

生物材料加工学実習における加工技術

田所 千明

筑波大学生命環境科学等技術室（農林工学系）

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

生物材料加工学実習は生物資源学類・環境工学コースの専門科目Ⅱにある。中学校技術家庭科教員を目指す学生や生物材料分野に関心のある学生が受講しており、技術的な指導を主に技術職員が担当している。

実習は木材を材料とし、手工具を中心に加工を行っている。木材の様々な性質を、木材を加工することで理解し工具の仕組みや扱い方を学ぶ。今年度（平成20年度）は調理台（足付きまな板）と卓上トレイを製作した。

キーワード：木材、加工、技術

1. はじめに

生物材料である木材は、伸長成長と肥大成長を続けながら細胞の数を増やしていく。それらは育つ環境により様々な影響を受け蓄積されていくために、多種多様な個性が潜在している。木目や年輪に適応した加工が行われているが、材内部にも様々な性質があるため、材料の見極めと加工方法・工具の検討および選択が必要である。この木材と加工技術および工具との関係を、生物材料加工学実習を素材に述べる。

2. 木材の性質

木材は異方性の材料である。長さ1~5 mm前後の細胞が鉛直方向に重なりながら上方に長く成長する（伸長成長）。直径約0.01 mm程の細胞が横に増えて太くなる（肥大成長）。また、中心部から外に伸びて養分等を運ぶ放射組織もある。主にこの3方向の細胞の違いにより木材独自の性質（異方性）が生まれる。木材は大きくなるに従い、外部から様々な

影響を受ける。茂った枝葉に掛かる重力や風に対抗する為に木材内部の鉛直・水平方向に応力を発生させる（成長応力）。そのため、丸太を鉛直方向に切断した場合は、樹皮側に反り、円周方向に縮む。また、枝の発生、育つ地形や気候等により細胞の組織や木材成分が変動する。また、季節による細胞の成長量の違いから年輪等が出来、密度の差が生まれる。

これらが複雑に関係した細胞組織により形作られる木材は、他の材料には見られない特殊な加工が必要である。また、円筒形である木材を加工して得られる直方体（柱や板）の各面にも、様々な細胞の配列があり、色々な性質が現れる。

木材は水を吸収して成長する。材料となった後も水および水蒸気による影響を常に受けている。繊維方向（伸張方向）、放射方向（放射組織の方向）と接線方向（材円周に対して）は水分に対する反応が異なる。膨潤・収縮の違いはそれぞれ1:5:10である。また、乾燥により木材は木表側に反る。常温で平衡状態になるまでよく乾燥させることが必要である。

3. 手工具

3.1 種類

木材を加工する工具は大まかに、刃物工具（切断・削り・穴あけ・けがき）、その他（叩き用、定規類・圧縮具、等）である。

3.2 のこぎり

切断用工具であるのこぎりは、繊維方向に切断する縦びきのこぎりと繊維を横に切断する横びきのこぎりがある。縦びきのこぎりは、つながりあった細胞をかき出すように切断し、切り屑は繊維が絡まりあった状態になる。歯先は平行で、歯の大きさが手元側で小さく、先に行くほど大きい。従って手元側でひき始めると引き始めの抵抗を小さくすることが出来る（図2）。硬い晩材やあて材等の影響を受けやすく、のこびき途中でのこ身が曲げられ、のこびき抵抗が増したり、目的の形状に加工することが難

