

(財)秋田県木材加工推進機構情報

# 木材加工最前線

## 〈技術特集〉

1. 開放型と閉鎖型・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2～3  
北海道立林産試験場 農学博士 土居 修一  
● 住宅の高気密化、高断熱化とそれに伴って発生した腐朽・カビの問題
2. 新しい木材『整形木材』・・・・・・・・・・・・・・・・ 4  
秋田県木材産業課 農学博士 小林 好紀  
● 整形木材の製造方法とその理論的背景
3. 秋田スギ丸太の縦振動法によるヤング率測定・・ 5  
秋田県木材産業課 農学博士 飯島 泰男  
● 秋田スギ丸太のヤング率測定の結果報告とその意義
4. 木理の数値化による木材材質評価・・・・・・・・・・ 6～7  
秋田県木材産業課 農学博士 岡崎 泰男  
● 木理の数値化による実大木材の異方的性質の解析の可能性
- 推進機構からのお知らせ・・・・・・・・・・・・・・・・ 8



## 開放型と閉鎖型

北海道立林産試験場 土居修一

本誌第2号で、東大の大熊先生が木材の欠点といわれる「燃える・腐る」について、その罪をせめるのではなく功を見るべきであると説いている。その趣旨は、地球環境のことを生態的に考えると炭素の循環が行われねばならないので、永久に燃えない木材や腐らない木材があったら負担がかかるというのである。もっともなことである。木材がエコマテリアルと言われるゆえんは、製品化に要するエネルギーが小さいだけでなく、生分解や燃焼が容易だからである。

● . . . . .

しかし、木造住宅や木造の建築物がやたらに、腐れたり燃えたりしたらこれも困るわけで、だからこそ例えば木構造設計基準で、防腐工法つまり構造面と防腐処理などの材料面から住宅の耐久性を確保する方法を規定している。また、防火に関しても火災に際し逃げ出すのに十分な時間がとれるような設計上の約束がある。これらの点に関しては、先生も触れられているように更に工夫が必要であろう。

● . . . . .

ところで、木材が腐れるのは担子菌（腐朽菌）をはじめとする微生物の仕業であるが、この速度を律速する条件はいうまでもなく腐朽菌育成の必須条件（水分、空気、温度、養分）である。北海道の住宅は、水分、温度に関しては昭和48年の第1次オイルショックまで、微生物にとって比較的不利な条件にあった。というのは、どちらかといえばそれまでの住宅はいわゆる開放型の住宅で換気量なども本州の夏を意識したものと同じ程度であったと思われる。したがって、気密性にかかる分冬季には水分もきわめて低くなってしまふ。結露などによる水分供給もできない状態にあった。もちろん、寒冷地ゆえにシロアリの害も道南地方に限定されている。

● . . . . .

状況はオイルショックを契機に一変した。住宅

の防寒性を確保するため、様々な工法の改良(?)がなされ閉鎖型の住宅になりつつあった。熱貫流率を下げるため断熱材を壁、屋根、床下に挿入し、隙間風を防止するためアルミサッシなどを使用するようになったのである。断熱をすると外側壁に近い部分は低温になるため、室内側からの水蒸気の流入阻止に十分な配慮がなかったこの当時の住宅では結露を生じた。この結露は、ふだんにすることのない壁の内部で大量に生じ、壁内部材だけでなく床下部材全体の含水率を上昇させる結果となった。いわゆる下見板貼りの住宅から、モルタル壁になった時にも、壁内部における水分が高くなったのは想像にかたくないが、防寒工法では、更に過酷な状況に置かれたわけである。断熱性を高める場合にはできるだけ完全な気密化をして、壁などの内部結露の発生を抑える必要がある。実際の構造では、水蒸気の壁内への流入を防ぐことができず、しかも木材中に一度取り込まれた水分を逃がす構造にはなっていなかったのである。

● . . . . .

