

低位利用広葉樹材の高付加価値化技術の開発

(県単課題 平成12年～平成16年)

遠藤啓二郎

目 次

要 旨	
I はじめに	2
II 試験方法	2
1 県産広葉樹中小径材の材質特性および乾燥特性調査	2
2 県産コナラ材の効率的乾燥スケジュールの検討	4
3 スギーコナラ異樹種積層材の性能評価	5
4 コナラおよびキリ材を用いた床材（フローリング）の性能評価	7
III 結果と考察	9
1 県産広葉樹中小径材の材質特性および乾燥特性調査	9
2 県産コナラ材の効率的乾燥スケジュールの検討	10
3 スギーコナラ異樹種積層材の性能評価	12
4 コナラおよびキリ材を用いた床材（フローリング）の性能評価	16
IV おわりに	20
V 引用文献	21

要 旨

低位利用広葉樹材の高付加価値化ならびに建材としての利用拡大を目的として、本県産の広葉樹中小径材の材質特性や乾燥特性を調査し、そのうち県内で最も多くの蓄積を有するコナラ材、および本県が全国有数の産地であるキリ材を主たる対象として、製品の試作と性能評価を行った。その結果、以下の知見を得た。

(1) 県内における広葉樹中小径材の利用実績や蓄積等を考慮し、コナラ、ミズキ、ホオノキ、クリ、キリを対象として強度特性および表面性能を調査した結果、特にミズキ、コナラ材が優れた性能を有することを確認した。

(2) 天然乾燥を併用したコナラ材の人工乾燥スケジュールについて検討した結果、2～3カ月間の天然乾燥を経て仕上げに人工乾燥を行った場合、人工乾燥時間の短縮が可能であった。しかし、これらの併用スケジュールにおいて、天然乾燥のみと比較して乾燥歩留りの向上効果は認められなかった。

(3) コナラ材の高い強度性能を活かし、外層部にコナラ材、内層部にスギ材を配置した異樹種積層材は、ほぼ理論値どおりの高い曲げヤング係数が得られるとともに、想定した曲げ強さを満たした。しかし、スギーコナラ間の接着性能について現行の構造用集成材の日

受理日 平成17年10月12日

本農林規格を満足するには至らなかった。

(4) 積層後に再割加工したコナラ集成材から試作したフローリングについて、幅方向の膨潤・収縮が無垢材と比較して少ないことを確認した。さらに、両面に溝加工を施すことで歪形化や幅反りがある程度抑制可能なことを見いだした。

(5) 会津桐から作成したフローリングを用いて、簡便な方法による傷回復性や衝撃吸収性の試験をした結果、高い傷回復性と衝撃吸収性を有することを確認した。また、熱ロールプレスによる表面熱処理について検討した結果、撥水性や表面性状に新たな付加価値を見いだした。

I はじめに

本県は、全国第4位の972千haの森林を有しており、県内の私有林のうち広葉樹林の占める割合は約60%を占め、本県の広葉樹資源は、資源量が豊富である南会津地域を中心として、価値の高い大径材が建材や家具・木工用材として利用されてきた。しかしながら、大径材資源は枯渇し、ブナ等の広葉樹天然林資源の伐採が制限されていることもあり、製材用として用いられる有用広葉樹資源の生産量は年々減少傾向にある¹⁾。

このような背景から、県内で生産される広葉樹材のうち約9割は、パルプチップ用材としてのいわゆる低位利用にとどまっている。これらは、建材として利用するだけのまとまった量を確保することが難しいことや、利用の際の基礎資料となる乾燥特性や物理的性質が明らかになっていないこともあり、本県においては、建材としての利用事例は乏しいのが現状である。

本研究においては、まず、広葉樹資源の蓄積²⁾や広葉樹の利用実態に関する調査結果³⁾を基に、建材として利用の可能性を有すると思われる5樹種を選択し、材質特性および乾燥特性の把握を行った。その結果をふまえて、県内において最も豊富な蓄積を有しながら、建材としてほとんど利用されていないコナラ材に着目し、有効利用の可能性を探るため、天然乾燥を組み合わせた乾燥試験を行い、乾燥コストの低減と乾燥歩留りの向上を試みた。さらに、高い強度性能、表面性能を活かした異樹種積層材や、床材としての利用を想定した集成化技術について検討を行い、製品の試作と性能評価を行った。

また、我が国国有数の産地である会津の桐材について、中小径材の付加価値向上を図る目的で、近年、積極的な利用がなされている床材利用に際しての表面性能および寸法安定性について検証を行った。さらに、表面性能の向上と塗装によらない着色技術として熱ロールによる表面熱処理について検討し、性能評価を行ったので報告する。

II 試験方法

1 県産広葉樹中小径材の材質特性および乾燥特性調査

(1) 供試材

表-1に示す広葉樹中小径材5樹種(コナラ、クリ、ホオノキ、ミズキ、キリ)について、林業研究センターの多田野および川内試験林、ならびに会津、中通り地域より長さ約1.8mの素材を入手し、供試材とした。

表－1 供試材（素材）の概要

樹種	素材本数	素材径 (cm)	備考
コナラ	12	18～28	県内中通り地域(船引町※現田村市)より素材を購入
クワ	6	16～24	多田野試験林より伐採
ホオノキ	6	18～24	県内南会津地域(下郷町)より素材を購入
ミズキ	6	16～22	県内南会津地域(下郷町)より素材を購入、川内試験林より伐採
キリ	6	18～20	県内会津地域より素材を購入(金山町より産出)

(2) 乾燥モデル試験

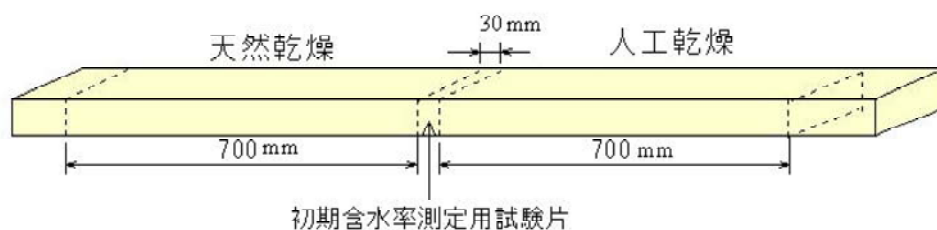
表－1に示す樹種のうち、人工乾燥に関する既往のデータが少ないコナラ、ホオノキ、ミズキについて、乾燥性の難易を比較するため乾燥試験を行った。素材から厚さ30mm、幅110mmの板を30枚採材し、中央部で2分割して長さを700mmに調整した。さらに、中央部付近より初期含水率測定用の試験片を採取した(図－1)。そして、試験材の一方は、表－2に示すスケジュールで恒温恒湿器内で人工乾燥を行い、もう一方は、室内において天然乾燥を行った。なお、人工乾燥スケジュールは、予備試験として行った100℃急速乾燥試験⁴⁾の結果を基に決定した。

表－2 人工乾燥スケジュール

樹種	含水率 (%)	乾燥温度 (℃)	乾燥球温度差 (℃)	相対湿度 (%)	樹種	含水率 (%)	乾燥温度 (℃)	乾燥球温度差 (℃)	相対湿度 (%)	樹種	含水率 (%)	乾燥温度 (℃)	乾燥球温度差 (℃)	相対湿度 (%)
コナラ	生～40	55	4	81	ホオノキ	生～40	70	7	72	ミズキ	生～50	60	5	77
	40～35	55	5.5	74		40～35	70	10	62		50～40	60	8	66
	35～30	55	0.5	62		35～30	70	14	50		40～35	60	11	55
	30～25	60	14	44		30～25	75	24	30		35～30	60	20	30
	25～20	65	22	23		25～20	75	28	23		30～25	65	28	18
	20～15	70	28	20		20～15	80	28	25		25～20	70	28	20
15～終末	80	28	25	15～終末	80	28	25	20～15	75	28	23			
											15～終末	80	28	25

乾燥試験中の含水率のモニタリングは、試験材の重量を定期的に測定することにより行った。乾燥後、乾燥によって生じた割れの長さについて、木口割れ、材面割れに分けて評価した。また、乾燥前後の試験材の中央部付近の寸法から収縮率を、矢高から幅ぞりを測定した。さらに、乾燥終了後には、木口より20cm内側の部分において試験片を採取し、全乾法により含水率を求めた。

