

国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明（第3報） 国産早生樹種の利用用途の提案

村田明宏*, 長谷川良一*, 沼澤洋子*, 清家麻奈未*

Elucidation of material and processing characteristics
for use of domestic fast-growing tree species (III)
Proposal of application of domestic fast-growing tree species Woods

MURATA Akihiro*, HASEGAWA Ryoichi*, NUMAZAWA Youko*, SEIKE Mamami*

国産早生樹種木材の家具および内装材としての利用用途の提案として、実際に商品化する場合の早生樹材の適正について、センダンの一般市場流通材の実証試験を実施し、やや強度は低下するものの利用可能であることを確認した。また、軟質であるコウヨウザン、ユリノキの早生樹材表面の硬度向上を試みた。塗装だけでは十分な硬度向上が図れなかったため、表面へのPETフィルム貼りとの塗装により実用硬度を確保できることを確認した。さらに、製品化による問題点の洗い出しでは、センダン、ハンノキの曲木椅子の試作により早生樹材でも曲げ条件を適正に設定するにより曲げ加工が可能であることを確認した。試作した椅子の耐久性試験を試みたところ、強度に不安があることから既存の椅子デザインでなく構造強度を向上するように、部材を厚くする、幅広くするなど早生樹材の利用に向けたデザイン（設計）変更や材種に適したデザイン提案が必要であることがわかった。さらに、早生樹材によるPETフィルム貼りスタッキングテーブルの試作、漆塗装による付加価値向上などを試みた。

1. 緒言

今後の主伐・再造林に向けた植栽可能樹種のニーズの多様化、ウッドショックなど輸入広葉樹の供給不安などを背景に、国産早生樹種の生産・利用への期待が高まっている。早生樹種は10～25年生程度の短伐期で収穫できることから、近年のSDGsへの対応、人工林資源の循環利用の促進や林業の収益性改善の点から期待されている。このため、地域性を踏まえた生産（植林・造成）と、木材産業において利用可能なデータ集の整備、その用途別の利用適性を示すプロジェクト研究を国立研究開発法人森林総合研究所が核となって実施している。

本研究所はプロジェクトの分担課題として「用途別の利用適性の確認とその評価」を担当し、今年度は研究対象とした各樹種についてその利用適性を確認するため、早生樹材の付加価値向上のための塗装方法の提案とその評価をするとともに、市場流通の早生樹材による家具・内装材の製品提案

を試み、その利用適性と問題点の抽出を図った。

2. 実験方法

2.1 供試材料

早生樹材についてはまだ市場で流通している木材が少なく、現在の木材市場流通ルートで入手可能なセンダン (*Melia azedarach*) とハンノキ (ヤマハンノキ *Alnus hirsuta*) を入手した。市場流通材の実証試験として曲げ試験と含水率試験をセンダンで実施し、また、家具・内装材の製品提案として、センダン、ハンノキを用い、曲木椅子とフローリング部材・壁材を試作した。

塗装による付加価値（表面硬度）向上には、森林総合研究所のプロジェクトチームから入手した静岡県産のユリノキ (*Liriodendron tulipifera*)、コウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) を試験木材として用いた。このユリノキ、コウヨウザンは製品提案としてスタッキングテーブルの試作にも用いた。

* 試験研究部

2.2 実証試験

木材の試験方法JIS Z 2101に従い、曲げ試験は万能試験機 (UH-100KNC島津製作所) の3点曲げで、含水率、全乾比重は105°Cの定温送風乾燥機で恒量に達するまで乾燥し寸法計測により求めた。また、県内家具企業が木材市場で入手したセンダン材についても板目、柾目、追柾、特殊な木理での曲げ試験と含水率 (比重) 試験を実施した。

2.3 表面硬度向上のための塗装の提案

2.3.1 塗装方法

前報¹⁾のとおり、通常用いられている木工用塗料4種を早生樹に塗装、評価した結果、表面が柔らかいことが利用上の課題であることがわかった。このため、木材表面の硬度を向上する可能性のある塗料3種により、表面硬度向上を図った。

①無機・有機ハイブリッド塗料 (オルガノポリシロキサン系塗料)、②無機・有機複合塗料 (超微粒子ファインセラミック複合高架橋ポリウレタン塗料)、③高浸透型ポリウレタン塗料 (高浸透型ポリマー処理+ポリウレタン塗料) を用い、P240で木地研磨処理したのちに各塗料の標準仕様に従って塗装し、20°C以上で乾燥後、定常状態 (23°C、50RH) で1ヶ月以上養生して試験に供した。

