



圧密木材の話

～木材の不思議な変形～

江越 航

1. はじめに

最初に、右の写真をごらん下さい。これは木で作ったキューピットの矢の置物です。ハートと矢を別々の木材で作っておいて、ハートの中央に開けた穴に矢を通してあります。さて、どのようにして穴の中に矢を通したのでしょうか。もちろん、一旦切って後からつなげた訳ではありません。実はこの置物は、木材が変形・回復するという性質を巧みに利用して作ったものなのです。

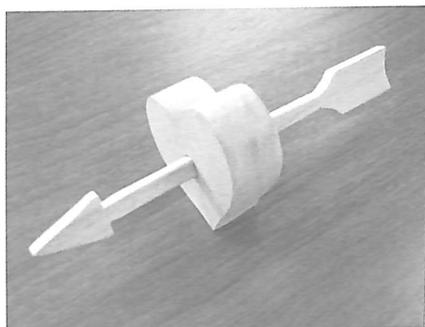


写真1：キューピットの矢

2. 森林の減少

近年、世界的な森林資源の枯渇により、私たちが家具や住宅部材などに使用するための優良な木材も減少しつつあります。代わって、植林木の利用が増えてきました。木材は他の資源と違って、再生することが可能という大きな特徴を持っています。つまり切った分だけ新たに植えることで、森林の破壊を防ぐことができます。また植林された木材は大気中の二酸化炭素を吸収し、形を変えて炭素を自分自身の中に蓄えます。そのため植林は、地球温暖化の防止にも有効と言えます。しかし一般に植林木として植えられている木材は成長が早い樹種が多く、その分比重が小さく軟らかいという傾向があります。そのため家具や住宅の内装材料としては使用しにくいという面もあります。

一方、日本の山には戦後の造林政策により植えられた杉が多くあります。しかし価格の安い輸入材や木材に代わる資源の台頭によって、間伐等の手間がかかり高コストの日本の杉は敬遠されるようになってしまいました。そのため林業技術者は減少し、日本の山林は放置されてしまっています。また杉材は軽くて強いため、構造材料として利用するには有効ですが、表面が軟らかいことから美観も重視される内装材料には使いにくいという欠点があります。

植林木も日本の杉も、軟らかく傷つきやすい点はその使用を難しくしています。しかし木材は住宅部材など最終製品に至るまでに要するエネルギーが小さ

く、また燃えたり腐ったりしない限りその内部に炭素を蓄え続けます。そのため環境保護の面からもとても有用な材料です。植林木等のこうした比重の小さい軟質材の用途を拡大することができれば、より有効に木質資源を利用できることとなります。

3. 木材の性質

一口に木材といっても、さまざまな種類のものがあります。最も軽い木材はバルサと呼ばれるもので、比重は0.17程度しかありません。一方、世の中には比重が1を越え、水に沈む木材もあります。木材は中空の細長い細胞がたくさん集まって出来ているため、木材中には多くの空間があります。しかし実際に木材を作っている材料の部分の密度については、樹種に関わらず約1.5[g/cm³]であるといわれています。つまり木材の重さの違いは、その中にどれだけ空間が含まれているかで決まります。そして木材の性質も、主にその比重によって決まります。

右の図1はさまざまな樹種について、その比重と硬さを測定した結果です。ちなみに木材の硬さ測定方法は、表面に直径10mmの鋼球をおいて、一定の深さまで圧入するのに必要な力で表し、数値が大きいほど硬いことを意味します。この図を見ると、全体的に比重と硬さは比例関係にあることが分かります。つまり軟らかい木材も何らかの方法で比重を上げれば、硬くなることが期待されるわけです。

