

沖縄産材を用いた高機能性木材に関する研究（1）

－乾燥圧密処理による圧縮固定技術に関する研究－

伊波正和、羽地龍志、松本幸礼、大城 匠*、大城克史*、花城可英

沖縄産材のリウキュウマツを乾燥圧密処理（圧密処理と減圧乾燥）し三線棹材への活用を図るため、圧縮工程条件を一定とし、固定化温度及び時間を変えて試験片を作成し、全乾－飽水の乾湿繰り返しによる膨潤率の変化を測定することにより圧縮固定度の評価を行った。その結果、リウキュウマツは、固定化温度 160℃-処理時間 120 分あるいは 170℃-60 分で圧縮固定がなされることを確認した。

1 はじめに

沖縄の伝統楽器である三線の棹には黒色で高比重のリウキュウコクタンが用いられる。しかし、この材は成長が遅く、主要産地である石垣市において市条例により伐採が規制されるなど現在ほとんど入手できない状況にある。成長が早い沖縄産材をリウキュウコクタンの代替木として使用する場合、ほとんどの沖縄産材が小径木、短材、曲木であるなど三線の棹材には適さない。そこで高級三線材を作るため、沖縄産材に乾燥圧密処理を施し、生産性・採算性の検討を図るとともに、水蒸気処理による圧縮形状の固定技術を応用し変形能を有する木材シートの開発や、含浸技術（染色、化学処理）を利用して沖縄産材に機能性を付加し、高比重、高意匠性高級木材に加工して三線材への活用を図ることを目的として研究開発事業を行った。

本研究は平成 19 年度地域資源活用型研究開発事業「沖縄産材を用いた高機能性木材に関する研究開発」として実施したものである。研究開発事業では 4 つのサブテーマを設定した。サブテーマ 1 はこれまでの乾燥圧密技術に関する研究成果を生かし、棹部の高比重化、形状固定化を検討する「水蒸気処理による形状固定化技術に関する研究開発」、サブテーマ 2 は高変形能木材シート開発を目指す「圧密による変形能付与技術に関する研究開発」、サブテーマ 3 は棹部の意匠性向上を図るための「含浸による着色（染色）技術に関する研究開発」、サブテーマ 4 は音響特性の向上を目指した「含浸による高機能化（化学処理）技術に関する研究開発」である。本報告はサブテーマ 1 のうち形状固定化について検討したものである。なお沖縄産材として琉球列島固有の種であり、沖縄県の県木に指定されているリウキュウマツを対象として研究を行った。

これまで沖縄産材であるリウキュウマツを対象とし、

圧密化工程に真空乾燥工程を加えた乾燥圧密技術により、比重 1.0 ～ 1.2 の高比重材を製造する技術開発を行ってきた。その結果リウキュウマツを使用して三線棹用の乾燥圧密材を製造することができたが^{リ-4)}、その詳細な製造条件は絞り込まれておらず実用化には課題が残っている。木材の主要成分であるリグニン、ヘミセルロースは湿潤状態では 80℃近辺の比較的低温で軟化し、圧縮変形させることができる。しかしこの変形は、吸湿や時間経過等によって、与えた変形のほとんどが回復してしまう。従って圧密木材は薬品処理、熱処理、水蒸気処理などによりこの変形を永久固定することが必要となる。リウキュウマツを対象としてこれまで行ってきた乾燥圧密技術に関する研究では水蒸気処理により固定化を行ってきた。しかしながらこれまでリウキュウマツについて水蒸気処理条件の違いによる圧縮固定度の評価が十分行われていなかった。そこでリウキュウマツを用いた乾燥圧密材の製造条件を絞り込むため、圧縮工程条件を一定とし、固定化温度及び固定化時間を変えて水蒸気処理を行うことにより試験片を作成し、この試験片について全乾－飽水の乾湿繰り返しによる膨潤率の変化を測定することによって圧縮固定度の評価を行ったので報告する。

