

研究課題名：自然エネルギーを利用した木材乾燥技術の開発

担当部署：農林技術部 木材利用科

担当者名：片岡寛嘉・中山茂生

予算区分：県単

研究期間：平成24～27年度

1. 目的

木材の利用促進と林業・木材産業の活性化のため、木材の主要な供給先である住宅・建築物向け製材を対象に、高品質な乾燥材を安価に生産することが求められている。島根県では高温蒸気式木材乾燥機の導入が進んでいるが、コストが高いため、導入に踏み切れない工場が多くある。そこで、乾燥材の品質を保ちながら、コストを抑え、省エネ・省CO₂に寄与するエコ乾燥機を開発する。

2. 試験の方法

1) エコ乾燥機の性能検討

平成25年度に空気集熱式太陽熱集熱器と空気熱源温水循環加温ヒートポンプ(CAONS140)を有するエコ乾燥機を製作した。エコ乾燥機の性能を確認したところ、設定温度60℃を維持できることが分かったが、省エネ性能に課題が残ったため熱交換器の取り付けや貯湯槽内の配管延長といった改造を行い、効果を確認した。

2) エコ乾燥機を使った乾燥試験

含水率を揃えた島根県産スギ平角(仕上がり寸法：120mm×210mm×4000mm)試験材を3ロット(1ロット=36本)用意し、それぞれに高温セット処理を施した。その後、エコ乾燥、蒸気乾燥、天然乾燥の3種類の乾燥を行い、結果を比較した。

3. 結果の概要

改造後、試験方法2)で行った乾燥試験時に測定したエネルギーバランスが図1である。熱回収の割合は熱供給量全体の約4%となり、省エネ性能にはほぼ寄与しない結果となった。また、熱需要量の約14%が木材乾燥に寄与する結果となり、断熱性能や放熱損失低減が課題として残った。しかし、エコ乾燥にかかるランニングコストは従来の蒸気乾燥と比較して約60%削減されることを確認した。

3種類の乾燥の結果が図2である。生材時の含水率は揃っており、エコ・蒸気乾燥終了後ではJASの乾燥材基準である「含水率20%以下」を満たしていた。この結果から、エコ乾燥機で生産した乾燥材は現在流通している乾燥材と同等の品質であることを確認した。また、天然乾燥は6か月経過後も20%以下にならなかったことも確認した。

