

# 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） 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\*, 森 順子\*

## Elucidation of Material and Processing Characteristics for Use of Domestic Fast-Growing Tree Species (II) Proposal of Application of Domestic Fast-Growing Tree Species Woods

MURATA Akihiro\*, HASEGAWA Ryoichi\*, NUMAZAWA Youko\*, MORI Jyunko\*

寒冷地でも生育可能な早生樹であるハンノキを新たに加えた早生樹4樹種について、家具および内装材としての適性を評価するため、昨年度実施した耐おもり落下性・引っかき硬さ試験の変形量についてデータの蓄積を図った。また、ユリノキについて樹高別の表面性状の違いを評価した。その結果、同じ塗装でも樹種により評価が異なり、利用用途に合った塗装仕上げとする必要があることがわかった。また、表情が豊かな環孔材のセンダンについて、使用量は少ないが新たに展開を図るため、工芸的利用を試み我谷盆と銘々皿を試作した。試作では、天然系オイル塗装は吸込み量が多くいつまでも溶剤臭がするなどの問題点が明らかとなった。

### 1. 緒言

日本の森林は戦後植林したスギ・ヒノキが60年生を過ぎ高齢級化しておりその蓄積量は多い。一方、スギ・ヒノキを伐採後の再生林については、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。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。しかし、国産早生樹種に関しては、基礎データが整備されておらず、センダン等一部の樹種について作り手の経験と勘に頼ったものづくりが行われている状況であり、工業的利用に供されているとは言い難い。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している。本研究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、家具・内装材として適性かどうかを判断する評

価手法について、取り組んでいる。今年度は前年度実施した適正評価法を基本としてデータの蓄積を図った。また、利用適性を確認する手段として、工芸的利用を試みた。

### 2. 実験方法

#### 2.1 供試材料

2年目の試験材として、昨年度の早生樹種に加え寒冷地でも生育可能なハンノキを新たに加えて供試材とした。早生樹材についてはまだ市場で流通している素材が少なく、現在の木材市場流通ルートで入手可能なユリノキ (*Liriodendron tulipifera*)、ハンノキ (ヤマハンノキ *Alnus hirsuta*)、センダン (*Melia azedarach*) を試験体として用いた。また、他の森林総合研究所のプロジェクトチームと連携した木材については、ユリノキ (樹高別)、ユーカリ (*Eucalyptus vimviminaris*) を試験体として入手しデータの蓄積を図った。

#### 2.2 評価方法

前年度の実績<sup>1)</sup>を踏まえ、JIS: 日本産業規格 (JIS K 5600 塗料一般試験方法、K 5961 屋内木床塗料) 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。また、

\* 試験研究部

木材の硬度試験であるブリネル硬さ (JIS Z 2101 木材の試験方21表面硬さ) を実施し関連性を検討した。

### 2.2.1 塗装

今年度前半の試験では、前年度と同様に塗装はウレタン塗料 (溶剤系、水系)、オイル塗料 (自然系、ウレタン系) の4種とし、P240で研磨処理したのちに各塗料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。また、後半の試験では塗料を家具・内装材での利用が多い、溶剤系ウレタン塗料、自然系オイル塗料の2種に絞り込んで評価を行った。なお試験に用いた塗料は、昨年同様「F☆☆☆☆」かつ「食品衛生試験に対応」した市販の汎用塗料を用い、無塗装を対照とした。

### 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] : テーパー形摩耗試験機 (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パ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引っかき硬度試験 (鉛筆法) : 鉛筆引っかき試験機 (手動機械式、日本塗料検査協会検定鉛筆使用) 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・2H で引っ掻いた後の凹み量をレーザー顕微鏡の形状測定機能により測定した。
- ⑤表面硬さ試験 (ブリネル硬さ) : オートグラフを使用し、荷重: 速度 0.5mm/min 約0.32mm圧入した時の最大荷重 (N) を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 評価試験の結果

