層含水率の推移の関係

(左：スケジュール A、右：スケジュール B、上：30-35kg、下：36-40kg)

## 2-2-2 梁、桁等比較的大きな断面のスギ製材品の高度乾燥技術の開発

### 本県産スギ板材の乾燥について

木材加工部 ※蛭原啓文、材料開発部 小田久人

#### 1 はじめに

スギ板材は建築用材のみならず、集成材のラミナや家具用材として用いられている。ラミナの含水率は8～15%の範囲内と定められているが<sup>1)</sup>、実際には後工程で接着を行うので、10±2%と構造用製材と比べて著しく精度の高い仕上がり含水率が求められている。本研究では、人工乾燥の前処理として行われている天然乾燥の効果及び乾燥温度別の含水率等の推移について検討した。

#### 2 方法

##### 2.1 材料

同じ丸太から製材した本県産スギ足場板(20×3.5×400cm程度)を用いた。なお、同一丸太から得られた試験体は3～7体であったが、これを1組とした。

##### 2.2 天然乾燥試験

9組(46体)の試験体を屋外にて約9週間(2005年5月18日～7月21日)天然乾燥した。生材時、天然乾燥途中(約3、6週間経過時)及び終了後に重量を測定した。乾燥終了後、両木口から40cmの位置で採取した試験片の含水率を全乾法により求め、各重量測定時の含水率を求めた。

##### 2.3 人工乾燥試験

人工乾燥の条件及び試験体数を表-1に示す。70～90℃の乾球温度(DBT)に対し、平衡含水率(EMC)が10%程度になるよう湿球温度(WBT)を設定した。人工乾燥前に、両木口から40cmの位置で厚さ5cmの試験片を採取し、図-1に示す方法で分割し、全乾法により含水率分布を求めた。また、人工乾燥の途中で試験体を1組ずつ取り出し、同様に含水率分布を求めた。なお、1組は人工乾燥中の重量変化を順次測定し、最終的に含水率分布を測定した。

表-1 乾燥スケジュール及び試験体数

前処理 天然乾燥 期間	蒸煮			乾燥				試験体数	
	DBT (℃)	WBT (℃)	時間 (hr)	DBT (℃)	WBT (℃)	EMC (%)	時間 (hr)	組	(体)
05/17-06/06	90	90	9	90	84	10.2	86	6	27
07/27-08/04	80	80	11	80	73	9.9	109	7	36
09/16-09/21	70	70	11	70	63	10.3	179	7	27

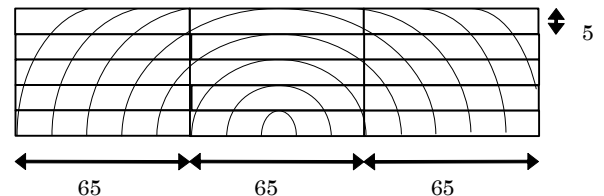


図-1 横断面の含水率測定用試験片の作成方法 (単位: mm)

#### 3 結果

##### 3.1 天然乾燥試験

天然乾燥終了時の含水率は16.5±0.6%と、構造用製材としては十分なものの、家具・集成材用としては不十分である。また、乾燥速度と含水率の関係は、含水率がおおむね30%になった時点で乾燥速度が急速に低下している。

##### 3.2 人工乾燥試験

人工乾燥終了時の含水率は、90℃は16%、80℃は14%、70℃は14%である。90℃と80℃間では乾燥速度に大きな差は見られないが、70℃の乾燥速度は小さく、含水率15%に到達するまでの時間は80℃の1.7倍である。なお、これらの傾向は、木取り位置による差はみられなかった。含水率60%から30%までの平均乾燥速度は、90℃は0.90%/hr、80℃は0.73%/hr、70℃は0.57%/hrと、90℃の乾燥速度は70℃の乾燥速度の1.6倍であり、乾球温度による乾燥速度への影響がみられる。また、含水率30%から15%までの平均乾燥速度は、90℃は0.37%/hr、80℃は0.28%/hr、70℃は0.21%/hrであり、同じ平衡含水率においては、繊維飽和点以下では乾球温度による乾燥速度の差が小さくなるのがわかる。

乾燥経過に伴う心持ち材の平均含水率と箇所別含水率の関係は、90℃では、平均含水率の低下に伴い、厚さ方向の含水率のばらつきが急速に低減しているものの、人工乾燥終了時の含水率範囲は12～27%であった。このことは、90℃の乾燥時間が86時間と他の乾球温度と比べ短いことが考えられ、乾燥時間の延長または十分な調湿処理が必要である。一方、80℃及び70℃では、厚さ方向の含水率のばらつきは、90℃と比べ緩慢であるが、人工乾燥終了時の含水率範囲は11～16%であり、90℃と比較しばらつきは小さい。しかしながら、70℃の乾燥時間は179時間と長いため、80℃が最も適切な乾球温度であると思われる。



## 2-3 木質材料

### 2-3-1

#### スギ材（特に低質部分）を原料とする新製品、新用途の開発に関する研究

##### 木質パネルの耐久性評価

（日本木材学会木質パネル研究会・木質パネル第2次耐久性プロジェクト）

木材加工部 ※藤元 嘉安、森田 秀樹

#### 1 目的

木質パネル（合板、ボード類の総称）の原料は、大径木から小径木へ、優良材から低質材へ、そして未利用材やリサイクル材へと推移している。また、接着剤の使用状況についても、VOC抑制の観点から、低モル比あるいは非ホルムアルデヒド系接着剤へと移行しつつある。一方、OSBやMDFなどの木質ボードは構造的利用へと用途が拡大されつつあるものの、木質ボードの構造的利用では耐久性が常に懸念され、とくに最近では原料木材や接着剤の変化による耐久性の不安が生じている。周知のように耐久性の予測は難しく、実験室的な促進劣化試験の結果が判定材料となるが、その妥当性を検討する場合、自然環境ベースの促進劣化処理である屋外暴露試験結果を"拠り所"としている。

そこで本研究では、構造用に使用可能な国産ボード類の耐久性を、構造用合板やOSBを含めた木質パネル全体から位置付けることを目的としている。具体的には、全国規模での屋外暴露試験を行い、これと同時に各種屋内暴露試験及び促進劣化試験を実施し、これら3者間について劣化の時間換算を行うことで、耐久性の評価方法を確立することが最終目的である。

#### 2 試験方法

供試材としては、5ply合板、3ply合板、北米産OSB、欧州産OSB、フェノール樹脂接着剤パーティクルボード(PFPB)、MDI接着剤パーティクルボード(MDIPB)、構造用MDF及び造作用MDFの8種類を用いた。屋外暴露試験地は、旭川、盛岡、能代、つくば、静岡、岡山県北、岡山瀬戸内及び都城の8カ所である。試験体は尺角サイズで、各パネル2試験体を1、2、3、5、7及び10年目に採取して、変色・変形・生物劣化の観察、厚さ変化、重量変化、曲げ性能、はく離強度及び吸水厚さ膨張率などの基礎物性試験を行う。また、盛岡、つくば、岡山、都城の4地域においては、釘接合の暴露試験を行っている。釘接合の評価は、一面せん断試験、側面抵抗試験及び釘頭貫通試験により行う。

屋内暴露試験は、恒温恒湿室内(20℃・60%RH)放置、モデル住宅床下(温湿度を継続的に測定)放置、長期乾湿繰返し(20℃・90%RH 3ヶ月、20℃・40%RH 3ヶ月、最長10サイクル)及び高湿度下連続暴露(20℃・90%RH、最長3年)により行う。

促進劣化試験は、世界各国の試験方法(ASTM6サイクル、V313、JIS-A、JIS-B、VPSD、V100)を対象とし、促進処理回数毎の変化を把握する。評価ははく離及び曲げ性能により行い、釘接合に関する促進劣化試験も行う。

#### 3 試験結果

本プロジェクトでは、全試験地の結果を統合すると莫大なデータが得られており、現在、詳細な解析を行っているところである。ここでは、大まかな結果について報告する。

屋外暴露1年後の試験結果では、各試験地におけるより屋外暴露による劣化の進行には、気候条件の相異により差が認められ、とくに、気温が高く降水量の多い静岡及び都城での劣化が著しかった。

基礎物性に関しては、いずれの試験地においても、厚さ変化率の大きかったPFPBや北米産OSBの曲げ性能、はく離強さの低減が著しく、逆にMDFは高い残存率を示していた。

釘接合性能に関しては、いずれの地域、材料においても釘頭貫通強さの低減が少なかった。釘側面抵抗や一面せん断では、いずれの試験地においてもPFPB及び北米産OSBの低減が他の材料より著しかった。また、一面せん断試験では、相対変位が0.4及び1.0mmでの残存率が低く、低荷重域において屋外暴露による劣化の影響が強く表れた。

## 2-4 木材利用

### 2-4-1 県産スギ材の各種強度データの収集と分析

#### —丸太区分および木取りによる宮崎県産スギ構造用集成材ラミナの歩留り向上—

木材加工部 ※森田秀樹、荒武志朗

#### 1. 目的

本県産スギ丸太から構造用集成材ラミナを製材した場合、品質の上で JAS 規格不適合材が多く発生する。これには、節、割れなどの要因も含まれるが、圧倒的にヤング係数の不足によるものである。よって本研究では、ヤング係数歩留りの向上を目的として、製材されたラミナのほぼ全数が JAS 製品として使用可能な丸太区分方法について検討を行った。加えて、より上位等級のラミナを得るために、木取り方法についても検討を加えた。なお、本研究では、丸太およびラミナのヤング係数を縦振動法により算出した  $E_d$  で評価した。

#### 2. 実験方法

今回は、(1)丸太の  $E_d$  による区分、(2)玉切り位置、(3)製材方法、の3項目について検討を行った。供試丸太は、都城産スギ丸太 60 本であり、市内の製材工場で丸太 1 本あたりラミナ 6 枚、合計 360 枚のラミナを得た。ラミナは、天然乾燥および人工乾燥後、長さ方向に3分割し、曲げ試験に供した。

#### 3. 結果

##### (1) 丸太の $E_d$ 区分効果

今回の供試丸太は、全て  $5\text{kN/mm}^2$  以上の  $E_d$  を示した。また、得られたラミナは全数 JAS 基準を満足した。過去、南郷町産スギ丸太 144 本で行った実験でもほぼ同様の結果であったことから、 $5\text{kN/mm}^2$  以上の  $E_d$  を有する丸太を選別することで、ほぼ JAS 適合ラミナが得られると言えた。また、図 1 に示すように、より上位等級のラミナを得るためには、丸太を  $E_d$  によって区分することが非常に有効である。

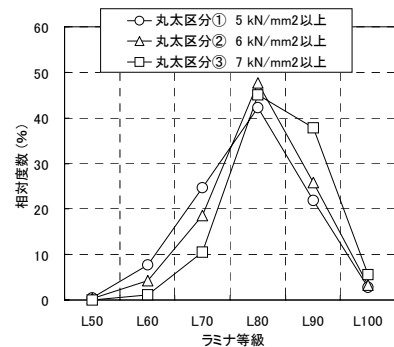


図 1 丸太区分とラミナ等級

##### (2) 玉切り位置の検討

1 番玉から得られた人工乾燥後のラミナの  $E_d$  は、末口側と元口側で最大  $3\text{kN/mm}^2$ 、平均で  $0.8\text{kN/mm}^2$  の差異を示し、大きな違いが認められた。そこで、玉切り位置の効果を把握するために、ラミナ採材位置と等級出現頻度の関係を調べた(図 2)。これにより、丸太の元口側 1m あるいは 2m を除外することによるラミナ等級の変化を予測できる。図 2 より、末口側のラミナを使用することで、上位等級のラミナが入手しやすくなると言えた。

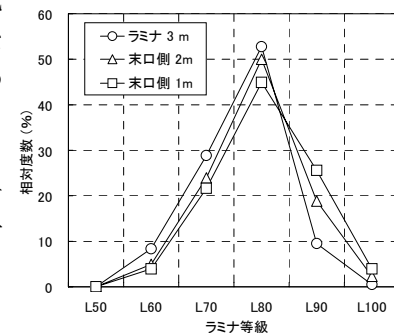


図 2 ラミナの採材位置と等級

##### (3) 側面定規挽きの効果

表 1 に製材角度( $\alpha$ )と  $E_d$  の単相関係数を示す。ここでの  $\alpha$  は、値が大きいほど側面定規挽きに近い。なお、丸太  $E_d(E_{d, \log})$  の影響を除くために、目的変数は人工乾燥後の  $E_d(E_{d, kd})$  を  $E_{d, \log}$  で除した値とした。表 1 に示すように、側面定規挽きは 2 番玉で効果が認められた。さらには、丸太の内側(随に近い部分)から製材され、かつ元口側に位置する部分ほどその効果が大きいことが明らかとなった。また、曲げ強さについても、 $E_d$  同様に側面定規挽きラミナが高い傾向を示した。

表 1 製材角度( $\alpha$ )と  $E_d$  の単相関係数

	人工乾燥後ラミナの $E_d$ (丸太 $E_d$ 比)		
	$E_{d, kd} / E_{d, \log}$		
	1+2番玉	1番玉のみ	2番玉のみ
製材角度 $\alpha$	0.13*	-0.08	0.21*