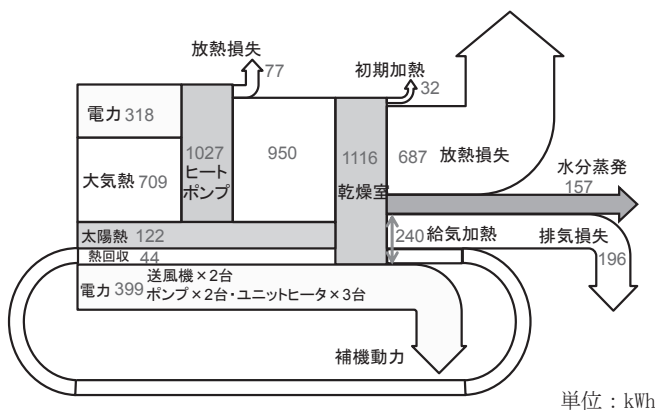


図1 エコ乾燥機のエネルギーバランス

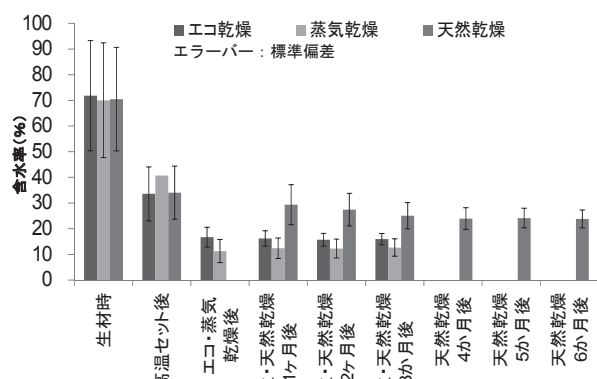


図2 各乾燥の含水率推移

**研究課題名：持続可能な林業経営を目指した人工林の循環利用システムの開発
～新たな需要を生み出す地域材活用技術の開発～**

担 当 部 署：農林技術部 木材利用科

担 当 者 名：後藤崇志・片岡寛嘉

予 算 区 分：県単

研 究 期 間：平成 25 ～ 27 年度

1. 目 的

本県のスギ人工林は成熟して利用可能な蓄積量は 3500 万 m^3 に達し、今後ますますスギ材を安定的に利用していく必要がある。これまでスギ材は主に住宅用の構造材などに利用されてきたが、今後は医療、福祉、教育分野などの中・大規模な建築物にも需要拡大を図る必要がある。しかし、これらの中・大規模な建築物に対応するスギ製材を使用した部材の製造技術は確立できていない。そこで、県産スギ製材を使用したトラス構法による中大スパン用部材の製造技術を開発する。

2. 試験の方法

1) スギ太角の乾燥試験

試験体は県産スギ丸太で長さ 4.5m、末口直径が 26cm 以上と 34cm 以上の丸太を供試した。丸太本数は、2つの乾燥条件につきそれぞれの丸太 10 本ずつ（合計 20 本）とした。丸太は心持ち正角（本報では太角と記す）に製材し、仕上がり寸法は長さが 4.2m、断面寸法は末口直径 26cm 以上の丸太は 150mm 角、末口直径 34cm 以上の丸太は 210mm 角に調製した。

乾燥条件は、①高温セット処理＋天然乾燥、②高温セット処理＋送風促進乾燥の 2 条件とした。高温セット処理は蒸気式乾燥機（(株)新柴設備製）により施した。天然乾燥は屋根付き土場で 14 ヶ月間行った後、室内でさらに 11 ヶ月間養生した。送風促進乾燥は高温セット処理後に 90℃で間欠運転を 5 サイクル行った後、送風のみを 9 日間施した。

2) プレカットを利用した屋根トラスの製造と曲げ試験

代表的な屋根トラスであるハウトラスとフィンクトラスを各 3 体製造した（写真-1）。トラスの寸法はスパン 6m、屋根勾配は 4 寸、高さはハウトラスでは 1560mm、フィンクトラスでは 1419mm とした。部材にはスギ製材で人工乾燥材を供試し、幅は 120mm、梁せいは合掌 150mm、陸梁 210mm、斜材と束 120mm、真束 150mm とした。部材の加工は県内事業体においてプレカットにより行った。

曲げ試験は実大製材品強度試験機（(株)前川試験機製作所製）により行い、スパン中央部のたわみ量を変位計により測定するとともに、破壊時の最大荷重を測定した。



写真-1 スギ製材を用いてプレカットにより製造したハウトラス（左）とフィンクトラス（右）

3. 結果の概要

1) 各乾燥条件でのスギ太角の乾燥経過

①高温セット処理+天然乾燥について、全乾法を基に推定した含水率経過を図-1に示す。平均含水率が30%以下に到達したのは、150mm角では8ヵ月目、210mm角では11ヵ月目であった。幅方向の平均収縮率は、天然乾燥14ヵ月目に150mm角では1.86%、210mm角では1.66%であった。室内で11ヵ月間養生した後、含水率はさらに5%程低下し、収縮率も大きくなる傾向が認められた。

②高温セット処理+送風促進乾燥について、送風のみ施した9日間の乾球温度は約50℃、乾湿球温度差は約8℃で推移していた。乾燥後、太角の両端部近傍から試験片を切り出して水分傾斜を測定した結果、著しい水分傾斜は認められず大半の試験体が含水率20%以下に仕上がっていた。