2 実験方法

2-1 圧縮固定度評価用圧密材の製作

1) 供試材

リウキュウマツの 30 年生木、末口直径約 30cm の寸胴形の木材から、図 1 に示すようにに柾目木取りした木材を、生材の状態ですべて試験に供した。

供試材の寸法は繊維方向（L 方向）、放射方向（R 方向）、接線方向（T 方向）にそれぞれ 55mm（L）× 50mm（R）× 55mm（T）とした。

*株式会社大真木材

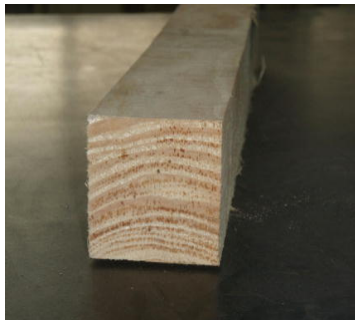


図1 柁目木取り材

2) 圧密装置

圧密試験には、株式会社日阪製作所製木材プレス成形装置（HTP-60/145）を用いた。図2に圧密装置を示す。



図2 圧密装置

3) 乾燥圧密処理

図3に槽内温度、材内温度、金型温度、プレス位置の関係図を示す。

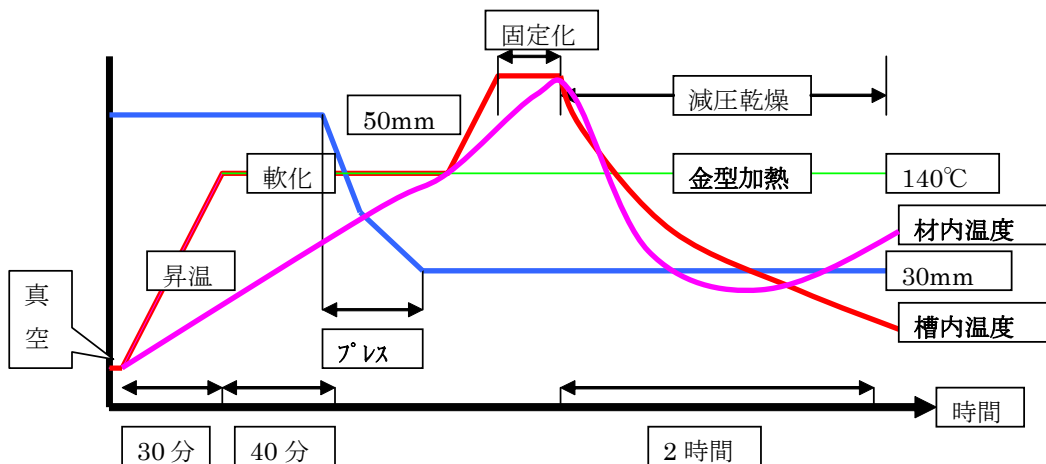


図3 乾燥圧密工程における槽内温度・材内温度・金型温度・プレス位置の関係図

乾燥圧密処理は供試材を金型内に装填し、圧密装置の閉蓋後、軟化、圧縮、固定化、乾燥工程の順で行った。なお、閉蓋時には装置の密閉と木材への水蒸気の浸透性を高める目的で76mHgで1分間減圧した。

①軟化；軟化工程は高温蒸気を装置内に流入させ常温から30分間で140℃に加熱し40分間保持した。また、同時に高压蒸気を金型に流し、金型も140℃に加熱し保持した。

②圧縮；供試材の設定圧縮率は40%とした。圧縮工程は軟化温度を140℃に設定し、供試材に対しR方向に50mmから30mmにプレス圧縮した。圧縮速度は50mmから40mmに圧縮する間は1mm/100秒とし、40mmから30mmに圧縮する間は1mm/150秒とした。圧縮時、槽内と金型は140℃に保持し続けた。