図－1 乾燥モデル試験における試験材の作成方法



(3) 無欠点小試験体による強度試験

前項で天然乾燥もしくは人工乾燥を行った試験材について、室内において十分に養生を行い、含水率を12%前後に調湿した後、半径方向20mm×接線方向20mm×繊維方向320mmの無欠点小試験体を作成した。そして、JIS Z 2101に準拠し、万能試験機（島津製作所製）

を用いて、スパン280mmで曲げ試験を行った。試験体数は36体（コナラについては72体）とした。また、曲げ試験終了後の試験片の端部から繊維方向40mmの試験片を切り出し、縦圧縮試験に供した。さらに、表面性能の評価としてブリネル硬さ試験も併せて行った。半径方向15mm×接線方向15mm×繊維方向40mmの試験体を各樹種ごとに6体（コナラについては12体）ずつ作成し、JIS Z 2101に準拠して板目面における硬さを測定した。

2 県産コナラ材の効率的乾燥スケジュールの検討

(1) 供試材

県内の中通り地域産の長さ約2mのコナラ丸太34本を供試材料とした（写真－1）。素材の年輪幅、径級等について表－3に示す。

素材は、厚35mmまたは40mm×幅120mmの断面において、採取可能な限り製材を行った。なお、得られたひき板の総数は143枚であり、製材歩留りは約36.3%であった。



写真－1 コナラ素材の外観

表－3 コナラ素材の概要

	径級 (cm)	林齢	末口径 (cm)	密度 (g/cm ³)	平均年輪幅 (mm)	動的ヤング係数 (GPa)
平均値(A.V.)			23.6	0.98	3.0	12.2
標準偏差(STD)	18～28	40～50年 生	2.2	0.05	0.6	1.4
最小値(MIN)			20.5	0.91	2.2	9.4
最大値(MAX)			28.7	1.11	4.2	14.6

(2) 乾燥方法

製材後のひき板は、室内に積み重ねて天然乾燥を行った。これらを3区分し、①天然乾燥2カ月＋人工乾燥、②天然乾燥3カ月＋人工乾燥、③天然乾燥4カ月、の3条件で乾燥試験を行った。乾燥試験の詳細および人工乾燥スケジュールについて表－4に示す。

天然乾燥期間における含水率の減少傾向は、定期的に重量を測定することにより行った。

人工乾燥は、栈木間隔50cmで行い、栈積上部に約1tの重錘を載荷した。また、あらかじめ長さ50cmの試験材を各天然乾燥条件ごと2体ずつ作成し、その含水率（重量）をもとにスケジュールの変更を行った。

表－4 乾燥試験の詳細および人工乾燥スケジュール

乾燥方法	試験本数 (本)	天然乾燥 日数 (日)	人工乾燥	初期含水率 (%)	含水率範囲	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
①天然乾燥2カ月＋人工乾燥	44	61	実施	57.4 (5.1)	～25%	50	45
②天然乾燥3カ月＋人工乾燥	43	92	実施	60.4 (5.7)	20～25%	50	44
				60.3 (5.3)	15～20%	55	45
③天然乾燥4カ月	56	121	—		12～15%	60	45
					10～12%	60	42

※初期含水率の上段：平均値、下段()は標準偏差を示す。

乾燥終了後、全ての板材は厚さ32mmもしくは28mm、幅108mmにモルダー仕上げを行い、材面割れ等の欠点を除去した段階で、乾燥歩留りを算出した。さらに、木口より約20cm内側の部位において試験片を採取し、全乾法により含水率を求めた。

3 スギーコナラ異樹種積層材の性能評価

(1) 供試材

前項で作成したコナラひき板（ラミナ）（厚28または32mm×幅108mm）およびスギラミナ（厚25または30mm×幅108mm）を用いた。なお、スギラミナは全て通しラミナとして用いた。

(2) ひき板（ラミナ）の機械等級区分

機械等級区分は、打撃法により行った。各測定時において、供試材の寸法と重量を測定し、材の容積密度を求めた。続いて、供試材の木口面をハンマーで打撃して、FFTアナライザーにより材の固有振動数を測定し、動的ヤング係数を求めた。

(3) 縦つぎおよびフィンガージョイント（F J）分散幅はぎラミナの作成

機械等級区分を行ったコナララミナは、ラミナの等級がほぼ等しくなるように振り分け、フィンガージョイント（以下F J）による縦つぎを行った。なお、フィンガー部の幅、ピッチは15mm、3.8mm、縦つぎ時の圧縮圧は約0.8MPaとし、接着剤は市販の水性高分子イソシアネート系接着剤を用いた。また、F J材を作成した後に積層後、再割加工したF J分散幅はぎラミナ（以下幅はぎラミナとする。）は厚28mm×4plyとし、最終的にモルダーにて25mm×105mmに仕上げた（図-3）。

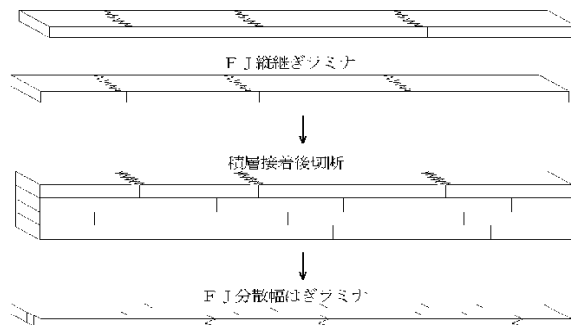


図-3 縦つぎおよび幅はぎラミナの作成手順

(4) コナララミナの引張試験

前項で作成した縦つぎラミナ、幅はぎラミナ、および縦つぎを行っていない通しラミナ各12体（厚25mm×幅105mm×長さ1500mm）を、引張り試験に供した。試験は、実大強度試験機（前川試験機製作所製）を用いて構造用集成材の日本農林規格⁵⁾に準拠し、チャック間距離を60cmとして実施し、最大荷重より引張強さを算出した。

(5) スギーコナラ異樹種積層材の作成

F Jによる縦つぎや寸法調整および機械等級区分を行ったコナララミナ、スギラミナを用いて、図-4に示す断面構成の中断面集成材（A~D、幅105mm×高さ180mm×長さ3650mm、E、F、幅105mm×高さ150mm×長さ3000mm）を作成した。試験体数は各条件ごと3体ずつと

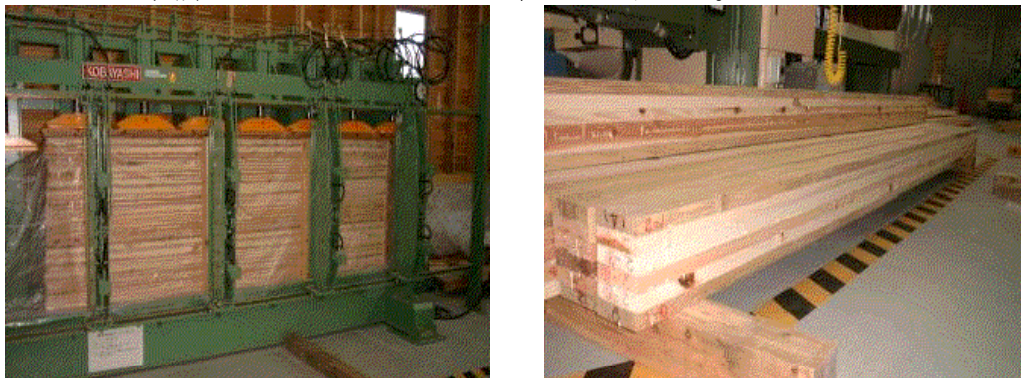
した（計18体）。

30mm× 6PLY	TYPE A	コナラL160	TYPE B	スギL80	TYPE C	スギL80 コナラL160	TYPE D	スギL110
		スギL80		コナラL160		スギL70		スギL90
		スギL50		スギL50		スギL60		スギL70
		スギL50		スギL50		スギL60		スギL70
		スギL80		スギL70 コナラL160 スギL80		スギL90		スギL110
		コナラ最外層 (E135-F375)		コナラ中間層 (E95-F270)		最外層コナラスギ複合 (E95-F270)		スギ中断面集成材 (E95-F270)
25mm× 6PLY	TYPE E	コナラL160	TYPE F	コナラL160				
		スギL90		スギL90				
		スギL70		スギL70				
		スギL70		スギL70				
		スギL90		スギL90				
		コナラL160		コナラL160				
		コナラ最外層 (E135-F375)		コナラ最外層(幅はぎラミナ) (E135-F375)				

