

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） 国産早生樹種の利用用途の提案

村田明宏^{*1}，長谷川良一^{*1}，河合真樹^{*1}

Elucidation of material and processing characteristics
for use of domestic fast-growing tree species (1)
Proposal of application of domestic fast-growing tree species Woods

MURATA Akihiro^{*1}, HASEGAWA Ryoichi^{*1}, KAWAI Maki^{*1}

国産早生樹4樹種について家具および内装材（フローリング）としての適性を評価するため、塗装を実施し従来からある塗装の評価方法などが評価指標となるかどうかを検証した。その結果、今回入手したセンダン、ユリノキ、ユーカリ、コウヨウザンは、通常の木材塗装技術により問題なく塗装できることが確認できた。また、早生樹素材の評価方法として、衝撃試験や鉛筆引っかき硬さ試験において変形量を測定することによりその材質特性を把握できる可能性が示唆された。ユリノキ・コウヨウザンについては、衝撃試験等での変形量が大きく軟質であることから家具等の用材に用いるにはこれを低減化する塗装や圧密化などの処理を検討する必要がある。

1. 緒言

日本の森林は戦後植林したスギ・ヒノキが60年生と高齢級化しその蓄積量は多く、新設住宅着工戸数は人口減少に伴う減少によりが続いており建築用木材などとして量的に確保されている。一方、これまで木製家具にはオーク材やウォールナット材など輸入広葉樹が用いられているが、木製家具業界においてはスギ圧縮材やセンダンなど国産材を利用し、持続可能かつ多様な素材活用による製品開発へシフトしている。

国においても今後の森林の主伐・再造林に向けた植栽可能樹種のニーズの多様化、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。国産早生樹は10～25年生程度の単伐期で収穫できることから、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も期待されている。しかし、国産早生樹種に関しては、利用が始まっているにもかかわらず基礎データが整備されていない。このため、国産早生樹種について、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されることになった。プロジェクトは大きく分けて、「材質・物理特性」「乾燥特性」「加工特性」「流通・用途提案」の4つであり、本研究では分担課題として「用途別の利用適性の確認とその評価」を担当している。このため家具・内装材としての適性評価について、既存の試験方法を参考に検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究は森林総合研究所のプロジェクトチームから支給予定だった材料（伐採場所や時期、乾燥方法、加工条件、基礎物性）の入手が困難であったため、コウヨウザン（*Cunninghamia lanceolata*）以外の試験体は現在の木材市場流通ルートで入手可能なユリノキ（*Liriodendron tulipifera*）、センダン（*Melia azedarach*）、ユーカリ（*Eucalyptus vimviminaris*）を用いた。

また、対照材として国産広葉樹2樹種：ミズナラ（*Quercus crispula*）、ブナ（*Fagus crenata*）を用いた。供試試験体の基本性能を表1に示す。

^{*1} 試験研究部

表1 評価試験に用いた早生樹等の性状

樹種\性状	気乾密度 (g/cm ³)	気乾密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
センダン	0.53	0.50	10.7
ユリノキ	0.40	0.38	10.2
ユーカリ	0.74	0.71	12.9
コウヨウザン	0.37	0.35	10.2
ミズナラ	0.72	0.66	12.0
ブナ	0.82	0.76	11.6

2.2 従来法による適正評価

従来法であるJIS：日本産業規格（JIS K 5600 塗料一般試験方法等）とJAS：日本農林規格（JAS 特殊加工化粧合板、フローリング）を参考に以下の試験を実施した。

2.2.1 塗装

塗装については、ウレタン塗料（溶剤系、水系）、オイル塗料（自然系、ウレタン系）の4種とし、研磨紙P240で処理したのちに所定の標準仕様の工程で刷毛塗りし、20℃以上で乾燥後、定常状態[23℃、50RH]で1ヶ月養生して試験に供した。試験に用いた塗料は、家具や内装材用で、「F☆☆☆☆」かつ「食品衛生試験に対応」した市販の汎用塗料を選択した。また、無塗装も対照とした。

2.2.2 評価試験

塗膜の一般的試験環境[23±1℃、50±3%RH]で、下記により各評価試験を実施した。

①摩耗試験[耐摩耗性摩耗輪法 JIS K 5600-5-9]：テーバー形摩耗試験機（硬質摩耗輪：CS17、荷重4.90N）で100回転実施し前後の摩耗減量を測定しテーバー摩耗指数を求めた。