③固定化；固定化工程は、圧縮工程終了後、140℃から固定化温度160℃あるいは170℃に10分間で昇温した。保持時間は、160℃60分、160℃120分、170℃60分、170℃120分、170℃200分の5条件とした。なお、固定化工程において供試材内部の温度が槽内温度と同じ温度に達するのに要する時間は約60分であった。固定化工程時の金型温度も槽内温度の影響を受けて槽内温度と同じ温度に上昇した。

④乾燥；乾燥工程は槽内への蒸気の流入をストップした後、槽内蒸気を脱気し、槽内を吸引し減圧（76mmHg）し、この状態を2時間保持した。この減圧乾燥工程時間の間も金型は加熱し続け140℃を保持した。なお、上記工程で処理される試験材は気乾含水率が10%以下になることを予備実験で確認した。取り出した処理材について一晩室内養生後R方向の寸法を測定し実測圧縮率を求めた。

2-2 圧縮固定度評価試験

圧縮固定の評価方法として、全乾状態と飽水状態の繰り返し煮沸実験を行い、膨潤率の変化により評価を行った。

1) 試験材

乾燥圧密処理材（55mm × 30mm × 55mm）の中央部から、年輪が曲率半径の中心になるように試験片を切り出した。試験片サイズは 4mm（L）× 20mm（R）× 20mm（T）とした。固定化処理条件ごとに 5 枚を評価試験に用いた。

同一木材の無処理材（55mm × 50mm × 55mm）からは木裏側と木表側の両方から 4mm（L）× 20mm（R）× 20mm（T）の試験片を各々 5 枚採取した。また、三線材として用いられているイスノキ（圧密処理無し）からも比較試験片を作成した。

図 4 にリュウキュウマツの圧密処理材と無処理材からの試験材採取方法を示し、図 5、図 6 にそのイメージ写真を示す。

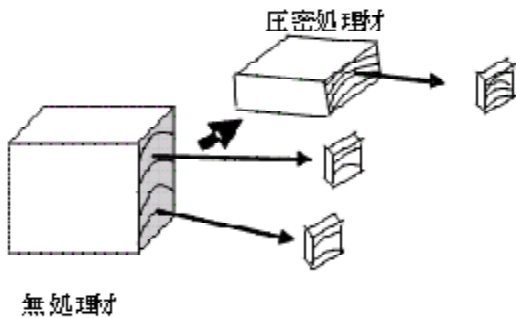


図4 圧縮固定評価試験片



図5 圧縮材からの採取

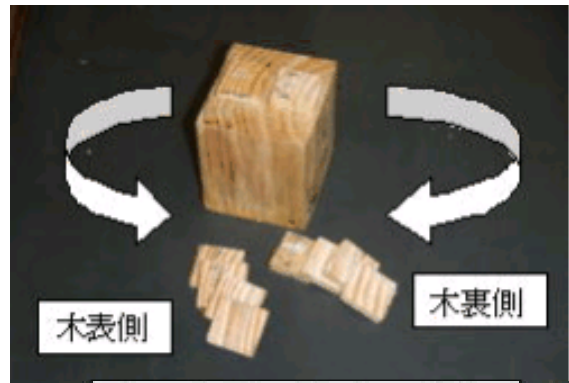


図6 無処理材からの採取

2) 全乾－飽水繰り返し煮沸実験

圧縮固定度評価用試験片と比較試験としての無処理リュウキュウマツの木表側、木裏側および無処理のイスノキから採取した試験片を温度 20℃、湿度 44% の恒温恒湿室に置き調湿した。

- ①初期値；調湿した試験片の重さが恒量になったことを確認し、その重量と寸法を測定した。なお、寸法の測定箇所を印を付け同一箇所を測定した。
- ②初期全乾；初期状態（気乾）の試験片を 105℃ の温風乾燥機内の一晩置き水分を除去した後、シリカゲルデシケーターで 2 時間冷却し、全乾状態の試験片について半径方向の寸法を測定した。
- ③飽水；全乾状態試験片を実験室内に一晩放置後、水中に沈め、真空デシケーター内で減圧（76mmHg）下に 2 時間静置した後、常圧に戻し室内に 24 時間放置し、飽水させた。この飽水状態試験材の半径方向の寸法を測定した。
- ④繰り返し；上記全乾状態、飽水状態を 4 回繰り返した。
- ⑤煮沸； 4 回目の最後の全乾状態試験片を室内に一晩放置後、95℃ の水中に投入し沈め 2 時間の煮沸処理を行い半径方向の寸法を測定した。
- ⑥煮沸後全乾；煮沸処理試験片を上記と同様に乾燥し、半径方向の寸法を測定した。