こうした工法の欠陥が悲劇的な結果をもたらした。ナミダタケによる腐朽害の頻発である。昭和50年～60年に札幌市などの都市部を中心に新築住宅でこの菌による被害が多いことが盛んに報道された。実はこうなる以前から、私どもは被害が多くなるという予測をいくつかの住宅の被害調査でつかんでいたもので、対応は比較的早く、この菌の性質や対策を検討していた。そして、通常の防腐工法を徹底すること、土壌処理を必ず行なうことなどを提案した。これらの提案とともに、建築側からは外壁通気層の採用や防湿層の材料・施工法などの改善が提案され、その普及にともなうて、現在では新築住宅における被害がほとんどなくなった。

● . . . . .

ところが、木材の防腐処理という認識が急速に高まった結果、一方ではやっかいな問題が起きた。

それは、土台などの使用樹種が道産材から米材へと大きくシフトしてしまったことである。コスト的な問題もあるが、それだけではない。エゾマツ・トドマツ・カラマツといった代表的な材は、いずれも耐久性が高くない上に薬剤処理がしにくいのである。つまり注入性が悪いので、インサイジングなどの前処理をしても安定した品質のものができない。そのため、以前は土台の70%を占めていた道産材がいまやわずかに20%になっているのである。この状況を克服するには、注入性の画期的な改善方法が必要である。インサイジング法の改良以外に蒸煮処理による注入性改良やプレボアリングなどの手法を検討しているが、今のところ実用に耐えられる開発はなされていない。

● . . . . .

私は、秋田県における伝統的な木造住宅がどのようなものか知らない。しかし、寒冷地に位置することから考えれば、今後の住宅建築にさらに高い気密性や断熱性が要求されることは十分予想されることである。残念なことに、建築材料や施工法などの面から、室内で発生する水蒸気を100%コントロールできる技術水準にあるとはいえない。したがって、断熱化の普及には壁内に流入した水蒸気を外気へできるだけ排出する工法の普及を伴わねばならない。また、北海道での教訓をふまえるならば、閉鎖型住宅への移行は同時に高耐久性住宅への移行でなければならない。もちろんヒバなど高耐久性樹種があるので、それらを使うことがこの住宅建築を確実のものにするが、工法面での検討も必要とされるであろう。また、腐朽しやすい樹種であっても、その用途に応じて必要とされる水準の防腐処理を施すことができれば耐久性を確保できる。住宅の住まいかたの違いや、歴史的背景、気候風土の違いを十分考慮して、合理的な住宅設計ができるように、私も及ばずながら協力したいと思う。

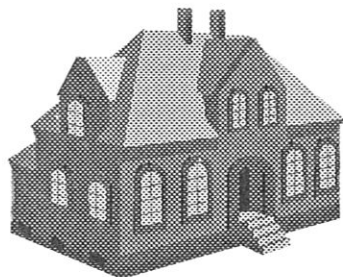
● . . . . .

閉鎖型といえどもう一つカビの問題がある。これは、腐朽菌を防ぐよりさらに難しい。カビは、分類上不完全菌、子囊菌あるいは酵母に属するものなど非常に多岐にわたる。そのため、腐朽害とは違って、比較的低温あるいは低湿でも生育するものが含まれている。しかも、室内の見栄えが悪

くなるだけでなく、ダニの発生をとめない喘息などのアレルギー障害を起こす場合がある。それだけに室内壁表面の水分管理は重要である。特に住宅内に生えるカビの中には、相対湿度が65%でも生育するカビがあるので、それ以下の相対湿度を保たなければカビの発生を防止できないわけで、微気象的な見方をすると押入れや部屋の隅角部など低温になりやすい部分は特に厳しい条件に置かれる。住宅の断熱性を高めることは同時に気密性を高めて、壁内部に結露を生じさせないことを要求すると既に述べた。室内側に閉じこめた湿気は、計画的な換気と水蒸気発生量のコントロールによって、表面結露を起こさない水準に維持しなければならないことになる。このため、機械力による換気が採用されることが多いが、他の手段として、湿気に対する緩衝能の大きい内装材料を使うということも賢明なことであろう。こうした材料の一つとしてお薦めしたいのが木材である。樹種を選べば防霉効果も期待できる。

● . . . . .