②衝撃試験1[耐おもり落下性 デュポン式 JIS K 5600-5-3 3.3]：デュポン式衝撃試験機（落下高さ300mm、質量300g）により試験後の表面観察と凹み深さをマイクロメーターで測定した。

③衝撃試験2[耐おもり落下性 落球式 JIS K 5600-5-3 3.2]：落球式衝撃試験機（高さ：750mm、質量500g）により試験後の表面観察と凹み深さをマイクロメーターで測定した。

④引っかかり試験[引っかかり硬度 鉛筆法 JIS K 5600-5-4]：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Hi-uni, MITSU-BISHI製）により、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、HBで引っかいた後の凹み量をマイクロ스코プの深度計測機能により測定した。

⑤耐光試験[促進耐光性（キセノンランプ法）JIS K 5600-7-7]：スーパーキセノンウェザーメーター（180W/m²、降雨なし）により200時間照射し、色差

計（L*a*b*表色系）により0hr, 100hrs, 200hrs後を計測し、色の変化（色差）を求めた。

⑥耐汚染性試験[耐液体性（一般的方法）JIS K 5600-6-1, 家具-常温液体に対する表面抵抗の試験方法 JIS A 1531]：汚染物質として、しょうゆ、ソース、オリーブオイル、油性ペンを選定し、1時間（食事時間程度）放置し、汚染物質を除去後、蒸留水・エチルアルコールで洗浄、常態1時間後の状態を目視で観察した。

⑦密着性（基盤目テープ法）[付着性（クロスカット法）JIS K 5600-5-6]：造膜試験体について、カッターで1mm×1mmのマスを100マス切り、セロハンテープを付着させ引きはがす操作をした後、表面の状況を目視で観察した。

3. 結果と考察

各評価結果は以下のとおりである。

①摩耗試験：試験体数がn＝1で樹種間の差異が明確に出なかった。今回の試験では無塗装のコウヨウザンを除き木床塗料の規格、減量15mg以内を示しており、他の樹種はフローリングの床材として規格内と判断されたが、公共での使用においては、高硬度であるハードタイプのウレタン塗装を用いた利用の可能性を図る必要がある。

表2 摩耗試験結果[テーバー摩耗指数]

塗料 樹種\	無塗装	溶剤系 ウレタン	水系 ウレタン	自然系 オイル	ウレタン 系オイル
コウヨウザン	17.2	7.8	8.6	14.6	10.1
ユリノキ	—	4.5	8.5	7.8	6.5
ユーカリ	3.9	2.2	10.2	2.0	—
センダン	—	5.9	6.9	4.7	—
ブナ	3.5	9.0	6.0	6.2	9.3
ミズナラ	2.5	6.7	9.0	0.3	0.6

※研磨粉により増加したものについては記載せず

②衝撃試験1（デュポン式）：すべて試験体において凹みが発生した。また、ウレタン塗装については一部の試験体で塗膜割れを生じた。素地に比べると塗装した試験体が、凹みが少なくなる傾向を示し効果がみられるが、木材の利用用途により最適な塗装などの表面処理をする必要がある。

③衝撃試験2（落球式）：②とほぼ同様の試験結果を示した。前述のとおり床材フローリングとしての用途を考えた場合、事務用椅子のキャスターによる傷・凹みを生じない程度まで表面性能を上げる必要があり、圧密化やハードコート塗装による性能向上による用途開発の必要がある。

