

カラマツ材を曲げてみる

信州大学大学院農学研究科 川根 厚子

1 はじめに

曲げ木加工は、木材の強度を維持しつつ、優美な湾曲部を高い歩留まりで得る有効な技術である。曲げ木法として最も一般に用いられているトーネット法は、軟化させた木材の引張側にハガネの板を当て、ハガネの板と木材を一体として曲げる方法である。曲げ木に適した木材は、可塑性の大きいこと、家具としての強度も要求されることから、針葉樹材は不向きとされており、供給量の安定したブナやナラが用いられてきた。しかし、曲げ加工に適した良材の入手が困難になっていること、オーダー家具が流行していることなどから、様々な樹種を曲げることが要求されるようになった。

一方、信州のカラマツは戦後の拡大造林期に広く造林されたが、安価な外材・代替品の流入や、労働力の減少、カラマツの様々な欠点が明らかになったことにより、カラマツ林経営は低迷しており、間伐材の利用に頭を悩ませている。そこで、長野県では県産針葉樹材を用いた家具を作る工房が発足するなど、カラマツの家具材としての用途が拡大しつつある。

そこで、本研究ではカラマツの曲げ木用材としての可能性を検討した。

2 実験

2.1 カラマツの曲げ木特性

信州大学構内演習林産のカラマツを用い、曲げ面が柀目面、板目面、追い柀の3種類になるよう、厚さ10mm×幅20mm×長さ450mm (L) の試験体を作製した。カラマツと比較するため、代表的な曲げ木用材であるブナ、曲げ性能が優れているといわれるハリエンジュを用い¹⁾、カラマツと同寸法に仕上げた。また、曲げ木加工では一般に「曲げ面には板目面を向けると曲げやすい」といわれているので、ブナ、ハリエンジュについては板目面を曲げ面にした。

一般的な曲げ木法では蒸煮によって木材を軟化させるが、この方法では処理に時間がかかる上に、材の温度を100℃以上にすることが出来ない。そこで本研究では、短時間で材の内部を100℃以上にすることが可能なマイクロ波加熱を利用し、予備的な検討をふまえて、加熱時間は2分間とした。

3日間水に浸漬し、十分に吸水させた試験体にマイクロ波加熱をした後、トーネット法によって曲率半径(以下Rと称す)70mmに曲げ、この過程で生じる損傷の状態などを目視により観察した。

損傷として、引張側では割れが、圧縮側では座屈によるしわが生じる。本研究では、明らかな割れやしわが見られるものを失敗とし、それらの無いもの及び軽微なしわがあるものを成功と判断した。

また、平均年輪幅が2.5mm未満のものを「狭い」、2.5mm以上4.0mm未満のものを「中間」、4.0mm以上のものを「広い」と表した。

2.2 静的曲げ試験

信州大学手良沢山演習林産のカラマツ丸太の、髓から15年輪分を未成熟材として印をつけた。その後、図-1のように柀目面、板目面、追い柀の試験体を取り、厚さ10mm×幅20mm×長さ350mm (L) のサイズに製材した。

3日間水に浸漬し、十分に吸水させた生材状態の試験体と、マイクロ波加熱直後の試験体にスパン20cmの中央集中荷重

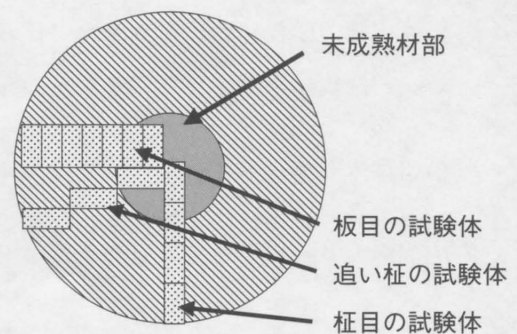


図-1 試験体の木取り

をかけ、最大荷重時のたわみが曲げ面、及び樹幹内でどのように変動するのかを調べた。

2.3 繰り返し曲げ試験

信州大学手良沢演習林産のカラマツ丸太を、図-2のように辺材部、未成熟材部（髓から15年輪）、その他（中間部と称す）に分類し、それぞれから曲げ面が柾目面、板目面、追い柾の、実験2.1と同寸法の試験体を5本ずつ作成した。