わが国では、木造建築物の維持の一方法として「腐ったら建てかえる」という考え方があつた。できるだけ長持ちさせるため、腐りやすい部分にはヒバ、ヒノキを使うなどしていたが、基本的には「消費」である。しかしながら、今日ではカスケード型資源といわれる木材をできるだけ長く使って、炭酸ガスを少しでも低減できるように木材にストックする炭素量を増やすことが要求される。炭酸ガス問題は、実は化石資源を地上に引っ張り出して使ってしまった結果であり、決して木材の責任ではないと思うが、樹木を過伐して炭酸ガス固定能を低下させたのも事実であり、責任の一端を担うのは当然であろう。居心地の良い閉鎖型住宅を作るためには、この責任を「耐久性」で果たさねばならない。



## 新しい木材『整形木材』

・・・整形方法とそのメカニズム・・・

秋田県木材産業課

課長補佐 小林好紀

### (1) 丸太を四角に整形する方法

直径15～20cmのスギ丸太を11cmの角材に整形するには、まず、マイクロ波や高周波を使い、丸太を約30分間で80～120℃まで急速に加熱する。この時、加熱方法は何であってまかまわらないが、マイクロ波や高周波を使用することによって、丸太は表面から中心までほぼ均一に加熱される。加熱前のスギ丸太はずぶ生でも少々乾いていても大きな問題にはならないが、中心付近の年輪まで均一にきっちりと四角形に整形する目的のためには、丸太中心部の温度を外周部よりも少し高くすると効果的である。逆に表層のみを圧縮するためには、高出力の加熱機を用いて表層のみ急速に加熱するのが良い。

加熱後直ちにプレスで周囲から圧縮するが、圧縮速度は3～5mm/分で、丸太は徐々に四角に整形されて行く。丸太を圧縮して角材に整形するのに必要な圧力は比較的小さく、10～15kgf/cm<sup>2</sup>であるから、親指で力いっぱい板を押し付ける程度の比較的小さな力である。

整形したあと形状をそのままに拘束して、ゆっくりと冷却し、さらにその後急速に二次加熱処理を行う。この冷却・再加熱処理を数回繰り返して、圧縮によって生じた内部応力を緩和させる。この処理を行うことによって、整形木材の形状が固定され、膨らんで元の丸太に戻らなくなる。これによって、整形木材が乾燥と吸湿とを交互に繰り返しても、建築用材として従来の製材や集成材に十分に匹敵する程度の寸法安定性が得られる。

### (2) 丸太が四角に整形できる理由

木材は圧縮しすぎたり曲げすぎると破壊してしまうし、また、少しの変形を与えただけではバネのように元に戻ってしまう。しかし、木材は、ある程度以上の水分を含んでおれば、加熱によってゴム状に軟化し、比較的小さな外力で自由に圧縮したり曲げたりできる性質を与えることが可能である。これは木材の水分・熱可塑性と言われ、古

くから木工芸などに応用されていた。

木材は主に、直鎖状の結晶性高分子であるセルロースの束(セルロースマイクロフィブリル)、非結晶性高分子のヘミセルロースおよび無定形の架橋高分子であるリグニンとで構成されている。このうち、セルロースマイクロフィブリルは水分と熱にはやや不感性であるが、ヘミセルロースとリグニンのマトリックスは、ある程度の水分を含んだ状態で80～100℃の熱が加えられると、ガラスのように硬い状態からゴムのように柔らかい状態に変化することがわかっている。この温度をガラス転移点と言い、これ以上の温度になると、木材は大きく変形できるようになり、比較的自由に形状を与えることができる。この状態で丸太を圧縮すると、丸太は破壊することなく種々な形状に整形でき、冷却、乾燥すると硬くなって固定されることになる。しかし、単に冷却、乾燥しただけでは、与えた形状を永久に固定できるわけではなく、その後それが吸湿したり、あるいは加熱されると元の形状に復元してしまう。