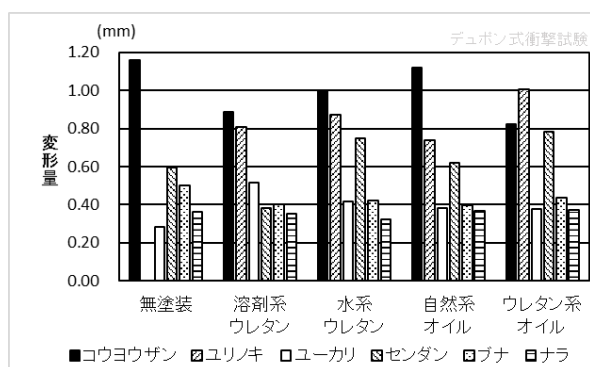


図1 デュポン式衝撃試験による早生樹材の変形量

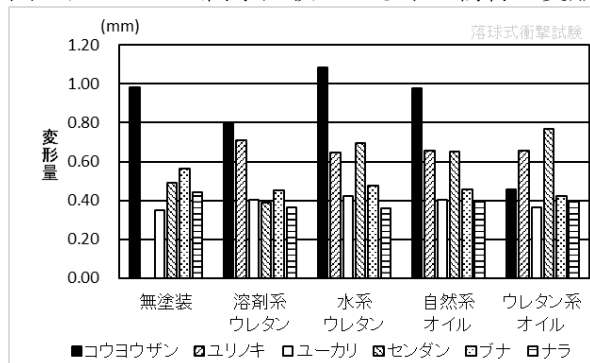


図2 落球式衝撃試験による早生樹材の変形量

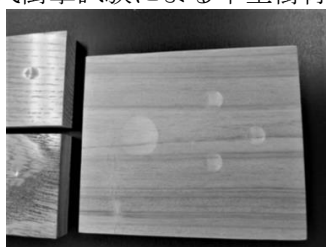


図3 衝撃性試験の試験体の例 [コウヨウザン]
※大きい凹痕が落球式、小さい3つの凹痕がデュポン式

④引っかかり試験：ウレタン塗装ではブナ・ミズナラを含めどの樹種でもHBで凝集破壊（塗膜割れ）を示しておりテーブル天板への利用を考えたとき、前述のとおりハードコート塗装仕上げなど利用用途に応じた表面仕上げを考えるべきである。

さらに、早生樹活用に適した評価手法を探るため、ウレタン塗装以外の試験体についてもHBで評価を行った。鉛筆の芯先にかかる荷重は750gと同様であるが、樹種により凹み量に差がみられた。マイクロスコープによる深さ方向の解析では、樹種により深さに明確な差があると同時に鉛筆芯による傷の幅も異なっており、深さと幅の計測が樹種の表面硬さの指標となることが示唆された。次年度以降はレーザー顕微鏡や三次元粗さ測定機などにより、深さと幅の正確な計測を行い用途別の利用適性の評価方法としての指標となるかどうかの検討を行う必要がある。

表2 鉛筆引っ掻き試験による引っ掻き傷の凹み量

樹種	凹み量 [μm]
センダン	32
ユリノキ	88
ユーカリ	48
コウヨウザン	155
ミズナラ	47
ブナ	35

※各樹種、オイル塗装（ウレタン系）試験体のHB引っ掻き傷

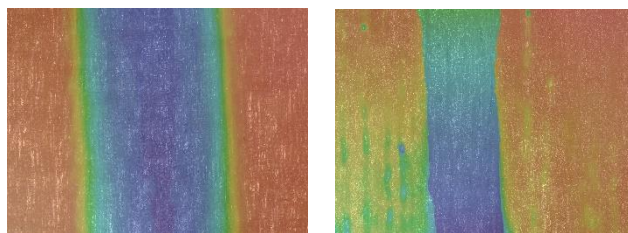


図4 鉛筆引っかかり硬度試験のマイクロスコープによる高低差分析（色別に表示）

[左：コウヨウザン 右：ブナ]

※深さも異なるが、掻き傷の幅も違っている

⑤耐光性試験：今回は室内用途に限定し降雨なしの条件での試験のみ行なったが、どの樹種も100時間（窓際で数か月程度の受光エネルギー量相当）で色差が3以上となり明らかに変色してクレームとなる色変化を示した。このため室内製品としての用途を考えたとき変色防止処理などが必要となる。今後は紫外線吸収剤や黄変防止塗料などの検討のほかに、屋外利用用途についても検討するため降雨条件を含んだ耐候性試験を実施する必要がある。

表3 耐光性試験結果

（キセノンウェザーメーター照射、色差測定）

樹種 ＼塗装	無塗装	溶剤系 ウレタン	水性 ウレタン	自然系 オイル	ウレタン 系オイル
コウヨウザン	10.1	9.0	4.6	7.9	7.4
	11.4	11.8	5.6	10.1	9.4
ユリノキ	—	23.8	9.7	18.6	17.6
	—	28.3	12.0	20.9	20.2
ユーカリ	12.5	12.8	3.5	10.4	10.8
	15.0	17.5	6.9	13.9	15.2
センダン	6.7	12.2	2.8	8.5	9.6
	10.3	15.9	3.9	9.5	10.5
ブナ	17.5	22.5	7.2	10.2	11.1
	19.4	25.9	10.4	12.9	13.6
ミズナラ	12.2	15.9	4.9	7.8	10.5
	15.2	20.7	7.7	11.7	14.7