\*: 危険率5%で有意な相関

#### 4. まとめ

- (1)丸太を区分する効果は大きい。また、ヤング係数  $5\text{kN/mm}^2$  以上の丸太を使用することで、ほぼ JAS 適合ラミナが得られる。
- (2)1 番玉については地際から 1~2m の部分を他用途に回す、2 番玉は側面定規挽きの採用により、上位等級ラミナの出現頻度が増加する。

## 2-4-2 スギ部材及び接合部のクリープとメカノソープティブ特性の解明 - 梁としての履歴を有する木材の再利用時における曲げクリープ特性 -

木材加工部 ※荒武 志朗、 所長 有馬 孝禮

### 1. 目的

梁としての履歴を有する木材(古材など)には、クリープとメカノソープティブ変形により若干の反り(残留たわみ)を生じているはずである。したがって、再利用する際に上下を逆にセットすれば、この反りは『むくり』となり、長期の曲げ性能に対しては優位に働く可能性が考えられる。本実験では、この優位性の確認を主な目的として、約5年間の曲げクリープ試験を行なった中断面部材に対し、上下を逆にして再びクリープ試験を行なった(約2年間)。また、クリープ試験終了後には曲げ試験も実施した。

### 2. 実験方法

供試材には、宮崎県産スギ天然乾燥材(SGA)と人工乾燥材(SK)各1体、ベイマツ天然乾燥材(DGA)と人工乾燥材(DK)各1体、宮崎県産スギ集成材で製造時にレゾルシノール樹脂接着剤を用いたもの2体(RF-A, RF-B)と水性高分子イソシアネート接着剤を用いたもの2体(API-A, API-B)を供試した(合計8体)。寸法は、何れも断面が10.5cm×24.0cm、長さが400cmである。曲げクリープ試験は、3等分点4点荷重方式により実施し、負荷荷重は、木質構造設計規準・同解説の基準許容応力度×1.1に相当する荷重とした。表1に各供試材の材質を示す。

### 3. 結果と考察

- ① 図1に全たわみ(むくり位置からのたわみ量)、“全たわみ-むくり”(基準線としての水平位置からのたわみ量)、及び膨潤・収縮量の変動を示す。同図を見ると、クリープの進行は、全体に極めて緩慢である。これは、当然のことながら、供試材がいずれも気乾状態であり(表1参照)、脱湿時(乾燥過程)のメカノソープティブ変形が殆ど生じなかったためであろう。一方、“全たわみ-むくり”は、集成材よりも製材の方がかなり小さくなっている。これは、主として製材における当初のむくり量(前回使用時の残留たわみ)が相対的に大きいためと考えて良い(表1参照)。このことから、建築解体材などを梁として再利用する場合には、材の設置方向に配慮することが効果的と考えられる。また、この結果を応用することにより、乾燥時に一定の処置を施すことによって“むくり材”を簡易、且つ効果的に製造出来ることが考えられる。
- ② 表1をみると、クリープ試験終了後に求めた曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)は、何れも『むくり』の凸側から負荷したときと凹側から負荷したときで大きな差はない。このことは、『むくり』材の機械的性質と荷重方向の間に顕著な関連性がないことを示している。一方、スギのMOEはベイマツの同値の6~7割程度しかないにも関わらず、MORの値は殆ど同じ値か、むしろスギの方が高い。この結果は、建設省告示第1452号とも概ね一致しており、ヤング係数の割に強度の高いスギの特性を良く表している。

表1 供試材の材質

	$E_t$ (GPa)	$MOE_v$ (GPa)	$MOE_c$ (GPa)	$MOR_v$ (MPa)	$MOR_c$ (MPa)	密度 ( $g/cm^3$ )	含水率 (%)	当初のむくり量 (mm)	終了時のむくり量 (mm)
スギ天然乾燥材	7.07	6.39	6.57	39.4	—	0.401	12.7	6.5	3.5
スギ人工乾燥材	5.91	6.03	6.01	—	36.6	0.354	11.6	12	9.0
ベイマツ天然乾燥材	12.8	10.2	10.6	—	34.4	0.504	11.7	9.5	6.5
ベイマツ人工乾燥材	12.1	11.1	10.5	33.2	—	0.483	11.1	4.5	3.5
API-A	7.34	7.22	7.27	—	36.6	0.424	12.6	2.0	0
API-B	7.63	7.49	7.40	37.3	—	0.447	11.8	2.0	0.5
RF-A	6.59	7.05	7.13	48.8	—	0.438	11.8	2.0	0.5
RF-B	6.88	7.03	7.27	—	45.1	0.427	12.0	2.5	0

API-A, API-B: スギ集成材(水性高分子イソシアネート接着剤使用)、

RF-A, RF-B: スギ集成材(レゾルシノール樹脂接着剤使用)

$E_t$ : 縦振動ヤング係数、

$MOE_v$ : 曲げヤング係数(凸面から負荷)、 $MOE_c$ : 曲げヤング係数(凹面から負荷)、

$MOR_v$ : 曲げ強さ(凸面から負荷)、 $MOR_c$ : 曲げ強さ(凹面から負荷)、含水率は全乾法による値

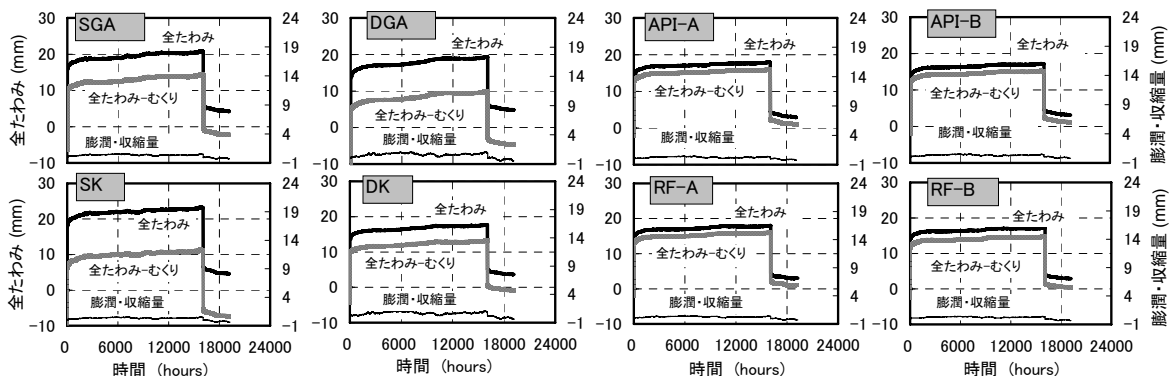


図1 全たわみ(初期たわみ + クリープたわみ)、全たわみ-むくり、及び膨潤・収縮量の変動

SGA: スギ天然乾燥材、DGA: ベイマツ天然乾燥材、SK: スギ人工乾燥材、DK: ベイマツ人工乾燥材

API-A, API-B, RF-A, RF-B: 表1参照

## 2-5 構法開発

### 2-5-1 スギ材の特徴を活かした新しい建築構法の開発

構法開発部 ※飯村 豊、上杉 基

#### 1. はじめに

宮崎県木材利用技術センター（以下、センター）は、県林務部と連携しながら2003年1月、地域産業の活性化を目的に、建築基準法施行令第46条第2項に規定する大規模木造建築物の構造材にスギ材が適合することを認める「地域材活用化特区」を内閣官房構造改革特区推進室に提案した。

この提案に対し、国土交通省は地域を限定せずに全国的に対応するとして、2004年3月22日、針葉樹の構造用製材の日本農林規格という条件の下に構造用製材を追認した。

本稿では、宮崎県日南市とセンターがこの追認の動きに合わせて開発を進めた大断面製材による新たな構法「日南天福球場内野スタンド」を報告する。

#### 2. 研究の目的

地域産業/地元企業が既存の設計・製作・施工技術を駆使しながら地域材の木材（低比重材のスギ）を使用して中規模の木造を建設できるシステムを再整備する。

#### 3. 「日南天福球場内野スタンド」の概要

日南市天福は広島カープのキャンプ地として知られている。球団が使用している日南天福球場に平成17年3月、内野スタンドが新設された。建物の概要を表-1に示す。

スタンドは生育の早い地域材オビスギを使用し、耐火検証法のルートAに従って設計された（図-1参照）。このスタンドの構造は、鉄骨造を基本とした従来のものと異なり、木材と鋼材を組み合わせたハイブリッド構造となっている。使用した木材と鋼材の内訳は、木材の製品使用量が $29\text{m}^3$ （114kN）、鋼材が498kNで木材は全重量の23%であることから、むしろ鉄骨・木造ともいえる。

その結果、施工の面で木造工務店と鉄工業者の相互協力体制が取りやすくなった。

#### 4. 大断面製材工事

屋根の構造はトラス形式を基本とし、使用材料はスタンド外側に露出するX1通りからX5通りは鉄骨造、X5通りからX15通りの屋根に覆われる部分は木造としている。球場に向かって木造部の張り出し長さは、

方杖を介して15.35mである。そのメイントラスは上・下弦材及び鉛直材を $200\times 200\text{mm}$ の製材とし、斜材は全て鉄筋ブレスとしている。メイントラスを繋ぐサブトラスも同様な構成である。

大断面製材によるトラス部材の製作は、原木の伐採→貯木場での原木選別（年輪幅10mm以内）→製材工場で製材（挽き立て断面寸法 $220\times 220\text{mm}$ ）→乾燥（含水率18%以下を目標）→JAS格付け（乙種1級）→プレーナー加工（ $201\times 201\text{mm}$ ）→防腐・防蟻剤（ACQ系薬剤）と寸法安定剤（窒素化合物系薬剤）の同時注入→現場にて切断加工（継ぎ手・仕口・ボルト孔）→塗装（表面保護塗料）の順に進められた。格付けされた製材は161本で、内訳は断面が1種類、長さが2mから9.5mまでほぼ1m毎に9種類である。

地組は、上・下弦材への接合金物取付→縦継ぎ接合→鉛直材の組み込み→鉄筋ブレスの取り付け→組み立て精度確認の順に高台を利用して鉄工専職と大工職によって進められた。大断面の接合法はボルト金物接合を基本とした。メイントラスは添鋼板タイプで、プレート厚み12mmにM27ボルトを中立軸に1本留めとしている。斜材の鉄筋ブレスは応力に合わせてMTBM13、16、18、20、24ターンバックル付きの5種類を使い分けた。鉄筋ブレスは地組時には接合部のガタや材のそり調整、建て方後の建て入れ直し、また完成後の維持管理に利用される（図-2参照）。

表-1 「天福球場内野スタンド」の概要

発注者	日南市
施工期間	2004年11月 2005年3月
設計者	北川一級建築設計事務所
施工者	松尾・請川建設JV
工事費	71,000,000円
延床面積（屋根面積）	$726\text{m}^2$
建築面積（屋根面積）	$726\text{m}^2$
主断面（スギ製材）	$200\times 200\text{mm}$
スギ製材 本数	161本
材積（JAS格付け数量）	$29\text{m}^3$ （ $47\text{m}^3$ ）
重量	114kN
材積/建築面積	$0.04\text{m}^3/\text{m}^2$
重量/建築面積	$157\text{N}/\text{m}^2$
現地加工手間	53人工
鋼材 重量	498kN
重量/建築面積	$685\text{N}/\text{m}^2$
総重量/建築面積	$842\text{kN}/\text{m}^2$
ピース数 製材トラス	29ピース
ピース数/建築面積	$0.040\text{本}/\text{m}^2$
組み手間 人工数	238人工
人工数/建築面積	$0.327\text{人}/\text{m}^2$

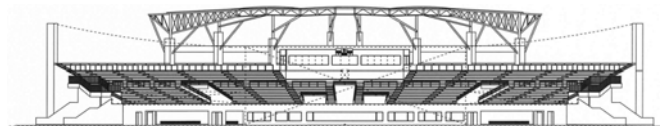


図-1 「天福球場内野スタンド」正面立面図

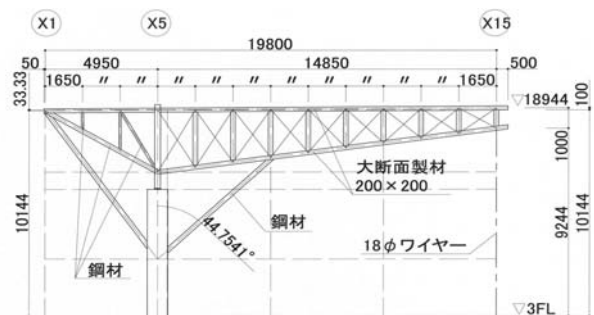


図-2 メイントラス(L3,R3)構造立面

建て方は、鉄工篤職が8本のメイントラス（両端がL4とR4）と21本の繋ぎ用サブトラスを35t、50tの大型クレーンを使用して地組ヤードから直接吊り込んだ。

### 5. メイントラス先端部の変位

図-3は、メイントラス8本の先端部変位と経過日数の関係を示したものである。先端部変位量はそれぞれの設計座標値に対する差異を示している。経過日数はトラス全体が完成してジャッキダウンした日を1日目とし、翌日（2日後）、母屋取り付け・建て入れ直し（4日後）、屋根仕上げ完了（15日後）、翌日（16日後）、49日後、116日後を示した。測定位置はメイントラス上弦材先端の下端中央、計測方法は光波による計測機を用いた。