図－4 スギーコナラ異樹種積層材の仕様

※TYPE Cの最外層ラミナは、スギ厚15mm、コナラ厚15mmの複合ラミナである

積層材の作成条件は、ラミナに市販の水溶性高分子イソシアネート系接着剤を約300g/m²両面塗布し、コールドプレスを用いて約1MPaの圧力で24時間圧縮した。解圧後、一週間養生させたのち、所定の寸法にモルダーにて仕上げを行った。



写真－2 積層材の作成状況

(6) 等価断面法による曲げヤング係数の推定

積層材の曲げ剛性（ヤング係数×積層材の中立軸に関する断面2次モーメント）は、下式のように、各層の曲げ剛性の和として表され、両辺をIで割ることによって曲げヤング係数の推定が可能である⁶⁾。したがって、今回作成した異樹種積層材についても、ラミナの動的ヤング係数から、積層材のヤング係数を推定し、その適合性を評価した。

$$EI = \sum E_i I_i - nm'$$

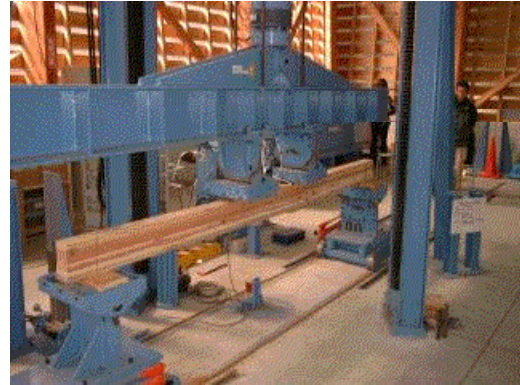
E：積層材のヤング係数、

I：積層材の中立軸に関する断面2次モーメント

E_i : 各層のヤング係数
 $I_{i-nn'}$: 積層材の中立軸に関する各層の断面 2 次モーメント

(7) 曲げ強度試験

作成した異樹種積層材は、実大強度試験機（前川試験機製作所製）を用いて曲げ強度試験に供した。試験は構造用集成材の日本農林規格⁵⁾の曲げA試験に準拠して行った（写真-3）。



したがって、タイプA~Dについては、荷重点間スパン720mm、下部支点間スパン3240mm、タイプE、Fについては、荷重点間スパン600mm、下部支点間スパン2700mmに設定した。集成材は荷重速度20mm/分で材が破壊するまで単調加力し、中央部のたわみ量から曲げヤング係数を、

写真-3 曲げ強度試験の状況

最大荷重から曲げ強さをそれぞれ算出した。

(8) 接着性能試験

スギーコナラ接着層における接着性能を評価する目的で、積層材とは別に厚さ15mm×幅100mm×長さ500mmのスギ板目板、およびコナラ板目板を接着させた接着性能評価用試験体を6体ずつ作成し、構造用集成材の日本農林規格に従って、浸せきはく離、煮沸はく離、ブロックせん断試験に供した。また、曲げ試験後の積層材からも試験片を切り出し、同様に浸せきはく離および減圧加圧試験を行った。

4 コナラおよびキリ材を用いた床材（フローリング）の性能評価

(1) 供試材

コナラ板目板（厚18mm×幅100mm×長さ900mm）30枚、および会津桐中小径材（末口径18~20cm）から採材した板材（厚18mm×幅60mm×長さ600mm）60枚を供試材として用いた。

なお、コナラ材は人工乾燥を行った材を、キリ材については、室内で2カ月間天然乾燥を行ったものを用いた。

(2) コナラ集成フローリングの作成

人工乾燥を行ったコナラ板目板（厚15mm×幅100mm×長さ900mm）、および、これらを集成化し、再割加工した集成材からフローリングを作成した（各10体）。集成材は前項の幅はぎラミナの作成手順と同様に行った（28mm×4PLY）。ただし、縦つぎは行わず、積層後の再割加工は18mm、最終的な仕上がり厚さは15mmとして、モルダーにより実加工を行った。

また、吸放湿による寸法変化に伴う歪形化や幅反りの発生を低減することを目的として、長さ方向にエンドマッチさせた状態で、接着層において、深さ1.5mmの溝加工を片面もしくは両面に行った。また、集成化を行わない無処理の板目板に対しても同様に溝加工を行った。作成したフローリングの概要図について図-5に示す。

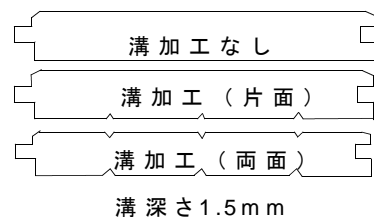
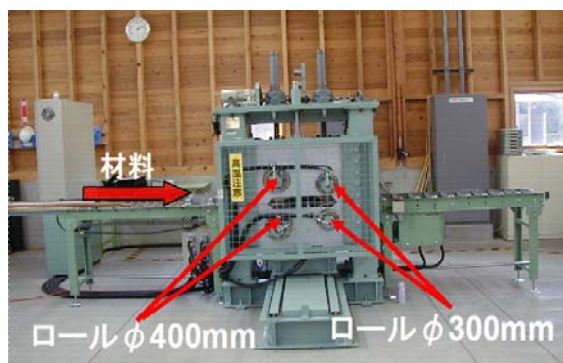


図-5 フローリングへの溝加工

(3) キリ材への表面熱処理

キリ材への表面熱処理は、2連式の熱ロールプレス（菱明技研製、写真－4）を用いて行った。ただし、加熱するロールはφ400mmのみとし、φ300mmのロールは常温のまま材を通過させた。ロール温度は240、260、280、300℃の4条件に設定し、試験体数は1温度条件あたり10体とした。ロールの回転速度は50cm/分とし、上下ロール間隔は17.0mmに設定した。処理後の材厚は、約16.5mm（圧縮量0.5mm）であった。



写真－4 熱ロールプレス

(4) コナラおよびキリフローリングの寸法安定性評価

作成したコナラフローリングについて、20℃、65%RHの環境下で45日間調湿を行った後、長さ100mmの試験片を切り出した。その後、恒温恒湿器内で40℃、95%RH、7日間→40℃、30%RH、7日間の乾湿繰り返し試験を行い、膨潤後および乾燥後の材幅について測定を行った。

また、キリ材については、コナラと同様に20℃、65%RHで1カ月以上調湿を行った後、50℃、95%RHにおいて、15日間放置し、材幅方向の膨潤率を求めた。さらに材色変化についても併せて測定を行った。

(5) 表面性能評価

表面性能評価は、コナラ集成フローリングおよびキリフローリング（無処理および300℃熱処理）について、①ブリネル硬さ、②重錘落下による衝撃によって得られる落下痕（傷）とその回復性、③GB反発係数、④耐摩耗性について評価を行った。なお、試験体の寸法は寸法安定性を評価した試験片と同寸法のものを用いた。

ブリネル硬さはJIS Z 2101に準拠して、1試験片について12カ所測定した。

衝撃強さは、デュボン衝撃試験機（東洋精機製）を用いて、質量500gの重錘を所定の高さ（100、300、500mm）から1試験体あたり3カ所ずつ落下させ、その落下痕の深さをダイヤルゲージにて測定した。

傷回復性については、重錘落下による衝撃痕部（凹み）に蒸留水を約0.5ml滴下し、140℃に加熱した熱盤に押し当て、1分間保持した。その後、室内にて24時間放置後、再び落下痕の深さを測定し、回復処理前後の深さの差を回復量として、下式により傷の回復率を求めた。

$$\text{回復率 (\%)} = (\text{衝撃痕の深さの回復量} / \text{重錘落下後の衝撃痕の深さ}) \times 100$$

GB反発係数は、日本道路協会発行の舗装試験法便覧別冊（暫定試験方法）⁸⁾を参考に、平滑なコンクリート上に厚さ12mmの合板を敷き、その上にフローリングを配置して市販のゴルフボール（規格品）を1mの高さから落下させ、その反発高さをGB係数として評価した。

耐摩耗性は、JIS Z2101に準拠し、テーバー式摩耗試験機（テスター産業製）を用いて、500回転後の摩耗量を測定した。

III 結果と考察

1 県産広葉樹中小径材の材質特性および乾燥特性調査

(1) 樹種別の乾燥特性

表-5に、コナラ、ホオノキ、ミズキについて、人工乾燥および天然乾燥試験を行った結果について示す。30mmの板材における仕上がり含水率15%（人工乾燥は12%）とした時の乾燥日数（時間）は、天然乾燥では、コナラ材で110日間、ホオノキとミズキで91日間を要した。また、人工乾燥では、コナラ材が262時間、ホオノキが72時間、ミズキが120時間であった。

