

—木材の曲げ加工に適した前処理方法の開発—

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 -

Yasushi Hano, Kazutoshi Takeuchi and Hiroyuki Okamura

大川地域の家具製造業では、従来の主力製品である箱物家具に加え、イス、テーブル等の「脚物家具」への展開が求められている。しかし、「脚物家具」に多く使用されている曲げ加工では、加工時に割れ、シワなどの不良が発生することが問題となっている。そこで、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った。その結果、所定条件の加水分解処理を施すことにより、無処理材と比較して軟化し、曲げ加工性の向上が認められた。

1 はじめに

大川地域の家具製造業は、従来箆笥等の「箱物家具」製造が主であったが、ライフスタイルの変化や安価な大手家具メーカー、海外製品との競争等で出荷額が減少している。今後は箱物家具に加え、意匠性が高く競争力の強いイス、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、現在の脚物家具製造においても欠かせない技術となっている。曲げ木は、蒸煮処理などを施して軟化処理を行った木材を帯鉄と共に曲げるトーネット法による加工が現在でも主として行われている。

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、家具材として樹種が多様化してきており、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が異なるため、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いる。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。

そこで本研究では、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に示すとおり両成分と選択的に反応する前処理法により木材を処理することで曲げ加工性の向上が可能かどうか検討を行った。

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

2 実験方法

2-1 供試材料

主要な家具用材であるウォルナットを使用した。試験片の寸法は、厚さ20 mm×幅 30 mm×長さ210 mmとし、試験片は1条件につき3個ずつ作製した。

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、温度条件は121℃で、処理時間を2.4時間、5.8時間、13.9時間の3条件で処理を行った。処理条件については、 P ファクター = $\int \exp(40.48 - 15106/T) dt$ (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、それぞれ130℃、140℃、150℃で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にした。

2-3 漂白処理

試験片を80℃の湯浴上で0.67%亜塩素酸ナトリウム、0.13%酢酸溶液に浸漬させ、1時間、5時間の2条件で処理を行った。また、処理時間が5時間の条件では2時間毎に薬品を追加した。処理後の試験片は、蒸

*1 インテリア研究所

留水で洗浄を行った。

2-4 アルカリ処理

水酸化ナトリウム水溶液の濃度を10 %および15 %の2条件調製し、調製した水溶液中に試験片を浸漬後、室温で-90 kPaで1時間減圧処理を行い、続いて700 kPaで1時間加圧処理を行った。加圧処理後、浸漬したまま常圧で18時間静置し、10 %酢酸溶液で中和後、蒸留水で洗浄を行った。

2-5 曲げ加工性評価

前処理を実施した試験片は、曲げ加工性の影響を調べるために、図1に示す曲げ半径150 mm曲げ型を用いて評価を実施した。



図1 曲げ半径150 mmの曲げ型および評価の様子

試験片は材温と含水率を調製するために沸騰水の蒸気で3時間の蒸煮処理を行った。続いて0.5 mm厚さのステンレス製帯鉄に蒸煮処理した試験片を固定し、万能試験機（(株)島津製作所製 オートグラフ AG-X）で荷重速度40 mm/minの条件にて曲げ加工試験を行った。試験から得られた「荷重-たわみ曲線」から軟化の度合いを評価し、さらに目視で木材の割れやシワの有無を評価した。

2-6 曲げ試験および色差測定

前処理による強度や色味への影響を確認するために曲げ試験と前処理前後の材色の変化を測定した。

曲げ試験の試験片は幅30 mmとし、試験のスパンは厚さの14倍、荷重速度は5 mm/minとし、5試験体で曲げ試験を行った。曲げ強さは、JIS Z 2101-2009「木材の試験方法 15 曲げ試験」を参考に算出した。

材色の変化は、色彩色差計（MINOLTA（株）製 CR-100）を用いて反射色の測定を行った。測定の光源はD65を用い、スポット径は8 mmとし、1試験体あたり5点測定を行った。前処理を行った試験片について無処理の木材の測定値を基準として前処理後の色差を算出