### (3) 形状固定のメカニズム

整形木材を電子顕微鏡で観察すると、木材を構成する個々の細胞は潰されたように変形し、その細胞壁はヘアピン状に折れ曲がっているが、細胞壁には破壊は見られないので、圧縮、整形時に細胞壁に生じた弾性エネルギーは、蓄積されたまま残留している。整形後の二次加熱処理は、この弾性エネルギーを解放して、形状復元の駆動力を取り除こうとする処理である。すなわち、二次加熱処理によって細胞壁のマトリックスを軟化して、エントロピー弾性を緩和するとともに、エネルギー弾性を解放してやる処理である。しかし、二次加熱処理は外力によって与えた形状を拘束したままで行われるので、形状の復元は生じず、マイクロフィブリルだけにずれや位置の復元が生じ、その時に弾性エネルギーが緩和されて、整形木材の形状固定ができるのだと考えられる。

## 秋田スギ丸太の縦振動法によるヤング率測定

秋田県木材産業課

課長補佐

飯島 泰男

ヤング率が強度推定のよい指標になることは、かなり以前から世界的に周知の事実であり、木材の先進諸国ではヤング率による強度等級区分規格体系は、かなり以前から整備されている。個々の木材にヤング率の表示があれば、強度も高い精度で推定できるので、構造設計をするうえでの支障はきわめて少なくなる。したがって、たとえば原木（立木あるいは丸太）の段階で各材料のヤング係数が大まかにでもわかれば、その原木の適性—たとえば、構造用材に十分であるとか、集成材用の表層ひき板に使用可能であるとか—が推定でき、必要性能が担保できない不適格品の出現を原木段階で予め除外できる、ということになる。

その一例として筆者らが昨年から行っている県内のスギに関するデータ収集の一部を示す。まず、原木のヤング率の測定であるが、最近では図 1 に示す縦振動法による測定が比較的安価な機械でできるようになってきている。これは材料をハンマー等で衝撃を与え、このとき発生する音波の周波数分析と試験体の重量からヤング率を計算する方法である。

この方法で測定した県産スギ（概ね 50～80 年生、いずれも能代から鹿角に至る米代川流域から出材されたもの、径級 20～36cm、採材部位を原則的に 2 番玉より上部とした）のヤング率（ $E-I \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ ）の分布を図 2 に示す。平均値は  $84.9 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、変動係数（標準偏差  $sd$  を平均値  $Mean$  で除した値）は 17% であった。

つぎに、こういった原木から製材品を採材した場合、どのような製品が期待できるかということも併せて調査した。これは原木から集成材用ひき

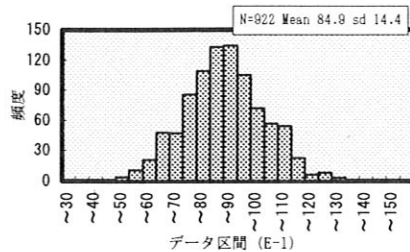


図 2. 秋田スギ丸太の縦振動法によるヤング率分布板（挽きたて厚さ 36mm）を採材し、人工乾燥後に曲げヤング率（ $E_{sd}$ :ひき板に荷重をかけ、荷重とたわみの関係から計算する）を測定したのである。その結果によれば平均は  $82.6 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 、変動係数 16% であった。

さらに丸太全体とひき板のヤング率の関係を示すと図 3 のようになる。これは「ヤング率の高い丸太から採材したひき板のヤング率は総じて高く、低い丸太からは低いひき板が多くなる」という、ごく当たり前の結果を示している。また、細かくみていくと、縦軸に一例に 5～6 点がプロットされているのが同一丸太から採材されたひき板のデータになるが、これからみて、採材部位—髓からの距離など—によってもひき板のヤング率が変動していることも分かる。

