

木材の利用促進に関する研究

松本幸礼、羽地龍志、嘉手苺幸男、花城可英

平成20年度から平成22年度に実施した研究事業（亜熱帯島嶼域における森林の環境保全と資源利用に関する研究推進事業）¹⁾において、リュウキュウマツやイタジイをグレーディングする技術（強度推定による分類）を確立した。本研究では、木管楽器の材料となる木材への圧密処理や、三線の構成部材であるチーガに化学処理を施し木質を制御することを目的とし、競争力のある木材の開発および評価を行った。

1 はじめに

これまでの研究では、建築材料や家具等の構造材への適用拡大をねらい立木状態でのグレーディング技術を確認した。本研究では県内で製造・販売されている2種類の木製楽器（木管楽器および三線）に用いられている木材に着目した。

木管楽器は、呼吸による膨潤が繰り返されることから寸法安定性やひび割れに対して高い性能が要求される。そのためグラナディアやローズウッド等の高比重で硬い材料が用いられている。これらの材料は輸入に頼っているが、乱伐によって絶滅の危機に瀕しており供給量が減少していることから近い将来、入手が困難になると予想される。これを解決するために圧密技術を活用して代替木材の開発を試みた。

沖縄の伝統楽器である三線は老若男女を問わず幅広い世代に親しまれており古典音楽、民謡やポップスなど演奏されるジャンルも広い。それぞれの音楽シーンによって三線に要求される音質なども異なる。音響特性の異なる三線の製造に資するために数種類の化学処理²⁾を活用してチーガ（胴）の改質を試みた。

2 実験方法

2-1 木管楽器用圧密材の試作

○圧密装置

木材の圧密処理³⁾とは、木材を高圧の水蒸気で加熱し軟化した状態で油圧プレスにて圧縮し、さらに高温の状態で形状を固定化するものである。圧密実験には、株式会社日阪製作所製圧密装置 HTP-50/130を使用した。装置の外観を図2-1に示す。当該機は、三線の棹の代替材加工を目的として平成14年度に導入されたもので、専用のステンレス鋼 SUS304 製金型（幅112×長さ1000×高さ120mm）を使用している。今回は対象が木管楽器であることから SUS304 のスペーサーを製作し、壁面部とプレス部に設置した。図2-2に試験材を金型にセットした状態を示す。

○試験材の加工

金型内にセットする試験材の寸法は幅43mm×長さ340mmであり、圧縮後の高さが43mmになるように加工した。なお、本金型は試験材を長手方向に並べることによって1バッチで2本を加工できる。また、試験材内部の温度測定のため試験材端部に直径3mm、深さ50mmの穴を開け、これに熱電対を挿入した。