※上段：0～100時間後の色差、下段：0～200時間後の色差

※色差 3.0以上：色違いによるクレームにつながるレベル



図5 キセノンウェザーメーターによる
200時間後の試験体

⑥耐汚染性試験：ウレタン塗装2種、オイル系塗装2種については、塗料による性能の差だけが顕著であり、しょうゆ・ソース・オリーブオイルによる汚染はすべての塗装で評価5、油性ペンが自然系オイル塗装のみ評価5、それ以外の塗装は評価2であり、樹種の違いによる差はなかった。このため早生樹の利用用途の評価指標として、無塗装の試験体に耐汚染性試験を実施した。従来は塗膜試験での経験しかなかったが、無塗装の木材素地では樹種間で差異が確認された。今後の利用適性評価においても無塗装の試験体で耐汚染性試験を行い利用用途評価の指標としたい。

表4 耐汚染性試験（無塗装の木材素地の結果）

樹種\汚染物質	しょうゆ	ソース	オリーブ オイル
センダン	5	5	2
ユリノキ	5	5	3
ユーカリ	2	5	2
コウヨウザン	2	5	2
ミズナラ	2	2	2
ブナ	2	3	2

※評価点数：5（肉眼で変化なし）、4（光源近くで確認）、3（数通りの方向から確認）、2（明らかに色・光沢変化）、1（ひどい損傷）

⑦密着性試験：造膜塗装（ウレタン塗装2種）について試験した。いずれの試験体も分類0〔カットの縁が滑らかでどの格子の目にもはがれがない。〕であったため、どの樹種においても密着性は良好であったと評価できる。また、刷毛塗り塗装性についても、ブナ・ミズナラと同様に違和感なく塗装できたため、今回供試した国産早生樹についてはどの樹種も表面の濡れ性や目はじきなどなく、問題なく塗装して利用できると判断された。

4. まとめ

いずれも従来から行われている試料寸法、設定値で実験を行ったが、試料が早生樹材であることに起因する不都合は認められなかった。したがって、早生樹材の家具および内装材（フローリング）としての適性を評価する手法として、従来法を適用して問題ないことが確認できた。また、刷毛塗り塗装では表面の濡れ性などブナ、ミズナラと比較して特に塗装上の問題がなく、密着性試験の結果からも早生樹についても通常の木材塗装を行って問題がないことが確認できた。

家具および内装材への利用適正という面では、センダンについては既に家具用材として福岡県の大川地区を中心として利用されており、今回の試験結果からも大きな問題はなく利用可能である。

ユリノキについては、ホオノキに似た色調を示しており、表面硬度がやや低いように感じた。他のプロジェクト分担課題である材質・強度特性等の結果を見なければ判断できないが、ホオノキの代替素材として利用できる可能性が高い。

ユーカリについては、今回用いた供試材料は非常に年輪幅が密であったことから本研究課題である早生樹とは異なるため参考値とする。

コウヨウザンについては、衝撃試験や引っ掻き試験の変形量などから非常に表面が柔らかい。摩耗試験により、ウレタン塗装（溶剤系、水系とも）により性能が向上することが確認できており、素材のままでは芯材などとしてしか利用できないかもしれないが、圧密化やハードコート塗装などにより付加価値を向上させれば家具および内装材として問題なく利用可能であると判断した。

早生樹の評価手法については、今回実施したJISおよびJASの方法において、通常塗膜の評価方法では樹種間の差があまりなかったが、凹み傷など変形量に着目すると樹種間の差異が現れることがわかった。マイクロメーターやマイクロスコープで深さ測定を実施したが、マイクロスコープによる測定は信頼性がある数値とは言えないとの指摘があり、今後はレーザータイプの三次元形状測定機による計測により評価を実施したい。

謝辞

本研究は、令和元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。研究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研究参加メンバーの皆さまに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 福留重人, 中原亨, 日高富男: 早生樹材を活用した木製品の開発, 鹿児島県工業技術センター平成 30 年度研究報告, 32, pp. 53-60, 2018.
- 2) 大野善隆ほか: ユリノキ材活用に関する調査研究, 大分県産業科学技術センター平成 08 年度研究報告, pp. 88-91, 1997.
- 3) 萩田信二郎ほか: 早生樹種コウヨウザンの可能性について考える, 森林応用研究, 28 (1), pp. 17-19, 2019.
- 4) 涌嶋 智, 渡辺靖崇: コウヨウザンの材質, 森林遺伝育種, 6, pp. 148-154, 2017.
- 5) 日本木材学会・物理・工学編編集委員会: 木材科学実験書 I. 物理・工学編, 有限会社中外産業調査会, p344, 1990.