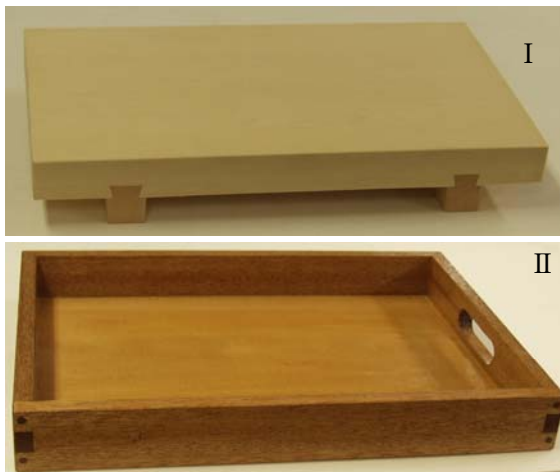


図1. 製作例

I：足付きまな板、II：卓上トレイ

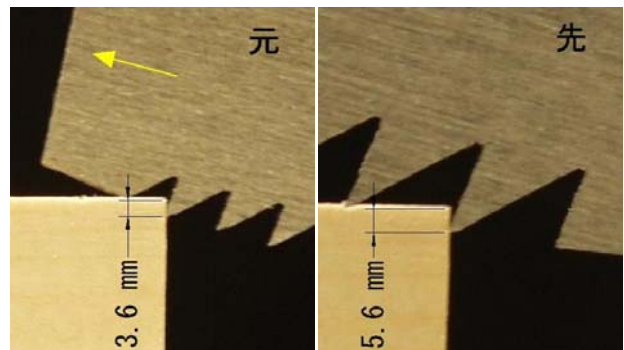


図2. 縦びきのこぎりの切削量の違い

しい。また、成長応力により切断した材料が途中で締まり、のこぎりが挟まってしまうことがある。

横びきのこぎりの歯は、管状の細胞を横に切断するため、歯先は鋭くナイフ状をしており、切り屑は粉状になる。また、縦びきのこぎりと違い細胞組織の影響を受けることは少ない。歯の大きさは元も先も同じである。

3.3 かな

かなは木材表面を削り、目的の形に加工する工具である。目的とする形にあったかな台とその刃がある。

平かなは平面を作るためのかなであり、その加工精度とそれを生み出す機構は精密である。非常に薄いかなくず（ミクロン単位）を連続して出すことが出来るかなは、かな台下端のゆがみが、かな屑の厚さよりも非常に少ない量でなければならぬ。この下端面と刃先の距離は、パソコンに用いられているハードディスクドライブ装置の、高速回転する円盤と読取ヘッドとの距離と同程度であると言われている。

このように、精密さが必要な平かなによる加工は、削られる板およびそれを支える支持台の平面の正確さも必要である。中央がかな刃の出より凹んだ板は削れない。表裏面とも平面な板でも支持台が凹んでいては削れない。中央が凸状の板および支持台が削りやすい。

3.4 定規類（けびき（図3））

木材加工における加工位置は、定規に沿って刃物や鉛筆で記される。その刃物にはけびきやしらがきがある。けびきは定規板と刃を接合したさおにより出来ている。さおは定規板に開けられた穴に取付けられていて、定規板と刃の間隔を自由に変える事が出来、一定の間隔の線（溝）を引くことが出来る。種類には、すじけびき、かまけびき、割りけびき等がある。すじけびきの刃は片刃で、切れ刃面が定規板と相対し、裏刃が垂直な平面になっている。切れ刃面が傾斜しているために、板に深くけびき線を引こうとすると板から押返されるため、定規板が板側に引き寄せられ、刃先と木端面との間隔を一定に保つことが出来る。しかし、晩材や逆目等複雑で硬さの変化する場所にけびき線を引こうとすると、硬い部分が切れずに柔らかい側に刃先が動いてしまう。その結果、定規板と材料の間隔が空いてしまい正確なけびき線が引けない。そのため、正確にけびき線を引くには、刃先で硬い部分をよく切りながら、繰返し筋を付け、徐々に食い込ませなければならない。

刃が一定の深さまで材料に入ると裏刃面側に微小な平面が出来る。これを基準とし加工することにより正確な加工が可能となる。

3.5 木殺し（図4）

木材加工における接合の基本は、木材同士が互いに圧縮された状態で接合することである。そのためにほぞ（オス）をほぞ穴（メス）よりも大きい幅に加工し、増分を玄能で叩き（木殺し）ほぞ穴に差し入れる。この増分は木材の密度により変わる。高い密度の材は少なく、低い場合は大きくなる。また、