した。

3 結果と考察

3-1 各処理による曲げ加工性評価

各種前処理を行った試験片の曲げ加工性評価での荷重-たわみ曲線を図2~4に示す。

いずれの前処理においても無処理と比較して同一荷重でのたわみ量が増加し、軟化する傾向が認められた。加水分解処理や漂白処理では、処理時間が長いほど軟化する傾向が確認されたが、アルカリ処理では今回実施した10 %と15 %濃度間での顕著な差は確認されなかった。また、今回実施した条件では、121 °C、13.9時間の加水分解処理と10 %と15 %濃度のアルカリ処理が大きく軟化した。

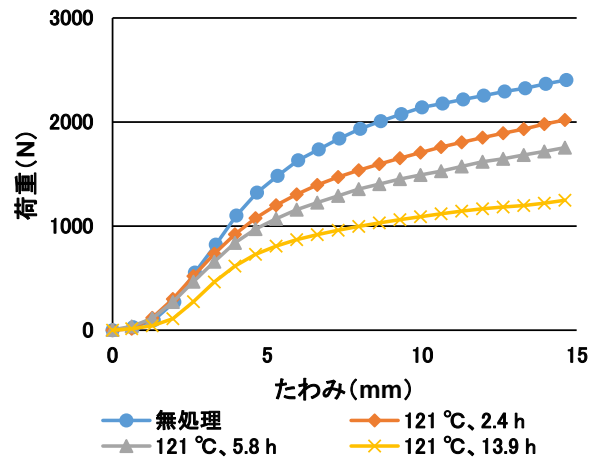


図2 加水分解処理試験片の荷重-たわみ曲線

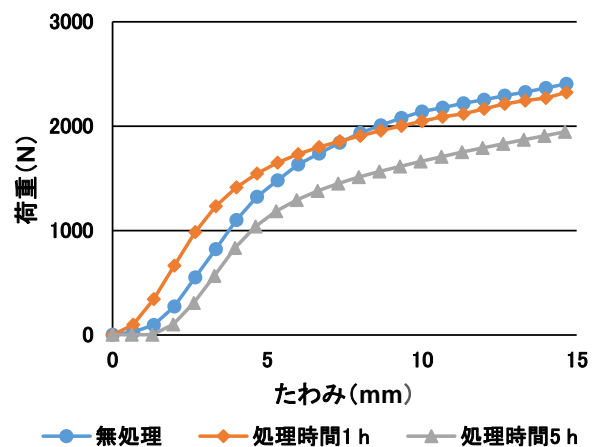


図3 漂白処理試験片の荷重-たわみ曲線

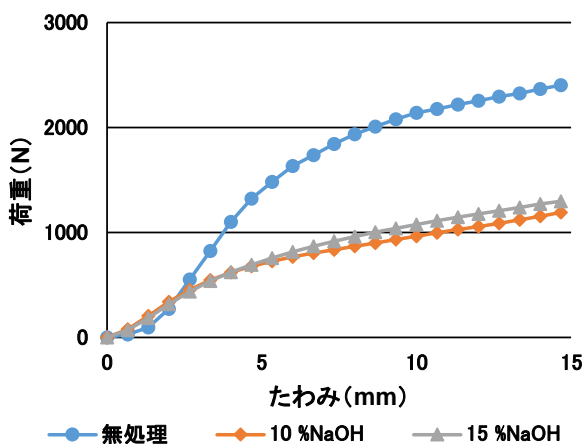


図4 アルカリ処理試験片の荷重-たわみ曲線

続いて曲げ加工性評価を実施した。評価後試験片の割れやシワなどの不良が発生せずに曲げ加工ができた確率を成功率として評価した結果を表2に示す。

表2 前処理条件毎の成功率と評価後試験片の様子

前処理方法	成功率	評価後試験片
無処理	0 %	
加水分解処理 121 °C、2.4 h	100 %	
加水分解処理 121 °C、5.8 h	33 %	
加水分解処理 121 °C、13.9 h	0 %	
漂白処理 処理時間1 h	0 %	
漂白処理 処理時間5 h	0 %	
アルカリ処理 10 %NaOH	0 %	
アルカリ処理 15 %NaOH	0 %	

評価後試験片を側面から撮影

曲げ半径150 mmの条件において、通常の曲げ木加工で実施されている無処理材では、曲面の外側に割れによる不良が発生した。前処理を施した試験片のうち、漂白処理、アルカリ処理でも同様に全ての試験片で引張り側に割れによる不良が発生し、曲げ加工性の向上