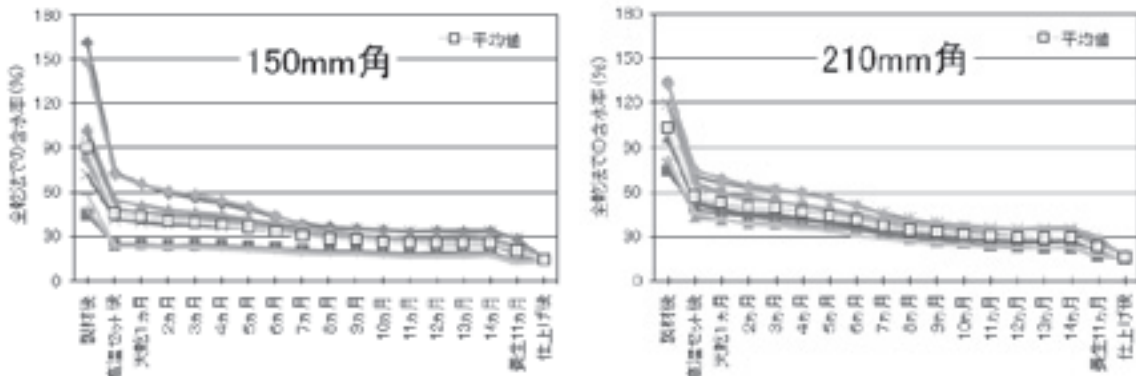


図-1 高温セット処理+天然乾燥での全乾法を基に推定した含水率経過

2) 屋根トラスの曲げ性能

屋根トラスが破壊するまで荷重を加えた時の荷重-変位曲線を図-2に示す。載荷初期の曲げ剛性(曲線の傾き)と最大荷重はハウトラスの方が大きく、最大荷重の平均値はハウトラスでは139.2kN、フィンクトラスでは99.4kNであった。曲げ性能は屋根トラスの形式によって差異が生じ、具体的には部材配置と接合部での六角ボルトの配置方向が強く影響したと考えられた。

破壊形態はハウトラスとフィンクトラスで著しい差異は認められなかった。共通して認められた破壊の特徴は、合掌尻での著しい座金のめり込みと短ほぞの支圧破壊であった(写真-2)。また、合掌尻でのせん断破壊、合掌あるいは陸梁の曲げ破壊が生じた屋根トラスも見られた。

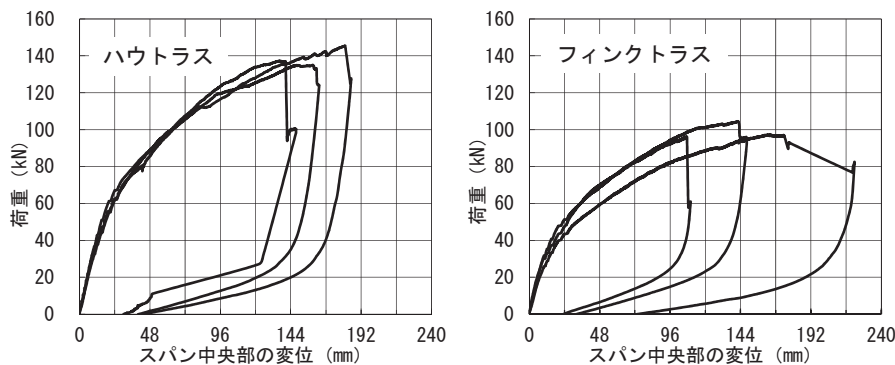


図-2 屋根トラスの荷重-変位曲線の比較



写真-2 合掌尻での破壊

研究課題名：木材成分を利用した隠岐産木材の高付加価値化技術の開発

担当部署：農林技術部 木材利用科

担当者名：中山茂生・後藤崇志

予算区分：県単

研究期間：平成 25 ～ 27 年度

1. 目的

島根県が策定している「新たな農林水産業・農山漁村活性化計画第 2 期戦略プラン(2012～2015)」の地域プロジェクトにおいて、「隠岐(しま)の木利用拡大プロジェクト」が実行されている。この中で、島外出荷拡大につながる隠岐産木材の高付加価値製品の開発が必要とされている。また、隠岐の島町では、「緑のコンビナート」構築のためのバイオマスタウン構想図を策定(2008)しており、豊かな森林資源などのバイオマスの利活用を図って、循環型社会の形成を目指している。そこで、隠岐産木材の島外出荷の拡大と間伐材などのバイオマスの利活用を目的として、バイオマス資源から抽出した木材成分リグノフェノールを利用した隠岐産木材の高付加価値化技術の開発を行う。

