

ウツディライフを 楽しむ 101のヒント

社団法人日本林業技術協会



ウッドライフを
楽しむ101のヒント

社団法人日本林業技術協会

はじめに

アジアのモンsoon地帯に位置する日本列島は、自然の豊かな恵みを受け、魏志倭人伝にも記述されているように、古来森林に覆われ、私たちの祖先は森林とともに生きてきました。

新聞・テレビの報道を賑わした旧石器時代の話はさておき、昨年も豊かな森からもたらされた木材を巧みに利用した、古代の人々の暮らしがうかがえる数々の発掘の報告に接することができました。なかでも、出雲大社を支えた巨大な柱には信仰心とともにその迫力に圧倒され、千葉県下太田貝塚の鋤状掘り道具や島根県夫手遺跡の榧からは、縄文時代の人々が乏しい道具(?)にもかかわらず木材を巧みに加工した様子がうかがわれます。

石器や土器と異なり、本来腐りやすい木材が数千年の時間を超えて伝えられたのは、かなり恵まれた条件が備わった希少な例でしょうから、古代の人々は想像以上に木材を加工する技術を持つとともに、木製品に囲まれた暮らしを営んでいたと思われる。

木材に接するときに感じる安堵や安らぎのなかには、理屈ぬきで、こうした古い時代から私たちの血の中に流れてきたものがあるように感じます。

遠い古代の話をするまでもなく、日本人の暮らしのなかにはごく最近まで木製品が溢れていたし、素人でも手の出せる木材という加工の容易な素材は、身近に親しめる存在でした。しかし最近では、鋸が引けない、釘が打てない子供たちのことも話題になるようになりました。

いうまでもなく木材は、再生可能な資源であるばかりではなく、多くの可能性を秘めた素材です。また、二酸化炭素をはじめとする環境問題への対応が必至である現在、活力ある森林の維持と育成に木材の活用がその大きなカギを握っています。

本書では木材をさまざまな切り口から眺めてみました。木材がもともとと理解され、使われることを願うとともに、DIY (Do It Yourself) ショップに出向かれる方のためのささやかなヒントを、木材の温かみのようにお伝えできれば幸いです。

おわりに、ご多忙中多大なご協力を賜りました編集委員ならびに執筆者の皆様にご心からお礼申し上げます。

二〇〇一年二月

編者

ウッドライフを楽しむ101のヒント

目次

I
環境・資源・
リサイクル

1	木に囲まれた私たちの暮らし	10
2	木材利用の移り変わり	12
3	木の国の再生	14
4	世界中から日本へ	16
5	梢の上で二酸化炭素測定	18
6	木材を使って森を元気に	20
7	木材を使えば二酸化炭素が減る	22
8	バイオマス発電	24
9	スギ林のバイオマスエネルギー	26
10	無駄なく利用、カスケード型	28
11	木が割れるのは自然の摂理	30
12	省エネは「木の家」から	32
13	究極の甘味料キシリトール	34
14	木の皮で有害物質の吸着・除去	36
15	廃材がりっぱな板になる	38
16	廃材から生まれる炭素材	40
17	廃材で環境浄化	42
18	民家の解体材はどこへ?	44
19	木材のボン菓子―爆砕処理	46
20	悪魔のプレゼント―ダイオキシン類	48

II
木の性質を知ろう

木のぬくもり 52

III 暮らしのなかの木

4 2	4 1	4 0	3 9	3 8	3 7	3 6	3 5	3 4	3 3	3 2	3 1	3 0	2 9	2 8	2 7	2 6	2 5	2 4	2 3	2 2
割りばしにもピンからキリ	木のオモチャは情緒のゆりかご	日本人と和風建築	あなたなしでは生きられない?	木になる樹	快適湿度を保つ秘密	木は折らなきやわわかない?	反った板を直すには……	針葉樹材と広葉樹材の見分け方	渋いだけではない——タンニン	長持ちの秘訣——自然界がお手本	食べる森林浴——抽出成分の新たな効能	白い紙と茶色のリグニン	やつとわかつたホウ素の大事な働き	細胞壁の骨組み	強さの秘密	木目と杻	熱帯樹木の年輪	摩擦の不思議——雨の日のポードウォーク	快適環境をつくる木のおい	見た目にもやさしい木材
9 6	9 4	9 2	8 8	8 6	8 4	8 2	8 0	7 8	7 6	7 4	7 2	6 8	6 6	6 4	6 2	6 0	5 8	5 6	5 4	

IV 木に親しむ

6 3	6 2	6 1	6 0	5 9	5 8	5 7	5 6	5 5	5 4	5 3	5 2	5 1	5 0	4 9	4 8	4 7	4 6	4 5	4 4	4 3	
木が燃えたと……	汚れたらお手上げ?	木材の成分と心材の色	木の風化	旧丸ビルを支えた木材	出雲大社をつくった巨木	仏像に使われた木	巨大な弦楽器としてのコンサートホール	こんなところにも木のチップ	化粧する木材	軟質材ギユツと潰せば高強度ノ―圧縮木材	三次元の窓―木製ウインターガーデン	木の家の快適性	上手に選んで使ってこそ―バット	読んでもバチの当たらない話	厳選される楽器用材	弘法も弓は選ぶ―ヴァイオリン	家具づくり、きほんのき	テ―ブルにゴムノキ	竹を使う暮らしの知恵	Urushiで世界に通用	
1 4 0	1 3 8	1 3 6	1 3 4	1 3 0	1 2 8	1 2 6	1 2 4	1 2 2	1 2 0	1 1 8	1 1 6	1 1 4	1 1 0	1 0 8	1 0 6	1 0 4	1 0 2	1 0 0	9 8		

V 木のサイエンス

84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64
シックハウスをつくらなために	心もなごむ木製福祉用具	木材で生ゴミ処理	集成材、いまむかし	木造住宅の耐震性	秋田スギで大ドーム	よみがえる木の橋	蝶のくる木	暖かみと安らぎのある木質舗装	庭にベンチをつくってみよう	木材の防腐・防蟻処理	塗装の基本	エクステリアウッドの塗装	住みやすさを演出する屋内塗装	環境とヒトに優しい自然塗料	コンピュータと大工さんの新しい関係	はがれない合板	木材を穿つ	木材を切る	表も裏もある話	木はどうしたら腐らない?
184	182	180	176	174	172	170	168	166	164	162	160	158	156	154	152	148	146	144	142	

85	お茶でホルムアルデヒドを退治	186
86	鉄骨造から木質構造へ	188
87	寝具にも森林の香りを	190
88	濡らして！チンして！！グニャ！！	192
89	UVケアで美しさを保つ	194
90	溶かしても使えるよ！	196
91	木材からつくる液体燃料	198
92	楽器の響きと静かなドア	200
93	高圧水蒸気は魔法の薬——圧縮で変幻自在	202
94	森の精気を二酸化炭素で取り出す	204
95	超臨界水はなぜ木を分解できるのか	206
96	ノーマン製材	208
97	機械によるグレーディング	210
98	人工乾燥のコストダウン	212
99	耐震テスト最前線	214
100	歴史的木製品を保存する超臨界乾燥	216
101	さらに勉強したい方のために——参考図書	218

I

環境・資源・リサイクル

1 木に囲まれた私たちの暮らし

私たちの暮らしのなかで、住宅を初め、日常使っている生活用品や道具類には木製のものが少なくありませんが、木材に代わるプラスチックなどの材料による製品が圧倒的なシェアを占めています。しかし、最近では資源の循環利用、環境問題への関心の高まりや持続的な社会の構築へ向けた取り組みの強化が国内外を問わず大きな問題となってきました。

我が国でもリサイクル法の制定などで、包装資材やプラスチックなどの廃棄物の分別が私たちを悩ませる一方、木材や木製品が再び見直されてくるのではないかと期待も持たれます。森林から生産される木材は再生産可能な資源の一つですし、森林を上手に守り育てることによって持続的な保続培養が図られます。また、二酸化炭素を吸収し固定する森林の役割は地球環境の保全にもつながります。

木材を製品に加工する際に使われるエネルギーは、鉄やアルミニウムの製造とは比べ物にならないほど少なくてすみます。木材や木製品として使用している間は二酸化炭素を貯蔵し続けることから木材を上手に使っていくことがこれからの生活には欠かせません。

ところで、私たちの暮らしのなかの身近な木材や木製品には、どのような物があるか見回したことがあるでしょうか。多くの人が家を持つなら在来の木造住宅を希望しているという調査結果が出ていますが、こ

ヨーロッパ・ロシア・中国産材

おうしゅうあかまつ
ほわいとらうとど (ドイツとうひ)
ヨーロッパビーチ
ヨーロッパバーチ

ロシアからまつ
ベにまつ
モンゴリナラ
チュウゴクギリ
べにひ
タイワンクスノキ
タイワンひのき

北米材

せこいあ、
べいすぎ、べいひ、べいひ
べいまつ、ロジボールば
いん、エンゲルマンズぶる一
す、シトカズぶる一す、べいも
み、オルダー、ハードメイブ
ル、ヒッコリー、ホワイトアッ
シユ、ホワイトオー
ク、イエローバーチ、
バスウッド、エル
ムなど

日本

南洋材・太平洋地域材

あがちす、くりんぎばいん、
メルクシまつ、ラジャータ
マカ
つ、クルイン、カブール、
メレレ、カリン、ケンバス、
コクタン、シタン、ゴムノ
キ、ジョンコン、ターミナリ
ア、ラワン、タガヤサン、チ
メ
ーク、ニヤトー、プライ、メ
ルサワ、ホワイトメランチ、
レッドメランチなど

国産材

あかえぞまつ、あ
かまつ、くろま
えぞ
まつ、いちい
えまき、す
まど
かや、いぬまつ、とど
も
もみ、さわら、ど
も
もぎ、つが、ど
ねずこ、ひの
き、ひば

アフリカ材

アサメラ (アフリカンチ
アソバ (エッキ、ポ
ンゴシ)、アフリカンパド
ーク、アフリカンマホガ
ーク、イデオグボ、イ
コ、オクメ、オベチ、
エ、サベリ、シボ、ゼ
ゴ
ブラウッド、ニヤン
マンソニア、マ
コレ、チアマ、ラポ
ア、リンバなど

中・南米産材

バルサ、リグナムバイ
マホガニー、ブラ
タリアンズウッド
ブラジルばいん、ペロ
ード、パウルハート、ペロ
パローザ、イペ、グ
ンハート、ス
クビラなど

暮らしのなかの身近な木材

日本の木、輸入されている木、

ひらがなの木は針葉樹

アオダモ、アカガ
イヌエ
イタヤカエデ、イ
ヤカエ、キハ
オニグルミ、カツラ、
シ、イヌノキ、ハルシ
ンジュ、オニキ、ケヤキ
ダイセン、クリ、ハ
イ、シナノキ、ハ
ブカ、ホオノキ、マカンバ、ミズキ、
ミズナラ、ヤチダモ、ヤマグワなど

した住宅の構造上主要な部分には木材が使われています。住宅の洋風化が進んでも床や壁の内装材には化粧合板などのきれいな面材が多用され、室空間に落ち着きと安らぎを与えてくれています。食卓の周りを見るとテーブル、椅子や食器戸棚は木製品ですし、食器や容器類についてもプラスチックよりも漆器がやはり和食には似合っています。

木にはいろいろな種類があり、それぞれが独特の性質や性能を備えています。昔からその特性を活かして身近に産する木材を上手に使いこなしてきたものですが、今では日本の木材が使われる比率はどんどん低下し、図に見られるように世界各地から有用な木材が輸入されています。

木目の美しさや木の持つ色合いなどが木の大好きな私たちの暮らしをより楽しくしてくれるとはいえ、世界の森林資源を枯渇させることなく上手に、大事に使っていくことを考えなくてはなりません。

(金谷紀行)

2 木材利用の移り変わり

日本において木材利用の体系が確立したのはおよそ五、〇〇〇年前の縄文時代前期です。縄文時代の黎明期や早期にも木材は使われていましたが、柄や杭、板といったもののみで、用途の明瞭な多様な木器が樹種を選んで製作されるようになるのは縄文時代前期からです。縄文時代前期から中期にかけて営まれた青森県の三内丸山遺跡では、クリの巨大な木柱のほか、杭や板、薪炭などにも多数のクリを使っていたことが明らかになっています。この地域では、人類の居住が始まるまではナラやブナの落葉広葉樹林が広がっていました。人類の居住とともにクリの純林が遺跡を取り巻くように成立し、それが人類によって維持管理されてきました。こうしたクリ林は関東地方から東北地方の縄文時代の遺跡では普通に見られ、当時の人々が単に木材を利用するだけでなく、森林資源を管理するすべも心得ていたことを示しています。

当時の樹種の使い分けを示す一つの例は、福井県の鳥浜貝塚から出土した縄文時代黎明期から前期にかけての木製品群です。ここでも黎明期および早期の木製品には杭や板などしかありませんが、前期になると石斧の柄、飾り弓および丸木弓、農耕具の可能性のある尖棒、丸木舟の櫂、皿や鉢などの容器、しゃもじ形の掘り具など、使用目的が明らかになささまざまな木製品が出土しました。これらの製品は樹種が明確に選ばれており、縦型の石斧柄はほとんどがユズリハ属、横型のものでは大部分がクマノミズキ類でした。漆や樹皮で飾

った飾り弓はすべてニシキギ属、実用に供した丸木弓は九〇%以上がイヌガヤでした。櫛にはケヤキとヤマグワが使われており、柾目のものは大部分がヤマグワでした。容器では白木のものにはトチノキやクリが多く、漆塗りのものではトチノキとケヤキが選ばれていました。このように日本では本格的に木材を使い始めたときから、厳密に樹種を選んできたことがわかります。

では、近年まで続いてきた針葉樹志向に変わったのはいつなのでしょうか。ヒノキやスギ、コウヤマキといった針葉樹材が、建築材を中心として最初に大量に使われたのは、弥生時代から古代にかけての近畿地方です。典型的な例は奈良の古代寺院建築群および都の建築群で、平城京跡では柱材の三分の二はヒノキ、残りはコウヤマキでした。関東地方における針葉樹材の本格的な利用ははるかに遅く、江戸時代からです。これには、幕府の天領が駿河や飛騨、紀伊などにあつて、そこには針葉樹の美林が当時も残っており、それが水路の開削や海上交通の発達によって大量に江戸にもたらされたという背景があります。特に奥地の森林が伐り開かれていった江戸時代前期には大量の良材が江戸にもたらされ、江戸城の建築群や橋、上水道といった公共の土木建築群などにも大量の針葉樹材が使われました。こうして日本人の針葉樹志向が形成されました。現在ではヒノキの良材などは高嶺の花となりましたが、つい一世紀か二世紀前までは建物を初め生活用具などほとんどすべてのものが木で作られていたのです。近世に奥山の伐採が始まるまでは、今では想像できないほどの豊かな森林が日本にも広がっていたのでしよう。

(能城修一)

3 木の国の再生

今から三〇年くらい前までの木造建築には、木の良さのほかに、その土地の気候や風土、生業なりわいを反映した技わざがたくさん詰まっていました。しかし、それもその後における日本全体の合理化旋風のなかで地域性が次第に薄れ、今風の木造住宅は、全国的にほぼ同じような造りになってしまいました。一方、この過程においては農山村や郡部から都市への人口流出が大きな問題となっていました。

このため、地域社会経済の活性化策として、ふるさと創生、まちづくり、中山間地・地域振興などの施策が講じられ、このなかでその土地の「木、人、技、生業、連携」を最もよく反映する施設として、木造建築物を位置づけるところが多くなってきました。

このような視点からのまちづくりは、昭和五八年から建設省が推進したH O P E計画（地域適合型住宅計画）があります。これには地域単独に取り組むところが多く、その代表的な事例に熊本県小国町における昭和六〇年からの「悠木の里づくり」があり、「建物は目に見える情報である」として、町の施設の木造化が積極的に進められました。その最初は、全国初の木造立体トラス構造によるバスセンターの建築、続いて林業総合センター、商工会館、小国ドーム（混構造で屋根架構に木造立体トラスを採用、体育館）、木魂館（木造ボックス梁構造、研修・宿泊施設）、家畜市場（軸組・トラス梁使用）、びらみっど、西里小学校等々、

すべてが小国杉を最大限に活かした斬新な意匠と構造設計を基にして建てられました。これらの施設はその後、住民参加による町の情報発信基地として機能しておりますし、また木魂館の周辺には都市部から移住してきた文人、芸術家らが木造でユニークな設計のギャラリーやアトリエを建て、創作発表や演奏会を通して町民との交流の輪を広げています。

木造建築を基軸にしたまちづくりには、このほかにも福島県塙町、岩手県遠野市、佐賀県有田市などの例が挙げられます。また、木造の大型建築物としての学校やドーム（大断面集成材、島根県出雲市・秋田県大館市）、体育館、美術館など、さらには橋梁、ジェットコースターなどの木造構築物を地域のシンボルにしているところもたくさんあります。長野県では、公共施設の木造化を積極的に推進しており、先の冬季オリンピックのスケート競技場となった「エムウエーブ」（信州カラマツの大断面集成材による半剛性吊り構造、長野市）、クロスカントリーのコース橋（信州カラマツ集成材、白馬村）、そして林道では日本一長い木橋「木のかげはし」（四〇・五畝、上松町）、大断面集成材建築物としての信州国際音楽村（丸子町）の「パノラマステージひびき」と「ホールこだま」、多目的施設としての「やまびこドーム」（松本市）、さらに保育園や小中学校、道の駅など、平成一一年度末には全県で一五四の木造施設を数えています。

なお、全国の主要な木造建築物や構築物については、木材需要拡大中央協議会（全国木材組合連合会内）で昭和六一年度から用途別に事例集を発行して、木材の需要促進に供しています。（西村勝美）

4 世界中から日本へ

日本で使われる木材の多くは海外からきます。森林率が六六%と他の先進国に比べ高水準であるにもかかわらず、木材需要量の八〇%を外国に依存しています。このため世界でも有数の木材輸入国で、一九九六年の丸太輸入は世界の貿易量一億二、三〇〇万立方メートルの約四〇%を占めて第一位で、フィンランドが七%でこれに次ぎます。また、製材品および合板、削片板、繊維板といった木質パネルはアメリカに次ぐ第二位で、製材品は貿易量一億九〇〇万立方メートルの一%、木質パネルは四、四〇〇万立方メートルの一五%を占めています。

戦後の木材輸入は一九四八年に始まりましたが、一九六〇年代以降、高度経済成長期の下で木材需要は急増します。しかし国内の木材供給量には限界があり、米材、南洋材、ソ連材、さらにはニュージーランド材、チリ材を加えた五大外材の丸太を中心とした輸入が急増したのです。一九八五年以降、製材品、合板といった製品の輸入が増加します。これには日米貿易交渉による市場開放、プラザ合意以降の円高傾向、開発途上国での資源ナシヨナリズムの高揚によるインドネシアでの合板加工工業化政策の推進が大きく影響していたのです。しかし一九九三年以降になると丸太輸入量が急減し、製品も集成材、加工材、削片板、繊維板、さらには建具類や建築用木工品、家具などといった高付加価値製品への移行が始まりました。これは持続可能な森林経営が国際社会での重要テーマになり、良質な丸太を生産してきた天然林の伐採が制限、禁止され、

加工原料が低質化せざるをえなくなっているためです。この結果、これまでのような製材品、合板の供給は難しくなり、原料の持つ欠点を取り除いて再構成した高付加価値製品へ変わっているのです。

低付加価値製品の品質は見た目にあり、買い手の主観が重視され、これが貿易の流れを決めていました。

しかし、高付加価値製品になると品質は強度など数値で示される性能に変わり、性能さえ買い手の要求に合えば製品はどこからでも輸入され、木材製品貿易の国際化が進みます。最近の日本の貿易相手国も、従来の五大外材に加えてヨーロッパ諸国、中国、韓国など世界中からといってもよいほどに拡大しています。

阪神淡路大震災以降、消費者の木造住宅に対するニーズに耐震性が加わったことで、日本の需要も品質が安定し、強度もはつきりした高付加価値製品へ変わっています。この傾向は二〇〇〇年から住宅品質確保促進法が施行されたことで、さらに助長されることとなります。

木材需要の多くを外材に依存している理由として、国産材のコスト高、生産ロットのまとまりの悪さなどがいわれてきました。しかし最近の状況を見ると、輸入される高付加価値製品と競争できるような製品づくりが行われていないことが挙げられます。このため、今後、日本においても高付加価値製品化が必要になるでしょう。しかし他面では、世界的に良質な製材品原料が減少する一方、国内ではシックハウス症候群が顕在化し、ムク材への志向が強まっています。このような状況を見ると、良質な国産製材品を使った健康住宅など、新しいマーケットづくりも考慮すべきだと思われれます。

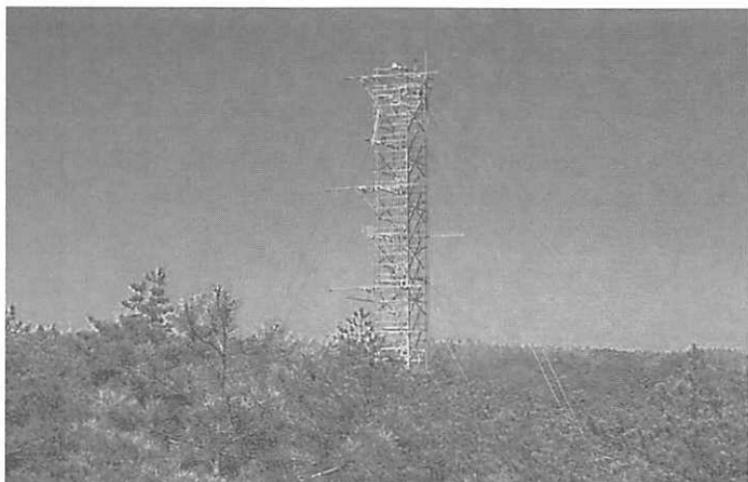
(荒谷明日兒)

5 梢の上で二酸化炭素測定

植物は、地球上に生まれてから長い時間をかけて、光合成によって大気中の酸素濃度を高め、自らを進化させるとともに、大気中の二酸化炭素濃度を低下させる一翼を担ってきました。ところが、人類による化石燃料の大量消費は大気中の二酸化炭素濃度の急激な上昇を招き、温室効果による地球温暖化とその影響が懸念されています。今、光合成による二酸化炭素吸収や酸素放出を通じて地球大気の変化を緩和する森林などの植物が持っている機能が改めて見直されています。

地球上の炭素収支を考えるうえで森林が重要な位置を占める理由として、森林は生態系内に多量の炭素を貯蔵している点が挙げられます。世界中の森林には、植物体、森林土壌それぞれに約七三五ギガトンの炭素が貯留されています。その一部は木材として生態系の外に持ち出され、林産物として余生を送ることになるわけですが、炭素貯蔵庫としての林産物の重要性については別の項に譲ることにして、ここでは森林生態系内の炭素収支（二酸化炭素収支）の話を進めます。

森林は光合成によって大気中の二酸化炭素を吸収し、年々樹体が成長していきますが、同時に植物は呼吸によって二酸化炭素を大気に放出しています。落葉や落枝も徐々に分解して二酸化炭素を放出します。放出された二酸化炭素の一部は、光合成によって再び樹木に吸収されます。また、森林土壌中にもわずかずつ炭



アカマツ林に建てられた高さ32mの森林微気象観測タワー（山梨県富士吉田市）

素が蓄積されていきます。このような二酸化炭素の吸収や放出の結果として、成長途上にある森林は年々生態系内の炭素貯留量を増加させます。しかし、その量は森林の種類、林齢や気候条件などによって大きく異なり、ただよくわかっていません。

森林の二酸化炭素吸収量を知るには、大気と森林の間の二酸化炭素の出入りを直接測定することが近道です。そのために森林に気象観測タワーを建て、森林の樹冠上で大気―森林間の二酸化炭素の出入りを毎秒五〜一〇回といった短い間隔で観測します。これを長期間連続する根気のいる作業を経て、やっと年間の正味二酸化炭素収支やその年々の変動のデータが得られます。これまでに、常緑針葉樹林や落葉広葉樹林といった森林タイプによって、二酸化炭素吸収量の季節変化に違いがあることが明らかとなってきました。

（大谷義一）

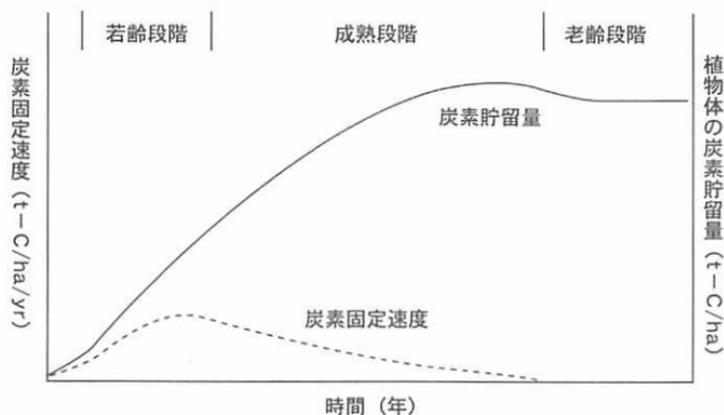
木材を使って森を元気に

大気中の二酸化炭素濃度の上昇による地球温暖化問題などで森林の大切さはよく知られるようになってきました。しかし森の木を切る木材利用はよくないことだという誤解も増えているように思われます。

森の樹木は、葉で光合成を行って大気中の二酸化炭素を吸収同化し、幹などに蓄えていきます。同時に葉や幹の一部などの生きている細胞は、同化物を代謝する呼吸を行い、二酸化炭素を放出しています。森に降り注ぐ日光の量は決まっているので、葉の量つまり光合成の量は、森が成長するに従って一定になります。

一方、森の樹木の成長によって幹などの呼吸量は増えていきます。光合成で吸収した炭素のうち幹の成長に回る分がどんどん減っていきます。最終的には寿命や、競争に負けて枯れた木が分解する二酸化炭素放出も加わり、老齢期の森林は見かけ上、大気中の二酸化炭素を吸収も放出もしない状態になっています。

老齢の樹木が毎年適切に切り出され、その後には植林され、若くて二酸化炭素を旺盛に吸収固定する樹木がバランスよく含まれた森林では、二酸化炭素の吸収量が常にプラスになっており、大気中の二酸化炭素濃度を減らす働きをしています。このような持続的林业では、森全体の成長量が伐採量を上回るようにしているため、樹木の蓄積量はほぼ一定で減ることはありません。そして、伐採された樹木は毎年木材として経済的に利用されることになり、森林国の収入源になります。



森林の炭素固定速度と炭素貯留量（藤森ら）

持続的林業から得られる木材は、そのまま燃やして二酸化炭素を排出しても大気中の二酸化炭素濃度を上昇させません。その木材を生産した森林が、伐採量以上の分の二酸化炭素を毎年吸収し続けているからです。森林を放置して老齢期のままにしておき、一方で石油などの化石燃料をエネルギー源として使っていけば、その分の二酸化炭素はどんどん大気中に蓄積していきます。

地球温暖化防止のためには森林を増やさなければいけないことはわかっていきます。木材が資材・エネルギー源として広く適切な価格で利用されるようになれば、お金が森林に持続的に投資されることとなります。そうなれば森林を大事にして減らさないようになり、気候的に森林になりうるのに荒れ果てている土地に造林されるようにもなるでしょう。

そのようにして森林面積が増加するようになれば、温暖化、水資源、砂漠化、生物多様性などの多くの環境問題が解決していくことでしょう。

（外崎真理雄）

木材を使えば二酸化炭素が減る

木材は、含まれている水分を除くと、その重さの約半分が炭素です。この炭素は、樹木が大気中の二酸化炭素を吸収していろいろな化学成分として木材の形にして固定したものです。

持続的林业や農業で採取された木材や農作物が燃やされたり食べられたりして二酸化炭素を放出しても、地球温暖化の原因とされている大気中の二酸化炭素濃度の上昇にはつながりません。それは次の年にその森林や農地で同じ分の二酸化炭素が吸収固定されることが保証されているからです。つまり元々大気中に存在する炭素が循環しているだけなのです。それでは、持続的林业から得られた木材で住宅や家具をつくって何年も使い続けるということはどういうことを意味しているのでしょうか。森林では毎年毎年二酸化炭素を吸収して木材が生産されます。しかし住宅や家具の木材中の炭素は大気中に戻っていきません。ということは、使われている木材分の炭素は大気中から取り除かれているということになります。

炭素固定で、しばしば誤解されていることがあります。それは、面積当たりの炭素吸収量が森林に匹敵する農作物や藻類が存在するため、これらも温暖化防止に役立つだろうと期待することです。しかし、問題は収穫物に含まれる炭素をいかに放出しないで固定しておくかで、温暖化対策効果が決まるのです。木材利用では、住宅や家具といった人に有益な形で同時に炭素固定を行っているわけです。

住宅数 床面積 木材使用量 木材中炭素量 炭素固定量
 $60軒/ha \times 100m^2/軒 \times 0.2m^3/m^2 \times 0.25t-C/m^3 = 300t-C/ha$



木造住宅地の炭素固定量

ここで木造住宅が建ち並んでいる土地一畝にどのくらいの炭素が固定されているのか試算してみます。道路や公園緑地の面積として四〇%とすると、宅地は六、〇〇〇平方メートルです。一軒当たりの土地を一〇〇平方メートルとすると六〇軒建つことになります。家は二階建てで床面積一〇〇平方メートルで、木材の使用量を床面積一平方

メートル当たり〇・二立方メートルとします。木材中の炭素量は絶乾比重を〇・五としてその半分ですから一立方メートル当たり〇・二五トになります。これらを掛け合わせると一畝の土地に三〇〇トの炭素が固定されていることになり、これは日本の森林一畝に固定されている炭素の量を大きく上回ります。木の生えていない土地に新たに森林ができると、その分、大気中の二酸化炭素が減ります。住宅のような木材製品が増えると都市の中に森林ができたのと同じことになります。

日本の建築物に使われる木材量の変化は、一年間に建てられたものと取り壊したものととの差から計算することができ、その中の炭素量は一年に約四〇〇〇万ト増加しているという試算があります。また、木材使用量が少ない他工法の建物のうち、三階建て以下のものを全部木造にしたら、さらに四〇〇〇万ト近い炭素ストック量の増加が見込めます。その増えた分の炭素は、大気中から積極的に取り除かれていることになりました。

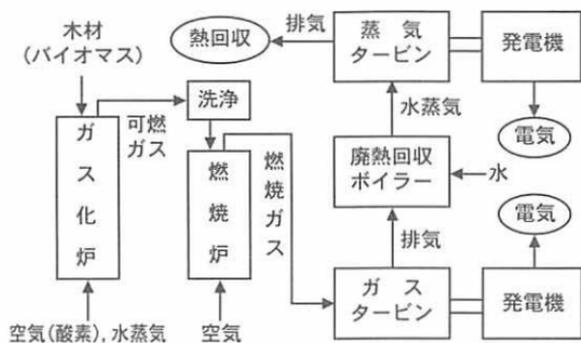
(外崎真理雄)

石油資源の枯渇が迫り（石油鉱業連盟の推計では三六年后です）、二酸化炭素などの排出による地球温暖化が深刻となっています。再生可能で、燃やしても地球規模では二酸化炭素増加につながらないバイオマスを石油代替エネルギー資源として使おうという考えは今日世界の潮流であり、バイオマスを効率よくエネルギー変換して利用する技術の実用化が推進されています。

ここでは代表的バイオマスである木材を、①燃焼して熱、②ガス化して可燃性ガス、③熱分解して燃料油に変換したあと電気を取り出す方法を紹介します。

①燃焼して熱に変換 燃焼ガスを廃熱回収ボイラーに導いて高圧水蒸気を発生させ、背圧タービンを回します。最もポピュラーな方式で、国内の製材工場などで行われている木屑発電の多くがこれに該当します。発電のエネルギー効率は二〇%以下と低いのですが、タービン排気を木材乾燥用などの熱として使う熱電併給（コージェネレーション、略してコジェネ）では総合利用効率が六〇%以上となります。残廃材の処理を兼ねて自工場の電気と熱を賄うのが前提ですから、普通は他地域への電力や温水供給はしません。北欧のように、プラント規模を大きくすれば売電・売熱が可能になると考えられます。

②ガス化して可燃性ガスに変換 空気（または酸素）と水蒸気中で八五〇℃程度の高温で処理して得られ



ガスタービンによる複合発電システム

る一酸化炭素と水素を主可燃分とするガスからアルカリ蒸気やタールを除去したあと、これを燃やしてガスタービンを、次に、その高温排ガスを利用して蒸気タービンを回します。この複合発電（複合サイクル、BIG/GTCCまたはIGCC）をロジエネとしたのが、図に示した流れです。小規模でも高い発電効率を得られるこの方式ならば将来は商業売電が有望視され、現在欧米やブラジルではすでに実証試験を行っています。スウェーデンのベルナモにあるIGCC実証プラントは発電三二%、総合八三%の効率ですから、発電効率は石炭火力の三五%に近づいています。IGCCではガス化のほうが重要な工程ですから、低コスト高効率のガス化炉開発が主目標となります。本命のガス化法は、酸素と水蒸気を吹き込む加圧流動床型あたりでしょうか。

③ 熱分解して燃料油に変換 四五〇〜六〇〇℃で急速熱分解して得られる油を燃やしてディーゼルエンジンを動かす発電です。ディーゼル発電はガスタービンより小型でも発電効率が高いという利点があり、定速回転による発電に成功しています。しかし、油の生産操業の用途が立たないこの方式の実用化はもっと先になります。

（鈴木 勉）

スギ林のバイオマスエネルギー

私たち人類が二十一世紀に真剣に取り組まなければならない課題といえは、それは持続可能な循環型社会の構築に尽きると思われれます。二十世紀、人類は、効率や経済性を優先して、化石資源を惜しみなく使つて突き進んできました。その結果もたらされたものは、著しい環境破壊とゴミの山でした。昔のようなゴミの出不い環境と調和した人間社会を実現するには、水力、風力、バイオマスといった自然エネルギーに依存していかざるをえません。

日本の国土面積の約三分の二は森林で覆われています。その半分弱が人工林で、そのまた半分弱の四五〇万畝あまりがスギ林です。日本の米の作付け面積が二五〇万畝程度ですから、いかにスギ人工林が広大なものであるか、おわかりいただけるでしょう。この広大なスギ林から、どの程度のバイオマスが得られ、エネルギーとして利用できるかについて試算してみました。その結果、スギ林から持続的に得られるバイオマスで発電効率三〇%の発電を行えば、年間四、八〇〇万立方メートルの用材を供給しつつ、日本の総発電量の四・四%を賄えることがわかりました。この発電量は、一見したいことがないように思えますが、決してそうではなく、スギ以外の人工林からもほぼこれに匹敵する量が供給可能であると考えられ、さらに古紙をエネルギーに利用すれば、電力の一割程度は、森林バイオマスで賄うことが可能になるのです。

しかし、現在のスギ人工林の多くは、手入れされず、荒れたままになって、バイオマスの生産性も低くなっています。造林が盛んに行われていたころ、スギ材は、将来、建築用材として大いに利用されると期待されていました。しかしさまざまな要因で、スギ材は期待したほど多くの需要を生むに至らなかったのです。スギ材を活用するための研究や取り組みが盛んに行われてはいますが、もはや、用材としての経済価値だけでスギ材の需要を伸ばしていくことは、困難であるといわざるをえません。この現状を打破するためにも、森林のバイオマスをエネルギーとして利用することを国を挙げて推進することが望まれます。そうすることによって、化石エネルギーの利用を抑制するだけでなく、森林が適切に管理され、中山間地の活性化を促すことにもつながります。

森林バイオマスは、人間の管理によって制御可能なエネルギー源なのです。もっと多くの労働力を人工林に注ぎ込んでいくべきではないでしょうか。我が国では、昭和の初頭までは、「里山」から得られるバイオマスを燃料や堆肥の原料として利用していました。昔は、エネルギーを得るために、多くの手間と暇をかけたのです。もちろん、現在、便利さに慣れてしまった日本人が、里山から得られるエネルギーだけで生きていくことは、おそらくできないでしょう。

手つかずの天然林を保護しながら、二十一世紀型のシステマチックなバイオマスエネルギーの利用を考え、ていくうえで、スギ林を初めとする人工林は、最も期待されるバイオマス供給源なのです。

(西野吉彦)

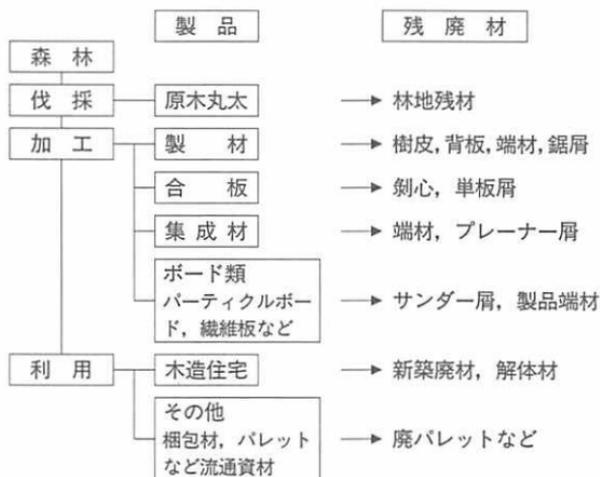
無駄なく利用、カスケード型

左の表は、各種木質材料とその原料を示しており、製材、集成材、パーティクルボード、ファイバーボードの原料はそれぞれ素材↓板↓チップ（削片）↓繊維とその形状が順次小さくなっています。このように、原料の形態が順次小さくなくても利用できることから、木材の利用は一般にカスケード（多段階、滝）型と呼ばれます。木材は、鉄やアルミニウムなどのリサイクル利用とは異なった形で再利用が可能です。このため、私たちが使っている木造住宅の柱や梁、家具などは、使用されたあとと不用になってもいろいろな形で利用でき、最後に燃料や肥料（堆肥）などに利用されて二酸化炭素として大気に戻り、再び森の樹木によって木材に再生されます。このような理想的な循環系の形成が可能なのは木材の優れた特徴です。

ところが、近年我が国では建築解体現場で発生した木材や不用になった家具などのように、都市から排出される木材が再利用されず、廃棄物（ゴミ）となる状況が生じています。図は、森林の伐採から木材の加工・利用の過程で発生する残廃材を示しています。林地残材のうち、広葉樹はわずかですがチップ化され利用されています。製材工場から排出される樹皮は、家畜敷料として使われたあと堆肥（土壌改良材）に、背板、端材は自工場でチップ化されボイラー燃料などに、鋸屑はキノコ栽培の菌床や家畜敷料に使用されています。このように、製材工場から出る残廃材は地域的用途が主ですがそのほとんどが再利用されています。

各種木質材料とその原料

木質材料	原料
製材	丸太
集成材	板(ラミナ)
パーティクルボード	チップ(削片)
ファイバーボード	ファイバー(繊維)



木質残廃材の発生状況

製材、合板、集成材などの木材工業からも図に示すような廃材が排出されますが、これらも自工場におけるボイラー燃料としてそのほとんどが使われています。しかし、建築解体材や廃棄家具類など膨大な量の木くずが排出されており、その一部はチップ化され木質ボード原料や燃料用として利用されますが、再利用率が極めて低いのが現状です。発生が分散的であること、木材以外の材料が混在していることが主な理由です。

住宅解体材などの回収・利用率を高めるには、解体・集荷システムや異物の除去技術とともに、ボード工業以外での利用技術の開発が急がれています。これにより、木材資源をゴミとしない資源循環型社会を築く必要があります。

(海老原 徹)

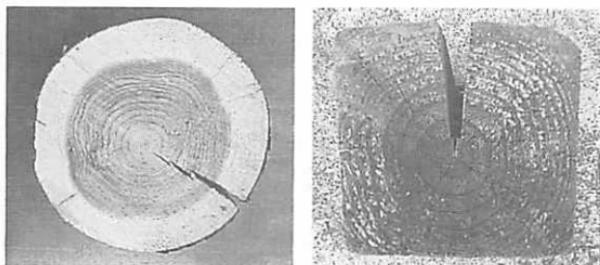
木が割れるのは自然の摂理

丸太は乾いてくるとやがて割れてきます。心持ちの柱も同じこと、割れてきます。割れても強度的な心配は全くありません。ところが割れるとトラブルになることがあって、割れる心配のない集成材の柱が使われるようになってきました。

トラブルは柱を見えなくした大壁構造で発生しました。平らな壁が平らでなくなったり、クロスの場合にはわが出たり、はなはだしい場合は裂けたりします。背割りがあってもトラブルはなくなりません。目下のところ、完全に乾燥しておくほかに解決策はありません。