変形固定度の評価は初期の全乾状態を基準として半径方向の膨潤率を(式 1)より算出した。

膨潤率

$$\beta = (l_s - l_o) / l_o \times 100 (\%) \quad (\text{式 1})$$

l_o ：初期の全乾状態の寸法、 l_s ：測定対象の寸法、

なお、試験終了後の試験片の割れ状況などを目視で観察した。

3 実験結果と考察

試験材の圧縮率と全乾密度を表 1 に示す。

乾燥圧密処理は設定圧縮率 40 %で行った。固定化温度 160 °C、固定化時間 60 分での固定化処理では、実測

圧縮率が 34.2 %であり他の条件と比較して低い値を示している。他の固定化処理については、実測圧縮率が 40 % ± 5 % の範囲にあり設定圧縮率に近い値を示している。

表1 供試験材の圧縮率と全乾密度

試験片	処理前 全乾密度 (g/cm ³)	実測 圧縮率 (%)	処理後 全乾密度 (g/cm ³)
無処理 (木表側)	0.67	—	—
無処理 (木裏側)	0.53	—	—
160 °C-60 分	0.55	34.2	0.75
160 °C-120 分	0.55	38.3	0.86
170 °C-60 分	0.55	41.4	0.78
170 °C-120 分	0.55	40.9	0.74
170 °C-200 分	0.69	40.8	0.98
イスノキ無処理	1.05	—	—

表2 全乾時膨潤率(%)

試験片	1 回	2 回	3 回	4 回	煮沸
無処理 (木表側)	-0.3	-0.8	-0.1	-1.2	-2.3
無処理 (木裏側)	-0.3	-0.8	-1.0	-1.2	-1.6
160 °C-60 分	1.9	3.2	4.0	7.4	10.4
160 °C-120 分	-1.1	-2.1	-1.9	0.4	0.5
170 °C-60 分	-2.1	-2.1	-2.4	0.0	1.1
170 °C-120 分	-2.8	-3.2	-3.3	-1.7	-2.1
170 °C-200 分	-2.9	-3.2	-3.3	-2.7	-2.8
イスノキ無処理	0.4	1.1	0.4	0.6	0.4