表-5 樹種別の乾燥試験結果 ※()は標準偏差を示す。

樹種	乾燥方法	乾燥期間	含水率(%)		収縮率(%)		割れ発生量(mm) ^{※1}		割れ発生率	幅反り 矢高量(mm/90mm)
			乾燥前	乾燥後	厚さ方向	幅方向	材面割れ	木口割れ		
コナラ	天乾	110日	66.2 (3.8)	13.3 (3.0)	5.0 (2.5)	6.0 (2.2)	26.7	11.0	20.0%	1.8 (1.3)
	人乾	262時間	65.2 (3.7)	11.6 (2.8)	7.0 (2.5)	8.5 (2.2)	32.3	44.2	42.3%	2.5 (1.4)
ホオノキ	天乾	91日	65.2 (12.0)	14.6 (2.0)	3.6 (0.9)	3.3 (0.9)	0.0	17.6	13.3%	0.6 (0.3)
	人乾	72時間	69.0 (11.0)	11.9 (2.0)	4.6 (0.6)	4.6 (1.1)	0.0	31.7	13.3%	0.9 (0.3)
ミズキ	天乾	91日	90.6 (14.3)	14.1 (0.1)	5.6 (1.3)	4.7 (1.4)	0.0	24.2	21.0%	1.0 (0.3)
	人乾	120時間	89.0 (8.5)	11.7 (1.1)	6.3 (1.2)	6.4 (1.0)	0.0	24.0	13.3%	1.3 (0.4)

※1 割れ発生量は、割れ長さの合計を試験体数で除した値とした。

これらの結果から、ホオノキ、ミズキについては、比較的短時間で乾燥が可能であるとともに、割れの発生も木口割れが若干発生する程度であり、ややきつめの乾燥であっても特に問題が生じる樹種ではないと判断された。また、収縮率は、幅方向、厚さ方向ともにほぼ同程度の値であり、ミズキ材のように、厚さ方向が幅方向を上回る結果となったものも存在した。これらは、中小径材からの木取りであるため、年輪の曲率が大きいことが原因であると考えられる。したがって、製材時の歩増寸法を決定する際にはこの点に留意する必要がある。

一方、コナラ材については、初期乾球温度55℃、乾湿球温度差4℃で前記の2樹種に比較して緩やかな人工乾燥条件であるが、割れや幅反りの発生量は大きく、中には落ち込みが発生した材も認められた。それでも総乾燥時間は262時間と約11日間を要したことから、短期間の人工乾燥では損傷の少ない乾燥を行うことが困難な材であることが示唆された。乾燥コストや歩留りを考慮すると、天然乾燥との組み合わせ乾燥を行うことが一つの改善策であると考えられた。

(2) 材質特性

表-6に、無欠点小試験体による曲げおよび縦圧縮試験の結果について示す。今回供試した5樹種については、既往のデータとの比較⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾において同等以上の結果を得た。また、広葉樹中小径材に関しては、大径材との比較において強度性能への影響はほとんどないことが報告されており⁸⁾、今回の試験結果も同様の結果を示した。供試した5樹種の中では、特にミズキおよびコナラの強度特性が優れており、コナラについては平均で15kN/mm²を超える高い曲げヤング係数が、ミズキについては平均で57.2N/mm²というカシ類に匹敵する⁶⁾縦圧縮性能が得られていた。

表－6 無欠点小試験体による曲げおよび縦圧縮試験結果

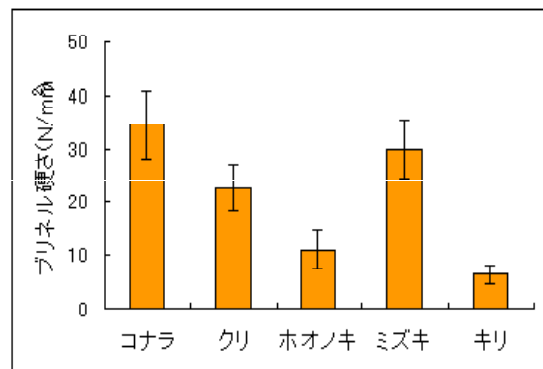
樹種	試験体数	気乾比重	平均年輪幅	曲げヤング係数	曲げ破壊係数	縦圧縮強度	備考
		S.V.	ARW (mm)	MOE (kN/mm ²)	MOR (N/mm ²)	CS (N/mm ²)	
コナラ	72	平均値(AV)	0.83	3.5	15.64	147.2	51.7
		標準偏差(Std)	0.06	1.0	2.57	23.0	4.1
		最小値(Min)	0.72	1.8	10.73	84.5	43.8
		最大値(Max)	0.95	5.3	20.54	181.8	59.3
クリ	36	平均値(AV)	0.55	4.6	10.81	91.4	43.7
		標準偏差(Std)	0.04	1.2	1.49	11.1	2.4
		最小値(Min)	0.48	3.0	7.81	72.3	38.3
		最大値(Max)	0.65	7.3	13.82	120.4	48.2
ホオノキ	36	平均値(AV)	0.43	3.3	8.91	81.8	42.5
		標準偏差(Std)	0.04	0.8	0.68	11.0	2.1
		最小値(Min)	0.35	1.9	7.85	63.2	38.8
		最大値(Max)	0.50	5.3	10.20	100.2	46.3
ミズキ	36	平均値(AV)	0.62	4.4	11.20	120.4	57.2
		標準偏差(Std)	0.04	0.8	0.88	9.7	3.2
		最小値(Min)	0.55	3.3	10.06	110.3	51.7
		最大値(Max)	0.70	5.8	13.06	142.4	64.2
キリ	36	平均値(AV)	0.31	6.7	6.38	56.4	—
		標準偏差(Std)	0.04	2.4	0.89	9.3	—
		最小値(Min)	0.26	3.3	4.76	39.4	—
		最大値(Max)	0.39	13.0	8.09	73.3	—

※1キリの縦圧縮試験は未実施

図－5には、ブリネル硬さ試験の結果について示す。

ブリネル硬さは、比重の影響が大きく、今回供試下中で比較的高比重であるコナラやミズキで高い値を示した。これらの樹種については、既往の文献によるデータが乏しいことや、試験体数が少ないことから、定量的な比較を行うことはできないが、優れた表面性能が期待できる結果となった。

また、ミズキは県内でもこけし等の工芸品の利用の他に、高い意匠性を活かして床材として使われている事例もあり、その用途適正を確認できる結果であった。



図－5 樹種別のブリネル硬さ

また、ミズキは県内でもこけし等の工芸品の利用の他に、高い意匠性を活かして床材として使われている事例もあり、その用途適正を確認できる結果であった。

これまでの乾燥試験および材質試験の結果から、今回調査を行った低位利用広葉樹材のうち、今後、利用や技術開発を必要とする樹種としては、高い強度性能や表面性能を有しながら、乾燥技術や製品開発についての実績が乏しいコナラ材があげられる。コナラ材は県内の広葉樹資源のうち約半数を占めており²⁾、小径木はシイタケ原木としての需要があるが、シイタケ原木の対象外となる径級については、パルプチップ用材としての利用がほとんどである。利用に際しては、損傷やコストの少ない乾燥技術の確立による歩留りの向上や、材質の優位性を考慮した用途開発が必要と考えられる。

2 県産コナラ材の効率的乾燥スケジュールの検討

前項の結果から、コナラ材の乾燥については、人工乾燥のみでは欠点や損傷の発生が大きく、それらを抑制するためにスケジュールを緩慢にすることは、人工乾燥時間の長期化が予想され、必ずしも有効ではないと判断された。したがって、乾燥コストの低減と歩留りの向上を目的として、天然乾燥と人工乾燥の組み合わせによる乾燥スケジュールの検討