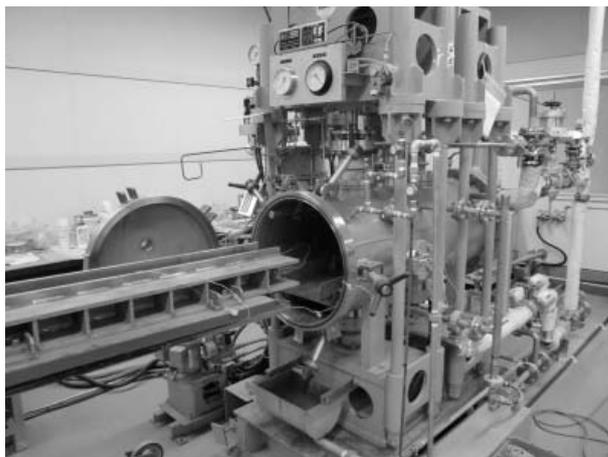


図2-1 圧密装置外観

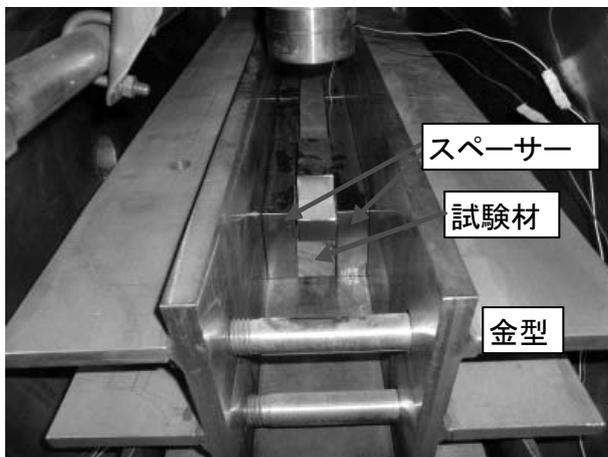


図2-2 金型外観

2-2 三線チーガ（胴）の化学処理

○チーガの構造

三線のチーガ部分は弦で弾いた音を増幅させる重要な部分である。図 2-3 に未処理のチーガの写真を示す。チーガは4つの部材からなり、結合にはフィンガージョイントとダボを併用している。県内の三線製造業者のほとんどが海外製を購入し、棹に合わせて加工している。本研究では、市場に流通しているチーガを使用し3種類の化学処理を行った。



図 2-3 チーガ（未処理）外観

○化学処理

各処理の詳細を表 2-1 から表 2-3 に示す。

表 2-1 フェノール樹脂含浸

処理名	フェノール樹脂含浸
処理内容	木材組織の細胞壁をフェノール樹脂化
用途	屋外や水の掛かる場所での耐久性、寸法安定性の向上
使用薬品	アイカ工業株式会社製 アイカネオレジンPX-341
作業工程	アスピレーターによる減圧注入：8時間 風乾：7日間 乾燥炉50℃：3時間 乾燥炉150℃：3時間

表 2-2 アセチル化

処理名	アセチル化
処理内容	木材組織内の水酸基をアセチル基に置き換え
用途	寸法安定性、耐朽性、対蟻性の向上 水周りや屋外の製品、楽器、スピーカー等に利用
使用薬品	無水酢酸（特級）
作業工程	アスピレーターによる減圧注入：12時間 オイルバスによる加熱120℃：18時間 乾燥炉50℃：7日間

表 2-3 エポキシ樹脂

処理名	エポキシ樹脂処理
処理内容	2液性の合成接着剤を表面に塗布
用途	電気・電子部品や塗料、接着剤、土木・建築材料等に多く利用
使用薬品	東都化学工業株式会社製 ベストンPM-4
作業工程	チーガ内側に塗布後常温にて3日間乾燥

3 実験結果および考察

3-1 圧密処理

圧密加工のレサップを図 3-1 に示す。軟化温度はおよび保持時間は130℃で30分、固定化温度および保持時間は170℃で30分とした。図 3-2 には、加工槽温度、木材中心温度、プレス圧力、プレスストロークの実測値を示す。これより、試験材中心の温度は、軟化温度、固定化温度共に加工槽の設定温度に達していることがわかる。

表 3-1 に、圧密前後の含水率と比重を示す。この結果より、圧密後のソウシジュ、リュウキュウマツ、オキナワウラジログシについては全乾比重 1.0 を超えており、木管楽器に使用されている樹種グラナディアの気乾比重 1.1～1.4 に近似しているといえる。

圧密加工時の固定化の評価には煮沸と乾燥を繰り返し、寸法を測定する膨潤試験を行った。表 3-2 に試験の結果を示す。本試験では熱処理による圧縮と変形の固定化の評価のために電子レンジによる1分間の乾燥、1分間の煮沸を繰り返す試験を行い、半径方向の寸法変化を測定した。表中での0から10までの表記は、奇数は乾燥状態、偶数は煮沸状態であることを示し、図 3-3 と対応している。寸法変化を割合で示したものを膨潤率とし、そのグラフを図 3-3 に示す。樹種により圧縮率、復元率は異なるが、圧縮した寸法に対し半分程度復元している材もあった。材中心温度は固定化条件の設定温度 170℃に達しているが、十分な効果は得られておらず固定化処理時間30分の加熱時間では不十分であることがわかった。装置の加熱上限温度（175℃）で保持する時間を長く設定することにより固定化を改善できると考える。また、実際に圧密材が沸騰と高温乾燥を繰り返す様な過酷な条件ではないため実際の使用環境に見合った固定化条件について評価する必要がある。

