

5 県産針葉樹材の曲げ木加工技術の開発研究

日田産業工芸試験所 大内成司
北嶋俊朗

要旨

県産材の針葉樹材（スギ・ヒノキ）を用いて曲げ加工適正を把握する実験を行った。小試験片（10×20×350(mm)）による曲げ木加工適正結果は、曲げ比率：5の場合、スギ30%・ヒノキ40%の成功率であったが、実大材（35×50×800(mm)）の曲げ木加工結果は、すべての試験片の圧縮側に座屈が生じた。曲げ比率：10の場合、小試験片では、スギ・ヒノキとも70%の成功率であった。実大材の場合は、スギ40%・ヒノキ60%の曲げ木加工適性を把握した。

1. 緒言

大分県産材の中では、針葉樹材を代表するものとして杉材が大半を占めているのが現状である。杉材は材質が軟質なため、使用範囲が限られており、県内の家具メーカーは県産の針葉樹材をほとんど使用できず、外国産材に頼ざるを得ない状態である。

また、加工技術の面では、曲げ木加工技術の経験がなく、曲部を必要とする場合はフィンガージョイントで接合し、NCルーターで加工しているのが現状である。

そこで、本研究では、県産針葉樹材の塑性加工についての基礎資料を得るとともに応用技術について検討し、県産針葉樹材の使用範囲の拡大を目指すとともに、県内企業曲げ木加工技術の導入を図り、業界の振興に寄与することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 小試験片による曲げ木試験

1) 供試材

県内産のスギ、ヒノキ材を使用し、試験片の寸法は10×20×350(mm)とした。含水率は、気乾状態のものを使用し、試験片はそれぞれ各10本作製した。

2) 軟化処理

試験片の含水率状態を統一するために、1時間煮沸後、そのままの状態に18時間浸漬し、繊維飽和点以上になるように前処理した。その後、ラップをして、マイクロ波（周波数2,450MHZ、出力500W）を1分間照射した。

3) 曲げ木試験

曲率半径は50、75、100、150、200Rの5段階として最小比率（曲率半径／材厚）を5とした。それぞれ治具は合板で作製し（写真-1）、トーネット法により曲げ

加工を行った。まず、200Rから曲げを行い、成功すれば順次下の段階に進んでいくことにした。

最小曲率半径が50Rまで、曲げ加工できたものを金具で固定して熱風乾燥（60℃で8時間）を行った。

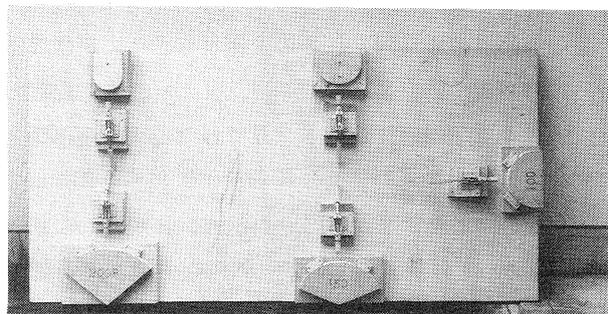


写真-1 曲げ加工治具

4) スプリングバックの測定

曲げ加工できたものは乾燥を行い、1週間後、2週間後、3週間後、4週間後それぞれの変化について測定を行った。

2.2 実大材による曲げ木試験

今年度、中小企業研究者養成事業の「家具用材の曲げ木加工技術の開発研究」で開発した曲げ木加工装置を利用して、実大材の曲げ木試験を行った。

1) 供試材

小試験片の曲げ木試験で使用したスギ、ヒノキと同一樹種を使用した。試験片の寸法は、35×50×800(mm)（175R）、35×50×1,200(mm)（350R）の2種類として、各5本作製した。含水率は気乾状態のものとした。