を行った。

図-6に各試験区ごとの天然乾燥期間中における含水率の減少傾向について、また、図-7には、各乾燥工程終了時における仕上がり含水率について示す。

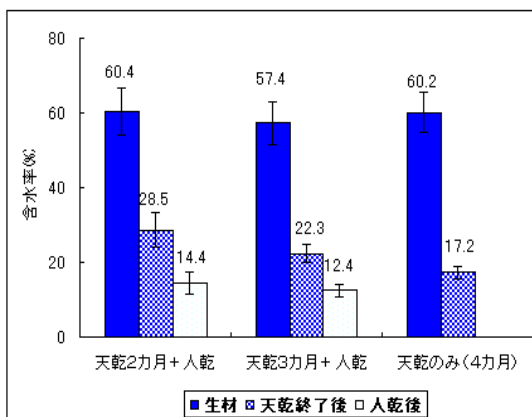
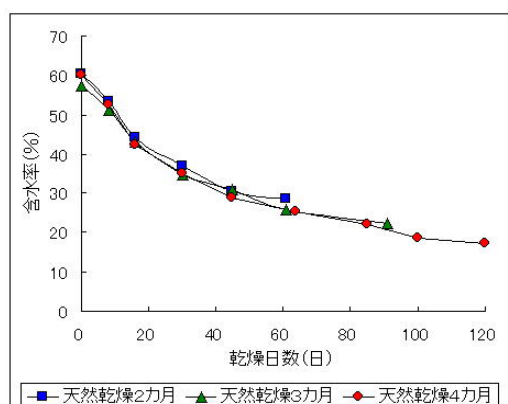


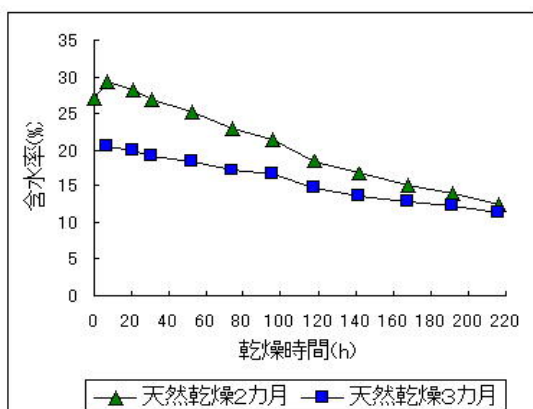
図-6 天然乾燥期間中の含水率の減少傾向 図-7 乾燥終了時の仕上がり含水率

天然乾燥2カ月、3カ月後の含水率は、それぞれ平均で28.5%、22.3%であり、天然乾燥2カ月でおよそ繊維飽和点付近まで低下していた。また、天然乾燥4カ月では、平均で17.2%まで低下していたが、天然乾燥のみで集成材やフローリングの日本農林規格¹¹⁾を満足する含水率に仕上げるためには、さらに長期間の乾燥が必要であると思われる。

図-8には、天然乾燥2カ月、3カ月後における人工乾燥試験中の試験材の含水率の減少傾向について示す。併せて、表-7に、今回行った乾燥試験における乾燥歩留り、製品歩留りについて示す。

天然乾燥を前処理に行うことで期待される効果は、人工乾燥時間の短縮に伴う乾燥コストの低減、および、繊維飽和点以下の含水率域における適切な温湿度制御による割れや狂いの発生抑制である。図-8から単純に含水率15%以下となるまでの人工乾燥時間の比較を行えば、天然乾燥2カ月では210時間、天然乾燥3カ月では140時間程度であると推定される。また、前項の乾燥モデル試験の結果から、天然乾燥を行わずに生材から直接人工乾燥を行った場合には、300時間以上の乾燥時間を要することが予想されることから、人工乾燥時間の短縮という点においては、天乾を併用する効果は高いといえる。

一方、乾燥歩留りについては、3条件ともに大きな差は認められなかった。この原因としては、今回の乾燥試験における歩留りの低下の要因は、ほとんどが割れの発生によるものであり、これらは、製材前に丸太の状態もしくは繊維飽和点からの乾燥による収縮の前に、初期割れとして発生したものが多かったためと考えられる。ただし、割れの発生によって応力が開放されることにより、逆に曲がりやねじれの発生が減少した可能性もあり、歩留りへの影響についてはその効果を明確にすることはできなかった。



図一 8 人工乾燥期間中の試験材の含水率

いずれにしても、最終的に原木からの製品歩留りは、2割程度にとどまっていることから、コナラ材の乾燥歩留りを向上させるためには、更に特殊な乾燥方法や前処理方法についての検討が必要である。

3 スギーコナラ異樹種積層材の性能評価

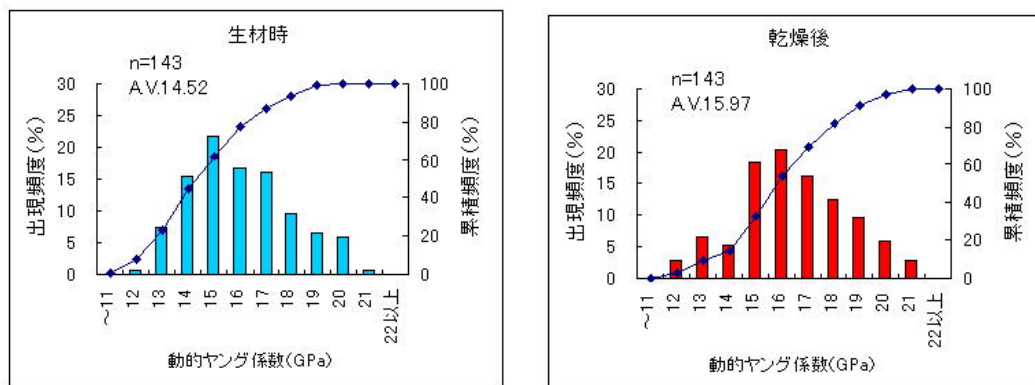
(1) コナララミナの強度分布

コナラスギの異樹種間による集成化の試みは、後藤らによる報告例¹²⁾¹³⁾があり、高い曲げ性能を有する材料の作成が可能であることが明らかにされている。しかし、高い曲げ性能を必要とする、横架材レベルでの性能評価は行われていない。また、中断面集成材まで利用が可能で、ホルムアルデヒドを含まない水性高分子系イソシアネート系接着剤を用いた場合の強度性能や接着性能の適合性について、以下の試験を実施した。

図一 9 には、生材時および乾燥後のコナララミナの動的ヤング係数（以下：Efr）の分布について示す。生材時のEfrの平均値は、14.52GPaと高い値を示し、無欠点小試験体の試験結果と同様に、コナラ材が高い曲げヤング係数を有することが確認された。また、乾燥後のEfrの平均値は15.97GPaで1割程度増加した。乾燥後におけるラミナの機械等級区分結果では、L140以上のラミナの出現割合は84.6%であり、L160以上でも47.2%と約半数を占める結果となった。最外層にL140、L160のラミナが用いられる異等級対称構成の構造用集成材は、E120-F330 E135-F375レベルであり、これらの結果から、現在、中断面集成材として利用されている、ホワイトウッドやレッドウッド集成材と同等以上の強度性能を有する積層材の作成が可能であることが示唆された。

表一 7 各乾燥別の乾燥・製品歩留り

乾燥種別	天然乾燥4カ月	天然乾燥2カ月+人工乾燥	天然乾燥3カ月+人工乾燥
製材寸法	35,40×125mm		
仕上がり寸法	28,33×110mm		
製材歩留り	36.3%		
乾燥歩留り	54.7%	54.9%	52.6%
製品歩留り	19.9%	19.9%	19.1%



図－9 コナララミナの動的ヤング係数 (Efr) の分布

(2) コナララミナの引張試験

コナラ材は、高い曲げ強度特性を有するが、針葉樹等に比べて通直ではなく、乾燥による損傷の発生も多いことから、長尺ラミナの作成は事実上困難であり、構造材としての利用においては縦つぎが必要となる。しかし、縦つぎ材を最外層へ配置した場合には、縦つぎ部からの破壊が生じることが予想されるため、曲げ剛性ととも、引張強度が確保できているか確認する必要がある。特に、接着部分における強度が木材の引張強さを下回る場合には、コナラ材が高い引張強さを有しても、強度性能の上昇にはつながらない可能性も考えられる。表－8 にラミナの引張試験の結果について示す。

表－8 コナララミナの引張試験結果

接合方法	密度 (g/cm ³)	動的ヤング係数 (GPa)	縦引張ヤング係数 (kN/mm ²)	縦引張強さ (N/mm ²)
縦つぎなし	平均値(A.V)	0.83	16.42	69.4
	標準偏差(Std)	0.01	1.47	15.1
	最小値(Min)	0.81	14.70	49.3
	最大値(Max)	0.85	17.50	88.3
縦つぎ	平均値(A.V)	0.79	10.03	45.5
	標準偏差(Std)	0.06	1.03	13.3
	最小値(Min)	0.73	15.58	28.1
	最大値(Max)	0.88	17.01	60.2
幅はぎ	平均値(A.V)	0.83	10.64	55.3
	標準偏差(Std)	0.02	1.79	9.6
	最小値(Min)	0.80	14.02	44.7
	最大値(Max)	0.85	18.07	72.4