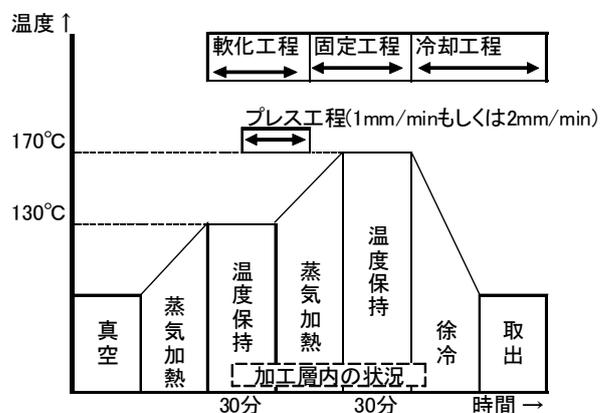


図 3-1 圧密加工レサップ

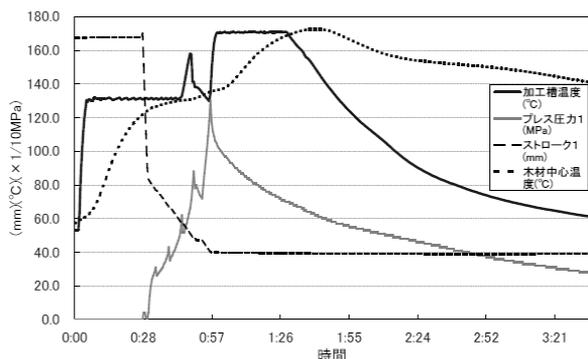


図 3-2 温度、プレス圧力、ストロークの時間変化

表 3-1 圧密前後の比重および含水率の比較

樹種	圧密前		圧密後		比重 増加率(%)
	全乾比重	含水率(%)	全乾比重	含水率(%)	
ソウシジュ	0.92	13.5	1.03	11.7	112
リュウキュウマツ	0.59	12.6	1.24	7.2	210
オキナワウラボシ	0.84	10.9	0.87	10.0	104
クスノキ	0.48	15.3	0.73	9.1	152
ヒノキ	0.42	12.2	0.68	3.3	162

表 3-2 乾燥、煮沸繰返し試験寸法変化

樹種	半径方向寸法(mm)										
	圧密後乾燥		煮沸	乾燥		煮沸	乾燥		煮沸	乾燥	煮沸
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ソウシジュ	19.0	18.3	18.5	20.1	20.9	19.8	20.2	19.9	20.2	19.8	20.2
オキナワウラボシ	20.5	20.0	20.1	20.3	21.1	20.3	20.4	20.1	20.3	20.1	20.3
クスノキ	20.5	24.3	24.5	24.2	25.0	23.2	23.2	22.8	23.2	25.5	25.6
ヒノキ	18.5	17.2	19.9	19.6	20.6	19.1	20.0	18.8	20.3	19.3	20.4