2.3.2 塗装した早生樹材表面の評価

塗膜の一般的試験環境 (23±1°C、50±3%RH) において、前年度の適正評価方法¹⁾と同様にJIS K 5600-5-4 引っかかり硬度試験 (鉛筆法) : 鉛筆引っかかり試験機 (手動機械式、日本塗料検査協会検定鉛筆使用) を実施した。評価は、凝集破壊 (塗膜の割れ・剥がれ)、塑性変形 (凹み傷) の確認をするとともに、6B、HB、2Hで引っ掻いた後の凹み量をレーザー顕微鏡 (KEYENCE VX-X1000 対物レンズ×5) の形状測定機能により測定した。

2.3.3 PETフィルム貼り加工による硬度の向上

新たな表面硬度向上対策として最近注目されているPETフィルム貼り加工による実用強度向上を試みた。これは、1mm厚のPETフィルムを貼ることで軟質な針葉樹の欠点を補う加工である (図3参照)。PETフィルム貼り加工を行うと光沢のある表面となるため、自然な木材表面と見えるように艶消しのポリウレタン塗装を行い、フィルム及び塗装表面の引っかかり硬度試験 (鉛筆法)



図3 PETフィルム貼りの加工例

を実施した。さらに、学習机天板として用いることができるように、傷が付きにくいという特殊塗料により塗装しその引っかかり硬度試験も実施した。

2.4 早生樹材による利用用途の新たな提案

早生樹材の新たな用途開発をするうえで、実際の製品化においての問題点を抽出するため以下の試作を行った。

2.4.1 スタッキングテーブル天板の提案

早生樹材をテーブル天板として利用するため、前述のPETフィルム貼り加工 (加工: 加子母森林組合) をユリノキとコウヨウザンに施し、スタッキング可能な金属製の脚部に取り付けた。

各早生樹材は含水率を8%に調整した後、幅はぎ接着集成し、1mm厚のPETフィルムを、表面にはバージンPETフィルムを裏面にはリサイクルPETフィルムを接着した。また、そのままでは艶がありすぎて印刷のような質感となるため、表面は艶消しのポリウレタン塗装を施し木質感を表現した。

2.4.2 フローリング・壁材の提案

サネ加工 (加工: 株式会社カネモク) し、パネルを作成した。塗装は前述の無機・有機複合ポリウレタン塗料を塗装した。

2.4.3 曲木椅子の提案

県内企業 (飛騨産業株式会社) に加工依頼し、節がある既存のデザインでの曲木椅子 (森のことは: ダイニングチェアSN210型) を試作した。

また、試作した曲木椅子に早生樹材を用いる上での問題点がないか強度試験を実施した。試験方法はJIS S 1203 家具-いす及びスツール-強度と耐久性の試験方法に従い、ハンノキとセンダンの曲木椅子、それぞれ一脚を用い、座面と背もたれの

静的強度試験、座面及び背もたれの耐久試験を行った。

2.4.4 曲木椅子等試作品への塗装提案

無塗装の曲木椅子（ハンノキ・センダン）について、塗装面での問題点がないかを検証した。

用いた塗料は4種で、生漆による摺漆仕上げ、オイル調加工ポリウレタン塗装仕上げ（塗料を塗布後乾く前に研磨して刷り込み拭き取る仕上げ方法）、小さな表面割れ防止と変色防止のためのCNFシーラー下地ポリウレタン塗装仕上げ、前述の高浸透ポリウレタン塗装仕上げである。

また、前年度の工芸的利用で試作したセンダンの我谷盆、銘々皿についても漆塗装による付加価値向上の試みをした。

3. 結果と考察

3.1 実証試験

表1に示すとおり、曲げ強さは平均値で見れば大きな問題はないように感じるが、ばらつきは大きく最低値は28Mpa、最大値は93Mpaであり、平均年輪幅も最小2.8mm、最大24.0mmと強度と同様にばらつきが大きい。

また、県内企業が入手したセンダンについては企業からの依頼であり具体的な数値は示さないが、写真1に示すように、目切れや黒染み、長手方向に垂直な木目（複雑な木理）など現在は市場で入手可能なセンダン材は均一で良質な材料を入手できる状況ではないようである。また、強度の最低値も研