引張強さの平均値は、縦つぎを行っていないラミナで69.4N/mm²、縦つぎ (F J) ラミナで45.5N/mm²、幅はぎラミナで55.3N/mm²であった。今回引張試験に供したラミナは、構造用集成材の日本農林規格におけるL140、L160に区分され、引張強さの基準値(平均値)は、それぞれ32.0N/mm² (L140)、37.5N/mm² (L160)であるが、縦つぎラミナ、幅はぎラミナともに上回る結果となった。しかし、縦つぎラミナにおいては、バラツキが大きく、基準値を下限値 (L140の場合24.0N/mm²)とした場合には、基準を満たさない結果となった。一方、幅はぎラミナにおいては、縦つぎラミナと比較してバラツキが小さく、最小値においても基準値を上回る結果が得られた。F J分散ラミナについては、スギを用いた場合、縦つぎを行わない通しラミナと同等の引張性能を得られることが報告されており¹⁴⁾、

コナラにおいても同様に引張強さの向上効果が期待できるものと思われる。

(3) スギコナラ異樹種積層材の曲げ強度性能

作成した異樹種積層材のタイプ別の曲げ試験結果について、表-9に示す。いずれの積層材も想定したヤング係数および基準強度を上回る結果となり、構造用集成材としての規格では認められない中間層と最外層の強度差が大きい構成や、針葉樹と広葉樹という異樹種構成でも、曲げ強度性能に関しては、想定した強度が得られるものと判断された。

表-9 スギコナラ異樹種積層材の強度性能

NO	積層材の構成	断面寸法	想定等級	密度 (g/cm ³)	曲げヤング係数(kN/mm ²)		曲げ強さ (N/mm ²)
					計算値*1	実測値	
A-1	コナラ最外層	105×180mm	E135-F375	0.56	14.13	14.10	55.1
A-2				0.52	13.89	13.51	53.3
A-3				0.58	13.63	13.50	40.0
B-1	コナラ中間層	105×180mm	E95-F270	0.55	10.54	10.56	59.8
B-2				0.53	10.20	10.28	53.6
B-3				0.53	9.46	9.07	55.4
C-1	最外層コナラ・スギ複合	105×180mm	E95-F270	0.48	11.81	10.98	53.4
C-2				0.47	10.65	10.39	52.7
C-3				0.47	10.25	9.89	48.1
D-1	スギE95-F270	105×180mm	E95-F270	0.39	11.04	10.72	50.2
D-2				0.40	10.50	10.48	50.4
D-3				0.43	10.21	9.02	49.8
E-1	コナラ最外層	105×150mm	E120-F330	0.56	15.68	14.51	45.5
E-2				0.53	14.75	13.37	54.8
E-3				0.53	13.04	12.24	49.1
F-1	コナラ最外層幅はぎ	105×150mm	E120-F330	0.54	14.72	13.51	49.9
F-2				0.56	13.30	12.26	55.1
F-3				0.54	13.34	12.18	61.9

※ *1計算値:各層におけるラミナのヤング係数から等価断面法により求めた値

また、各構成別の曲げ強さについて比較を行うと、TYPE AやTYPE Eのように、最外層コナラ縦つぎラミナが配置されたものは、全て最外層フィンガー部から破壊が生じており、曲げ強さのバラツキが大きくなることが予想された。また、コナラを中間層に配置したTYPE BやTYPE Cについては、コナラによる剛性の向上と最外層のスギラミナによる靱性の向上により、スギ異等級集成材の最高等級と考えられる、TYPE D (E95-F270)に匹敵する曲げヤング係数と曲げ強さが得られていた。

図-10には、異樹種積層材（スギ中断面集成材TYPE Dは除く）における等価曲げ剛性による曲げヤング係数（計算値）と実測の曲げヤング係数との関係について示す。両者の間には、高い相関が認められた。この結果からも、異樹種構成であっても打撃法によるグレーディングで、通常の集成材と同様の断面設計がほぼ可能であるといえる。ただし、若干ではあるが、実測値が計算値を下回る傾向があった。この原因は実測の曲げヤング係数が、せん断の影響を含むことが原因であると考えられるが、異樹種間接着の影響の有無については更に検討する必要があるものと思われる。

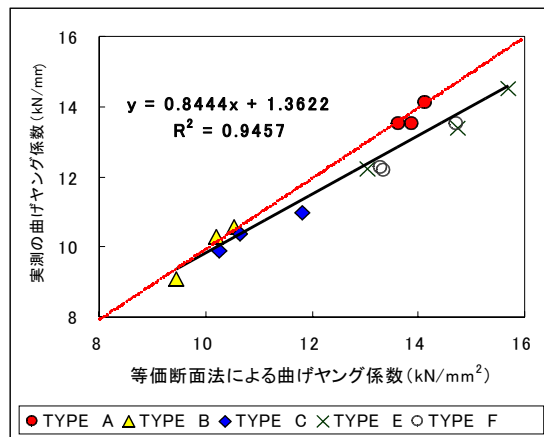


図-10 等価断面法による曲げヤング係数と実測値との関係

(4) スギーコナラ間における接着性能

表-10には、スギーコナラ間における接着性能試験（浸せきはく離、煮沸はく離、ブロックせん断試験）の結果について示す。

表-10 スギーコナラ接着層における接着性能試験結果

試験回数	浸せきはく離試験		試験回数	煮沸はく離試験		ブロックせん断試験		
	はく離率 (%)	合格率 (%)		はく離率 (%)	合格率 (%)	木部破断率 (%)	せん断強さ (N/mm ²)	
1回	1.1	100.0	1回	41.1	0.0	平均値	77.5	12.8
2回	15.2	33.3				標準偏差	24.7	2.6
3回	19.4	16.6				最小値	30	8.44

浸せきはく離試験の結果、一回目の試験には全ての試験片が合格基準を満たしていたが、2回目、3回目の繰り返しによって、はく離率は増大する結果となった。

また、煮沸はく離試験については、全ての試験片で接着層のはく離が発生し、合格基準を満足することができなかった。

ブロックせん断試験については、せん断強さは、12.8N/mm²、木部破断率は、平均で77.5%であった。これらは、後藤らが行ったレゾルシノール樹脂接着剤を用いた結果とほぼ同様の傾向を示し¹²⁾、特に問題のないものであった。

表-11には、作成した積層材における接着性能試験の結果について示す。浸せきはく離試験は1回のみ結果であるが、予備試験の結果とは異なり、基準を満たさない試験体があった。これらは全てがスギーコナラ間におけるはく離だけでなく、スギー

表-11 積層材の接着性能試験結果

NO	浸せきはく離試験		減圧加圧試験	
	はく離率 (%)	合否	はく離率 (%)	合否
A-1	13	×	13	×
A-2	11	×	40	×
A-3	0	○	47	×
B-1	0	○	48	×
B-2	0	○	37	×
B-3	0	○	46	×
C-1	0	○	15	×
C-2	13	×	13	×
C-3	5	○	0	○
D-1	0	○	0	○
D-2	0	○	0	○
D-3	0	○	0	○
E-1	12	×	23	×
E-2	13	×	43	×
E-3	8	×	38	×
F-1	0	○	18	×
F-2	0	○	9	×
F-3	7	×	18	×

コナラ間の接着層に隣接したスギスギ接着層が引っ張られるようにはく離、または接着層付近で木部破壊したものも認められた。また、前述した予備試験の結果をふまえ、煮沸はく離試験はクリアできないことが予想されたことから、本試験では、熱による影響が少ない減圧加圧試験を採用したが、結果は煮沸はく離と同様に、スギコナラ積層材については、ほとんどが不合格という結果であった。これらのことから、はく離の原因はスギコナラ間の膨潤率の差によるものであることが示唆された。

スギコナラ間における接着性能の問題は、スギコナラを積層して構造材への利用を図る場合の課題の一つであると言えるが、現行の日本農林規格の評価方法によって基準を満たすことは困難であると思われる。

4 コナラおよびキリ材を用いた床材（フローリング）の性能評価

(1) 桐材への表面熱処理による材色・表面性状変化と寸法安定性への影響

ロールプレスは、木材の表面を選択的に圧縮または熱処理することが可能であり、その構造や加工技術についての研究は数多く実施されているものの¹⁶⁾、キリ材に適用した研究はほとんどない。