2. 試験の方法

1) 熱圧温度 140℃を主体とした接着性能の検討

合板工場における合板製造工程において、通常、フェノール樹脂系接着剤はホットプレス温度 140℃以下で接着される。そこで、合板製造工程において、フェノール樹脂系接着剤とリグノフェノール接着剤を混合した接着剤を用いた場合を想定し、熱圧温度 140℃を主体としたスギ合板の接着性能を検討した。フェノール樹脂系接着剤とリグノフェノール接着剤を質量比 6:4 の割合で混合攪拌して接着剤を得た。被着材として厚さ 3.5mm のスギ単板に接着剤を 350g/m²塗布し、3層の合板を製造した。ホットプレス温度 140℃で、熱圧時間を単板厚さ 1mm につき 60 秒～180 秒の 5 条件で接着したが、このうち、60 秒の熱圧で作製した試験体については、その翌日、ホットプレス温度 160℃で単板厚さ 1mm につき 60 秒の再圧縮を行った。

2) 熱圧温度 140℃を主体とした接着剤の混合割合の検討

フェノール樹脂系接着剤とリグノフェノール接着剤の混合割合を変えた場合の熱圧温度 140℃を主体としたスギ合板の接着性能を検討した。フェノール樹脂系接着剤とリグノフェノール接着剤を質量比 4:6 の割合で混合攪拌した場合と、質量比 6:4 の割合で混合攪拌した場合の 2 通りの接着剤を用いた。被着材として厚さ 3.5mm のスギ単板に接着剤を 350g/m²塗布し、3層の合板を製造した。ホットプレス温度 140℃で、熱圧時間を単板厚さ 1mm につき 90 秒で接着したが、このうち、質量比 4:6、並びに質量比 6:4 の割合で混合攪拌した試験体のうち各 1 体については、その翌日、ホットプレス温度 160℃で単板厚さ 1mm につき 90 秒の再圧縮を行った。

3. 結果の概要

1) 合板の日本農林規格に定められた引張せん断試験を行ったところ、ホットプレス温度 140℃では熱圧時間を延ばしても接着性能が低かったが、160℃で再圧縮を行った試験体については接着性能が向上していることを確認した。

2) 同様に引張せん断試験を行ったところ、接着剤の混合割合によらず、ホットプレス温度 140℃で熱圧後、さらに 160℃で再圧縮を行った試験体の接着性能が向上していることを確認した。

研究課題名：スギ大径材の有効利用技術の検討

担 当 部 署：農林技術部 木材利用科

担 当 者 名：後藤崇志

予 算 区 分：県単（シーズ蓄積型）

研 究 期 間：平成 27 年度

1. 目 的

県産スギ丸太は中径材（末口直径 28cm 以下）から大径材（末口直径 30cm 以上）へと移行しており、今後、資源に占める大径材の割合の増加が見込まれる。大径材の製材では一般的に丸太の心（髓）を外した心去り材が加工される。しかし、心去り材は曲りが生じやすく歩止りが悪い、あるいは強度が低いなどと考えられており、大径材の伐採が控えられる傾向にある。そこで、スギ大径材の製材・乾燥技術の開発に向けて、大径材と中径材の材質・強度特性の比較を丸太、製材の各段階で行い、大径材の利用に資する基礎データを得る。

2. 試験の方法

1) 丸太の材質特性・強度測定と製材作業

丸太は県内の木材市場から調達した。丸太の長さは4m、丸太本数は心去り材用の大径材は10本、心持ち材用の中径材は20本とした。丸太は年輪幅などの材質特性と縦振動法による動的ヤング係数を測定した後（写真-1）、正角と平角に製材した。