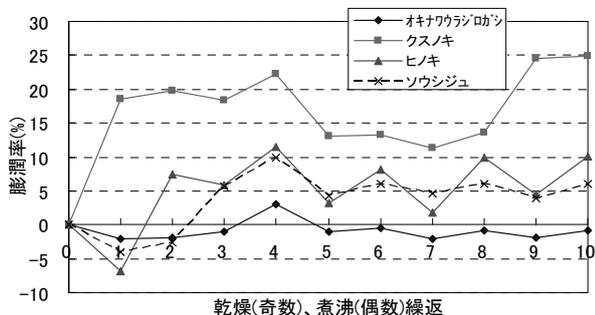


図 3-3 乾燥、煮沸繰返し試験結果

3-2 加工性の評価

加工性の評価は、木管楽器製造業者の生産用の旋盤にて行った。図 3-4 にソウシジュの切り屑を示す。なお、旋削加工条件はグラナディアと同一とした。



図 3-4 ソウシジュの切り屑

ソウシジュについてはグラナディアの切り屑と似た細かい木片が出てくるが、ヒノキはささくれ状の木片が排出されている。

図 3-5 から図 3-10 に製品形状に近い状態まで加工した試験片を示す。図 3-10 のグラナディアは製品加工途中で表面は仕上げ前であるが、目が細かく光沢がある。図 3-5 のソウシジュについては、濃い茶色でグラナディアと似た色調を呈する。加工後の表面は部位によってひび割れ等が確認できるが比較的目が細かい。また、ネジ部の加工性も良好であった。図 3-6 に示すリュウキュウマツの色調は薄めの茶色で木目ははっきりしている。年輪に沿って割れが発生している部位が見られるが圧密前から発生したことを確認しており、試験材製材前の乾燥工程の温度や湿度をコントロールすれば防げるものと思われる。細部の加工性やネジ部の加工性は良好であった。図 3-7 に示すオキナワウラボシは、放射状に多くの割れが発生しているが、これについては圧密時に発生したと思われる。表面状態は毛羽立っており細部の加工性については、割れが広がっている。旋削条件を変えることによって改善すると考えられるが、木管楽器への適用は不向きと思われる。図 3-8 に示すクスノキは生材時の比重が低く、圧縮率を高くするために圧密前の試験材の高さを高くする必要があったが、その場合試験材が SUS304 製スペーサーの高さを超えてしまうなど装置の制限により、比重は 1 を大きく下回り 0.7 前後となっている。表面状態は目が細かく細部の加工性も良好だが、ネジ部の加工時に一部山が崩れている。ネジ部については圧密条件を検討することによって改善できると考える。

3-3 三線用チーガの化学処理

○フェノール樹脂含浸

図 3-11 にフェノール樹脂含浸処理後に切断した断面を示す。樹脂は右の木口面から 1mm 程度含浸しており、その他の柁目面、板目面からはほとんど含浸していないことがわかる。表 3-3 に含浸前後の試験片の重量およびチーガの平均体積より算出した比重を示す。フェノール樹脂を含浸させた後の試験材の重量が減少している。これは、含浸後高温で乾燥させたため含水率が低下したことによる質量減少が原因と思われる。そのためフェノール樹脂の正確な含浸量については把握できなかった。チーガは 4 つの木材をフィンガージョイントとダボを併用し結合部を木工用ボンドで接合している。フェノール樹脂含浸処理後は接合部周辺にすき間の発生が確認できるが製品に使用するには問題無いレベルであった。



図 3-5 ソウシジュ試験片



図 3-8 クスノキ試験片



図 3-6 リュウキュウマツ試験片



図 3-9 ヒノキ試験片



図 3-7 オキナワウラジロガシ試験片



図 3-10 加工途中のグラナディラ（製品用）

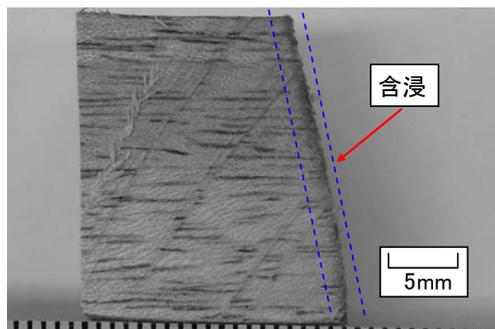


図 3-11 フェノール樹脂含浸切断面

表 3-3 処理前後の重量比較

	化学処理前(気乾)(g)	化学処理後(g)	重量増(g)	気乾比重(処理前)	備考
フェノール樹脂	706	681.0	-25.0	0.81	処理後高温乾燥
アセチル化	704	774.0	70.0	0.81	処理後高温乾燥
エポキシ樹脂	710	732.5	22.5	0.82	気乾
無処理	689.5	-	-	0.80	気乾