しかし、いずれにしろ丸太の段階で材質を調査し、マップ化することによって、それらの材質に見合った利用方法と製品品質を予測することは可能であり、利用者側の要求性能に適応した製品の生産はより合理的になることは明らかである、と思う。

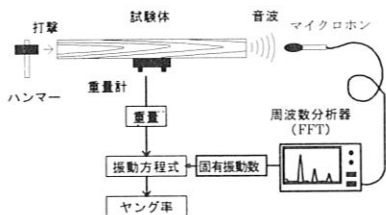


図 1. 縦振動法によるヤング率の測定

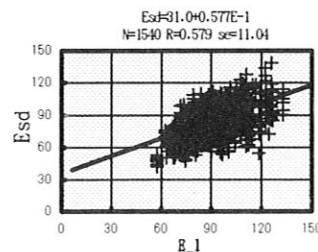


図 3. 丸太ヤング率( $E-I$ )とひき板ヤング率( $E_{sd}$ )の関係

## 木理の数値化による木材材質の評価

秋田県木材産業課

技師 岡崎 泰男

木材は異方性（方向によって物理的な性質が異なる）を持っている。それは、軽い割りに長さ方向が強いという長所をもたらす反面、乾燥時に狂い・割れが起きる、節や目切れ部分の強度が弱くなるといった様々な欠点もまた、もたらしてきた。

木材利用研究のこれまでの方向性はこの性質を欠点として捉え、それをいかに克服するかにあったと思う。例えば、合板は乾燥した単板をクロスバンドに貼り合わせて異方性をなくすことで工業材料としての地位を確保してきたし、集成材やLVLも乾燥されたラミナを用い、欠点部分（節）を切り落として接合することによって異方性によって生じる欠陥を克服しようとしていると言えなくもない。

しかし、その反対の「あるがままの木材の性質をあるがままに捉えればよい」という考え方もある。すなわち、「この板は乾燥させると厚さが5mm縮んで、幅反りが2%起きる」とか、「この柱の強度は600(kgf/cm<sup>2</sup>)程度だ」ということをあらかじめ把握し、狂いの大きな材は厚めに製材し、弱い材は力のかからない用途に用いればよい、という考え方である。

ところで、こういったことは実際の現場ではもうずっと昔から行われている。大工さんは柱を持って重さをはかり目で見てどこに使えば良いか判断してきたし、板は仕上がり寸法よりも数パーセント厚めに製材され、乾燥してから表面を削ってあわせてきた。

ところが、研究のレベルではこの方法はいまだ確立されていない。もちろん、現場レベルでできているのだからいいではないか、という見方もあると思うが、最近そうも言っていられない状況が広がつつある。（どういう状況かは前号と今号の飯島先生の話で詳しく述べられている。）

個々の物理現象（強度・収縮・熱伝導・・・）の異方的性質は、もうずっと以前に明らかにされている。であるにもかかわらず、狂い・破壊などの、実大材の物理現象の解析にその結果が適用された

例というのはほとんど無い。なぜかという、お互いを結びつける手段がなかったからである。そこで考えたのが「木理の数値化」である。

ここからやっとなり本題に入るが、ここで述べる木理の数値化法は、もともと木材中を伝わる波の経路の解析を行なうために考え出したものであるために、工業的な実用性というものは全くない。（考え出した本人が言うのだから間違いはない。）しかし、その論理の過程を逆にたどれば簡単な方法で木理の数値化を行うことができるのであるが、それは皆さん考えてみて下さい。