丸太がなぜ割れるかといえば、接線方向と半径方向の収縮率に差があるからで、単純明快です。丸太を心を通して四つ割りにして乾かすと、直角だった心の部分は直角より小さくなって、それぞれが扇形に変形します。すなわち接線方向の収縮率が半径方向のそれに比べ、約二倍も大きいからです。なぜこれほど大きな差があるのか、その理由について多くの研究がなされてきました。

理由は年輪構造にあり、木材の収縮率は密度にほぼ比例します。例えば、キリの半径方向の平均収縮率はクリの約半分ですが、密度も約半分です。木には年輪があり、年輪は密度の小さい早材と密度の大きい晩材から成り立っているので、晩材に引きずられるために接線方向の収縮率が半径方向より大きいのだという



スギ丸太(左)は乾けば割れる。背割りを入れた柱(右)は吸湿・放湿に伴って、背割りが開いたり閉じたりする。

わけです。ところがカツラやマカンバのような早晚材に密度差のない樹種でも接線方向の収縮率は半径方向の約二倍なので、理由は他にあるはずで

理由は放射組織にあり

木材には必ず放射組織があつて、その細胞は半径方向に配列しています。収縮

率は細胞の軸方向が小さいので、放射組織の存在が理由だというわけです。ところが放射組織の発達程度は樹種によって違いがあり、針葉樹材では約五%、ブナやタモなどは一七〜一八%もあります。そういった違いに関係なく接線方向の収縮率が半径方向の約二倍なので、理由は他にあるはずで

理由は細胞壁の微細構造にあり 細胞壁は結晶性のセルロースミクロファイブリン(糸状物)から成り立っていて、糸状物の傾斜が細胞の接線壁と半径壁とで違うというわけです。ところが細胞を切開して調べたら、傾斜に差はありませんでした。

結局、さまざまな理由が少しずつ働いて、すべての木がほぼ同じ収縮異方性を持っているようです。なぜそんな異方性があるのかといえば、実は丸太を割るためです。割れ目には水が入って分解菌が繁殖し、木は分解して炭素循環が進展します。木が割れるのは自然の摂理なのです。

(岡野 健)

省エネは「木の家」から

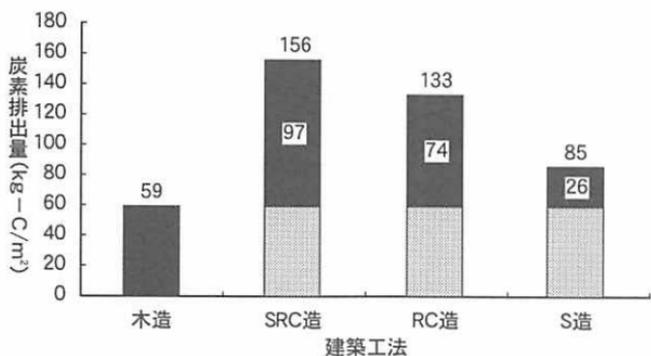
木材は数十メートルの高さにもなる樹体を支え、台風などにも耐えられる強い材料です。強度を材料の比重で割った値を比強度といいますが、曲げ強さなどでは金属材料を上回っています。切つて乾燥させるだけで住宅や家具の材料として利用できます。

人間は生きていくために衣食住すべてにわたりいろいろな物を必要とします。そしてその物を得るために、例えば魚なら漁船の燃料といったエネルギーが必要です。さらに使える形のエネルギーを得るには、例えば原子力発電所でも建設―燃料製造―廃棄物処理といったエネルギーが実は必要です。

木材などのバイオマスエネルギーを利用するならば、それに伴う二酸化炭素排出は地球温暖化の原因となる大気中の濃度を上昇させませんが、現実には私たちが使っているエネルギーの大部分は二酸化炭素濃度を上昇させる石油などの化石燃料由来のもので、いかにして消費を削減するかが問題になっています。

いろいろな材料一語を製造するときに、エネルギー利用などの形でどれくらいの二酸化炭素を排出するかを炭素換算で示したものを、炭素排出量原単位といいます。

製材品や合板などの木質材料は、セメントや金属などの他材料と比べて、一桁以上小さい値になっています。つまり同じ一語をつくるのに、より少ないエネルギーで製造できるわけです。また、同じ重さの木材と



各種建築工法の炭素排出量原単位 (酒井ら)

鉄で、例えば梁をつくったとしたら、木材のほうが強いのです。

建物をつくるには木造以外に鉄骨鉄筋コンクリート (SRC)、鉄筋コンクリート (RC)、鉄骨 (S) などさまざまな工法がありますが、同じ一平方メートルを建てるのに要する炭素排出量、つまりエネルギー消費は木造が最も小さい値になっています。他工法の建物を建てる代わりに木造にすると省エネになるわけです。

日本で一年間に建てるられる建物のうち、他工法の三階建て以下のものを全部木造にしたとしたら、上図の木造との差分がいらぬことになり、三〇〇万ト以上のエネルギー消費に伴う炭素排出を削減できるとい試算があります。

さらに、大事なことは、家を建てたら長く使うということです。二〇年ごとに建て替えるのと一〇〇年使うのでは、前者が五回建てる間に後者なら一回で済むわけで、建築に伴うエネルギー消費は五倍違うことになります。

木の家に長く住むことが、地球環境のためになるのです。

(外崎真理雄)

究極の甘味料キシリトール

高齢化が進み、生活習慣病の増大と健康志向の高まりのなかで、虫歯を防いでくれる甘味料としてキシリトールの機能が注目されています。キシリトールは砂糖（ショ糖）とほぼ同じ甘味度を持ち、溶解時に吸熱が起こるので口の中では清涼感、爽快感のある甘さを感じます。虫歯予防のほかに、体内での代謝でインスリンを必要とせず、キシロースを経てペントースリン酸経路によりエネルギーとなるので、糖尿病患者の砂糖代替物として格好のものです。

平成九年、厚生省が食品添加物として認可したのをきっかけに、キシリトールを甘味料とする「歯の健康によい」ガムやタブレット菓子が各メーカーから一斉に発売されています。キシリトールはヘミセルロースの一種であるキシランを原料として製造されます。カバやブナなどの広葉樹材はキシロースの多糖体であるキシランを二割から三割程度含有しています。またキシランはトウモロコシの穂軸、綿実殻、サトウキビの絞りかす、稲わら、麦わらなど未利用の農産廃棄物にも多く含まれています。

木材や農産廃棄物からキシランを抽出し、このキシランを酸や酵素によってキシロースにまで加水分解し、さらに接触還元によりキシロース末端のアルデヒド基に水素添加し、精製、結晶化を行ってキシリトール製品とします。キシロースを還元するのに微生物を用いる方法も研究されていますが、工業的な製造法は水素

添加による方法です。

虫歯は口腔内の醸酸菌と歯牙溶解菌との作用によって発生するとされています。歯面についた歯垢（主に炭水化物）に乳酸をつくる細菌が働き、そのためにできた乳酸がエナメル質中の石灰分を溶かし、ついで歯牙溶解菌が残った有機質を分解、溶融するものと考えられています。

キシリトールは口腔微生物によって発酵されず、歯垢のpHを低下させないことが確かめられています。

このことはキシリトールが腐蝕性を持たないことを意味します。さらにキシリトールの機能として注目されるのは口腔微生物に対して静菌作用を持っていることです。歯垢にキシリトールが接触することによって微生物代謝を阻害するキシリトール・五リン酸が歯垢内に蓄積します。キシリトールの静菌作用は、このキシリトール・五リン酸が微生物の細胞内に侵入し、部分的にエネルギー消費無益回路を形成し、口腔微生物の糖質の摂取と代謝を阻止することで、その増殖を抑制するからだと考えられています。キシリトールを長期にわたって摂取することによって、口腔微生物叢の生態学的変化、歯垢の減少、歯垢中の細菌数の減少などにより虫歯を防いでくれることが期待できます。

キシリトールは北アメリカやヨーロッパ各国においても食品添加物としての使用が認められています。また、安全性についてはFAO・WHO合同の食品添加物専門家会議の検討において、一日の摂取許容量を特定せずと評価されています。

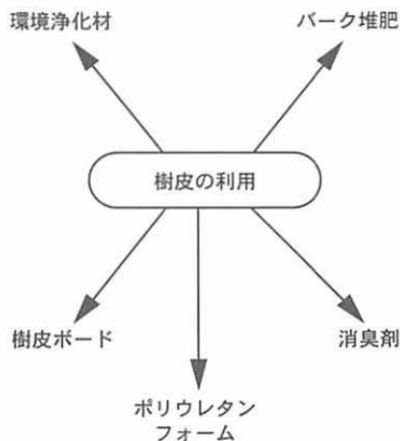
（石原光明）

木の皮で有害物質の吸着・除去

現在、日本の製材工場から排出される樹皮の総量は、約三五〇万立方メートルと推定されています。国産材および外材から発生する樹皮の量はほぼ同量であり、国産材では九五%以上がスギ、ヒノキなどの針葉樹から排出されています。排出される樹皮の一部は家畜敷料、バーク堆肥、土壌改良材などとして利用されていますが、他の主な残廃材（背板、鋸屑など）と比べて未利用率がかなり高く、発生樹皮の二七%が焼却または棄却されているのが現状です。最近の研究により、樹皮または樹皮に多量に含まれるタンニンを利用した重金属、有機塩素化合物、ホルムアルデヒドなどの有害物質の吸着・除去材が調製されています。

モリシマアカシア樹皮をポリエチレングリコールに溶解させ、これにジイソシアネートを反応させると、ポリウレタンフォームが調製できます。得られた発泡体は生分解性を有するとともに、水溶液中の銅、亜鉛、カドミウムを効率的に吸着します。樹皮を直接重金属吸着材として利用する研究も行われています。トウヒやイチイの樹皮を粉末化、水洗浄した後に風乾して得られる樹皮粉末は、銅、カドミウム、亜鉛に対する強い吸着能を示します。一方、六価クロムの吸着に関しては、カラマツ樹皮が優れています。

製材工場からの排出量が最も多いスギ樹皮からの有害物質吸着材の調製も試みられています。スギ樹皮を三〇〇〜五〇〇℃で熱処理すると、クロロホルム、ジクロロメタンなどのトリハロメタン類を効率的に吸着



樹皮の有害物質吸着材としての有効利用法

するようになります。処理温度を 90°C まで上げると、四塩化炭素やトリクロロエタンの吸着率も向上します。スギ樹皮の有効利用法の一つとして、樹皮の繊維を原料としたファイバーボードの製造が試みられています。この樹皮ボードは、活性炭よりも優れたホルムアルデヒド吸着能を有します。また、スギ樹皮にはアンモニアやメチルメルカプタンなどの悪臭成分に対する高い消臭効果も認められています。

樹皮タンニンを用いた重金属吸着材は、タンニン酸およびワットルタンニンを原料として調製されています。これらの吸着材は、タンニンをホルムアルデヒドで架橋させたり、多糖類などの高分子物質と化学結合させることによって、タンニンを水に不溶化させて調製します。樹皮タンニンには、茶カテキン類と同様に

ホルムアルデヒドを吸着する作用があります。また、アンモニアやタバコの煙の主成分であるアセトアルデヒドを吸着する作用も示します。メルカプタン類に対する消臭効果は認められませんが、ホルムアルデヒドで樹皮タンニンを架橋させると、消臭効果が大きく向上します。

以上のように、未利用資源である樹皮や樹皮タンニンの機能を活かしたさまざまな有害物質吸着・除去材の開発が検討されています。

(大原誠資)

廃材がりっぱな板になる

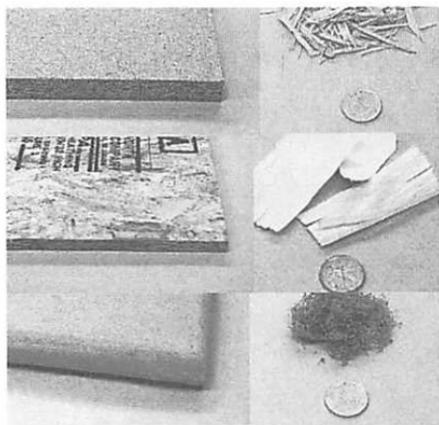
木材を小片や繊維などのエレメント（構成要素）に細分化したものに接着剤を加え、加熱圧縮して成型した板状の材料のことを木質ボード類と呼びます。主なものとして次の三種類が挙げられます。

パーティクルボードは、かん状の加工機で木材を切削して得られるマッチの軸のような形状の小片を成型したもので、我が国では最も多く生産されている木質ボードです。家具、建具のほか、建築物の床下地材として使用されています。

ウエファアード、オリエンテッドストランドボード（OSB）は北米を中心に生産されているもので、名刺程度の大きさのエレメントを用いたパーティクルボードの一種です。特にOSBは、エレメントの繊維方向を一定の向きに配向させて構成するため、強度性能が高いという特徴があります。住宅の下地用途が大半を占め、自動車のボディーやパレットなどの梱包材にも使用されています。

ミディアムデンシティファイバーボード（MDF）は、回転するおろしがね状の加工機で木材を解繊した繊維を成型したものです。加工性が高く、切削面が平滑なため、家具、住設機器、建具などに使用されています。また、最近では壁下地材としても使用され始めています。

これまで板材料の中心的存在であった良質な南洋材合板が入手にくなくなったため、木質ボード類に対す



木質ボード類とそのエレメント
(上から、パーティクルボード、OBS、MDF)

る需要は高くなっています。木質ボード類は、細分化した原料を再構成し、自動化された装置によって生産されます。したがって、木材が本来持っている欠点の影響を受けにくく、均一な性能を持つ製品が得られること、合板と比較して安価なこと、出荷時の寸法精度が高いことなどがその特徴として挙げられます。

しかし、最も大きな長所は、原料選択の幅が広く、小径木、工場残廃材、建築解体材などを使用することが可能なことです。特にパーティクルボードは、すでに約四割が廃材から生産されています。建築解体材、梱包材などの非木材産業から排出される廃材については、木質ボード類の原料としてリサイクルされている

のは、発生量約二、一八〇万立方メートルのうち一〇％程度ですが、建設リサイクル法の施行により、今後この比率は高くなると考えられます。

つまり、木質ボード類によりがえった建築解体廃材が再び建材や家具材として使用されるようになりつつあるのです。資源の有効利用と廃棄物の減量化を進めるためにはリサイクルはとても大切なことですが、本当のリサイクルとは廃棄物を元々使われていた用途の材料に再び戻すことであり、木質ボード類はその役割に適した材料なのです。(洪澤龍也)

廃材から生まれる炭素材

木炭はその表面に細かい孔がたくさんあり、物質を吸着できることが古くから知られていました。この性質を利用して、汚れた水を木炭でこしてきれいにすることも昔から行われてきました。しかし、この木炭をもう一步進めて活性炭とすればより大きな吸着力が得られ、用途のほうも格段に広くなります。

食品工業での脱色や脱臭、水道水の浄化、ゴミ焼却場の排ガス処理のような大規模な使われ方以外にも、身近なところでは冷蔵庫の中に入れる脱臭剤、おいしい水をつくる浄水器、それに自動車のガソリン蒸散防止装置のキャニスタの部分には活性炭が充てんしてあります。変わったところでは冬の寒いときに重宝する使い捨てカイロ、これにも活性炭が使われています。使い捨てカイロでは鉄が酸化されるときに出る反応熱を利用していますが、活性炭は空気中の酸素を取り込むことでこの反応に一役買っています。

最近では、活性炭が大きな表面積を持ちしかも導電性に優れていることを利用して、コンデンサの電極にも使われています。また、炭素という材料は生体に対して不活性で安定していることから、透析など医療分野への応用も盛んに研究されています。

活性炭の原料には製材の鋸屑、鋸屑の炭化物である素灰、木炭、ヤシ殻などがよく使われます。活性炭はこれらの出発原料を一度炭化したものをさらに酸化して、孔を数多く開けることによって製造します。この



1972年に国際的に決められた細孔の分類

酸化させることは賦活と呼ばれ、薬品賦活とガス賦活に大別されます。薬品賦活では原料に塩化亜鉛のような賦活薬品を含ませて加熱し、薬品の脱水および酸化反応で多孔質の活性炭をつくり出します。薬品は塩化亜鉛のほかリン酸、塩化カルシウム、水酸化カリウムなどが使われます。一方、ガス賦活では、炭化された原料を一、二〇〇°C近い高温で水蒸気や炭酸ガスなどの酸化ガスと接触反応させて、製造します。こうして製造された活性炭にはさまざまな大きさの孔が開いており、この孔は細孔と呼ばれ、吸着剤としての活性炭を特徴づけています。

細孔の分類は国際的に次のように決められています。細孔半径 (r) が二五nmより大きいものはマクロ孔と呼ばれ、吸着する物質を外部から活性炭粒子内へ輸送する役割を果たします。二五から一nmの細孔は吸着に関与する細孔のうち中間に属し、メソ孔と呼ばれます。吸着はこのメソ孔以下の大きさの細孔によって支配されます。細孔半径が一から〇・四nmのものは、吸着に関与する細孔のなかでは微細孔に属するのでミクロ孔と呼ばれます。細孔半径が〇・四nm以下のものは分子径とほぼ同一の細孔でサブミクロ孔と呼ばれます。通常の活性炭にはマクロ孔からサブミクロ孔までの細孔が広範囲に分布していて、活性炭が吸着剤として働くときはこれらの細孔が重要な役割を果たしているのです。(富村洋一)

廃材で環境浄化

山間地や住宅地などから排出される廃材は再利用可能な資源ですが、有益な利用方法は少なく、限りある資源の効率的な利用技術が求められています。そのようななかで、昔ながらの炭焼きによる木炭としての利用法は、製造法の容易さや多機能性といった点から注目されており、利用率も増加しています。なかでも最近のエコロジーブームのもと、環境関連での利用例が多くあり、この分野で最も使用例の多いのが河川などの水質浄化への利用です。東京都八王子市にある民間団体が行った河川水の水質浄化実験を皮切りに今日までに四国の四万十川、琵琶湖流入河川、天竜川などを初め全国的に取り組まれており、各地の河川の水質改善に役立っています。長野県戸倉町では木炭により河川の水質浄化を行い、ホテルを復活させることに成功したという事例もあり、木炭による環境づくりが各地で展開されています。原油タンカーなどの油流出事故は、漁業や生態系などへの深刻な問題となります。最近、廃材などを原料として低温で炭化する技術により画期的な油吸着剤が開発され、注目されています。これらも木炭の環境浄化への利用の可能性を示すよい例です。木炭による水質浄化のメカニズムは比較的大きな懸濁物を木炭が受け止め、ろ過する機能のほか、水中に溶存している物質などを吸着する機能が働いていると考えられています。

現在最も注目されているのは、室内空気質の改善への利用です。合板や壁紙などの接着剤から発生するホ

各種木炭による環境汚染物質の除去率

	除去率 (%)				
	ビスフェノール A	p-ノニルフェノール	フタル酸ジエチル		
試験液濃度 (ppm)	5	0.05	5	5	
各種木炭	スギ	52	98	88	90
	アカマツ	96	98	98	98
	コナラ	73	96	83	85
	マダケ	10	30	15	20
活性炭(ヤシ殻)	100	100	99.5	100	

注) 木炭のサイズ: 10<メッシュ<5

ルムアルデヒドや塗料から発生するトルエンなどの揮発性有機化合物は、化学物質過敏症の原因の一つであるといわれ、新築や改築された建物において問題になっており、その対策が急務となっています。そのためさまざまな化学物質吸着法が開発されていますが、なかでもスギなどを原料とした木炭が比較的吸着能が高いことが明らかにされています。この場合、特に高温で炭化された木炭の吸着能が優れているのが特徴で、

実用的な利用法を考慮すれば室内空気汚染の原因物質も容易に除去できることとなります。このほか、木炭の持つ水分の吸収・放出機能を利用した床下調湿剤や吸着能を利用したアンモニアなどの消臭剤も開発されており、私たちの身近な生活に大いに役立っています。

木炭による物質の吸着能は、一般的に細孔が豊富にある針葉樹のほうが広葉樹に比べ高いといわれており、間伐材や廃材として排出されるスギ、ヒノキなどは、木炭として利用することが最適な方法になるのではないかと考えられます。しかし塗料や接着剤が付着した建築解体材などを炭化した場合、有害物質の発生や木炭への蓄積が考えられ、利用上注意が必要になります。環境汚染の問題や廃材の排出量は今後ますます増加すると予想され、木炭の役割は今以上に重要になりそうです。(大平辰朗)

民家の解体材はどこへ？

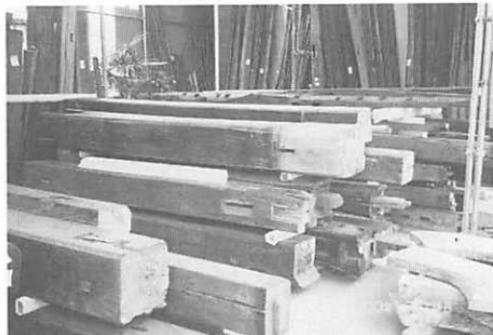
我が国の住宅の建て替えは、一般的には、築後三五、六年で行われています。このような住宅の解体で発生する木材は、実に七〇%までが焼却または棄却され、再利用される分はわずか三〇%程度です。再利用では多くの場合、産業廃棄物の中間処理工場でハンマークラツシヤーやチップパーで解体材を木片にし、その約七割を中小工場のボイラー燃料用に、三割をパーティクルボードなど、ボード原料用に仕向けています。なお、このような一般住宅の解体材から再び建築材料に向けられるものには、梁はりや胴差しけた、桁げたなどの大断面材が対象になります。それは国産アカマツ材に限られ、しかも数量的にも極めて少ないのが実態です。

解体材から再び建築材料として利用されるものは、築後一〇〇年以上経過した、いわゆる民家の解体で発生する木材（古材）が主流になります。この数年前から、これら民家の解体材としての古材が大きく見直されてきています。それには解体材のリユース、無垢・大断面の気乾材としての評価、二酸化炭素の長期固定化などから、古材の有効利用を図るという意味のほかに、住文化の維持・継承や伝統的建築技術の継承という面から、民家の再生を図っていくとするグループが結成されたことにもよります。

民家再生のグループには、「日本民家再生リサイクル協会」（JMRA、ジェムラ）、「民家コモンズ推進協議会」などがあり、民家の所有者、民家や古材の売買希望者、建築士、再生支援者などを会員として全国的

な情報活動を行っています。

民家の解体では、屋根、壁、建具をはずした後に構造材や造作材を上部から順に取り出しますが、古材の価値が高まってからはその作業が機械から手作業に変わってきています。古材は解体業者によって古材ショップに持ち込まれます。古材ショップでは、入手した材を洗浄し、磨きをかけて展示販売しますが、設計士や建築主からの依頼によっては、埋木（ほぞ、穴、欠損部など）、旋削、表面加工、塗装（古色塗り）、調色なども行います。現在、古材ショップは全国に八か所あり、その半数は



古材ショップでの展示販売

展示場を設けており、展示材には樹種、寸法、価格を表示しているところもあります（写真）。これらで扱う古材は、直材のほかに曲がり材も多く、樹種ではアカマツに続いてクリ、ケヤキ、スギなどが多いようです。また古材の約七割は店舗内部の表し材として構造と化粧を兼ねて用いられ、住宅用には三割程度といわれています。

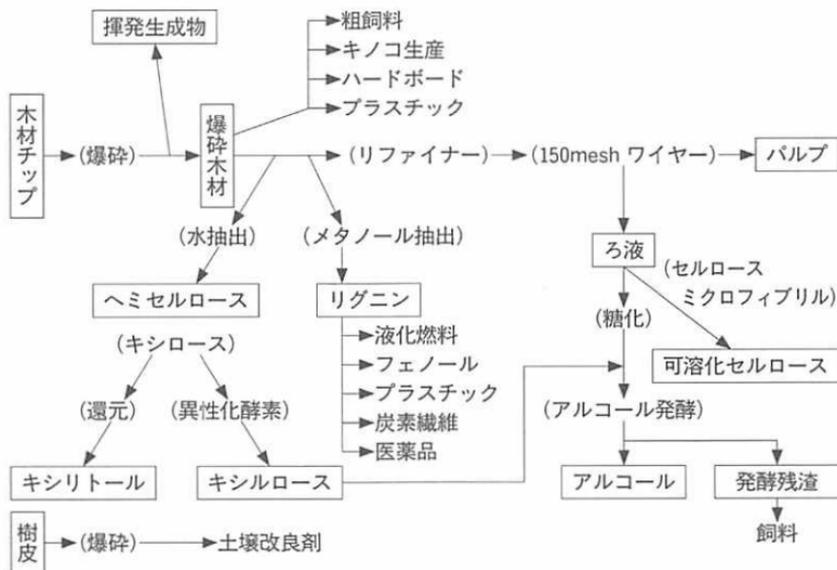
なお古材や民家に関する情報のネットワークとしては「古材バンクの会」があります。建設資材リサイクル法の制定もあり、古材の活用が脚光を浴びはじめています。今後は、古材のより上手な利用方法を工夫していきたいものです。

（西村勝美）

木材のボン菓子——爆砕処理

高圧水蒸気を用いた木材の利用技術の一つとして爆砕処理があります。爆砕処理は木材チップを高温高圧の水蒸気（例えば二三〇℃、二八気圧）で数分間蒸した後、一気に大気圧下に放出することによって木材を粉々に破砕する方法で、いわゆる木材のボン菓子です。最近、有珠山や三宅島の火山の噴火で話題になっている水蒸気爆発を人工的に行ったようなものです。

高圧の水蒸気は木材中に容易に浸透でき、木材に水分と熱を急速に与えることができます。これによって木材は軟らかくなるとともに、木材細胞壁中でおよそ二〇〇℃程度の活性化水になります。このときの水のイオン積は通常の水の数千倍から数万倍になっており、非常に速い化学反応を起こすことができます。高圧水蒸気下で木材が軟化され、細胞壁成分が部分的に分解された状態で一気に圧力を解放すると、細胞壁中の高温の凝縮水が瞬間的に気化し、数百倍に膨張することで、細胞壁内部から木材組織をばらばらに粉砕できます。これまでもあまり利用されていなかった里山広葉樹をこの処理によって牛などの反すう家畜の飼料にできます。また酸や酵素を用いて木材中の主要成分であるセルロースを加水分解してグルコースに変え、さらに酵母によって発酵させ、木材から効率よくエタノールが製造できます。これはもちろんお酒にもなりません。再生産可能なバイオマスエネルギーとなり、将来、石油に代わる液体燃料として期待されます。



爆砕処理による木材の総合利用

広葉樹のヘミセルロースからはキシロースが多量に得られます。これを微生物や還元剤などで還元してキシリトールとすれば、糖尿病患者などのダイエタリーな甘味料や虫歯予防薬に利用できます。そのほかリグニンからは化学転換によりシリンガレジノールなどの生理活性のある芳香族化合物が得られますが、配糖体に変換するなどして健康飲料や各種医薬品としての利用が期待されます。

爆砕処理は短時間かつ省エネルギーで木材を微粉碎でき、プラスチックの加工性をよくするための増量剤として適しています。一方、針葉樹材は爆砕によって微粉化できませんが、リグニンが広葉樹と違って分解されにくく、飼料やエタノールへの変換が困難であり、間伐材への爆砕処理の適用にはまだ問題が残っています。二〇二ページにこの解決のための新しい手法を示してありますので参考にしてください。

(棚橋光彦)

悪魔のプレゼント——ダイオキシシン類

ベトナム戦争では、米軍によって枯れ葉剤が散布された結果、多くの奇形児が誕生しました。この被害は実際には枯れ葉剤の2・4・5-トリクロロフェノキシ酢酸に不純物として含まれるダイオキシシン類が原因だったのです。ダイオキシシン類にはポリ塩化ジベンゾパラジオキシシン、ポリ塩化ジベンゾフランおよびコプラナーPCBの三種があり、農薬などの製造工程、パルプの塩素漂白および廃棄物焼却などによって発生します。ダイオキシシン類は炭素、酸素、水素および塩素からできているので、廃棄物（ゴミ）の中に塩素が全く入っていないならばそれを焼却しても発生しません。

我が国では、今後新設される焼却炉の排ガス一立方メートルに対するダイオキシシン類の規制基準は、焼却炉の処理能力に応じて、一時間当たり四ノト以上では〇・一ノテ、二ノ四ノトでは一ノテ、二ノト未満では五ノテ（すべて毒性等量換算値）以下と規定されています（ナノグラムは一〇億分の一グラム、毒性等量換算値はダイオキシシン類の毒性の強さを考慮した値）。性能のよい焼却炉を使用すれば、基本的に何を燃やしても問題ありません。しかしながら、現状ではそのような焼却炉をすべての廃棄物に対して、すべての場所で使用することはできません。条件の悪い炉とは、①燃焼温度が不十分、②酸素とその滞留が不足、③排ガスが集塵機に導入されるまでの冷却が不十分、④間欠運転しているなどの欠点を指摘することができます。

木材関連の廃棄物を焼却処理する場合はどうでしょうか？　まず、有機塩素化合物が混入した木材廃棄物（塩ビ被覆合板、ペンタクロロフェノール（PCP）処理材など）は、燃焼により多量のダイオキシン類を発生する場合があります。木材保存薬剤のなかにはPCP以外にもクロルピリホスなどの有機塩素化合物が使われる場合があります。PCP以外の有機塩素化合物の影響についてはまだほとんど検討例がありませんが、ダイオキシン類を多量に発生する可能性は高いため、適切な焼却処理をする必要があります。さらに、木材保存薬剤のなかにはCCAやACQなどの銅化合物を含む薬剤やDDACなどの塩素を含む逆性石けんなどがあります。また、水中貯木材には塩化ナトリウムが混入していますし、合板の接着剤には塩化アンモニウムが使われる場合があります。

銅化合物や有機ではない塩素化合物の燃焼におけるダイオキシン類生成に対する影響については、はっきりとしたことはわかっていません。どうやら、PCPやポリ塩化ビニルほど強力ではないのですが、不完全燃焼したときは多量のダイオキシン類を発生するのかもしれない。天然木材に関しては、少なくとも集塵機を持つ焼却炉で焼却すれば問題ありません。

ダイオキシン類の発生に関しては、どのような種類の廃棄物を燃やすかよりも、どのような焼却炉を使って、どのような条件で燃やすかのほうがはるかに重要です。やむをえず旧式の焼却炉を使用する必要があるときは、前述のような問題のある廃棄物を焼却することは避けるべきです。

（河村文郎）

II 木の性質を知ろう

木のぬくもり

木は、触るとぬくもりや安らぎを感じさせることが経験的に知られており、そのため、家具や内装材など、住まいの中で人が直接触れる機会の多いものに用いられてきました。居住環境の快適性への人々の関心は昔も今も高く、これまでも木材の接触感に関するさまざまな研究が行われています。

木材の接触感は、温冷感、硬軟感、粗滑感に分けられ、それぞれを代表する物理的な指標を用いて説明されてきました。人が物に触ったときの温冷感は、手や足と対象物との間で単位時間単位面積当りに移動する熱の量で決まり、手足から熱が多く奪われるほど冷たく感じられます。熱伝導率は材料の熱的性質をよく表し、温冷感の指標の一つとして一般に用いられてきました。熱伝導率がガラスやコンクリートの $\frac{1}{10}$ 分の一、鉄の $\frac{3}{10}$ 分の一の木材は、触れたときに手や足から単位時間当りに奪われる熱が少なく、家具や内装の材料としては温かく感じられる材料といえます。硬軟感は材料表面に加えられる力を、そのときの凹んだ深さで割った値（凹み剛性）で表せます。木材の凹み剛性は、畳やカーペットなどよりも高くステンレスやプラスチックなどよりも低く、中程度の材料といえるでしょう。粗滑感の指標としては、動摩擦係数や触針法を用いた表面粗さ計で測定される値（平均二乗粗さ、最大深さなど）が用いられます。木材は仕上げの方法により表面の性状は変わるものの、中程度の粗滑感を持つ材料と評価されています。

しかし、触る方向によって異なる粗滑感や成長輪（年輪）による不規則で大きな凹凸など、木材は独特の風合いをつくり出すさまざまな要素を持っており、まだ明らかにすべき課題は多く残されています。

熱伝導率などの物理量を測定することで木材の接触感を評価する研究が行われている一方で、近年、木材に触れたときの人の血圧、脈拍数、脳血液量といった生理応答を測定することで評価する試みも進められています。無塗装の木材、薄い塗装を施した木材、厚い塗装を施した木材ならびに金属の各表面を触ったときの生理応答を測定した実験のデータがあります。

ストレス状態において上昇することが知られている血圧は、無塗装の木材への接触で低く安定し、金属では上昇しました。木材への接触は、金属に比べて生体にやさしいことを示しています。脳血液量は、無塗装の木材への接触を続けることで持続的に増加する傾向にありました。これは、木材の触感が面白いため、生体がより多くの情報を得ようとしていることを反映しているものと思われる。

このように、木材は人にやさしくて面白みを感じさせる素材であるといえます。また、塗装を施した木材への接触では、塗装が厚いものほど金属に近い生理応答の変化を示したことから、木材特有の風合いや粗滑感の有無による接触感の違いが生体に実質的な影響を及ぼすことが明らかにされています。

木と人のやさしい関係が明らかにされつつあります。木のもたらすぬくもりや安らぎをより深く理解し、それを活かしていくことができれば、私たちの居住環境はより快適なものになるでしょう。

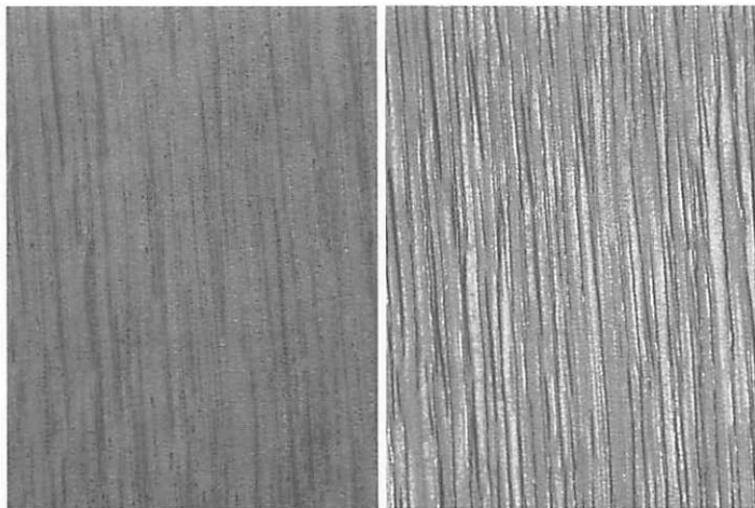
（森川 岳）

見た目にもやさしい木材

実際に触れるまでもなく、木材は見た目に「あたたかい」印象を与えます。その主たる理由は木材の色にあります。内外産の主要な樹種の色は、黄色い材ほど明るく、赤みの強い材ほど暗くなる傾向にあります。また、一般に明るい材ほど密度が小さく軽くなります。いずれにしても木材の色は黄赤系のいわゆる暖色に属しており、内装に木材が多用された空間は見た目におのずと「あたたかい」「自然な」「なごんだ」印象を与えることとなります。色は私たちの心身の状態に大なり小なり影響を与えられています。住空間を構成する材料の色に気を配ることはとても重要です。

では、私たちが木材の色を黄赤系として知覚するのはなぜでしょう。それは、木材表面に当たった光のうち、赤色寄り（長波長）の光成分がよく反射されて私たちの眼に届くからです。一方、青色寄り（短波長）の光成分は木材に吸収されやすく、眼に有害とされる紫外線の反射も少なくなっています。

そもそも木材はまぶしく見えることはありません。逆に、光の反射が少なすぎて暗くて困るということもありません。木材の表面には組織構造に起因する微小な凹凸がそこらじゅうに現れており、材面に当たった光はいい塩梅に散乱反射されるからです。しかも、その反射光は光の当たっている場所や見る方向によってさまざまに変化します。木材が見た目にやさしいのは「あたたかな」色に加えて、この光反射特性に負うと



光の方向や見る角度によって木材の表情はこんなに変わる。

ころも大きいといえます。適度にかつ複雑に光を反射する性質は、木材の「木らしさ」を決定づける質感にも密接に関係しています。

このような木材で床や壁などの大きな面を構成すると、どうしても複数の材を組み合わせることになります。このとき、色や木目模様がきつちりとはそろいません。そろわないと気持ちが悪いという人も多いのですが、ちょっと見方を変えると、色や木目の「不ぞろい」や節の存在は生物由来の材料である木材にとって当たり前で、何より見た目の「自然さ」に寄与します。「不ぞろい」すぎるのもデザイン的に好ましくありませんが、そろえることに一生懸命になると同じくらいに「不ぞろい」のよさを引き出す努力も大切です。そうすることにより、見た目にやさしい木材をもっと多彩に活用できると考えられます。

(仲村匡司)

快適環境をつくる木のおい

木造の家や木のおもちや、食器など、木の製品に私たちは安らぎを覚えます。どうしてでしょう。それには木の肌触り、美しい木目など、木が天然のものとしてのやさしさを持ちあわせているからですが、かすかにおう木の香りも私たちに安らぎを与え、リフレッシュさせてくれるのに役立っています。

どこからともなく漂ってくる木の柱や壁のにおいに気分が落ちつき、食器のにおいに気持ちがあぐさぐさ感はありませんか。木にはさまざまな化合物が含まれ、その木に特有のにおいをつくり出していますが、最も多く含まれるにおい成分はテルペンという化合物です。テルペンはイソプレンという化合物が植物体内でいくつか結合してできた化合物群の総称です。

マツのにおいの α -ピネン、クスノキのにおいのカンファール、オレンジのにおいのリモネンなど、テルペンには多くの化合物があり、それらの化合物はにおいが異なるだけでなく、その働きも異なります。それによってにおいが異なり、働きも異なってくるのです。かすかにおう木の香りがストレスをやわらげ、リラックスした気分をつくる働きがあることや疲労回復に効果があることが、血圧やストレスホルモンなどの測定によって明らかにされています。

室内で快適に過ごすためには部屋が清潔に保たれていることが必要なのは当然ですが、部屋の中は知らず

知らずのうちにかびやダニ、VOC（有害な揮発性有機化合物）などで汚染されていることがあります。部屋の片隅にどこからともなく集まる室内塵は目に見えないダニの格好のすみかです。ダニの死骸や卵の殻は軽いので空気中に舞い上がり、それを人が吸い込んだり肌に触れたりすることで、気管支喘息、鼻炎、眼炎、皮膚炎などのアレルギー性疾患などを起こします。ところが、木においてはダニの繁殖を抑える働きがあるのです。ヒノキ、ヒバ、スギ、ベイスギなどには、繁殖を抑えるだけでなく殺ダニ作用もあります。

木にはカビや細菌の繁殖を抑える成分を含んでいるものもあります。ヒバやヒノキがその代表的な例です。ヒバやヒノキが腐りにくいのは木材腐朽菌に対して抗菌性を持つ成分を含んでいるからです。ヒバの代表的な抗菌性成分ヒノキチオールは黄色ブドウ球菌、大腸菌、枯草菌、赤痢菌などに、数十ppm（1ppmは一〇〇万分の一）から数百ppmの濃度で抗菌性を発揮します。また、ヒノキ、ヒバ材においては成分は、院内感染の原因となる病原菌MRSAやクロコウジカビ、青カビに対しても強い繁殖抑制作用のあることが知られています。木においては病原菌だけでなく、壁などに繁殖するカビの発生を抑える力を持つものもあります。また、ヒバ、ヒノキ、スギにおいては、アンモニアや亜硫酸ガスなどの悪臭を消したり、合板などから放出されて身体に悪影響を与えるホルムアルデヒドを除いたりする働きを持つものもあります。

心地よい木においては、このように生理的に気分を快適にするだけでなく、室内にはびこるカビやダニの繁殖を防ぎ、また、VOCを除いて清潔で快適な室内環境をつくるのに役立っています。（谷田貝光克）

摩擦の不思議——雨の日のボードウォーク

最近、ウォーターフロントや広場、公園などで木製のデッキやボードウォークが多く用いられ、好評を博しています。これは、木の持つ景観や性能のよさに加え、優れた歩行感によると考えられています。ところで、この歩行感は「歩きやすい」とか「歩みにくい」という人間の感覚上の特性ですが、これには、歩行面の各種物理量が深くかかわっていることがわかっています。

そのなかで、歩行表面の摩擦係数の大小、いわゆる「滑りやすさ」は、その歩行感に影響する重要な因子です。歩行面があまり滑りすぎても、また逆に摩擦が大きすぎても、歩行時の疲労が増大し、過度な場合には足腰の障害をひき起こします。滑りすぎる場合には転倒の危険があり、怪我や重大な障害の発生にもつながります。このように、歩行表面の摩擦は歩行者の快適性の観点に加えて、安全性の観点からも重要な性質です。

