

小径広葉樹材の有効利用技術の開発（第1報）

村田明宏*, 長谷川良一*, 今西祐志*, 沼澤洋子*

Development of technology for the use of small-diameter Hardwoods for furniture and interior materials (I)

MURATA Akihiro*, HASEGAWA Ryoichi*, HIROSHI Imanisi*, NUMAZAWA Youko*

国内広葉樹を家具・内装材などに利用していくため、これまでパルプ・バイオマス発電等のチップ材として取り扱われている小径材に焦点を当て研究を実施した。対象樹種として環孔材であるコナラとセンダンについて、小径丸太由来の板材を使用し、4通りの構成部材の幅（以下ラミナ幅）で交互に接着し異樹種集成板を製作し乾湿繰り返しによる反り、変形を計測した。また、異樹種接着の接着力について、通常（大径）材と小径材の違いなど評価した。また、飛騨地域で産出される小径広葉樹種から家具等に使用できる樹種を選定するため、8種6組の異種材接着による接着力評価を行った。その結果、異樹種接着集成板については、接着層の剥離は見られず良好な接着性能を示した。しかし、一部の樹種で木口割れが発生した。また、通常材と小径材の接着力の違いは見られなかった。地域材の異樹種接着においても、異樹種であることに由来する接着性能に問題はなかった。

1. 緒言

これまで木製家具や内装材の原料である広葉樹材は、その8割近くを輸入材に依存してきた。近年、世界的な資源減少や新興国の購買力の向上に加えて、ウッドショックやウクライナ情勢の影響により、輸入広葉樹材の流通量や価格は不安定に変動している。このため、国内資源への転換が模索され、前年度まで早生樹材の用材利用に向けた基盤的研究を進めてきた。早生樹材の現状は過去に植栽された天然林木が多く、計画的に植林された人工林伐採木が少ないため、材質にばらつきがあり今後利用していく上での材質の把握が十分できないことがわかった。

一方、国内には活用が進んでいない多種多様な広葉樹資源が存在するが、材質・物理特性、加工性に関するデータが未整備である。また、それら国産広葉樹材の製品製造に必要な塗装、接着、曲木加工に関する技術も、現在の工場設備等に合わせて確立する必要がある。このため、国産の早生広葉樹や地域の小径広葉樹など、これまで用材として活用されてこなかった広葉樹材を、国内の家具・内装材

製造業において原料として有効活用するための加工・利用技術を開発する必要がある。このため国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所を中心として山形県、岐阜県、福岡県、飛騨産業株式会社の研究機関で構成されるコンソーシアムでの共同研究を令和4年度より行っている。本報では小径広葉樹の利用技術について記す。

小径広葉樹材を利用する上での課題として、小径材であるがゆえに、未成熟部分が多く、割れや狂いが発生しやすい。異樹種集成する上での課題は、強度や比重、接着剤の濡れ性が異なるため、接着剥離が発生しやすい。乾湿など温湿度環境に伴う反り変形、割れが発生しやすいと考えられる。本研究では研究対象とした樹種4樹種（センダン、ハンノキ、ホオノキ、コナラ）、及び飛騨地域の小径広葉樹材について、異樹種複合による家具・内装材への有効利用技術を開発するものである。

2. 実験方法

本研究プロジェクトで対象樹種とした4樹種のうちコナラとセンダンについて、小径丸太由来の板材（図1）を使用し、4通りの構成部材の幅（以下ラミナ幅）100、75、50、25mmで、コナラとセンダンを交互に接着し異樹種板を製作した。ラミナ

* 試験研究部

幅の違いによる変化を検証するため、異樹種集成板の乾湿繰り返しを実施し、反り、変形を計測した。

また、コナラとセンダンの接着力について、通常（大径）材と小径材の違い、常態試験と耐水試験を行い木部破断の有無、剥離強度を測定した。さらに、対象樹種以外にも異樹種接着により地域材利用をすることとし、飛騨地域で産出される小径広葉樹種から家具等に使用できる樹種を選定するため、8種6組の異種材接着による接着力評価を行った。

2.1 供試材料

今年度は対象樹種とした4樹種のうちコナラとセンダンを用いた。試験材は、小丸太径18~26cmのコナラ（岐阜県産材）とセンダン（福岡県産材）を使用した。両樹種とも柾目挽きにより製材し、人工乾燥材を板材として購入した。