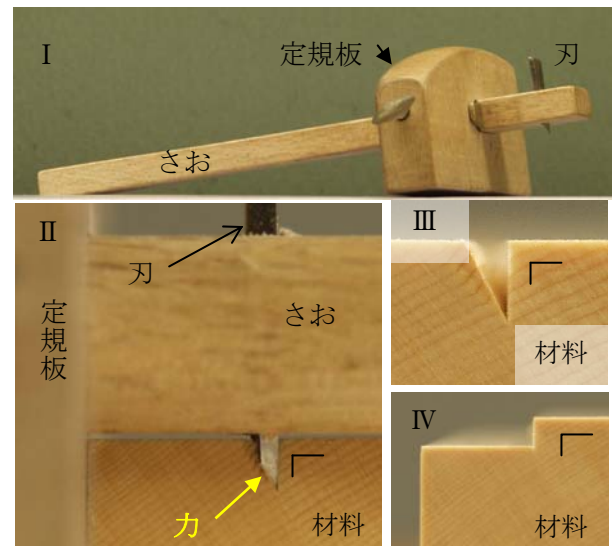


図3. すじけびき

I：すじけびき、 II：けびきの様子
III：けびき跡、 IV：加工例

低密度材の中でもへタリが出やすいものがあり、その場合はより大きく増分を取り、馴染ませながら接合させる。木殺しされた細胞組織は細胞壁が曲がり互いに密着するが、吸湿等で徐々に回復する。

3.6 胴付き（図5）

胴付きは木口断面と他面との接合部をいう。この胴付きが隙間無かつ、ほぞがきつく入った状態が良い接合である。木口面の仕上がりが重要で、丸のこ盤で加工しただけではきれいには仕上がらず、わずかに隙間とバリが見える。良く切れる刃物による加工が必要である。