図1は、木材面と鋼面の摩擦係数を求め、木材の含水率との関係で示しています。これより、摩擦係数は木材の含水率の増加とともに全乾状態から繊維飽和点(約三〇%)付近の間では増大し、自由水のある程度の増加に対してはその高い値が維持されますが、飽水状態のような摩擦界面に介在する多量の水が潤滑作用を發揮すれば大きく低下することがわかります。このことは、木製ボードウォークは多少雨で濡れても滑り

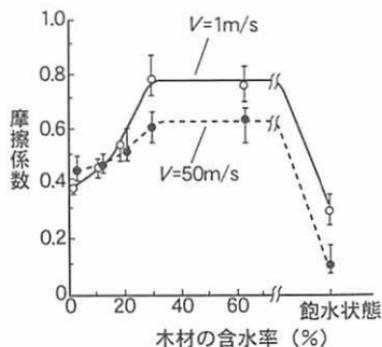


図1 木材と鋼の摩擦係数と含水率の関係

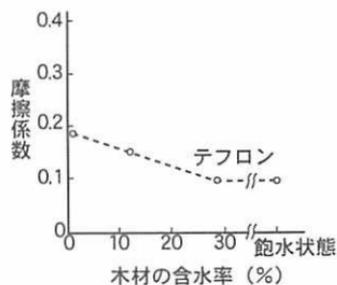


図2 木材とテフロンの摩擦係数と含水率の関係

やすくならず、むしろ晴れた日に比べると滑りにくくなることを示しています。しかしながら、多量の水があるボードウォーク面を走ったりすれば、水の流体潤滑作用によって滑りやすいことを示しています。

図2は、木材の摩擦の相手材料として四フッ化エチレン（テフロン）を用いたときの摩擦係数と木材含水率の関係を示しています。この摩擦係数は木材含水率の増加とともに一方的に減少しています。このように、木材の摩擦では相手材料によって含水率の影響が異なります、この違いは相手材料が極性を有するか、有さないかによって決まることがわかっています。

ちなみに、図1は金属、ガラス、木材、塩ビなどの極性を有する材料、図2は四フッ化エチレン、ポリエチレンなどの極性を有さない材料の結果に相当します。雨の日にボードウォークの上を歩くと、履物の種類によっては晴れた日に比べて「滑りやすさ」については歩行感が異なることにも注意してください。（村瀬安英）

熱帯樹木の年輪

樹木の年輪がどのように形成されるのかご存じでしょうか。

四季のある温帯では樹木には一般に成長期と休止期があります。新緑や紅葉の季節として私たちが体験的に感じているように、気温と日射量が十分な春から夏にかけて樹木は成長し、そうでない秋と冬には成長を止めてしまいます。この過程で木部の細胞の形状や配列が規則的に変化するため、この周期が目に見える年輪となります。では、秋や冬がなくて年中暖かい熱帯でも樹木は年輪をつくるのでしょうか。

アフリカでは赤道から北に遠ざかるにつれ、年降水量一、〇〇〇^ミくらいの地域（ギニアサバンナ）に入ります。東京の年降水量（約一、四〇〇^ミ）よりもかなり少ないですが、それでも樹木が生育するには十分な量です。ただし、それが五か月ほどの間に集中する（雨季）ので、残りの七か月にはほとんど雨が降りません（乾季）。私たちの感じる季節とはもっぱら暑さ寒さの変化ですが、ここでは雨量の変化が季節をつくっています。

この地域に生える樹木の断面には明瞭な年輪は見られません。しかし、木材に含まれる炭素のうちの質量の異なる二種類（炭素一二と炭素一三）の比（炭素同位体比）を半径方向に調べると、周期的に変化するものがあります。光合成によって養分を合成するときの葉の水分状態が炭素同位体比の周期的変化をもたらす

ものと考えられ、これは雨季と乾季を反映しているようです。したがって、これらの樹木には炭素同位体の年輪というべきものが刻まれています。



雨季に葉を落とし、枯れ木のようなフェイダビア・アルビダ（北部ナイジェリアにて）。

おなじギニアサバンナに生えるフェイダビア・アルビダという木があります。同じ地域に生えるほかの多くの木と違って、写真に見られるようにこの木は雨のない乾季に葉を茂らせ、雨季に葉を落とします。窒素固定をして土地を肥やすので、畑の中でも切り倒されずに残っています。この木の横断面を見ても、明瞭な年輪を見いだすことはできません。しかし、元素分析装置を備えた電子顕微鏡で半径方向に材を観察すると、カルシウムを主成分とする結晶が帯状に現れます。実はこの帯がフェイダビア・アルビダの年輪に当たることがわかっています。

このように、一見して目に見える年輪をつくらない熱帯の樹木でも、その成長の周期的な変化が何らかの形で刻まれているのです。

（岡田直紀）

木目と杢もく

住宅の内装材や家具、あるいは公共施設の内装材など私たちの身近なところには、木材が用いられているために、日常の生活でも木材を目にすることが多いのではないだろうか。使用されている木材はさまざまの色をしていますが、よく見ると規則的なようで不規則な木目が微妙なアクセントとなっていることにも気づかされます。木目はどのようにできるのでしょうか。

日本など温帯地域の樹木が年輪をつくることはよく知られています。通常私たちが目にする木目の多くはこの年輪の境界部分が材面に現れたものです。樹木は樹皮のすぐ内側にある木部の最外層に年輪を毎年新たにつくることによって太くなっていくのですが、前年の秋に形成された部分と休眠期を挟んで次の年の春に形成された部分とで細胞の種類や寸法などが異なる場合に、明瞭な年輪の境界（年輪界）として認識されるわけです。年輪界の組織構造が樹種によって異なるために、木目にも樹種による違いが出てくるのです。また、成長期の環境条件によって一年間の成長量が変化し年輪構造も変化するために、年輪幅の広狭や年輪界の明瞭さなどがさまざまに変化し、木目のゆらぎとなっています。木目は、これまでの環境の変化による成長の変遷が刻まれた樹木の成長史であるともいえます。

ときには、木材を構成する細胞の配向が錯綜することによって、通常の木目とは異なる特異な木目が材面

歪の成因による大まかな区分とその代表的な歪の名称

	成 因	代表的な歪の名称
年輪界の湾曲	繊維の錯綜によって年輪界が3次元的に湾曲し、材表面に特有の木目が現れる	如鱗歪、牡丹歪、葡萄歪、舞葡萄、玉歪、縮緬歪、雲頭の歪、鶴歪、雉歪、笹歪など
材面の光沢むら	波状木理や交錯木理などによる、材面の繊維の角度の変化	縮れ歪（バイオリン歪）、リボン歪など
不定芽	不定芽の断面が材面に現れたもの	鳥眼歪（バズアイ）など
木取り方法	木取り方法や樹種、年輪幅などの条件を満たせば見られるもの	中空歪、虎斑（銀歪）など

に現れることがあります。このような特異な木目を歪と呼んでいきます。歪には多くの種類がありますが、成因別に大まかに分けると、繊維の錯綜による年輪の湾曲によるもの、繊維の錯綜による材面の光沢むらによるもの、不定芽や傷害などによるもの、木取り方法によるもの、の四つに分けることができます（表）。年輪の湾曲による歪が現れるためには、年輪が3次元的に錯綜しており、なおかつ年輪幅が狭いことが必要です。これらの条件を満たす材はまれにしか存在せず、美的要素の高さに加えて希少価値も高いために、歪が現れた材は装飾材として珍重されてきました。材面の光沢むらによる歪は、年輪の現れ方とは関係がないのですが、歪のなかに入れられています。交錯木理や波状木理など繊維の錯綜方向が交互に変わる場合に材面に明暗の横じまあるいは縦じまがほぼ並行に現れ、視線と材面との角度の違いによって変化する美しい光沢がこの歪の特徴です。

樹木は長い年月をかけて木部を蓄積し、伐採されて木材として利用されます。その樹木の経てきた歴史が成長の経過として年輪に反映されていて、私たちはそれを多様な木目として見ていることになるのです。（藤原 健）

強さの秘密

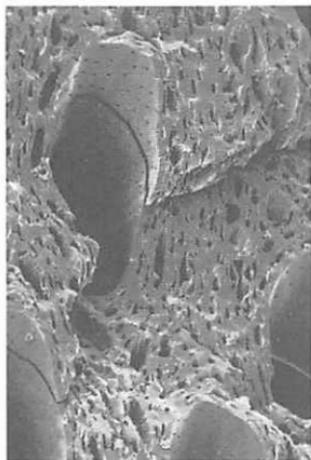
木材として普通に利用されているのは樹木の幹です。幹では、樹皮の内側にある形成層によってつくり出される新しい木部が古い木部を包み込むようにして堆積され、同心円状に肥大成長していきます。また、樹木は根を拡げ樹冠で枝を張ることによって樹体を大きくしていますから、伸びる方向が元来の軸となつていきます。木部細胞の多くは、針葉樹材か広葉樹材かの違いにあまり関係なく、直径が $20\sim 70\mu$ 程度で、長さが針葉樹材では $1\sim 6\text{mm}$ 程度、広葉樹材では $1\sim 2\text{mm}$ 程度の非常に細長い繊維状の細胞（木部繊維）です。さらに、木部繊維は幹の軸方向に細長く、相互に密着して、ほぼ並行に配列していますから、概観的には細長いパイプを束ねたような構造になっています。

木材として使うときは、木部繊維の配列方向を長さ方向に採材するのが普通です。それは、木材の強度的性能を發揮しているのが木部繊維だからなのです。木部繊維を折ったり切ったりするのは大変ですが、木部繊維の間で相互に裂くのは比較的簡単です。木材を折ると裂くのでは力の入れ方や破断面がずいぶん違います。また、普通の板と幹の円板から切り出した木片の折れ方を比べてみたらよくわかるでしょう。

では、なぜ木部繊維が強度的性能を發揮できるのか。その秘密は、複雑な微細構造を持った細胞壁でつくり上げられた筒状のその細胞構造にあります。細長い木材、例えば木目が真っ直ぐに通った割り箸を折って



木材の折れた面



木炭の破断面

みたらどうでしょうか。木の箸でも竹の箸でも同じことですが、簡単に折れたでしょうか。木目に沿って裂けたように折れてしまうのは安物の割り箸によくあることですが、そうでなければ簡単には折れないでしょう。では、割り箸のように細長い木炭を考えてみてください。

大変もろくて、簡単に折れると考えるのが普通でしょう。折れ方の違いはその折れた面の違いによく現れていて、木炭の破断面は比較的平滑で光って見えるのに対して、木材の折れた面は大変ささくれ立っているのが普通です。顕微鏡で観察してみると、木材の折れた面（写真左）では木部繊維の細胞壁が引きちぎられて細いリボン状になっています。これに対して、木炭の折れた面（写真右）では、断面全体に細胞壁が平滑に割れているのがよくわかるでしょう。組織や細胞の形態は多少変形していますが、それらの構造が著しく変化したわけではありません。木材の強さの秘密は組織や細胞レベルにのみあるのではなく、さらに微細な細胞壁構造のレベルにあることを理解していただくでしようか。

（藤井智之）

細胞壁の骨組み

木材の表面に現れる年輪の模様は美しいものです。しかし木の美しさは、目に見えないような微細な世界にも広がっています。例えば、ルーペで年輪を観察すると、木材を構成する細胞壁の配列の構造が現れます。さらに、電子顕微鏡や原子間力顕微鏡を使って、マイクロ（一〇〇万分の一）からナノ（一〇億分の一）メートルの世界に迫ると、細胞壁の骨格であるセルロース結晶のみごとな配列を観察することができます。そして究極の構造として、結晶の内部や表面にはセルロース分子が整然と並んでいるのです。ここでは、普段見ることのない木の美しさを、特に微細な部分に焦点を当てて紹介します。主役はセルロースです。

木の細胞壁の中で、セルロースがみごとに配列しているのはわけがあります。セルロースは、いくつものブドウ糖が直線状に連なった長い分子です。この分子は結晶化してマイクロファイブールと呼ばれる細長い構造体となり、細胞壁の骨組み（図1）として建物の鉄筋のような役割を果たしています。このため、無秩序に並ぶことはありません。図2は、細胞のすぐ外側で進められている細胞壁の工事現場です。矢印Bの方向にマイクロファイブールが整列しています。そのすぐ下には、少し前に並べられたマイクロファイブールが矢印Aの方向に見えています。このように、マイクロファイブールが整列して薄い層（ラメラ）をつくり、その上にいくつものラメラが積み重なって、図1のような骨格構造を形成するのです。そして、他の成分が骨格の隙間を

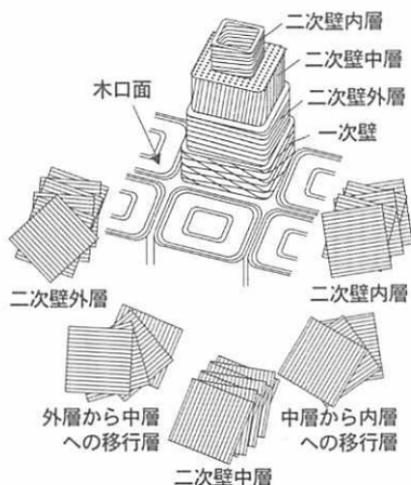


図1 仮道管細胞壁のマイクロフィブリル骨格構造と二次壁各層におけるラメラの積み重なり（細胞壁を外側から見た場合）

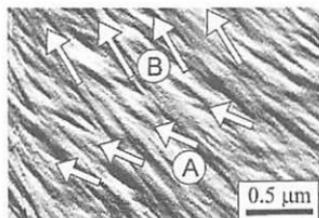


図2 形成中のマイクロフィブリル骨格構造 Aの上にBのラメラを形成。

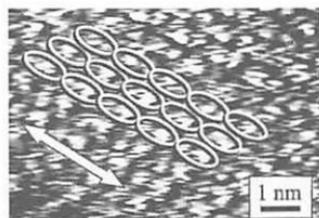


図3 セルロース結晶表面に並ぶ分子 丸印はブドウ糖2個分の連なりを、矢印は分子鎖方向を示す。バクテリアセルロース。

埋めたととき、細胞壁が完成します。仮道管や木部繊維など木を支える役割を持つ細胞の場合、細胞壁の最も厚い部分ではマイクロフィブリルが細胞の長さ方向から少し傾き、細胞の周りにらせんを描くように並んでいます。この結果、細胞壁は長さ方向に強くなります。木の強さの源はここにあるのです。

では、いよいよ究極の構造であるセルロース分子の配列に迫ってみましょう。今のところ、木材のマイクロフィブリルは細すぎて観察が困難ですから、このような観察には藻類やバクテリアのつくる、マイクロフィブリルが用いられます。図3は、結晶の表面に整然と並んでいるセルロース分子の像です。真つすが整然と配列したセルロース分子は、引っ張ってもなかなか切れない強い結晶となり、細胞壁の骨組みとなるのに適しているのです。

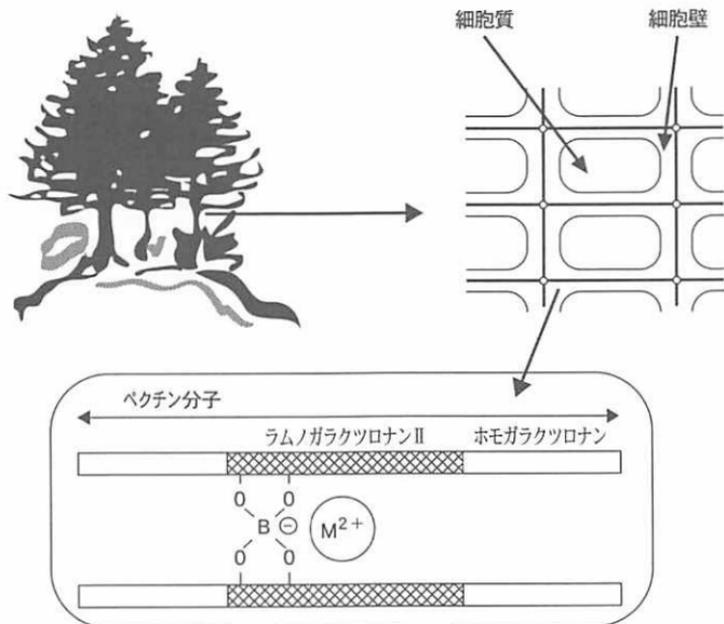
（片岡 厚）

やっとわかったホウ素の大事な働き

樹木の形成層組織は、ペクチン、ヘミセルロース、セルロースなどからなる薄い細胞壁に囲まれています。ペクチンは細胞壁の三五〜四〇%を占める主要な多糖で、細胞をつなぎ止めるいわゆる「セメント」の役割をしています。樹木が成長するとペクチンの量は減少し、代わりにセルロースやリグニンが増え、成熟した樹木細胞壁はセルロース、ヘミセルロースとリグニンなどから構成されています。成熟した細胞ではリグニンが接着剤の働きをしています。

最近、植物の必須微量元素であるホウ素が、ペクチンを架橋して働いていることがわかってきました。ホウ素が植物の成長に必須だということは、約一〇〇年前から知られていましたが、なぜ植物がホウ素を必要とするのかは不明でした。成長している組織から得られた細胞壁を酵素で加水分解し、ホウ素を含む成分をいいねいに分離すると、ホウ素とペクチンの複合体が得られました。ペクチンは三種類の多糖から構成されますが、ホウ素が結合している部分はラムノガラクトナンII (RG-II) と呼ばれる多糖です。

RG-IIは一九七〇年代後半に発見された非常に複雑な多糖で、なぜ植物が膨大なエネルギーと精密にコントロールされた酵素系を使ってRG-IIをつくるのか謎でしたが、RG-IIはホウ素を結合するためにつくられることがわかりました。ホウ素が欠乏すると、植物はもろくなります。ホウ素は、RG-IIの部分で



ホウ素によるペクチンの架橋

B：ホウ素， M^{2+} ：2価イオン

ペクチンを架橋しているの、細胞を接着しているセメントが弱くなり、折れやすくなったと考えられます。

ホウ素とRG-IIの複合体はマツなどの裸子植物、カエデなどの双子葉植物、タケなどの単子葉植物の細胞壁に普遍的に存在し、その構造は種間を問わず同じです。地面に密着して育つ苔類の成長にはホウ素は必要ありませんが、地面に直立する蘚類やシダ類以上の高等植物の成長にはホウ素が必要だったのではないのでしょうか。植物は、苔類、蘚類、シダ類、裸子植物へと進化する過程でホウ素を獲得して、地上に巨大な植物体を形成することができたのかもしれない。

(石井 忠)

白い紙と茶色のリグニン

リグニンは、木材の二〇〜三〇%の重量を占めている三次元の網目状高分子です。実際にどのような形をとっているかその全体像は完全にはわかっていませんが、その構造ゆえに木材中で細胞の接着剤の役目を果たしています。このリグニンと私たちのかかわりを考えてみましょう。

リグニンそのものを利用した製品としては、わずかにセメントの分散剤やキノコの発育促進剤、および凝集剤が用いられているにすぎません。そうすると、私たちの生活はほとんどリグニンとは無関係ということになります。その関係しないことよってリグニンは私たちとかかわっています。

皆さんもご存じのように、紙にはダンボールのような茶色の紙とコピー紙のような白い紙がありますが、これはリグニンが紙の中に残っているかどうかによります。紙の原料はパルプといいますが、このパルプは水酸化ナトリウムや硫化ナトリウムを使って木材からリグニンを除いて繊維状にしたものです。つまり、除かれることがリグニンの宿命というわけです。しかし完全に除けるわけではなく、わずかに三%程度が残ってしまいます。この状態のパルプから紙をつくとダンボールのような茶色になります。これを白くするために、パルプは塩素や次亜塩素酸ナトリウムで漂白されます。しかし最近、リグニンと塩素が反応するとダイオキシンが出るということがわかりました。日本ではこの対策に酸素でリグニンを分解する方法を併用し、使用

する塩素を減らしてダイオキシンの生成を少なくする工夫を行いました。リグニンを先に酸素で分解して、塩素の使用量を少なくするということです。

これでリグニンが関与する問題は解決されたかに見えましたが、一九九五年の大気汚染防止法改正により、今度はリグニンと次亜塩素酸ナトリウムが反応したときに発生するクロロホルムが大きな問題となりました。トリハロメタンといえは、皆さんもどこかで聞いたことがあるはずです。紙パルプ工業ではクロロホルムは一滴も使っていませんが、日本製紙連合会が平成九年に行った調査では、年間推定一、五〇〇トンのクロロホルムがパルプ漂白工場から排出されていることがわかりました。これを電気や化学など、クロロホルムを実際に使用している業種と比較すると、一桁多い数字となります。

また、クロロホルムは、塩素漂白排液から発生することも明らかとなり、日本の紙パルプ業界は、塩素と次亜塩素酸ナトリウムの使用を全廃し、ダイオキシンやクロロホルムをあまり生成しない二酸化塩素への転換を図るという方針を打ち出しました。実際に、平成一二年夏現在、そういったパルプ工場が何か所か稼働を始めています。

このように、普段はほとんど私たちの目に触れないリグニンですが、実は環境にも大きな影響を与えています。皆さんも、白い紙を使うときには、その裏にリグニンにかかわるこんな話が隠されていることを思い出してください。

(真柄謙吾)

食べる森林浴——抽出成分の新たな効能

木材を成分別にみると、多くの場合セルロース、ヘミセルロース、リグニンの三成分で九〇％以上を占めます。抽出成分というのは水や中性有機溶媒で抽出される成分のことで、一部の熱帯材には木材重量の二〇％以上含まれていることもあります。一般には二〜五％ぐらいで副成分と呼ばれることもあります。しかし、主要成分については樹種による違いがほとんどないのに対して、抽出成分は樹種によって化学構造も量も異なっており、木材の色、香り、耐久性などの特性に大きく関与しています。ときには、木材を利用するときのトラブルの原因ともなります。このため、抽出成分は「樹木の顔」と呼ばれています。

抽出成分は我々にすばらしい材料を提供してくれます。松脂、樟脳、漆などは生活の身近なところで使われています。有機化学の発展により、その用途が合成品に代わったものもありますが、消費者の安全志向や健康への関心が高まるにつれて、これらの天然物のよさが見直されています。樹木のなかには薬用成分を含むものもあり、民間薬や生薬としても利用されてきました。キハダの樹皮（黄柏）にはベルベリンという成分が含まれており、昔から健胃、整腸薬として使われています。メグスリノキは樹皮を煎じて洗眼に使っていたことからその名がついたのですが、肝臓疾患にも効果があることがわかっています。最近では小枝のまま、あるいは健康茶や健康ドリンクとして観光地の土産物店でよく見かけるようになりました。イチイも利

尿や下痢止めに使われてきましたが、強い抗ガン活性が見いだされ、活性成分であるタキソールは乳ガンや子宮ガンに卓越した治療薬として使われています。

最近ではタラの芽の薬効が注目されています。タラの芽はタラノキの若芽ですが、天ぷらやあえ物として人気が高く、山菜の王様と呼ばれています。タラノキの樹皮や根皮は昔から薬用として使われてきましたが、タラの芽に含まれるサポニンに糖吸収抑制作用、アルコール吸収抑制作用、肝障害保護作用があることが報告されています。サポニンというのは水に溶かすと石けんのように泡立つことから名づけられた物質で、タラノキと同じウコギ科に属するチョウセンニンシンの薬効成分としても知られています。タラの芽はアルコールの吸収を抑え、肝臓を守るうえに、糖尿病の予防にも効果があるわけですから、最適の酒の肴といえるかもしれません。

近年、森林浴ブームが定着し、森林や木材が人間の感覚を通して生理的によい影響を与えることが知られるようになってきました。森林浴は香り成分の効能だけでなく、美しい森林景観を見て、小川のせせらぎや小鳥のさえずりを聞くことにも効果があるといわれます。木材に触れると暖かさを感じることも証明されています。人間はシロアリと違って木材をそのまま食べることはできませんから、五感のなかで味覚についての効能はあまり知られていません。しかし、森林に出かけて山菜を採って食べたり、小枝を煎じて飲むことによつて、感覚的なよさだけではなく、薬理的な効果を期待することもできるでしょう。

(加藤 厚)

長持ちの秘訣——自然界がお手本

樹木は、一か所で非常に長い年月生き続ける植物です。このため、さまざまな防御物質を生合成して外敵から身を守って生きています。伐木、製材、加工を経て木材として建築物のパーツに姿を変えても、利用する側にとっては長持ちして欲しいものです。木造建築物を長持ちさせるためには、木材害虫「シロアリ」に食われないように、防御物質に代わる薬剤などを塗布または注入、散布してやらなくてはなりません。しかし現在使用されている合成薬剤については、人間を含めた環境全般への影響が懸念されており、使用方法の検討および安全な薬剤の開発が切望されています。居住環境の安全性を優先するならば、建材としてシロアリに強い材を使ってやり、さらにこまめにメンテナンスを行うべきです。建てたからには責任を持って、いつまでも大事に世話をしあげましょう。これこそが木造建築物の「長持ち」の秘訣なのです。

安全なシロアリ用薬剤の候補として、これまで植物由来の抗蟻性物質が多数単離・同定されてきました。熱帯産材のチークやニームはシロアリに強い材として知られており、チークからはテクトキノン、ラパコーンなどのキノン類が、ニームからはアザジラクチンなどのリモノイド類が有効成分として報告されています。テルペン類にはシロアリに対して忌避効果や摂食を阻害する効果を示すものが多数報告されていますが、リモノイド類はこのテルペン類の一種で、特に柑橘類の皮や種子に多く含まれています。柑橘類を缶詰や飲料

へ使用する際に皮や種子は廃棄対象となることから、その有効利用を目指してさまざまな害虫に対して、リモノイド類の耐性が調べられています。一方、日本では国宝や重要文化財に指定されている神社仏閣にヒノキが多く使われており、風雪そしてシロアリの被害に耐えて現在も美しい姿を我々に見せてくれています。またシロアリ被害の多い沖繩地方において、イジユ、モツコク、イヌマキなどがシロアリに強い材として知られており、それらの有効成分に関してはすでに多くの報告があります。

そのほか、天然由来の安全な薬剤候補として昆虫ホルモンが挙げられます。昆虫ホルモンの一種である幼若ホルモンをシロアリの職蟻に投与すると、兵蟻への分化が起こります。兵蟻の頭部は敵を攻撃するために特殊化しており、自ら木材をかじることができない構造になっているため、兵蟻は職蟻に給仕してもらわないと生きていけません。自ら餌を採れない兵蟻の割合を増やすことで、巣内の職蟻／兵蟻のバランスを崩し、最終的に巣自体を崩壊に導くことが可能なのです。また、バルサムモミから得られるテルペン誘導体のジユバビオンはカメムシの一種（ホシカメムシ）に対してその変態を阻害する効果を示すことが知られています。昆虫の脱皮を誘導する活性を持つ化合物もある種の植物から見つかっており、化学構造も昆虫由来の脱皮ホルモンと非常に類似していることがわかっています。残念ながらこれらの植物由来昆虫ホルモン様物質はシロアリに対して効果が認められていませんが、今後はこのような選択毒性を持つ天然物の検索・利用も、ますます多くなっていくと考えられます。

（大村和香子）

渋いだけではない——タンニン

タンニンは多くの高等植物に含まれている天然ポリフェノール化合物であり、タンパク質と結合する性質を示す物質群の総称です。私たちに最もなじみのあるタンニンは、渋柿の実の搾汁を発酵、熟成させて製造する柿渋ではないでしょうか。渋柿は人為的に脱渋しなければ食べられないので、タンニンは嫌われものようですが、その一方で柿渋は古くから竹、紙、漁網の補強剤、防腐剤、媒染剤として使用されてきました。これは、柿渋が不溶性の強靱な皮膜を容易に形成する性質を利用したものです。最近のタンニンの研究により、人間の健康や環境を向上させるさまざまな機能や効能が明らかにされてきています。

タンニンは、化学構造の観点から大きく二つのグループ（縮合型タンニンと加水分解型タンニン）に分類されます。樹木に多く含まれているのは縮合型タンニンであり、特に樹木の樹皮中に多量に存在します。代表的な縮合型タンニンとしては、ワットル、ケブラコ、マングローブタンニン、ヤナギ科樹木および針葉樹樹皮タンニンが挙げられます。ワットルはアカシア属樹木の樹皮から抽出されるタンニンで、皮なめし剤として世界で最も多く使用されています。ケブラコは南米に多く生育する樹木で、他の樹木と異なりタンニンは心材部に多く、樹皮には含まれていません。熱帯および亜熱帯の海岸線に生育するマングローブの樹皮は多量のタンニンを含み、「カッチ」と呼ばれて古くから染料や皮なめしに使用されてきました。スギ、ヒノ

植物タンニンの主な有用機能

機能	タンニンの種類, 含有樹種など
皮なめし	ワットル, ケブラコ
抗酸化	フランス海岸松樹皮, マツ球果
抗ウイルス	紅茶, エラグタンニン
抗蠟性	モリシマアカシア, カテキン (金属との複合体)
抗菌性	エピカテキン誘導体, モリシマアカシア
抗う蝕	ウーロン茶, カラマツ
美白作用	モリシマアカシア
VOC 吸着	茶カテキン類, スギ樹皮

キ、カラマツなどの日本産の主な針葉樹の樹皮には、比較的多くの縮合型タンニンが含まれています。

タンニンの持つ主な機能を左の表に示します。フランス海岸松の樹皮から抽出された天然植物抽出物（ピクノジェノール）は縮合型タンニンを主成分とし、ビタミンEの五〇倍の抗酸化能を有します。現在では、

人間の老化に活性酸素が関与することが明らかにされており、抗酸化性食品として注目されています。紅茶でうがいをするといんフルエンザに感染しにくくなることも報告されています。タンニンはタンパク質と結合する性質を有するため、この性質に起因するさまざまな生理活性が明らかにされています。例えば、カラ

マツ樹皮タンニンは、虫歯の原因となる連鎖球菌の生産するグルコシルトランスフェラーゼという酵素の阻害活性を有します。また、アカシア樹皮タンニンには、人間のシミ、ソバカスの原因となるチロシナーゼの阻害活性が認められています。さらに、タンニンと金属を複合させることにより、シロアリに対する抗蠟性や大腸菌に対する抗菌性が発現します。

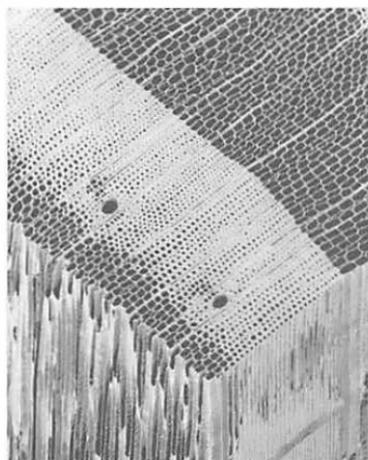
以上述べたように、タンニンは環境にやさしい天然機能性素材として今後ますます研究が進展し、新たな用途開発がなされると思われます。

(大原誠資)

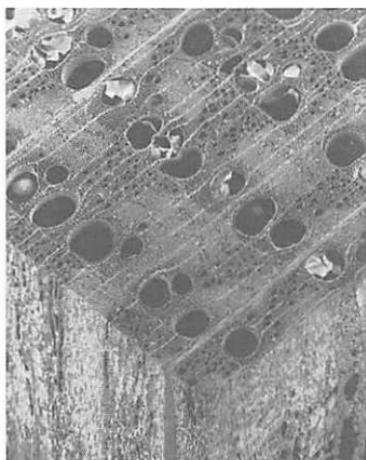
針葉樹材と広葉樹材の見分け方

針葉樹材は裸子植物、一方の広葉樹材は被子植物の双子葉類と、それを生産する植物の分類学的な違いは明確です。しかし、枝葉がついた丸太でないかぎり、木材それ自体では外見的な植物学的特徴による分類はできません。肉眼的特徴では木材の樹種を特定するのが難しいことが多く、カツラのように針葉樹材と間違われやすい広葉樹材もあります。木材を見分ける第一歩は、ナイフなどで削ったきれいな木口面をルーペなどで拡大して観察することです。ミズナラやケヤキ、ラワン材など広葉樹材の木口面には、肉眼でそれとわかるほどに径の大きな道管が見られます。針葉樹材には道管がないので、顕微鏡で観察しても多少とも六角形に角張った仮道管が比較的整然と配列しているだけです。針葉樹材のなかでは、アカマツやカラマツ、ベイマツなどのマツ科の多くの木材には木口面で穴のように見える「軸方向樹脂道」がありますが、肉眼でもそこから滲出するヤニなどによつてはつきりとその存在がわかります。さらに確実に識別するためには、薄く切り出した切片を光学顕微鏡で観察することが大切です。しかし、それでも木材の顕微鏡的特徴では、一般的に植物分類学の属のレベルでの木材グループ程度までの識別が限界です。

カラマツなどの年輪は仮道管が大径で薄壁の早材から小径で厚壁の晩材へ急激に移行しているため、木目のはっきりとしています。ヒノキ科の木材は早晚材の移行が緩やかで木目が穏やかです。また、ヒノキやス



針葉樹（カラマツ）



広葉樹（ミズナラ）

ギでは、樹脂細胞が年輪と多少とも平行して並んでいるので肉眼的にも濃色の帯として観察されます。そのほか赤褐色のイチイや黄白色のカヤなどは材色で、ヒノキやヒバ、カヤなどは特有なにおいて識別できます。

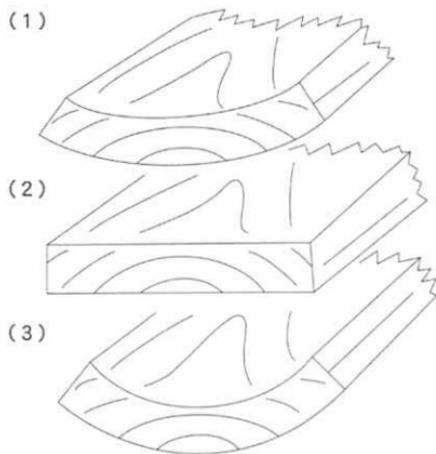
広葉樹材は、ミズナラのように大径の道管が年輪界に配列する環孔材と、マカンバやブナのように道管が年輪内でほぼ均一に分布する散孔材に区別されます。さらに、ケヤキの孔圏外の道管の配列のような紋様状配列やカシ類のような放射配列もルーペでも観察できる特徴です。広葉樹材では、木繊維や軸方向柔組織、そして放射柔組織などそれぞれを構成する細胞の種類が大変多く、さらにそれらの配列や発達の数度も多様です。いろいろな特徴の組み合わせで多様な木材が識別できますが、木材の識別に慣れるには、まず身近な木材の特徴を確実につかむことです。そこから、識別できる木材の種類を増やしていきます。

（藤井智之）

反った板を直すには……

木材が水あるいは空気中の水蒸気を吸ったり吐いたりして、膨らんだり縮んだりすることは皆さんご存じでしょう。この性質を木材の膨潤・収縮といいます。密度の大きい木は吸ったり吐いたりする水分の量も多くなり、それによって膨らんだり縮んだりする量も多くなります。このように、木材は木の種類によらず、密度によってほぼ決まった量の膨潤・収縮をします。しかし、これは自由に膨潤・収縮させた場合であり、周りから拘束を受けているとそれとは異なった異常な収縮を示します。

ここで、皆さんに簡単な質問をします。ここに図の(1)のような幅方向に反っている板があります。水を使ってこの板の反りを直すにはどうしたらいいでしょうか。水で濡らせば木は膨らむから、凹んだほうに水をかければ反りは直ると思われた方が多いと思います。確かに、凹んだほうを水に濡らすとそちら側が膨らんでくるために(2)のように反りは直ってくるでしょう。そして、濡らしすぎると今度は逆に反るようになるでしょう。したがって、ちょうどいいところで止めれば板の反りは直ります。ところが、このようにして反りを直したと思った板は、翌日(3)のように前よりもっと反った状態になります。実は、反りを直すには凹側を水に濡らすのではなく、凸側を水に濡らして、濡れているときは前よりもっと反りを大きくしたほうが翌日には反りが少なくなるのです。



加圧収縮による板の反り

この現象はいわゆる木材の自由な状態での収縮と異なった異常な収縮挙動です。この現象を加圧収縮といえます。『木の100不思議』(二〇二ページ)の桶のたがのゆるみと同じ現象です。板の凹側は水に濡らされたことよって膨らみます。その結果、板の反りは直ってきます。そしてあるところで含水率変化のない凸側との関係で反りの動きは止まります。しかし、この止まったところは凹側だけから見ると、水に濡らされたために起こる自由膨潤量よりも少なくなります。つまり、もつと伸びたいのに凸側によって止められ、押さえつけられたような状態になります。このような状態から乾燥が始まると木材は自由な状態より大きな収縮を起こします。その結果、板の凹側は前の寸法より縮んだ状態になり、元の板より反りが大きくなるわけです。

板の人工乾燥の際には表面から水分が蒸発し、表面は縮もうとしますが、内部はまだ含水率が高いため引つ張られた状態になり、自由に収縮するときより伸ばされた状態になります。これをドラインゲットといいます。逆に、乾燥の後期では内部が引つ張られた状態になります。このように一枚の板の中でも含水率の分布があると各部分は拘束を受け、自由な収縮と異なった挙動を示します。

(二輪雄四郎)

木は折らなきやわからない？

木材を木造建築物の部材として利用する際に、風や地震などの荷重に対する構造安全性を確保するために、木材の強さを把握する必要があります。しかし、木材は林木の成長によってもたらされる生物材料であるため、林木の生まれ持った特性や成長の仕方によって組織構造が異なり、その結果、樹種間、個体間、一個体内の部位間で強さのバラツキが生じます。ここに一本の木材があるとして、その強さを知るためにはどのような方法があるでしょうか。実際に、曲げたり、圧縮したり、引っ張ったりして壊れたときの強さを測定すれば明確にわかります。しかし、いったん破壊された木材は二度と使うことができません。

そこで、木材の強さのバラツキを減少させ、より合理的に使用するために、破壊せずに測定できる（非破壊的）パラメータを利用し、さまざまな木材を強さを基に仕分ける方法があります。これを「強度等級区分法」といいます。例えば、木造建築物に実際に使用される木材は大きな部材であるため、当然ながら節や繊維の乱れなどの強度を低減させる欠点を含んでいます。これらの欠点を外観から評価し、仕分ける方法を「目視による強度等級区分法」といいます。また、強さがヤング係数（変形しにくさを表す指標）との間で統計的に高い相関関係を持つことを利用し、非破壊的に測定されるヤング係数によって仕分ける方法を「機械による強度等級区分法」といいます。実際、これらの強度等級区分法は、「針葉樹の構造用製材の日本農



実大材の曲げ破壊試験

林規格」などの中で適用され、木材を強度的面から有効に利用するために活用されています。

しかし、これらの方法によって強さのバラツキを減少させることはできませんが、仕分けられた各等級ごとの強度を評価するためには、各等級内での強度分布を推定する必要があります。従来、木造建築物を設計する際の強度値（許容応力度）の設定は、無欠点小試験体による強度試験の結果に基づいて行われてきました。が、これらのデータから構造材料としての木材の強さを推定することはさまざまな点で困難であることが明らかになりました。そこで、構造材料として実際に用いられる寸法での木材の強度試験（写真）が重要とな

り、それらの強度データを蓄積していく必要性がいつそう認識されてきました。我が国においても、これらの背景を基に、全国の試験研究機関によって得られた製材品の強度にかかわるデータを統一したフォーマット下で一括集積していくための、「製材品の強度性能にかかわるデータベース」が構築されています。今後、このようなデータベースのデータから、各等級ごとの強度特性値や強度分布を推定することができます。

実際に折られた木材の強度データを蓄積していくことで、構造材料として使用される木材の強さを精度よく評価することが可能となり、木質構造物の安全設計に結びついてくるのです。

（長尾博文）

快適湿度を保つ秘密

木のおよさを挙げる理由の一つに、「木は呼吸をするから」とよくいわれますが、いま一つ判然としません。ところで、かの正倉院の北倉と南倉は、断面がほぼ三角形の校木あぜきを横置きし井桁いげたに積み上げた校倉あぜくらづくりで有名です。その形から、外気の相対湿度（以後湿度）が低いと、放湿、収縮して校木間で透き間が開き、湿度が高くなると吸湿、膨張して透き間が閉じ、結果として倉の中は湿度が低く保たれてきた、というのが通説でした。しかし、実際には校木間で透き間ができることはないとのことで、透き間説はどうも誤解のようです。でも、千年以上もの間宝物が無事だったことは、やはり快適な温湿度環境にあったのでしょう。すると、考えられる原因は宝物が収められていた木の辛櫃からびつにあります。