2) 軟化処理

実大材の軟化処理には蒸煮法を採用した。軟化処理に

必要な蒸着時間を把握するために、含水率と内部温度の測定を行った。

含水率は、重量変化から算出し、内部温度は、試験片の中心部に穿孔して測定を行った。

3) 曲げ木試験

曲げ木加工装置(写真-2)は、内型治具を定盤に取り付け、試験片を帯鉄にあてセンターをクランプで固定するトーネット法により、曲げ加工を行った。

内型治具の曲率半径は、175R(比率:5)と350R(比率10)の2種類とした。

内型治具及び帯鉄は、試験片の変色を防ぐために、ステンレス製のものとした。

乾燥は、治具に固定したまま熱風乾燥(60℃で8時間処理)によって行った。

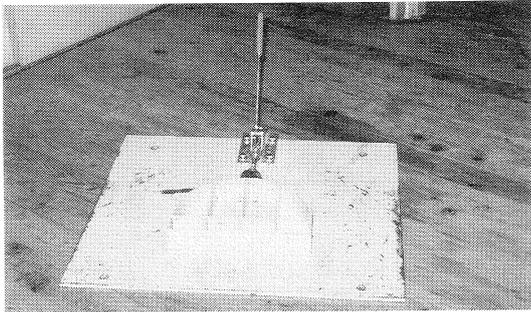


写真-2 曲げ木加工装置

3. 実験結果及び考察

3.1 小試験片による曲げ木試験

1) 曲げ木試験

飽水状態の試験片にマイクロ波を1分間照射して、試験片の木口から蒸気が噴出する状態の時に取り出し帯鉄に取り付け曲げ加工を行った。

その結果を図-1~2に例示した。縦軸に成功率を、横軸に曲率半径を表した。

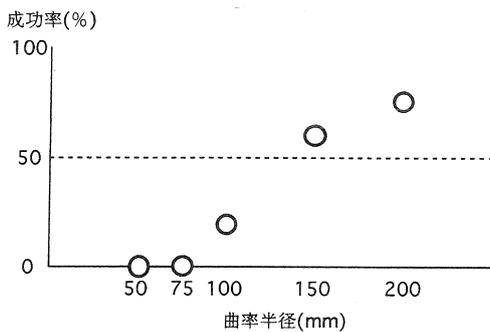


図-1 曲げ木加工成功率(スギ)

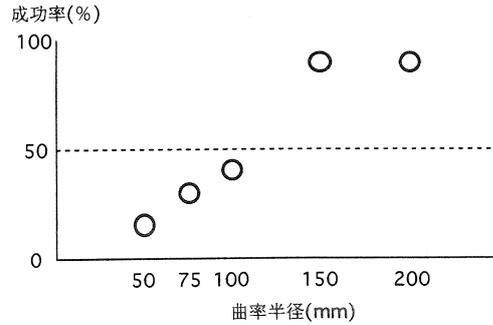


図-2 曲げ木加工成功率(ヒノキ)

スギ、ヒノキ共に200R(比率:20)、150R(比率:15)は、問題なく100%成功することができた。100R(比率:10)では内側に座屈による破壊を生じるものがあり、スギ、ヒノキ共に70%の成功率であった。75R(比率:7.5)、50R(比率:5)では、スギは50%、30%の成功率で、ヒノキは60%、40%の成功率と低い値を示した。比率が小さくなると、センターをランプで押さえても1ヶ所に小さな座屈が生じ、応力がそこに集中して破壊することが多くなる傾向が見られた。

2) スプリングバックの測定

50Rまで曲げ加工できたものについて、内型治具に金具で固定してラップを剥した状態で、60℃で8時間乾燥を行い、図-3に示すA-B間の長さの経時変化を測定した。基準となる長さは、50Rのため100mmである。