表1 市場流通材の強度試験結果（センダン）

	最大荷重 (N)	弾性率 (kN/mm ²)	曲げ強さ (Mpa)	平均年輪幅 (mm)	全乾比重
平均	2,831	8.97	66.05	7.2	0.52
最大	3,980	11.60	92.87	24.0	0.63
最少	1,190	4.59	27.77	2.8	0.36

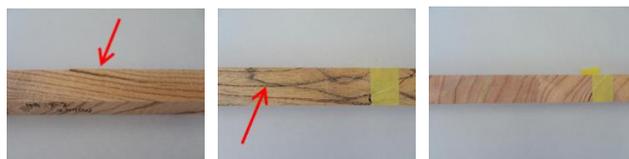


写真1 県内企業が入手したセンダン材
(左から目切れ、黒染み、長手方向に垂直の木目)

究所入手材より低い値を示す部材もあり、目視判別では低い数値が予測できない試験体もいくつか含まれていた。

3.2 付加価値向上に向けた塗装方法の提案

評価結果を表2に示す。また、傷の画像と凹凸の三次元画像（赤色：上部表面⇄青色：深さ方向）を、図1（コウヨウザン）、図2（ユリノキ）に示す。

表2 早生樹2樹種に塗装した試験体の各濃度記号における凹み量

塗料\樹種	コウヨウザン 鉛筆濃度記号			ユリノキ 鉛筆濃度記号		
	6B	HB	2H	6B	HB	2H
無塗装	134	172	174	34	130	63
有機/無機ハイブリッド	112	157	191	24	46	61
FC複合ポリウレタン	72	86	154	44	61	76
高浸透型ポリウレタン	56	144	145	28	34	41

※FC：ファインセラミック [単位：μm]

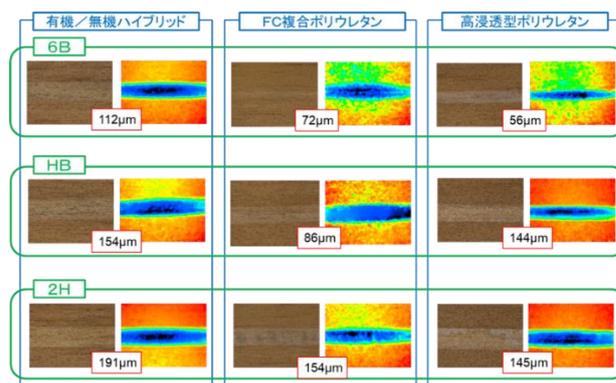


図1 各濃度記号の鉛筆引傷の表面画像と三次元画像（コウヨウザン）

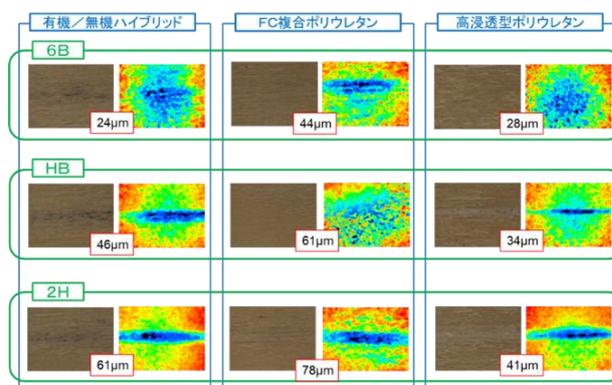


図2 各濃度記号の鉛筆引傷の表面画像と三次元画像（ユリノキ）

表3 P E Tへの塗装による表面硬度向上

P E T表面塗装	鉛筆濃度記号
無塗装	H B
ポリウレタン塗装	H
自己修復塗装	9 H



写真2 P E T貼り加工を施したコウヨウザン (左) とユリノキ (右) の天板

表2のデータは、深さ方向は3つの傷痕のプロファイルから無作為に各3測定し、9点計測したもののだが、木材の早晚材部など測定部位によりかなり値がばらついた。特に早材部分では変形量が大きかった。コウヨウザンについては、微粒子ファインセラミックスを複合したポリウレタン塗料で、ユリノキは無機有機ハイブリッド塗料、高浸透型ポリウレタン塗料で変形量の低下がみられた。

