

木材を簡単に曲げる

- マイクロ波を用いた木材の曲げ加工法 -

京都大学木材研究所 則元 京

1. はじめに

普通木材はそのままではなかなか曲げにくいことはよく知られているが、蒸煮とか煮沸処理をおこなうと木材が軟らかくなることは、古くから経験的によく知られていることであり、このことを応用して木材を曲げる方法（曲木法）は、現在でも家具、楽器、傘の柄、工芸品などの湾曲部の加工に広く利用されている。

蒸煮や煮沸は、木材を曲げやすくする一つの条件であるが、こういった方法以外に木材を曲げやすくする条件はないものだろうか？ また曲がるということはどのような原因に基づくのだろうか？ これらのことについて、私が実験したマイクロ波を照射することで木材を曲げる方法を紹介しながらお話ししようと思う。

2. 木材が曲がりやすくなる訳は

写真-1に、マイクロ波照射によって、厚さ1cm、幅2cm、長さ70cmのテーダマツを、ラセソ状に曲げた例を示した。湾曲部の半径は約3cmである。乾燥した木材をこのように曲げることはまず絶対に不可能といってよいだろう。それは乾燥した木材だとその繊維方向に1~2%伸びるか縮めるかすれば、そこから破壊してしまい、せいぜい乾燥した木材だと半径が25cm程度になるまでしか曲げることはできない。しかし、反面、立木の枝を折ろうとしたときに、非常に粘り強くて、折れずに小さな半径まで曲げることができる経験を持つ人は多いだろう。この事実から、

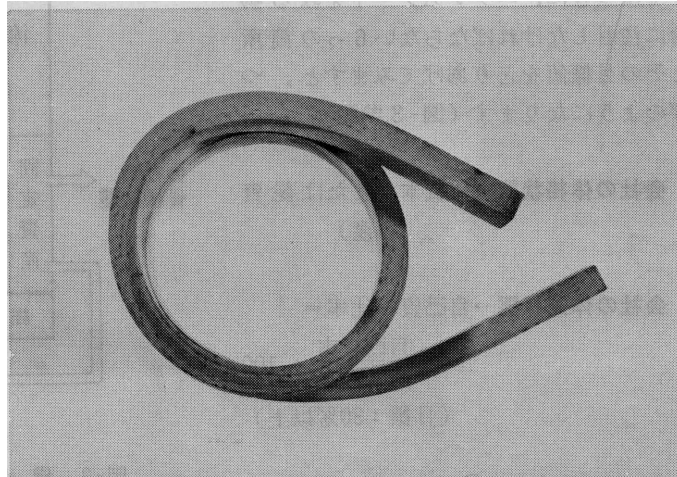


写真1 マイクロ波加熱によって曲げたテーダマツ
寸法：厚さ1cm、幅2cm、長さ70cm

水分が多量に含まれていると、木材はよく曲がるのではないかと想像される。このことを定量的に調べるために5cm角の繊維方向に長いウリハダカエデを、10cmの間隔で支持し、その中央に力を加えていったときの曲がりの増加の様子を調べたのが図-1である。

図の上段の常態は乾燥状態（温度20度、含水率11%）、中段は20度の水につけたもので飽水状態、さらに下段は約100度のお湯につけた温度の高い飽水状態の結果を示す。力を加えていってこれらのサンプルが破壊してしまうときの曲がりぐあいは、常態のものが約0.7cm（イ）、20度の水につけたものは約1.1cm（ロ）、100度のお湯につけたものは約1.5cm（ハ）で、（ロ）は（イ）の約1.6倍、さらに（ハ）は（イ）の約2.1倍にも達していることがわかる。この（イ）と（ロ）の実験の比較から、木材は乾燥した状態よりも水を多量に含んだ状態の方が曲がりやすくなること

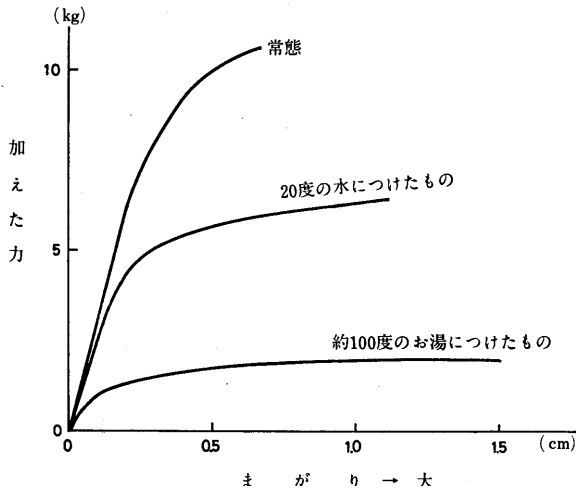


図-1 少ない力で木材をよく曲げるには煮沸した方がよい
〔材料；ウリハダカエデ，形状5×5×100mm〕

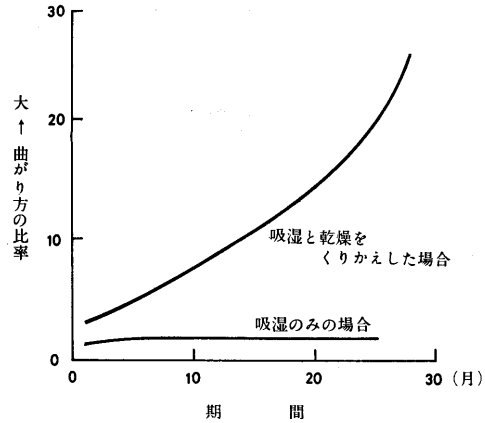


図-2 同じ力を加えても吸湿と乾燥をくり返えしながら力を加えた方がよく曲がる
(材料；ブナ)