また、飛騨地域材として、後述する飛騨市より切り出された木材を乾燥し、試験材として用いた。



図1 使用材料（左：コナラ、右：センダン）

2.2 異種接着集成板材の環境に伴う変化の測定

丸太から製材された板材の内、板目板を使用した。それぞれ幅100、75、50、25mmに小割し、長さ900mm、厚さ20mmに調製した。板材の含水率は、コナラ材は平均12.8%、センダンは10.9%であった。異樹種接着は、上述の板材のコナラとセンダンを交互に接着し、異樹種集成板を5枚作製した（表1、図2参照）。水性高分子イソシアネート型接着剤 [PIボンド TP-111・H-3Mコニシ製] を使用し、高周波接着機 [高周波コンパクト接着機：山本ビニター製001型] で加熱接着した後圧縮し、翌朝ハタガネから外し1週間の養生後、環境試験を実施した。

乾湿繰り返し環境試験は、表1に示す5枚の異樹種接着板に対して乾湿繰り返しを行い、反り、割れ、寸法安定性を評価した。乾湿繰り返し条件は、40℃、90%RH：48時間→40℃、20%RH：48時間を1サイクルとし2サイクル行った。測定は、1、2サイクル実施後、さらに、40℃、48%RH：48時間後に行

った。

表1 異樹種集成接着試験体の構成

試験体名	材巾	枚数	コナラ+センダンを交互に接着
100-1	100mm	3	コナラ+センダン+コナラ
100-2	100mm	3	センダン+コナラ+センダン
75	75mm	4	(コナラ+センダン) × 2
50	50mm	6	(コナラ+センダン) × 3
25	25mm	12	(コナラ+センダン) × 6



図2 異樹種集成接着試験体

2.3 接着層のせん断強度試験

コナラとセンダンの接着層の試験は、異樹種接着板から試験体から切り出し、JIS K 6852に従い圧縮せん断接着強さ試験を実施した。試験は常態と耐温水性試験（60℃温水中にて3時間浸漬）で評価した。

2.4 地域未活用小径広葉樹材の利用

2.4.1 対象樹種以外の有用小径産広葉樹の選定

飛騨市広葉樹活用推進コンソーシアム（協力機関）における聞き取り調査を実施した。その結果を表2に示す。26種類の樹種の中で、搬出量の期待される樹種は、ミズナラ、コナラ、ブナ、ホオノキ、クリ、シラカバ、ミズメ、トチノキ、イタヤカエデの9樹種であった。そこで今回は、コナラ、ホオノキに加え、材入手の観点から、クリ、クルミ、ウダイカンバ、ミズメ、ヤマザクラ、セン、トチノキ、ケヤキを選定し、異樹種接着を試み、接着の不具合を確認した。

2.4.2 小径広葉樹等の人工乾燥試験

飛騨地域から産出された広葉樹丸太を対象に、板目材を製材し、初期乾球温度48℃とした低温スケジュールを用い、製材後の材に対して人工乾燥を実施し、目標含水率8%の材を調製した。その際樹種毎の割れ、反り変形量を計測した。

飛騨市広葉樹活用推進コンソーシアムにおける人工乾燥プロジェクトにおいて、図3に示す木くず炊き温水ボイラーを熱源とした低温乾燥システムの検証を実施した。

表2 令和4年に飛騨市から産出される木材樹種

アズキナシ	イタヤカエデ	イヌシデ	ウダイカンバ
ウリハカエデ	ウワミズザクラ	オニグルミ	クマシデ
クリ	ケヤキ	ケンボナシ	コシアブラ
コナラ	コハウチワカエデ	シナノキ	シラカンバ
セン	トチノキ	ハウチワカエデ	ハンノキ
ブナ	ホオノキ	ミズキ	ミズナラ
ミズメ	ヤマザクラ		



図3 低温乾燥システム

3. 結果と考察

3.1 異樹種集成板材の反り、変形

図4に示すように、異樹種集成板材については、大きな反りや変形が少なかった。また、4パターンによる変化測定では、小割（ラミナ幅を狭く）にするほど変形量などの変形が少なくなると想定していたが、幅25mmでは変化が少ないものの50mmでは変形が大きいものがあり明確な傾向を把握できなかった。今後試験体数を増やすなどの検討が必要である。一方、外観の観察では、接着層の剥離は見られなかったが、コナラ材部位で木口割れが発生しているものがあつた。このため、次年度は熱プレスによる割れ防止技術を試みる予定である。