図-11、写真-5にキリ材における表面熱処理前後の材の明度(L*)変化について示す。ロール熱処理を行うことによって、材色は暗色化した。処理温度を増加させるほどその傾向は顕著であった。また、熱処理を行うことによって、早晚材の色調が明確となるとも

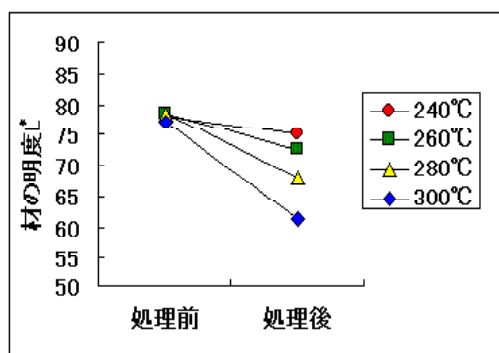


図-11 ロール熱処理前後の明度の変化 写真-5 処理温度別の表面熱処理材

に、表面に凹凸が生じ、うづくり処理を施したような表面性状を示した。

図-12には、表面粗さ計による無処理材と、300°C処理材の表面粗さプロファイル図について示す。図に示すように、ロール熱処理材においては、表面の凹凸が現れているのがわかる。これらは熱ロール加工の特徴であり、通常の焼き桐加工等で行われる研磨工程を行わなくとも、類似した表面性状への加工が可能であることがわかった（写真-6）。

なお、撥水性能についても表面に水を滴下した時の状況から明らかに上昇しており、塗装工程の簡略化も期待できるものと考えられる（写真-7）。

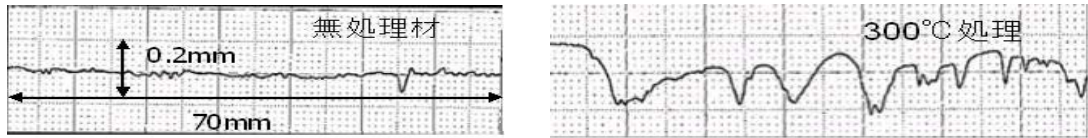


図-12 ロール表面熱処理におけるキリ材の表面粗さ（うねり）のプロファイル図



写真-6 ロール熱処理を行った桐フローリングの試作品
(上段：300℃処理、下段240℃処理)



写真-7 表面熱処理材の撥水性（左無処理、右300℃処理）

また、図-13には、50℃、95%RHの環境下における幅方向の膨潤率について示す。幅方向の膨潤率は、無処理材においても1%程度であり十分に小さいが、熱処理材では処理温度の上昇に伴って低下傾向を示し、幅方向の寸法安定性がさらに向上した。これは、熱処理による影響と表層部がセットまたは固定されることによって、幅方向の膨潤に対して拘束力が働いたことによるものと推定される。

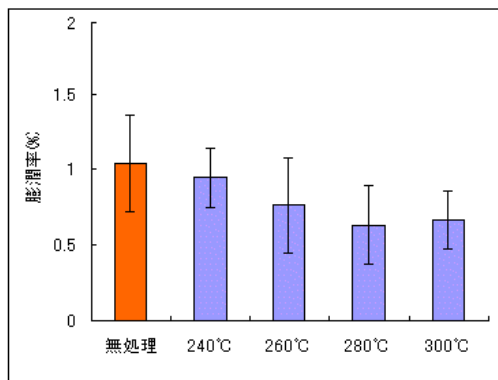


図-13 ロール熱処理を行った桐材の材幅方向の膨潤率（50℃、95%RH）

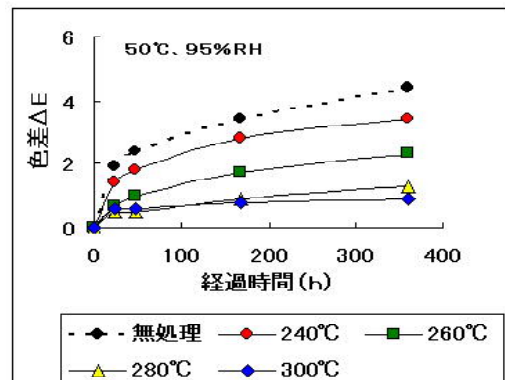


図-14 高温・多湿条件下における材色変化（50℃、95%RH）

さらに、図-14には、50℃、95%RHの環境下における材色の経時変化について示す。

今回の表面熱処理に用いた桐材は、室内で2カ月間天然乾燥を行ったものであり、特に、天然暴露等の渋抜き処理を行っていないが、ロール熱処理材は、表面が高温による熱履歴を受けているため、結果として、桐材を利用する上で問題とされる高温高湿条件における材色変化は小さくなった。この結果は、処理温度を高くするほど小さくなる傾向があり、高温で当該処理を行う場合においては、渋抜き工程を省略できる可能性を有するものと考えられる。過去の報告においても、桐材を燻煙熱処理することによって明度の低下が生じるものの、その後の材色変化が抑制できることが明らかにされており¹⁵⁾、今回もこれに類似した効果が得られたものと考えられる。ただし、この効果を明確なものとするには、変色の原因とされる抽出成分（渋）の量の影響や、伐採後や天然乾燥の履歴をふまえた上で詳細な検討が必要であるとともに、さらに長期にわたる評価が必要である。

(2) コナラ集成フローリングの寸法安定性

コナラ材は高比重であるため、吸放湿に伴う寸法変化が大きく、床材としての利用に際しては、特に、幅方向の寸法変化が大きい場合に、施工後の収縮・膨潤による問題が生じる可能性があり、さらに、幅ぞり（カップ）の発生も問題となることが予想される。

集成化の目的は、幅方向に寸法変化の少ない半径方向を意図的に配置することで、寸法変化を抑制することと、幅反りの発生を抑制することである。また、溝加工は、表面からの吸放湿に伴う短期的な表層部における膨潤・収縮による寸法変化や反りの発生、さらに接着層における歪形化を抑制する効果を期待したものである。

表-12には、コナラ集成フローリングと無垢フローリングにおける乾湿繰り返しによる材幅方向の寸法変化率と幅反りの発生量について示す。寸法変化率は、集成フローリングにおいて無垢のフローリングよりも3割程度小さい値を示した。また、幅ぞりの発生量についても小さい値となっており、集成化の効果が認められた。また、集成化フローリングにおいては両面に溝加工を行うことによって、接着層端部における歪形化が抑制されるとともに（写真-8）、幅ぞりの発生量も減少した。なお、乾湿繰り返しによる接着層のはく離は、溝加工の有無に関わらず認められなかった。

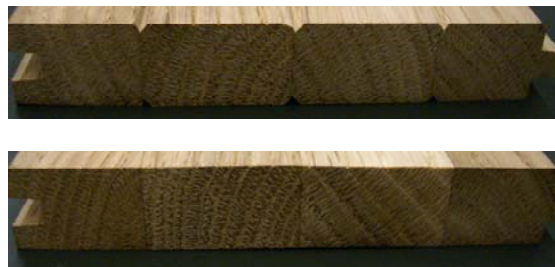
表-12 コナラフローリングの乾湿繰り返しによる寸法変化

材種	断面寸法 (mm)	溝加工	含水率1%あたりの寸法変化率		幅反りの発生量	
			膨潤率(%)	収縮率(%)	膨潤時(mm)	収縮時(mm)
コナラ集成フローリング	厚15	なし	0.29 (0.03)	0.23 (0.03)	0.39 (0.13)	0.22 (0.10)
		裏面	0.30 (0.03)	0.25 (0.03)	0.31 (0.16)	0.19 (0.10)
	幅100	両面	0.29 (0.02)	0.23 (0.01)	0.20 (0.10)	0.14 (0.06)
		なし	0.39 (0.04)	0.32 (0.03)	0.77 (0.27)	0.40 (0.21)
コナラ無垢フローリング	厚15	なし	0.40 (0.05)	0.33 (0.02)	0.82 (0.23)	0.27 (0.17)
	幅100	裏面	0.37 (0.08)	0.29 (0.03)	0.60 (0.25)	0.29 (0.19)
		両面	0.37 (0.08)	0.29 (0.03)	0.60 (0.25)	0.29 (0.19)

上段: 平均値、下段: 標準偏差

これらの結果から、集成化や溝加工によって、寸法安定性のある程度向上させることが可能であると考えられた。ただし、この効果は、集成化を行う材料を木取り（板目）により選択した結果でもあり、特に中小径材の利用という点においては、材料の選別や集成化や溝加工を行うことで、更なる歩留りの低下やコストの増大は避けられず、現状採算コストに見合う加工方法とは言い難いものである。

