

木材曲げ加工技術の開発

—木材の曲げ加工に適した前処理方法の開発(第2報)—

羽野 泰史*1 竹内 和敏*1 岡村 博幸*1

Development of Wood Bending Technique

- Development of Pretreatment Method Suitable for Bending and Curved Surface Processing of Wood(Ⅱ) -

Yasushi Hano, Kazutoshi Takeuchi and Hiroyuki Okamura

前報では、木材の曲げ加工性を向上させるための前処理方法として加水分解処理、漂白処理そしてアルカリ処理について検討を行い、加水分解処理で曲げ加工性が向上することを明らかとした。本報では、加水分解処理に供する木材の含水率の影響、その他家具樹種への加水分解処理、そして加水分解処理が寸法安定性に与える影響について検討した。その結果、加水分解処理に適した含水率や樹種毎の曲げ加工性向上効果が明らかとなった。さらに寸法安定性についても加水分解処理による影響はなく、乾燥後はほとんど変化しないことが解った。

1 はじめに

大川地域の家具製造業では、従来箆笥等の「箱物家具」製造が主であったが、箱物家具の市場が縮小しているため、今後は箱物家具に加え、イス、テーブル等の「脚物家具」への展開が急務であり、「脚物家具」に多く使用されている曲げ加工技術の向上が求められている。

無垢の一枚板を曲げる曲げ木は、古くから木製品の製造に用いられてきた手法であり、曲げ木で行われている蒸煮処理は木材を高温度かつ高含水率にすることで木材の主成分の内、ヘミセルロースとリグニンを軟化させ¹⁾、曲げ加工を容易に行うことができる状態にする。

一方、家具材として使用される樹種は多様化しており、これまで曲げ木にあまり使われてこなかった樹種が使用されている。樹種によって曲げ易さは異なるため、従来曲げ木に用いられなかった樹種が使用されることで割れ、シワなどの不良が発生することが問題となっており、加工条件の検討などが行われているが^{2) -5)}、完全に不良をなくすに至ってはいない。

前報⁶⁾では、木材の軟化に関係が深いヘミセルロースとリグニンに着目し、表1に示す通り木材を処理することで選択的にヘミセルロースやリグニンと反応させ、曲げ加工性の向上が可能かどうか検討した。

その結果、検討した前処理法の中で加水分解処理に

よって曲げ加工性が向上することを明らかとした。

表1 前処理方法と反応する木材の主な成分

前処理方法	反応する主な成分
加水分解処理	ヘミセルロース
漂白処理	リグニン
アルカリ処理	ヘミセルロース・リグニン

そこで本研究では、まず加水分解処理に適した含水率の検討を行い、続いて前報で加水分解処理を実施したウォルナット材以外の家具用樹種（ホワイトオーク、レッドオーク、チェリー、ブナ、センダン、ヒノキ）に対しても同様に曲げ加工性が向上するか検討した。そして曲げ加工後の評価として、加水分解処理を実施した曲げ部材について寸法安定性の影響を調査した。

2 実験方法

2-1 供試材料

供試材料としてウォルナット、ホワイトオーク、レッドオーク、チェリー、ブナ、センダン、ヒノキを使用した。加水分解処理に適した含水率の評価用およびその他家具用樹種への加水分解処理の影響評価用に厚さ20 mm×幅30 mm×長さ280 mm、寸法安定性評価用に厚さ20 mm×幅30 mm×長さ510 mmの試験片を作製した。

2-2 加水分解処理

オートクレーブ（三洋電機メディカル（株）製、MLS-3020）を用いて、温度条件121℃、処理時間2.4時間で処理を実施した。処理条件については、Pファク

$\tau = \int \exp(40.48 - 15106/T) dt$ (T: 絶対温度) で算出する加水分解時の温度と時間の積を指標に設定を行い、130 °C, 1時間処理した場合のPファクターと同程度になるよう設定した。

2-3 曲げ加工性評価

前処理を実施した試験体は、曲げ加工性の影響を調べるために、図1に示す曲げ半径100 mmの曲げ型を用いて評価を実施した。



図1 曲げ半径100 mmの曲げ型および評価の様子

加水分解処理を実施した試験体は材温を調整するために沸騰水の蒸気で30分間の蒸煮処理を行った。続いて0.5 mm厚ステンレス製帯鉄に試験体を固定し、万能試験機((株)島津製オートグラフ AG-100kNX)で荷重速度40 mm/min, スパン240 mmの条件にて曲げ加工試験を行った。無処理の試験体で割れが発生したたわみ量を100%として、加水分解処理を実施した試験体の曲げ加工性を評価した。