○アセチル化

図 3-12 にアセチル化を行った試験材の結合部を示す。処理後は図の結合部のようにダボ部の周辺に割れが生じ、フィンガージョイント部にはすき間が大きく発生している。そのため部材間の結合力が弱くなり、チーガに皮を張る際に破損する恐れがあった。また、加工作業者によると、「材に粘りが無く加工が困難であり、高い張力で皮を張るには適さない」ということである。なお、今回の試験材の結合部は瞬間接着剤で補強を行い、音響評価用の皮を張った。表 3-3 より、アセチル化による重量増加は 10%程度であった。処理前は気乾状態、処理後は全乾状態であるため、実際の重量増加はさらに多いと推察される。



図 3-12 アセチル化試験片結合部

○エポキシ樹脂含浸

今回使用したエポキシ樹脂は粘性が高く、表面全体に塗ることが困難だったためチーガの内側表面にのみ塗布を行った。表 3-3 の結果より、エポキシ樹脂による重量の増加量は 22.5g である。フェノール樹脂含浸やアセチル化と比較し、浸漬による木材の膨潤や、含浸のための真空引き、高温加熱などが必要ないため、予め加工されたチーガの変質は最小限に抑えられ真空装置や高温乾燥装置等が必要でないことがメリットである。加熱、強制

乾燥を行っていないため、処理後の割れ等の発生は見られなかった。

3-4 化学処理材の音響比較

フェノール樹脂含浸、アセチル化、エポキシ樹脂含浸処理を行った試験材と無処理の試験材それぞれに人工皮を張り、音響の測定を行った。音響の評価には、三線製造業者による官能評価と FFT アナライザー WAVE SPECTRA による振動特性の測定を行った。図 3-13 に三線製造業者の官能評価結果のレーダーチャートを示す。フェノール樹脂含浸材については、音量、音の柔らかさ、爪を弾いた時のノイズ、余韻共に未処理材の評価を上回っている。

アセチル化については、音の柔らかさ、爪を弾いた時のノイズについて、未処理材を上回ったが音量、余韻は下回った。エポキシ樹脂含浸については、音量については未処理材を大きく上回ったが、爪を弾いた時のノイズが目立った。