家具・内装材として利用する上では早生樹種によって塗装を変える必要があり、塗料の吸込みが多いセンダン・ユリノキは含浸タイプの塗料が適しており、あまり吸込みが多くないコウヨウザンやハンノキについては、塗料自体が硬いものが適していることが示された。

家具、特にテーブルに使用する場合には、机上で筆記具を使用することが想定され、より硬い表面性能が要求される。今回用いた3種の塗料塗膜では脚部などは良いとしてもテーブルトップとして木材表面の変形を十分抑えられない(変形は6 B以下で発生)ことがわかった。そこで新たな表面硬度向上対策としてP E Tフィルム貼り加工を試み、さらにポリウレタ塗装してその硬度を調べた。

その結果、凹みなどの変形は見られないものの擦り傷がついた。表3に示すように、フィルムのみ場合は引っかき硬度H B、ウレタン塗装面はHの濃度記号となった。このため、学習机天板などで求められる2 H以上の硬度を目指し、自己修復型のポリウレタン塗料を塗装し再度評価試験を行っ



写真3 試作したスタッキングテーブル

た。その結果、表面硬度9 HとなりP E Tフィルム貼り加工と特殊塗料を用いることにより学習机天板として耐えられる早生樹家具が作成できることを確認した。

3.3 早生樹材による利用用途の新たな提案

3.3.1 スタッキングテーブル天板の提案

写真3に作成したスタッキングテーブルを示す。ミーティングデスク(W1800×D450×H720mm)はユリノキで、ショートテーブル(W750×D450×H720mm)はユリノキとコウヨウザンを用いて試作した。

スタッキングテーブルを作成する上で特に問題はなかった。木材専門家の評価として、ユリノキの天板が良い評価を得た一方、コウヨウザンの天板については休眠芽(小節のような外観)があり、意見が分かれた。今後、経時変化による天板の変形などの観察を行っていく予定である。

3.3.2 フローリング・壁材への利用

サネ加工について特に問題なく、塗装もセンダン材の塗料の吸込みが多かったものの特に問題なく仕上がった。試作したパネルを写真4に示す。試作したハンノキパネルは市場にあるフローリング



写真4 試作した早生樹パネル (ハンノキ左側とセンダン右側)



写真5 試作した曲木椅子



写真6 強度試験の状況

や壁材と同様の見た目であるが、センダンパネルはその木目が独特であり、数名の木材専門家の評価でも好き嫌いが別れる評価となった。

3.3.3 曲木椅子への利用

曲木椅子を試作するにあたっては、曲げの曲率は大きいものの早生樹材がうまく曲がるのかというところから始め、曲げ木判別プログラム³⁾などを活用しながら条件出しをして、圧縮側に皺が寄らず引張側に切れのない条件を見出し曲げることができた。この曲げ木加工材は、座面と背に使用されている。この曲木椅子は、センダン材については委託企業においてポリウレタン塗装のものを4脚試作、さらに、センダン材とハンノキ材で無塗装のもの各4脚試作し、前述の4種類の塗装を施した(写真5)。

試作に当たって木材加工面では特に問題がなく、塗装では吸込みが多いものの下地処理などで対応可能だった。

曲木椅子の性能試験では、座面の静的強度試験は座面に1300Nの荷重を10秒10サイクル(試験区分3:家庭用)実施し、更に1600N(試験区分4:オフィス用)でも実施し問題のないことを確認した。

また、背もたれの静的強度試験では座面に1300Nと背もたれに560Nの荷重を同時に10秒10サイクル(試験区分3)実施した。更に同様に座面に1600Nと背もたれに760Nの荷重を加える試験区分4でも実施し問題のないことを確認した。

次に、耐久試験として座面に950N、背もたれに330Nの荷重を同時に50,000回加える試験を(試験区分3)実施した。耐久試験結果として、どちらの椅子も壊れることなく試験は終了したが、センダン材の曲木椅子については前脚台輪接合部で接着切れと疑われるすき間がありこのデザイン形状での椅子については不安が残った。写真6に耐久試験の状況を示す。

3.3.4 試作品への各種塗装による問題点の抽出

塗装をする上では、これまで記載したとおりセンダン材椅子の塗料の吸込みが多いことが気になったが、問題なく塗装できた。

見た目の評価として、摺漆塗装については高級感のある仕上げが、オイル調加工ポリウレタン塗装仕上げはしっとりとして濡れ感のある仕上げが、CNFシーラー下地の椅子はやや白く仕上がった。