大径材10本は、心去り正角用4本と心去り平角用6本に区分した。心去り正角は丸太1本から正角4本を製材し、心去り平角は丸太1本から平角2本を製材した。中径材20本は心持ち正角用と心持ち平角用それぞれ10本ずつに区分して製材した。製材時の断面寸法は正角では140mm角、平角では140×230mm角とし、仕上がり寸法は正角では120mm角、平角では120×210mm角とした。

2) 乾燥工程および曲げ試験

製材した正角と平角は、天然乾燥の後に人工乾燥を行った。天然乾燥は軒下に設置し、人工乾燥は蒸気式乾燥機を使用して中温条件で行った。これらの乾燥期間は、正角では天然乾燥3ヵ月＋人工乾燥11日、平角では天然乾燥4ヵ月＋人工乾燥13.2日とした。

乾燥工程後の正角と平角は曲げ試験を行った（写真-2）。曲げ試験は実大製材品強度試験機（（株）前川試験機製作所製）を使用し、試験方法は3等分点4点荷重法、スパンは梁せいの18倍、荷重点間距離は梁せいの6倍、加力面は木表面として試験した。



写真-1 大径材の動的ヤング係数の測定



写真-2 曲げ試験（心去り平角）

3. 結果の概要

1) 乾燥工程での含水率と曲がり量の推移

乾燥工程において、含水率計で測定した含水率の推移と、梁せい面に生じた曲がり量の推移をそれぞれ示す(図-1, 2)。含水率は、心去り平角では天然乾燥期間中にやや高めであったが、仕上げ加工後にはほぼ30%以下に仕上がった。曲がりについて、幅方向の面では正角と平角ともに心去り材と心持ち材で違いはなかった。梁せい面では、平角について心去り材の方が心持ち材よりやや大きい傾向が認められた。しかし、仕上げ加工への曲がりの影響はなかった。

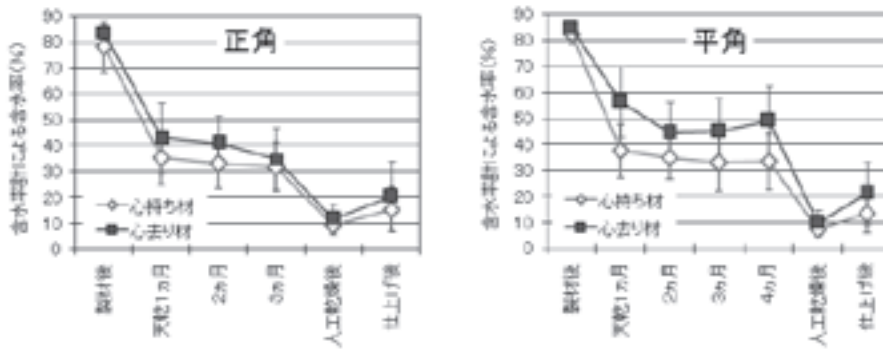


図-1 乾燥工程での含水率の推移 (エラーバー：標準偏差)

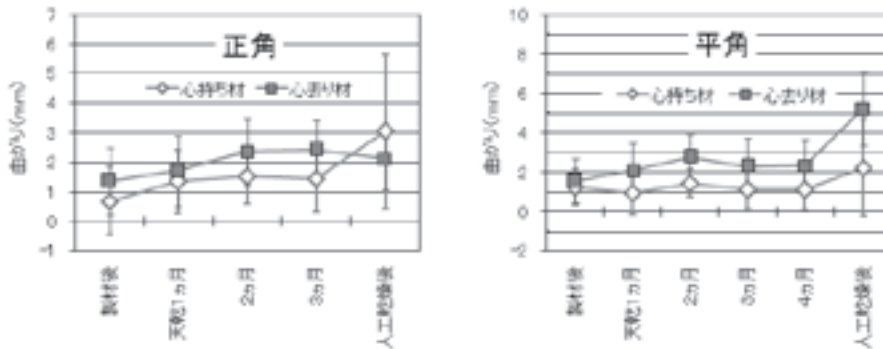


図-2 乾燥工程での梁せい面に生じた曲がり量の推移 (エラーバー：標準偏差)