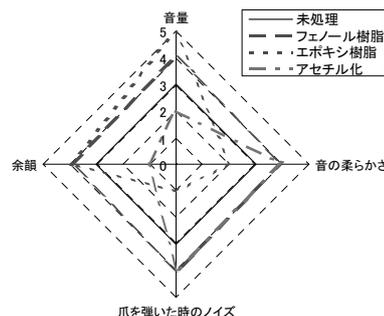


図 3-13 官能評価比較レーダーチャート

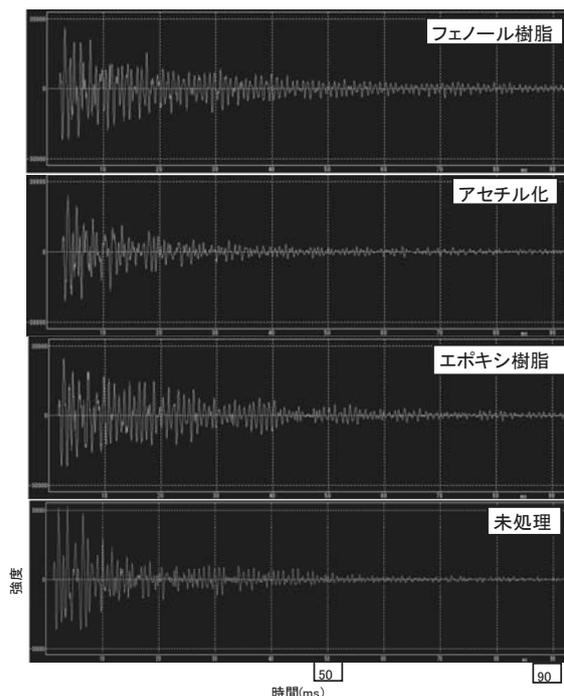


図 3-14 各処理の減衰特性

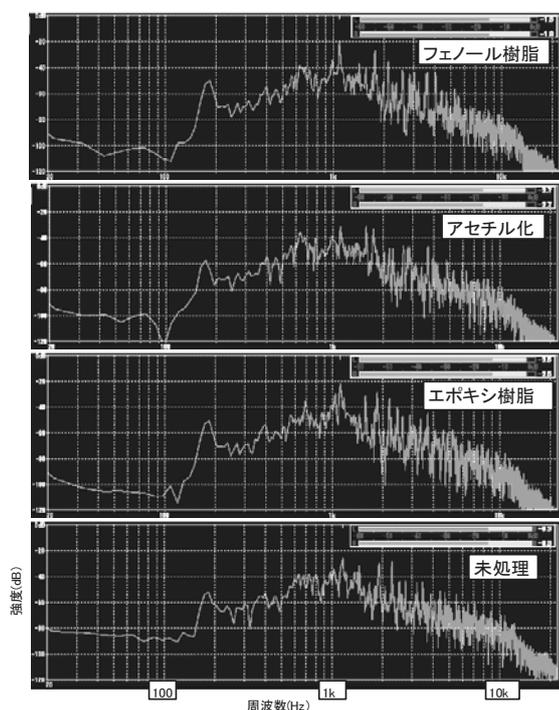


図3-15 各処理の周波数特性

図3-14にFFTアナライザーを用いて測定した減衰特性を、図3-15に周波数特性を示す。本試験は組みあがった三線の評価ではなく、皮を張ったチーガ単体にφ10mmの鋼球を落下させ、測定の際のばらつき要因の低減を図った。この結果から、官能検査にて余韻で評価の低いアセチル化処理の試験片の減衰の強さが目立った。周波数特性については、100Hz付近での特性の変化が各処理で異なることが確認できた。

4 まとめ

○圧密材の木管楽器への適用

今回圧密処理を行った5種類の樹種では、ソウシジュ、リュウキュウマツは、割れや細部の加工、外観評価において比較的良好な結果を得られた。寸法安定性については、乾燥・煮沸繰返し試験の結果、170℃30分の条件では固定化が不十分であることがわかった。実際の製品の使用状況では、奏者の呼気が吹き込まれ、乾燥と湿潤が繰返される環境となる。今後の課題として、乾燥・煮沸繰返し試験と実使用環境の比較を行い、固定化条件の検討が必要である。また、楽器として完成させた後の音響評価も課題である。

○チーガへの化学処理の適用

フェノール樹脂含浸処理を施したチーガは、官能評価において未処理材と比較するとほとんどの項目で良好な結果を得られた。エポキシ樹脂含浸処理したチーガは、音量が上がったものの、爪をはじいたときのノイズが確

認された。アセチル化は加工性、音響特性共に好ましい結果が得られなかった。これらの結果より、チーガを化学処理することにより音響特性を変えられることが分かった。市場のニーズと化学処理のマッチングを行うことが今後の課題である。

○業界に与える効果等

高級品として位置づけられている木管楽器に、化学処理を施し高付加価値化した県産材を採用することにより認知度の向上、楽器、県産材双方のブランド力の向上、他分野への適用拡大を図ることが可能となる。

三線のチーガは、棹材と比較すると音質の評価の対象となることが少なかったが、化学処理方法によって音質の差異が見られた。このことから、それぞれの音楽シーンに合わせた化学処理方法を提案、製品化することが可能となる。

本研究は「木材の利用促進に関する研究（2009 技017）」の一環として行ったものである。

5 謝辞

本研究を実施するにあたり、京都府立大学生命環境化学研究科環境化学専攻生物材料物性学研究室、有限会社あけぼのファーム、株式会社美ら音工房ヨーゼフの関係各位より多大なご協力とご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

6 参考文献

- 1) 沖縄県工業技術センター、2011、平成22年度 沖縄県工業技術センター研究報告 第13号「木材の利用促進に関する研究」
- 2) 日本木材学会、1995、すばらしい木の世界、海青社 p.78-83
- 3) 城代進、鮫島一彦、2008、木材科学講座4 化学 第5版、海青社、p.114-119

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。