木はもともと親水性で、吸湿量（平衡含水率）と湿度の間には（曲線状ですが）、図1のように右上がりに含水率が増えるという性質があります。そして、温度が上がると含水率は点線のように移動します。わずかな変化に見えますが湿気に直すと大きな量です。また、これは「温度が上がれば湿気を吐き出し、下がれば湿気を吸い込む」ことを意味します。一方、空気の湿度は、湿気量が一定のとき「温度が上がると下がり、下がると上がる」という、温度と逆行する性質があります。その結果、木がある空間ではこの二つの性質が互いの作用を打ち消し合って周辺の湿度を一定に保とうとします。これを実証したのが図2の木箱の実験例

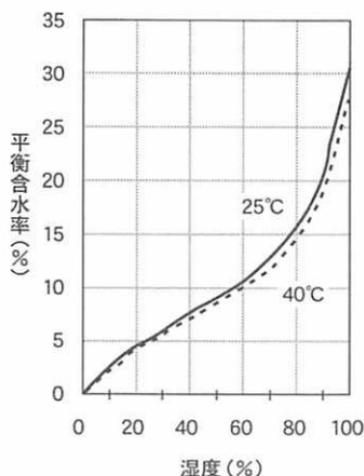


図1 平衡含水率(吸湿等温線)と湿度の関係

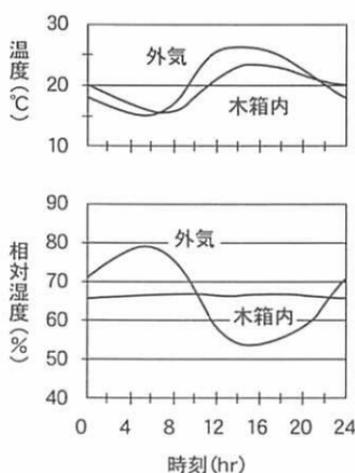


図2 外気と木箱内の温度と湿度の変化

です。外気湿度は大きく反転し、温度との逆行性が明らかですが、木箱内の湿度は、温度が上下しても、その変化は実にはわずかです。これらから、宝物がきわめて良好に保存されてきた秘密は、この優れた調湿能を持つ辛櫃がさらに大きな辛櫃である校倉に二重に収められていた、というしかけにあったのだと結論されます。

さて、木の住まいは辛櫃のように密閉できませんがそれでも柱や木質内装材は有効に働いています。それは調湿性が乏しい住居に住んで初めて知る効能で、例えばコンクリート住宅が結露、カビ、ダニ、それによるアレルギーなどの被害が報じられたのに対し、木造は適度の換気と木の調湿能があるため、結露やカビが生じにくく被害は少なかった、という実績からもわかります。木の調湿性はまさに「縁の下の働き」をして、住まいを快適に保ってくれているのです。

(葉石猛夫)

木になる樹

昭和四〇年代の初め、東京都区内にもドングリの樹が茂っていました。その場所は近郊野菜の生産を担う農家の敷地、容易には入れないけれども子供にとっては絶好の遊び場でした。ドングリの樹がある雑木林では、夏ならばクワガタやカブトムシを見つかることができ、秋ならば枯葉を踏み鳴らしてドングリが拾え、春になればドングリからは新しい芽が出ることを覚えることができました。

この当時、東京でも小学校には木造校舎が残っていました。勉強するための机や椅子は無垢の木の部品で組み合わされたものでした。この机や椅子がナラ材というドングリの樹の仲間を用いてつくられていたのを知ったのは大人になってからでした。

春に芽生えた一粒のドングリは半世紀を超えて成長すると大きな樹になります。この樹は、地中では自らの成長のための水と養分を蓄えようと根を張りめぐらせ、地上では太い幹から大枝を分岐させ、その先には何本もの小枝を空に向かって伸ばします。季節が夏ならば、枝には太陽の光をいっぱい浴びようと緑の葉が一斉に繁茂し、鳥や昆虫の生活を助ける役目も負っています。

光と水と養分で成長した大きな樹の幹は木として活用され、住まいの中でさまざまな形に変わって使われています。家庭の中を見渡せば、ドングリの樹は木になってからも洋服タンスやテーブル、フローリングと

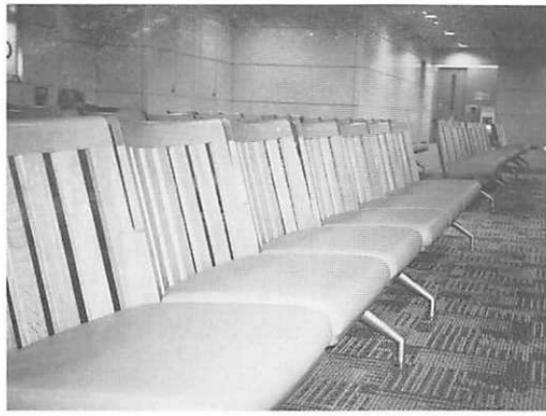
いった家具のなかで主役を演じています。

家具になるための樹は森の中で伐採され、丸太に姿を変えて街に運ばれて行きます。その後、丸太は板にされて木になっていきますが、板になっても森の中で成長していたときの水分が残っています。木として利用するときには水分を抜いておかないと、寸法が縮んだり曲がったり大変厄介なことになります。

水分を抜く、すなわち乾燥が重要であることは、身近なところでは各家庭で行われている衣類の洗濯にたとえられます。濡れたままで袖を通す人はいないでしょうし、ウールなどの天然繊維では縮んでしまうことは経験されていることと思います。木を使う場合も同じこと、樹は乾かさないと木にならないのです。

私たちが日常的に、当たり前のように使っている家具は一粒の種の芽生えから始まります。樹はまばゆい光の中、雨風に耐えて大きく育ちます。その後、人の手によって乾燥されて木という材料になり、テーブルや椅子になります。あなたの身近な木の家具を見て、それが森の中で生き生きとしていたころの樹を想像してみてください。

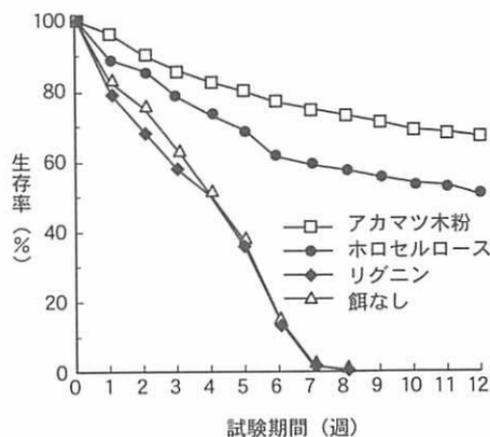
(齋藤周逸)



あなたなしでは生きられない？

シロアリは熱帯・亜熱帯・温帯域に生息している昆虫で、現在まで三、〇〇〇種近くが同定されています。シロアリは枯死木（ときに生立木も）、落枝、落葉、地衣類、腐植土までも餌としており、その食性によって高等シロアリと下等シロアリに二大別されています。高等シロアリは消化管内に細菌類を共生させたり、巣にキノコを栽培したりして食物消化を補わされていますが、下等シロアリは消化管内に細菌類だけではなく原生動物も共生させて食物消化を補わされています。また、これらの餌の炭素／窒素比はシロアリの体の炭素／窒素比に比べて非常に窒素の割合が小さいので、シロアリは共生窒素固定菌により空中窒素を取り込み、過剰になった炭素を共生メタン生成菌で体外へ排出してそのアンバランスを是正しています。

日本をはじめ温帯・亜熱帯域に生息するイエシロアリは下等シロアリに属します。この種は木の根など地下に大きな巣をつくり、木造建築物に対して甚大な損害を与えることで知られており、「シロアリ＝木材害虫」というイメージびつたりの種といえましょう。さて、イエシロアリに木材を食べさせた後の糞を化学分析してみると、リグニンが多く残存していることがわかります。イエシロアリは巣の材料として、この分解できずに排出したりリグニンを土と混ぜて利用しています。ではイエシロアリは生存のためにはリグニンが必要、つまり木材でなくても紙すなわちセルロースだけで生きていられるのでしょうか？



餌の違いによるイエシロアリ生存率の変化
(妻ら, 1996より改変)

アカマツの木粉と、木粉から調製したリグニン、リグニンを化学的に除去した木粉（ホロセルロース）をおのの別々にイエシロアリに与えて、その生存率の変化を追跡してみます。まずリグニンだけを与えた場合は、餌を与えない場合と同様な生存率の変化を示すことから、シロアリがリグニンだけを栄養源としては生きていけないことがわかります。一方、ホロセルロースを与えた場合、急激な生存率の低下は見られませんが、木粉を与えた場合と比較して低い生存率にとどまっています。また、イエシロアリの消化管内では通

常（木粉を与えた場合も同様）三種類の原生動物が観察されますが、ホロセルロースを与えた場合は四週間目から原生動物の一部が確認されない個体も出現し始め、原生動物数も減少しました。以上のことから、リグニンがシロアリの消化生理に何らかの影響を与えている可能性が示唆されます。

このように、イエシロアリは木材を総合的に利用できる昆虫であり、木材なしには生きられないことがわかります。一方、木材もイエシロアリのおかげで土に還ることができます。持ちつ持たれつ、太古の昔から培われた木材とイエシロアリの仲は、非常に強固なものなのです。

（大村和香子）

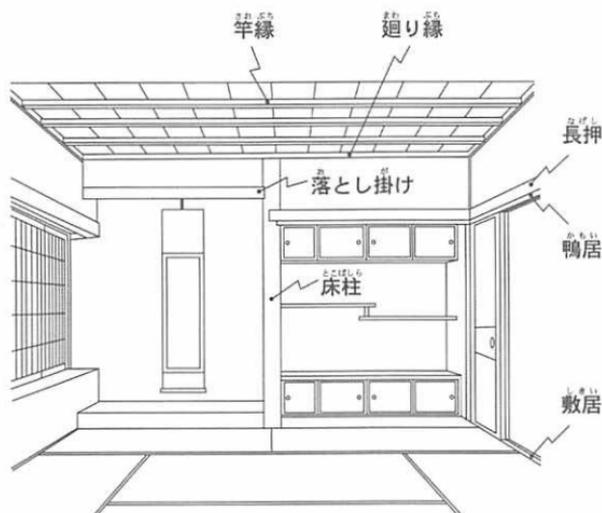
III
暮らしのなかの木

日本人と和風建築

近年、生活様式の洋風化が進むにつれて、住宅における和室の割合が減少しています。図に和室の例を示しますが、鴨居、敷居、廻り縁などが和室のどの部分の名称かさえわからない人も増えてきたのではないのでしょうか。これは、生活様式の変化とともに日本人の嗜好も変化してきていることの現れなのでしょうが、ここでは、和風建築に凝縮されているともいわれる日本人の美意識の一端に触れてみたいと思います。

和風建築では、自然との一体感が大きなテーマとされます。窓から見える月や山川草木を楽しむため、景色によって設計が変わってしまうこともあります。和風建築の材料には主に木が用いられたのも、我が国の豊富な森林資源と地震が多く高温多湿な気候風土を背景に、揺れに強く調湿作用のある木の特性が活かされてきたことは間違いありませんが、可能なかぎり自然の生きた素材を用いたいという日本人の精神が影響しています。

最近の住宅は合理性や居住性を追求し、便利さや見栄えのよさを重視するため、無駄なものは省かれた設計となっており、縁側のある家はほとんど見られなくなりましたが、本来の和風建築では、縁側や軒先は外の自然や景色と家の中を結ぶ接点、緩衝地帯として設けられました。そうした一見無駄な空間や部分を非常に大切にすることが、和風建築の美学でもあります。



和風建築における和室の例

一方、和風建築では調和の美が大切にされます。和室の各部分材の寸法を決定する際においては、江戸時代に発達した木割という手法が用いられます。これは、部屋の広さに応じて柱の太さを基準に、倍数比例関係から均整の取れた各部分材の寸法を割り出すというもので、例えば柱の幅が一〇・五寸ならば、鴨居の厚さは

四・五寸、竿縁の幅は二・一寸もしくは三・〇寸が標準となります。さらには、日本のスギ、ヒノキなどの木には年輪がありますので、鋸の入れ方によって柃目や板目などいろいろな木目が現れます。

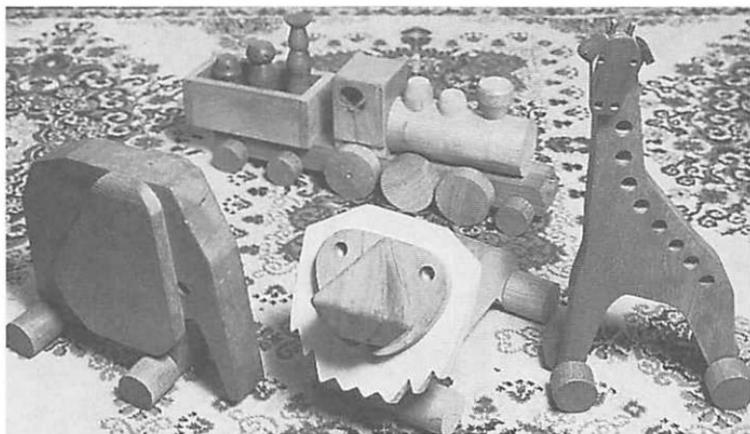
和室のデザインにおいては、これらの木目の組み合わせや、線（柱、鴨居、長押など）、面（床、壁、ふすまなど）、点（部屋に対する障子、床の間に対する書画など）の組み合わせにより、木の素材感、美しさを活かしながらも一か所だけが目立つことのないような配慮がなされているのです。

今一度このような視点から木の文化ともいわれる和風建築を見直してみたいかがでしょうか。（伊神裕司）

木のオモチヤは情緒のゆりかご

私の息子が二歳になってようやく言葉を話し始めたころのことです。庭にフキノトウが出ているのを見つ、息子に教えてやろうと庭に連れ出しました。「亮介。これはフキノトウというんだよ。いつてごらん。」と話しかけても黙ってフキノトウを見ているだけでした。それから毎日庭に連れて行って同じ会話を繰り返したのですが、ただ黙って返事がありませんでした。そんなある日、息子が私の手を引っ張るようになり庭に出て、フキノトウを指さし、「これフキノトウ。」と初めて言葉に出しました。そのときの息子の得意げな顔を見ながら、「醸し出す」というのはこのようなことを現した言葉であることを理解したのを今でも鮮明に思い出します。この「醸し出す」という状況がづくり出される母体となるものが、いわゆる「情緒」ではないかと私は考えています。「情緒」は人間の感情表現のなかでも特に重要で、「やさしさ」「思いやり」「ぬくもり」などの言葉で置き換えられるものと考えています。

さて、木という素材に出会ったとき、この素材を表現するのにほとんどの人が情緒と関連した用語を使っていることに気づいておられるでしょう。人間の情緒の核になるものは三歳までにでき上がるといわれています。そうであるならば、一日の大半を遊びに費やす幼児の情緒的環境にいくら注意を払っても払いすぎることはないのではないでしょうか。



心のなごむ木のオモチャ

木という素材は、この情緒的環境すなわち「やさしさ」や「ぬくもり」を肌で感じさせる材料ではないでしょうか。このような素材をオモチャにすることによって子供の情緒は自然に醸し出されると考えています。それゆえ、私の創作玩具は木の素材そのものをその木の特性に合わせてつくってあります。スギは丸棒にして長さを変え、それぞれの組み合わせで数の概念が自然に身につくように、さらにスギ独特の香り、材の柔らかな触感を楽しみながら木の名前をしっかりと覚えてくれるようにと考えました。広葉樹材は、それぞれの樹種の材色、質感および量感を組み合わせ、さらに幾何学的な抽象形態ではなく動物オモチャとし、遊びの対象に対して感情移入と対話ができるよう相似形の大小を用意しました。幼児自身がお母さんゾウになったりお兄ちゃんゾウになったりして、一人の自由空間で奔放に想像の世界で遊べるように、そしてそれぞれの木の名前や質量感を自然に学べるように工夫しました。

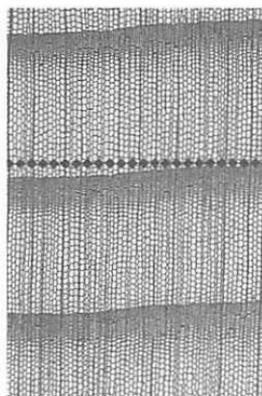
(野村隆哉)

割りばしにもピンからキリ

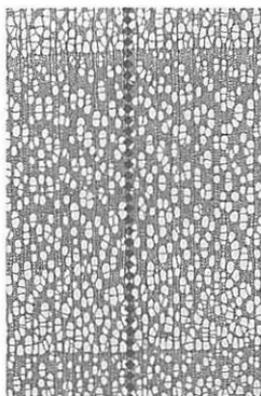
江戸時代中期に登場した割りばしは当初、竹、スギが用いられていましたが、本格的な木割りばしの生産は明治一〇年ごろ吉野においてスギを用いて始まりました。現在一口に割りばしといっても、形はさまざまで呼び名もそれぞれです。「天削^{てをけ}」は割りばしの天の部分を斜めに削ぎ落として木目を強調してあるもの、「利休」は茶人の千利休が客人をもてなす際に愛用した中太両細の形を割りばしにしたものです。「丁六」は天の部分の断面が長方形で角を削ったり割り目に溝などの加工をしていないはしです。

「小判」は「丁六」の角を削ったはしで、天の部分の断面が小判のように見えます。「元禄」は「小判」の割り目に溝をつけたはしです。我が国では毎年約二五〇億膳が市場に出回り、平成一一年には九五%が海外からの輸入で、そのうち約九七%は中国からのものです。すなわち日本国内の割りばしの九二%以上は中国産であるということになります。現在の国内における主産地は奈良県と北海道で、国産割りばしの三分の二が生産されています。

割りばしをつくる時、材の柃目を重視する「天削」「利休」の高級はしと、「小判」「元禄」「丁六」の中級・大衆はしでは、使われる樹種やつくり方に違いがあります。高級はしではスギ、ヒノキ、トドマツ、エゾマツなどの針葉樹が用いられ、はしの表に柃目の模様がきれいに出るように木取りをします。特に吉野



スギの木口面
高級はしでは、点線の部分
で割れる。



ポプラの木口面
中級以下のはしでは、点線
の方向に割れる。

でスギやヒノキの背板を用いてつくられるものは高級で、熟練の技を必要とします。一方、中級・大衆用のはしでは、主に広葉樹のカバノキ、シナノキ、ポプラといった白色で加工しやすいものが用いられ、丸太をかつら剥きにしてつくられます。これらは主に中国東北部でつくられ、日本に輸入されています。

これらの樹種や木取りの違いは、当然割りばしの割れ方にも影響を及ぼします。高級はしの場合、繊維の通直性のよい針葉樹の柢目面がはしの表になるため、割れる面は板目面になり、細胞の密度変化が著しい年輪境界で割れます。そのため高級はしは真つすぐに割ることができます。一方、中級・大衆用はしでは繊維の通直性のあまりよくない広葉樹の板目面がはしの表になり、割れる面は柢目面になります。また、広葉樹は針葉樹に比べて年輪が明確でなく、細胞配列も直線的でないため、真つすぐに割れない原因となります。高級料亭のはしがきれいに割れ、社員食堂や大衆食堂の割りばしが真つ直ぐに割れないのはこのためです。

割りばしの特性と樹種特性というのは密接に関係しているのです。

(安部 久)

Urushiで世界に通用

英和辞典で「Japan」を引いてみてください。「漆、漆器」と訳してあります。学術的には、こういった英・和訳ではなく、「漆」は「Urushi」、「漆器」は「Urushi ware」と呼ぶのが一般的ですが、このことは漆を材料とする漆器が日本を代表する工芸品であることを物語っています。

漆はウルシの木の樹皮を傷つけたときに滲出してくる乳白色の樹液のことで、日本ではこの漆のほとんどをそのまままたは精製して塗料として用いています。ウルシの木は、日本や韓国、中国、東南アジア諸国に生育する落葉高木です。日本では九州から北海道まで広範囲に生育しますが、漆の産地としては岩手県の浄法寺町、茨城県の大子町などが有名で、大きいものは高さ一〇〇呎、直径三〇〜四〇呎に達し、樹齢一〇年を過ぎると漆を採取できるようになります。漆の採取できる時期は入梅のころから一〇月上旬ごろまでで、一本の木から採取できる漆の量はわずか二〇〇gほどです。漆の価格が高いのは、この生産効率の悪さが要因ともなっています。漆の採取方法は国によって異なり、ウルシの木への傷の入れ方、出てきた漆の収集法も違います。漆をかき取り終えた木は伐採しますが、改めて植林されるか、残った切株から芽が出て、また一〇年後には漆の取れる木になります。つまり漆は、石油からつくられる塗料のように、いずれは枯渇する地下資源と違って、生産し続けることのできる天然の資源といえます。



拭き漆技法で仕上げた洗面所

漆の採取（茨城県大子町）

漆はラッカーゼという酵素の働きでおよそ七〇%以上の湿度のもとで乾燥し、膜をつくりまします。漆膜は、しっとりとした質感と奥深い艶を持ち、現在でも塗装仕上げの理想とされています。

かつて都の工房や寺院だけでつくられていた漆器は江戸時代までに全国各地で産業化し、器類だけではなく家具、建築物などにも塗られ、私たちの生活の中に深くとけ込んでいました。しかし、二十世紀に入ると石油を原料とする合成樹脂塗料が開発され、性能、生産性、経済性の追求とともに急速にシエアを伸ばし、漆の需要は激減してしまいました。

しかし、近年の環境問題の高まりにより、塗料は低公害、省資源、省エネルギーの方向へと転換を迫られています。また、環境ホルモンやシックハウス症候群の問題が発生し、地球環境にも人体にも優しい塗料の必要性から漆などの天然系の塗料が見直され始めています。

（木下稔夫）

竹を使う暮らしの知恵

二十世紀の初頭を照らしたエジソンの白熱電球は、我が国のマダケを用いた直径〇・三^ミの竹カーボンフィラメントによって量産化されました。エジソンにとって、欧米には自生していない竹との出会いは、まさに新素材の発見に匹敵する感激であったのではないでしょう。

竿、筴、箆、笠、筆、箒、篋、簞、籠、これら竹冠の漢字で表す道具があるように、我々は、古くから木と竹をうまく使い分けながら、暮らしに役立てる知恵を身につけてきました。例えば、竹の稈（竹の幹に当たる部分で丸く細長く中空で節がある）は、木よりも軽くて折れにくい特徴を利用して、竿や梯子に使用されました。また、竹材は表皮側ほど堅く、一般的な木材と比べて温湿度による繊維方向の寸法変化が少ないために、今でも物差し（直定規）として使われています。そのうえ、薄く割ったりはいだりできますし、たわみやすが折れにくいなどの特性を利用することで編んだ籠や簾にも広く使われます。

一般的に、竹材として利用するのは、発筴後三〜五年生の竹です。最近では、木に比べて極めて短期間で利用可能な木質系素材として注目されています。つまり、毎年、発生する筴の量に相当する竹材を木材の代替補完として利用すれば、持続的に利用できるうえに、熱帯雨林の減少や天然林の枯渇などの資源循環上の環境負荷も軽減できると考えられているからです。



竹製車椅子（開発試作品）

モウソウチクの比強度は、ブナの約一・三倍です。単板化した竹材を積層接着して曲面成形部材をつくれば、木材同様に家具部材として使用できます。実際に、この技術を用いた竹製車椅子の開発も進められています。適度なクッション性や通気性がある座りごこち、表皮や節の自然な肌触りにも、竹らしさが活かされている福祉機器として、インテリアとも調和するなど、感性面でもその可能性が期待されています。

一方で、竹材の欠点は、虫害やカビの汚染が発生することです。竹が蓄えている糖分やデンプンが原因です。竹材中で季節変動するこれらの含有量が最も少なくなる時期は九月から十一月で、昔から「竹は秋に伐れ」といわれた経験則は、科学的にも正しかったことが確認されました。現在では、より効果的で安全な防虫・防カビ処理も実用化されて、竹フローリングなどのインテリア建材や竹家具に利用されています。

今後、竹籠や竹垣などこれまで受け継いできた竹を暮らしに役立てる知恵に、竹建材、竹家具、竹紙、竹織維などの新たな技術と製品が加わって、二十一世紀は、再び竹が新素材となって、脚光を浴びるかもしれません。

（小谷公人）

テーブルにゴムノキ

家具には用と美、すなわち日常生活を便利にするための機能性と好ましい生活空間を演出するための装飾性が求められます。機能性は人体寸法や動作分析に基づいて検討されており、例えば椅子では腰掛けやすくて疲れにくい座の高さや背もたれの角度、食器棚では収納しやすい引出しの寸法や棚の位置など使い勝手のよさをねらった製品開発が進められています。装飾性は形態、色調が主な評価対象になります。家具を配置する部屋の使用目的や使用する人の好みに大きな影響を受けるため、装飾性を客観的に判定することは難しいことですが、木製家具が家具市場の七割以上を占めていることは、木材の質感が高い評価を受けている現れでしょう。

木材は、家具用材として物理的にも機械的にも優れています。質感への高い評価は、主に視覚と触覚から生まれる心理的判断によるものといわれています。人は、反復しながらも単調ではない木目パターンや赤みを帯びた黄色系の材色から気持ちの安らぎや落ちつきを、また木部に触れたとき受けるなめらか感やさらさら感から手触りのよさを感じると思われます。

装飾性に最も影響を及ぼすのは、日常的に人の目に触れるところに使われる表面材の樹種と性状であり、商品価値を決定するといわれてきました。希少価値の木目を持つ銘木、柰板ないた以外では、国産高級家具用材と

してケヤキ、キリ、ミズナラ、マカンバが著名で、それぞれ特徴ある木目、材色、光沢のある良質で欠点の少ない、いわば刺身のように美しい一枚板の製品が主流を占めていました。

しかし近年、装飾性に対する価値観が多様化しています。例えば従来は下地材と見なされていた集成加工板が表面材として、テーブルの甲板や飾り棚の扉などに使われています。小幅な板の幅はぎと短尺材の縦継ぎによる材面の変化や小さな生節を木目や杣と同様に木材の特徴と認める考え方は、若者を中心に定着しています。使用樹種の一つであるゴムノキは、ゴムを採取するために植栽され、更新伐採後の原木が小径で腐朽しやすいため用途もパルプ用などに限られていましたが、現地での人工乾燥・集成加工化によって家具用材として活用されています。テーブルなどに使われていますが、特に植栽、材再利用ということが、資源環境に負荷を与えない範囲で健康で安全な日常生活を暮らしたいと考えている人に好評のようです。

ところで、昭和三〇年代の燃料革命によって放置され、いま手入れが必要な里山広葉樹林からの除・間伐材は、家具用材として魅力的です。一度に供給できる量がそれほど多くないことも多様化対応に有利な条件で、樹種区分し、乾燥処理した適正寸法集成加工板とすることにより、現在のゴムノキ以上の活用が期待できます。家具が必需品からいわばこだわりの一品へと移りつつある現在、家具メーカーでは寸法や色を客の好みに広く応じることが可能な、受注生産と同様の多品種少量生産体制を整えています。特徴ある木目を持つ集成加工板は、需給両面から商品の個性化への有効な対応策になるものと考えます。

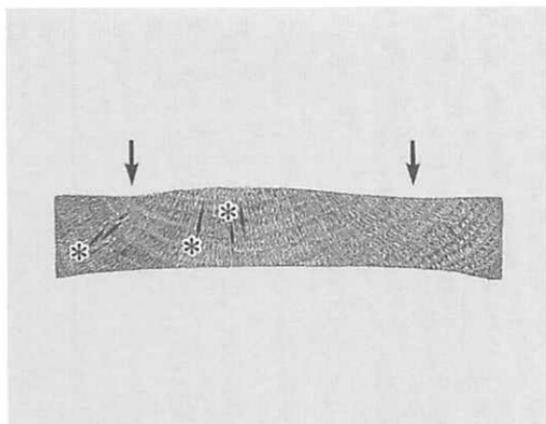
(古澤富志雄)

家具づくり、きほんのき

市販の木製家具では、引出しがなめらかに動く、割れが入っていない、といったことはごく当たり前と考えられているでしょうし、木の色は購入の判断材料の一つになります。ここでは、このような性能と美観を備えた家具をつくるためのさまざまな努力の一部を紹介します。

家具用の木材は、組み立てる前に乾燥しておく必要があります。そこで昔から長い時間をかけて天然乾燥させてきました。ところがこのようにして乾燥させた木材でつくった家具でも、暖房によって湿度が外気よりも低くなる屋内で使ったり、湿度が大きく異なる別の地域に持っていったりすると、水分を放出してすき間や割れが発生することがあるのです。こうした不具合を避けるためには、家具が使われる場所の空気中の水分量を想定し、人為的に熱や風を木材に与えて乾燥させるといった対策がとられます。

ところで木材を乾燥する際には、割れや狂い（反り、曲がり、ねじれなど）が生じることがあります。このような欠点は家具材としての価値を低下させるので、対処法が考えられました。材の表面が割れるのは、主に材の表層部の乾燥による収縮が、湿っている内層部によって拘束されることによります。これを防ぐためには乾燥時に湿度を低くしすぎないなどの工夫が必要になります。狂いは、柃目面と板目面で収縮率が異なることや繊維傾斜などによって発生します。狂いの一部は乾燥時に荷重をかけるとある程度軽減でき



乾燥の仕方が悪いと、へこんだり中に穴が開いたり/
(落ち込みと内部割れの生じたミズナラ)

ますが、すべてを防止するのは困難なので、狂ってしまった材の表面を削って平らにしたりします。

このほか、樹種ごとのさまざまな特徴を把握して家具はつくられています。いくつか例を挙げてみましょう。家具材としてよく使われるブナやミズナラでは、乾燥の仕方が悪いと材の表面が部分的にへこんでしまったり、外から見ると何ともなくても切ってみると穴が開いていたりすることがあります(写真)。また、

日本で高級家具材として使われるキリは、挽いた材を放置すると変色して材の美観が損なわれることがあります。そこで、雨にさらすなどして変色する成分を取り除く工夫がされてきました。ヨーロッパ家具によく用いられるホワイトオークは、樽材たるに使われることでもわかるように水分の抜けが悪く、乾燥が難しい傾向があります。高級家具材として有名なチークは収縮率が小さく不具合が発生しにくい性質があります。

普段、何げなく使っている家具ですが、つくるときにはこのような樹種ごとの特性を考慮して、不具合が発生するのを避けるとともに、色などの美観を損なわない努力がなされています。

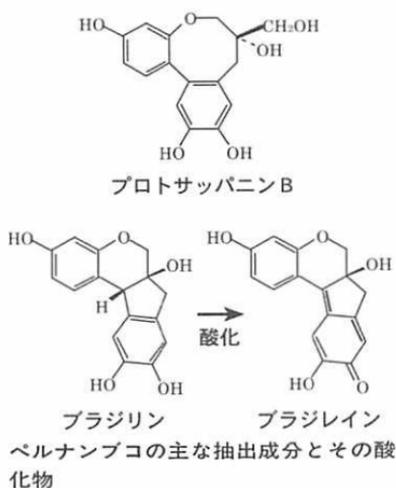
(石川敦子)

弘法も弓は選ぶ——ヴァイオリン

「ヴァイオリン」と聞くと、たいていの人はヴァイオリン本体のほうをイメージされるかと思いますが、弓がなければ華麗な音色を奏することはできません。昔の人は弓のことを「魔法使いの杖」「魔法の杖」などと表現していたようですが、よい弓はヴァイオリンの持つ性能を十二分に引き出し、ボーイング（右手における弓使い）のちよつとした違いによってその音色を千変万化させる、まさに魔法の杖なのです。

弓のスティックに使われる木材としては何種類かの樹種が用いられていますが、そのなかでもブラジル産のマメ科植物であるペルナンブコが最適とされており、約二〇〇年前から珍重されています。実はこのペルナンブコ、最初のうちは赤色染料の原料として利用されていました。そして十五世紀末のコロンブスによるアメリカ大陸発見後、ペルナンブコは染料を取り出す目的でブラジルからヨーロッパへ輸出されるようになりました。ところが十八世紀末、フランソワ・タートという弓職人が弓材に適していることを見だし、それから今日に至るまで、ペルナンブコは最高級の弓材として使われ続けているのです。

元々染料の原料だったペルナンブコは、水に可溶性抽出成分を多量に含んでいます。その主成分はプロトサツパニンBとブラジリン（）です。ブラジリンは酸化するとブラジレインとなり、これが水に溶けたときに赤色を呈するので、染料として利用されていたのです。ところが、これら抽出成分は染料としてだけで



なく、弓材としても重要な役割を果たしていました。筆者らはなぜペルナンブコが弓材に適しているのかを調べるため、さまざまな物性を測定してみました。すると、ペルナンブコは多くの高比重材のなかで極端に損失正接が小さいことがわかりました。損失正接とは振動の減衰の尺度で、ピアノやヴァイオリンの響板材にとつては、その値が小さい（振動が減衰しにくい）ほうがよいと考えられています。そしてペルナンブコの損失正接が小さいのは、多量に含まれる抽出成分のお陰であることがわかりました。実際、ペルナンブコの抽出成分を集めて他の木材に注入すると、その損失正接は元の値の約六割まで低下し、よく響くようになったのです。木材に何らかの化合物を注入すると損失正接は増加するのが普通なので、これは非常にまれなケースです。

現在ペルナンブコは枯渇の危機に瀕しており、近年伐採が禁止されたので、別の優れた弓材を探す必要があります。ペルナンブコの損失正接の低さは特異的なので、それに匹敵する木材を探し出すことは難しいでしょうが、それ以外の物性が似ている木材が見つければ、ペルナンブコ抽出成分と類似の成分を注入させることで、名弓をつくり出せるかもしれません。

（松永正弘）

厳選される楽器用材

私たちの身近にはたくさんさんの音楽が存在します。音楽は、「きれいだなあ」とか「カッコイいなあ」とか「よっっ!（と気合が入る）」とか、さまざまな方向に私たちの心を動かす力を持っています。その音楽を奏する道具が楽器であり、楽器には昔から木材が使われてきました。ここではピアノやヴァイオリンの仲間の楽器の音の特徴づける木材について見ていきたいと思えます。

ピアノやヴァイオリンなどでは、実は、弦自体から出る音はそれほど大きなものではなく、その音が響板と呼ばれる板に伝わり、響板が共鳴して楽器の音になります。このため、響板は楽器の性能を決定するもので、楽器の心臓部といえます。響板に多く用いられるのは、ドイツトウヒ、シトカスブルース、エゾマツといったトウヒの仲間です。響板はピアノでは図のように弦の真下に配置され、ヴァイオリンなどでは楽器の表板が響板に相当します。

木材を楽器響板に用いる際には、製作現場では非常に厳しい条件を設けています。例えば、無欠点で木理が通直なことが必要で、年輪が広すぎても狭すぎてもいけませんし、間隔が不ぞろいでもいけません。また、「ピアノの響板に最適なものは、温帯の海拔一、〇〇〇〜一、五〇〇メートルまでの山岳地帯に生育する七〇年以上一〇〇年未満のスプルースで、さらに、あまり陽の当たらない森の中心に生えたものであるといわれてい



ピアノ響板（浅野猪久夫、「木材の事典」, 朝倉出版, p.144）

る」というように生育環境も考慮されます。これはもう、最高級の大トロといった感じではないでしょうか。音響特性を調べてみると、前述のような響板に適した木材は、軽い（比重が小さい）、変形しにくい（弾性定数が大きい）、そして振動が長く続く（損失正接が小さい）ということがわかりました。これは、振動しやすく、振動を吸収しにくい、つまり、弦の振動を効率よく音に変換できることを意味しています。

これらの条件を満たす木材は非常に限られており、確保することが困難になってきているため、楽器関連の文化が将来深刻な打撃を受けることが心配されています。そこで、代替材を探す努力や新しい木質系音響材料の開発が望まれています。例えば、木材中に薬品を注入して反応させたり（化学処理）、木材を加熱したり（熱処理）など、いろいろな試みが行われていて、一定の効果を上げるところまでできています。

楽器の研究の場合、最も難しいのは最終的には音の良し悪しは人間の聴覚によって決まるという点です。また、音色の好みは時代によっても変わります。

二十一世紀にはどんな音が好まれることになるのでしょうか。そして、響板の性能を好みに合わせて自由コントロールできる日がくることになるのでしょうか。

（久保島吉貴）

読んでもバチの当たらない話

前項までは、楽器用材としての木材、つまり音を奏でる木材の性質について見てきました。ここでは視点を改めて、音を出すための木材について、ドラムスティックを例にとつて考えてみましょう。

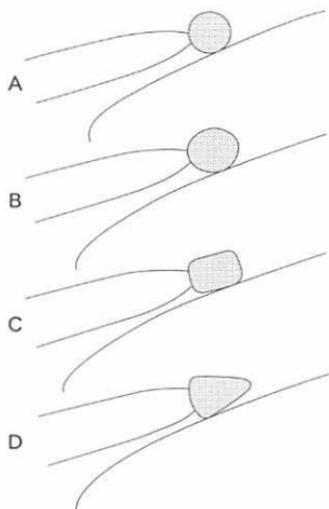
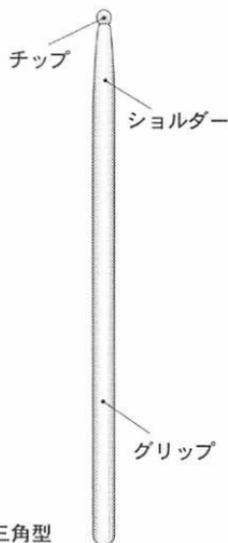
スティックは、いうまでもなく、ドラムやシンバルを発音させるための道具です。ここで重要なのは、両者の接触時間です。一般に、接触時間が長いほど重低音に、短いほど軽快な音になります。したがって、樹種や形状をコントロールすることによって接触時間を変化させることが重要となります。

まず、樹種について見てみましょう。店頭に並んでいるスティックには、「オーク」「ヒッコリー」「メイプル」の三種類があります。これらは通称であり、必ずしも特定の樹種を示しているものではありません。重要な点は、密度、すなわち、単位体積当たりの重量が大きく異なるという点です。一般に、ハードロックなど遠くまで音を響かせたいときには「オーク」を、ジャズなど軽快に抜ける音が欲しいときには「ヒッコリー」を用いるといわれています。これら三種類の木材を平均密度の大きい順に並べると、「オーク」「ヒッコリー」「メイプル」となります。重いほど接触時間が長くなり重低音になる、ということを利用した選択であるといえます。

次に、形状について見てみましょう。スティックは大きく「チップ」「シオルダー」「グリップ」の三つ

の部分に分けることができます。

チップには「丸型」「卵型」「俵型」「三角型」のものがあります。形状によって打面に接触する面積が異なり、音質が変わってきます。特にシンバルを叩く場合、その差ははっきり表れます。



A : 丸形 B : 卵形 C : 俵型 D : 三角型

スティックの3つの部分とチップの形状

ショルダーの形状は、スティック全体の重心位置を決定します。重心が先端寄りであれば、同じ力で叩いてもチップの接触時間が長くなり、重くパワフルな音を出すことができます。逆に、重心が後ろ寄りの軽いスティックで素早く叩くと接触時間が短くなり、軽快な音を出すことができる、ということになります。

さあ、ドラムスティックを手にとってみてください。重さ、肌触り、重心の位置など、一本一本個性が違います。

さて、あなたにぴったりの一本、見つかりましたか。

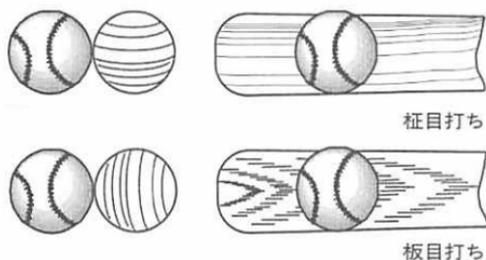
(原田真樹)

上手に選んで使つてこそ——バット

イチロー、長嶋、王。この三人は、二十世紀の日本野球界で活躍した選手のなから、ファン投票で選ばれた「センチュリーベストナイン」の得票数ベストスリーです。三人に共通していることは、バットなくして「球史に残る野球選手」にはなりえなかつたということでしょう。

野球の最初のルールでは、バットは必ずしも木製である必要はありませんでしたが、一八七四年の規則で、バット全体は木製でなければならぬということになりました。最近の試合では、木製バットの代わりに金属製バットを使うことがあります。これは特別なルールによるもので、本来、野球のバットは木製であることが前提です。木製バットの原木は、トネリコ属のアオダモ、ヤチダモ、トネリコ、ホワイトアッシュで、日本のプロ野球選手の間では、アオダモのバットが圧倒的に多く使われています。タモの語源は、この材が極めて粘り強く、非常に大きいたわむことができるので、経験的に「たわむ木」と呼ばれ、そこから転じてタモになったといわれます。そして、経験的に粘り強い材を選んでつくられたバットは、普通ではまず折れることはありませんが、ときには折れてしまうこともあります。