評価結果を表1に示す。

- ①摩耗試験: 今回の試験では摩耗指数 (削られた重さ) と厚みの減少量との関係が明確でないものが散見された。その原因追及をするともに、利用用途で問題がないかを今後検討したい。数値としては、ユリノキの水系ウレタン塗装を除き木

表1 ユリノキ、ハンノキ、センダンの評価結果

樹種	塗料	耐摩耗性		耐おもり落下性		引っかき硬度 (鉛筆法)	
		テーパー摩耗指数	厚さ減少量 [μm]	デュポン式変形量	落球式変形量	塑性変形	凝集破壊
ユリノキ	無塗装	13.6	10	0.660	0.715	6B以下	—
	溶剤系ウレタン	4.8	17	0.564	0.675	6B以下	H
	水系ウレタン	16.8	23	0.615	0.677	6B以下	5 B
	天然系オイル	13.7	6	0.558	0.689	6B以下	—
	オイル調ウレタン	7.1	16	0.411	0.669	6B以下	—
ハンノキ	無塗装	12.6	16	0.427	0.653	6B以下	—
	溶剤系ウレタン	14.8	14	0.549	0.620	6B以下	B
	水系ウレタン	4.6	15	0.604	0.648	6B以下	6 B
	天然系オイル	11.4	14	0.568	0.629	6B以下	—
	オイル調ウレタン	10.8	7	0.471	0.574	6B以下	—
センダン	無塗装	11.0	31	0.511	0.596	6B以下	—
	溶剤系ウレタン	9.5	25	0.463	0.877	6B以下	6B以下
	水系ウレタン	10.5	16	0.596	0.682	6B以下	3 B
	天然系オイル	14.1	13	0.635	0.607	6B以下	—
	オイル調ウレタン	9.0	14	0.593	0.608	6B以下	—

床塗料の規格である減量15mg以内でありフローリングの床材として規格内と判断された。塗料別にみると、含浸タイプのオイル調ウレタンによる塗装がすべての樹種で耐摩耗性向上に寄与している。また素材の質感を生かすためによく利用される天然系オイル塗装は無塗装と同等の性能しか示さなかった。溶剤系ウレタンはユリノキ・センダンで、水系ウレタンはハンノキで摩耗性向上に効果があり、樹種により使用する塗料との相性があることがわかった。

- ②耐おもり落下性試験（デュポン式）：すべての試験体において凹みが発生した。ユリノキについては塗装効果により変形量が少なくなったが、ハンノキ・センダンについては塗装により変形量が大きくなったものも見られた。木材の利用用途により最適な塗料を選択する必要がある。
- ③耐おもり落下性試験（落球式）：②と同様にユリノキは塗装効果があった。またハンノキはオイル調ウレタンで変形量が少ない。センダンについては塗装したものすべてが無塗装と比べ変形量が大きくなっていることから、落球のような一瞬の衝撃圧縮では塗装しない方が復元性（戻り）があるのではないかと考えられる。
- ④引っかき試験（鉛筆法）：溶剤系ウレタン塗装では表面が柔らかいユリノキでHを示したが、ハンノキ・センダンではB以下で凝集破壊（塗膜割れ）を示した。ユリノキについては、塗料の吸込み量が多く下塗りですっかり固めた後、上塗りをするにより高い数値を示した。センダンについては高い数値を期待したが6Bで凝集破壊をおこすなど前年との違いが顕著であり、今後もデータの蓄積が必要である。

鉛筆濃度記号と凹み量との関係を図1に示す。ユリノキは濃度記号が上がる（硬くなる）に従って凹み量が増加するが、ハンノキ・センダンについては明確な関係が得られなかった。