2-4 加水分解処理に適した含水率の評価

加水分解処理に供する木材の曲げ加工性が最も向上する含水率を検討するため、恒温恒湿器を用いて、含水率を調整したウォルナット材の試験体に対し、加水分解処理(121 °C, 2.4時間)を実施し、曲げ加工性の評価試験を実施した。

2-5 その他家具用樹種への加水分解処理の影響評価

樹種の違いによる加水分解処理の曲げ加工性向上効果の違いを確認するためにウォルナット, ホワイトオーク, レッドオーク, チェリー, ブナ, センダン, ヒノキに対し、加水分解処理(121 °C, 2.4時間)を実施し、曲げ加工性の評価試験を実施した。レッドオーク, チェリーについては、121 °C, 2.4時間の条件で

たわみ量に改善が見られなかったため、過度に加水分解処理が施されていると考え、121 °C, 1時間の加水分解処理を実施した。

2-6 寸法安定性

曲げ加工後の寸法安定性を評価するため、ウォルナット材を曲げ半径400 mmの曲げ型を用いて、曲げ加工を行い、形状を固定したまま乾燥した試験体について、室内環境下での乾燥直後, 1日後, 2日後, 5日後, 7日後, 14日後, 21日後の弦長と矢高の長さを測定し、試験体の曲げ半径を下記の式より算出した。

$$\text{曲げ半径 (mm)} = \frac{(W/2)^2 + h^2}{2h}$$

W: 弦長 (mm), h: 矢高の長さ (mm)

3 結果と考察

3-1 加水分解処理に適した含水率

加水分解処理に供する際の材の含水率毎の曲げ加工性の評価結果を図2に示す。加水分解処理を実施した曲げ部材において、加水分解処理に供する際の含水率が低い程、曲げ加工性が良い傾向にあり、気乾状態である含水率10%で最大120%たわみ量が向上した。一方、飽水状態(含水率67.5%)で加水分解処理を行うと、たわみ量が91%と悪くなる傾向が確認された。これは、木材中の結合水や自由水などの水分によって、加水分解の反応性が変化したためと考えられる。

また、気乾状態以下に含水率をさらに下げることによってさらに曲げ加工性が向上する可能性があるため、今後の課題としたい。

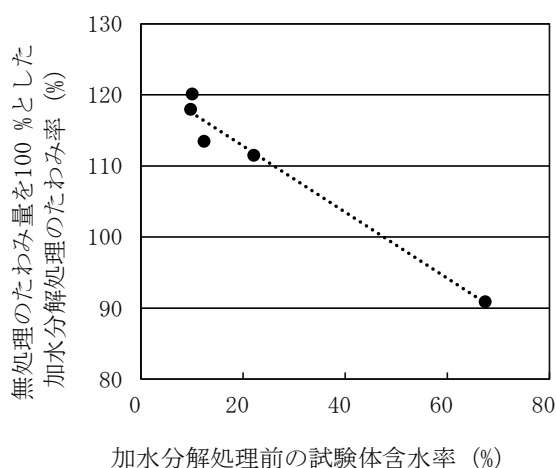


図2 含水率毎の曲げ加工性に与える影響

3-2 その他家具用樹種への加水分解処理の効果

家具用として使用されるウォルナット、ホワイトオーク、レッドオーク、チェリー、ブナ、センダンとヒノキに対して、加水分解処理（121℃、2.4時間）を実施した結果を図3に示す。ウォルナット、ホワイトオーク、ブナ、センダンにおいて曲げ加工性の向上効果が確認された。たわみ量は、加水分解処理によってウォルナット120%、ホワイトオーク118%、ブナ117%、センダン157%まで向上した。一方、レッドオークおよびチェリーでは、104%、98%と無処理とほとんど変わらなかった。