バットが折れる原因として、年輪幅がとて狭くほとんど孔圈部だけのぬか目材や、何らかの理由で心材が着色した偽心材でつくられたり、過度の目切れがバットにあることが考えられます。ぬか目材、偽心材、



木製バットの打ち方

過度の目切れは、いずれも正常な材と比べて衝撃エネルギーを吸収する能力が小さいため、バットが折れた際に真つ二つに分かれる原因にもなります。

もちろん、バットの材質や木取りだけが、原因ではありません。選手の打撃技術にも原因があると指摘されています。バットの打ち方には、杵目面と板目面と板目面と打つ板目打ちの二通りがありますが、どちらの打ち方でもバットの真しんでボールを打つのであれば、バットが折れることはありません。しかし、

選手が常にボールを真しんで打つとはかぎりません。杵目面と板目面とで、反発性を比較すると、板目面のほうが杵目面よりも反発性が小さい傾向にあります。そのため、バットの真しんをはずしてボールを板目打ちすると、バットはとてもしなやうな状態となります。

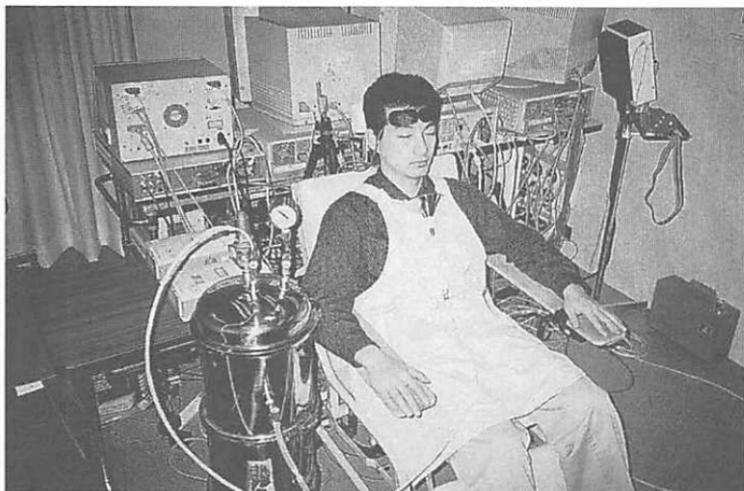
バットにあるメーカーのマークは、メーカーが好きなところに勝手に入れておけるのではなく、必ずバットの板目面に入れてあります。これは「バットを反発性の大きい杵目打ちで使ってください」というサインになっています。つまり、選手は自分のスイングとグリップ、そしてバットのマークを確認することで、杵目打ちになります。このことは、選手にとって大切なバットを折ることなく、打撃技術を向上させることにつながるといえます。

(加藤英雄)

木の家の快適性

木の家に入ると、気持ちのよさを感じます。なぜでしょうか。人の体が自然対応用にできており、自然と同調しているからであるというのが私の仮説です。人は、ヒトとなってからおよそ五〇〇万年経つわけですが、その九九・九九六％は自然環境中で過ごしてきました。その過程で、進化を経て今を生きる人となっています。現代に生きる我々は、自然対応用の生理機能を持って、人工環境下に生きていくわけです。

それを実証するために、木の香り、手触り、木目などに注目して実験を行いました。温度、湿度、照度、気流などの調節が可能で、防音機能を持っている人工気候室と呼ばれる実験室で、嗅覚や触覚などの一つだけの刺激を受けた場合の体の変化を調べたのです。最初に、スギやヒバの材からチップをつくり、そこから出てくる香りを吸入する実験をしました。人の状態の評価は、①近赤外光を使った脳の血流測定（中枢神経活動）、②指先を使った血圧、脈拍数の測定（自律神経活動）ならびに③質問紙（主観評価）の三面から調べました。その結果、木の香りによって血圧と脳血流が低下し、体が鎮静的に変化することがわかりました。主観的には「自然」で「快適」であると評価されていました。これらを総合的に見ると、木の香りによってリラックスしたといえるわけです。木に触った場合も血圧が低下し、同様の変化が認められました。ポリウレタン塗装をした木材や金属に触った場合は、反対に、血圧が上昇するストレス反応を生じました。実物大



香り物質の吸入実験風景

左手中指で血圧と脈拍を、左前頭部と右前頭部で脳の血流を、それぞれ1秒ごとに測定している。

の壁をつくって実験した場合にも、ヒノキの節の多い壁ではリラックス効果を示し、白い壁ではストレス反応を示しました。

さらに、三つの実験に共通して見られた興味深い現象があります。それは、主観的に「不快」と評価された場合でも、木に由来した刺激の場合は生理的にストレス反応を生じないということです。この現象こそ、人の体は自然対応用にできているという私の仮説を証明するものであると考えています。

これまで、経験的に知られてきた木の家の快適性が生理応答データに基づいて明らかにされつつあります。日常生活において最も身近な自然由来の材料である木が人と同調することによって快適感をもたらすことは当然ですが、それを実証する十分なデータが蓄積されつつあります。

(宮崎良文)

三次元の窓——木製ウインターガーデン

日本では、昔は縁側のある住宅が多く見られました。最近は建物の形状が変わり、ずいぶん少なくなつたようです。この縁側には、いろいろな機能があります。例えば通路であり、居間の延長であり、室内と屋外との間の緩衝帯でもあります。こういった機能を持つ空間は、ヨーロッパではウインターガーデンとして発達しています。ここは、雨、風、雪を防ぎながら屋外の雰囲気を楽しむことができる、外界と室内のあいまいな半戸外空間と位置づけられます。

このウインターガーデンは、今までの住様式を見直すきっかけとなることが期待されます。例えば、今後急速に高齢化が進むなかで、高齢者が家の中に引きこもりがちになる問題は、大きくなることが予想できます。そのような状況において、家の中にいながらにして陽の光を受け、また風を受けるなどの刺激があるだけで、健康のために非常に有益です。さらに、園芸などで植物と接し、手足や頭を使うことによって、防止に役立つ可能性があります。

しかし、よいことばかりではなく、解決しなければならぬ問題もあります。例えば、遮熱処理などを考えなくてはいけません。そのためには、屋根をガラス張りにしない、ガラスの屋根の場合は遮光シートを掛ける、通風を確保するために開口部を多く取る、屋根に天窗を配して上にたまった熱を排出する、などの処



日除けを取り付けた木製ウインターガーデン
(ドイツ)

置によって、室温を下げる事ができます。また、パーゴラを設置したり、そばに樹木を植栽したりすることによって、ウインターガーデンが日陰になるようにするとさらに快適な空間が創出されます。

それでは、ウインターガーデンはどうやってつくることができでしょうか。ヨーロッパで使われているものの多くは木製です。そして、これは木製サッシを組み合わせたものと考えられます。すなわち、三次元の窓です。

木材は、サッシに使われるほかの材料と比べて熱が伝わりにくく結露しにくい材料です。さらに、木製にすることによって、構造上十分な強度を持たせることができる、部材への結露が極めて少ない、デザイン上の制約が少なく自由度が高い、木材の親しみやすさや高級感などによる他材料との差別化を図ることができる、などのメリットがあります。

これから、四季を通じて、いかにゆとりのある時間、くつろげる空間を持つかを考えることが大切になる時代がくると思われます。少しでも、自然に親しむことができる時間を持ちたいものです。

(石井 誠)

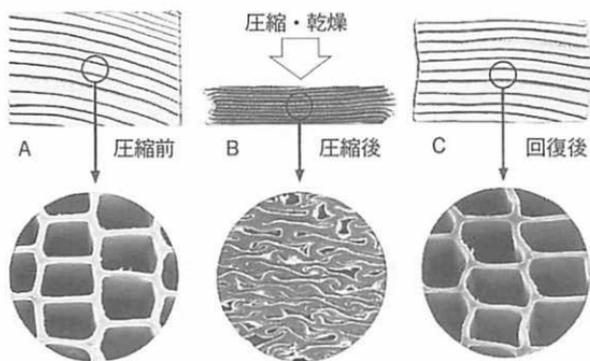
軟質材ギュツと潰せば高強度！——圧縮木材

木材は、ストローを束ねたような中空の細胞構造をしているので、繊維と直角方向に容易に大変形することができます。スギ材（密度約 0.35 ／平方 cm^2 ）では、約四分の一にまで圧縮することができます。スギは成長が速く、また軽くて通直なため柱材などには適していますが、強度が低く、軟らかいので傷つきやすいため、床や家具などの内装用材としては利用しにくいのです。ところが、この圧密化技術によって表面性能や強度性能、さらには意匠性が改善されるため、内装用途にも利用できるようになりました。強度などの物性は、半分に潰せば約二倍に、三分の一に潰せば約三倍になります。

しかし、圧縮木材にも大きな弱点があります。曲げ木（一九二ページ）のところでも少しふれましたが、お湯に浸けると、元の形に戻ってしまいます。ドライングセットによって一時的に固定された変形は、乾燥状態では比較的安定ですが、水分と熱の影響を受けて回復するのです。

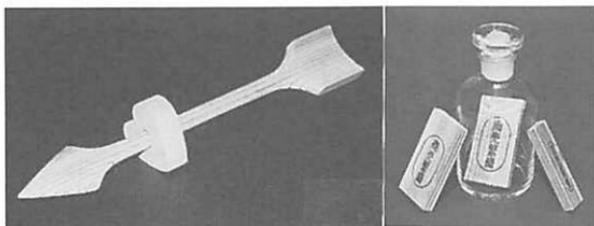
木材が圧縮によって顕著に破壊されなかり、与えた変形量の約八五％が回復します。圧縮木材を材料として用いるには、変形を固定化する必要があります。樹脂含浸処理、化学処理、熱処理、水蒸気処理などによって変形を固定化する技術が開発されています。

さて、写真の「キュービッドの矢」は、ハート型の板にあけられた小さな穴に、外観上、通るはずのない



走査型電子顕微鏡写真

スギ材の圧縮変形とその水分・熱回復



「キュービッドの矢」と「瓶の中の木札」

矢が貫通しています。また、「商売繁盛」の木札は、どのようにして瓶の中に入ったのでしょうか。賢明な皆さんなら、すでにお気づきのことと思いますが……！ そうです！ 「キュービッドの矢」や「瓶の中の木札」は、乾燥によって一時的に固定されていた変形が、再び元の形状に復元するという、いわば形状記憶材料としての木材の性質を活かしてつくられています。「キュービッドの矢」は、

- ①まず、木取りした材料の先端部分だけに水を含ませ、電子レンジかお湯に浸けて加熱します。
- ②次に、プレス機や万力を用いて先端部分を圧縮し、乾燥してドライングセットさせます。
- ③矢羽根を整形し、軸部を丸棒に加工します。
- ④あらかじめつめておいたハート型の板の穴に矢を通します。
- ⑤圧縮していた先端部分をお湯に浸けて回復させ、やじりの形状に整形し、研磨する

とでき上がりです。

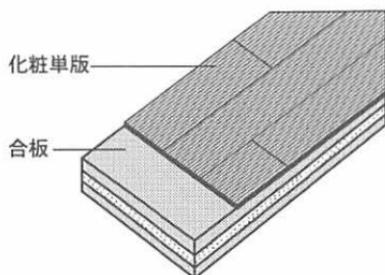
(井上雅文)

化粧する木材

フローリングを初め、ドア、開口部の枠材など、木目模様を活かした内装材は住まいを統一感のある空間に仕上げます。それらの内装材の多くは、表面の化粧材と下地材という組み合わせでできています。化粧材には単板や木目模様を印刷した樹脂シートが多く用いられています。それらはいずれも化粧性が高く、色や模様をそろえやすいので、室内のコーディネートを行うのに適した材料です。下地材にはいろいろな材料が使用されていますが、そのなかの一つに木質材料があります。

木質材料とは木材を原料として、それを加工し、その性能を向上あるいは新しい性能を付与した材料のことです。木質材料を製造するには、まず木材の節や腐れなどを除去、分散させるために、木材を加工して小さくします。小さくすると一口でいっても、木材を挽いたり薄く剥いて板状にしたり、砕いて繊維状やチップ状にしたり、その方法は千差万別です。そして小さくなった木材を接着や成型することによって再構成します。再構成の仕方によっては、原木からは得られないような広い面積あるいは長さを持つ木質材料を製造することも可能です。代表的な木質材料に集成材、合板、繊維板があります。

集成材は板状の木材を繊維方向が互いに平行になるようにして接着、積層した材料です。集成材は美しい木目の単板を張りつけ化粧性をよくする場合がありますが、板材の積層による素地の美観を活かして化粧張



化粧材に単板，下材に合板を使用したフローリング

りをする事もなく使われる場合もあります。階段の手摺や笠木、出窓カウンター、テーブルの天板などで目にする事が多いのではないのでしょうか。

合板は、薄く剥いた木材を繊維方向が互いに直角になるようにして接着、積層した面材料です。合板の特徴は素材に比べて広い面積が得られること、強度的に優れ、人や家具を支えるのに十分な荷重保持力があることです。また適度な弾力性が人に心地よい歩行感を与えるので、床材に適しています。フローリング材の多くは、下材材に合板を使い、化粧材にはナラなどの単板が使われています。

繊維板は、繊維状にした木材を成型した材料です。なかでも密度が四〇〇〜八〇〇磅／立方呎のものを中密度繊維板 (Medium Density Fiberboard, MDF) と呼びます。MDFは表面が平滑かつち密でしかも加工性がよいので、枠材の裝飾に必要な曲面加工にも適した材料です。MDFの化粧材には、建具と色や模様をそろえやすいこと、曲面でも張りつけやすいことから樹脂シートが多く用いられています。

このように、木質材料は表面を化粧され、普段は私たちが直接見ることの少ない材料ですが、それぞれの特徴を活かして有効に利用されており、今後よりいっそう注目されると思われれます。

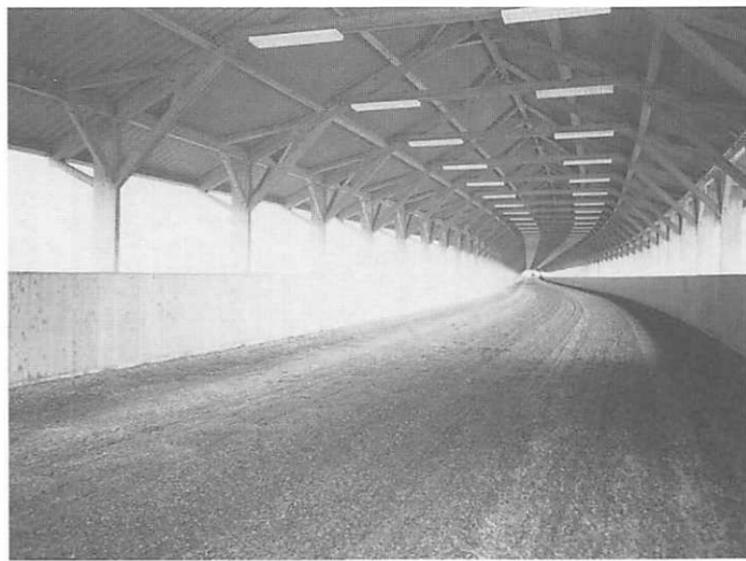
(平松 靖)

こんなところにも木のチップ

曲がったりねじれたりした木、木製品をつくったときに残った木材、木造住宅を解体したときの木材などは、サイズもばらばらで、利用するには工夫が必要です。工夫の一つに、「木材をハンマーのようなもので物理的に砕く」という方法があります。このようにして砕いた木材のことを、木材チップまたは単にチップと呼びます。木材チップは、そのほとんどが紙をつくるための原料として利用されていますが、最近では、いろいろな用途に利用されるようになってきました。

例えば、競走馬の調教用コース（写真）にも使われています。このコースは、チップのみを敷いたものやチップに樹皮を混ぜたものなど、それぞれの施設で工夫を凝らして設計しています。チップコースは、芝やダートのコースに比べてクッション性が高いので、調教中の怪我防止に効果があります。そのうえ、チップコースで調教すると脚力が強くなるともいわれ、強い馬の育成に欠かせない施設となっています。

また、木材チップで舗装をつくることもあります。このチップ舗装には、チップをそのまま敷き詰めるタイプと、チップを樹脂やアスファルト乳剤などと混ぜ合わせて敷き均すタイプとがあります。チップ舗装は見た目がやさしく、歩き心地もよいと評判です。遊歩道やジョギングコースなどに使われているのを見ることができます。



公園でもチップを見かけることができます。樹木の周りにまいてあったり、遊具の下に敷いてあったりします。樹木周りのチップは雑草防止用のマルチング材として利用されています。遊具の下のチップはクッションの役割をしており、子供たちが安全に遊べるように敷かれています。花壇や造林地などの雑草抑制にも使われています。

チップを使ったトイレもあります。便槽にチップが入っており、便槽内に落ちた排泄物はチップ内の微生物によって水、炭酸ガスなどに分解されます。公園や山などに設置されています。木の香りがする、悪臭が少ないなどの特徴があります。

そのほか、生ゴミ処理機やペット用敷き床、健康寝具などにも利用されています。炭にしたチップ炭も、さまざまな用途に利用されています。

(藤本清彦)

巨大な弦楽器としてのコンサートホール

東京オペラシテイビルは文化・商業・業務機能から成る延二四万平方メートルの複合施設ですが、東京オペラシテイコンサートホールは音楽活動の中心施設です。武満徹氏が芸術監督に就任して数々の企画が準備され、現在もその名をホール名に冠して運営されています。設計に際して以下を目標としました。

- ① コンサートホールのどの席でも豊かな響きが得られること。
- ② ステージ演奏による密度の高い直接音と音楽的に効果的な反射音を得られること。
- ③ 演奏者と聴衆との間で、顔の表情が読み取れて聴衆どうしの視覚的コミュニケーションが確保でき、親密感が保てる大きさのホールとすること。

- ④ クラシックから現代曲を含む演奏に対して適切な残響時間が得られること（満席時一・九五秒）。
- ⑤ 豊かで暖かみのある中低域を確保し、インテリアのテクスチャーもこうした雰囲気を得られること。

このホールの平面形はシューボックス型（長方形平面）ですが、天井形状は変形ピラミッドのユニークなものです。前記⑤を実現するために内装材は壁、天井（ヨーロッパアンオーク材）および床（ナラ材）とも純木質とし、ホール椅子についても木質部を多用することで良質なホール音響の確保を目指しました。

つまり、ホール全体を「巨大な弦楽器」としてとらえ、ホール内壁も緩やかな板振動をさせることや、細

主観評価領域		数値式評価
A ⁺	秀	90~100
A	優~秀	80~89
B ⁺	優	70~79
B	良	60~69
C	可	50~59
	不可	50未満

Baranek 方式による東京オペラシティコンサートホールの評価

評価尺度	基本検討案の評点				実施設計改善案の評点		
	満点	メインフロア	第1バルコニー	メインフロア	第1・2バルコニー		
親密感	0~20ms	40	40	40	0~20ms	40	40
残響感	2.1sec	15	14	14	1.85sec	14	14
暖かさ	1.025	15	8	8	1.12	13	13
直接音の大きさ	59.6feet	10	10	7+4	59.6feet	10	9
残響音の大きさ	3.3	6	5.5	5.5	3.5	5.5	5.5
拡散	いくらか	4	2	2	十分	4	4
バランス, ブレンド	Fair	6	4	4	Fair-Good	5	5
アンサンブル	中間	4	2	2	中間~楽	3	3
その他	なし	—	0	0	なし	0	0
合計点			85.5	86.5		94.5	93.5
主観評価領域			A	A		A ⁺	A ⁺

やかな「ひだ」による「豊かで暖かな響きのあるホール」を目指したのです。しかし、問題はホールの内装制限規定によって不燃材に限定されるという点でした。私どもは膨大な検討を行って安全性を確認し、「建設大臣による三十八条認可」を得て純木質系のホールを実現しました。

上の表は Baranek 方式によるホール評価です。同氏の評価尺度による「暖かさ」（二二五〜二五〇ヘルツの残響時間の平均値に対する中音域の残響時間の比）や「拡散」などの項目で、木質系内装材と天井、バルコニーの「ひだ」や「フィン」は大きく貢献しています。

このホールは、その規模や形状からいって中規模オーケストラ、室内楽、声楽などの演奏に最適で、ヨー・ヨー・マが「チェロ演奏には世界で最もよいホールだ」と語ったということから「巨大な弦楽器」のコンセプトは報われたと思つていきます。

(林 雄嗣)

仏像に使われた木

日本では縄文時代以来、豊かな森林資源を背景として木材が体系的に利用されてきました。したがって、仏像がつくられるようになる飛鳥時代には木材に関して高度な知識が蓄積されていたはずで、寺院に安置して信仰の対象とする木彫像の用材は細心に選ばれたことでしょう。日本の木彫像の樹種は四〇年ほど前に本格的に調査され、七世紀の飛鳥時代にはクスノキ、八世紀の奈良時代以降はヒノキが主に使われていると報告され、それをもとに奈良時代以降はヒノキの時代であると提唱されてきました。しかしこの説のうち、奈良時代以降の木彫像の樹種に関しては、それ以降、美術史の方面から疑問が提起され、文献史料をもとにしてさまざまな議論がたたかわされてきました。そうした状況から古代の木彫像の樹種を再調査することが求められるようになり、東京国立博物館が中心となって再び調査を行いました。

かつての調査では木彫像そのものから大きな木片を採取していたようですが、現在ではこれらの木彫像は国宝や重要文化財に相当し、世界にもほとんど類例のないものなので、像から樹種同定のためのサンプルを採取することは許されません。そこで今回は、像の内刳りや割れ、ほぞ穴、ウロなどに見られる、針先のような剝離片をサンプルとして調査することとなりました。

今回、再調査したのはいずれも八世紀の代表的な木彫像で、唐招提寺のものが六体、大安寺のものが九体、

神護寺のものが一体、元興寺のものが一体です。以前の報告では、カヤとされる一体と未調査の四体を除いてこれらの木彫像はヒノキと報告されてきました。しかし、あらためて調べてみるとすべてカヤでつくられていることがわかりました。まだ調査例は少ないのですが、これまでの通説とはまったく異なった結果になりました。かつての調査結果になぜこのような誤りが生じたのかは不思議ですが、どうしてもサンプルが取れないものは目視によって樹種を判断したのではないかと思われまます。

カヤは、日本の宮城県から屋久島にかけて、および朝鮮半島南部に生育する常緑の針葉樹で、大きなものは樹高二五^尺、直径二^尺に達します。カヤは一般に純林をなすことはなく暖温帯林中に散在して生育しています。木材はやや重硬で狂いにくく、強度は中庸ですが弾力に富んでいます。そのため、切削などの加工が容易で保存性が高く、ご存じのように碁盤や将棋盤に使われます。古代には、平城京や藤原京の建築材として、周辺に多数生育していたと思われるヒノキやコウヤマキなどの針葉樹材が多数使われていました。しかし、これらのなかにカヤは見いだされません。したがって、今回調べた古代の代表的な木彫像にカヤが限定的に利用されていたことは、仏師が樹種を厳密に選択していたことを示しているといえるでしょう。

カヤの仲間には、中国にも高木となるものが二種あります。木材の組織では種までは識別できないので、今回の調査では現在の樹種の分布などをもとにカヤに当てました。しかし完成した仏像が中国からもたらされた可能性もありますので、今後は遺伝子を用いた種の確定も行いたいと考えています。

(能城修一)

出雲大社をつくった巨木

出雲大社の主神は、出雲の国をつくった大国主命ですが、天照大神の命令によってそのお孫さんに国譲りをされました。そのときに、天照大神が大国主命のために大きな柱と厚い板で巨大な神殿を建造したと、「古事記」や「日本書紀」に書かれており、これが出雲大社の起源だといわれています。現在では縁結びの神様として全国各地から大勢の方が参拝にこられます。また陰暦の一月には日本中の神様が出雲大社に集まって会議を開くために、この月のことを一般に神無月（かんなづき）と呼びますが、当地では神在月（かみありづき）と呼んでいます。

建物の形式は大社造りといわれる最も古い神社建築様式です。現在の本殿は一七四四年に建てられ、その大きさは一辺が三六尺（一〇・九尺）の正方形で、九本の柱によって建物が支えられており、その直径は東面と西面の六本の側柱が七三寸、前面と背面の中央の柱（宇豆柱）が八五寸、本殿中央の柱（心の御柱）が一〇九寸あります。現在の建物になる以前にも何回か建て替えられているのですが、その高さについては最大三三丈（九六尺）説から一六丈（四八尺）説、八丈（二四尺）説までいろいろあり、はっきりしたことはわかっていません。しかし、平安時代に全国の建物の高さを比較した「雲太、和二、京三」という言葉が残されています。これは建物の高さを兄弟に例えたもので、「出雲太郎、大和二郎、京三郎」となり、それぞ



出雲大社をつくった巨大な柱

れ出雲大社の神殿、大和国東大寺大仏殿、京都大極殿を指します。当時、東大寺の大仏殿の高さは一五丈あったといわれていますから、出雲大社の建物の高さはそれ以上あったのではないかと考えられます。木造で三三丈の建物を建てることは現実的ではないにしても、一六丈なら可能性があるのではないかという意見が現在のところ有力になってきています。

この一六丈説を裏づける、平安時代の本殿を構成していたと考えられる巨木の柱が平成一二年四月に出雲大社の境内から発掘されました。これは、掘立て柱の地下に埋まっていた部分が地下水で酸欠状態を保ち、腐らずに残っていたもので、径が約一・三メートルのスギ材が三本隣接した状態で出現しました。この三本の柱がどのようなようにして固定されていたかについては今のところはつきりわかりません。しかし、本居宣長が書いたといわれる「金輪造営図」によると、三本の丸柱を鉄製の輪で締めつけて一本にしており、古代の出雲大社の場合もこのような方法で三本の丸柱をまとめて巨大な径の柱をつくり、また高さ方向にも接合して、高層の神殿に組み上げたのではないかと思われます。

(木下敏幸)

旧丸ビルを支えた木材

一九九九年五月、東京都丸の内の旧丸ビル解体工事現場で、基礎杭に使われていた丸太の引き抜き試験が行われました。引き抜かれた丸太を見た見学者たちは、長い間地中にあったにもかかわらず、丸太があまり傷んでいないことを目の当たりにして、感嘆の声を上げたそうです。

一九二三年に竣工した旧丸ビルは、「経済的合理性を追求したアメリカ式オフィスビルの代表作」と評価され、日本の建築史にその名を残すビルであると同時に、一九九七年に解体されるまでの間、東京駅前の「顔」として親しまれてきました。そして、このビルの足元を支えるために、総本数五、四四三本のベイマツ丸太が基礎杭として使われました。今回行われた引き抜き試験では、このうちの一部が調査のために引き抜かれました。マツ杭は、地下水位面以下で使うとき、腐朽の進行は極めて遅いと一般的にいられます。今回引き抜かれた丸太を調べてみると、全く傷んでいなかったというわけではなく、辺材の一部が軟腐朽していることが、観察やいろいろな実験で明らかになりました。ところが、測定したすべての丸太の心材は、現在流通している丸太と比べても、ほとんど遜色のない状態でした。さらに、地中にあった状態のベイマツ丸太が、どのくらいの圧縮力に耐えられるかを測定（写真）したところ、心材の占める割合が大きい丸太ほど、大きな圧縮力に耐えうることがわかりました。



丸太の圧縮力測定（協力：長野県林業総合センター）

ところで、一九九九年九月、愛媛県津島町の公園で木造トラス橋の落下事故が発生しました。幸い、人命にかかわる惨事には至らなかったのですが、関係者の間には、衝撃的事実として伝わりました。それは、この橋に使われていた木材が、耐久性が非常に高いといわれているアフリカ産のボンゴシ（英語名はエツキ）であったにもかかわらず、竣工してから一〇年で落下事故が起きたからです。落下の原因は、接合部分の木材に思いも寄らない腐朽が発生してしまっただけからです。

このように、木材は、使い方次第で長い時間使うことができる一方、思ったより短い時間で使用不能になることがあるのも事実です。これは単に木材の質の良し悪しだけで決まるのではなく、木材に対する正しい知識と上手な使い方にもよるからです。

ある時期、東京都心部で地下水位が下がり、マツ杭を使った建物が不同沈下を起こしました。しかし、旧丸ビルの場合、解体する際に実施した調査では、大きな不具合は見つかりませんでした。旧丸ビルの基礎杭に使われたベイマツ丸太は、ビルを支えるという役目を無事果たし終えた後、今度は私たちにこれからも上手に木材を使っていけるようにするための貴重な情報を与えてくれたようです。

（加藤英雄）

IV

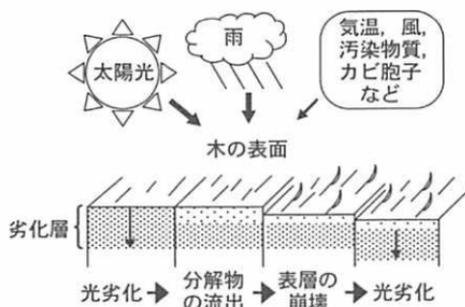
木に親しむ

木の風化

木の持つ美しい木理や柔らかな感触は、他の材料では得がたいものです。それゆえ、屋外でも木を使いたいという要望は増え続けています。ところが木にとっては、屋外というのはとても厳しい環境です。屋外にさらされた木はやがて変色し、表面には割れや汚れが目立ってきます。特に、塗装などの保護処理を怠ると木の美しさはすぐに失われてしまいます。このような劣化を引き起こす要因は、太陽光、雨、風、気温、カビなどの微生物、大気中の汚染物質などですが（図）、特に影響が大きいのは太陽光と雨です。

太陽光にはさまざまな波長、つまりエネルギーの異なる光が含まれています。なかでも紫外線のエネルギーは強烈で、木の成分の化学結合を切ってしまうほどです。木の成分のうち、特に光に敏感なのはリグニンと抽出成分ですが、これらの成分が、紫外線さらには可視光線の一部を吸収して分解、変性する過程で、木の色が変わるのです。光による色の変わり方は、樹種や心材か辺材かによって異なります。一般に、多くの樹種の辺材やヒノキ、マツなど淡色の材では色が濃くなる（黄変）のに対し、抽出成分を多く含む心材や濃色の材では色が淡くなる傾向があります。

このように太陽光の影響は甚大ですが、その影響の及ぶ範囲は木の表面に限られます。例えば、針葉樹材の柾目や板目に光を当てると成分が激しく劣化するのとは、表面から〇・二ミリの程度の深さまでです。その下に



は、成分が若干変化している層があり、両者を合わせた劣化層の厚さについては、薄い場合で約〇・四ミ、厚い場合には約二・五ミなどの値が報告されています。つまり、表面の劣化層を削り取れば、無傷の部分が見れることとなります。

光劣化した木材は、次に雨水による侵食を受けます。紫外線によって分解され、水に溶けやすくなった成分が流れ去ってしまうのです。そして、支えを失った木の繊維（細胞壁）が表面からはがれると、紫外線は以前よりも深く侵入して光劣化を引き起こします（図）。この繰り返しにより木の表面は少しずつ侵食され、針葉樹の場合、一〇〇年間で六ミ程度の厚さが失われます。なお、劣化した表面には割れや落ち込みが生じやすいため、そこではもっと深くまでの侵食が早く起こります。また、同じ木の表面でも、密度の低い早材は晩材よりも先に劣化して侵食されるため、やがて年輪ごとに早材の部分が目やせし、洗濯板のような表面となります。

このようにして木が風化する間に、変色の原因となっていた成分も分解して流れ去ってしまうため、最終的にはどの樹種でも色あせて暗い灰色になります。着色成分を失った木の表面は白っぽくなるはずなのですが、屋外ではカビや汚れが付着するため、暗い灰色に見えるのです。（片岡 厚）

木の成分と心材の色

木材の色調は、商品価値に大きな影響を及ぼします。ウダイカンバは木材市場において、心材部が大きく材色が濃く美しいマカバと心材部が小さく材色の淡いメジロカバに区分されますが、マカバはメジロカバの約三倍の高値で取引され、高級家具材として使われています。スギの心材は通常淡赤色から赤褐色をしており、赤心と呼ばれますが、品種や生育環境によって黒心と呼ばれる黒褐色の心材が発生することがあり、価格を大きく下げています。

辺材はどのような樹種でも薄茶色をしています。心材は樹種に特有の色を持っています。木材成分のなかではリグニンと抽出成分が材色の基になっていると考えられますが、抽出成分はリグニンとは異なり樹種によって量的にも質的にも異なっており、辺材よりも心材に多く含まれています。したがって、抽出成分の違いが材色を左右しているといえます。

マカバとメジロカバの心材成分を比べてみると、組成はほとんど同じなのですが、マカバのほうが多くの抽出成分を含んでいることがわかりました。つまり、ウダイカンバの材色の違いは心材化の際に合成される成分の量的な違いによると考えられます。一方、スギの場合同じ品種で比べると、抽出成分の量については赤心と黒心であまり差がありません。しかし、赤心にはセクイリン・Cなどのフェノール類が多く含まれて

いるのに対して、黒心ではこれらが少なく比較的高分子のフェノール類が多いのです。つまり、赤心では着色前駆物質であるフェノール類がそのまま存在するのに対して、黒心ではそれらが何らかの原因で変質し暗色の高分子となっているのです。その原因としては、アルカリ、菌の侵入による酵素の影響などが挙げられます。したがって、スギの黒心と赤心の違いはウダイカンバの場合とは異なり、心材化の際に合成される成分の量的および質的な違いではなく、その後の変質によるものと思われれます。

セキイリンCのような心材に含まれる着色前駆物質は、木材を利用する際には変色や汚染の原因物質ともなります。一般に木材が光、酵素、熱などによって色が変わることを変色と呼び、金属イオン、酸、アルカリなどによって局部的に色が変わることを汚染と呼んでいます。セキイリンCのようなカテコール核を持つフェノール類を多く含む材は、鉄製品との接触面で錯塩をつくり、灰色〜黒色の汚染を起こすことがあります。フェノール類は変色や汚染の原因物質となることが多いのですが、逆にこれらが少ないために変色しやすいくともあります。梅雨期には丸太や製材の辺材部が木材変色菌である青変菌によって青黒く変色することがありますが、これは辺材にフェノール類の少ないブナのような樹種に起こりやすいのです。フェノール類は一般に抗菌性がありますから、これが少ないものは木材変色菌に対する抵抗性が弱いためにはないかと考えられます。

木材を美しく正しく利用するためには、その成分をしっかりと調べておくことが必要です。 (加藤 厚)

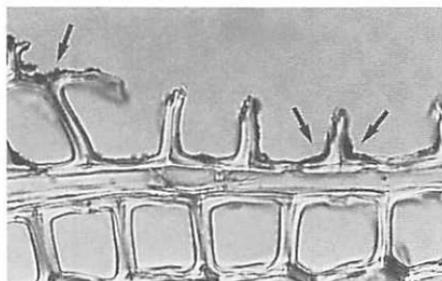
汚れたらお手上げ？

木材は容易に汚れ、付着した汚れは簡単には落とせません。写真は汚染試験によって木材表面に付着したカーボンブラックです。木材の汚れといっても、固体から液体まで、また有機質から無機質までさまざまです。汚れは、土ぼこりなどが木材の表面に軽くのつている場合もあれば、油污れなどが細胞壁と一体になり硬く付着している場合もあり、さらにしみや木綿の黄ばみのように細胞壁の内部にまでしみ込んでいる場合もあります。このような付着の状態は木材表面の化学的性質や物理的性質によっても大きく変化します。

一般に、汚れ物質の付着メカニズムとして、汚れ物質の物理的な貯蔵、ファンデルワールス力による吸着、静電引力による吸着、水の表面張力、毛管現象による固定、生物的な汚染などが考えられています。

屋外建造物の汚れとして、最近特に問題にされているのが工場や自動車から排出される油煙、排煙、窒素酸化物、亜硫酸ガス、さらにアスファルトなどのカーボンを主体とした油状の疎水性の有機物による汚れです。汚れ物質は風と降雨によって運ばれ、建造物に付着して汚れとなります。

住まいの汚れも多種多様で複雑です。例えばリビングでは、土ぼこりのほかに、髪の毛やペットの毛、綿ぼこりも多く、タバコのヤニも無視できません。柱や梁はりに手の形をした汚れを見かけることがあります。それは新しい柱や梁に触ったため付着した手の油成分に、汚れが付着した結果です。また、ドアや家具の取っ



カーボンブラックが付着したスギ材表面

手など、手が触れるところは汚れが目立ちます。タバコの煙によって黄色化した家具類も見かけます。さらに、カビ汚れなどの生物汚染もよく目にします。

それでは、木材に付着した汚れはどのようにして洗浄されているのでしょうか。白木についた汚れは、材内部に侵入してしまわないように乾いたきれいな布を使って乾拭きし、それでも取れない襖や障子、ドアの取っ手などの汚れは、弱アルカリ洗剤や塩素系洗剤に浸した雑巾で拭いたり、消しゴムを使ったりといった工夫をされている家庭が多いと思います。しかし、完全には汚れは落ちず、洗浄は容易ではありません。

一方、住まいで使われている木質ボードの多くは、塗膜などによってコーティングされ平滑な表面に仕上げられていることから、表面に軽く付着した汚れであれば比較的容易に落とすことができます。しかし、この場合も木材に固着している汚れは簡単には取れません。

神社仏閣に使われている木材や建築古材などの汚れは、弱アルカリ水や過酸化水素水を使って、物理的に擦り出すという作業が行われています。これでは汚れは落ちても木材表面の劣化は免れません。

このように、いったん汚れの付着した木材を元の状態に戻すことはとても困難です。

(松井宏昭)

木が燃えると……

人類が最初に知った「火」は火山の噴火、森林火災、天然アスファルト（石油）の火でしょうか。そのうちに「木は燃える」から「木は燃やせる」という知恵を得て、冬の寒さから、動物や病気から身を守り、多様な料理方法によって生活を安定させてきました。数万年前から現在に至るまで、燃えることを利用した生活の基本は全く変化がありません。

森林火災の原因は落雷が多いのですが、過失によっても多くの火災が発生します。人里離れた火災は消火が困難で、大火災に進展し、地上の動植物は消滅し、大量に発生した煙は成層圏にまで達して太陽光を遮るなど、広範囲な地域や地球環境に直接影響します。一九九七年の春から夏にかけて起きたインドネシアの森林火災はシンガポール、マレーシア、タイなど諸国に煙霧（ヘイズ）を拡大し、健康および生活、自然環境へ深刻な害を及ぼし、経済活動の停滞を起しました。

落雷によって樹木に着火し、森林火災へと拡大するのは、どうしてでしょうか？ 落雷で高熱が発生し、枯草や落葉に着火すると大きな炎となります。炎は大きな熱の塊ですから、樹木の生葉を短時間で乾燥させ着火させます。葉の中に油成分も含まれていると燃えやすくなり、炎もいつそう大きくなり、樹木の葉、小枝全体に燃え広がります。これらが次々に隣の樹木や地上の草に燃え移り、大きな山火事になります。

木材は、生きているときは一〇〇%以上の水分を含み、枯れて乾燥すれば一〇%程度になります。水分を多く含んだ木は周囲の熱によって、時間は長くなりますが乾燥し、やがて着火します。木の種類、水分量、大きさや太さによって燃え方が異なることは経験しています。キャンプでは紙や乾燥した小枝を最初に燃やし、徐々に大きい木材を燃やします。また、生木が燃え始めると手元の切り口から蒸気や泡が出ることを経験します。これは熱によって木材内部の空気や水分が膨張し、水蒸気となって木材内部の空隙から発生するのです。そして次第に乾燥します。

このように着火までの時間に長短はありますが、木材は乾燥すると燃え始めます。着火までの時間は、水分の多い材、重い（密度の大きい）材、寸法の大きい材ほど時間がかかります。

木材の主な構成元素は炭素、水素、酸素で、これらがいろいろに組み合わせられていろいろな成分をつくり組織となり木材の形をつくっています。これらは一〇〇°C以上の熱で小さい成分に分解します。その中に可燃性の成分（水素、メタンガス、アルコールなど）も含まれていて、これらが揮発しながら空気の酸素と混合して外部の熱で燃えあがります（着火）。さらに、この炎から多くの熱が放射し、木材自身も再び熱分解を繰り返して燃え続けるのです。

また、煙の焦げくさいにおいがしたり目にしみたりする原因は、煙の中におい成分や刺激成分を含むためです。木炭は製造中に揮発成分がなくなるために、においもなく炎もない燃焼を行います。（上杉三郎）