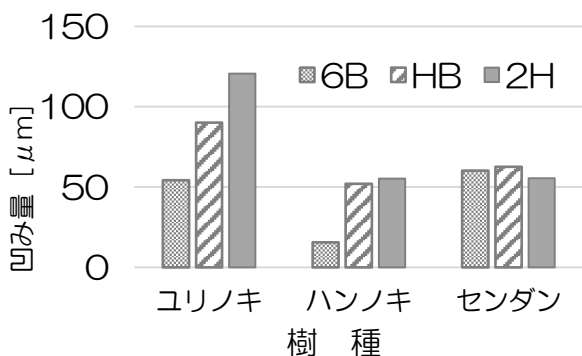


図1 鉛筆引っ掻き傷の凹み量の測定例（無塗装）

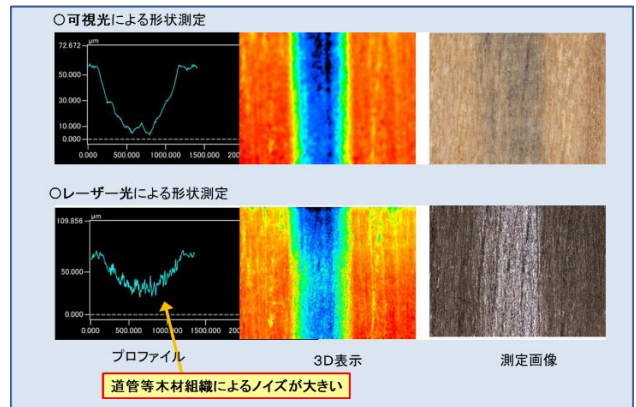


図2 引っかき硬さ試験のレーザー顕微鏡による測定例

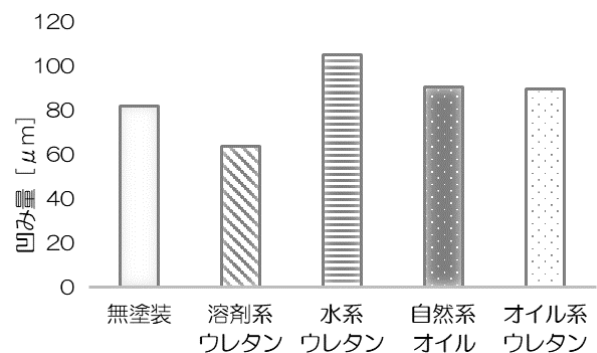
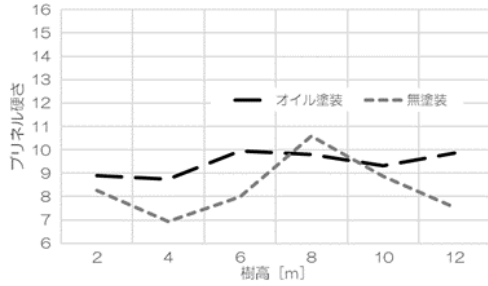


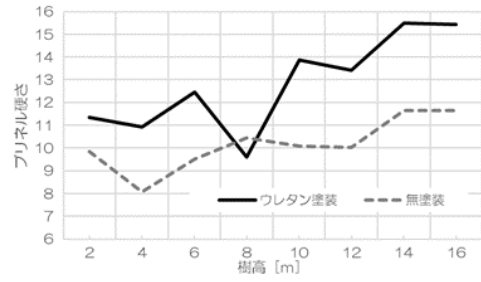
図3 ハンノキの引っかき硬度試験（2H）による塗装別の凹み量の違い

前年度のマイクロスコープによる深さ方向の解析については、今年度はレーザー顕微鏡による測定により精度向上に努めた。図2に示すように、レーザー顕微鏡でも可視光による形状測定とレーザー光による形状測定では差がある。レーザー光は測定スポット径が小さいため道管などの木材組織に落ち込むためノイズのような凹凸があらわれている。特にセンダンなど道管径の大きい素材で凹凸が大きいことから、今回は可視光による測定値とした。今後もデータの蓄積を図り、用途別の利用適性の評価方法となりえるか進めて行きたい。次にハンノキの引っかき硬度試験（2H）による塗装別の凹み量の違いを図3示す。これを見ると溶剤系ウレタンでは変形量が少なくなっているが、他の塗料では無塗装のものより大きくなるものもあった。ハンノキの利用については造膜型の塗料である溶剤系ウレタンが適している。