2) 心去り材と心持ち材との曲げ性能比較

正角と平角の曲げ試験結果を図-3に示す。正角と平角について、曲げヤング係数の平均値は6.50~7.94kN/mm²、曲げ強さの平均値は33.6~35.4N/mm²であった。曲げヤング係数は丸太の動的ヤング係数が少なからず影響したが、心去り材と心持ち材で曲げ性能に著しい違いは認められなかった。

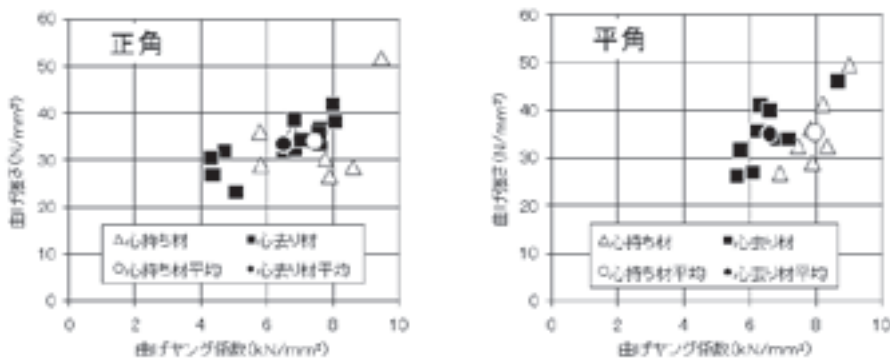


図-3 心去り材と心持ち材との曲げ性能比較

研究課題名：簡易的な製材品評価手法の検討

担 当 部 署：農林技術部 木材利用科

担 当 者 名：片岡寛嘉

予 算 区 分：県単（シーズ蓄積型）

研 究 期 間：平成 27 年度

1. 目 的

製材の日本農林規格（JAS）の中に目視等級区分がある。製材 JAS の目視等級区分では主に節径によって等級が区分される。その等級区分は格付け検査員によって行われるが、実際に現場で節径を一つ一つ測定するのは大変な労力である。そこで、安価な手法によって節を機械的に認識することで、目視等級区分にかかる労力減少を目的とし、簡易的な製品管理が可能な手法を検討する。

2. 試験の方法

1) 画像処理方法の検討

デジタルカメラで撮影した画像をグレースケール化し、節と節以外での色の明度の違いを利用して、節を検出する方法を検討した。また、エッジ処理により節と節以外の境界を抽出する方法を検討した。

2) 画像の撮影と解析

島根県産スギ平角を用いた。照度を 1000 lx に固定した状態で、デジタルカメラを用いてある決まった材面幅 1m を撮影した（写真-1）。その後、画像解析を行った。解析には 378 枚の材面画像を用いた。

3. 結果の概要

グレースケール化には NTSC 係数による加重平均法を用いた。グレースケール化された画像に対して、表-1 のような閾値を設定し、節検出を試みた結果、約 80% の割合で節検出が可能であることを確認した。検出できなかったのは全て材縁部にある節であり、この節に対しては今回の手法とは別のアルゴリズムが必要であることを確認した。また、エッジ処理には 3×3 ラプラシアンフィルタを用いた。この処理と線補正を行うことで、完全な円ではない節を抽出することが可能である。しかし、多くのノイズも検出することから、これを除去する方法の開発が課題として残った。検出出来た節のピクセルでの長さを実測値の長さを比較すると、その誤差は 3.5mm であり、抽出精度を上げることにより簡易的に節が正確に抽出出来ることを確認した。

表-1 使用した閾値とその検出割合

検出対象	閾値	検出割合 (%)
辺・心材面	$120 \leq x$	-
節境界	$95 \leq x < 120$	-
節	$75 \leq x < 95$	80



写真-1 材面画像撮影