木はどうしたら腐らない？

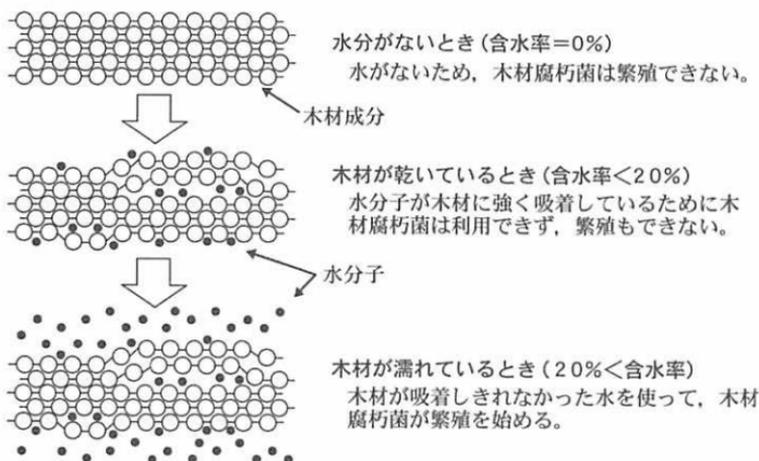
朽ちていく木を皆さんも目にしたことがあると思います。これは木材腐朽菌と呼ばれる一群の微生物が木材の細胞壁を分解するために起こる現象です。腐った木は見た目が悪く、強度も低下するため場合によっては危険なことです。では、木を腐らせないためにはどうすればよいのでしょうか？

腐らなかった木の例として丸ビルの基礎丸太が挙げられます。なぜそのベイマツ丸太は八〇年にわたって腐ることなく丸ビルを支え続けることができたのでしょうか。その答えは使用環境にありました。その木は地下深く埋められていたため、腐朽菌が必要とする酸素が十分供給されず菌が繁殖できなかったのです。丸ビル基礎杭の例は、腐りやすい木材でも環境次第で十分に長持ちすることを端的に示しています。

もう一つ長持ちしている木材の例をお見せしましょう。それは皆さんの周りにある家具です。腐った家具を見かけたことがありますか。おそらくないと思います。なぜなら「乾いた木は腐らない」からです。

ではウッドデッキなど外構部材の場合はどうでしょうか。この場合も基本的な考え方は同じです。「乾いた木は腐らない」。この点に留意すれば若干の工夫と努力とで部材の寿命を大幅に伸ばすことができます。

まず工夫ですが、雨がかりにくく水が溜まりにくい構造や雨仕舞いを工夫する必要があります。地面から水分が供給されないよう、木材を地面から離しておくことも重要です。



木材成分に吸着していない水(自由水)があると腐朽が始まる

次に、努力です。木材を屋外で使うかぎり水がかかるのを防ぐことはできません。そこで、かかった水が木材に侵入するのを防がなくてはなりません。これには撥水性のある塗料やワックス、オイルなどが有効です。ただ、残念なことにこれらの処理は永続的なものではありません。程度の差はあれ再処理を必要とします。また、使用中に生じたクラックなどをこまめに速やかに修繕することも必要です。では「メンテナンスフリーでなければ楽しめない」という方はどうすればよいのでしょうか。そのような方には高耐朽樹種を使う、防腐処理木材を使用するという二つの道が残されています。これらの木材は菌の生育を妨げる性質を持っているため、たとえ水に濡れた状態でも菌が繁殖しにくいのです。もちろん、これらの木材を使用した場合も、先に述べた工夫と努力とによって腐朽をさらに遅らせることができるのはいうまでもありません。

(桃原郁夫)

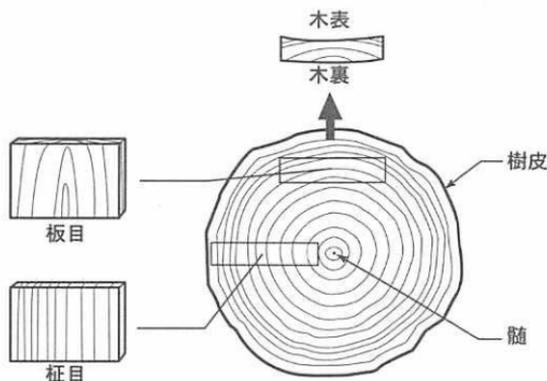
表も裏もある話

世の中に表と裏がある物はたくさんありますが、木材にも表と裏があるのをご存じでしょうか。図に示すように、丸太から木材を切り出すとき、鋸の入れ方によって木目は柃目や板目になります。木材の場合には特に板目に木取ったときの、樹皮に近い面を木表、髓に近い面を木裏といいます。

それでは、木表と木裏とではどのような違いがあり、木材を使う場合、表と裏を区別することにどのような意味があるのでしょうか。木表と木裏を比較すると、木表は木目の先がやや丸みを帯びて材の中に食い込んでいるように見え、色合いが濃く光沢があるのに対し、木裏は木目の先がとがってはがれるような形に見え、色合いが淡く光沢がありません。また、木材は乾燥した場合、年輪となつて見える密度の大きい部分とそれ以外の密度の小さい部分の収縮率が違うため、木表側に凹状に反ります。

ところで、こうした木材の特性を読み、反対にその特性をうまく利用した木材の使われ方は、私たちの身の回りで随所に見ることが出来ます。我が国では、豊富な森林資源、多発する地震、高温多湿な気候風土を背景に、古来木造建築が発達してきましたが、その過程で、大工が実際に木目を見ながら加工したり、乾燥後の狂いを予測して木を組み合わせるといった木材利用の仕方が工夫されてきました。

例えば、和室の造作を例にとつてみると、年月が経つにつれて建てつけが悪くならないように、乾燥後は



木取りと木表・木裏の関係

木表側に凹状に反ることを予測して、鴨居は木表を下向きに、敷居は木表を上向きにして使います。木表のほうが化粧性に優れているので、天井板は木表を下向きに、床板は木表を上向きにして使いますが、床板の場合には化粧性のほかに、木裏は木目が立つて歩きにくくなるという理由があります。

大工だけではありません。木材を扱う職人はみな、木材の特性をつかんで物をつくる技術を持っています。能舞台の床板は、乾燥して反ることにより音響効果がよくなったり、木目が立つたために滑りにくくなるなどの理由から、一般の住宅の床板とは反対に木裏を上向きに使います。家具の天板は化粧性の点から木表を上向きに使いますが、その場合には端喰はしぼみという天板の反りを押さえるための工夫を施したりします。

最近では、住宅の高気密・高断熱化により、木材に対し寸法精度などで工業製品なみの品質が要求される傾向がありますが、木表と木裏で性状が違ったり、乾燥により縮んだり反ったりするのは、生き物である木材だからこそ持っている特性です。その特性を活かした昔ながらの使い方こそ木材にやさしい使い方といえるのではないのでしょうか。

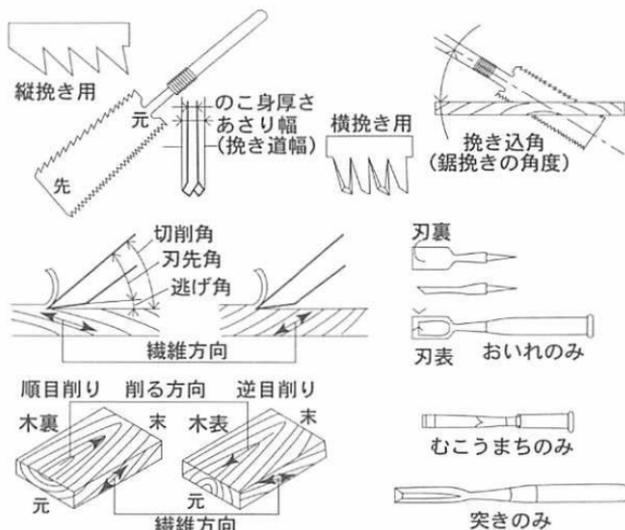
(伊神裕司)

木材を切る

木材を生活の場で使うとすれば、切り出されたままの丸太や製材されたままの板や柱がそのまま使えることはまれです。自分の欲しい寸法あるいは二つ以上の部材を結合するためには自分で切るしかありません。ここでは、木材を切るために必要な最小限のことについて説明します。

木材は繊維の方向に対する向きによって物理的・機械的性質が異なり、繊維方向に対してどの方向に切るかによって、切りやすさや切った面の美しさが変わってきます。

まず、繊維方向に切る縦挽き用（長手挽きも含む）と、繊維方向に対して横または斜めの方向に切る横挽き用を備えた両刃鋸を用意します。縦挽きの歯は繊維をすくって削るのみのような形をしており、横挽きの歯は繊維を一本一本切断するように切れ刃が側面についた小刀のような形をしています。正確に真つすぐ切断するには一気に切らず、まず親指の爪や当て板を案内にして正確に挽き溝をつけることが重要です。挽き溝は横挽き用鋸の根元を使います。鋸は鋸身と木材との摩擦を少なくしたり、鋸屑を出しやすくしたりして楽に切れるように歯先を鋸身の両側に交互に振り分けています。これをあさりといいます。これにより挽き道幅は鋸身厚さより大きくなっています。切り取る場合この挽き道幅を考える必要があります。鋸の歯先を結んだ線を歯先線といい、歯先線と材表面のなす角を挽き込角といいます。挽き込角は、硬い材や厚い材は



三〇度から四五度とやや大きめに、柔らかい材や薄い材は一五度から三〇度と小さめにします。鋸がスムーズに自然に挽ける角度にします。次は、ほぞ穴加工などのための玄能げんろうでたたいて使うたたきのみと、手で突

いて使う突きのみをそろえます。たたきのみには、浅い穴を開けたり欠き取りをしたりするおいれのみと、深い穴を掘るむこうまちのみがあります。突きのみは仕上げに使います。のみは常に仕上げ面側に刃裏がくるようにします。これでほぼ事足りません。

欲をいえば、表面仕上げ用のかんなをそろえます。かなで削るときは繊維の方向に注意します。板の表面の本表側（樹皮側）を削るときは末（梢）から元（根元）の方向に、木裏側（髓側）は逆方向に初めから終わりまで繊維に沿って平行に真っ直ぐ削ります。できるだけ順目削りとし、逆目削りは避けます。木口を削るときは削り終わりが割れやすいので終わりを少し残し、反対側から削ります。

（木村志郎）

木材を穿つ

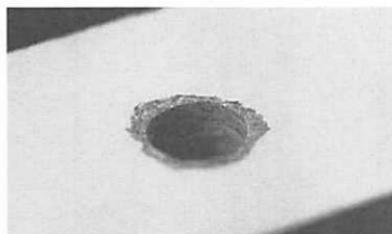
穿つとは、材料に突き抜ける穴をあけることをいいます。この貫通穴あけ加工は、木製品の生産工場において部品加工の一つとして見る事ができますが、加工精度の一つとして、材料裏面の穴周辺をきれいに加工することも大切になります。材料裏面に捨て板を敷いて、貫通穴をあたかも非貫通穴のようにして共加工を行うと、材料裏面の穴周辺をきれいに加工できますが、捨て板を使用しないで貫通穴あけ加工を木工鋸で行うと、特にコート紙張りパーティクルボードでは穴周辺が穴全体を覆うように花卉状に大きく盛り上がり、低圧メラミン樹脂含浸紙張りパーティクルボードでは穴周辺がはがれ落ちます。

このような「バリ」の生成は、美観上からも製品の組み立て上からも好ましくありません。バリ対策としての捨て板の使用は経済的ではないし、現今の厳しい資源状況からも今後は控える方向が望ましいので、捨て板を使用しないバリの抑制技術の確立は重要な課題と考えられます。

穴あけ加工は、通常ボール盤を用いて、工具を一定の回転数で回転させながら一定の速度で昇降させることよって行われます。この昇降速度（送り速度）を回転数で除した値を一回転当たり送り量といいますが、この値が小さいほど、バリが小さくなる事が確かめられています。この結果を利用してバ리를抑制することを考えると、可能なかぎり小さい一回転当たり送り量で加工すればよいこととなります。このことは昇降



コート紙張りパーティクルボードのバリ



低圧メラミン樹脂含浸紙張りパーティクルボードのバリ

速度を遅くすることを意味するので、例えば、一回転当たり送り量を $\bigcirc \cdot 2$ から $\bigcirc \cdot \bigcirc 1$ に小さくして加工すると、一個の穴あけに要する加工時間は二〇倍長くなります。バリを抑制することができても、このように加工時間を大幅に延長させることは、抑制方法として望ましいとはいえないでしょう。

そこで、工具が材料に進入して抜け出る手前で、抜け際の一回転当たり送り量を前記のように可能な限り小さい値に設定し、その深さをわずかにして加工するとどうなるでしょうか。その分、確かに加工時間は延長しますが、穴あけが終わって工具が上昇するときの一回転当たり送り量を進入際の一回転当たり送り量よりもかなり大きくすると、一個の穴あけに要する加工時間を逆に短縮させることも可能になります。この

ような考え方によるバリの大幅な抑制は、工具の送り用モータにコンピュータ制御によって駆動可能なACサーボモータを採用し、工具の下降時の進入際と抜け際の一回転当たり送り量とその変量位置、上昇時の一回転当たり送り量をそれぞれ設定できるようにし、その条件で加工することによって可能になります。このような生産工場用の本格的なバリ抑制マシンの出現が待たれます。

(番匠谷 薫)

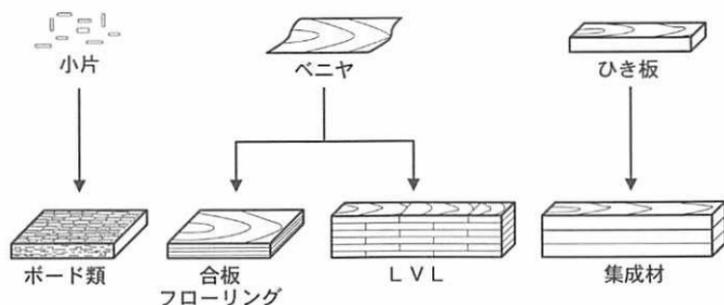
はがれない合板

木は地球上に無尽蔵にあるわけではありません。大切な木を有効に利用するために、接着という技術を用いて、小さな木から必要な大きさの材料がつくられています。接着剤を用いて小さな木を再結合したものは木質材料と呼ばれ、主なものには、合板、集成材、パーティクルボードなどがあります。

木質材料の製造に用いられる接着剤は、木質材料の耐水性や耐久性の決め手になります。町で、はがれてしまった合板を見かけることがよくあります。一般の人は「合板ははがれてあたりまえ」とあきらめているのかも知れませんが、水に濡れても長期間はがれない合板もあります。フェノール樹脂という接着剤を用いた合板は、屋外で使っても一五年ぐらいははがれないことがわかっています。ただし、一五年も屋外にさらされていると木材自体が風化して、表面の木材（単板）がなくなってしまう。

ホームセンターなどでは、コンパネ、構造用合板、完全耐水性合板、ゼロホルマリン合板、OSB合板などの名称の木質材料が売られていることがあります。

コンパネは、コンクリート型枠用合板が正式な名称で、主にメラミン・ユリア接着剤が使われています。この接着剤による合板は、室内で使われる場合ははがれる心配はありませんが、犬小屋などのように屋外で使われる場合は、三年から五年ではがれてしまいます。構造用合板にはフェノール接着剤も使われています。



接着剤を用いてつくられる木質材料の種類

が、ホームセンターにあるものはほとんどがメラミン・ユリア接着剤です。完全耐水性合板というのも、メラミン・ユリア接着剤が使われている場合がほとんどで、完全に耐水性があるわけではありません。

ゼロホルマリンという言葉も正確な表現ではなく、ホルムアルデヒド放散が非常に少ないという意味で使われているようです。ゼロホルマリン合板のなかには、フェノール接着剤が使われているものがあるので、それなら屋外で使っても長期間はがれる心配はありません。しかし、フェノール接着剤の合板を確実に入手するためには、日本合板工業組合連合会などに「フェノール樹脂接着剤を用いた構造用特類合板をください」と直接注文する必要があります。

OSB（オリエンテッド・ストランドボード）とは木材小片を結合したパーティクルボードの一種ですが、ストランドと呼ばれる細長い木材小片を一定方向に配向させて、強度的性質を改良したものです。OSB合板とはホームセンターで使われている名称で、合板と同じように使えるボード材料という気持ちで込められているといえるでしょう。

（井上明生）

コンピュータと大工さんの新しい関係

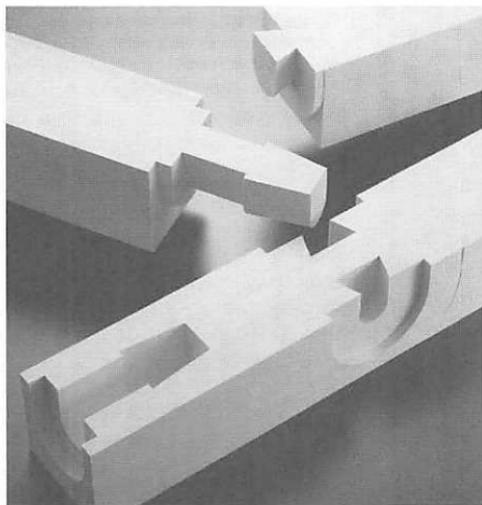
皆さんは子供のころ、木造住宅（特に、在来軸組住宅）の建築現場へ行ったことがありますか。そこでは大工さんが角材や板材をさまざまな形に加工し、つなげたり組んだりしながら、家の形に組み上げていました。刻々と家の形ができていく様子を眺めたり、木っ端をもらって遊んだり、楽しい場所でした。

ところが最近、その様子が変わってきたのにお気づきでしょうか。大工さんの人数、木っ端の量が少なくなりました。また、家のできるスピードも速くなったと思いませんか。

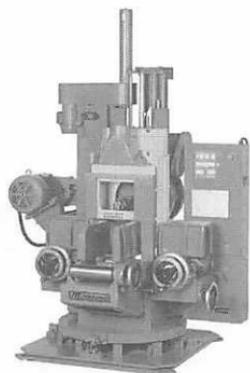
在来軸組工法では従来、大工さんが現場で、手道具や電動工具、木工機などを用いて木材の加工を行っていました。しかし現在では、熟練大工さんが不足しており、また、工期の短縮化などを図るために、専用の加工機械によってあらかじめ工場では木材を加工し、それを現場に搬入する場合が増加しています。木造建築に用いられるこれらの、あらかじめ機械により加工された材料を「プレカット材」と呼びます。

大工さんは、木をつなげるためのさまざまな方法を編み出してきました。現在でも、多くのつなぎ方が伝承されています。現在普及しているプレカット材は、これらのうち、鎌かまや蟻ありの形式の加工を機械で行ったものが多いようです。回転する刃物で部材を加工するので、角がなく、丸みのできる点特徴です。

プレカット加工材ができるまでを見てみましょう。まず、コンピュータの画面上で部屋の間取りや配置の



プレカットによる継手と仕口
(提供：宮川工機株式会社)



仕口加工盤

絵を描きます。すると、それに合わせて木材の配置や継ぎ目の位置などが自動的に計算されます。継ぎ目については、角材の端を、例えばどのような鎌の形状にするかといった加工データが計算され、その家一軒分の柱や梁などの木材の加工データが蓄積されます。これらのデータは、木材を加工する工場へ光ファイバーで送られます。工場には加工用のロボットがいて、送られたデータに従って木材を加工します。家一軒分の部品が加工されると、現場へ送られます。

子供が将来なりたい職業の第一位に大工さんがランクされたそうです。大工さんの熟練した技術すべてをロボットが再現できるわけではありません。先人の知恵に学びながら、それらを現代の技術で再現する大工さんとロボットとの新しい関係が築かれる時代となりました。

(原田真樹)

環境とヒトにやさしい自然塗料

塗料は、塗膜になる主成分（樹脂や油脂）、塗膜をつくるのを補助する添加剤（硬化剤、乾燥剤、可塑剤、分散剤）、塗膜に色をつける着色剤（顔料、染料）、樹脂や油脂を溶かして薄く塗れるようにする溶剤、の四つの要素からできています。現在使われている塗料のほとんどは合成樹脂塗料です。石油からつくられたものが多く、環境や人の健康に負荷を与えるものがあります。

一九七〇年代の初めに環境や健康に配慮した塗料が必要であるという動きがドイツで起こり、天然原料を用いた塗料が開発されました。これが自然塗料と呼ばれる塗料であり、表に示したような原料が使われています。油脂は、エゴマや亜麻の種から搾った荳油や亜麻仁油など植物油、動物油を原料としたもので、これらに含まれる不飽和脂肪酸が酸化重合して薄い塗膜をつくります。樹脂は、マツの切り株や根などからとれるロジン、ラックカイガラムシの分泌液が固まったセラックなどで、塗膜に硬さを与えます。ワックスは、蜜蜂の巣から抽出した蜜ロウ、カルナバヤシの葉からとれるカルナバロウなどで、塗膜を汚れや水から守る働きをします。樹脂やワックスなどの固形物を溶かすための溶剤には、マツの根を蒸留してとれるテレピン油、オレンジの皮からとれるシトラールなどが使われます。土性顔料、鉱物顔料やアカネの根から抽出した染料など、天然原料の着色剤が使われます。抗菌、防虫、防カビなどの機能を持つホウ砂やローズマリー油

自然塗料の原材料

種 類	材 料
油 脂	荏油, 亜麻仁油, 麻実油, 大豆油, 桐油
樹 脂	こはく, コバル, ダンマルゴム, ロジン, セラック
ワックス	蜜ロウ, カルナバロウ, イボタロウ
溶 剤	エタノール, テレピン油, シトラール, ユーカリ油, イソパラフィン
顔 料	無機顔料, 珪藻土, 白亜
染 料	アカネ, インディゴ, クロロフィル
添加剤	レシチン, ホウ砂, オクチル酸塩, ローズマリー油
漆	漆
カシュー	カシュー
柿 渋	柿渋
カイゼン	ミルクカイゼン

油脂の乾燥を速めるオクチル酸塩などが添加剤に使われます。

このように自然塗料にはすべて天然物が使われているので、製造時や廃棄したときに環境への負荷が小さく、人にやさしいとされています。しかし、天然物のなかにもシトラールやユーカリ油などVOC（揮発性有機化合物）があり、これらは人によってはにおいが気になったり、

ときにはアレルギーや化学物質過敏症を起こしたりする場合もあります。

天然原料を使った塗料は我が国でも、荏油や桐油に顔料を加えたもの、柿渋にベンガラを混ぜたもの、漆など、古くから使われていました。しかし、合成樹脂塗料に比べていろいろな性能が劣っていたために、ほとんど使われなくなっていました。昔の塗料を見直し、改良したのが自然塗料です。しかし、合成樹脂塗料に匹敵するだけの性能を付与するまでには至っておらず、塗りにくい、乾きが遅い、耐久性が低くメンテナンスが必要であるなどいろいろな短所を持っています。

このような点を十分に考慮したうえで、自然塗料を使うことが大切です。

（大越 誠）

住みやすさを演出する屋内塗装

あるアンケート結果による住みやすい住宅の条件は、明るさ、清潔、暖かみ、便利さ、刺激が穏やか、安全性および機能が優れていることだそうです。住宅だけでなく一般建築物でも同じニーズが考えられますが、これらの住みやすい要因のうちの多くが塗装と深く関係しています。

塗装の目的は美観の向上、美観の維持および木材の保護で、特に内装には美観が重要視されます。人は木目を見るときなごみますが、なかには木目がボケてはつきりしない木材があります。これらにクリアー塗料を塗ると、塗料が浸透して濡れ色に変わり、木目が浮き立って美しくなります。逆に針葉樹の一部の仕上げや白木家具の塗装では、塗料による濡れ色を嫌うので、その場合は濡れ色にならない艶消しの変性アミノアルキド樹脂塗料またはアクリルラッカーを使用しています。住宅を清潔に保つには、汚れにくく、もし汚れても簡単にきれいにできることが重要です。木材は多孔質でそのうえ極性基をたくさん持っている（活性）ので汚れやすく、いったん汚れると落とすのに苦労します。塗装すると木材表面が不活性に変わり、汚れにくく、清掃が容易になります。また表面の塗膜は汚れが孔に入るのを防ぐ働きをしますから、塗装によって家を長く清潔に保つことができるので、忙しい主婦にとってありがたい塗料の働きです。

カビの汚染は不潔の代表です。カビの繁殖しやすい浴室、キッチン、トイレなどには、防カビ塗料を塗る



塗装によって室内を美しく清潔に

ことよって汚染を防ぐことができます。住宅の中で床や階段の踏板は最も傷がつきやすく、激しく摩耗しやすい部材です。これにポリウレタン樹脂塗料を塗ることよって傷を防ぐと、長い年月美しい姿で使うことができますようになります。着色は重要な塗装工程の一つで、建材を希望する色調に変え、刃材、心材の混じった源平材を均一な材色に直し、青変菌やカビによる汚染を隠す働きをします。木材は長く使っているうちに必ずやけて変色します。このやけを目立たなくすることも着色の一つの仕事なわけです。

建築物を設計するとき、ある樹種を選ぶと固有の木理や材色が決まってしまう。そのため室内デザインを考えて樹種を選定する場合、選択の幅が非常に狭められる欠点がありますが、着色によつてデザインにマッチした色調にすることで、選択の自由が拡大します。

感性的な暖かみは住みやすさの重要な因子であり、憩いの場である住宅は、刺激が穏やかなことが望まれます。刺激的な原色の使用を避け、赤系や黄系の着色によつて暖かい雰囲気をもし出すとともに、光線の反射を和らげる艶消し塗装によつて、憩いの場にふさわしい内装とすることができます。

(川村二郎)

エクステリアウッドの塗装

木材は、屋外ではすぐに変色するなど美観や性能が大きく低下してしまうので、多くの場合塗装が行われます。エクステリアウッドの塗装では、塗料中に防腐剤や防カビ剤、撥水剤などが含まれている木材保護塗料が適しています。保護塗料には、表面に塗膜をつくる造膜型と木材中に浸透する含浸型があります。またその中間として、薄い塗膜をつくりますが再塗装の際に重ね塗りが可能な半造膜型の塗料もあります。造膜型塗料は、塗膜の保護効果により比較的高い耐候性が期待できます。しかし、再塗装の際は残存する塗膜の除去が必要など、メンテナンスの手間やコストがかかります。含浸型塗料は、塗膜がないため塗装表面が劣化しやすいのですが、塗装が容易で再塗装の際には重ね塗りができるなどメンテナンスしやすいことから、エクステリア用塗料の主流となっています。

耐候性は塗料の塗布量に比例するので、刷毛で木材表面に刷り込むように塗るのがコツです。含浸型塗料の塗り替え時期は、表面の顔料が落ちてきて基材の木材が見え始めるころです。再塗装の際には、木材中への塗料の浸透量が初回と比べて大幅に増加するので、二回目以降のメンテナンスインターバルは初回の二倍程度に延びる場合が一般的です。例えば、三年後に再塗装した場合は、次回以降のメンテナンスは五〜六年程度に延びることが期待できます。

保護塗料は、透明系、木理は見えるが顔料により着色される半透明系、木理が隠れてしまう着色系に分けられます。耐候性は、紫外線の遮蔽効果が高い濃色のものほど優れています。透明系塗料は一年程度の耐候性しかないので、頻繁にメンテナンスできる場合以外は避けるべきでしょう。溶剤型の保護塗料は木材への浸透性が高くて塗りやすく、塗装後の仕上がりもいため含浸型塗料に多いタイプですが、溶剤臭が問題となつていきます。水性塗料は揮発成分が少ないので環境への負荷が小さいといえますが、仕上がりがプラスチック様になることや木材中への浸透が悪いので環境への負荷が小さいといえますが、仕上がりプラスチックの多くは、屋外用塗料としての性能が劣るため、早期のカビの発生や退色を覚悟しなければなりません。

屋外の劣化環境は厳しいので、残念ながらエクステリア木材の塗装にメンテナンスフリーはありません。そのため、塗料の選定に当たっては、塗装基材に期待する耐用年数とメンテナンス回数を考慮します。例えば、デッキを四〜五年後に再塗装し二〇年使用するのであれば、半透明系含浸型塗料か着色系含浸型塗料が適しているでしょう。

エクステリアウッドの塗装で最も重要なことは、乾燥している木材に塗装することです。含水率が二〇%以上の木材では、塗料の浸透や塗膜の付着が悪くなるので高い耐候性は期待できません。

(木口 実)



塗装の基本

塗装の目的は、素材の保護と美観の付与です。そして木材塗装の特徴は透明塗装が主体になるので、素材の持つ自然の美しさ（木理、色、柔らかさなど）を塗装によって効果的に表現しなければなりません。したがって、金属やプラスチックのような工業材料に比べて、塗装工程が大変複雑になります。これは木材の特性によるためで、他の材料と比べると次の点が異なっています。①多くの細胞で構成されているので多孔質であり、不均質であること。②熱や水分の影響を受けやすく、膨張や収縮を繰り返すこと。③太陽光線で変色しやすく、酸やアルカリで変質したり、汚染されたりしやすいことです。

塗装の基本工程は、①素地調整、②着色、③捨て塗り、④目止め、⑤下塗り、⑥中塗り、⑦補色、⑧上塗り、となります。この工程のなかで③⑤⑥の各工程の後に研磨作業が入ります。実際の塗装では使用素材や製品のデザイン、仕上げ程度によって工程を省略したり、あるいは高級感を出すために、工程間に中間着色などの技法が入って複雑になることもあります。ここでは、各工程の要点を簡単に記してみましよう。

「素地調整」は素地面が塗装作業に支障のないようにすることで、最も重要な工程です。透明塗装では、素地調整の良否がそのまま仕上げに現れます。一般的に素地研磨で素地表面の打ち傷を修正し、汚れや接着剤などの付着物を除去します。研磨は必ず繊維方向に平行に行います。素材の色むらは漂白で修正します。

「着色」は木材に色彩を与えて木理の美しき、木材固有の色をさらに美しく引き立たせることにあります。着色する場合には素材自体の特徴と使用する着色剤の性質を知ることが大切です。着色剤には染料系と顔料系があり、種類も水性、アルコール性、溶剤（万能）、油性系に分けられます。そのほか薬品着色として、酸やアルカリなどの水溶液を塗布し、木材中のタンニンと化学反応させて発色させる方法もあります。薬品着色は染料や顔料では得られない深みや深みのある落ち着いた色調が得られます。着色方法には素地着色と塗膜着色があります。前者は素地に直接着色する方法のほかに、主に道管を着色して強調する目止め着色があります。塗膜着色は塗料の中に着色剤を混合したもので、素地着色の補正や中間着色技法（色調を調整したり、深みや立体感をつける）によって高級仕上げをするときに用います。

「捨て塗り」は素地着色を抑え、素地への吸い込みむらや目止めの絡みを防止し、木目と道管を鮮明にします。「目止め」は道管などの凹部を埋めて平滑面をつくり、鏡面仕上げでは重要な工程です。目止め着色により、道管を引き立たせる効果があります。「下塗り」は素地固めと中塗り塗料との付着性を向上させる役目があり、ウッドシーラーを用います。「中塗り」は上塗りに必要な平滑面をつくるために行うものでサンディングシーラーを用います。最終仕上がり面を左右するので重要です。「補色」は素地着色のむらなどの欠点をカバーし、仕上がりにも深み感を与えます。特に高級仕上げとして行う着色技法には各種あります。「上塗り」は最終工程であって、平滑性、光沢感、色調など仕上げ外観が決まります。（西條博之）

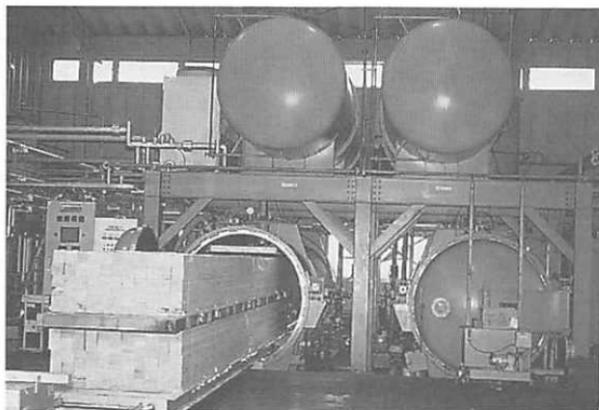
木材の防腐・防蟻処理

この、硬い感じを受けることはも、簡単に言えば、木材を腐らなく、かつシロアリに食べられないようにながしかの処理を行うということです。建物の土台など湿気のあるところに用いられる木材は、腐朽菌やシロアリの被害を受けやすいため、昔から何らかの工夫をしてきました。

明治四五年に山林局から発行された『木材の工芸的利用』には、家屋土台には、カヤ、クリ、シイ、ヒバ、ヒノキを、杭、水道のとい、井戸枠などには、水湿に強いアカマツ、クロマツ、ヒバ、カラマツ、クリを用いるとあります。これらの劣化しやすいところには、伝統的に耐朽性の高い樹種を選んで用いていたことがわかります。

明治時代の近代化のなかで現れた新しい木材の用途である枕木や電柱は、さらに劣化条件の厳しいところで使用されるため、防腐処理が必要とされました。日本で最初に防腐処理木材が使用されたのは、明治五年の新橋、横浜間の鉄道のクレオソート油を注入した輸入枕木であるといわれています。しかし、住宅部材の防腐処理は、戦前は一般的ではなかったようです。なお、防腐効力に優れたクレオソート油は現在でも枕木に使用され、使用済みの材はDIYでガーデンング用として売られてもいます。

戦後制定された建築基準法の施工令や住宅金融公庫仕様書には、木造住宅の防腐・防蟻の必要性が書かれ



工場で防腐・防蟻薬剤を木材中に圧力注入する装置（提供：兼松日産農林）

ています。必要なところには、ヒノキ、ヒバなどの耐腐朽性および耐蟻性の高い樹種の心材もしくは心持材を用いるか、または薬剤による防腐・防蟻処理を行うとあります。

輸入木材の比率が八割を超えた現在では、住宅の土台などにヒノキ、ヒバなどの耐腐朽性の高い樹種を用いることが少なくなり、輸入材であるベイツガ、ベイマツ、ラジアータマツなどの耐朽性の高くない樹種に、薬剤で防腐・防蟻処理をして用いることが普通になっています。仕様書では、使用する木材の使用環境や用途により（五区分）、適切な薬剤が選べるようになっていきます。薬剤は、日本工業規格や日本農林規格のほか、認証木質建材用に承認されたものがあり、選択幅は拡大傾向にあります。現在は、すべてが化学薬剤で、銅・アルキルアンモニウム化合物や銅・アゾール化合物といった銅系薬剤が主流で、工場では木材に加圧注入されます。

人気が高まってきたヒバ油などの天然物は、今のところ前記の制度には承認されていませんが、今後、天然物系の防腐・防蟻剤は増加することも考えられます。

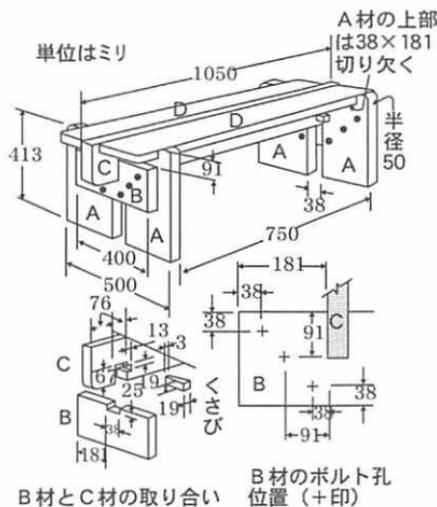
（山本幸一）

庭にベンチをつくってみよう

庭、屋上、バルコニーなどの空間をアウトドアリビングに模様替えして楽しみたいと思う人も多いことでしょう。そんなアウトドアリビングにはベンチが欠かせません。何はともあれ簡単にできて、見栄えがよく、使わないときには簡単に分解・収納しやすい木製ベンチのつくり方を紹介しましょう。

使う工具類は、鉛筆、巻き尺・物差し、コンパス、先細鋸または糸鋸、一般的な鋸または電動丸鋸、ノミ、木ヤスリ、ドリル（刃は直径八ミ）、ボルトを締めるレンチ、紙ヤスリです。ほかに電動ヤスリ、テーブルソー、電動糸鋸、ボール盤などがあれば便利です。使用する木材はスギ、ヒノキなど、手に入りやすい材で結構です。ここではちよつとぜいたくをして、ホームセンターで購入可能なレッドウッドやレッドシーダー（耐久性があり、狂いにくく軽い米国产の針葉樹材、少し高価）を用いてみます。（板ア）三八×一八一ミ、長さ二一〇〇ミを二枚、（板イ）三八×二三一ミ、長さ一、八〇〇ミ一枚を用意します。所定の寸法の板が入手できない場合は厚物合板ほか、木質材料も代用できます。亜鉛メッキしたボルト（直径八ミ、長さ八九ミ）、ワッシャ、ナットを一二組。また仕上げ塗装用オイルシーラーがあれば完璧です。

ベンチのつくり方は、（板イ）から脚に当たるA材を鋸で長さ方向に切断して四枚とります。また（板ア）からB材を二枚、二つの脚をつなぐC材を一枚、座板となるD材を二枚とります。A材の上の二つの角、C、



D材の四角はコンパスで半径五〇の円弧を描き、糸鋸で円弧に添って切削し、ヤスリがけして丸みをつけます。A材上面の片側を三八×一八一の鋸で切り欠きます（D材を載せるためのくぼみ）。B材とC材に図左下のように連結用の切り欠きを鋸、ノミ、木ヤスリでつくりまします。図右下のB材の十印の位置にボルト孔をドリルで開けます。二枚のA材を三八の厚の木屑をスパーサーとして挟み、間隔を設けて並べまします。その上に孔を開けたB材を重ね、A材に開けるボルト孔位置を決めまします。A材にボルト孔を開けます。A材とB材を重ね、ボルトをB材側から入れてA材を通し、ワッシャを入れてナットで締めまします。さらにC材をA材とB材からなるベンチの二つの脚部に渡して溝に落とし込みまします。

最後にD材二枚をC材の両側に並べて仮組みまします。このとき収まりが悪いところは削るなどしてフィットさせまします。次にC材とD材を外し、紙ヤスリがけして粉をふき取り、シーラーを塗って乾かします。乾燥後、C、D材を再組立てしまします。最後に切り屑、端材を利用して二個のくさび（図左下）をつくり、くさび溝に打ち込んでしっかりと各部材を固定すればでき上がりです。

（信田 聡）

暖かみと安らぎのある木質舗装

木材は古くから建材としてさまざまな用途に使われてきましたが、人が歩いたりジョギングしたりする歩道の舗装材としても木材が使われています。「一、〇〇〇歩のタイムは？」と聞くのが挨拶代わりともいうほどジョギング好きの多い米国オレゴン州には、製材所から出たベイマツの樹皮を砕いて敷き詰めたジョギング走路が何キロにも渡って整備されていますし、森を大切にするドイツにも北欧諸国にも主として針葉樹の樹皮をチップ化して敷き均した散策路がよく見られます。

これら木のチップを敷き均した舗装は、木が多少腐り始めてしつとりと馴染んだ状態になると何ともいえない素晴らしい感触になり、ちょうど枯葉の堆積した林の中を歩くような心地よさがあります。公園の遊具の下にもよく使われ、子供が落下したときにも衝撃を吸収して安全性が高まる効果があります。

このようなチップをまいただけのルーズタイプは安価で施工も簡単であるため主流でしたが、雨でチップが流失したり風で飛散したりしやすく、またハイヒールや車椅子での通行、坂道などの斜面での施工には不向きであることから適用できる場所が限られていました。そこで木の風合いと心地よい歩行感を活かしながらこれらの弱点を補った工法が開発され、一九九〇年、大阪で開催された花と緑の博覧会のところからお目見えしました。一つは、ルーズタイプの表面に安定処理剤を散布してチップを適度に固める木チップ安定処理



木質舗装を使った遊歩道（神奈川県）



木質LP舗装

工法（セミルーズタイプ）、そしてもう一つはチップを特殊な接着剤と混ぜ合わせコテなどで敷き均して仕上げる樹皮チップ接着工法です。

この工法は前の二タイプとは全く異なり、腐りにくい針葉樹の樹皮を一定の粒径に調整したものを使用し、さらに弾性のある高分子樹脂バインダー（接着剤）で全体をコーティングしたもので、アスコンまたはコンクリートの下地にも固着されます。見た目は木質舗装そのものですが経年変化が少なく強度も高いのが特長で、日常の維持管理は必要とせず、坂道などの斜面にも施工ができ、車椅子やハイヒールでも快適に通行することができます。

利用価値の少なかった針葉樹の樹皮の有効活用という点でも時代の要請にマッチしており、品質のよさと安定性も認知され始め、このような木質舗装が至るところで見られるようになっていきます。

（奥 裕之）

蝶のくる木

小学校のころ、将来の夢はときかかれたら「昆虫館を建てること」が私の夢でした。今ではかなわぬ夢となりましたが、その代わりに、庭には蝶のくる木を植えています。食樹があるからといって、蝶がくるとはかぎりませんが、「いつか蝶がくる」という夢がそこにはあるのです。蝶のくる木を見ているだけで、いつかくる蝶の卵や幼虫の姿が目に見えられます。庭を眺めているだけで心がなごむのです。こんな我が家の庭木を表1にまとめてみました。また、それぞれの木に産卵する蝶を記してみました。どんな木を蝶が好むかわかります。これだけあれば野山で卵や幼虫を採ってきても困らないし、雌の成虫が採れば産卵させることも可能です。庭では殺虫剤の使用は禁止で、蝶にとってはかなりの楽園です。