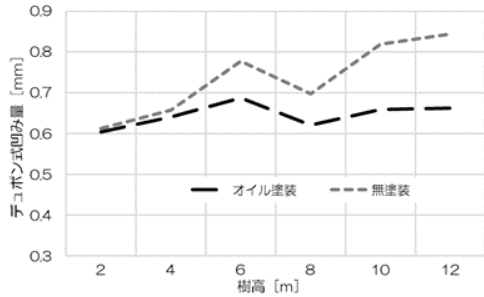
- ⑤ユリノキの樹高別材の評価結果：ユリノキ材を樹高2m毎に材料を入手することができたため、12mまでの材にオイル塗装を、16mまでの材に溶剤系ウレタン塗装を施した。図4に樹高とブリネ



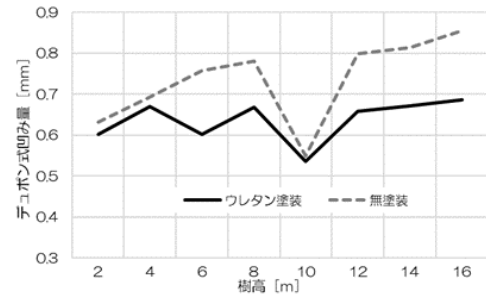
ブリネル硬さ (オイル塗装)



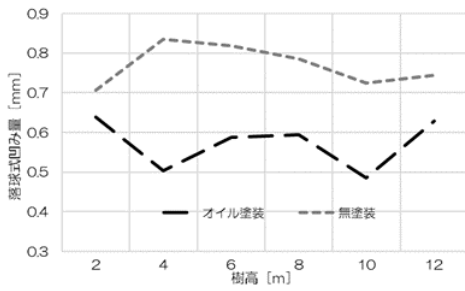
ブリネル硬さ (ウレタン塗装)



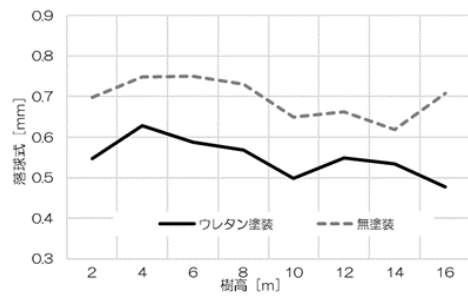
デュポン式凹み量 (オイル塗装)



デュポン式凹み量 (ウレタン塗装)



落球式凹み量 (オイル塗装)



落球式凹み量 (ウレタン塗装)

図4 ユリノキの樹高別の各試験結果

ル硬さ、耐おもり落下性試験デュポン式、落球式の凹み量を示す。ウレタン塗装をしたユリノキのブリネル硬さと耐おもり落下性試験（落球式）の凹み量変化を見ると樹高が高くなるほど硬くなる（変形量も少なくなる）傾向が見られた。しかし、耐おもり落下性試験（デュポン式）の凹み量変化を見ると塗装をすることにより無塗装材との差が低減化され、樹高によらず均質化する傾向がある。樹高別に関しては、今後データ数を増やし、部位別密度との関連を明らかにすることは利用上必要である。

### 3.2 評価試験のまとめ

摩耗試験結果より、どの樹種もフローリングの床材として規格内であり家具および内装材として利用可能である。また、耐おもり落下性試験からそれぞれの樹種に適した塗料があることがわかった。

引っかかり硬度試験（鉛筆法）より、すべての樹種において、ウレタン・オイル塗装による塑性変形の評価は6B以下と表面が柔らかいことが利用上課題となる。このため次年度は圧密化や無機有機ハイブリッド塗料などのハードコート塗装など樹種に応じた表面硬度の向上を図り、家具・内装材として広く利用できるよう取り組みを進める予定である。次に、評価手法の適正化であるがまだデータ量が少なく本当に有効な評価法であるか判断できて