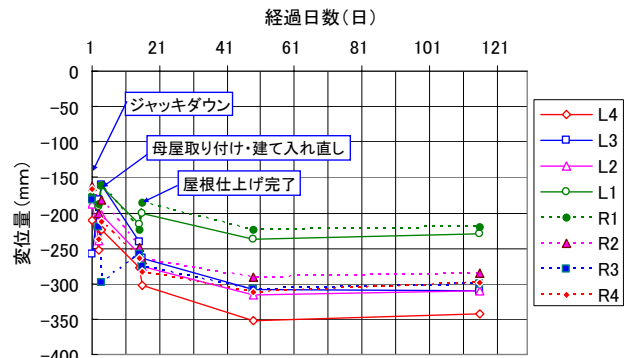


図-3 メイントラス先端の経過日数と変位

メイントラス8本それぞれの変位量は、ジャッキダウン時に150～250mm、平均で200mm程度であった。屋根仕上げの完了している49日後と116日後の変位量に差はなかった。

116日後の変位量では、L1とR1が220mm程度と最も小さく、L4とR4が300～340mmと最も大きい。線対称となるメイントラスのL4とR4、L3とR3、L2とR2、L1とR1の4組それぞれの変位量を相互比較すると、L4とR4を除き、ほぼ同じ変位量を示している。

表-2は変位量（計測値）を設計変位量と比較したものである。固定荷重による設計変位量は、製材のヤング係数を3.0GPaと仮定したことから、50～62mmとなる。これに対し実際には、施工時の鉄骨柱のグラウンド側への倒れによる変位量49～121mmが加わり108～171mmとなる。

表-2 設計値と変位量(計測値)の比較

変位の要因	変位(mm)							
	L4	L3	L2	L1	R1	R2	R3	R4
固定荷重	-50	-59	-62	-59	-59	-62	-59	-50
鉄骨支柱の倒れ	-121	-112	-96	-56	-49	-85	-97	-99
(小計：初期変位)	-171	-171	-158	-115	-108	-147	-156	-149
計測値	-342	-310	-310	-230	-221	-286	-300	-299
計測値との差異	171	139	152	115	113	139	144	150
長期変形等による加算	-50	-59	-62	-59	-59	-62	-59	-50
累計(50年後を推定)	-392	-369	-372	-289	-280	-348	-359	-349

これらの値と実測変位量を比べると実測変位量の方が113～171mm大きいという結果であった。これは、ジャッキダウン作業の進行と共にトラスのプレスに掛かる引張り応力が増大し、プレス端部を定着する金物がスリップしたことによるものと想定される。そのスリップの原因は金物を木材に固定する径27mmボルトの先導孔を2～3mm大きくしたことによる初期ガタであると判断される<sup>1)</sup>。

従って、母屋取り付け時に行われた建て入れ直しの際のプレス本締めが完了した時点でスタンドのトラスの形状は決定したと想定される。

屋根完了からのメイントラス8本の変位量は図-3から13～69mmである。これらの値は、メイントラス長さ15.35mの2倍長の30.70mに対し1/2,360～1/440である。

ただし、建て入れ直し後の変位量が固定荷重時変位量の1～3倍、屋根完了後の変位量が固定荷重時変位量の0.3～0.6倍と大きいことから、50年後を想定した長期変位量は、増加が予想されるため、ここでは固定荷重時の変位量をそのまま加算することとした。

なお、風荷重（最大設計風速39m/sec）と固定荷重の組合せ荷重に対する変位については、吹き下ろしのケースで133～166mmである。吹き上げのケースでは、101～113mmの変位量となる。変位量を抑えるために、メイントラスの各先端部に18φワイヤー（JIS G 3525 G種6×24）を取り付けている。その効果で変位量27～34mmに留まっている。ワイヤーの長さ管理については今後メイントラスの先端部変位量が増加することが予想されるので、定期的にメイントラス先端部の変位量計測が必要となろう。

### 6. おわりに

本スタンドは計画時のコンセプトである1) 飢肥杉の幅広い使用用途を模索する、2) 従来型の木構造物の概念からの脱却をはかる、3) 地元で生産・加工・組み立ての流れを確立する、4) 台風・雨・白蟻の多い地域に耐えうる構造物とする、5) 木のぬくもりと素材の環境的安全性を重用する、をほぼ満足させるもで、市民の評判も良い(図-4)。こうした中規模の木造を多くのデータを残しながら実用化できたことは、地域木材の活用につながる一のモデルケースになるものと考えている。



図-4 完成した日南天福球場内野スタンド

## 2-5-2 スギ材を利用した土木構造物の開発

構法開発部 ※飯村 豊、椎葉 淳

### 1. はじめに

CO<sup>2</sup> 吸収を効率的に推進することで関心が高まっている生育の早い人工林の森林資源を早期循環させるという視点からその利用技術開発が急がれている。宮崎県では、スギ造林木の成長に伴い(図1)、その伐採量を現在の110万m<sup>3</sup>(42万トン)から、年間の平均成長量300万m<sup>3</sup>(114万トン)に近づけるべく、スギの利用拡大を推進している。その一環として、宮崎が最近取り組んだスギ車道橋「かりこぼうず大橋」について、システム技術という視点から、19世紀以降の工学的木材利用を先導したブルネル(I.K.Brunei:英国1806-1859)の木造鉄道橋、20世紀に発展した米国の木造橋と比較しながら述べていく。



図1 充実する人工林スギ

### 2. 木造橋に使用されている木材

英国のブルネルは鉄道施設に耐久性に優れるオーク材と当時は割安であったパイン材(イエローパイン)を多用した。木造鉄道橋には主にパイン材を用いたようだ。良質なベイマツの天然資源に恵まれた米国では、英国から伝えられたパインの利用技術が飛躍的な発展を遂げ、現在でも木造橋に活かされている。宮崎県の人工林スギは生育が著しく伐採期を迎えているが、これまでは橋梁に使用されることは少なかった。

表1は、これらの木材の物性を比較したものである。強度等級は一般材を前提とし、パイン(イエローパインとベイマツを含む)がJAS集成材規格のE105-F300、スギは同E65-F225、オークは比較のためJAS規格並にE75-F240としている。圧縮、せん断、曲げ、引張り、めり込みの各数値は、長期許容応力度を示す。表1から、材料の物性に影響の大きい比重(気乾比重)は時代(1世紀毎に)とともに下がってきていることが分かる。そこで、各物性を比重で割った比ヤング係数・比強度で示すと、図2のレーダーチャートのようになる。レーダーチャートでは、オークを100として、パイン、スギの各物性をそれぞれ比較している。この図から、めり込み以外の全ての物性で、パインとスギがオークより高い値となっていることが分かる。宮崎県産スギは気乾比重ではパインより低いため相対的に強度が劣るとみなされることから、扱い難い木材とされることが多いが、その他の物性では遜色ない。こうしたスギの特徴は「かりこぼうず大橋」に活かされている。

表1 物性の比較

	オーク	パイン	スギ
ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> )	7.5	10.5	6.5
圧縮(N/mm <sup>2</sup> )	6.8	8.4	6.2
せん断(N/mm <sup>2</sup> )	0.68	1.3	1.1
曲げ(N/mm <sup>2</sup> )	7.4	10.8	8.1
引張り(N/mm <sup>2</sup> )	4.3	7.3	5.3
めり込み(N/mm <sup>2</sup> )	4.9	3.3	2.2
気乾比	0.65	0.42	0.32

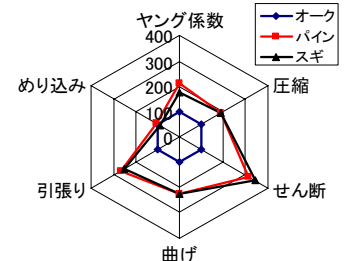


図2 比ヤング係数・比強度の比較

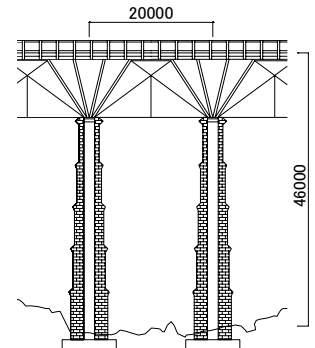


図3 トレッシル橋のイメージ図

### 3. システム技術の変遷

表2は、英国のブルネルの木造橋、米国の代表的木造橋、および宮崎県の「かりこぼうず大橋」の設計から製作、施工、維持管理に至る各プロセスをシステム技術として比較したものである。表にはそのシステムがオープンかクローズかも示した。

ブルネルの木造鉄道橋は、民間の鉄道事業の運営に必要な設計者、エンジニアリング会社、製作者(製材業者、加工工場、機械メーカ、木工事業者)、施工者などの関係者に支えられたクローズドシステムから成り立っていた。クローズドシステムの下にパイン材の強度格付を行い、パイン材がオーク材より比重が低く、加工が容易なことを利用して、平角材を積層してボルトで連結してつくる長尺大断面の積層材を開発した。積層材に使用されたイエローパインは、通直製材品として経済性に優れ、保存処理の容易なことを理由にバルト海沿岸から調達された。彼はこの積層材を用いて軽量構造のトレッシル橋を低コストで建設した(図3)。パイン材で鉄道施設を建設する際には、パイン材が要求性能を満たしているかどうか実大材の座屈実験などを実施している。その実験を通じてオークの技術とは違う新たなパインの技術を性能設計に基づくシステム技術として短期間のうちに構築したことになる。ブルネルは、このシステム技術に基づき、新たに開発した橋梁木部材の積層材を駆使しながら過去に類例のない用途となる鉄道橋を64橋、設計・監理・架設した。しかし、ブルネルの木造鉄道橋は、イエローパイン材の枯渇や当時の薬剤で防腐処理はしていたものの維持管理の困難さも手伝って、全て取り壊され鉄に代替された結果、80年の歴史に幕

表2 システム技術の変遷

	代表的な形式	設計	資源	木部材製作	施工	維持管理	システム
英国	トレッシル	個別	輸入	製材, 積層材	大工・鳶	大工・鳶	クローズ
米国	トラス	標準	地域	製材, 集成材	大工・鳶	大工・鳶	オープン
宮崎	ハイブリッド	個別	地域	集成材	橋梁鳶	橋梁鳶・集成材メーカ	セミオープン

が閉じた。ブルネルがオークに代えて新しい材料のイエローパインを短期間のうちに使いこなすことができたのはブルネルの構築したクローズドシステムに負うことが大きい。そのクローズドシステムの下で施工を受け持っていたのはブルネルが所属する GWR (Great Western Railway) に従事していたオーク材を自在に扱うことができる優秀な技量を持つ大工と鳶であった。

英国の鉄道技術は米国に渡って、大陸横断鉄道建設と共に木造鉄道橋の建設に大きな役割を果たした。建国間もない米国社会のオープンシステムの中で、木造橋建設の設計・製作・施工技術は分業 (サブシステム) が前提となり、設計はティンバーエンジニア、製作は製材や集成材等を加工する木材加工工場、接合金物は鉄工所、現場架設工事はラフカーペンター (大工鳶) が担当した。

西海岸から供給されたパイン (ベイマツ) は比ヤング係数が、鉄・鋼とはほぼ同じ  $25\text{kN/mm}^2$  であったことから架設場所によっては長スパンのハウトラス橋などに使用されて市場競争力を長い間維持してきた。米国の木造橋は木造トラスが主であった。トラスとすることで部材を比較的小さくできるため、運搬や建設が容易であり、製作、施工が誰でも容易にできるのが特徴であった。最も普及したハウトラスは、トラスの鉛直材 (引張り材) に鑄鉄の長尺ボルトを用いている。橋の維持管理を考えると引張り材をボルトとした使い方は、未乾燥の製材を用いれば必ず起こる収縮ガタを調整するのに画期的な提案であった。こうして発展したトラス橋のシステムは、既製品を組み合わせて建設するトラス橋として米国独自の発展を遂げることになる。その背景には、安価な規格ボルトの普及、組み立てやすい既製品金物の充実など、サブシステム技術の構築と共に、設計の標準化が進んだことがある。サブシステム技術は、競争原理の中で、コストダウンを引き出し、海外にも普及していった。木橋の耐久性能は現在、50 年が前提となっている。そこには豊富な森林資源を 100 年以上使い続けて構築されたサブシステム技術が途絶えることなく存続しており、その中で維持管理法も培われている。米国ではオープンシステムの下で施工を担当するのがラフカーペンター (大工鳶) で、彼らはユニオンに所属している。