## 1) 木理の数値化の考え方

木材というのは、当然の話だが、丸太から製材を行なうことによって得られるもので、その時の鋸を入れる位置と鋸を入れる角度によってその表面に現れる木理が決まってくる。そこを逆にとって、木理から鋸を入れた位置と切削の角度と元の丸太の形状を推定してやる。さらに、丸太と材に対してそれぞれ直交座標系を設定し、製材工程を丸太から材への座標変換とみなし、木理から得られた情報を用いてその座標変換行列を求めてやる。そうすると、材上の任意の点が元の丸太のどの部位にあったか、2点を結んだ直線が、髓に対してどういう方向に向かっているかを座標値で表すことができるようになる。以上が木理の数値化の手順である。丸太と材の関係を図に示したのが図1であり、この時得られる座標変換行列が、

$$T = \begin{bmatrix} \cos \phi & \cos \theta \sin \phi & \sin \theta \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \theta \cos \phi & \sin \theta \cos \phi & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ x_0 & 0 & z_0 & 1 \end{bmatrix}$$

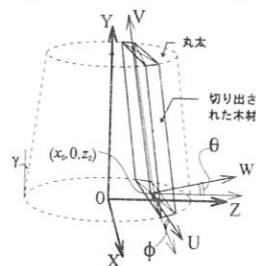


図1. 丸太と材の直交座標系の定義

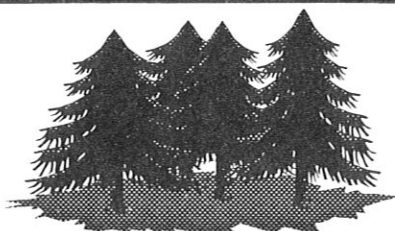
となる。ここで、 $\theta, \phi, x_0, z_0$  というのが木理から推定された鋸を入れた角度と位置の値である。

2) 角度と位置の推定

では、実際にどうやって木理から情報を得るかという、まず、両木口面に現れた年輪を円近似してその円の中心の位置を求める。円近似は木口面に同心円が描かれた透明なプレートを押しあてて行なう。その円の中心に対する材の木口の位置が、丸太の髄に対して鋸を入れた位置に相当し、さらに、両面間の中心のずれから切削の角度を推定することができる。さらに、両木口面の年輪幅と年輪番号のずれを測定して、丸太の細りを推定する。これで、完了である。

3) 幅反りの評価

ここで、木理の数値化の適用例として天然乾燥したスギ(ちなみに九州産のスギである)の板材の幅反りを、木理の数値化法によって得られるパラメータで評価した結果を図2,3に示す。図2は髄から材の木口面の中心までの距離と幅反り矢高の関係を見たもので、髄に近い部分の材ほど幅反りが大きいことがわかる。図3はさらに理論的に厳密なパラメータで幅反りと木理の関係の評価した



ものであるが、図2ではよくわからなかった異常な変形を起こした材(▲:実は節があった)の存在がはっきりとわかる。

というようなどころであるが、やはり最後は「節」が出てきてしまう。さらに厳密に評価を行なおうとすれば、どうしても節の数値化というのが避けて通れないところとなってくる。しかし、実際問題として材面に現れるすべての節を測定し、さらにその周りの繊維走向を数値化するとすると、ますます実用性は乏しくなる。となると、節一つ一つを見るのではなく、材面に現れた模様として全体像をとらえて数値化するといったことが必要になり、フラクタル幾何学の適用といったことが必要となってくるが、そのあたりの話についてはまた別の機会に譲ることにしたい。

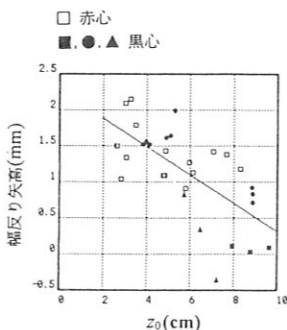


図2. 髄からの距離と幅反り矢高の関係

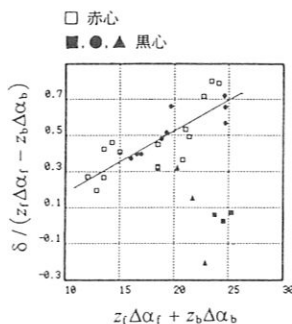


図3. 木取りと幅反り矢高の関係

賛助会員加入のおすすめ

当機構は、第三セクターで「企業の高付加価値商品開発を支援する」組織で、財政運営面や機構活用面でご協力を戴く「賛助会員」の加入をお願いしてきております。加入資格は、機構の事業を賛助しようとする企業及び団体とし、特に業種は問いません。