4. 加工

4.1 足つきまな板（図6）

調理台は二本の足を持つまな板で、主に鮎屋で盛

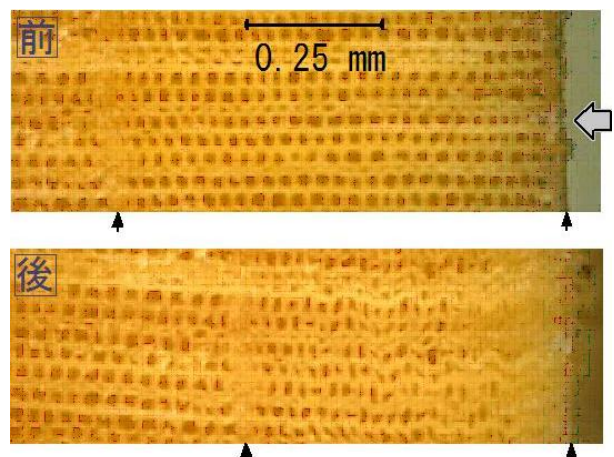


図4. 木殺しの様子（木口面：ベイヒバ）

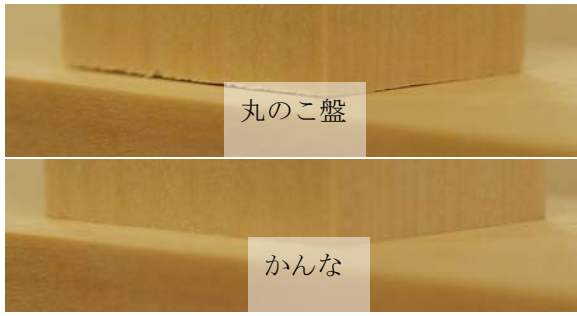
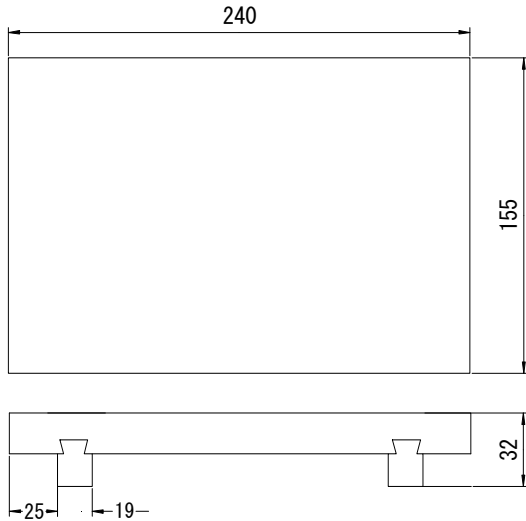
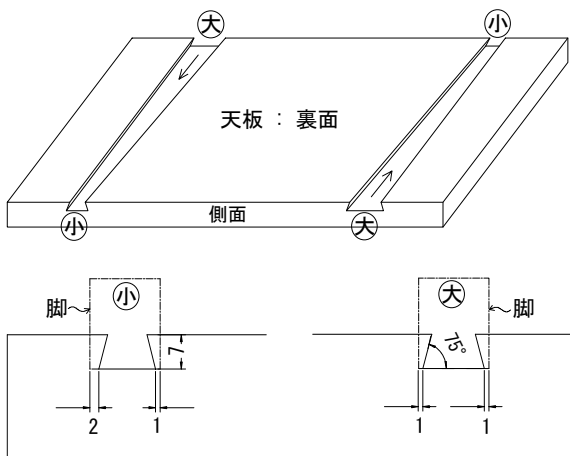


図 5. 胴付きの違い (ベイヒバ)

り台として使われている。大きさは 270×160×38 mm で樹種はベイヒバである。足を吸い付き棧と言われる方法で接合したまな板である。アリ型断面を持つテーパ状に加工したオス(足)とメス(台)を叩いて嵌め合わせる。はじめに、メスの溝を作り、それに合わせてオスを加工する。メスのテーパ状に加工した溝の大きい端部からオスの幅の狭い端部



・まな板寸法 (mm)



・吸い付き棧：アリ溝の詳細

図 6. 足付きまな板の寸法と詳細

表 1. 足付きまな板の加工工程

工程	作業	工具
平面加工	かなながけ	平かな
メス 墨付け	けびき加工	すじけびき
" 溝加工	のこ引き、のみ加工	あぜひきのこぎり、のみ
オス 墨付け	けびき加工	けびき
" 足加工	かなながけ	きわかんな
接合		玄能
整形	かなながけ、面取り	平かな

を差し入れる。きつく接合するために、オスを手で押し込んだ場合、残り 1/4 位まで入るようにオスを削る。その後、玄能で叩いて徐々に入れ、互いの様子を確認しながらオス・メスをなじませる。そして、不具合箇所を修正し、反対側に足の端部が出るまで入れる。なお、足と台は木材の繊維方向が異なるため、水分による膨潤収縮の割合が異なる。そのため、乾燥や吸水で足が出張ったり引っ込んだりする(図 7)。作業の工程を表 1 に示す。

4.1.1 平面検査 (図 8)

板を平面に加工しても、乾燥や応力の緩和により時間の経過とともに反ってしまうことがある。平面を調べるために、かどが鋭角で幅の狭い(約 10 mm)板を用いて検査をする。まず、検査をする板の面の上に検査用板を乗せ、検査板の片側を軽く持ち左右に往復させる。高い場所がある場合はその場所を中心に検査板が回転する。中央が低い(両端が高い)場合は手と反対側の端部近くを中心に回転する。同様に検査板の反対側の端部を持って同じ場所を検査する。検査する面が平面の場合は、回転の中心となる所が無いために検査板は回らない。検査板のかどと板との接する面積が増え摩擦抵抗が増えるため、検査板が引きずられた状態になる。まな板のメスの溝の平面を調べる場合も同様にする。