日本では木造橋建設のシステム技術が確立されていない。そこで宮崎県は「かりこぼうず大橋」を建設する際に、公共工事として今後のモデル橋とするためシステム技術の構築を目指した。人工林スギを利用した「かりこぼうず大橋」は、2003 年 2 月に宮崎県児湯郡西米良村に架設された (図 4 参照)。橋長 140m、幅員 7m の木造車道橋で、15m の単純桁、50m のキングポストトラス 2 連、25m のキングポストトラス 1 連で構成される A 活荷重 2 車線構造の木造橋である。木造橋とはいえ、鋼橋と同様に性能設計の手法を採用し、現行のサブシステム技術を活かしながら鋼材などとスギ集成材を適材適所に混用するハイブリッド型の木構造である。スギ集成材は積層接着を繰り返して  $1000 \times 1800\text{mm}$  の大断面材を開発した。スギは、上述したように、ヤング係数とめり込み応力度 (繊維と直角方向の圧縮応力度) がパインより低いことで加工が一層容易となる特長を利用したものだ。図 4 に示したスパン 50m を有するハイブリッド構造のキングポスト車道橋が実現できたのも、比ヤング係数と比強度でスギはパインと遜色ないからである。本橋建設のシステム技術は、短期間のうちに木造橋建設システムの構築を図るため、ブルネルのようにクローズのシステム技術と米国に倣い普及を前提にしたオープン化を狙う、いわばセミオープン型となっている。木部材の製作は、地域のクローズのサブシステム技術に依存した。鋼材の製作及び架設は、鋼橋の現行システム技術を適用している。最大支間長 50m のキングポストトラスでは、木部材は軽軟で加工性の良いスギの材料特性を活かすボックス型の複合集成材を圧縮と曲げ材とし、鋼部材は PC 鋼棒の引張り材とする混構造としている。キングポストトラス上弦材のボックス型複合集成材の断面は  $1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 、下弦材は図 5 に示す  $1000\text{mm} \times 1800\text{mm}$  である。



図4 かりこぼうず大橋

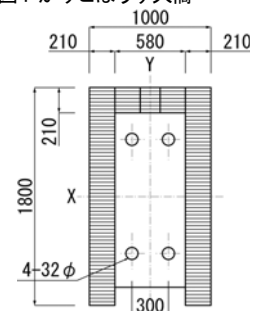


図5 下弦材の断面図

#### 4. おわりに

19 世紀に架設された英国のブルネルの木造橋は、クローズドシステムの下に豊富な熟練大工技能者によって支えられていた。一方、20 世紀における米国のトラス橋は一般に、オープンシステムによって未熟練の大工鳶が建設したものといえる。宮崎県のかりこぼうず大橋はクローズシステムとオープンシステムを折衷したセミオープンシステムの下、大工の手によらず橋梁建設の現行サブシステム技術によって建設されたものであり、そのサブシステム技術に依存しながら維持管理されていくだろう。

キングポストトラスとしては世界最大規模のスパン 50m を誇り、性能の点でも、図 6 に示すように、架設 992 日後の変位量が 0 から 14mm (スパンに対し 1/3570) と小さな値で推移・安定している。セミオープンシステムの下に建設されたこのスギ木造橋は地域材スギの土木分野への利用の可能性を改めて示したものである。

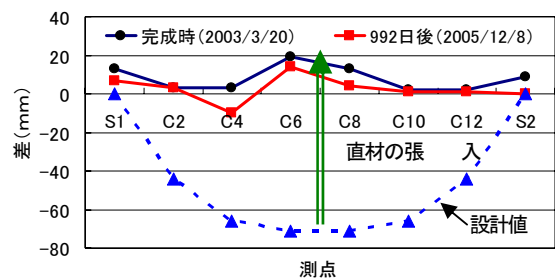


図6 50mキングポストトラスの変位量の推移

## 2-6 木質化推進

### 2-6-1 スギ材を利用した建築工法の開発

#### —低比重なスギを使った内装兼用断熱型枠 その2—

構法開発部 ※齊藤 豊、上杉 基

#### 1 はじめに

豊富な森林資源（スギ資源）を持つ宮崎県としては、これから増えることが予想される大径材の利用拡大を積極的に取り組んでいるところである。そのような中、宮崎県産スギ、特に大径材の根に近い部分（一番玉）のLVLを使った、断熱型枠は、民間レベルでは実績をあげている。この型枠は、断熱材とLVLを接着し、打ち込み型枠とするもので、コンクリート打設後はそのまま内装の下地若しくは内装とするものである。これまでは、断熱材とLVLとの接着性、断熱材とコンクリートの付着性、水分での変化やコンクリート打設時の施工性、打設後の機能など、個々の性能について検証を行ってきた。

#### 2 背景と目的

このような材料の性能、施工性等は、民間建築物の中で、検証してきたが、この製品が県産スギの利用拡大のみならず、建築施工の一つの方法として非常に合理的なものと判断できるため、今後は公共工事等への参画を視野に入れ、施工要領を確立させ、構法の標準化を行い、施工性の向上と工数省力化、コスト削減を図っていくことが重要なことである。そこで、宮崎県の公共施設建設工事の中で、試験的にこの型枠を使って施工を行い、詳細な追跡調査を実施し、施工要領と施工管理を構築することで、この構法の標準化を目指すこととする。ここでは、その第一段として、民間工事で得た情報を元に、工程、コストについての分析結果や、これまで発生した不具合に対する是正の結果を報告し、施工要領、施工管理の構築に向けた基礎とすることを目的とする。

#### 3 施工事例

今回内装兼用断熱型枠を採用した建設現場は、鉄筋コンクリート造8階建ての、1LDK16戸、2LDK16戸、合わせて32戸の共同住宅である（B工区）。延べ面積は2,604.19㎡、工期は529日、界壁の厚さは180mm、外壁厚は150mmである。使用した場所は、界壁両側と外壁の内側で、断熱材にポリスチレンフォームを使った型枠が界壁に、フェノールフォームを使った型枠を外壁の内側に使用した。床スラブについては、中空スラブのため使用していない。この共同住宅は2工区に分かれており、もう一方は、3LDK24戸の8階建てである（A工区）。延べ面積は1,825.85㎡である。エクспанションジョイントで接続されており、他社が請け負っていた。そこでは全て在来の型枠を採用していた。

#### 4 施工管理

##### 4-1 施工

実際施工を行っていくと、細かい部分で不具合を生じた。ここでは、この不具合の対策を報告する。

1) コンクリートの打設については、ジャンカ等の発生を抑えるため、綿密な打設計画を立て、慎重に打設を行うようにしているが、サッシがあるなど、複雑な出入りの部分は、ジャンカや空洞が発生する恐れがある。

（図1）。X線での探索方法は確立されたとはいえ、コストに問題があることから、なかなか普及するのは難しい。そこで、現在は超音波での探索や、より簡単に探索する方法として、打撃音の周波数解析を採用し、簡素化、低コスト化を目指している（図2）。

コンクリート健全部と、ジャンカ、空洞部の打撃音の比較を行ってみると、明らかに違う部分がある。図3、図4は、ポリスチレンフォームの断熱材のデータであるが、ジャンカのピークがより低周波域に存在している。

実際に打撃してみると、確かに空気の入った部分では、周波数の低い音が強く聞こえる。したがって、



図1 ジャンカ

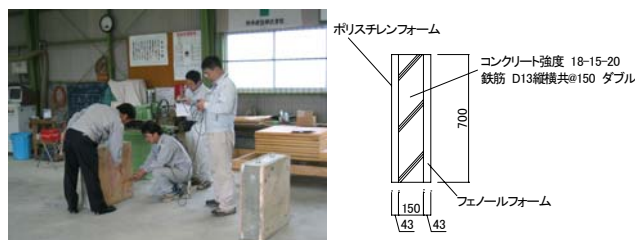


図2 打診状況

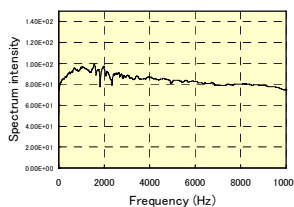


図3 健全部打診音

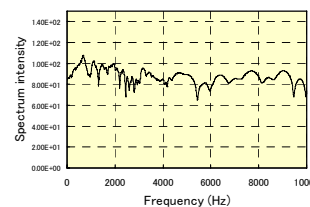


図4 ジャンカ部打診



ある指標を基準とすれば、容易にジャンカ等が確認できることになる。さらに、経験を積むことで、ある程度のコンクリートの状況を機械なしで判断できるようになると考えている。

2) 開口部（サッシ廻り）は、サッシの取り付けのために、取り付けしるを約20mm程度見込んでいる。そのため、当初からその部分には断熱型枠は挿入ができない。したがって、その部分はサッシ取り付け後に挿入することになるが、狭い空間の施工は困難であるため、この部分は発砲断熱材を採用している。

3) 内装仕上げ後、クロスに筋状のものが部分的に現れた（図5）。これはパネルジョイントではなく、LVLを接続する場合のスカートジョイントであった（図6）。原因は外側の乾燥が大きく影響しているようである。今回は十分なシーラーを塗り、十分なパテ処理し、張り替えを行った。スカートジョイントの部分は、型枠を組む際、十分な当て木を飼うなど注意をすべきである。



図5 クロスの表面突起物



図6 スカーフジョイント

4) コンクリート打設後に、セパレーター穴から水分の流出があった（図7）。クロスなど仕上げがある場合は乾燥させることで問題はない。むしろコンクリートが十分に充填されていることが確認できる。しかし、仕上げを兼ねる型枠の場合は不都合である。このため、セパレーター穴の内側にパッキンを挿入することで、止水することとしている。



図7 水分の流出

## 4-2 工程

A、B 両工区の実施工程を分析した結果を次に示す。両工区同時に行った土間コン打設から、各階のコンクリート打設時期を追っていくと、一階のコンクリート打設は、B工区が11日遅れている。また、各階の打設についても、平均4日程度の遅れがあり、8階打設完了時点では、土間コンから約40日、1階打設スタートから、29日の遅れであった。ところが、8階の内装工事着工の時点では、A、B 両工区ともちょうど同時期となっており、内装完了時点では、逆に20日程度進んだことになっている。これは、脱型枠やウレタン吹き付け、壁下地組等の工程が省略されていることが要因であると考えられる。当然延べ面積や戸数に差があるため、正確に評価はできないが、B工区の不利な状況の中では、この工期短縮は大きな成果となる（表1）。

表1 工程比較（土間コン打設～内装完了  
コンクリート打設日

	A工区	打設間	B工区	打設間
土間コン	12月26日		12月26日	
		33日		44日
1F	1月28日		2月8日	
		19日		21日
2F	2月16日		3月1日	
		16日		25日
3F	3月4日		3月26日	
		22日		24日
4F	3月26日		4月19日	
		21日		31日
5F	4月16日		5月20日	
		27日		26日
6F	5月13日		6月15日	
		20日		26日
7F	6月2日		7月11日	
		18日		19日
8F	6月20日		7月30日	
ここまで	所要期間	176日	所要期間	216日

## 5 コスト比較

在来型枠と内装兼用断熱型枠のコスト比較については、規模、戸数、意匠などに影響されやすいが、今回の現場で、実際の数量から、型枠と人件費などを比較することにした。その結果、概算であるが、今現在の断熱型枠の製品単価で、ほぼ同じ結果となった（表2）。したがって、今後は量産による安価を期待したい。

## 6 その他

この型枠は、基礎工事中に工場加工を行うので、現場搬入後はすぐ工事に取り掛かることが可能であるが、型枠表面の補正ができないため、慎重な施工精度が要求される。その場合この型枠加工は、現場外で行うので、現場での切りくずの発生が少ないことから、クリーンな現場が確保でき、施工能率、精度アップが期待できる。また、現在はこの型枠施工の経験工が少ないため、講習会等で普及啓発を行っていくことも必要である。

## 7 まとめ

これまでの検証で、ハード、ソフト両面ともこの工法の特徴を確認することができたが、特に工程については、大きな短縮が確認され、目的である施工性の向上と、工数省力化に大きく近づいた感がある。また、コストについても今後は安価が十分期待できる結果となった。このことから、今回の研究では、施工要領の作成、施工管理の構築に向けての第一歩を築くことができたといえる。

表2 工事費比較（型枠施工関連）

費用比較		A棟		B棟	
項目	単価				
大工手間(胴縁)	16,200円	166人	2,689,200	0人	0
大工手間(ウレタン)	16,200円	52人	842,400	0人	0
型枠(複合単価)	2,730円	8437㎡	23,033,010	11249㎡	30,709,770
ウレタン	1,610円	1565㎡	2,519,650	0㎡	0
胴ぶち組み	1,800円	1464㎡	2,635,200	0㎡	0
断熱型枠(複合単価)	5,500円	0㎡	0	2623㎡	14,426,500
合計			31,719,460		45,136,270
延べ面積			1,825.85		2,604.19
㎡当たり単価			17,372		17,332

## 2-6-2 歴史的な木造施設から学ぶ地域材の活用

構法開発部 ※齊藤 豊、椎葉 淳

### 1 目的

宮崎県産スギは、材質、強度、構法等に関する当センターでの研究を通じて、全国一律のベイマツ技術とは異なる独自の活用技術が必要なことが分かってきた。また2000年の建築基準法改正に伴い、要求性能を満足すれば、従来は認められなかった構法も認められるようになってきた。そこで、県内の歴史的な木造施設を調査し、これら地域材の活用技術を集約することで、地域風土にあった木造技術の全容が判明でき、これらを今後の木造化の推進に資することを目的とする。

### 2 内容

「宮崎県の歴史的な木造施設技術100選」として事例集を作成するための前段として、市町村からの情報に基づき、県内に存在する伝統木造施設100箇所の調査選定を行った。このうち、文化財保護法により「重要伝統的建造物群保存地区」として指定されている日向市美々津地区と日南市飫肥地区の建物について、継ぎ手や仕口の調査を行った。また、県外で同様に保存地区に指定されている箇所について、県内との共通点及び相違点を調査した。