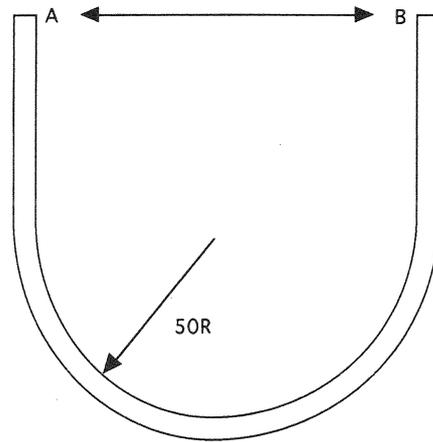


図-3 測定基準

その結果を表-1~2に例示した。スギ、ヒノキ共に、乾燥翌日は100mmより狭くなっており、90mm前後の値を示した。しかし、1週間後には100mmより広くなっており、10~15mmの変動がみられた。その後、2週間後、3週間後、4週間後は±1~±5(mm)程度の変動であり、一様に安定したように思われる。

表-1 スプリングバックの測定結果 (スギ)
単位：(mm)

樹種	NO	乾燥翌日	1週間後	2週間後	3週間後	4週間後
スギ	1	92	106	102	107	103
	2	91	107	103	109	106
	3	92	106	104	109	106

表-2 スプリングバックの測定結果 (ヒノキ)
単位：(mm)

樹種	NO	乾燥翌日	1週間後	2週間後	3週間後	4週間後
ヒノキ	1	90	99	95	100	97
	2	93	103	102	105	103
	3	90	102	100	104	102

3. 2 実大材による曲げ木試験

1) 軟化処理による含水率と内部温度の測定

含水率は重量変化から算出し、内部温度と共に1時間後、2時間後、3時間後の測定を行った。

その結果、含水率の変化は表-3に、内部温度の変化を表-4に例示した。

表-3 含水率の測定結果
単位：(%)

樹種	NO	含水率変化			
		処理前	1時間後	2時間後	3時間後
スギ	1	15	17	19	22
	2	15	16	19	21
ヒノキ	1	14	16	18	21
	2	15	17	20	23

表-4 内部温度の測定結果
単位：(℃)

樹種	NO	内部温度変化			
		処理前	1時間後	2時間後	3時間後
スギ	1	15	95	96	95
	2	15	91	93	94
ヒノキ	1	15	93	93	97
	2	15	92	97	95

木材が吸湿し高温度になると木材中のヘミセルロースとリグニンが軟化するが、このようになるには、含水率20%以上、材温が80~100℃の条件を満たさなければならない。

そこで、表-3と表-4を見ると、内部温度は蒸煮1時間で90℃を超えており、条件を満たしているが、含水率20%以上になるには少なくとも3時間は必要であり、両方の条件を満たすには3時間以上の蒸煮を要することを把握した。

2) 曲げ木試験

175R (比率：5) と350R (比率：10) の2種類の曲げ加工を行った。その結果を表-5に例示した。

表-5 実大材の曲げ木結果
単位：(%)

樹種	曲率半径	
	350R	175R
スギ	40	0
ヒノキ	60	0

3.1の小試験片による曲げ木試験で、比率：5の曲げではスギは30%、ヒノキは40%の成功率があった。3.2の実大材の試験でも、その程度の成功率はあると予想したが、スギ、ヒノキ共に0%という結果になった。これは、小試験片では、木理が直で無節であったが実大材では有節の試験片もあり、節の部分からの座屈(60%以上)がほとんどであった。また、無節の場合には、圧縮側に座屈が生じた。これは、曲げ加工の際、部材のクリアランスが影響していることや、試験材のマイクロフィブリル(細胞壁の骨格構造で、セルロースの線状結晶)傾角が小さい事等が原因と推察される。

比率：10の場合は、スギが40%、ヒノキ60%の成功率という結果が出た。破壊の状態は、ほとんどが圧縮側の座屈によるもので、引張り側の破壊はあまり見られなかった。

今回の目的である、家具部材への利用について考えると、実大材で比率：5の曲げ加工が全く不可能であったが、材厚と曲率半径との関係を再度検討を行い実験を進めたいと考えている。