今回の湿度変化に伴う促進試験では、平衡含水率が5.5%⇔19%となるよう48時間毎に湿度を変化させたが、20mmの厚みがある木製天板だと1週間（168時間）程度の時間をかけないと内部まで含水率が一定にならないことが危惧される。今後、温湿度条件、時間を検討し促進試験を実施したい。

3.2 同樹種・異樹種接着性能評価

接着性能試験結果を表3に示す。このように環孔材であるコナラ、センダンの同樹種・異樹種接着

性能試験では、通常材（大径）材と比較し、小径材も木部破断率は90%以上、せん断接着強さは約10MPa以上であり小径材であることに由来する問題はなかった。また、使用した高周波コンパクト接着機は木材の短時間接着に有効であることを確認した。一方、耐水試験では木部破断率が30%まで低下した。接着層で破壊しており、接着剤の耐水性能に起因するものと判断された。

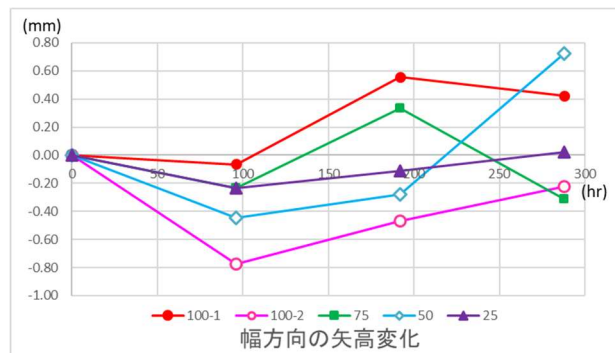
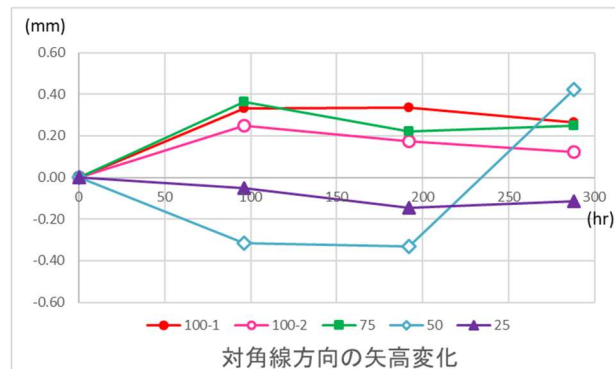
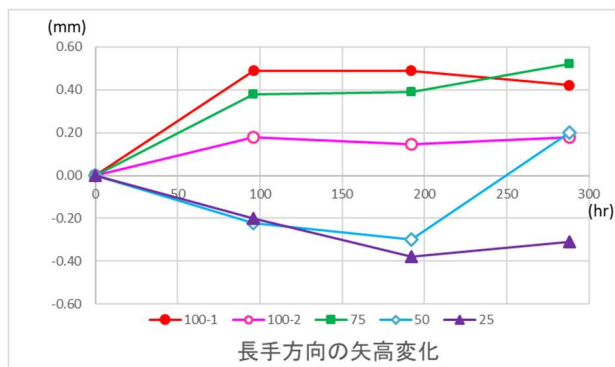


図4 環境に伴う矢高（反り）の変化
（上より、幅方向、長手方向、対角線方向）

3.3 飛騨地域の広葉樹種による異樹種接着の性能評価

今回は、コナラ、ホオノキに加え、材入手の観点から、クリ、クルミ、ウダイカンバ、ミズメ、ヤマザクラ、セン、トチノキ、ケヤキを選定し、異樹種

接着を試み、接着の不具合を確認した。評価結果を表4、図4、図5に示す。今回実施した異樹種接着において、コナラ・センダンを含め、7組の異種材接着において、木部破断率は70%以上、せん断接着強さは11MPa以上であり異樹種であることに由来する問題はなかった。

表3 同樹種・異樹種接着性能評価結果

樹種	構成	径級	接着強さ [MPa]	木部破断率 [%]
常態試験 [20°C, 50%RH]				
ナラ×センダン	異樹種	通常材	11.9	100
センダン×センダン	同樹種		10.8	100
ナラ×ナラ	同樹種		18.7	100
コナラ×センダン	異樹種	小径材	11.5	90
センダン×センダン	同樹種		9.9	90
コナラ×コナラ	同樹種		16.5	95
耐温水試験 [60°C温水3Hrs浸漬、放冷後wetで試験]				
コナラ×センダン	異樹種	小径材	7.0	30