### 3 結果

情報・資料収集の結果、文化財(社寺仏閣)が半数を占め、住宅や店舗等がやや少なかったが、その中でも柱と胴差の仕口、梁や桁の継ぎ手、小屋組などには様々な工夫が見られ、また補修などの維持管理も含めて良好な状態を保っているものが多かった。保存地区については、各建物とも開口部が広くとられ風通しが良く、防腐対策として効果的な施工がなされていた。また、県内外で大きな相違点はなく、構造材に年輪幅の狭い高比重材が使用されているということが共通していた。この点においては、低比重スギにそのまま適用は

出来ないものの、使われている継ぎ手・仕口とスギとの組み合わせや、外壁の防火・防腐処理技術などを合わせて検討していくことで、今後の木造化の推進につながると思われる。



美々津の街並み



小屋組(二重梁)



柱の継ぎ手(金輪継ぎ)



# 研究推進体制

## バイオマスの高度徹底活用による環境調和型産業の創出

(コア研究室：宮崎県木材利用技術センター)

### 研究総括 (有馬孝禮)

低品位木炭を助燃剤とする家畜排泄物処理とそのエネルギーのカスケード利用システムの開発

研究代表者

宮崎県木材利用技術センター 所長 有馬孝禮

- 都城工業高等専門学校教授 渡部英夫
- 県木材利用技術センター 藤本英人ほか
- 宮崎大学工学部 平野公孝・菊池正憲・綱
- 都城木材(株) ● 清本鐵工(株)
- 木脇産業(株) ● 大和工機(株)
- 森島酒造(株) ● JA都城
- 宮崎県畜産試験場 ● ヤマエ食品工(株) ほか

バイオマス活用システムから派生する有用物質の回収及び新規機能性物質の開発

研究代表者

宮崎大学工学部教授 松井孝尚

- 都城工業高等専門学校教授 濱田英介・清山史郎・福留功博・岩熊美奈子
- 県木材利用技術センター 藤本英人ほか
- 宮崎大学工学部 関戸知雄
- 宮崎大学農学部 太田一良・吉田直人
- 都城木材(株)
- (有)千人 ● 木脇産業(株) ほか
- 宮崎県畜産試験場

木質バイオマス



図1 都市エリア事業の概念図

### <サブテーマ①> 低品質木炭の製造条件および豚糞との混合条件の確立

このサブテーマは低品質木炭と豚糞とを混合して燃料にする最適条件について検討中である。現在までに得られた成果としては、炭化時の加熱温度と得られた低品位炭の発熱量の関係、および熱的収率が明らかにされている。また、豚糞と木炭を混合することで、高含水率豚糞の予備乾燥速度が高まること、作業時の悪臭が削減されること、粉炭の燃焼炉内での飛散がないことなど多くのメリットが認められている。

### <サブテーマ②> 燃焼・廃熱回収システムの開発

このテーマでは低品質木炭と豚糞の混合燃料を効率よく燃焼して、熱を回収するシステムを研究している。本事業で導入されたパイロットスケール燃焼炉を使用して、燃焼試験を行っている(図2)。豚糞・木炭混合燃料の組成や燃焼炉の空気流入量等を調整することにより、灯油などの補助燃料を使用することなく、自燃するめどが立ってきた。このことにより、このシステム全体の実用化に確信が持てるようになった。

### サブテーマ③> 木材の乾燥および熱利用

このサブテーマでは、サブテーマ②の燃焼炉で発生した熱を木材の人工乾燥に使う際の最適条件について検討している。さらにその廃熱を焼酎カスや野菜屑などの乾燥に使うための基礎研究を行っている。平成18年度にはパイロットプラントに木材乾燥機を併設し。実際に木材乾燥を行う予定である。



図2 パイロットプラントの全景

＜サブテーマ④＞ 木材乾燥排出液からの有用有機物質の回収およびその利用

このサブテーマでは、木材の人工乾燥に伴い排出される大量の蒸気を冷却して得られる凝縮液の中からテルペノイドなどの有用成分を取り出し、その成分を有効利用する方法について検討中である。現在までの検討の結果、スギ精油はシロアリの食害を抑制する効果が、また、白濁した水層には消臭効果が認められたので、今後、これらの用途での検討を進める予定である。

＜サブテーマ⑤＞ 家畜糞・低品質木炭混合燃焼焼却灰からのリン回収に関する研究

このサブテーマでは豚糞焼却灰から、リン、銅および亜鉛などを回収する技術を開発するとともに、その残渣の有効利用についても検討している。

＜サブテーマ⑥＞ 燃焼炉からの派生物を利用した微細藻類等独立栄養生物の培養とその応用

このサブテーマの中で、燃焼炉から発生する二酸化炭素、温熱水、焼却灰などを用いて常温から中温（55-75℃）で繁殖する微生物を培養し、二酸化炭素の固定化とともに、精製する有用物を回収する技術について検討中である。

おわりに

このプロジェクトは、地域農業の抱えている畜産廃棄物の問題、林業の抱えている林地残材や切り捨て間伐の問題、地場産業の抱えている焼酎カスやジュースの絞りカスなどの問題解決に向けて一歩でも前進することを目的としている。この意味からも、現在参加している機関はもとより、さらに多くの企業や研究期間に参加していただいて、連携を高め、このプロジェクトを成功に導きたいと考える。

## 2-8-1 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究

## (木材利用部門における炭素貯蔵量評価モデルの開発)

所長 有馬孝禮

1997年12月に気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において、全会一致で採択された「京都議定書」が、2005年2月に発効した。議定書の発効により、日本をはじめ、温室効果ガス排出量の削減を約束した先進国等附属書I国には、その数値約束を守る法的義務が発生した。わが国は、第1約束期間において、1990年比6%の排出削減を行わなければならない。このうちの3.9%は、1990年以降に間伐等の森林整備活動を行った森林におけるCO<sub>2</sub>吸収量として算入できることになっている。

「京都議定書」を受けて森林の3.9%吸収源維持対策として、林野庁は必要な森林の適正な整備および保全の実施を計るため、1999年段階で国産材の供給量(すなわち伐採量)が2010年には500万m<sup>3</sup>増加するように目標を定めている。しかしながら木材の利用先として住宅建設は人口が減少に転じる時代を迎え、今後住宅着工数が劇的に増えることは考えにくい。このように吸収源対策として500万m<sup>3</sup>の木材を利用するためには「木材でできることは木材で」を視点におき、広範囲な利用面拡大と既存の多エネルギー消費型の資材に代替していくことを重要視せざるをえないと思われる。これは木材需要拡大といった業種間の競争ととらえられがちであるが、むしろ化石資源の消費抑制、限られた他資材の延命としての意義が大きい。併せて木材利用が森林に持続的な資源生産の活力を生むことになる。すなわち「消費が生産を生む」のであり、「消費が消費を生む」からの脱却でもある。

本課題の目的はわが国の木材伐採後の木材が木製品として炭素貯蔵量にどのように関わっているかを明らかにすることである。合わせて木製品の他資源の製品に比較したとき発揮する省エネルギー効果、木質燃料としての化石燃料の消費抑制につながる代替エネルギー効果を評価することにある。昨年度までに防護柵、法枠工、木橋などを対象に公共土木工事に関わりの大きい製品の代替時の効果を単体の製品で検討した。本年度は、学童用机・いす、鋼材、せっこうボード、防護柵の各製品について、現在、一般的に用いられている資材から木製へ代替することによる炭素排出削減効果や炭素貯蔵効果について検討した。とくに森林の3.9%吸収源維持対策として、必要な森林の適正な整備および保全の実施を計るための伐採500万m<sup>3</sup>の増加に考慮してその利用区分と構成する条件による効果がどの程度変化するか比較検討した。

(1) 金属製学童用机は、天板のみ木製と考え、いすは座面と背もたれの部分が木製と考え、机、いすを合わせた木材使用量は平均で0.00794m<sup>3</sup>である。木製学童用机・いす1セット当たりの木材使用量を平均すると、0.0572m<sup>3</sup>となる。「学校基本調査」(文部科学省)によると、小学校、中学校、高等学校および中等教育学校を合わせた在学者数から算出して、全数が木製であった場合70万m<sup>3</sup>程度(約18万ton-C)多く木材を使用することとなる。構成素材である鉄と木の製造エネルギーでは大きな差異があるが、木製の机・いすに

なると木材の使用量が大きいので、金属製の机・いすと比較したとき製造エネルギーは60-90%となり、著しい省エネルギーとはならない。在学者数（＝使用している学童用机の数とする）の約6%に相当する数の学童用机が毎年買い替え・更新されている。1年間に買い換える学童用机・いすの50%を木製にすると炭素貯蔵量で約460〔ton-C〕の増加で、約300〔ton-C〕の放出削減の試算となる。

（2）普通鋼鋼材の最終製品の内需（5,501万トン）のうち、建築用が709万トンであり、約13%を占めている。鉄骨造建築物に使用する鉄骨の原単位は床面積1m<sup>2</sup>当たり100kgである。鉄骨造建築物のうち、1-3階建ての建築物が、木造に代替可能と考え、2003年度における鉄骨造建築物（1-3階建て）の着工床面積38,213千m<sup>2</sup>のうち、50%を木造として試算では炭素排出量65万トンCの削減、および貯蔵量は96万トンCとなる。

（3）建築物に使用されているせっこうボードのうち、木造住宅に使用されている分に限って針葉樹合板への50%代替を考えると、炭素貯蔵は6.8万トンCになるが、排出量は同等もしくは若干増加する。

（4）国土交通省によると防護柵の設置延長は1968年～2001年までの34年間に160,000kmほど延びており、1年間に換算すると約4,700kmである。防護柵の耐用年数は10年とされている。したがって10年前に設置したものの取替えを考慮すると9,400〔km〕と考えられる。既存の木製の防護柵の製造エネルギーに要するCO<sub>2</sub>排出量は鋼製の2.6倍となった。これは防護柵に要求される性能を確保するためには、高い強度と靱性を必要としコンクリートや金属部品を組み合わせ使用することが不可欠であるためである。その結果、資材量が多くなりCO<sub>2</sub>排出量も多くなっている。防護柵の設置延長を1年間に約9,400kmと考え、鋼製から木製への防護柵の代替を、設置延長の5%として試算すると、炭素排出量3万トンCの増加、貯蔵量は12万トンCとなる。

（5）伐採木材の利用の太宗は建築であるが、今後炭素貯蔵を伐採木材に期待するには用途拡大が必要とされる。土木資材はその量的な大きさからも検討の余地がある。土木資材に木材を利用した工法では、丸太に近い状態の製品を使用することが多く大きな炭素貯蔵を生む可能性がある。しかしながらこれらの炭素貯蔵効果は製品の耐久性すなわち、耐用年数に依存するので、使用環境条件による寿命曲線の検討が重要である。また、各種材料、各工法に工夫の余地があり、省エネルギー効果をはかる必要がある。

## 2-8-2 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発

### 「平成 17 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」

構法開発部 ※上杉 基、飯村 豊、 所長 有馬孝禮  
和光コンクリート工業(株) 張 日紅、金丸 和生

#### 【はじめに】

宮崎県内では、平成 7 年から、林道を中心に木製防護柵の設置が始まっており、長いもので設置後 10 年が経過している。木製防護柵の維持管理基準のなかで、スギビーム材の被害度は、「防腐処理木材の野外杭試験方法」(林業試験場研究報告第 297 号)に準じて目視で評価され、熟練者による判定は、かなり精度の高いものといえる。この方法で、県内各地の施工地を調査したところ、被害度の大きいものと小さいものとの差が極端であり、その差は、設置場所や注入した薬剤量の差からくるのではないかと考えられた。そこで、当センター内の西端、車庫棟南側の芝生上に、初期値の明らかな 11 スパン 22 本の木製防護柵を南北方向で設置し(図 1)、定期的にさまざまな方法で測定を行い、劣化の進行について調査するとともに、簡便で精度の高い性能判定方法について検討することとした。

#### 【調査方法】

初年度は、設置した平成 17 年 3 月から、毎月 1 回、縦振動とたわみ振動を測定した。測定に用いた機材は、2ch 小型 FFT 分析器(SA-78 型、リオン社製)である。縦振動は、スギビーム材を支柱から外し、重量を 50 g 単位で測定した後に、はかりに乗せたまま、木槌で一方を打撃し、もう一方の木口にマイクロホン近づけ、固有振動数を測定した。たわみ振動は、支柱に固定した状態で測定した。その際に、測定条件を一定にするために、ビーム両端のボルトの締め付けを、60N・m のトルクに揃えた。また、ビームの表面の節を避けたほぼ中央部に印をつけ、毎回、その部分を木槌で打撃し、裏面で振動を測定した(図 2)。