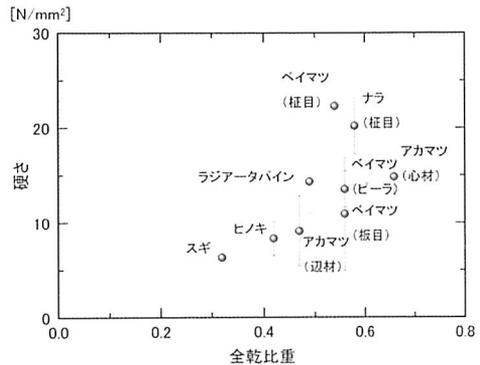


図1：木材の比重と硬さ

4. 曲げ木

木材は、金属のように延ばしたり溶かしたりして加工することができません。木材も金属のようにいったん溶かして型に入れ、冷えて固めて目的の形状にすることができるなら便利ですし、実際、木材の液化ということも研究されていますが、なかなか実用にはなりません。そのため、木材で複雑な形状のものを作成するには工夫が必要となります。

木材を樹木から必要な形状に加工する方法として主なものは、切削または接着が挙げられます。切削は刃物により不要な部分を削り取る加工法であり、接着はいくつかの部材をつなぎ合わせて目的の形にするものです。

しかし例えば椅子の足のように曲線状の形のものを切削加工により作成しよ



うとすると、無駄になる部分が多くなり、大変もったいないです。また木材は力を加える方向により強度が大きく異なるので、切削加工により曲線を作成すると場所によって部材の強さが異なってしまいます。

こうした家具の曲線状の部材を加工するための方法として、曲げ木というものがあります。通常乾燥した木材は力を加えると折れてしまいますが、木材は熱と水を加えると柔らかくなるという性質を持っています。そこで例えば沸騰水中に木材を入れて、十分に加熱するとともに水分を含ませると変形しやすくなります。このように柔らかくなった木材に力を加えれば、ある程度の変形が可能になります。さらに力を加えて変形させたまま乾燥させると、乾燥後は力を抜いてもその形状で固定したままになります。

5. 木材の変形の仕組み

木材は中空の細長い細胞がたくさん集まって出来ています。下の図2は木材の断面を拡大して見たときの模式図です。白いところが細胞壁と呼ばれる部分で、黒い部分は中空になっていることを現しています。木材を圧縮すると細胞壁が折れ曲がり、中空の部分がつぶれることで体積が小さくなります。杉のような軽い木材で細胞の横方向に力を加えた場合、3分の1から4分の1程度ま

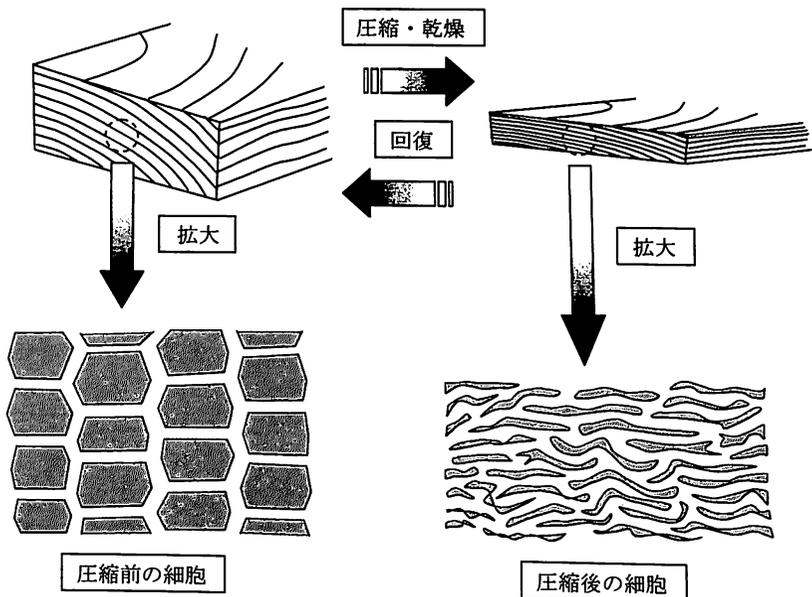


図2：木材の変形・回復

で圧縮することが可能です。このまま乾燥させると、その位置で細胞壁が固定されます。これは、木材を作っているセルロース等の物質には水酸基と呼ばれる部分があり、乾燥した状態では水酸基同士が水素結合により結びついているためです。