一方、表2には東京における高木街路樹ベスト1〇を引用し、参考までにそれらを食樹とする蝶を記してみました。結果は悲しいかぎりです。ムラサキツバメには東京は北すぎるし、メスアカミドリシジミは山間のサクラにしか生息しません。せいぜいアオスジアゲハぐらいが住みつく程度です。蝶のくる木を一本でも多く植えてくれればと思うのですが、実情はご覧のとおりです。

人間は地球の生態系的一种ホモ・サピエンスでしかないことを認識し、生態系に少しでも恵みの多い樹木を選択を行う必要があります。広葉樹ならともかく、スギやヒノキなどの針葉樹を餌とする蝶は一種もいず、

表1 我が家の庭木とそれを食樹とする蝶

樹木	蝶
カラスザンショウ	ミヤマカラスアゲハ、モンキアゲハ、クロアゲハ
キハダ	ミヤマカラスアゲハ、モンキアゲハ、クロアゲハ
イヌザンショウ	クロアゲハ、ナミアゲハほか
コクサギ	オナガアゲハ、カラスアゲハ
ミカン類	ナガサキアゲハ、クロアゲハ、ナミアゲハほか
クスノキ	アオスジアゲハ
カエデ類	ミスジチョウ
ウメ	オオミスジ
アワブキ	スミナガシ、アオバセセリ
エノキ	オオムラサキ、ゴマダラチョウ、テングチョウ、ヒ オドシチョウ
イヌビワ	イシガケチョウ
オガタマノキ	ミカドアゲハ
ドロノキ	オオイチモンジ
クロウメモドキ	スジボソヤマキチョウ、トラフシジミ
イボタノキ	ウラゴマダラシジミ
フジ	トラフシジミ
ミズナラ	アイノミドリシジミ、ウスイロオナガシジミ、エゾ ミドリシジミ、ジョウザンミドリシジミ
ナラガシワ	ウラジロミドリシジミ
カシワ	ハヤシミドリシジミ
コナラ	オオミドリシジミ
クスギ	アカシジミ、ウラナミアカシジミ、ミズイロオナガ シジミ、ウラミスジシジミ、クロミドリシジミ
アラカシ	ムラサキシジミ
アカガシ	キリシマミドリシジミ
ウラジロガシ	ヒサマツミドリシジミ
マテバシイ	ムラサキツバメ
シリブカガシ	ムラサキツバメ
イチイガシ	ルーミスシジミ
ブナ	フジミドリシジミ
サクラ	メスアカミドリシジミ
ハンノキ	ミドリシジミ
コバノトネリコ	ウラキンシジミ、チョウセンアカシジミ
オニグルミ	オナガシジミ
マンサク	ウラクロシジミ

表2 東京での高木街路樹ベスト10

(朝日新聞、朝刊1996年11月20日)

順位	樹木	蝶
①	イチヨウ	
②	ブラタナス	
③	トウカエデ	
④	サクラ類	メスアカミドリシジミ
⑤	ハナミズキ	
⑥	ケヤキ	
⑦	エンジュ	
⑧	クスノキ	アオスジアゲハ
⑨	マテバシイ	ムラサキツバメ
⑩	ヤマモモ	

これらの植林は生態系をますます貧弱なものにしていくことを、我々は認識しなければなりません。二十一世紀において、地球の生態系が真に健全な形で維持され、環境と調和した、すべての生物にとって住みよい地球づくりができるよう努めたいものです。

(坂 志朗)

よみがえる木の橋

橋を架けるという仕事は、土木という分野で行われています。ほんの一〇〇年ほど昔、橋はまさに木材と土でつくられていたわけで、明治三〇年の統計によると木橋とその上に土を盛った土橋は全国の橋梁の約八割を占めていたといえます。しかしその後、木橋は鉄橋やコンクリート橋に架け替えられ、長大な橋はもちろん、短く小さい橋でさえも木材で架けられることはほとんどなくなってしまいました。

木橋が消えていった理由はいろいろあると思われませんが、簡単にいうならば橋に要求される性能が厳しくなる一方で、木材がそれに応えることができなくなったということではないでしょうか。例えば、橋の上を渡るものは人や馬から自動車や列車へとその重量や速度を増しました。また、橋が現代社会で果たす役割も大変大きくなり、一度落橋などの事故が生じれば地域や国に及ぼす影響は計り知れません。そのようななかで、強度性能や耐久性性能が鉄やコンクリートと比べれば低く、また、それらの性能が客観的なデータとして示されていなかった木材が使われなくなったのは仕方のないことだったかもしれません。

それでも、一〇年ほど前から再び木橋の建設が試みられるようになり、その数が少しずつですが増えてきています。人への当たりの柔らかさや周辺の景観への配慮などが重視される公園や林道などに架けられる橋では木材が再評価され、ひいては木橋が見直されてきたのです。そしてその背景には、木材の欠点を補う技



神の森大橋（愛媛県広田村）



三嶋橋（愛媛県河辺村）

術が開発されたこともありました。強度性能については集成材という構造用の木質材料、また、耐久性については防腐薬剤の開発などにより、木材により高い性能が付与され、設計に必要な材料の性能もより明確に表示されるようになりました。一四トの車両が通行できる一四五トもある用倉大橋（広島県）や、一般道に架ける橋と同じ荷重レベルで設計された神の森大橋（写真上）は、その集大成といえるでしょう。そして現在も、よりよい木橋を架けていくための提案や努力が続けられています。

さて、消えてしまったはずの木橋を、今でも使いつづけている地域があります。例えば、愛媛県河辺村には大正時代に架けられたものも含めて現役の木橋がいくつか残っています（写真下）。屋根がかけられている点も目をひきますが、架けるときには村の人々がお金を出し合い、その後も維持管理を行って大切に使用してきた点も特筆されます。私たちがどのように木材とつき合っていくべきか、これらの木橋が教えてくれているような気がします。（宮武 敦）

秋田スギで大ドーム

「大館樹海ドーム」は一九九七年、秋田県大館市につくられた世界最大級の木造ドームです。その全体の形は、ちょうど卵を長手方向に半分に切って伏せたようになっており、規模は長径一七八^{メートル}、短径一五七^{メートル}、面積二万二、〇〇〇平方^{メートル}、高さは最高部分で五^{メートル}もあります。今、野球、運動会、コンサート、ダンス大会など、さまざまなイベントに利用されています。

このような建築物を木材、しかも地元のスギ材でつくったのですから、スタートから完成までにいろいろな問題が起りました。

まず材料の集め方です。構造材には四、五〇〇立方^{メートル}の秋田スギ大断面構造用集成材（この「集成材」の話は一七六ページ参照）が使われているのですが、それをつくるには、直径約二〇〜三〇^{センチメートル}、長さ三・六^{メートル}の丸太が約六万本も必要でした。この丸太の量は、一般の木造住宅用に換算するとほぼ五〇〇棟分になります。これを約一年間で集めるのだから大変です。しかもこのとき、設計のほうから集材用のひき板には条件がつけられました。それは「ある一定の強さが保証できるものだけを選ぶ」、数値的にいうと「ヤング係数は平方センチ当たり五〇^ト以上のものに制限する」というものでした。

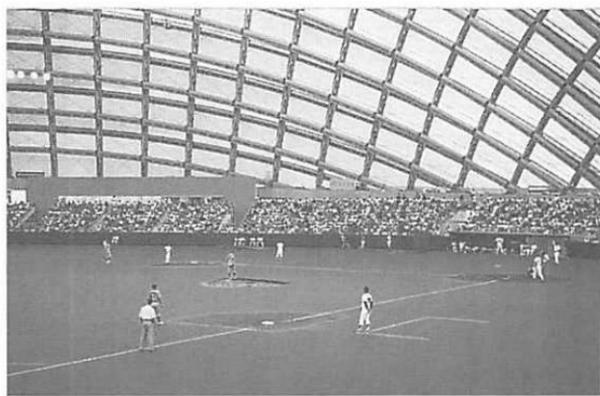
この計画に携わったのは地元の製材所の人々でしたが、その「ヤング係数」という言葉自体がわからない、

逆に設計のほうは木材側の慣習が理解できない、など、最初は設計側と木材側の話がまったくかみ合わず、お互いにずいぶん勉強したようです。

ともあれ、ここでは材料の供給を考慮して六〇年生以上、二番玉以降の秋田スギを対象とし、しかも丸太を縦振動法によるヤング係数の測定によって平方センチ当たり八〇ト以上に限定する、という方法によって、材料の要求条件を満たしたうえで、これだけの量を確保したわけです。

次の問題は集成材の加工でした。集成材は通直材で一本が約六メートル、約四、〇〇〇本あり、これを長さ方向と幅方向に鋼材を介してつないでいく構造になっています。しかし、材料は通直でも全体の形が卵形ですから、材料の長さやつなぎ部分の角度が一本一本微妙に異なることになります。そこで、あらかじめ計算した寸法をコンピュータにインプットし、機械が自動的に加工する方法（NC加工という）を採用したのです。

ほかにも逸話はたくさんありましたが、そのことは龍源社刊の『大館樹海ドーム』という本に詳しく述べられています。（飯島泰男）



木造住宅の耐震性

兵庫県南部地震では、各種木造住宅の耐震性が明らかになりました。一般に耐震基準がよく守られているプレハブ工法、枠組壁工法、丸太組構法（いずれも比較的最近の建物です）、および最近の在来軸組構法は、被害が軽微で倒壊したものではありませんでした。筋違すぢわじなどのない古いタイプの在来軸組構法、数寄屋造り、神社仏閣などの伝統的建物（いずれも現行の耐震基準では耐力不足のため建設不可）は、多くが倒壊しました。最近の在来軸組構法でも、筋違の本数が基準に満たない建物や、店舗付き住宅のように開口に耐力壁がない建物、南側を大きく開口して耐力壁の配置のバランスが悪い建物は大きな損害を受けました。

木造住宅の耐震基準の目標は、耐用期間中に二〜三回はくるであろう中地震では修理可能なこと、およびめつたにこない大地震（関東大地震クラス）では人命にかかわる倒壊や崩壊などをしないことです。つまり、大地震では修理不能になっても倒壊さえしなければいいという考えです。

しかしながら、兵庫県南部地震では、一方では今日の耐震基準に従った鉄筋コンクリートのビルや高速道路が崩壊しながら、最近の木造住宅のほとんどが無傷でした。そこで、木造住宅が地震に強い理由を調べるために、世界最大の振動台やコンピュータを駆使した最新の耐力試験装置を使い、神戸で観測された地震波で実物大の住宅を揺らす耐力実験が何回も行われました。その結果、今日の通常づくり方では、間仕切壁



実物の二階建て住宅の耐震試験

や外壁の内側に張られた石膏ボードなど（設計では構造部分と見なさない）の非耐力部分の寄与によって、建物の耐力が耐震基準の三〜五倍になっていることが明らかとなりました。なお、基準ギリギリの建物は、倒壊はしないが修理不能なほどの大損傷を受けることも確かめられました。

大地震で倒壊はしなくても、建て替えなければならぬとなると、人生設計を変えなければならぬほどの経済的負担を強いられます。そこで、住宅をより強くするための研究が行われています。また、行政面では建築基準法が改正され、在来軸組構法の耐力壁の配置のアンバランスをなくするための規定や金物による接合部の補強規定が強化されました。

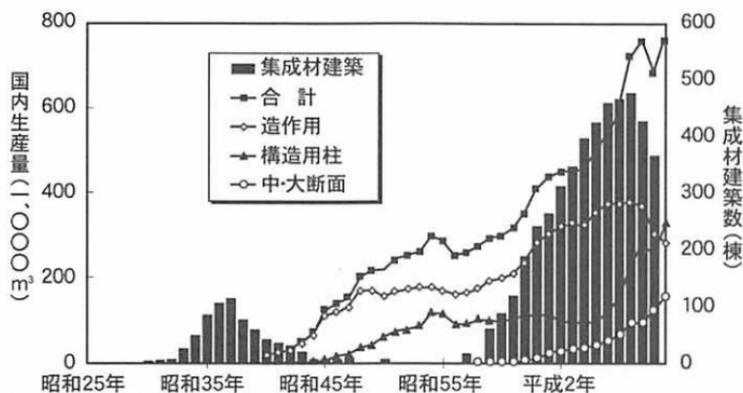
また、住宅性能表示制度（任意）が制定され、耐震性能は耐震基準の耐力を1として、その一倍（等級1）、一・二五倍（等級2）、一・五倍（等級3）の表示が行えるようになりました。これからは、大地震に強い良質の木造住宅がどんどん増えることが期待されます。

（神谷文夫）

集成材、いまむかし

集成材という言葉をご存じの方も多くなったのではないでしょうか。図に示すように、集成材の生産量はどんどん増え、私たちの暮らしのなかで使われるようになってきています。その集成材とは、木材の板を繊維方向を互いに平行にして、接着剤で積層接着してつくられるものです。そうしてつくられた集成材は、自由な寸法・形状の木材が得られる、狂いや割れが生じにくい、強度性能が明らかであるといった長所を持っています。

集成材が我が国で戦後最初に用いられたのは昭和二六年に建設された森林記念館（日本林業技術協会内にあった）で、今でいう「構造用大断面集成材」がその梁に用いられました。昭和三五年ごろには学校の体育館などを中心に年間一〇〇棟を超える集成材建築が建てられました。都市の不燃化政策や鉄鋼メーカーとのコスト競争のなかで競争力を失い、昭和四五年以降冬の時代を迎えます。その同じころ、美しい銘木を化粧用の薄板にして集成材の芯材の表面に接着した「化粧ばり造作用集成材」が開発され、市場を獲得してきました。昭和三五年前後から戦後復興による住宅建設が盛んになり木材供給が逼迫して木材価格が高騰するなか、安くて美しい木材として長押、鴨居といった住宅用の内装材として市場を伸ばしました。集成材の日本農林規格（JAS）や製造基準が制定され、製品の品質管理や供給体制が整えられたのはこのころでし



集成材の生産量の推移

(日本集成材工業協同組合および三井木材工業㈱の統計より)

た。「造作用集成材」には、その後も広葉樹の素地を活かしたカウンターや階段部材などの商品が開発され、常に集成材産業の基盤を支えています。

昭和五〇年代前半、市場を伸ばしたのが住宅用柱としての「化粧ばり構造用集成材」でした。最近では、住宅工法が柱を見せない工法に変化してきたことや狂いにくい乾燥材が求められ始め、化粧板を張らない「構造用集成材」も市場を広げています。一方、我が国の集成材史の先駆けとなった「構造用大断面集成材」は、その強度性能や耐火性能などが多くの研究で明らかにされたことや、木造建築への規制緩和などと相まって復活し、集成材建築数も一挙に増えました。そして、大館樹海ドーム（長径一七八メートル）のような世界最大規模の木造建築物を鉄骨造並の精度で建てられるほど技術水準も上がっています。

集成材の長所が半世紀を経て広く知られ、今では私たちの身近で陰に陽に活躍しているのです。

(宮武 敦)

V
木のサイエンス

木材で生ゴミ処理

毎日の生活のなかから多量に排出される生ゴミは、焼却に伴うダイオキシンの発生に加え、悪臭や収集・運搬に多大のエネルギーを消費するため、対策が求められています。

この対応として、木材で生ゴミを処理する試みが始まっています。これは、難分解性の木材と易分解性の生ゴミを適正な好気的環境下で攪拌かはんすることにより、悪臭が少ない状態で、生ゴミを速やかに分解し、その中のミネラル類が木材に吸着・蓄積され、腐植化した木材残渣を土壌改良材などに利用する内容です。これはゴミを減らし、新たな資源をつくり出すため、循環型社会の構築に大いに役立つ内容ですが、電化製品の生ゴミ処理機に頼ろうとすると、メンテナンスなどがまだ開発段階で、誰でもが使える処理法の確立が急務となっています。

さて、なぜ木材が優れているのでしょうか？ それは、基材となる木材が多孔質構造からなり、生ゴミを分解する微生物の繁殖条件に欠かせない酸素、水分、pH、温度などの保持に役立ち、一種のバイオリアクターの働きをしているからです。

自然のサイクルでは、成長した森の木々はやがて朽ち落ち、時間の経過とともに土壌へと分解されます。土壌はさまざまな機能を有し、自然界の浄化に大事な働きをしています。木材による生ゴミの分解も、自然

のこうした営みを凝縮して行っていると考えられます。

生ゴミ中の有機物は、酵素などの作用により複雑な解重合を経て、それぞれの構成単位から、さらに有機酸を経由して炭酸ガス、水などに分解されますが、この過程で木材はどう変化するのかについてはこれまでのところ十分に解明されていませんが、木材も少しずつですが物理的・化学的に変化を受け、さまざまな特性を有する素材に変化することがわかっています。

木材による生ゴミ処理が広く活用されるためには、単に効率的に分解するだけではなく、使用済み木材がリサイクルされることが何よりも重要です。これまでに、処理済み木材チップは保水性、脱水性、生分解性などで特色のあるボードの原料になり、また土壌改良の効果も明らかにされています。使用済み木材をカスケード型利用の後、直接土壌に戻す循環型利用を図ることが必要です。また、土壌中での処理木材の特色も明らかになっていくことが大切です。木材成分中のリグニンなどは腐植の過程でフミン質を形成し、土壌中で多様な働きをしながら炭素の長期固定に役立つと考えられます。今日、増え続ける解体材などの木質系廃棄物の有効利用が求められています。これらはまだ木材固有の優れた特性を使うことが可能です。

木材で生ゴミを効率的に処理し、最終的に使用済み木材を土壌に戻すことは最も理にかなった方向ですが、問題は、生ゴミ排出者の確かな分別、良質の堆肥化、農地などへの還元、生産物の購入を含めた循環型のシステムをいかに確立するかです。

(島田謹爾)

心もなごむ木製福祉用具

介護保険制度がスタートしました。新しい制度では、担い手としての民間参入が認められており、ビジネスとしても福祉用具などの福祉関連産業が大きく飛躍していくものと期待されています。

その背景として、高齢化が急速に進んでいること（日本の高齢化率は一九七〇年が七%、一九九四年には一四%、さらに二〇一〇年には二五%に達すると推計されています）、障害者の社会参加へのニーズが高まってきたこと、こうした問題への社会的な認識が広がったこと、さらに通産省など政府の取組みが本格化したという動きがあります。また、従来の福祉用具というと、自治体からの給付が主体であって価格や機種が限定されていました。新制度では介護保険の利用対象としてレンタルができるようになったことから、商品の差別化が急速に進むものと予測されています。

福祉用具を考えるうえでのもう一つの大きな流れとして、障害を持つ人たちの物理的・精神的バリアの除去を求める、ユニバーサルデザイン（UD）の考え方の普及があります。UDとは、「年齢や能力にかかわらずなく、すべての生活者に対して適合するデザイン」を意味しています。障害者だからといって、特別なデザインや特別な材料を使うのではなく、家族が使っているものと同じものを使おうという発想です。精神的バリアを取り除くという、これらの概念を進めていけば、福祉用具としてのベッドやテーブル、椅子などは、

見た目が室内デザインに合っているという点からも、もつと木製品を使ってよいという発想に至ります。

福祉専門学校の学生さんに、施設に実習に行ったときの感想を尋ねたところ、「フローリングにゴム系の床材が張ってあって、いかにも施設という感じがした。でもリビングは木製の床なのでほっとした。落ち着いた」とか「手すりや机に金属を使っていたので、見た目にも堅苦しかった。その点、ベッドは木製であり高級感があつた」という回答が返ってきました。これは誰もが感ずるところではないでしょうか。

我々は、木材の新たな利用展開として、障害者やお年寄り、小さな子どもたちの住・生活空間や、そこで使用されているすべての用具や機器を対象に、もつと木材を使用していくことを提案しています。トイレや歩行器、ベッド、カート、車椅子、浴槽の手すり、椅子、階段のスロープなど、福祉の現場において、木材のよさを有効に活用した事例は必ずしも多くなく、実際に、福祉用具の材料を選択する際には、その耐久性や強度、クリーニングのしやすさといった機能性やコストのみが優先されてきている事例が多いように見受けられます。

福祉用具の素材として木材を使用する場合には、もちろん木質感が最大の武器となります。そして木材の表面へは、これまで以上に美粧性の維持、劣化や汚染の防止といった性能の付与が求められてくることになるといえます。心をなごませ、しかも安心かつ安全で、メンテナンスの容易な木製福祉用具の開発が待たれています。

(松井宏昭)

シックハウスをつくらないために

家を新築したりリフォームしたりしたときに、頭が痛くなったりめまいがしたりするなどの症状が出る場合があります。このような症状は「新築病」とか「シックハウス症候群」と呼ばれ、大きな社会問題になっています。シックハウスの原因としては、電磁波や低周波空気振動なども否定はできませんが、化学物質による室内の空気汚染が有力視されています。しかし、化学物質の種類が多く、また個人差などもあり、どの化学物質がシックハウスの原因となっているのかは、必ずしも明らかになっていません。厚生省では、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロルベンゼンの四化学物質について、室内濃度の指針値を策定しています。

ホルムアルデヒドは木材用接着剤の原料として広く使われており、ほとんどの木質材料から出てきます。実は、木材自体からも極微量のホルムアルデヒドが出てくるといわれています。さらには、ほとんどの食品にもホルムアルデヒドが含まれていることは知られており、ホルムアルデヒド自体は天然に広く存在している化学物質です。木質材料についての日本農林規格や日本工業規格では、木質材料からのホルムアルデヒド放散量が少ない製品については、FやEという記号をつけることにしています。木質材料を室内で使ったり室内に持ち込んだりする場合は、必ずFやE記号のついている木質材料を選ぶようにしましょうです。

表1 日本農林規格における合板のホルムアルデヒド放散量区分

表示区分	ホルムアルデヒド放散量	
	平均値	最大値
Fc0	0.5mg/L	0.7mg/L
Fc1	1.5mg/L	2.1mg/L
Fc2	5.0mg/L	7.0mg/L

表2 日本工業規格におけるボード類のホルムアルデヒド放散量区分

記号	種類	ホルムアルデヒド放散量
E0	E0タイプ	0.5mg/L
E1	E1タイプ	1.5mg/L
E2	E2タイプ	5.0mg/L

最近、国立試験研究機関の成果を実用化するための農林水産省補助事業（平成九年度から一一年度）により、ホルムアルデヒドを全く含まない接着剤による合板の製造システムが確立されました。この接着剤は水性高分子・イソシアネート系接着剤と呼ばれ、ホルムアルデヒドを全く含んでいません。そのため、この接着剤による合板のホルムアルデヒド放散量は天然の木材と同じくらい少なくなります。価格的にもホルムアルデヒドを含む接着剤より、数%程度のコストアップです。元々、合板のコストは原木代がほとんどを占め、接着剤のコストは一〇%程度といわれています。接着剤を高いものにしても、合板の価格としてはそんなに高くはならないのです。残念なことに、水性高分子・イソシアネート系接着剤による合板は、今のところまだホームセンターなどでは売られていません。手に入れる場合は直接日本合板工業組合連合会または開発メーカー（株式会社マルヒまたは光洋産業株式会社）に問い合わせる必要があります。プラスチックなどから出てくるいろいろな化学物質がシックハウスの原因と疑われていますが、ホルムアルデヒドを含まない接着剤による合板は、天然の木と同じく、一番安全な材料といえるのではないのでしょうか。

（井上明生）

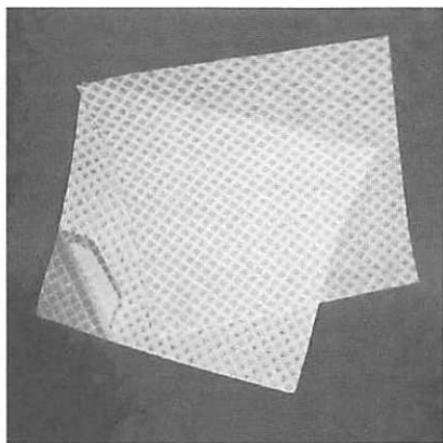
お茶でホルムアルデヒドを退治

静岡県は日本一のお茶の産地です。全国の荒茶生産量の四五%を生産し、流通量においては七〇%を占めています。最近、お茶は抗菌性、抗酸化作用、消臭効果などさまざまな効能が明らかにされ、嗜好品として飲んだり食べたりするだけでなく、多くの製品に利用されるようになりました。なかでもお茶の主要な成分の一つであるカテキン類はタンニンとも呼ばれ、生薬の活性成分として古くからよく知られています。このタンニンとホルムアルデヒドとの反応に着目し、建材や家具から放散されるホルムアルデヒドの低減化に茶タンニン（茶ポリフェノール）を利用することにし、検討を始めました。

タンニンは、植物界に広く分布しています。いろいろな植物抽出物とホルムアルデヒドの反応性を調べた結果、緑茶や紅茶の抽出物は、同じくタンニンを含むブドウやリンゴなどと比べ、極めて反応性が高いことがわかりました。また、緑茶や紅茶に含まれるタンニンのなかでも、エピカテキンガレート、エピガロカテキンガレートというカテキン成分が有効であることもわかりました。次に、濾紙にお茶の抽出物を染み込ませ、室温でホルムアルデヒドが充滿したガラス容器に入れたり出したりしてみました。その結果、お茶の抽出物は、いったん捕まえたホルムアルデヒドを逃がさない性質を持っていることがわかりました。さらに、六〇℃という高温の状態においても、ホルムアルデヒドは出てきませんでした。

これらの結果を踏まえて、お茶の抽出物をホルムアルデヒドが発生する合板に塗ってみました。日本工業規格によるデシケータ法で測定したところ、ホルムアルデヒドの放散量は三分の一以下になりました。

しかし、お茶の抽出物を家具や建材にベタベタ塗るのは、美観上からも問題です。かといって、お茶の抽出物を接着剤や塗料に混ぜてしまうと、効果が小さくなってしまいます。そこで、考え出したのが「デンプン糊です。デンプン糊にお茶の抽出物を混ぜて糊をつくり、この糊で紙を張り合わせ、「ホルムアルデヒド吸着シート」というものをつくってみました（写真）。このシートを家具や畳に敷き込むことにより、室内



ホルムアルデヒド吸着シート

のホルムアルデヒドを大幅に低減させることができました。

安くて、丈夫で、使いやすい合板や集材材などの木質材料の需要を考えると、まだしばらくホルムアルデヒドを含む材料はなくならないような気がします。利便性を求めると、新建材や化学合成品を必ずしも否定することはできません。でも、天然物の使用には長い歴史があります。さまざまな天然物の機能が科学的に明らかになっていくことで、人の暮らしをより豊かにし、なおかつ環境にとってもやさしい技術が、どんどん広がっていくものと確信しています。

（櫻川智史）

鉄骨造から木質構造へ

一九八七年に建築基準法が改正され、それまで四〇年近くも実質的に禁止されていた大型の木造建築が解禁されました。この規制緩和によつて、木造の体育館、ドーム、屋内プール、木橋などが全国各地に建設されるようになりました。さらに、そこで培われたさまざまな建築技術が中小木造建築にも広く波及しました。また、これと歩調を合わせるような形で「エンジニアードウッドあるいはエンジニアリングウッド（E W）」と呼ばれる構造用木質建材の製造技術も飛躍的に進歩を遂げました。この結果、二〇年は遅れているといわれてきた我が国の技術水準も、ようやく先進諸国に近づいてきました。

このような技術の進歩により、木造建築に対するこれまでの常識がずいぶん変わってきました。それまで「木造なんかでできるはずがない」とか「木造ではコストが高くなりすぎてダメだ」などと考えられていたものが、現実には建築されるようになってきたのです。ここでは、そのなかでも特に注目を浴びている木造の「商店建築」を紹介します。

近年、幹線道路をドライブすると日本全国どこへ行っても、同じようなレストランやドラッグストアなどを目にするようになりました。これらの建築物では、頻繁なレイアウトの変更と顧客の動線確保のために、大空間で大スパン、かつ柱や壁をできるだけ省略することが要求されます。このため、この種の商店建築と



木質構造による商店建築の内部

(写真提供：(株)シェルター)

いえば鉄骨造というのがこれまでの常識でした。ところが、鉄骨造ではコストの低減に限界があり、また昨今では外観のデザインが陳腐化し、周囲の景観さえも損ねるようになってしまいました。

そこで、登場してきたのがさまざまなEWと構造用接合金物を多用した木質構造です。この種の木質構造は鉄骨造に比べて駆体が軽いので、基礎工事が簡略化できます。また、工期が非常に短く、大がかりな建設機械が必要ないので、建築時の初期費用を安く抑えることができます。さらに、気密性能や断熱性能が鉄骨造に比べて優れているため、維持管理費用も低く抑えることができます。

もちろん、大断面構造用集成材のようなEWを使えば大空間で大スパンは可態ですし、デザイン的にも鉄骨造との差別化を図ることができます。インテリアの面でも、木質構造では構造部材が意匠を兼ねているため、木の持つ暖かき、断熱性、吸音性などが、顧客や従業員に精神的な安らぎを与えています。

このようにコスト面でも性能面でも鉄骨造を凌駕するような木質構造が、今後さらに増加するものと期待されます。

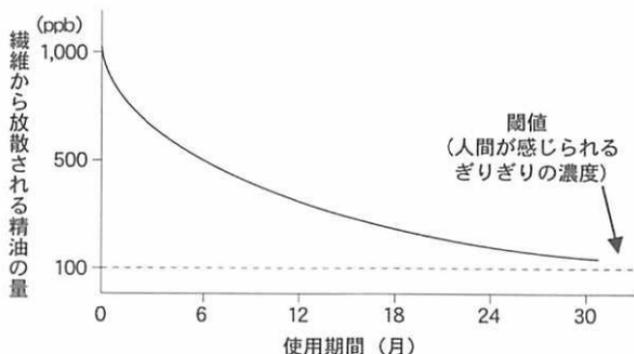
(林 知行)

寝具にも森林の香りを

樹木の精油の香りは人体に対してストレスの低減などの好影響を与えることがわかってきています。これをもっと積極的に、また手軽に暮らしのなかへ取り入れるため、身の回りの品々に精油を添加してみてもいいだろうか、とさまざまな試みが行われています。このとき大切なのは、かすかに感じる程度の香りの濃度を長期間にわたって維持することです。いくらよい香りでも、強すぎてはかえって不快に感じてしまったり落ちつきませんし、また製品から出る香りが数日で消えてしまったりは意味がありません。添加した精油がわずかず放出されるような工夫が必要となります。これを可能にした技術の例を見てみましょう。

ポイントとなるのは精油を含んだものを他の材料で覆い、精油の揮発放散の速度を抑えることです。まず樹脂の微粒子に精油を含ませ、その粒子の上から今度は精油を含まない別の樹脂でくるみ込むようにして、いわば「皮」をつけたような形にします。この皮の部分の厚さを調節することで、そこを通り抜けてくる精油の揮発のしやすさを加減することが可能なのだそうです。ヒノキの精油を含ませたこの二重構造の微粒子樹脂を壁紙用の糊に添加したり、また合板をつくる際に接着剤に混合して用いると、製品からは十数か月にわたって香り成分の放散が持続したとの試験結果が出ています。

繊維の分野でも、これと似た包み込みの手法を用いて成果が上がっています。芯しんと鞘さやの二層構造の繊維の



精油を含んだ繊維を中綿に用いた掛け布団から放散される精油の量の経時変化の例 (株式会社帝人のデータを基に作製)

芯部に精油分を練り込み、鞘の部分で揮発を抑える仕組みです。こうすると主に繊維の切断面、つまり端の部分からのみ精油が放散されるため、長期にわたる香りの持続が期待できるわけです。芯にヒノキの精油を

練り込んだ繊維では水での洗濯を五回繰り返しても元の八〇%程度の精油が保持されており、耐久性にも問題がないことがわかりました。この繊維で試験的に織物をつくったところ、抗ダニ性、消臭性などの効果が確認されています。また、この繊維を中綿に用いた掛け布団からは三〇か月以上もの間、香りが持続して感じられたとのことです。

以上、紹介したものは商品化され、内装建材、寝具、衣類などの形で市場へと出始めています。今後、これらの製品が人間に対して実際にどのような効果をもたらすのかを客観的に評価すること、さらに多方面への応用、製造時のコストの引き下げなどの問題を克服していくことが必要となるでしょう。

暮らしのなかに森林の香りを少々、お試しになってはいかがでしょうか。
(松井直之)

濡らして！ チンして！！ グニヤ!!!

身の回りの家具や建具には、湾曲した部分が多く見られます。むしろ、直線だけで住空間を表すことは不可能でしょう。例えば、もし椅子の背もたれが直線だったら、座り心地が悪そうです。湾曲した部材を得るには、目的とする形状に板材から切り出す方法が考えられます(図)が、この場合、切り出すのに手間もかかるし捨てる部分が多く、もったいない気がします。また、木材は繊維の方向で最も強く、直角方向の強度は繊維方向の一五〜二〇分の一程度となります。図の湾曲部材だと、中心付近は強そうですが、端のほうは弱そうです。

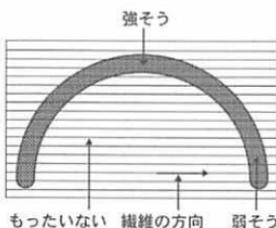
実は木材も、金属のように通直材を曲げて湾曲部材(曲げ木)をつくることができます。曲げ木は資源の有効利用であるばかりでなく、強度的にも優れています。それでは、木を曲げてみましょう。

まず、曲げやすくするため、木材を柔らかくします。乾燥された木材は堅く、大きく曲げようとすると、ポキッと折れてしまいます。しかし、木材は、水分を含むと少し柔らかくなり、加熱するともっと柔らかくなり、折れるまでの曲がり方が大きくなります。最近の研究で、水分を含んだ木材を電子レンジでチン/すると、煮沸や蒸煮する場合よりも、もっと柔らかくなることかわかっています。

材料を曲げようとすると、外側が伸び、内側が縮もうとします。木材は、柔らかくしても、伸びにくく縮



トーネットを用いて木を曲げる



曲げ木を用いた椅子

みやすい材料なのです。そこで、外側を伸ばさず内側を縮めることによって曲げるために、トーネットと呼ばれる道具を用います(写真左)。トーネットは、曲げようとする材料の外側に鋼の薄板を沿わせることによ

って、外側が許容以上に伸びないように工夫されています。この道具は、ミハエル・トーネット(一七九六年プロシア生)によって考案され、「トーネット」は現在でも、曲げ木を用いた椅子の代名詞になっています。

曲げただままで乾かすと、形が一時的に固定されます。濡れた髪の毛をカーラーに巻き、ドライヤーで乾燥すると、カールされるのと同じ原理です。しかし、きれいにセットされた髪の毛も、お風呂でシャンプーすると真つすぐに戻ってしまいます。曲げ木も同様に、濡れると変形が回復してしまいます。曲げ木を用いた家具では、主に、そのデザインによって、変形が拘束されるように工夫されています。そのほか、変形固定処理(二〇二ページ)を行うこともあります。

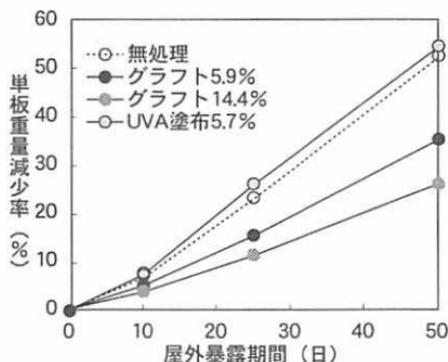
(井上雅文)

UVケアで美しさを保つ

我が国では白木は神聖なものと考えられており、今でも美しい色調や木理が見える無塗装の木材に人気があります。また、最近ではデッキやサッシのようなエクステリアにも木材を使用する機会が増えてきました。が、内装と同様に木材の持つ色調や木理が屋外でも期待されています。しかし、木材は太陽光により分解されやすい化学構造を持っているため、屋外では光劣化が生じ、さらにカビなどによって灰色に変色してしまいます。これは、私たちが海水浴で日焼けするのと似ています。また、木材の色調を保持するために透明系の塗料で塗装することもあります。一年から二年で塗膜劣化が生じてしまいます。透明塗装では、塗膜を透過した太陽光により木材表面が光劣化するため、塗膜は短時間で剥がれてしまいます。つまり、どんなに耐候性の高い透明系塗料を用いても、木材表面の耐光性を上げなければ塗装はもたないのです。

光劣化を防ぐには、着色系塗料で塗装するなど、木材表面への太陽光を遮蔽する必要があります。日焼けに例えれば、日焼け止めオイルを塗るか長袖シャツを着ることになるのですが、オイルも透明なものも効果が低く、白色のものほど効果は高いようです。木材も、着色系塗料で塗装されたものは屋外でも高い耐候性を示しますが、残念ながら木材の美しい木理や色調は隠されてしまいます。

さて、プラスチックの多くも光劣化しやすい材料ですが、紫外線吸収剤などの光安定化剤を添加すること



UVA グラフト処理による透明塗膜の耐候性の向上

によって、耐候性が大幅に向上します。そのため、木材表面をこのような紫外線吸収剤（UVA）で処理すれば、木材の色調を変えることなく表面に到達した紫外線を吸収して、耐光性が向上します。しかしUVAを塗っただけでは雨や水に流されて、長期間の効果は期待できません。そこでUVAを木材成分と結合可能な反応性UVAの形にして、木材に直接結合（グラフトという）させます。そのときUVAは高分子化するため、持続効果も向上します。実は、木材表面は太陽光を吸収するため、逆に紫外線は表面から〇・一程度しか進入できないのです。そのため、木材の光劣化は表面層に限定されます。

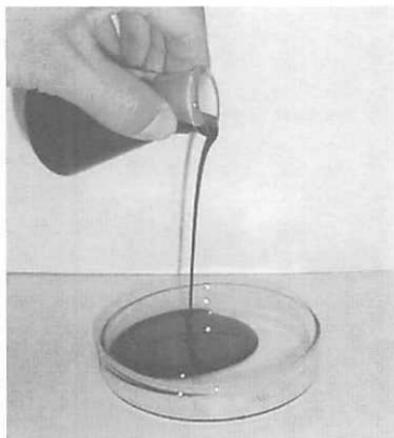
灰色の古い木材をかんなどで削ると、真新しい面が現れることを経験された方は多いと思います。ですから、木材の光劣化を防ぐ処理は表面のみで十分です。そこで、厚さ一ミリの薄い木材に先ほどのUVAをグラフトさせて木材表面に張りつけると、薬剤量の少ないコスト的・環境的にも有利な方法となり、木材の色調を保持しながら木材表面の光安定性を大幅に向上させることがわかってきました。この紫外線吸収剤グラフト処理木材は、無塗装でもある程度の効果が得られますが、これを透明系塗装の下地処理に使用することで塗装の耐候性を向上させることができます。

（木口 実）

溶かしても使えるよ！

木材は天然物としてのさまざまな長所を持ち、それを活かした多様な方法で使われています。一方、プラスチックのような石油化学製品は木材と違って型枠に流し込んで容易に成型加工ができます。その加工性の容易さから、今やプラスチックは多様な形で私たちの生活のなかに入りこんでいます。昔は木製品だった玩具、食器など、さまざまな製品がプラスチックに置き換わってきました。木材のよさを知れば知るほど、この現状には悲しいものがあります。では、本当に木材はプラスチックのように容易に成型加工ができないのでしょうか。いうまでもなく、木材は樹木から切り出した比較的強固な固体です。したがって、削り出したり組み合わせたりの彫塑加工には優れています。液体である石油を原料としたプラスチックのような成型加工は難しいとされてきました。しかし、最近の研究の結果、木材でも容易に成型加工できるようになったのです。なんと！簡単に木材をどろどろに溶かして利用する方法が開発されたのです。

現在、その技術は「木材の液化」として知られています。液化した木材はプラスチックのような樹脂として利用することができます。さらによいことに、原料とする木材は基本的にどんなものでもよく、鋸屑、古紙、建築廃材などの廃棄物を用いることができます。したがって、この技術は木材のリサイクル技術としても期待されています。それでは、いったいどうやってあの固体の木材をどろどろに溶かすのでしょうか。



液化木材

液化処理には、反応を生じさせる液化試薬としてフェノール類や高沸点のアルコール類が用いられます。液化試薬と酸触媒を木粉と混合して一五〇℃程度で反応させると、木粉は完全に黒色のタール状の物質に変わります。この物質は一般の石油由来のプラスチック原料と同様に、成型物やウレタン樹脂などの原料に利用できます。この液化反応は、専門的には「加溶媒分解」という反応に従って生じています。この反応では、木材は分解されて液状物となると同時に液化試薬と反応し、新たな特性を持った有用物質となります。