が分かるだろう。

これは、あまり良い例ではないかもしれないが、沢山の通直なガラス繊維を接着剤(たとえばヤマト糊)でくっつけた状態を考えてみよう。乾燥しているときはカチンカチンだが、水を多量に含んだ状態とは、この接着剤の接着力が水のために弱まって、剛直なガラス繊維全体が少し曲がりやすくなったことを意味し、さらに(ハ)の状態は温度をかけることによってガラス自体が軟化してより曲がりやすくなったと考えればよい。

木材はその構造・成分など非常に複雑なものであるが、一時に、多量に水が存在し、かつ温度が高いと曲がりやすくなるが、この曲がった形をそのまま固定するためには、さらに曲げたまま乾燥するという操作が必要になる。これは水分が抜けていく過程で木材が急激に可塑性を増して曲がり固定されるためである。たとえば、本棚の木製の棚板が、のせてある本の重みで長年の間に著しくたわんでいる場合がよくあるが、このたわみは試験室でおこなった曲げ強さの測定の際のたわみよりはるかに大きい時があるが、この時にのせてある本を取り除いてもほとんどもとはもどらない。この原因は前述のように棚板が乾燥してゆく途中で木材自体の可塑性が出て本の重みに釣

釣り合って固定してしまったからである。

図-2は、それに関連した実験例で、同じ一定の力を加えても、吸湿と乾燥をくり返えした方が曲がりがだんだんと大きくなり、ついにはくり返えさない場合の20数倍も曲げることができることを示している。

以上のことを総合すると、木材をよく曲げるためには、多量の水を含ませて高温に保って曲げ、そのまま乾燥して乾燥の過程で生ずる可塑性を有効に利用してこの操作をくり返えしてゆけばよいことになる。

3・マイクロ波照射が曲げ加工に有利な訳

図-3では、発熱量は使う周波数の大きいほど、また含水率の高いほど大きいことが分かる。高周波加熱、マイクロ波加熱をまとめて誘電加熱といっているが、高周波加熱の場合には13.56, 27.12および40.68メガヘルツ、これに対してマイクロ波加熱の場合には、915, 2,450および22,125メガヘルツであるから発熱量はマイクロ波加熱の方が高周波加熱に比べて桁はずれに大きいことが分かる。このことはエネルギー効率や乾燥速度にも関係があるので重要なことである。ただし、22,125メガヘルツより高い周波数になると、含水率の高い木材ブロックの乾燥には不適當である。その訳は、電波の吸収が大きすぎて、電波の木材内部へ

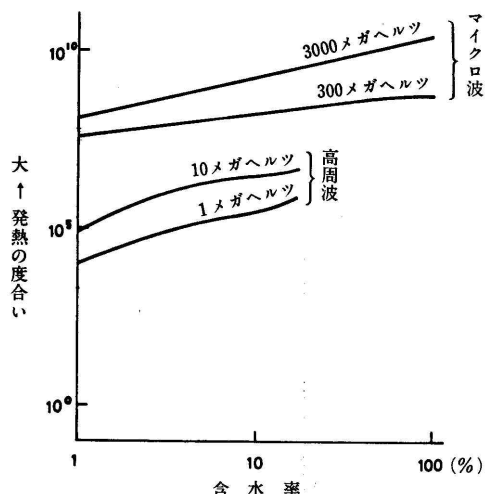


図-3 周波数(ヘルツ)の大きいほど、また含水率の高いほど発熱の度合いは大きい
(材料; シナノキ)

の浸透探さが極めて小さくなるためである。
飽水状態の木材に高出力のマイクロ波を照射すると、木材の内部から加熱されるので、普通の木材乾燥とは反対の含水率分布になる。

図-4は、周波数2, 450メガヘルツ, 出力100V, 600Wのマイクロ波を照射した場合の曲がりと含

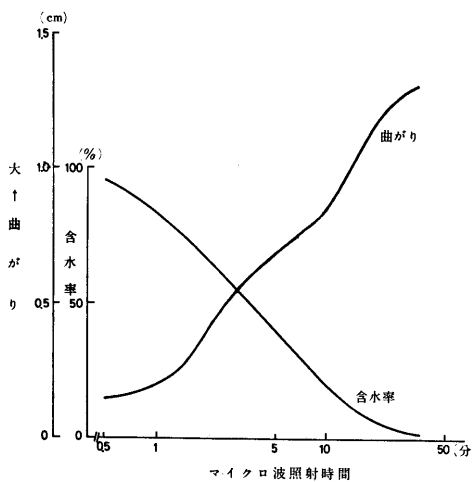


図-4 生材にマイクロ波を照射すると曲げと乾燥が同時にできる
(材料; エソジュ; 寸法3×3×100mm)