#### 【まとめ】

スギビーム 22 本の平均初期値と直近の測定である 7 月の測定値を表 1 に示す。防腐薬剤処理は、日向市の宮崎木材防腐工業協同組合で、平成 17 年 3 月 3 日に実施した。薬剤の種類は、CUAZ で、JIS A 9002 木材の加圧防腐処理方法による。薬剤注入量の平均値は  $338.8\text{kg/m}^3$ 、最小値が  $229\text{kg/m}^3$ 、最大値が  $404\text{kg/m}^3$  で、水溶性木材防腐剤の基準値である  $200\text{kg/m}^3$  以上を完全に満たしている。測定重量と規格寸法での容積から算出した密度は、設置日の 3 月 14 日の初期値が、平均値  $709.8\text{kg/m}^3$ 、最小値が  $631.9\text{kg/m}^3$ 、最大値が  $806.6\text{kg/m}^3$  で、かなりの水分を含みばらついていたのに対して、4 か月経過した 7 月 14 日の測定では、平均値  $463.1\text{kg/m}^3$ 、最小値が  $411.7\text{kg/m}^3$ 、最大値が  $518.3\text{kg/m}^3$  と、かなり乾燥が進み、ばらつきも小さくなってきた。梅雨時期で乾燥が小休止したが、8、9 月で乾燥はさらに進み、干割れも大きくなると予想される。縦振動から算出した動的弾性係数の平均値は、初期の 3 月の値が  $5.93\text{GPa}$ 、4 月が  $6.32\text{GPa}$ 、5 月が  $6.42\text{GPa}$ 、6 月が  $6.55\text{GPa}$ 、7 月が  $6.57\text{GPa}$  と微増で推移している(図 3)。この値も、平行含水率に達するまで増加することが予想される。試験体番号 1 番の縦振動とたわみ振動の波形を比較した(図 4、5)。縦振動は、4 次のピークまではっきり現れている。それに対して、たわみ振動は波形がかなり乱れている。特徴的なのは、 $700\text{Hz}$  前後に最も高いピークが来ることで、これは、他の 21 体にも共通していた。設置後、3 年から 4 年経過して、



表層が腐朽したビームでは、このピークがはっきりしないというデータを得ているので、今後注意深く測定を続けたい。実際の施工現場では、ビームを外して縦振動を測定することは困難であるし、手間もかかる、たわみ振動であれば簡便に測定が可能であるので、今後もデータ数を増やしながら、表層や内部の腐朽とたわみ振動の関係について検討を進めたい。

本研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発」によった。



図1 木製防護柵設置位置（破線部）



図2 たわみ振動の測定状況

表1 スギビーム 22本の平均初期値と直近値

	初期値	7月測定値
薬剤注入量(kg/m <sup>3</sup> )	338.8	-
密度(kg/m <sup>3</sup> )	709.8	463.1
動的弾性係数(GPa)	5.93	6.57

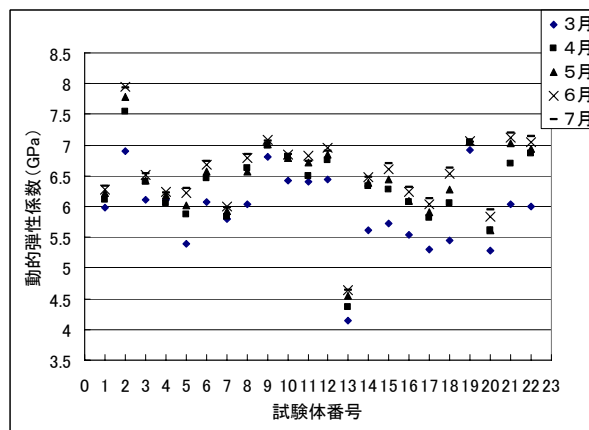


図3 動的弾性係数の推移

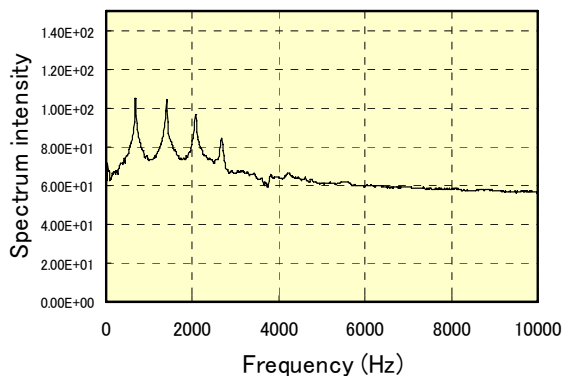


図4 ビームの縦振動波形

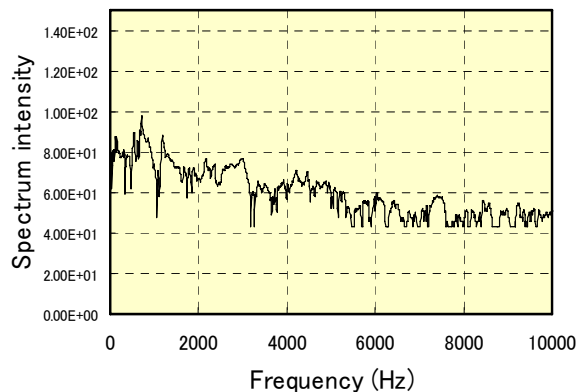


図5 ビームのたわみ振動波形

## 2-8-3 スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価

### オビスギを用いた新しい集成材の製造と強度性能評価およびその特性を活かす設計法 「(独) 森林総合研究所・運営費交付金プロジェクト (課題番号: 200503)」

木材加工部 ※藤元 嘉安、森田 秀樹 構法開発部 飯村豊、椎葉淳

#### 1 目的

宮崎県産スギ(主にオビスギ)は生育が早いため、年輪幅が広く、集成材用のラミナとして用いる場合、機械等級区分(最小値評価)されたラミナにはL40、L30のものが相当量含まれる。このため、現行JASに基づくラミナ構成の集成材製造では、余剰ラミナの発現が多く歩留りが低くなることから、生産量、製造コストへ著しい負荷を与えているのが現状である。そこで、本研究では、とくにL40およびL30の低位等級ラミナを内層に用いた新しい構成の構造用集成材の可能性を確認する目的から、宮崎県産スギラミナの曲げ、圧縮および引張強度性能および新構成構造用集成材の曲げ、圧縮および引張強度性能について検討を行った。

#### 2 試験方法

ラミナの強度試験には、宮崎県産スギをL30からL70までの5段階に機械等級区分(最小値評価)し、中央にフィンガージョイントを施した試験体を供した。曲げおよび圧縮試験は構造用集成材JASに準じ、引張試験は構造用木材の試験方法に準じて行った。また、集成材の強度性能については、現行JASでは規格外となるL40およびL30ラミナを用いたE65(内層L40)、E55(内層L40)およびE55(内層L30)というラミナ構成の対称異等級構成集成材を供試した。曲げ試験は構造用集成材JASに準じ、圧縮および引張試験は構造用木材の試験方法に準じて行った。

#### 3 試験結果

ラミナの曲げ試験の結果を図1に示す。曲げのみならず圧縮および引張の強度も、ラミナの等級が低くなるほど、低下する傾向にあった。しかしながら、L40やL30ラミナのいずれの強さも、構造用集成材JASや建築基準法(告示1452号)で示されるスギE50材の基準値と同等程度であることが示された。これらのことから、L40およびL30のラミナの構造用集成材への利用は十分可能であると考えられる。

L40およびL30ラミナを用いた新構成のE65(内層L40)、E55(内層L40)およびE55(内層L30)集成材の曲げおよび引張試験結果を図2および3に示す。いずれの構成の集成材においても、曲げ性能や圧縮強さは構造用集成材JASや建築基準法(告示1024号)で示される対称異等級構成集成材E65-F225と同等かそれ以上の性能を示したものの、引張強さにおいては、下限値が対称異等級構成集成材E65-F225の引張基準強度を下回っていた。

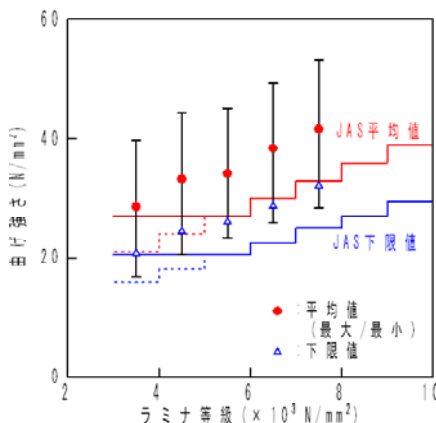


図1 スギラミナの各等級における曲げ強さ (各等級 n=130)

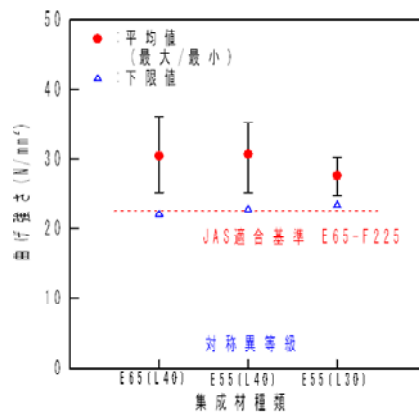


図2 各種スギ集成材の曲げ強さ (各種 n=8)

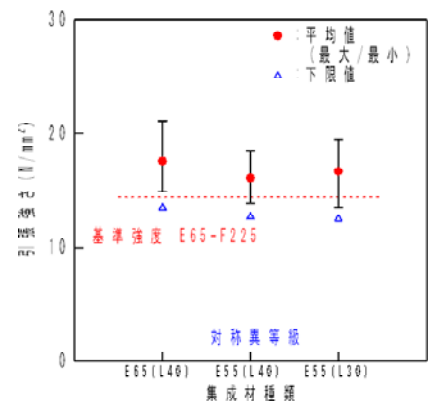


図3 各種構成のスギ集成材の引張強さ (各種 n=12)

## 2-9 科研費

2-9-1

シロアリの本能・生理を利用した環境配慮型防蟻技術の開発

平成17年度科学研究費補助金(萌芽研究、課題番号 17658080)

材料開発部 藤本英人

### はじめに

日本を一般的に採る温帯域のシロアリは、その生態的適応能力の高さから、建築材料の劣化や家具の腐食など、深刻な被害をもたらしている。また、シロアリの繁殖力や生存能力の高さから、防蟻対策の重要性がますます高まっている。本研究では、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。本研究は、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。本研究は、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。

### 実験

1. 蟻道形成とフィルム材質の関係  
シロアリがプラスチック表面に蟻道を形成する際の状況を検討した。フィルムを飼育槽壁面に固定して蟻道を作らせ、その後のフィルムの状態を顕微鏡で観察した。
2. 蟻道形成とフィルム形状の関係  
3 cm角の陶器ブロックと餌木の間には各種フィルムを挿入し、室内飼育コロニーおよび屋外生息コロニーを用いて実験中である。フィルムの材質はナイロン12、ポリカーボネートの2種類とし、厚さ30および100 $\mu$ m、表面効果型とノーマルタイプ等の因子について実験中である。その他、フィルム材の厚さや重さ、コロニーの活性が低下しないよう、急遽コロニーを入れ替えているため、予定より遅れた。実験は急遽コロニーを入れ替えているため、予定より遅れた。
3. 施工試験  
実大の小屋を建てるとき、基礎と土台の間にナイロン12フィルムを挟み込み、開発しようとしているフィルム型バリヤーの施工性に検討した。

### 結果

シロアリの表面硬度の指標として、フィルム表面の硬度を測定した。その結果、フィルム表面の硬度は、鉛筆の硬度と同程度であった。また、シロアリの蟻道形成の有無は、フィルム表面の硬度と関係がなかった。本研究は、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。本研究は、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。本研究は、シロアリの生理学的特性を利用した、環境にやさしい防蟻技術の開発を目指している。

## 2-9-2 スギによる柱-土台接合部のめり込みクリープ特性の解明と効果的接合方法の開発 - 乾燥方法と接合条件がめり込みクリープ性能に及ぼす影響 - 平成 17 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号 17580150)

木材加工部 荒武 志朗

### 1. 目的

スギの欠点として、従来からめり込みに対する抵抗の弱さが指摘されており<sup>1)</sup>、このため、工務店やハウスメーカーの多くがスギの土台としての使用を躊躇しているのが現状である。しかしながら、住宅等における実際の使用条件を考慮しためり込み性能の検討例が極めて乏しい中で<sup>2,3)</sup>、こういったユーザーサイドの危惧が必ずしも実際に当てはまるか否かは不明である。

このような視点から、筆者らは、この数年スギの土台としての適合性の有無に焦点を当て、主として長期性能の検討を行ってきた。具体的には、宮崎県産スギを用いた軸組構法の柱脚柱頭接合部試験体(I型)を試作してそれらのめり込みクリープ性能を検討し、その結果からスギの土台としての適合性を吟味するものである。前報<sup>4)</sup>では、通常の住宅レベルの荷重下であれば、部材の含水率に配慮した施工を心がける限り、スギの土台としての適合性に大きな問題はないことが示された。本報では、さらなる実用的な情報を得るため、乾燥方法や接合条件がめり込みクリープ性能に及ぼす影響について検討した。また、試験の過程で、一定期間毎に土台部分を過酷な水分条件下におき(以下、事故的水かかり試験)、それによって如何なる影響が生じるかについても検討を加えた。