今後、コナラ材の活用を図る場合には、無垢材でも利用可能な寸法変化を許容できる施工方法の検討や、それを実証する可能性試験を行う必要があると思われる。



写真－８ 溝加工による歪形化の低減

（３）コナラおよびキリフローリングの表面性能の比較

これまでに、コナラ材とキリ材という物性の極端に異なる材料について、同じ床材料としての付加価値向上のための加工方法の検討や寸法安定性評価を行ってきた。

床材において表面性能は重要な評価因子であり、従来傷が付きにくい硬い木材が用いられることが多かったが、最近では、キリ材はフローリングとして数多く活用されており、衝撃吸収性や傷回復性がPRされている。しかしながら、それらを数値化して評価した事例はほとんどない。したがって、硬質な材料（コナラ）と軟質な材料（キリ）、さらに表面を改質した材料（キリ表面熱処理材）における特性を明確にする目的で、表面性能を種々の評価方法により比較した。

表－13には、表面性能の評価結果（ブリネル硬さ、傷回復性、衝撃吸収性、耐摩耗性）についてそれぞれ示す。

表－13 表面性能試験結果

材種	硬さ (N/mm ²)	重錘落下試験									衝撃吸収性 GB係数	耐摩耗性 摩耗量(mm)
		重錘落下による傷深さ			回復処理後の傷深さ			傷回復率(%)				
		100mm	300mm	500mm	100mm	300mm	500mm	100mm	300mm	500mm		
コナラ集成材	24.9	0.31	0.51	0.69	0.13	0.23	0.30	58.1	54.9	56.5	48.4	0.09
キリ材	6.5	0.84	1.64	2.00	0.22	0.30	0.44	73.8	81.7	78	18.7	0.41
キリ表面熱処理材	7.1	0.71	1.53	2.07	0.28	0.46	0.56	60.6	69.9	72.9	34.9	0.33

硬さについては、コナラ材とキリ材において3倍以上の差があり、重錘の落下衝撃による傷の深さにおいても、コナラ材とキリ無処理材では、いずれの落下高さにおいても2～3倍の差が生じていた。しかし、回復処理後の傷深さについては、両者の差は落下衝撃時と比較して格段に少なくなった。また、回復率でもコナラ材の値を上回っており、このことは、キリの高い傷回復性を裏付ける結果と言える。表層部の傷や凹みに関しては、簡便なメンテナンスにおいて修復可能となる場合などを考慮して総合的な評価を行うことで、キリのように軟質で傷が付きやすいという欠点を補填できる樹種が存在するものと思われる。

衝撃吸収性についても、キリ無処理材のGB係数は18.7であり、コナラ材の1/3の値であった。また、表面熱処理材では無処理材と比較してGB係数が増大した。この原因としては、熱処理材では表層部がわずかに圧密化されており、その比重が高くなった表層部の

影響が大きかったものと思われる。元来、この試験方法は舗装材に適用されているものであり、内装材としての衝撃吸収性について試みられた事例はない。今回の試験結果からは表層部の影響が大きいことが予想され、表層部と内層部の衝撃吸収性が異なる材料についての評価に関しては、その妥当性を含めて今後の検討が必要である。

また、耐摩耗性については、コナラ材とキリ材では摩耗量として、約4倍の差があった。当然であるが、下足歩行等を考慮する場合には、硬質な材の施工は必須であると思われる。

このように、床材としての表面性能については、近年求められるニーズの多様化を考慮すると、衝撃吸収性等従来よりも多手法による総合的な評価を行うことで、その材料の特性を明確にすることが可能と考えられ、利用の際の材料選択を行う上での判断材料とも成り得る。今回行った衝撃吸収性や傷回復性についての評価手法は、簡便性を重視したものであり、床材としての評価に対する妥当性や、詳細な差を評価する際の有効性は必ずしも明確であるとは言えないが、数値による差別化を行うに際して、ある程度の比較を行うことは十分可能であると判断される。今回行った評価以外にも、内装材の接触温冷感等の感覚的評価についても詳細に数値化を試みた報告例もあり¹⁷⁾、床材に限らず今後、内装材としての評価を行う上で、これらの評価方法の重要性は増していくものと思われる。

IV おわりに

これまでに、低位利用広葉樹材について、主にコナラ材およびキリ材を対象として乾燥技術や高付加価値化技術の検討を行って来た結果を以下に示す。

(1) 県内における広葉樹中小径材の利用実績や蓄積等を考慮し、コナラ、ミズキ、ホオノキ、クリ、キリを対象として材質特性を調査した結果、特にミズキ、コナラ材の強度性能および表面性能が優れていることを確認した。

(2) 高い強度特性を有するコナラ材の有効利用を図るため、乾燥手法についての検討を行った。その結果、天然乾燥を併用することで、人工乾燥時間の短縮が図られるものの、乾燥歩留りについては、天然乾燥のみの場合との比較において優位性は得られなかった。製品歩留りは2割程度であり、コナラ材の建材としての利用においては、乾燥歩留りを向上させることが必要であり、現行の乾燥手法によって歩留りの大きな向上を図ることは困難であることが予想された。

(3) コナラ材の高い強度性能を活かして、スギとの異樹種積層材としての利用を試み、コナラ縦継ぎ、幅はぎラミナの引張強度や異樹種積層材の曲げ強度特性について性能評価を行った。その結果、コナラ材の配置や断面構成によらず、想定した曲げ強度はほぼ確保されており、等価曲げ剛性によるヤング係数の推定も可能であることがわかった。しかし、コナラスギ間の接着性能において、構造用集成材の日本農林規格における基準を満たすことはできず、接着性能の評価方法を含めて、改善の余地を残した。

(4) コナラ材の高い表面性能を活かし、床材として利用するために、寸法安定化の手法として、集成化による幅方向の膨潤率の低下や、溝加工における歪形化や幅ぞりの低減について、ある程度の効果が得られることが確認できた。

(5) キリ材のロールプレスによる表面熱処理について検討した結果、表面熱処理を行うことで、表面性状や寸法安定性において新たな付加価値の付与が可能であることがわかった。

さらに、表面性能の評価に際して、衝撃吸収性や傷の回復性を考慮した評価方法につい

て試みた結果、キリ材の高い衝撃吸収性を数値により評価することが可能であることを見いだした。

しかしながら、今回行ったいずれの加工技術についても、実用化に際しては、製造コストや製品歩留りについて課題を残す結果となった。材料の欠点を補うための性能向上による高付加価値化を図るよりも、加工を最小限にして、その樹種が元来もつ材料的優位性を実際の使用環境に則して適切に評価した上で、実施工による事例を通して、施工方法などに改善点を見いだしていくことが、低位利用材の活用のためには必要な課題であると考えられる。

V 引用文献

- 1) 福島県農林水産部：「平成16年福島県森林・林業統計書（平成15年度）」
- 2) 福島県農林水産部：「広葉樹林整備指針（平成5年7月）」
- 3) 遠藤啓二郎、高橋宏成：福島県林業試験場業務報告, 76-77, 第30号, 1997
- 4) 寺沢真著「木材乾燥のすべて」：海青社, 394-407
- 5) 日本合板検査会：「構造用集成材の日本農林規格」改平15.2
- 6) 林知行ほか：材料, 373-378, (51), 2002
- 7) 森林総合研究所監修「木材工業ハンドブック（改訂4版）」：丸善, P194-195
- 8) 日本道路協会：「舗装試験法便覧別冊（暫定試験方法）」, 1996
- 9) 吉田孝久ほか：長野県林試研究報告, 13-20, 第3号, 1987
- 10) 吉田孝久ほか：長野県林試研究報告, 21-39, 第7号, 1993
- 11) 日本合板検査会：「フローリングの日本農林規格」改平15.2
- 12) 後藤崇志ほか：島根県林業技術センター研究報告, 11-20, (52), 2001
- 13) 後藤崇志ほか：林野庁大型プロジェクト研究成果, 167-175, 2004
- 14) 橋爪丈夫, 吉田孝久：長野県林業総合センター研究報告, 40-47, 第15号, 2001
- 15) 例えば金山公三：木材工業通信, 1-9, 16(2), 1998
- 16) 石栗太：宇都宮大学農学部演習林報告, 60-65, 第39号, 2003
- 17) 小畑良洋ほか：木材学会誌, 132-136, 46(2), 2000