効果は確認できなかった。また、加水分解処理を行った試験片では121 °C、2.4時間の条件では全ての試験片で割れ、シワなどの不良が発生しなかったが、処理時間が長くなるにつれて成功率が低くなった。

加水分解処理での結果から、前処理による軟化処理が過剰な場合、強度が不足し割れが発生してしまうと考えられる。アルカリ処理についても同様に軟化処理が過剰であったと考えられる。

一方、漂白処理に関しては、評価後の試験体サンプルの断面を観察したところ、図5に示すとおり表面のごくわずかな部分しか漂白されておらず、処理が不均一であったと考えられる。薬剤を木材内部まで浸透させるためには、アルカリ処理で行った減圧加圧処理が有効であるが、漂白処理で発生する二酸化塩素に対応する必要があるため、処理を行うのが困難であった。今後、均一に処理可能な方法を検討し評価を行いたい。

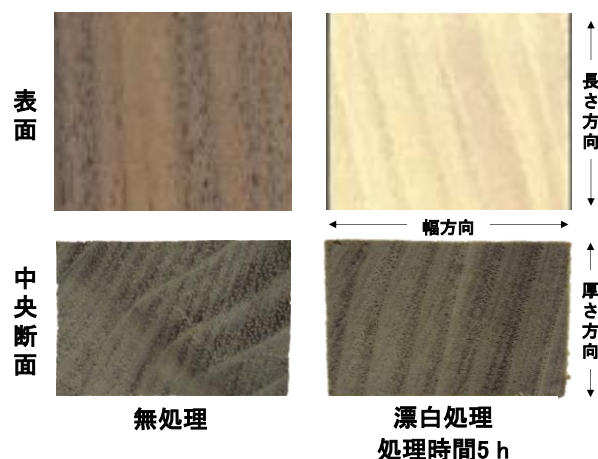


図5 無処理と漂白処理の表面および中央断面の様子

3-2 曲げ試験および色差測定

最も曲げ加工性が優れていた121 °C、2.4時間での加水分解処理について、強度および色味への影響を確認するために曲げ試験および色差測定を行った。曲げ試験の結果を図6に示す。無処理材と比較して121 °C、2.4時間の条件で加水分解処理を行った試験片では曲げ強さが16%程度低下することが明らかとなった。

これは加水分解によってヘミセルロースや酸可溶性リグニンの分解もしくは低分子化が進行しているためと考えられる。

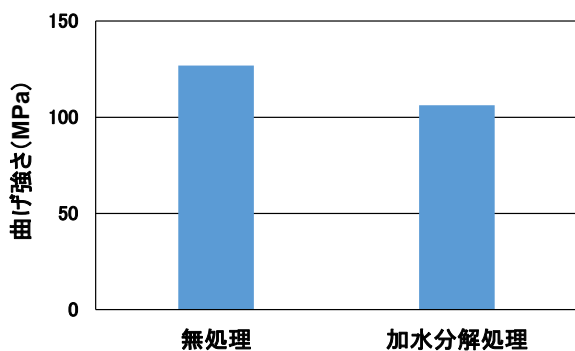


図6 加水分解処理による曲げ強さへの影響

続いて、前処理前後の色の变化について表3に示す。

表3 加水分解処理による色への影響

	処理前	処理後	Δ	色差 ΔE^*_{ab}
L*	52.4	48.0	-4.4	
a*	6.5	5.8	-0.8	4.9
b*	11.8	13.6	1.8	

加水分解処理によって、明るさの度合いを示すL*値が減少、すなわち暗色化する傾向が認められた。色相と彩度を示すa*とb*についてはほとんど変化せず、b*が僅かに増加、すなわち若干黄色味が増すことが示された。また、式1により算出される色差 (ΔE^*_{ab}) については4.9と比較的小さい値となった。これはウォルナット材が暗色の材であるためと考えられる。

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad \dots \text{式1}$$

4 まとめ

ウォルナット材に対し、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と化学処理について検討を行った結果、以下の知見を得た。

加水分解処理や化学処理を実施することで無処理材と比較して軟化することが認められた。

今回検討した条件の中では121℃、2.4時間の加水分解処理で最も曲げ加工性が向上した。

一方、加水分解処理を行うことによって、強度の低下や暗色化といった影響があるため、製品化の際には考慮する必要がある。

今後、ウォルナット材以外の材にも今回開発した前処理を適用し、影響について調査を実施したい。

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)