### 2. 実験方法

実験には、宮崎県産スギ心持ち正角材で、乾燥方法の異なる乾燥材 8 本を供試した。寸法は、何れも断面が 105mm×105mm、長さが 2000mm である。これらの材は、事前に約 2 年 6 か月の曲げクリープ試験<sup>5)</sup>を行なったものであり、終了後、クリープ回復を待ってめり込みクリープに供したものである。ここで、各供試材の実験開始時における材質と乾燥方法を表 1 に示す。同表のうち天然乾燥材 1 は、曲げクリープ試験の開始時点で既に気乾状態に達していたものであるが、天然乾燥材 2~5 は、同試験の過程で気乾状態に至ったものである(当初の含水率は 25.8~79.5%)。

これらの供試材を用いて、図 1 に示す I 型の接合試験体(以下、試験体)を製作した。なお、試験体の接合部には、ほぞ深さの異なる 2 種類の長ほぞ差し込み栓打ちを採用した。具体的には、幅 30mm×長さ 90mm×深さ 90mm の長ほぞ(S型)と、幅 30mm×長さ 90mm×深さ 105mm の長ほぞ(L型)である(いずれも通しほぞ)。この場合、前者(S型)では、主として胴付き部のめり込みが応力の多くを負担すると考えられるが、後者(L型)では、ほぞの先端が基礎に接触し

ているため、柱の縦圧縮が応力の多くを負担するものと考えられる。したがって、後者については、厳密にはめり込みクリープとは言えないが、ここでは、便宜上(実用上)、両条件ともめり込みクリープとして取り扱うこととする。

めり込みクリープ試験は、レバー式の圧縮引張兼用クリープ試験装置を用い、自然環境下で行った。この場合、負荷荷重は、2 階建てモデル建物(1 階 101m<sup>2</sup>、2 階 97m<sup>2</sup>)の最大柱軸力 891kgf とした<sup>6)</sup>。また、変位は、図 1 に示すように各試験体にひずみゲージ式変換器(以下、センサ)をセットし、データログを通して自動測定した(温湿度も同様)。なお、同図における No1~No4 のセンサは梁及び土台のめり込み変位測定用、No5, No6 のセンサは収縮量測定用である。試験は 2005 年 4 月 26 日に開始したが、二次クリープに入った段階から事故的水かかり試験(図 1 の写真参照)も平行して行なっている(現在も継続中)。

### 3. 結果と考察

図 2 にめり込みクリープの変動を示す。同図を見ると、全体としてのめり込みクリープの傾向は安定しているが、接合方法(S型とL型)による傾向の差異が明確に認められる。すなわち、L型では、現時点ではめり込みクリープの進行が極めて微小であり、乾燥方法による相違や事故的水かかりの影響もさほど明確

表 1 供試材の材質と乾燥方法

種別	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	ヤング係数 (GPa)	乾燥方法
高温乾燥材	0.356	12.1	6.52	最高乾球温度125°C、乾燥日数7日
燻煙熱処理材	0.405	12.4	6.49	最高温度115°C、乾燥日数6日
蒸気式乾燥材	0.364	12.3	6.49	乾球温度80~85°C、乾燥日数10日
天然乾燥材1	0.354	14.0	6.51	実験棟内に棧積み
天然乾燥材2	0.355	15.3	6.40	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材3	0.394	15.5	6.24	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材4	0.379	15.3	6.76	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材5	0.367	15.5	7.11	曲げクリープ試験の過程で乾燥

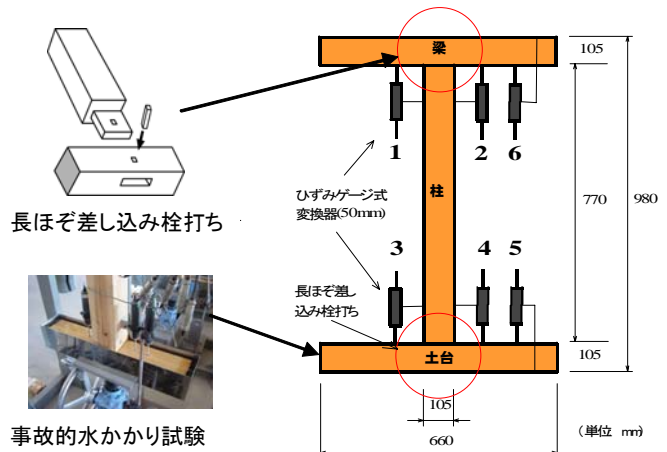


図 1 試験体と試験条件

ではないが、その一方で、S型では、全体にめり込みクリープの進行や事故的水かかりの影響がL型のそれに比べて大きく、また乾燥温度が低いほどめり込みクリープの進行が大きくなる傾向を示している。詳細な分析は、さらなるデータの蓄積を待って行なう必要があるが、何れにしても、S型とL型のめり込みクリープの特性は異なるようである。

図3に、沈み込み量(めり込みクリープ+土台の収縮・膨潤)の変動を示す。同図を見ると、S型とL型の差異はさらに顕著になっている。特に、S型では、事故的水かかり後の沈み込み量回復とその後の増加がL型のそれに比べて著しい。この場合、S型では、ほぞの胴付部分を土台が受けているため、土台自体の膨潤・収縮の影響を直接受けることになるが、L型では、ほぞの先端が基礎に到達しているため、少なくとも収縮の影響は殆ど受けない。このために、このような特性の差異を生じたのであろう。今回は、最初の浸せき(1時間)後のインタバルを2か月としたが、図2や図3に示されるように、S型におけるこの間の変

位増加は必ずしも止っていない。したがって、2度目の浸せき以降はインタバルをさらに長くとして、その後の傾向を見守りたい。

【参考文献】

- 1) 林知行, 宮武敦: 木材学会誌, 37(3), 200-205(1991).
- 2) 青井秀樹, 林尚宏, 有馬孝禮: JOURNAL OF TIMBER ENGINEERING, 46, 12-17(2001).
- 3) 林尚宏, 有馬孝禮: 日本建築学会学術講演梗概集, 九州, 1998, pp.11-12.
- 4) 荒武志朗, 田中洋, 上杉基, 有馬孝禮: 木材工業, 60(3), 121-126(2005).
- 5) 荒武志朗, 田中洋, 有馬孝禮: 第55回日本木材学会大会要旨集, 京都, 2005, p.67.
- 6) 稲山正弘ほか: “阪神・淡路大震災後の設計手法を考える-地震に強い[木造住宅]の設計マニュアル”, 建築知識, 1996, pp.10-43.

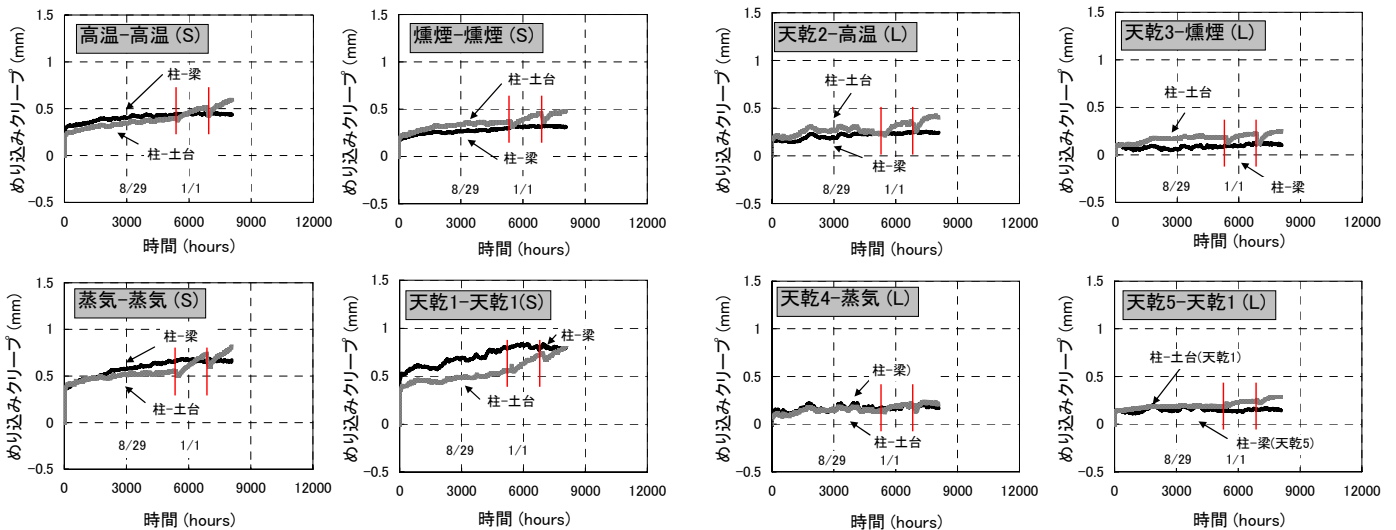


図2 めり込みクリープの変動

注) ○-○: 梁の部材-土台の部材, (S): ほぞ深さ90mm, (L): ほぞ深さ105mm, ||: 左から浸漬1, 3時間(土台のみ)

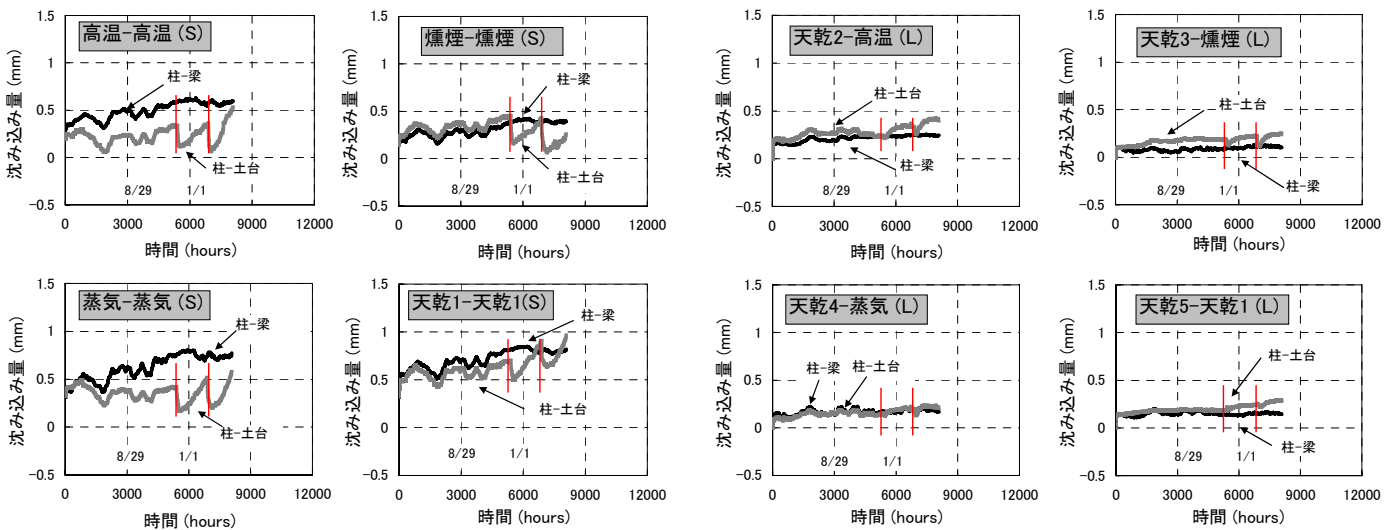


図3 沈み込み量の変動

注) ○-○: 梁の部材-土台の部材, (S): ほぞ深さ90mm, (L): ほぞ深さ105mm, ||: 左から浸漬1, 3時間(土台のみ)

## 2-10 研究発表（口頭発表）

### 2-10 口頭発表

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
木材利用による二酸化炭素排出削減効果の炭素収支評価	有馬 孝禮	2005 日本建築学会大会 (近畿)	2005. 9.1～ 3
スギ材の蒸気加熱式乾燥に要する燃料消費量	(宮崎木技セ) 小田 久人、藤本 英人、 蛭原 啓文 (宮崎産業財団) 森田 明宏	日本木材加工技術協会 第23回年次大会	17.11.11
<b>A trial to obtain essential oil from the condensate in kiln-drying process of wood</b>	<b>Hideto Fujimoto</b>	<b>IAWPS2005 International Symposium on Wood Science and Technologies</b>	<b>November 17-22. 2005</b>
木質バイオマスの利用による循環型社会の構築を目指して	藤本 英人	スギシンポジウム 2006	18. 2.16
柱材の高温低湿乾燥時の蒸気消費量と凝縮液およびドレーンの発生量について	小田 久人、藤本 英人	平成17年度 都市エリア事業成果報告会	18.2.20
高温低湿乾燥法におけるスギ心持ち柱材の乾燥性－高温低湿乾燥過程における含水率分布、解放ひずみおよび材温の推移－	小田 久人	平成17年度 研究成果発表会	18.3.16
スギ材乾燥凝縮液精油のシロアリ防除への応用	落合 克紀	平成17年度 都市エリア事業成果報告会	2006.2.20
オビスギ材精油成分の樹幹内分布	落合 克紀	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16
土木資材スギ材の耐久性調査他	岩崎 新二、落合 克紀	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16
県産スギラミナを用いた新構成構造用集成材の強度性能	藤元 嘉安、森田 秀樹 飯村 豊、椎葉 淳	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16