試験体を3日間水に浸漬して十分に吸水させ、マイクロ波を2分間照射した後、 $R=150\text{mm}$ の型に沿って曲げ、濡れたままの状態を目視により破損の有無を観察した。そこで破損が確認できなかった場合、再度吸水させ、100、70、50mmと徐々にRを小さくしていく操作を繰り返した²⁾。

破損に関しても実験2.1と同様に、明らかな割れやしわが見られるものを失敗とし、それらの無いもの及び軽微なしわがあるものを成功と判断した。

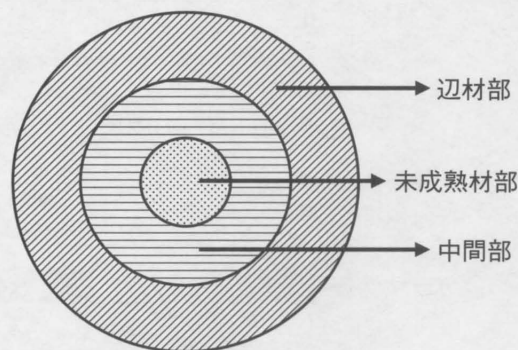


図-2 丸太内の分類

3 結果と考察

3.1 カラマツの曲げ木特性

図-3～図-6は、曲げ木の成功率を各種要因別に示した。

カラマツの成功率は、ブナ及びハリエンジュと比較すると33%と非常に低い（図-3）。しかし、年輪幅が広い（4.0mm以上）場合の成功率は47%（図-4）、曲げ面が追い柾の場合は49%となり（図-5）、さらに、その両方の条件を満たした場合の成功率は70%となった（図-6）。

ここでの結果は厚さ10mmの試験体で得られたものであるが、カラマツが曲げ木用材として利用できる可能性は大いにあると考えられ、また、カラマツは初期成長が良好であるという性質から、「年輪幅の広い部分」というのは未成熟材ではないかと考えた。

次に、失敗した試験体の破損状況を図-7、図-8に示した。

破壊形態については、ブナとハリエンジュは割れが大半を占めたのに対し、カラマツはしわが多く、割れの2倍近い値となった（図-7）。また、割れとしわの両方が現れたものも多く見られた。

次にカラマツに注目し、曲げ面ごとに破壊形態をみると、すべてにおいて割れよりもしわが多く、追い柾ではしわが過半数を占めた（図-8）。このことから、広葉樹材と針葉樹材では破壊の傾向が異なり、カラマツは圧縮側で損傷を生じ易いことがわかった。

また、ヒノキ材の曲げ加工性に関する既往の研究²⁾では、ヒノキ材は引張破壊を起こしにくく、引張側のひずみを抑制する必要が無いためトーネット治具との間隔は広くした方がよいことが報告されており、