※ 異樹種はセンダン部で木部破断

表4 異樹種接着による接着強さのまとめ

樹種		接着強さ (MPa)	木部破断率	異樹種接着木部破断面樹種
コナラ	センダン	11.49	90%	センダン
クリ	ケヤキ	11.94	85%	クリ
クリ	セン	12.90	80%	6:4でセン
クリ	クルミ	11.07	85%	クリ
サクラ	ウダイカンバ	15.55	70%	6:4でサクラ
ミズメ	ウダイカンバ	17.03	75%	6:4でウダイカンバ
トチ	ウダイカンバ	11.69	80%	トチ

3.4 小径広葉樹等の人工乾燥試験

表5に6回実施した乾燥試験の結果を示す。乾燥試験No. 1、5は、ブナ材のみの乾燥であるが、他は、5樹種以上の混合状態で乾燥を実施した。各樹種のモニター材の経過重量を計測し、乾燥スケジュールを切り替えた。初期含水率や製材厚など一定でないため、乾燥日数は、最短で20日間、最長で48日間であった。一部、ブナ材とクリ材において高い含水率もあったが、平均の仕上げ含水率は目標とした含水率8±2%に仕上がった。材の長さ方向、厚さ方向における含水率ムラは少なかった。また、複数の樹種を同時に乾燥したが、調湿処理により過乾燥にならずに仕上がった。外観の目視検査では、片方の木口で割れは最小34mm、最大284mmであり、カップ反り平均0.8~1.8mmであった。今後は歩止まり向上のため、初期蒸煮による欠