こうして変形した木材は、乾燥した状態ではそのままの形を保ちます。しかしこの木材に水分と熱を加えると水素結合が切れ、内部にたまっていたひずみによって再び細胞壁が元の形に戻ります。そのため全体の形もほぼ圧縮前の形状に戻ってしまいます。つまり変形した木材は、まるでインスタント食品のようにお湯をかけると元に戻るといふわけです。

6. 圧密加工

曲げ木の方法と同様の原理を用いることで、木材の比重を上げる加工を行うことができます。それが木材の圧密加工です。圧密加工とは水と熱を加えて軟らかくなった木材を圧縮し、そのままその形を固定させたものです。圧縮すれば当然比重は上がります。また先ほども述べたように、木材の比重を上げることができれば、表面の硬さも硬くなることが期待されます。このため圧密加工は、低比重の木材の性質を高級な木材のように変化させる、非常に有用な技術と考えられています。

しかし圧密木材は変形が一時的に固定された状態にあり、水分と熱を加えると元の形に戻ってしまいます。そこで圧密木材を実際に使用する場合には、使用時の変形を防止することが重要な課題になります。このための方法としては、樹脂を木材中に含浸させて硬化させる方法や、熱処理や水蒸気処理を行って木材内部に残る応力を開放する方法が検討されています。

7. 圧密加工の実例

圧密加工は木材内部に水や熱を加える必要があるため、加工に要する時間が長く、また多くのエネルギーも必要とします。この加工法を実際の製品に使う場合、これがコスト高の要因となります。そこで、表面圧密という方法を考えてみました。これは木材全体でなく、部材の表面層のみを圧密する加工です。表面のみを圧密するのであれば加工時間を短くすることができます。また圧密加工は材料を縮めて小さくしてしましますが、表面圧密であれば加工による材積の目減りが少なく済みます。

ニュージーランド松という木材を使って、実際に表面だけを圧密加工してみました。熱圧プレスにより材料の片面を加熱することで、表面だけを1.5[mm]から5[mm]ほど圧縮して、サンプルを作ってみました。

図3は、表面圧密した木材の硬さを測定した結果です。ばらつきも大きく、必ずしもはっきりとした結果は得られていませんが、圧密量が大きくなるにつ



れて、硬さが大きくなる傾向にあります。図4はデュロメータと呼ばれる機器を使用して硬さを測定した結果です。デュロメータとはゴムなどの硬さを測定する際に用いられる装置で、測定試料の表面に針を押し当てて硬さを評価するものです。この結果は、表面の圧密量が大きくなるにつれて、硬さも大きくなっていることを示しています。図3の木材の硬さ測定に使った鋼球を押し当てて測定する方法は、へこみに対する抵抗性を測定することに相当し、図4のデュロメータによる方法は、傷に対する抵抗性を測定していることに相当すると考えられます。表面圧密により加工した木材は、へこみのように表面の広い範囲に荷重が加わるような場合は、内部の圧密されていない部分の影響が大きく効果が少なくなっていますが、引っかき傷に対しては確かに強くなっていると言えます。この技術は特に住宅のフローリングを作るのに使えそうです。