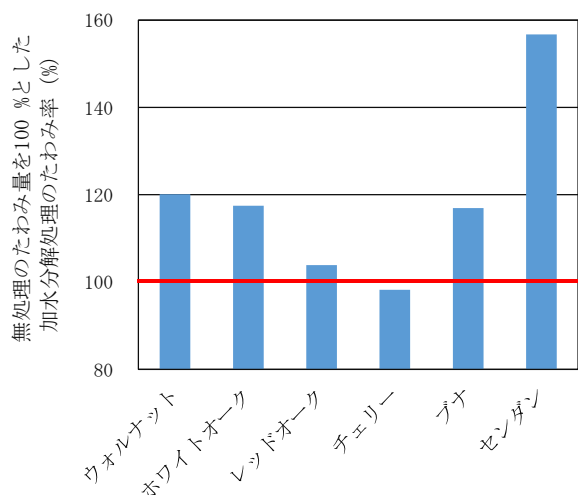


図3 樹種毎の曲げ加工性向上効果

レッドオークおよびチェリーでたわみ量に改善が見られなかったのは、過度に加水分解処理が施されているためと考えられたため、加水分解処理の条件を121℃、1.0時間に変更したところ、レッドオーク、チェリーともにたわみ量が119%と106%に改善した（図4）。

これらの結果より、樹種毎に加水分解処理の反応性が異なり、それぞれの樹種毎に最適な処理条件を検討する必要があると考えられる。今後、主要家具用樹種に対し、更なるデータの蓄積を行っていく予定である。

また、ヒノキについては、割れが発生する前に座屈してしまうため、評価できなかった。ヒノキのような割れよりも座屈が発生し易い樹種では、本研究の加水分解による処理は、無処理よりも軟化してしまい座屈の発生を促すことが予想されるため、不適當であると考

えられる。

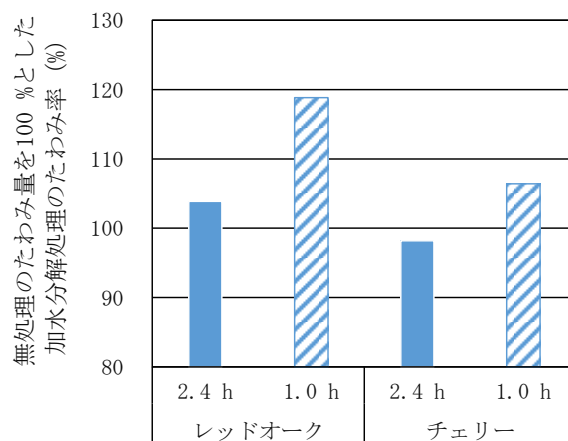


図4 加水分解処理条件変更による影響

3-3 寸法安定性への影響評価

加水分解処理による寸法安定性への影響を表2に示す。無処理、加水分解処理共に乾燥後の曲げ半径の変化はほとんどなく、また加水分解処理による影響も確認されなかった。よって、加水分解処理を実施した曲げ部材も通常の曲げ部材と同様に家具用部材として使用可能であることが確認された。

表2 曲げ半径の測定結果

	単位：(mm)						
	経過日数 (日)						
	0	1	2	5	7	14	21
無処理	397	399	400	405	406	405	405
加水分解処理	397	399	399	403	402	401	403

4 まとめ

木材の曲げ・曲面加工性の向上を図るための前処理方法として加水分解処理について検討した結果、以下の知見を得た。

加水分解処理に供する木材の含水率が低いほど加水分解処理の曲げ加工性向上効果が高くなる傾向が確認された。家具用樹種（広葉樹6種、針葉樹1種）に対して、加水分解処理（121℃、2.4時間）を実施したところ、広葉樹4種で曲げ加工性向上効果が確認でき、広葉樹他2種に関しても、加水分解処理の条件を調整することで（121℃、1.0時間）、曲げ加工性の向上効果を確認できた。加水分解処理を実施した曲げ部材の寸法安定性は、通常イスなどで使用される無処理の曲げ部材と変わらず、影響はないことを確認できた。

今後本研究の加水分解処理の適用が難しいヒノキの

ような樹種の曲げ加工性の向上が課題である。

5 参考文献

- 1) 高村憲男：木材学会誌 第14巻 第2号，pp. 75-79
(1968)
- 2) 石原智佳，長谷川良一：岐阜県生活技術研究所研究報告，No. 14，pp. 15-19 (2011)
- 3) 石原智佳，三井勝也，伊藤国億，長谷川良一：岐阜県生活技術研究所研究報告，No. 17，pp. 36-42
(2015)
- 4) 石原智佳，今井隆矢，三井勝也，伊藤国億，長谷川良一：岐阜県生活技術研究所研究報告，No. 18，pp. 30-33 (2016)
- 5) 石井信義，大内成司，北嶋俊朗：大分県産業科学技術センター研究報告，pp. 135-142 (1993)
- 6) 羽野泰史，竹内和敏，岡村博幸：福岡県工業技術センター研究報告，No. 31，pp. 9-12 (2021)