4.1.2 墨付け

メスの墨付けは、まな板裏面上に足となる板を左右均等で並行に 2 本のせ、まな板側に鉛筆で印を付ける。次に、木端(こば)面にアリ型の墨付けをする。まな板の鉛筆線を基に直角定規で木端面に垂線を鉛筆で引く。この鉛筆線は、実際の足の幅よりも



図 7. 足付きまな板の膨潤と収縮
I : 気乾、 II : 水着け、 III : 乾燥

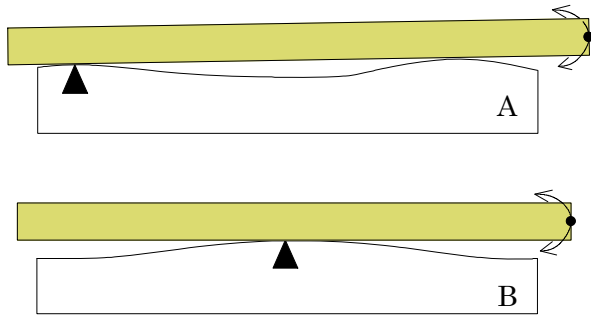
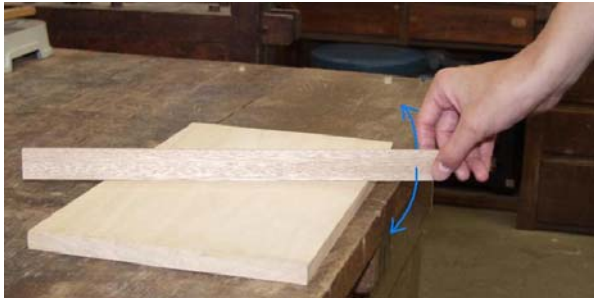


図 8. 平面の検査
A：中央が凹、B：中央が凸

鉛筆線の幅分だけ大きいので、裏面の鉛筆線の幅の内側を鉛筆の外側になるように木端に引く。次に、木端面に筋けびきを用いて溝の深さ分（オスの高さと同じ）の線を薄く引く。この線と鉛筆線との交点より 1 mm 離れた内側で、けびき線上に鉛筆で印を付ける（あぜひきのこぎり作業での曲がり過ぎを見越した長さ）。この 2 点からけびき線を基に 75° と 105° の角度を持つ鉛筆線を上側に引き、下方に広い台形を書く。その 2 本の木端面のかどにある鉛筆線より、裏面に木端面を基準に垂直を引く。その垂線と反対側の木端面とのかどに出来る交点の、どちらか一方の点から 1 mm 内側に点を記す。その点とはじめの木端面かどの点を鉛筆線で結ぶ。一方は板と平行でもう一方は先に行くほど間隔が狭くなる線（テーパー）が引ける。その線より反対側の木端面にもはじめの木端面と同じ台形の形の線をけびき線まで引く。最後に台形の底辺の長さ分だけけびきを用いて深く引く。

オスはメスの溝に合わせて加工するため、墨付けはしない（4.1.5 参照）。

4.1.3 あぜひきのこぎり

あぜひきのこぎりは、のこ身が卵型をしていて歯先が湾曲している。自由なのこぎりびきが出来た反面、一定の平面を作ることが難しい。正確な平面加工をするためには、ストロークを長くし、出来るだけ長い時間のこびきをする。

4.1.4 メスの溝加工

あぜひきのこぎりを用いて木端面の 75° の墨付け線に沿ってのこびきし、けびき線まで切る。他の墨付けをした溝も、のこびきする。次に、のみを用いて溝となる部分を削る。溝の端より溝幅中央のみに置き、手前に向かってのこびき線まで削る。そして、他端まで同様に削る。次に、板を反対向きに

して同じ作業を繰り返すと、溝の中央部が山形になる。この山を同様に削っていく。おおよそ平面になったら突きのみを用いて、より平面に削る。初めは表刃を下にした状態で削り、仕上げに裏刃を使って薄く削る。のみは片刃なので、裏刃を平面に沿わせて押すと板に食い込みやすい。