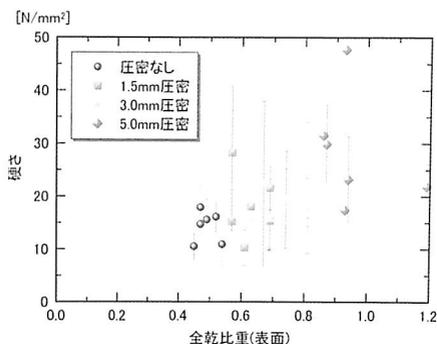


図3：圧密木材の表面比重と硬さ

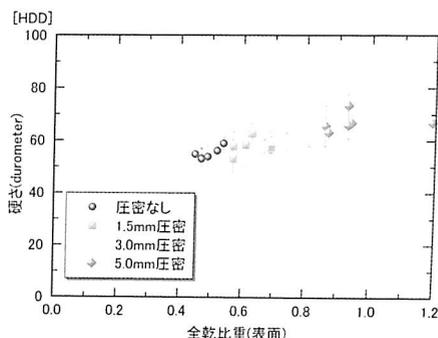


図4：デュロメータによる硬さ

8. キューピットの矢の作り方

さて、ここまでお話したら、写真1にあったキューピットの矢のつくりかたも、おわかりになるのではないのでしょうか。今までの話をまとめると、木材は水を十分含ませて加熱すると、柔らかくなり、変形しやすくなります。変形させた木材を乾燥すると、変形がそのまま固定されます。さらに、この変形は水分と熱を加えると元の形に戻ります。

キューピットの矢も、この原理を利用して作ったものです。最初に矢を右の写真2のような形状に作っておきます。この矢の先端部分をお湯に浸して加熱することで、柔らかくします。そうするとプレスなどを利用すれば、先端を押しつぶすことができます。さらに押しつぶしたまま乾燥させることで、その状態のまま固定されます。写真3はこのようにして押しつぶして乾燥させた結果

です。このような形であれば、写真4のようにハートに開けた穴の中を矢が通ります。この後、写真5のようにお湯につければまた先端部分が膨らむという訳です。乾燥した後、先端の形状を写真6のように整えれば、キューピットの矢の完成です。

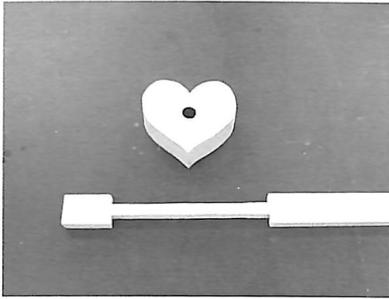


写真2：最初の形状



先端を圧縮

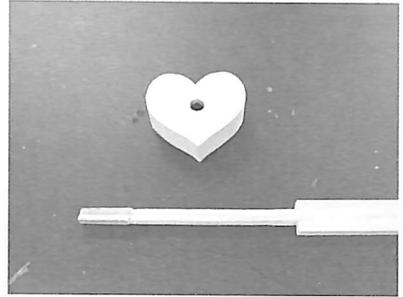


写真3：圧縮後の形状

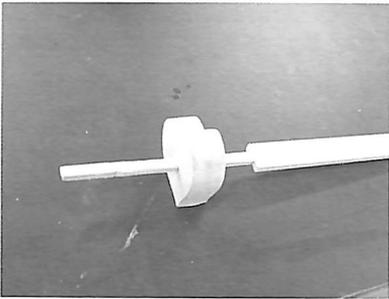


写真4：矢が通る！

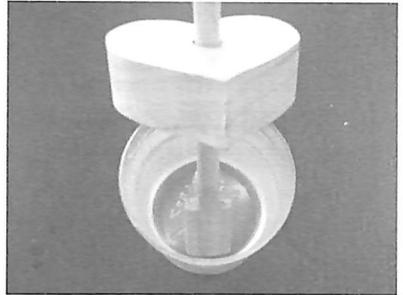


写真5：お湯につけると膨らむ

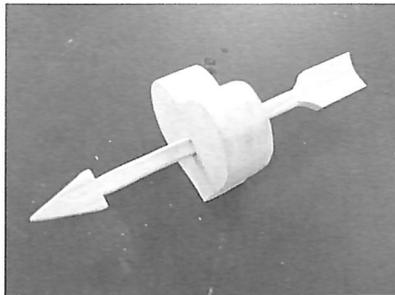


写真6：先端の形状を整えて完成

参考文献

- 1) 日本木材学会編 (1995)：すばらしい木の世界、海青社
- 2) 井上雅文 (1995-10)：圧縮木材の製造技術、APAST、No.17、5-9
(えごしわたる：科学館学芸員)