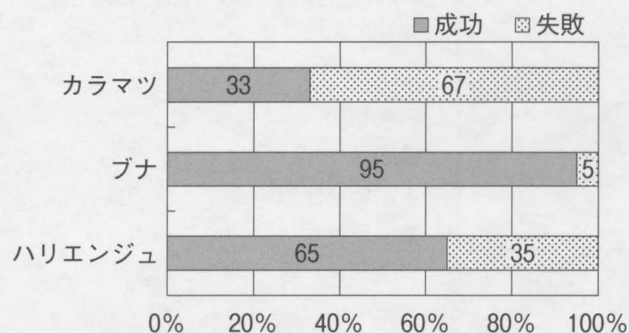


図-3 樹種別の成功率

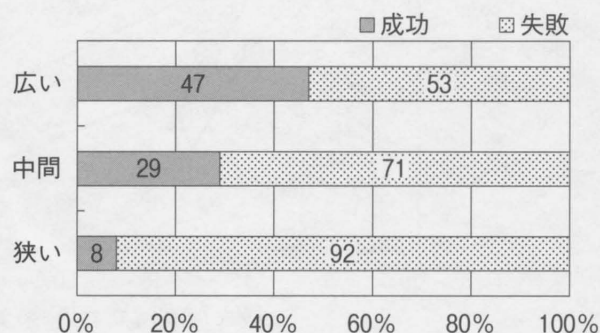


図-4 年輪幅別の成功率（カラマツ）

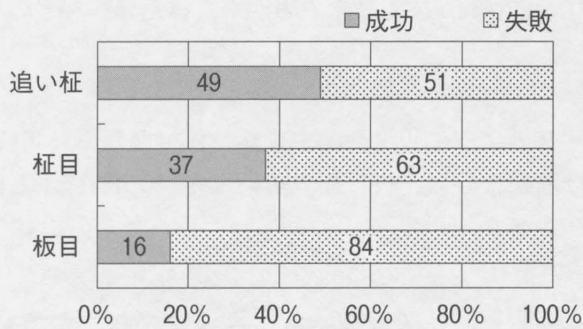


図-5 曲げ面別の成功率 (カラマツ)

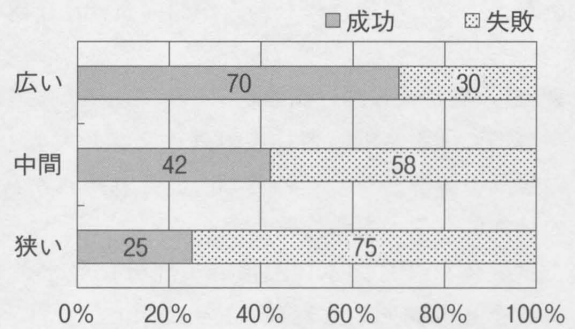


図-6 追い柁 年輪幅別の成功率 (カラマツ)

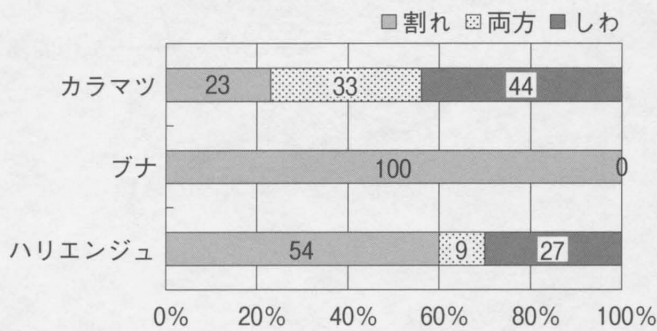


図-7 樹種別の破損状況

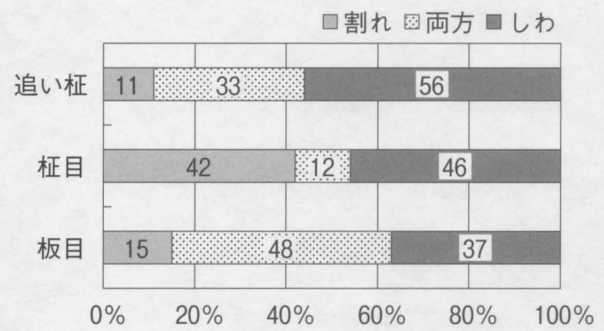


図-8 曲げ面別の破損状況

このことはカラマツにも当てはまる可能性があるため、今後はこれを踏まえつつ、試験体にかかる圧縮応力の緩和について検討していきたい。

3.2 静的曲げ特性

静的曲げ試験の結果として、最大荷重時たわみの変動を表したグラフが図-9である。

全ての場合において、マイクロ波加熱をすることで、生材状態のものよりも少ない荷重で多くたわむようになり（曲げやすくなり）、その傾向は追い柁において最も顕著であった。

ここで追い柁に注目し、成熟材と未成熟材を比較すると、成熟材は未成熟材部よりも最大荷重時たわみが大きいですが、未成熟材は成熟材よりも小さい荷重でたわむ。つまり、成熟材の方が未成熟材よりも小さい曲率まで曲げることが出来るが、大きい曲率に曲げるのなら未成熟材の方が曲げやすいという結果になっ