いない。今後もデータの蓄積を重ねて検証を進めて行きたい。

### 3.3 利用用途の新たな提案

早生樹の用途開発で、家具・建材以外で考えたとき、使用量として多くはないものの新たな展開が期待できないか工芸的利用を模索した。また、実際の製品を作成することで問題点が出てこないかを検証した。

#### 3.3.1 試作

家具ではケヤキ材の代替でセンダンが利用されている<sup>2)</sup>ことから、早生樹でも表情が豊かな環孔材であるセンダンについて、工芸的利用を試みた。センダンは年輪幅が大きく面白みに欠けることから、更なる表情の追加のため、荒々しいノミの彫り跡がある我谷（わがた）盆を選定した。さらに派生製品としてノミ跡を施した銘々皿を作成した。凹凸加工については機械式の電動彫刻機（ノミ）を利用した。また、一次試作では我谷盆の素材特性を生かすため天然系オイル塗装仕上げを実施したが、塗料の吸込みが大きく、表面は乾燥しているが内部は未乾燥で溶剤臭がかなり長く強く続いた。このため、二次試作ではオイル調ウレタン塗料で塗装した。同様に、銘々皿も同様の塗装をした。

#### 3.3.2 試作結果

早生樹の新たな利用用途の開発として凹凸加工を施した我谷盆（トレイとしてA4サイズが収納可能な340×250×20mmの盆）、角型銘々皿（130×130×7mmの皿）を試作した。環孔材の木目の美しさと素朴な彫り跡を持つ、粗削りで無骨な盆・皿である。今回の試作から、早生樹材は塗料の吸込みが多いため、塗料によっては吸い込み止めの下地処理が必要であることがわかった。また、このような凹凸加工（なぐり加工）による高付加価値化が期待できるため、床材・壁面材などへの凹凸加工による用途展開が期待される。

### 3.4 今後の研究の進め方

評価手法の最適化として実施した耐おもり落下性試験（デュポン式）、耐おもり落下性試験（落球式）、引っかき硬度試験（鉛筆法）による木材の変形量評価について、実施数が少なく想定外のデータも散見されることから、今後もデータの蓄積を進める予定である。また、木材硬さであるブリネル硬さなどとの関係性についても検証していきたい。

建材（床材）、家具（テーブル）への利用用途



写真1 試作した我谷盆（わがたぼん）



写真2 試作した角型銘々皿

のためには表面硬度を向上させる必要がある。このため木工用の無機・有機ハイブリッド塗料などによる硬度向上を試みたい。

最終年度は、利用用途の提案として実際の製品化で不具合があるかどうかを検証するため、センダンによる曲木家具、ユリノキ・コウヨウザンによる圧密フローリング・壁材などの試作を行い、利用用途の提案としてまとめる予定である。

## 4. まとめ

家具および内装材としての塗装適性では早生樹材であることに起因する問題がみられないため、一般的に木工製品に利用されるウレタン塗装とオイル塗装による評価を実施しデータの蓄積に努めた。また、適正評価の指標である変形量の計測については、引っかき硬度試験の凹み量の測定をレーザー顕微鏡に変更しデータの精度向上に努めた。

樹種別では、ユリノキについて樹高別の材料を

入手し樹高による影響を調べたところ実用上の問題はなかった。センダンについて工芸的利用を試み、製品化する場合の問題点の洗い出しを図った。

### 謝辞

本研究は、令和2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。

### 参考文献

- 1) 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令和元年度研究報告, No.22, pp.50-54, 2020.
- 2) 共同組合福岡・大川家具工業会地域開発部会：地域座開発プロジェクト，SOUSEIカタログ，SENDAN WEB, 2021.