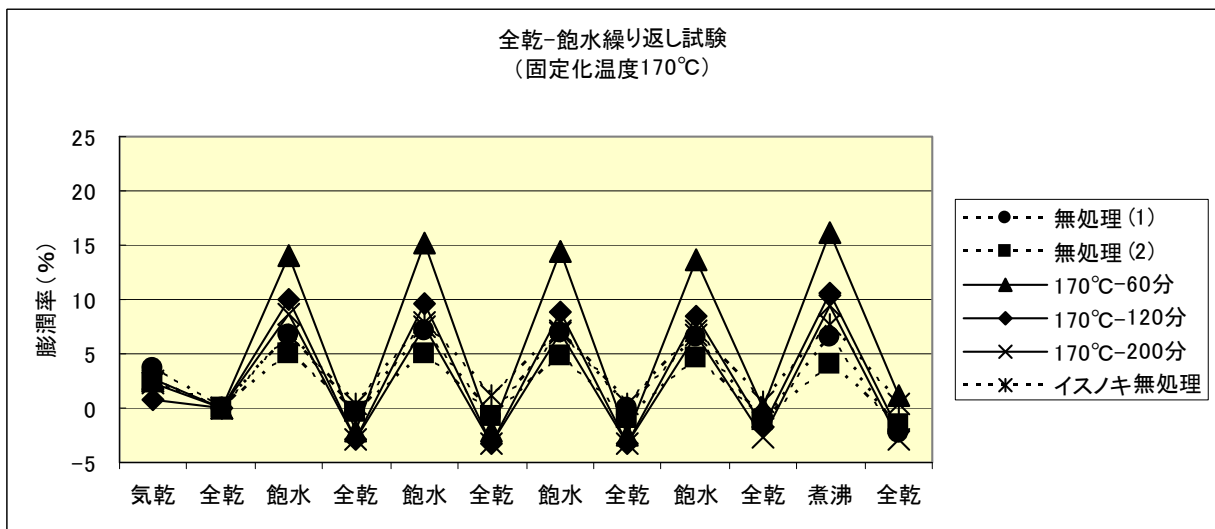
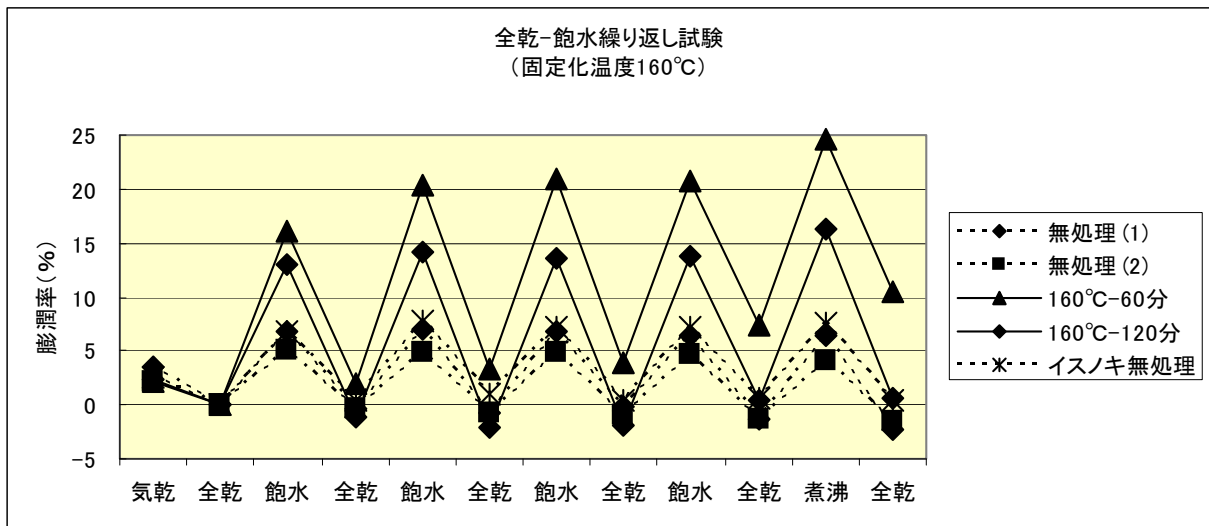


図7 固定化処理試験片の全乾-飽水繰り返し試験結果

全乾一飽水繰り返し煮沸試験における膨潤率の推移を図7に示し、表2に全乾一飽水繰り返し煮沸試験における全乾時の膨潤率の変化を示した。

全乾一飽水繰り返し煮沸試験において全乾時の膨潤が一定値に戻る場合には固定化されたと判断される⁵⁾⁶⁾。

固定化処理 160℃-60分を除けば、全乾の膨潤率がほぼ一定の値を示しているが、160℃-60分は回数を重ね毎に高く変動しており固定化が不十分である。160℃-120分や170℃-60分以上の固定化処理については、全乾時の膨潤率が一定の値を示していることから圧縮固定がされていると判断される。

160℃-60分と170℃-60分の比較から圧縮固定は温度に影響されることがわかり、160℃-60分と160℃-120分の比較より保持時間にも影響されることがわかる。