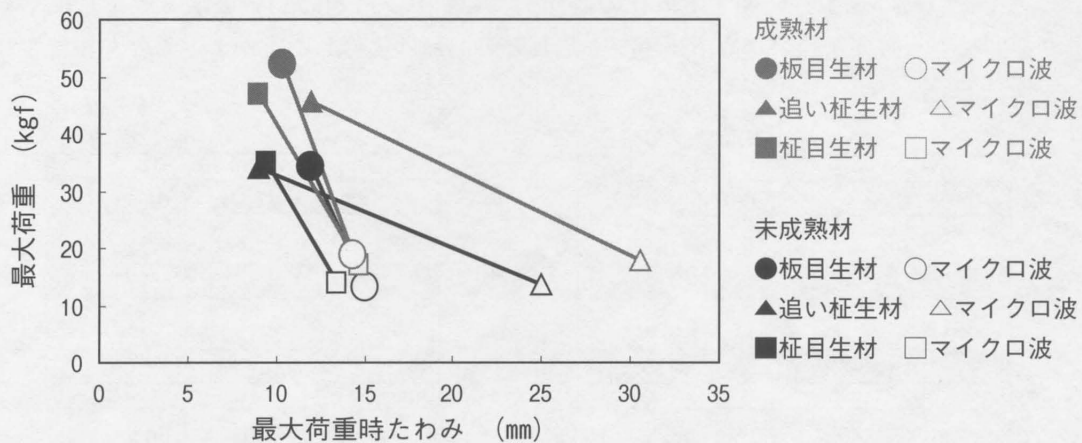


図-9 最大荷重時たわみの変動

た。

従って、3.1で考察したように、また、未成熟材はマイクロフィブリル傾角が大きく、曲げ易いと予想されたが、「未成熟材が曲げ木加工に適している」とは一概に言えないことがわかった。

3.3 繰り返し曲げ特性

繰り返し曲げ試験の結果を表-1に示した。

辺材部においてR=15、10cmでは全て成功であった。R=7cmでは柁目面と追い柁はほぼ成功だったが、板目面はほぼ全てが失敗だった。

中間部においてR=15、10cmではほぼ全て成功したが、R=10cmで板目面は5本中4本が失敗した。R=7cmでは柁目面と追い柁のほぼ全てが失敗した。

未成熟材部ではR=15、10cmはほぼ全て成功した。R=7cmでは追い柁が5本中3本成功し、柁目面と板目面はほぼ全てが失敗だった。

以上のことより、今回用いた厚さ1cm×幅2cmの材においては、使用限度はR=10cmにするのが無難であり、多少成功率が落ちて構わないのであれば、更に小さい曲率に曲げることも可能であることがわかった。

表-1 繰り返し曲げ試験 結果

		R (cm)						R (cm)						R (cm)					
		15	10	7	5			15	10	7	5			15	10	7	5		
辺材・柁	○	○	○	×		中間・柁	○	○	×		未成熟・柁	○	×						
	○	○	○	○	○		○	×					○	○	○	×			
	○	○	○	○	○		○	○	○	○			○	○	○	×			
	○	○	○	○	○		○	○	○	×			○	○	○	×			
	○	○	×				○	○	×			○	○	×					
辺材・板	○	○	×		中間・板	○	×			未成熟・板	○	×							
	○	○	×			○	×				○	○	×						
	○	○	×			○	○				○	○	×						
	○	○	×			×					○	○	○	×					
	○	○	○	×		○	×				○	×							
辺材・追	○	○	×		中間・追	○	○	×		未成熟・追	○	○	×						
	○	○	×			×					○	○	×						
	○	○	○	×		○	○	×			○	○	○	×					
	○	○	○	○		×					○	○	○	×					
	○	○	○	×		○	○	×			○	○	○	×					

4 まとめ

カラマツは曲げ木用材として利用できる可能性があり、年輪幅の広い追い柁の材が曲げ加工に適していることがわかった。しかし、未成熟材が曲げ木により適しているとは言えなかった。

今回の実験では厚さ10mm×幅20mmの材を使用した。今後の実験では実用的な大きさの材を用い、カラマツの曲げ木を実用的なものにしていくと共に、年輪幅の広い追い柁の材が曲げ加工に適している理由、及び曲げ木に際して圧縮側に働く応力を緩和させる方法を探っていきたい。

《引用文献》

- 1) 則元 京・和田 博 等 (1980) マイクロ波加熱による木材の曲げ加工 日本レオロジー学会誌 Vol.8 p.166-171
- 2) 和田 博・坂野 三輪子 (1986) マイクロ波による曲げ木加工 奈良県林業試験場研究報告 No.16 p.18-27