会費としてをいただ組合員になられたかたには、次のような特典があります。

(会員の特典)

1. 機構の発行する定期刊行情報誌の無料配布
2. 機構の発行する資料等の配布
3. 機構の開催する研修会・講習会等への割引または優先参加
4. 機構の優先利用

加入ご希望の方は事務局までご連絡下さい。

## 推進機構からのお知らせ

## ○ 技術開発ニーズ調査開催

平成6年10月26日から28日までの3日間に渡って、大館・能代・大曲の3カ所で技術研究会が、秋田県庁木材産業課研究所設立準備室から飯島・小林課長補佐を講師として招いて開催されました。いずれの会場でも30人近い出席が集まり、限られた時間の中ではありましたが、活発な討論が繰り広げられました。出席して下さった方々、お忙しい中、誠にありがとうございました。なお、このような技術研究会を今後も続けていこうと思っております。

## ○ 「がんばる企業」の紹介について

県内企業の新技術・新製品の開発事例を紹介していきます。会員の皆様のところにおじゃまするときは、よろしくお願ひします。

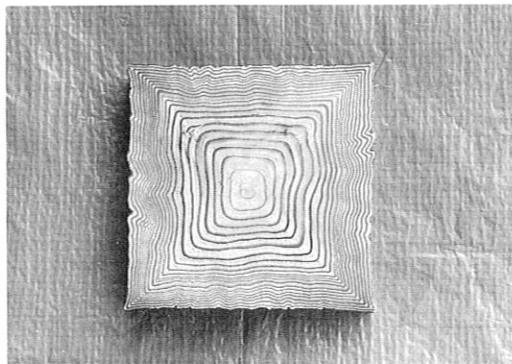


写真 圧縮整形木材の木口断面

## 編集後記

## ○ 『新年明けましておめでとうございます』

会員の皆様におかれましては、今年もますます飛躍・発展の年でありますよう、お祈り致します。

昨年暮れ、平成7年度政府予算案が出され、超緊縮予算ということで、今年の景気への影響が懸念されたところですが、内容を見ると、公共事業等投資部門への経費は5.1%の増と、景気への配慮がみられ、一安心というところでしょうか。

○ 今回は<技術特集>ということで、前号までと違って専門的なむずかしい話を中心となりましたが、いかがでしたでしょうか?ご意見・ご感想をお待ちしております。

○ 皆様の関心が高い、木材高度加工研究所は、建設は順調に進んでおり、また予算も順調な経緯を辿っていると聞いております。研究員の採用もほぼ目処がたち、4月採用・入所の予定で、開所式は10月上旬ということですよ。

○ 当推進機構も、4月の本格事業にむけて、職員採用、事業計画、予算等、研究所と一体となった技術指導を開始するための準備を進めているところです。みなさまの、ますますの御意見、御協力をお願い致します。

## 木材加工最前線

事業主体：秋田県木材産業共同組合連合会

発行人：財団法人 秋田県木材加工推進機構

代表者：能登 義夫

〒010 秋田市旭北栄町 1-5

☎ (0188) 66-7670

FAX (0188) 64-2762



訂正表

(P7 下から2行目)

会費としてをいただ組合員になられたー> 会費をいただいて組合員になられた

(P8 下から6行目)

事業主体：秋田県木材産業共同組合 ー> 事業主体：秋田県木材産業協同組合

なお、号数は第2号となっておりますが、第5号の誤りです