## 2-10 口頭発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	期日
Compression Creep Perpendicular to the Grain of Column- and- sill Joints Composed of Sugi for Conventional Construction in Japn	Shiro Aratake, Motoi Uesugi, Takanori Arima, Hiroshi Tanaka	International Symposium on Wood Science and Technologies 50 <sup>th</sup> Anniversary of The Japan Wood Research Society	2005. 11.27～30
建築解体材を短尺ラミナとする集成材の製品と性能評価	原田 浩司、赤木 光志 平原 むつみ、林田 忠 槌本 啓大、荒武 志朗	第9回 木質構造研究会技術発表会	2005. 12.1～2
乾燥方法の異なるスギ構造材の曲げクリープ	荒武 志朗、有馬 孝禮 田中 洋	第16回日本MRS 学術シンポジウム	2005. 12.10～11
長期的な視点から見たスギの構造材としての性能	荒武 志朗	試験研究機関合同研修会	2005.12.20
スギ構造材柱脚柱頭接合部のめり込みクリープ-乾燥方法と接合条件の影響-	荒武 志朗	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16
宮崎県産スギ板材の乾燥に関する研究	蛭原 啓文、小田 久人	第9回 木質構造研究会技術発表会 (東京都)	2005. 12.1～2
本県産スギ板材の乾燥	蛭原 啓文	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16
構造用集成材ラミナの歩留り向上のための検討	森田 秀樹	平成17年度研究成果発表会	2006.3.16
「杉の木橋」の余寿命	飯村 豊、上杉 基 中澤 隆雄	木材学会鋼構造委員会 木橋技術小委員会 第4回木橋技術に関する シンポジウム論文報告集	2005.7
経年木製車両用防護柵の性能確認	張日紅、金丸 和生 飯村 豊、上杉 基 中澤 隆雄	第12回 日本木材学会九州支部大会	2005. 8.22～23
現代木橋「杉の木橋」の劣化点検	飯村 豊、中澤 隆雄	土木学会 平成17年度 全国大会	2005.9
低比重材スギを用いた大断面製材構法	飯村 豊、齊藤 豊	2005年度 日本建築学会大会	2005. 9.1～3
Performance Evaluation 06 the “Konohana Dome” with Fast-Growing Sugi	Yutaka Iimura	IAWPS 2005	2005.11

## 2-10 口頭発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	期日
地元工務店と鉄工所 JV による大断面スギ製材構法	飯村 豊、齊藤 豊 上杉 基、岩崎 正澄 北川 功次	第 9 回 木質構造研究会技術発表会	2005. 12. 1 ~ 2
「かりこぼうず大橋」とシステム技術の変遷	飯村 豊	土木学会西部支部 研究発表会	2006. 3
表層材に低比重県産スギの圧密材を用いた体育館用フローリングの開発 -綾てるはドームの事例-	齊藤 豊 福山 昌男、伊藤 隆行 根井 孝和	第 12 回 日本木材学会九州支部大会	2005. 8.22~23
低比重なスギを使った内装兼用断熱型枠 その 2	齊藤 豊	2005 年度 日本建築学会大会 (近畿)	2005. 9. 1 ~ 3
低比重スギを使った内装兼用断熱型枠	齊藤 豊	平成 17 年度研究成果発表会	2006. 3.16
丸棒シャフトとドリフトピンを用いた軽軟スギ材の接合（第 1 報）-引張り継手接合試験結果-	椎葉 淳、上杉 基、 荒武 志朗、飯村 豊、 間瀬 英男、渡辺 厚	第 1 2 回 日本木材学会九州支部大会	2005. 8.22~23
丸棒シャフトを用いたスギ接合法の開発とその実施例	椎葉 淳	平成 17 年度研究成果報告会	2006. 3.16
丸棒シャフトとドリフトピンを用いた接合法によるスギ構造用フレームのせん断性能	上杉 基、椎葉 淳、 飯村 豊 間瀬 英男 渡辺 厚	第 9 回 木質構造研究会技術発表会	2005. 12. 1 ~ 2
木製道路施設の耐久性調査他	上杉 基	平成 17 年度研究成果発表会	2006. 3.16



## 2-1-1 研究発表（展示発表）

### 2-1-1 展示発表

発表題目	発表者名	発表会名	巻(号) 頁(西暦)
環境に配慮したシロアリ防除技術	藤本 英人	アグリビジネス 創出フェア	2005 10.5~8 東京
スギ材乾燥工程で得られる精油の有効利用	藤本 英人	アグリビジネス 創出フェア in 九州	2005 11.15~16 熊本
木材の高温低湿乾燥時の蒸気消費量と凝縮液およびドレインの発生量について	(宮崎木技セ) 小田 久人、藤本 英人 (都城高専専攻科) 中武 洋和	都市エリア事業 成果発表会	18.2.10
木材の高温低湿乾燥時の蒸気消費量と凝縮液およびドレインの発生量について	(宮崎木技セ) 小田 久人、藤本 英人 (都城高専専攻科) 中武 洋和	バイオシンポジウム	18.2.23
スギ材乾燥凝縮液精油のシロアリ防除への応用	落合 克紀	都市エリア産学官連携促進事業 成果育成事業	2006.2.10
スギ材乾燥凝縮液の消臭剤としての利用	落合 克紀	都市エリア産学官連携促進事業 成果育成事業	2006.2.10
スギ材乾燥凝縮液精油のシロアリ防除への応用	落合 克紀	バイオシンポジウム	2006.2.23
地球温暖化防止と木材利用に関するアニメーション教材	永富 一之、藤元 嘉安 大衛 正直	第12回日本木材学会大会 九州支部大会(宮崎)	2005/8/22-23
宮崎県産スギの特性を活かした木製品・加工方法の開発(湾曲集成材、圧密幅ハギ板、深底木質容器、スギ樹皮断熱材)	藤元 嘉安	アグリビジネス 創出フェア	2005/10/5-8
接着剤を使用しない深底木質容器	藤元 嘉安	アグリビジネス 創出フェア in 九州	2005/11/15-16
Nail Joint Performance of Several Wood-based Panels Subjected to Outdoor Exposure and Accelerated Aging Tests	Yoshiyasu Fujimoto, Noboru Sekino, Hideaki Korai, Hidetaka Nogami, and Kazuo Ohashi	the 8th IAWPS International Conference on Advanced Materials (Yokohama)	2005/11/27

## 2-11 展示発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	巻(号) 頁(西暦)
Outdoor Exposure Tests of Several Wood-based Panels for Structural Uses	Hidefumi Yamauchi, Makoto Fukino, Noboru Sekino, Hideaki Korai, Shigehiko Suzuki, Kenji Umemura, Hidetaka Nogami and Yoshiyasu Fujimoto	the 8th IAWPS International Conference on Advanced Materials (Yokohama)	2005/11/27
Shear Strength of Sugi Laminae with Low Young's Modulus Grown in Miyazaki Prefecture	Hideki Morita, Yoshiyasu Fujimoto, Kohei Komatsu	International Symposium on Wood Science and Technologies 50 <sup>th</sup> Anniversary of The Japan Wood Research Society	2005. 11.27～30
Compression Creep Perpendicular to the Grain of Column-and-sill Joints Composed of Sugi for Conventional Construction in Japn	Shiro Aratake, Motoi Uesugi, Takanori Arima, Hiroshi Tanaka	International Symposium on Wood Science and Technologies 50 <sup>th</sup> Anniversary of The Japan Wood Research Society	2005. 11.27～30
Effect of Moisture Content on Strength Properties for Sugi Full-size Timber	Hiroshi Tanaka, Shiro Aratake	International Symposium on Wood Science and Technologies 50 <sup>th</sup> Anniversary of The Japan Wood Research Society	2005. 11.27～30
丸棒シャフトを用いた軽軟スギ接合の設計法	飯村 豊、荒武 志朗 上杉 基、椎葉 淳 間瀬 英男、渡辺 厚	第12回 木材学会 九州支部大会	2005. 8.22～23
宮崎県木材利用技術センター内に設置された木製防護柵の評価 その1 スギビーム材の初期性能	宮崎木技セ ○上杉 基 飯村 豊 和光コンクリート工業(株) 張 日紅 金丸 和生	第12回日本木材学会 九州支部大会	2005. 8.22～23

## 2-12 研究発表（誌上発表）

### 2-12 誌上発表

発表題目	発表者名	発表誌名	巻(号) 頁(西暦)
木材乾燥への多様な期待と対応	有馬 孝禮	住宅と木材	Vol.28 No.329 P15-18 2005. 5
I .21 世紀を迎えた木材工業の方向性 1.物理的な側面から	有馬 孝禮	木材工業	Vol.60 No.7 P296-301 2005. 7
スギ厚板を木ダボで接合した合わせ材の力学的性能（第1報）スギ厚板及びこれを2枚並列させた合わせ梁のエッジワイズ曲げ性能	田中 洋、大熊 幹章 有馬 孝禮	木材工業	第 51 巻 第 4 号 P249-256 2005. 7
スギを生かす明日へ	有馬 孝禮	s y l v a n	2005.10 P14-17
「消費が生産を生む」を考える	有馬 孝禮	緑地 No187	2005.10 P 4-5
Wood Material as Renewable Resource	ARIMA Takanori	Architecture for a Sustainable Future 地球環境建築のすすめ	2005.10 P162-166
杉・再考 日本の樹	有馬 孝禮	グリーン・パワー 1月号	2006. 1 P 18
木材資源あつての木材工業	有馬 孝禮	木材工業	Vol.61 No.1 P 1
地球温暖化防止と木炭	有馬 孝禮	木質炭化学会誌 第1 / 2 合併号	Vol. 2 第 2 巻 P 3-16
杉・再考 消費が生産を生む	有馬 孝禮	グリーン・パワー 2月号	2006. 2 P 17
飼肥スギをあらためて見る	有馬 孝禮	森林技術	NO768 P 7 2006. 3

## 2-12 誌上発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表誌名	巻(号) 頁(西暦)
生材及び人工乾燥材の軸組における梁のクリープ(I)梁の相対たわみにおける差異	武田 孝志、有馬 孝禮	信州大学農学部紀要 第1・2号	第42巻 P17-25 2006.3
スギ・再考 スギ利用技術革新の基本は強度等級区分	有馬 孝禮	グリーン・パワー 3月号	2006.3 P17
スギシンポジウム2006	中西 幸一	林業みやざき	NO.491 2006.3
江戸時代のシロアリ対策 - 鯨油を用いた防蟻礎石 -	藤本 英人	しろあり	第142号 9-14(2005)
宮崎県産スギ心持ち柱材の高温低湿乾燥過程における含水率変動(第2報)	(宮崎木技セ)小田 久人 蛭原 啓文、迫田 忠芳 (九大院農) 藤本 登留、村瀬 安英	木材学会誌	51(4) 227-233 (2005)
宮崎県産スギ柱材の乾燥特性に関わる材質指標	(宮崎木技セ)小田 久人 蛭原 啓文、迫田 忠芳 (九大院農) 藤本 登留、村瀬 安英	木材工業	60(10) 495-499 (2005)
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	九州大学大学院学位論文	2006.3
オビスギの心材抽出成分の品種別比較	落合 克紀	公立林業試験研究機関 研究成果選集	NO.3 P57-58 2006.3
宮崎県木材利用技術センターの紹介と木材塗装に関する研究内容	岩崎 新二	塗装工学	2005/VOL.40 NO4 156-158
スギ材の屋外利用に向けて	岩崎 新二	林業みやざき	2006.1号
スギ材の低ヤング率を利用した湾曲集成材の開発	藤元 嘉安	森林技術	N0.761 pp.13-15 (2005.8)
暴露地”都城”における基礎物性の劣化	藤元 嘉安	木質パネル第2次耐久性プロジェクト中間報告(その2)一屋外暴露1年目のデータ解析一	pp.45-48 (2005.10.21)

## 2-12 誌上発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表誌名	巻（号） 頁（西暦）
暴露地”都城”における釘接合性能の劣化	藤元 嘉安	木質パネル第2次耐久性プロジェクト中間報告（その2）－屋外暴露1年目のデータ解析－	pp.65-68 (2005.10.21)
地球温暖化防止に貢献する木質資源の循環利用に関する環境教育プログラムの開発（第1報）－宮崎県内における森林・木材利用に関する教育活動の現状－	永富 一之、藤元 嘉安 大衛 正直	日本産業技術教育学会九州支部論文集	Vol.13 pp.39-46 (2005)
スギは誤解されている！？	荒武 志朗	都城地区 木材買方組合情報	第187号, 7-11(2006)
宮崎県産低曲げヤング係数スギラミナの実大ブロックせん断性能評価	森田 秀樹、藤元 嘉安 村瀬 安英	木材工業	61(2) 52-57(2006)
「木の花ドーム」を支えるサブシステム技術	飯村 豊	Journal of Timber Engineering	Vol. 18 No. 3 2005. 5
宮崎県産スギ構層材とその利用技術	飯村 豊	住宅と木材	Vol. 28 No. 332 2005. 8
地域型長期耐用住宅における地域材利用技術の開発	飯村 豊	住宅と木材	Vol. 28 No. 335 2005.11
Pseudodynamic tests and earthquake response analysis of timber structures II: two-level conventional wooden structures with plywood sheathed shear walls	Motoi Yasumura Takahisa Kamada Yutaka Iimura Motoi Uesugi Laurent Daudeville	Journal of Wood Science	Vol.52, No. 1 , p63-68 (2006)
2ピース積層柱材の優良木質建材（AQ）認証	上杉 基	林業みやざき	4・5・6号 10-11(2005)