4.1.5 足のオス加工

はじめに、メスの溝の深さと同じ幅の筋けびきで長さ方向に深く筋を入れる。次に、きわかなで長さ方向にメス溝の傾斜と同じ角度になるように削る。時々角度を確かめながら削り、メス溝端部の大きい部分よりも少し大きめになるまで、足の両側を同量削る。次に、一方だけを斜め（テーパー状）に削る。はじめに先端部分だけを少しずつ削り、徐々に終端近くまで平面になるように削る。そして、オスの幅の狭い端部が、メス溝の幅の狭い端部よりも少し大きくなるように加工する。

きわかなで斜めに削っていくと、隅に削り残りが出来る。これを削り取るには、のみの裏刃面をオスの斜面に置き、のみの角を使い、滑らせるように削り取る。このとき、のみの表と裏刃面を親指と人差し指で挟み、中指を木端面に密着させて移動しながら削る。

4.1.6 破壊の見極め

オスとメスの嵌め合いがきつ過ぎると、玄能で叩き入れている途中で、オスまたはメスが破壊する。これを防ぐために以下のことに注意する。嵌め合いが極限まできつくなると、玄能を持つ手に叩いた衝撃が大きく伝わる。また、わずかな抵抗で入って行く時に比べ、叩いた時の音が徐々に高くなっていく。

4.2 卓上トレイ（図 9）

卓上トレイは、側板に穴を開けて取っ手としたもので、大きさは 400×290×48 mm である。材料は、ラワン材とラワン合板を用いる。側板同士を 3 枚組接ぎ法により接合し、酢ビ接着剤で接着した後、釘打ちダボ埋めをしている。底板は、側板に加工した溝にはめ込み固定する。組み立て後、植物染料で着色しアクリルラッカー塗装仕上げをする。染料として柿渋、ヤシャブシ、水戸黒（ヤシャブシと鉄錆液）を用いる。ヤシャブシは、本学農林技術センター苗畑演習林で採取したハンノキの実より抽出したものである。作業の工程を表 2 に示す。

4.2.1 けびきによる墨付けの要点

ほぞの墨付けは、オスとメスでは寸法の取り方が異なる。オスは木端面と同じ向きとなるほぞの位置にけびき線を引くため、長さ方向に向って右側の位置にけびき線が入る。メスはオスと同様だが、長さ方向に向って左側部分にけびき線が入る。

4.2.2 オス幅の決め方

通常、3 枚組み継ぎ加工をする場合は、初めにメスを作り、それに合わせてオスを作る。これは、加工ミスに対処するためである。メス幅よりも大きめにオスを作り、木殺しをして接合する（図 10）。

4.2.3 目違い払い

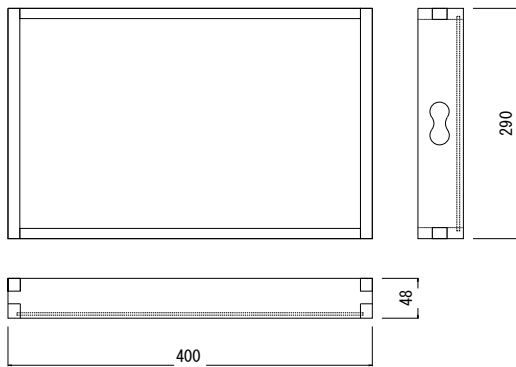
組立て後、加工による誤差（目違い）が出ることもある。これを修正するためかんなを用いて出過ぎている所を削る。このとき、隣接する板を削ることになるので、かんなを斜めにして削り、縁を割らないようにする。次に、板全体が直線になるように削る。