無処理の場合、無処理(2)木裏側、無処理(1)木表側、イスノキ密度の順に密度の小さいものほど全乾と飽水の膨潤率の変化幅は小さい。乾燥圧密処理材については固定化温度・時間が大きいものほど変化幅が小さい。

また、全乾-飽水繰り返し煮沸の試験を終了した無処理の木表側片、無処理のイスノキ試験片には、それぞれ1試験片/5試験片と4試験片/5試験片の割れが観察されたが、乾燥圧密処理試験片には全く割れの発生はなかった。このことから一旦、圧縮処理されたことにより乾湿の繰り返し耐える緩衝性が生じたのではと推察される。

スギ材の水蒸気による圧縮固定に関して、放射方向の厚さ10～25mmのスギ試験片に約50%の変形を与えた場合、180℃以上の水蒸気によって、顕著な回復抑制効果が現れたとの報告がある⁵⁾。また、直径160mm長さ2100mmの生材スギ丸太を角材に圧縮する場合には、180℃で20～30分固定処理をすると形状が固定される⁶⁾などの報告があり、180℃以上の水蒸気処理により圧縮変形の固定がなされるとの知見がある。

リュウキュウマツは160℃-120分、170℃-160分とスギ材などの圧密固定化処理により低い温度域で固定化されている。これは樹種の違い、固定化の温度・時間や縮固定状態での乾燥処理など処理方法にも起因していると思われる。

高温蒸気による木材の劣化を考慮する必要があるので、リュウキュウマツの実用的な圧縮固定化の条件として固定温度160℃固定時間120分、固定温度170℃固定時間60分が妥当であると考えられる。

4 まとめ

リュウキュウマツの小試験材を用いて乾燥圧密処理工程の固定化工程に焦点を当て、固定化温度と固定化時間を変えて作成した試験片について全乾一飽水繰り返し煮沸試験を実施し固定化条件について検討した。

本実験の小試験材(55mm(L)×50mm(R)×55mm(T))の場合、固定化条件の温度と時間が160℃-120分あるいは170℃-60分以上で全乾時の膨潤率が一定となり固定化されていた。

本実験で使用したリュウキュウマツの場合、既知のスギ材などの水蒸気処理による圧縮固定温度より低い温度での固定化がなされている。このことは、樹種や圧密加工方法に起因すると思われるので、圧縮固定に関するさらなる詳細な究明が必要である。

また、リュウキュウマツの乾燥圧密材が全乾一飽水の繰り返しにもかかわらず割れ等のトラブルが全く見られず、乾湿の変化に耐えうることもわかった。

リュウキュウマツの乾燥圧密処理については固定化条件の確立がなされたが、実用化を図るにあたって、さらに、材料の安定供給、圧密処理コストの低減など課題はまだ残っている。

なお、本研究報告は平成19年度地域資源活用型研究開発事業「沖縄産材を用いた高機能性木材に関する研究」の一部であり、(財)南西地域産業活性化センターを管理法人として、独立行政法人産業技術総合研究所・サステナブルマテリアル研究部門・木質材料組織制御研究グループ、株式会社大真木材、有限会社あけぼのファーム、岐セン株式会社との共同研究として実施したものである。

参考文献

- 1) 伊波正和；平成16年度沖縄県工芸指導所年報、50-52(2005)
- 2) 伊波正和；平成17年度沖縄県工芸指導所年報、41-42(2006)
- 3) 伊波正和、大城直也、川前和香子、亘保秀和、玉城研；平成18年度工芸技術支援センター年報、54-59(2007)
- 4) 平成18年度 沖縄産学官共同研究推進事業「乾燥圧密技術の開発による沖縄産材の高品質化に関する研究」成果報告書、委託者沖縄県産業振興公社、委託先財団法人南西地域産業活性化センター、2007
- 5) 井上雅文、門河倫個子、西尾治郎、則元 京；木材研究・資料、NO. 29、54-61(1993)
- 6) 棚端光彦；木材工業、Vol. 53、No. 12、1998

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。