点発生を減少させる対策や乾燥時間の短縮を検討して行きたい²⁾。

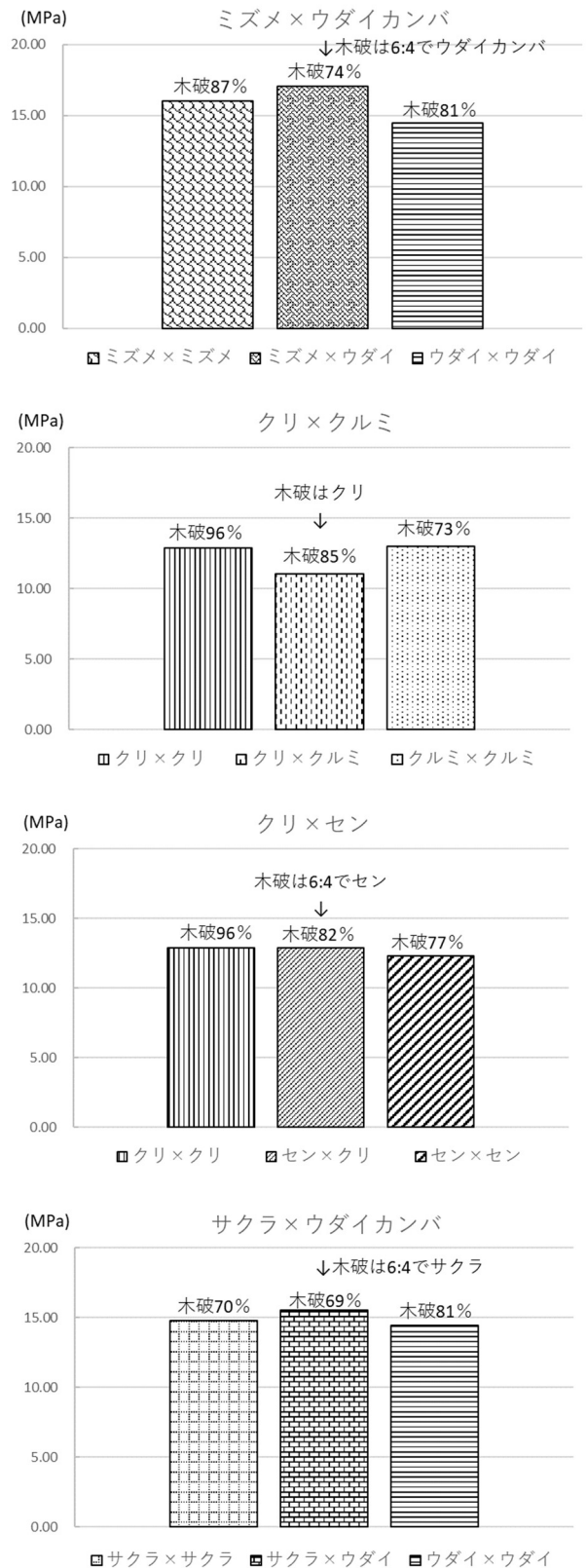


図5 飛騨地域材の異樹種接着の性能評価1

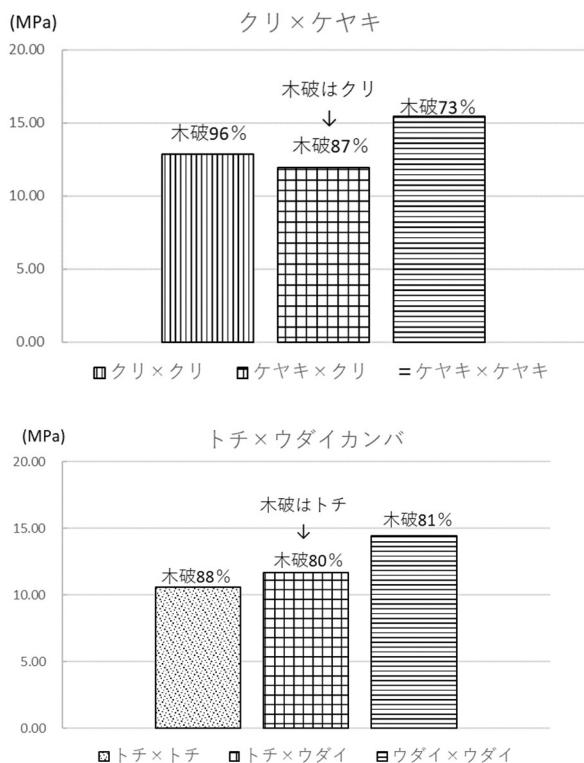


図6 飛騨地域材の異樹種接着の性能評価 2

表5 飛騨地域小径広葉樹材の人工乾燥試験結果

乾燥試験No.		1	2	3	4	5	6
所要時間	days	38	30	34	47	20	24
	hrs	13	19	15	13	0.5	19
乾燥材積	m ³	4.2	5.1	4.1	4.9	6.2	5.3
含水率平均	%	7.5	10.5	9.2	8.8	8.7	9.4
木口割れ平均(左)	mm	230	41	81	69	39	84
木口割れ平均(右)	mm	284	34	99	50	54	120
有効長	%	71.6	91.6	86.9	91.1	91.7	87.3
カップ反り平均	mm	1.8	1.1	0.9	0.8	0.7	0.8
乾燥樹種	樹種	ブナのみ	5種以上	5種以上	5種以上	ブナのみ	5種以上

4. まとめ

小径広葉樹を有効に利用するために、センダン、コナラについて異樹種間の接着を試み、家具・内装材の原料として利用できるかどうかを検証した。

また、飛騨地域から産出される小径広葉樹材についても異樹種接着を試み利用可能かどうかの適性を検証した。

1) 環孔材であるコナラ、センダンについては、異樹種集成接着による反り変形は小さく、異樹種接着の接着性能も問題がないことから、材割れなど材料の選別が必要であるが、家具・内装材の原料として利用可能である。また、通常材と比較し、小径材は問題なく利用可能であることがわかった。

2) 飛騨地域から産出された小径広葉樹材についても、8樹種6組の異樹種接着では接着力には問題がないことから、今後、地域材による異樹種集成板材の反り変化などを調べる予定である。

3) 飛騨地域産広葉樹材の低温乾燥について、一部に木口割れなどの問題が発生したが良好に乾燥することができた。(日本木材学会発表 令和5年3月)²⁾

以上のとおり、これまでチップ材として搬出されていた小径広葉樹材については、70%以上の木部破断率を示し接着できていることから接着強度は問題がなく家具・内装材として利用できるとわかった。

謝辞

本研究は、令和4年度生物系特定産業技術研究支援センターイノベーション創出強化研究推進事業(JPJ007097)【課題番号04012B2】「早生樹等の国産未活用広葉樹材を家具・内装材として利用拡大するための技術開発」の委託研究により実施したものである。また、地域材の乾燥については協力機関である飛騨市広葉樹活用コンソーシアムとの共同研究で実施したものである。研究代表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参加メンバーの皆さまに深く感謝いたします。

参考資料

- 1) 村田明宏他：国産早生樹の用材利用に向けた材質・加工特性の解明(第3報), 岐阜県生活技術研究所研究報告, 24, pp.55-60, 2022
- 2) 長谷川良一他：第73回日本木材学会大会要旨, 2023