4.2.4 小刀の使い方

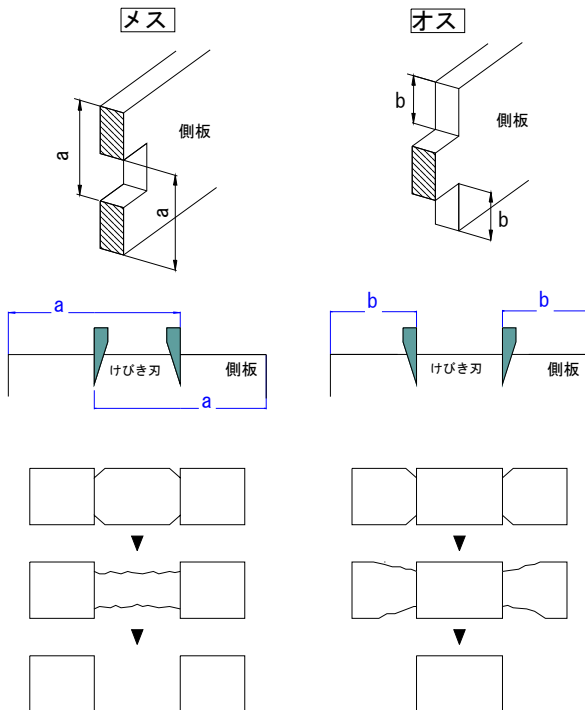
小刀は、刃先を出来るだけ使うようにする。刃全体を使うと刃全体を研磨することになり、小刀の寿命が短くなる。刃先を使い、そのつど研磨し使用する。これはカッターナイフにも当てはまる。

4.2.5 ダボ加工

はじめに、ダボ穴よりも 2 mm ほど大きい正方形断面の角棒を作る。利き手にかんなを持ち他の手に角棒を持つ。角棒の一端を体に近づけ、斜めにした



・トレイ寸法



・けびきによるほぞ加工

図9. トレイ寸法とほぞ加工

表2. トレイの加工工程

工程	作業	工具
メス 墨付け	けびき加工	けびき
" 加工	のこびき、のみ加工	両刃のこぎり 薄のみ
オス 墨付け	けびき加工	けびき
" 加工	のこびき、のみ加工	両刃のこぎり 薄のみ
仮組立て	目違い払い	平かんな
取っ手加工	ヤスリがけ	ヤスリ
底板 墨付け	けびき加工	すじけびき
" 溝加工	溝製作	溝製作用工具 のみ
底板 加工	寸法合わせ	
釘穴 墨付け		
" 加工	穴あけ	ボール盤
ダボ孔加工	丸棒削り	ボール盤
組立て	内側かんながけ、酢ビ 接着、はたがね締め、 釘打ち	平かんな はたがね 玄能
ダボ加工	ダボ製作、ダボ打ち	平かんな 玄能
乾燥		
整形	かんながけ、面取り、 研磨	平かんな
塗装	染色、塗装、研磨	

かんなで4箇所の角を削り8角形にする。棒を回転させながらこの操作をくり返し、円形に加工する。ダボ穴よりも少し大きい寸法に仕上げ、木殺しをし、接着剤を付けてダボ穴に叩き入れる。

4.2.6 塗膜研磨

塗装はハケを用いて行うが、ハケ塗りはハケムラが出来やすく、きれいに塗ることが難しい。塗膜を厚くするために約4回塗料を塗った後、耐水ペーパー(#800)で水研ぎ研磨し、塗りむらやゴミ等でザラついた表面を平滑にする。次に、仕上げ塗装を完成させる。

5. 溝製作用工具の試作 (図11)

底板取付け用の溝は、手で作るために工具を試作した。けびきを改良したもので、強度とねばりのあるイタヤカエデを用いた。通常、けびき刃は進行方向に平行となっているが、これは進行方向に直角に取り付けた。その刃の幅は底板の厚さよりも約1 mm 幅の狭い刃を用いた。削り量を一定にするため