水率の時間ごとの変化を示したもので、曲がりは照射時間と共に2段階に分かれて大きくなることを示している。最初の曲がりの増加は木材の成分の温度上昇による軟化によるものであり、2段目の曲がりの増加は乾燥過程における可塑性が大きくなったことによる。木材の種類、寸法あるいは照射するマイクロ波の出力によって、上述の二つの曲がりが見掛上は一つになって出ることもある。樹種によっては、乾燥過程の可塑性にもとづく曲がりの方が、木材成分の教化による曲がりよりもはるかに大きいことがある。

マイクロ波加熱を木材の曲げ加工に用いる場合の利点として、短時間のうちに、木材成分を軟化させること、木材の含水率の分布が曲げるのに都合のよい、内部から先に乾いて周辺部でつねに高くなるので、乾燥過程に生ずる可塑性を有効に利用できること、電極を必要としないので、形は任意でよいこと、エネルギー効率が高く、短時間で曲げ加工と乾燥とを同時におこなえることがあげられる。

4. 曲げ加工が樹種によって違うこと

長さ(繊維方向)70cm, 幅(板目)2cm, 厚さ(柾目)1cmの吸水させた木材の試料を、出力200V, 2.4kW, 周波数2, 450メガヘルツのマイクロ波加熱装置に入れ、試料表面から水蒸気発生が著しくなる1~2分後に取り出し、半径が15cmの木製円盤に沿って曲げ、つづいてその形状を保った状態で再びマイクロ波を照射し、以後同様の操作を何回かくり返して、半径10, 7, 5および3cmの順に小さくして、曲がり方を調べた結果を紹介する。

針葉樹, 日本産広葉樹, 南洋材に分類すると、一般に、日本産広葉樹が最も曲げやすく、南洋材が曲げにくい。日本産広葉樹のうち、ハリエンジュ, クワ, エゴノキ, ヤナギ, ホオノキ等は曲げやすく、このうち、ハリエンジュは写真-2のように、しわや割れなしに、半径を3cm以下に、またその他のものは半径を5cm程度にすることができ。カバ, アカシデ, プナ, カツラ等はや

や曲げにくく、半径は7cmくらいである。針葉樹ではテーダマツが曲げやすく、写真-1に示すように、半径を3cm以下にすることができる。シトカスプルーも比較的曲げやすく、半径を7cm程度にすることができる。ヒノキ、アスナロ、アカマツは半径を7cm、ウエスタンヘムロックは半径を10cm程度に曲げることができるが、圧縮によるしわがよる。一方、セコイア、ダグラスファーおよびメタセコイヤでは、半径を15cmにすることもむずかしかった。南洋材では、シウリが比

較的曲げやすいが、ラワンは曲げにくい。なお、いったん、曲げて乾燥、固定したものをまた吸水させ、再びマイクロ波を照射して曲げると、さらに半径を小さく曲げることが可能になる。したがって、曲げ加工の困難な樹種については、くり返し前述の操作をおこなうことが必要であろう。このように樹種による曲がり具合のちがいの原因についてはまだ不明なところが多い。

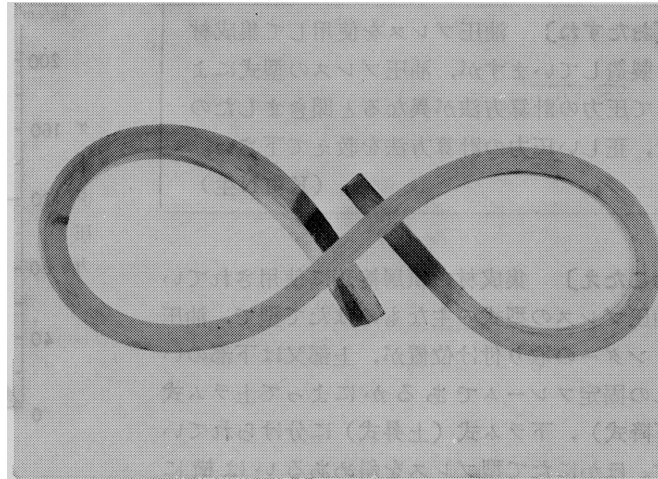


写真2 マイクロ波加熱によって曲げたハリエンジュ
(寸法：厚さ1cm，幅2cm，長さ70cm)

以上、紹介したマイクロ波照射による木材の曲げ加工の研究は、はじまったばかりであり、これからの研究の展開が望ましい。

お断り 当稿は則元先生から戴いた原稿をもとに、編集者が書き替えたものであり、文責は編集者にあります。