これらの椅子は当研究所内に展示するほか、展示会などで一般の方にも見て評価いただき、今後の経時変化なども観察していく予定にしている。写真7にそれぞれの椅子を示す。

我谷盆、銘々皿の漆塗装の評価については趣味的な嗜好もあり木材専門家の中でも賛否双方の意見があった。(写真8)

4. まとめ

今年度は、利用用途の提案として実際の製品化試作で不具合が出るかどうかを中心に検証した。

家具の試作では、早生樹種の曲木加工は条件設定により可能であり、曲木椅子の製造ができることがわかった。しかし、耐久試験の強度面で不安が残ることから、単純にオーク材やクリ材で製作している既存の椅子のデザインをそのまま流用するのではなく、早生樹材の強度や特徴ある木目などに配慮したデザイン開発をすることにより椅子などの家具に応用できることがわかった。また、テーブル天板としてオフィスや学童用などに利用する場合は表面硬度が必要であり、PETフィルム貼り加工や塗装により、傷のつきにくい高硬度の天板を作成することが可能であることが検証できた。

フローリング・壁材については加工・塗装とも特に大きな問題はないが、木目など早生樹材それぞれに特徴があり、これまでの樹種に加えて、早生樹種の好き嫌いにより消費者が選択できる幅が広がるものと思われる。

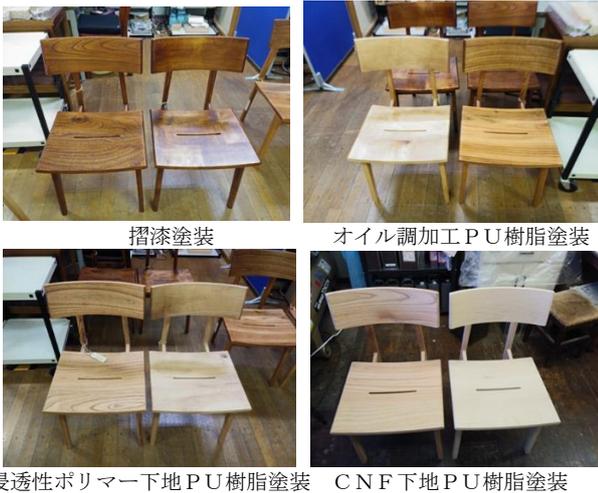


写真7 曲木椅子等への各種塗装
(センダン左側とハンノキ右側)

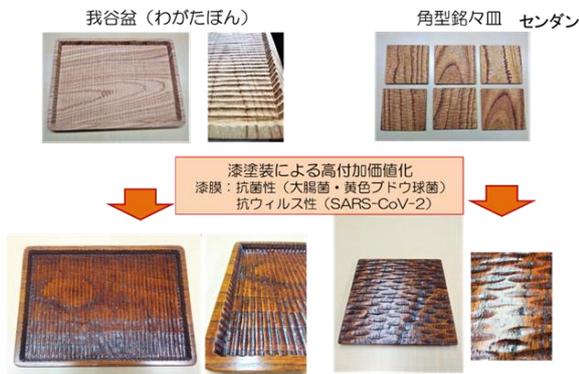


写真8 摺漆加工した我谷盆と角型銘々皿

今回はいろいろな製品を試作したが、今後展示会などによりご意見や評価をお聞きするとともに、試作品の反り狂いなど経時変化を確認する予定である。

謝辞

本研究は、令和3年度国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクトの委託研究により実施したものである。主査の森林総合研究所木材研究部門杉山真樹様をはじめご助言いただきましたプロジェクト参加メンバーの皆さまに深く感謝いたします。

また、製品試作に際しご協力いただいた飛騨産業株式会社、加子母森林組合、株式会社カネモクに感謝いたします。

参考文献

- 1) 村田明宏, 長谷川良一, 沼澤洋子, 森 順子: 国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明 (第2報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, 23, pp. 37-42, 2021.
- 2) 村田明宏, 長谷川良一, 河合真樹: 国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明 (第1報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, 22, pp. 50-54, 2020.
- 3) 石原智佳ほか: 家具用曲木の現場におけるスマート化 (第3報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, 22, pp. 8-11, 2020.