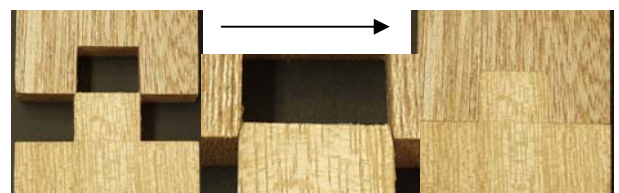


図10. 3枚組み継ぎの木殺しとほぞ接合

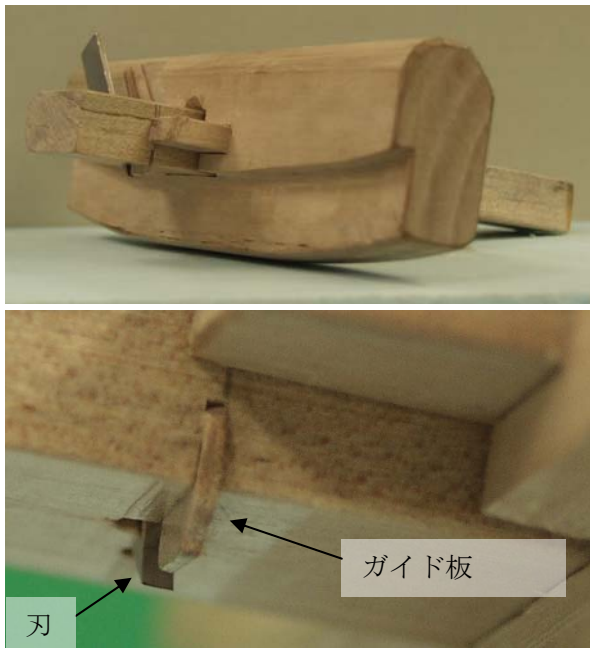


図 11. 溝製作用工具の試作品と刃先の詳細

のガイド板を刃の前方に取り付けた。この部分は非常に負荷が掛かるため、破損し易い。そのため、負荷が掛かると外れるように、接着剤等で固定しなかった。ガイド板は木殺しをし、厚さを調節して製作したもので、溝を付けたさおにしっかりと接合した。外れたガイド板は水を含ませて木殺しした後取り付

ける事で再使用できる。1人当たりの作業で0~2回ほど付け替えた。

出来た溝の両端をすじけびきを用いて底板の厚さ、幅となるようにきれいに削る。

6. まとめ

ものづくりに使用される道具は、先人の様々な創意工夫が組み込まれ現在も日々進化している。木材加工の現場でも、刃物材料の高性能化で、高速回転により正確な加工が行われている。加工が高度になればなるほど、木材の特性を考慮しなくても良くなり、生産性が上がる。一方、生活の一部として身近な木材は人間に馴染みやすい。太古の昔から利用してきた木材は、人間のDNAにしっかりと息づいている。木材の手による加工は、手間と時間は掛かるが、機械加工と同程度か、それ以上の精度で行うことができる。そして、そこには作る喜びがプラスされている。手、指、体を、そして頭を使ったスポーツに似た喜びがあると考えられる。木に直接接触し、加工し、複雑な木の事をより深く考える加工実習が目標となる。

謝辞

この報告書を作成するにあたりご指導いただきました、故農林技術センター水井正夫様ならびに生命環境科学研究科国際地縁専攻長土居修一先生に深謝いたします。

Technique in the training for the processing of biomaterials

Chiaki Tadokoro

Life Environmental Science Technical Service Office (Institute of Agriculture and Forest Engineering)
University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572 Japan

Training for the Processing of Biomaterials is a specialized course in Environmental Engineering in the College of Agrobiological Resources. This course is taken by students aiming to be teachers of “Technology and Home Economics” in junior high school, and students with an interest in the field of biomaterials. Technical guidance for this subject is provided mainly by technical staff.

In this training, students use wood as a material, and work it using tools. By working with wood, students gain an understanding of its various properties, and learn about tool mechanisms and handling. This year (2008), students made food preparation stands (cutting boards with legs), and tabletop trays.

Keywords: wood; processing; technique