実は木材を液化する試みは古くは二十世紀初頭から行われていました。当初の主な目的は、木材を液化して液体燃料をつくることでした。しかし、十分な収率は得られず、液化に要するエネルギー量を考えると、

経済的に困難な技術であったようです。一方、現在行われている木材液化はこれとは違い、樹脂原料を得る目的で木材を加溶媒分解する手法なので、ほぼ一〇〇%の収率で効果的に液化物が得られます。この技術が開発されて、木材を容易に溶かして成型加工ができるようになりました。

石油化学製品を再び木材などのバイオマス製品に変えていくことが、未来の地球環境を豊かにする一つのキーポイントではないでしょうか。

(山田竜彦)

木材からつくる液体燃料

太陽の恵みを受けて育った木材をエネルギー源として利用することはできるのでしょうか。薪や炭としての利用はすぐに思いつくでしょう。世界で生産される木材のうち五五％は薪炭用として利用されています。

先進国においても、スウェーデンでは発電や熱源として、エネルギーの一五％を木材を中心とするバイオマスが担っています。また、ちようどお酒をつくるように、微生物を使った発酵により、アルコール（エタノール）をつくることを思い浮かべる人もいるでしょう。ブラジルでは、自動車の約八割がサトウキビの搾り汁を発酵させたエタノール燃料で走っていますし、アメリカでは、トウモロコシのデンプンからつくられたエタノールをガソリンに一〇％添加したガスホールが自動車用の燃料として使われています。

近年、木材のようなバイオマスを部分燃焼させて合成ガスを生成し、この合成ガスから触媒反応でメタノールをつくる方法が開発されました。部分燃焼というのは聞きなれない言葉かもしれませんが、木材を完全燃焼させてしまうと二酸化炭素と水になってしまい、こうなるとアルコールはつくれませんが、水を加え、酸素が十分にはない状態で熱分解させると一酸化炭素と水素ガスを主成分とする合成ガスが生成します。さらに、この一酸化炭素と水素の比率が「 $1:2$ 」となるように調整し、酸化銅、酸化亜鉛系の触媒層に通して反応させるとメタノールができるのです。収率は約五〇％で、一〇トンのバイオマス原料から五トンのメタノールが

生産できると計算されています。直接燃焼によるエネルギー利用ではなくメタノール（液体燃料）にするこの利点は、輸送が容易であり、石油代替エネルギーとして利用できることにあります。

このプロセスは、原理的には古くから知られている方法なのですが、熱分解の際に生じるタールが障害となつて、これまで実用化されてきませんでした。しかし、原料を細かく粉碎し、微粉化することでタールを生じさせずに熱分解することができるようになったことから、実用化への道が大きく開かれました。このバイオマスからメタノールをつくる方法は、坂井正康著『バイオマスが拓く二一世紀エネルギー』（森北出版）に詳しく書かれています。

この方法を用いれば、炭素、水素、酸素からなる植物原料（バイオマス）ならば、どのようなものからでもメタノールをつくることができます。山には、間伐が必要な人工林やかつては薪や炭の原料として活用されてきた里山の広葉樹林など利用できそうな資源がたくさんあるし、稲わらやもみ殻といった農業廃棄物も利用できるでしょう。また、休耕田や耕作放棄地に成長の速い植物を植えれば、エネルギー作物生産も可能です。都市にだって、木質系の建築廃材やリサイクルされない古紙、食品廃棄物など対象となりそうな資源はたくさんありそうです。筆者の試算では、日本でエネルギーとして利用できる森林由来の資源量は年間約四、〇〇〇万トに上ります。バイオマスのエネルギー利用は、これらの資源を収穫し、運搬し、利用できるようなシステムをいかにつくるかということにかかっています。

（原田寿郎）

楽器の響きと静かなドア

木材は楽器の材料としても利用されます。木琴、ピアノ、ギター、ヴァイオリン、クラリネットなど多くの木製の楽器がありますが、そのなかには木琴のように直接たたかれて響くものと、響板や共鳴用ボックスとして利用されているものがあります。いずれにしても、木材が適度に響きやすいことと、その音色のよさのために利用されてきたのでしよう。小生がこれらを演奏することはままならないとしても、名演奏を聴くのは大好きです。元気づけられる音楽もあれば、心をなごませてくれる音楽もあります。

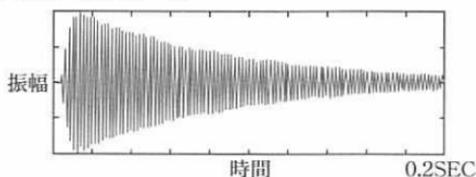
さて、同じように木材から出る音でも、ドアが「ガツシャーン」と閉まる音や二階から響いてくる音はあまり愉快なものではありません。そこで、響きにくい木質材料をつくることを考えてみました。

金属などはよく響きますが、その響きはだんだん弱くなり、いずれその振動は減衰してしまいます。それは振動のエネルギーが熱に変換されて散逸してしまうからです。よく響く材料は振動エネルギーを熱に変換する能力が低く、響きにくい材料はその変換能力が高いのです。接着剤には天然や合成の高分子が多く用いられますが、いわゆるプラスチックと呼ばれる熱可塑性樹脂は一般に、ある温度域で振動エネルギーを熱に変換する能力が高くなる特徴を持っています。その能力や温度域は高分子によって異なりますが、この特性を利用することにより、木材を接着するだけでなく、高い振動減衰性機能を持った面材料をつくることが考

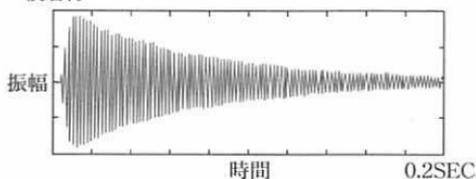
えられます。すなわち、振動エネルギーを主に接着層で熱に変換して散逸させることで、その振動を速く減衰させてしまうのです。そのためにはまず、室温付近でその変換能力の高い高分子を用いることが重要ですが、その能力を十分発揮させるためには振動によるひずみを接着層に集中させる必要があります。

そこで、接着層で熱に変換されるエネルギーを計算し、その値の高い高分子を選んで木材（スプルース）を接着することになりました。その結果、図Cのように非常に速く振動が減衰する材料をつくることができました。

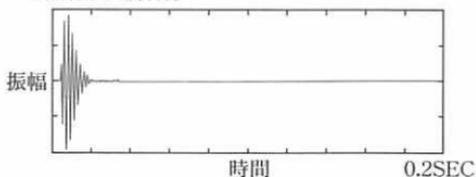
A：木材（スプルース）



B：合板などによく使用されるユリア樹脂で接着した積層材



C：振動エネルギーを熱に変換する能力の高い接着剤で接着した積層材



木材および積層材の振動減衰曲線の比較

ました。Bは合板の製造などによく用いられるユリア樹脂接着剤を用いた積層材、Aは同じ厚さの木材（スプルース）の振動減衰曲線です。

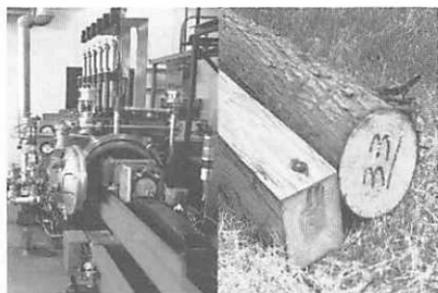
振動減衰性能の高い木質系面材を用いてドアを試作した結果、ノックしたときや閉めたときに速く振動が減衰し、静かなドアをつくることができました。

静かな居住環境で心地よい音楽を聴きたいものですね。
(秦野恭典)

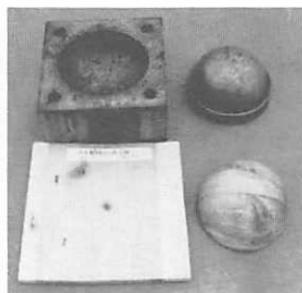
高圧水蒸気は魔法の薬—圧縮で変幻自在

高圧水蒸気を用いた木材の利用技術としては、四六ページで紹介した爆砕処理のほかに、圧縮成形加工があります。針葉樹材は爆砕処理によっても飼料やアルコールへの変換が困難で、間伐材の有効利用が問題でした。針葉樹材は柱材や天井板としてよく使われますが、表面が柔らかいためその用途は限られています。この改質法として一九二ページで紹介したマイクロ波加熱などによる木材の曲げ加工や圧密化が検討されていますが、この変形はドライングセットされているだけで、水と熱によってほぼ元の形に戻ってしまいます。建材や家具などに応用するためにはこの変形を固定する必要があります、そこで開発されたのが高圧水蒸気中での圧縮成形加工です。

高圧水蒸気は水分を含んだ状態で木材を一二〇〜一五〇℃の高温に加熱でき、非常に柔らかくできるため破壊を伴わない大変形が可能になります。例えば、圧縮によって丸太から四角柱や六角柱に成形することができます。さらに、変形した状態で高温高圧の水蒸気（一八〇℃、一〇気圧）で数分間処理すると成形された形を完全に固定でき、熱水で煮沸しても元に戻ることはありません。木材の主要成分で強度を受け持っているセルロースの結晶構造が、高圧水蒸気によって変形された状態で最も安定な構造に組み替えられるために形状が固定されるからです。生材を圧縮すると、木口から樹液が多量に絞り出されます。これによって乾



木材の圧縮成形加工装置と成形角材



板からおわん状への圧縮成形

燥が容易になり、背割りや人工乾燥をしなくても、乾燥割れが生じません。最終仕上げは樹皮を除く程度の切削または研磨でよく、樹皮の凹凸が木目に反映して、細い間伐材からでも屋久杉や神代杉のような年輪の詰まった美しい木目が得られます。樹液からはグルコースや樹種特有の抽出成分などの有用な化合物が多く得られます。

スギのような軟質材を二分の一程度に圧縮することにより、硬質広葉樹と同程度の比重および表面硬度を持った材に改質でき、机などの天板や床材への利用が可能です。また敷居、鴨居やレリーフなどの圧縮加工、おわんなどの三次元曲面曲げ加工など種々の形状への成形加工が可能です。木材を強く水蒸気処理すると着色しますが、家具材としては高級感を増します。これは主としてヘミセルロースの一部が分解されてフルフラール類が生じ、重合することによって着色物質に変わることによりです。フルフラール類はまた抗菌性を示し、木材腐朽菌などの菌糸の成長を抑制します。

高温高圧の水蒸気は、木材の乾燥、着色、防腐・防虫や接着などいろいろな加工を可能にする魔法の薬です。

(棚橋光彦)

森の精気を二酸化炭素で取り出す

二酸化炭素は、水と同じように生物にとって必要不可欠な物質です。しかし文明社会が生み出す二酸化炭素量は年々増加し、最近では地球温暖化の原因の一つといわれて地球規模の問題になっており、さまざまな低減化対策が考えられています。その一つとして、二酸化炭素の直接的な利用があります。二酸化炭素の使用量が増加している間は貯蔵の役割をすることになり、二酸化炭素の使用が増加すれば地球温暖化を遅らせるのに多少の貢献も果たすと考えられるからです。そのようななかで二酸化炭素の新しい利用法として、有効成分の抽出などが注目されています。

現在、植物に含まれる有効成分を直接溶剤で抽出しているものが多くありますが、最も身近なものとして香りの主体をなす精油類があります。一般的に精油類は揮発性が高く、熱や溶剤によりさまざまな変質を受け、従来の抽出方法では成分組成のバランスが変化したりするため、構成割合がそのままのバランスで抽出でき、変質を受けない理想的な方法が求められました。

このようなことから最も注目されている技術が超臨界状態の二酸化炭素を用いる抽出方法です。超臨界とは物質の圧力と温度がある値（臨界点）以上の状態を示し、そのときの状態は液体でもなく気体でもない第四の状態であるといわれています。超臨界状態は水や二酸化炭素などほとんどの物質に存在しており、特に

二酸化炭素では温度が三一・一℃、圧力が七五・二kgf/cm²以上であれば超臨界状態になります。室温より少し高く、圧力も比較的高くない状態で超臨界状態にできることは、熱に弱い物質の抽出に適しており、また抽出後二酸化炭素の抽出物への残留性が全くないなど操作性やコスト面でも有利に働きます。超臨界二酸化炭素の抽出媒体としての特徴は、液体の利点である溶解力や気体の利点である拡散性、浸透性を兼ね備え、また圧力と温度を自由に変化させることによって物質の抽出選択性を向上させることが可能なことであり、これまでに食品や医薬品などさまざまな分野で利用されています。

森林の精気「フイトンチッド」は樹木が生産する精油類が主体であり、これまでの研究で抗菌性、殺虫性など多種類の機能が認められています。超臨界抽出の結果、従来法で得られた精油類に比べ、樹木本来の香りに類似した成分や活性の高い成分が抽出でき、また樹木成分のなかに含まれる単独で利用価値の高いヒノキチオール、カンファー、フェルギノール、アビエノール、マルトール、バクリタキセルなどの物質も超臨界二酸化炭素によって選択的に抽出できることがわかっています。

以上のように超臨界抽出技術を利用すると森林資源に含まれる有効成分を効率よく利用でき、また環境問題が重要になる今日、従来の有機溶媒に代わる代替溶媒として使用される可能性があり、超臨界流体を利用する技術は、森林資源の有効利用とともに環境問題に貢献する環境保全型技術として、今後ますます注目されることでしょう。

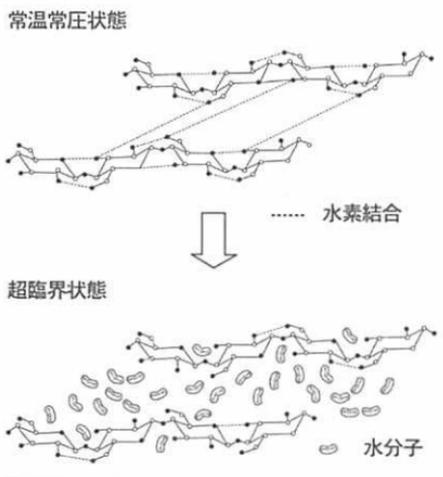
(大平辰朗)

超臨界水はなぜ木を分解できるのか

地球上に存在する唯一の天然の溶媒である水は、温度や圧力条件によって、氷（固体）、水（液体）、水蒸気（気体）の三態を形成します。これら三態のいずれでもない、臨界点（臨界温度 1137.4°C 、臨界圧力 218.1MPa ）以上で、高密度に圧縮された水を超臨界水といいます。

水は極性の大きな物質であるため、常温では無極性あるいは弱極性の炭化水素化合物や気体をほとんど溶解しません。しかし超臨界状態では無極性へと変化し、温度と圧力を制御することで、その溶媒特性を大幅に変化させることが可能です。この性質は水の持つ特異性によるもので、誘電率からみた場合、常温常圧の 80°C 程度から臨界温度近傍では 2 から 20 程度となり、いろいろな気体や炭化水素化合物、芳香族化合物などの無極性有機化合物をも完全に溶解します。また水のイオン積は、常温常圧では $1 \times 10^{-14} [\text{mol/L}]^2$ ですが、超臨界状態でイオン積が増大して酸性となり、酸加水分解の反応場が形成されます。さらに、常温常圧での水に形成されている水素結合によるクラスター構造は、超臨界状態ではなくなり、ほとんど水素結合が存在しない状態となります。

このような超臨界水の中に木材がほうり込まれると、どのようなようになるのでしょうか。セルロースは、ブドウ糖（Dケルコース）が β -1、4グルコシド結合した直鎖状の高分子であり、分子鎖間および分子鎖内



で無数の水素結合を有するミセルを形成しているため、多くの溶媒に不溶で安定です。しかし近年、セルロースが超臨界水による数秒の処理で、効果的にグルコースにまで加水分解されることが明らかになりました。この結果は、前述の誘電率やイオン積に起因することが大きいのですが、これ以外に、セルロース分子内に多数存在する水素結合が超臨界状態で解裂し、図に示すように、セルロース分子鎖が骨抜き状態となり、さらに気体のように低粘度かつ高拡散性で、液体のように高密度な超臨界水が、セルロース分子鎖内に拡散し浸透して、効果的にエーテル結合を酸加水分解するためであると説明できます。

さらに、木材中のリグニンはフェニルプロパン単位から構成される複雑な三次元の網目構造を形成していますが、その結合様式は大きく分けてエーテル型と縮合型の二種類です。これらの結合のうち、エーテル結合は超臨界水によって容易に分解されて低分子化し、超臨界水に可溶化することが近年明らかとなりました。

これらのことから、超臨界水によるバイオマスの有用ケミカルスへの化学変換が、二十一世紀における「ポスト石油化学」への一方策として注目されています。

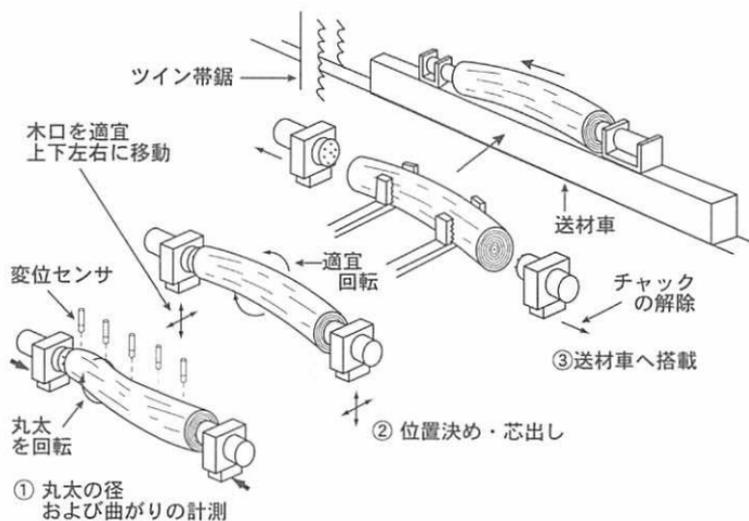
(坂 志朗)

ノーマン製材

製材においては輸入製材品や代替製品との競合、熟練作業員の高齢化、若年就業者の減少などの問題に対処するため、生産の能率化、加工コストの低減化、省力化などを目指した機械の開発や製材システムづくりが強力に進められてきました。

一般的な形質のスギなどの針葉樹丸太の製材においては、無人機と呼ばれるコンピュータ制御のツイン帯鋸盤が広く使われるようになってきました。この機械は、丸太の太さ、曲がり、曲がりの位置などその形状を自動的に計測し、この情報に基づいてあらかじめ用意してある数百種類もの木取りパターンの中から製材品の生産量を最大にする最適木取りパターンを選定して製材を行います。この機械を中心とする搬送設備、製品の仕分け工程、結束工程などを自動化した一連の製材システムは、基本的に作業員の介在しないシステムづくりが狙いになっているため、一般にノーマン製材と呼んでいます。このシステムの導入によって生産性が大きく向上し、省力化、加工コストの低減化、製材品の均一化が図られ、また工場の作業環境が改善されてきました。一方で大量の丸太の安定確保や製品販路の拡大などが重要になってきました。

ところで、製材機械の開発は自動化、省力化、作業の安全化、能率化、加工コスト低減化、加工精度向上、歩留まり最大化などを目標にして進められてきましたが、これからは製材品の付加価値最大化を目標にした



ノーマンツイン帯鋸盤の製材方式

製品づくりができる機械の開発や製材システムづくりが求められるでしょう。このためにはコンピュータを用いた製品品質評価技術の開発が特に重要になってきます。これによって挽き材面の美観が的確に評価できるようになるでしょう。従来、製材においては、天然の素材である原木の形質を極力活かし、人間感覚に調和する微妙な味わいを有する製材品をつくってきました。製材木取りは、高級魚から刺身をつくる板前さんのような、経験や勘に基づく高度に熟練された職人芸の技術に大きく依存してきました。このような技術を活かして人間感覚に調和する製品づくりを進めていくために、二十一世紀の製材においては、人と機械と自然が共存できる快適作業環境創出型および地球環境調和型のノーマン製材システムのあり方を模索していかなくてはならないでしょう。

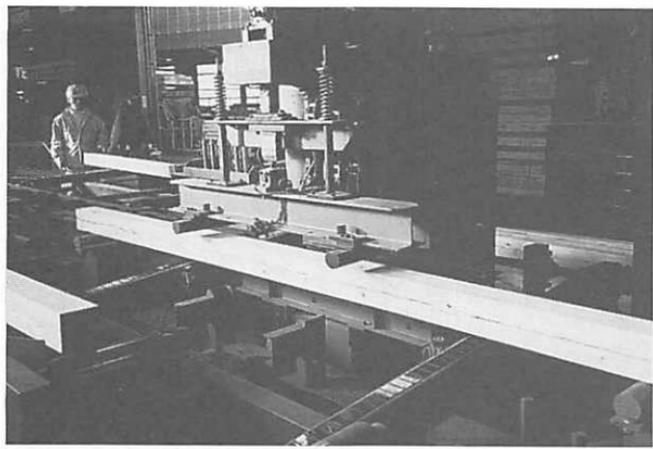
(藤原勝敏)

機械によるグレーディング

木材の強度のバラツキを減少させる方法として、二つの「強度等級区分法」があることは八二ページにおいて説明しました。ここでは、特に今後普及していくことが期待される「機械による強度等級区分法」の原理と現状についてお話しします。

この等級区分法は、機械（グレーディングマシン）によって非破壊的に測定されるヤング係数をパラメータとして、木材を強さ別に仕分ける方法です。ヤング係数とは、木材に対して圧縮荷重、引張り荷重、曲げ荷重を負荷した際に生じる変形（縮み、伸び、たわみ）のしにくさを表す物性値であり、変形によって構造計算を行う場合、不可欠なものです。また、ヤング係数は強さと統計的に高い相関関係にあり、ヤング係数が大きくなるのに伴って、強さは直線的に増加していくことが認められています。この知見を応用したのが「機械による強度等級区分法」です。特に、節や目切れなどの欠点を観察することによって評価する「目視による強度等級区分法」に比べて、高い精度で木材を強さ別に仕分けることができます。

ヤング係数を測定する一般的なグレーディングマシンとして、木材に対して一定の静的な曲げ荷重を負荷し、荷重とそれに対応するたわみから曲げヤング係数を算出する機械があります。この機械には連続式とパツチ式（写真）の二種類の形式があり、前者は枠組壁工法構造用製材や集材用ラミナ（ひき板）などの厚



さの狭い断面の製品に用いられ、後者は断面寸法の大きな在来軸組工法用製材に対して用いられます。そのほか、動的にヤング係数を測定する方法として、木材の木口をハンマーで打撃することによって縦振動を与え、発生する音の固有振動数と密度によって算出する方法（縦振動法）や、木口面間、すなわち木材中の軸方向に伝わる弾性波や超音波の音速と密度によって算出する方法（応力波法）などがあります。

現在、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」に対応するグレーディングマシンとして、曲げ荷重方式が七機種、縦振動方式が四機種、合計一一機種が（社）全国木材組合連合会によって認定されています。しかしながら、我が国における製材品に対応したグレーディングマシンの普及率は低く、現在流通している製材品は「目視による等級区分法」によって仕分けられたものがほとんどです。今後、木材の強さを効率的に利用するためにも、ひいては木質構造物の構造安全性を高めるためにも「機械等級区分製材」の普及が望まれます。

（長尾博文）

人工乾燥のコストダウン

木材を乾かさないう住宅や家具に使用すると、収縮や変形が生じていろいろな不具合が発生することになります。不具合を防止するためには、適正な含水率にまで十分に乾燥させる必要があります、主に乾燥施設を使って人工的に行っています。乾燥方法にはさまざまなものがありますが、蒸気式乾燥機のように木材を加熱して乾かす方法が一般的です。そのため、施設設備の購入費、施設を運転するための電気や燃料代、さらに操作を行うための人件費といった乾燥経費が必要になります。また、施設設置のための土地代や不良品発生によるロスなども間接的に乾燥コストにかかわってきます。

単位の木材水分を取り出し乾かすために必要なエネルギーは決まっているため、スギのように生材含水率が高い樹種ほど、乾燥に手間とエネルギーを要します。したがって、装置からの熱ロスを少なくして装置のエネルギー効率を上げたり廃熱を利用したりするなどして、エネルギー消費の無駄をできるだけ省く必要があります。廃材の利用や天然乾燥の活用によって燃料代を節約することもコストダウンに役立ちます。製品の品質と歩留まりを向上させ、その結果としてコストダウンを図るという考え方もでき、例えば、高周波加熱乾燥法では、エネルギー費は高くなりますが、欠点の発生が少なく速く乾燥でき、歩留まりも向上します。乾燥材生産において許容しうるコストは生産量や目的によって異なりますが、品質を担保したうえで

工程	技術の現状	乾燥効率化に必要な技術
原木丸太の選別	重量選別、形質選別	含水率、密度等の材質の非破壊評価技術
↓		
原木処理	葉がらし、燻煙熱処理	乾燥割れ防止技術、成長応力除去技術、予備乾燥、原木乾燥
↓		
製材	ツインバンド	乾燥歩留まり向上のための木取り技術
↓		
製材の選別	重量選別	乾燥性による選別の効率化技術、生材の水分測定技術
↓		
前処理	蒸煮減圧処理、過熱蒸気処理、天然乾燥、予備乾燥、インサイジング	割れ防止技術、個体間の初期含水率の均一化技術
↓		
仕上げ乾燥	蒸気式、除湿式、高周波・熱風複合式、高周波減圧、燻煙乾燥など	省エネ化、高速化、割れの低減、含水率の均一化技術
↓		
乾燥材の選別	含水率計	構造用材の高精度含水率測定技術、品質評価技術

乾燥材生産のための工程と効率化への課題

コスト低減策が必要です。

特に生材含水率のバラツキが大きすぎでは、乾燥のエネルギー効率を上げることがもちろんコストダウンには不可欠ですが、一方で乾燥材生産フロー全体のシステムアップも大切です。原木段階や乾燥前の含水率選別が乾燥の効率化と仕上がりの均一化とに役立ち、乾燥材の適正な品質管理は製品の付加価値向上につながっています。積積み・棧ばらしなどの周辺操作の省力化も、コスト低減には欠かせません。

図に各プロセスの技術の現状と課題とを示しましたが、原木丸太の選別から製材、乾燥工程、製品品質の評価に至るトータルプロセスとしての乾燥の効率化が、今後いっそう重要になるものと思われまます。

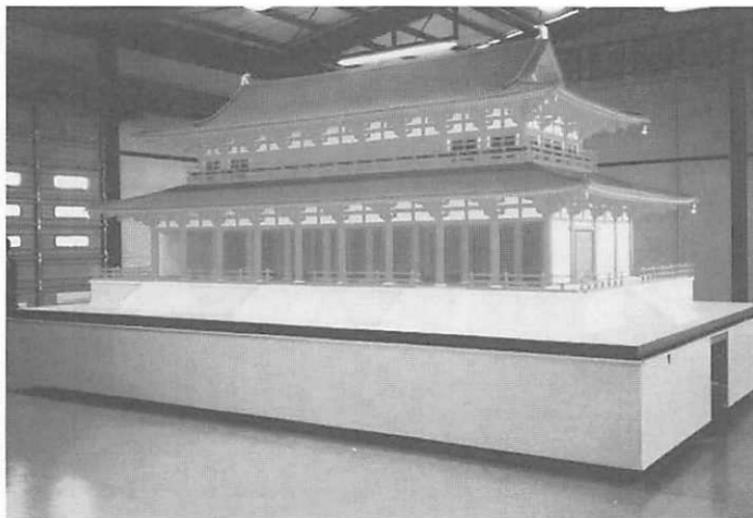
(黒田尚宏)

耐震テスト最前線

平成一〇年にでき上がった奈良平城宮跡の南門、朱雀門すざくもんは、平城京が造営された七一〇年当時の形をそのままに復元された木構造物です。しかし復元とはいえ、現代に新築されたこの門は、現代的な安全性と耐震性が必要と判断されたので、その内部ではさまざまな工夫が施されました。

その一つは、長さ約五メートル、直径七〇センチを超える太い柱の間にある、三〇センチほどの厚い土塗り壁の中に埋め込まれた木格子とステンレスボックスによる耐震壁です。現存する法隆寺や発掘された遺跡調査から推定すると、奈良時代当時につくられた土壁の姿は、割り裂いたヒノキを縦横に組み合わせ、藤のつるでそれを縛り、稲わらをすき込んだ土を幾重にも塗り重ねてつくられたと推定されています。土壁は現代でも使われている耐震構造要素ですが、加力実験されたことのある厚さ七センチほどの住宅用の土壁と同じ働きを、このように巨大で厚い土壁が果たして正しく機能してくれるものなのか、実証されていませんでした。そのため、苦心して考案された耐震壁がこれだったのです。

平城京は平成二二年（二〇一〇年）に遷都千三百年を迎えます。これを記念して行う祭事を、平城宮の中心施設、大極殿だいごくでんを復元して、そこで行う計画が現在進行中です。朱雀門の復元ではあまりにも現代的に耐震的な解決をしてしまった反省から、より創建当時の姿を復元し、その構造様式の秘密にまで踏み込んだ、実



平城宮跡大極殿復原模型

大の構造実験を行いました。その結果、推定された奈良時代当時の巨大で厚い土壁は、正しく機能することが確かめられました。そして、瓦をふいた屋根の重さと太い柱の組み合わせによって生じる傾斜復元力との組み合わせによって、非常に高い耐震性能を持つ構造体が奈良時代に完成していたことが実証されたわけです。

小さな地震や台風には強い土壁が踏ん張り、大きな地震には土壁が崩れてエネルギーを吸収しつつ、その中の骨組が大きく変形し、地震後に柱の傾斜復元力によってまた元の形に戻るといふ、多段階の仕組みです。そのうえ、積み木のように組み上げられた木の架構は、大きな地震の後も木材の痛みが少なく、土壁などを手直しするだけで元どおりになるといふ非常に賢い仕組みでもあります。木との長い歴史のなかでつくられた日本の木構造には、まだまだ秘密がありそうです。

(軽部正彦)

歴史的木製品を保存する超臨界乾燥

長い間水に浸った状態にあって出土された木製品は、当時の人々の生活などを知らうる重要な文化財であり、出土したときの状態で保存される必要があります。現在の保存処理の主流はというと、まず出土試料を順次高濃度のPEG水溶液に浸漬させ、木材組織内の水を浸透圧を駆動力としてPEG水溶液と置換させます。これが含浸過程で、その後自然乾燥あるいは真空凍結乾燥を行って水分を除去します。こうすることで、長年の水浸で加水分解・脆弱化した木材組織を補強し、保存、保管に耐えうる強度を与えるわけです。

この方法は、汎用性も高く実績も十分といえますが、課題がないわけではありません。まず、非常に時間がかかること、例えば二〇％程度の「しゃもじ」で約半年といわれています。また処理中に寸法変化が微小ながら避けられません。処理時間が長いのは、PEG水溶液の含浸工程で物質拡散が遅い液相が利用されているためで、寸法変化は乾燥の際に蒸発などの相変化に伴う界面応力が発生するためです。

そこで、これらの課題をクリアできるような新しい方法が要望され、多くの研究がなされています。とはいえ、相手が文化財となれば、手法としての確立、実績の蓄積が必要であり、簡単ではありません。

その新しい手法の一例として、我々は超臨界二酸化炭素抽出の適用性について検討しています。超臨界流体は、物質の固有点である気液臨界点を越えた非凝縮性流体と定義されます。二酸化炭素の場合には、臨界

点は三二°C、七三気圧で、三二°C以上ではいくら圧縮しても凝縮、液化は起こりません。超臨界状態の流体は熱運動と分子間力が拮抗しており、液体のような物質を溶かす性質と気体の拡散性の両者を併せ持っています。しかも、密度などの溶媒としての性質を大幅かつ連続的に調整することができます。この超臨界流体を乾燥に用いると、温度・圧力条件によっては、試料中に残存する溶媒を完全に溶解して均一相を形成することができなのです。この場合、乾燥工程では蒸発などの相変化はなく、ただ超臨界相中の溶媒濃度を徐々に小さくしていけばよいこととなります。したがって、乾燥における収縮などの寸法変化の可能性は極めて低いこととなりますし、また超臨界二酸化炭素は分子量が一、〇〇〇程度のPEGや高級脂肪酸をわずかながら溶解することもできるので、乾燥とPEGなどによる繊維の補強および保存も一連操作としてできる可能性があるわけです。ただし、問題は超臨界二酸化炭素への水の溶解性が極めて低いため、効率的乾燥のためには前処理として水をアルコールなどの二酸化炭素と親和性の大きな溶媒に置換する必要があります。これまでの実験結果によれば、乾燥では寸法変化を二〜三%程度に抑えることができることがわかってきました。今後は、繊維強化法ならびに溶媒置換の試料木組織への影響などを調べる必要があるでしょう。

ここで紹介した方法はまだ検討中のものですが、出土木製品のみならず、基本的には生木の乾燥処理にも適用できる可能性があります。興味のある方は、超臨界流体の可能性にぜひトライしていただきたいと思えます。

(猪股 宏)

さらに勉強したい方のために—参考図書

第1章

- 須藤彰司 (1997) カラーで見る世界の木材200種、産調出版
- 木材利用推進中央協議会編 (1986) 写真と図面で見える「木」の施設、木材利用推進中央協議会
- 村島由直・荒谷明日兒 (2000) 世界の木材貿易構造、日本林業調査会
- 外崎真理雄 (1999) 環境材料としての木材(月刊「木材工業」11月号)、日本木材加工技術協会
- 藤森隆郎監修 (2000) 陸上生態系による温暖化防止戦略、博友社
- 熊崎 実 (2000) 木質バイオマス発電への期待(林業改良普及双書Z-0135)、全国林業改良普及協会
- 小宮山 宏 (1999) 地球持続の技術、岩波新書
- 秋山俊夫編 (1998) 木材のリサイクル(木を生かすシリーズ5)、産調出版
- 大原誠資 (1999) 樹皮及び抽出成分の利用技術(日本木材学会第6期研究分科会報告書)、日本木材学会
- 木材活用事典編集委員会編 (1994) 木材活用事典、産業調査会
- 立本英機 (1997) おもしろい活性炭のはなし、日刊工業新聞社
- 岸本定吉編 (1999) 炭・木酢液の利用事典、創森社
- 平岡正勝・岡島重伸 (1998) 廃棄物処理におけるダイオキシン類削減対策の手引き、環境新聞社

第II章

- 住友林業フォレストリーフオーラム事務局 (1998) 自然の恵みを語る、グリーンウインス叢書
- 岡野 健他 (1995) 木材居住環境ハンドブック、朝倉書店
- 大澤 光編著 (2000) 「印象の工学」とは何か、丸善フラインेट
- 谷田貝光克 (1995) 森林の不思議、現代書林
- 京都大学木質科学研究所創立50周年記念事業会編 (1994) 木のひみつ、東京書籍
- 石井 忠・松永駿朗 (1999) 植物必須元素のホウ素は細胞壁ペクチンを架橋している(「研究ジャーナル」3月号)、農林水産技術情報協会
- 原口隆英他 (1985) 木材の化学、文永堂出版
- 中野準三 (1990) リグニンの科学(増補改訂版)、ユニ出版
- 高橋信孝他 (1996) 新版 農薬の科学、文永堂出版
- 大原誠資 (2000) 抽出成分の利用技術—タンニン類の利用(ウッドケミカルの最新技術第6章2節)、シーエムシー
- IAWA委員会編集、日本木材学会組織と材質研究会日本語版監修 (1998) 広陽樹材の識別 IAWAによる光学顕微鏡的特徴リスト、海青社
- 日本材料学会木質材料部門委員会編 (1982) 木材工學辞典、泰流社
- 稲本 正 (1985) 森林の研究—木は生きている、あかね書房
- いさわゆうこ・大滝玲子 (1995) どんぐりノート、文化出版局

安部琢哉 (1996) シロアリの生態—熱帯生態学入門—, 東京大学出版会

第三章

新建新聞社編 (1997) 和風住宅—本物の和風住宅をお考えの方に、新建新聞社

佐々木 英 (1986) 漆芸の伝統技法、理工学社

上田弘一郎 (1979) 竹と日本人、日本放送出版協会

劍持 仁他 (1986) 家具の事典、朝倉書店

岡野 健 (1988) 木材のおはなし、日本規格協会

今泉清暉 (1992) 楽器の辞典「弓」、東京音楽社

今泉清暉・宇都宮誠一 (1982) 楽器の事典「ピアノ」、東京音楽社

浅野猪久夫編集 (1984) 木材の事典、朝倉書店

k k リットーミュージック編 (1999) STICK! STICK! STICK! 「リズム&ドラム・マガジン」11月号、k k リットーミュージック

村上 豊 (1998) 科学する野球—打撃編—、ベースボールマガジン社

宮崎良文 (1998) 森の香り、フレグランスジャーナル社

世界文化社編 (1996) サンプルムとテラス (HOME IDEAS 4)、世界文化社

日刊木材新聞社編 (1987) 木質建材入門、日刊木材新聞社

上村 武編著 (1996) 木材の知識 (改訂第4版)、財団法人経済調査会

林業科学技術振興所編 (1999) ウッドチップ新用途—こんなに役立つ木のチップ—、林業科学技術振興所
大林組プロジェクトチーム (1997) 古代出雲大社の復元、学生社

第IV章

善本知孝 (1983) 木材利用の化学、共立出版

大木健司・八木和久 (1993) 洗浄の基礎知識、産業図書

樺山紘一他 (1999) 火の百科事典、丸善

建築知識編 (1996) 木のデザイン図鑑、建築・インテリア・家具、建築知識

山田雅三編集 (1978) 木材加工、開隆堂

村田光司他 (1995) 新しい木質建材、日刊木材新聞社

建築知識編 (1996) スーパームック「地震に強い木造住宅」の設計マニュアル、建築知識

川村二郎編著 (1998) 木造建築での木の塗装、産調出版

西村利明・柳田昭雄編著・児島修監修 (1993) やさしい塗料読本 塗装編、関西ペイント株式会社

農商務省山林局編纂 (1982) 木材の工芸的利用(復刻版)、林業科学技術振興所

日本木材保存協会編 (1998) 木材保存学入門(改訂版)、日本木材保存協会

坂 志朗 (1997) チョウと環境(「近畿化学工業史」49(3))

薄木征三 (1995) 近代木橋の時代、龍源社

龍源社編 (1997) 大館樹海ドーム—雪国に架ける世界最大級の木造架構—、龍源社

第V章

- 森田 昭他 (2000) 生物系廃棄物資源化・リサイクル技術、エヌ・ティー・エス
- 林 知行編 (1998) 高信頼性木質建材「エンジニアードウッド」、日刊木材新聞社
- 谷田貝光克監修 (1993) 森林の力―現代の「森の生活」を考える―、現代書林
- 木質新素材ハンドブック編集委員会編 (1996) 木質新素材ハンドブック、技報堂出版
- 坂 志朗 (2000) 超臨界水による木材の化学変換(機関紙「APAST」35号)、森林・木質資源利用先端技術推進協議会
- 伊神裕司 (1999) 最新木材工業事典、日本木材加工技術協会
- 日本木材学会編 (1991) 木材の工学、文永堂出版
- 寺澤 真 (1994) 木材乾燥のすべて、海青社
- 坂本 功 (2000) 木造建築を見直す(岩波新書新赤版672)、岩波書店
- 杉山英男 (1996) 地震と木造住宅、丸善
- 斎藤正三郎監修 (1996) 超臨界流体の科学と技術、三共ビジネス(仙台)

編集委員・執筆者一覧（五十音順） 執筆者

編集委員	執筆者
岡野 健	安部 久
大平 辰朗	荒谷明日兒
片岡 厚	飯島 泰男
外崎真理雄	伊神 裕司
長尾 博文	石井 忠
西村 勝美	石井 誠
	石川 敦子
	石原 光朗
	井上 明生
	井上 雅文
	猪股 宏
	上杉 三郎
	海老原 徹
	大越 誠
	大谷 義一
	大原 誠資
	大平 辰朗
	大村和香子
	岡田 直紀
	岡野 健
	奥 裕之
	片岡 厚
日本木材総合情報センター木のなんでも相談室室長	森林総研木材利用部組織研究室主任研究官
森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室主任研究官	日本木材総合情報センター情報主幹
研究官	秋田県立大学木材高度加工研究所教授
森林総研木材化工部耐候処理研究室主任研究官	森林総研木材利用部製材研究室主任研究官
森林総研木材利用部物性研究室室長	森林総研生物機能開発部樹木生化学研究室室長
森林総研木材利用部材料性能研究室室長	北海道立林産試験場企画指導部企画課長
日本住宅・木材技術センター研究開発部長	森林総研木材利用部乾燥研究室
	森林総研木材化工部酵素利用研究室室長
	森林総研木材化工部接着研究室室長
	京都大学木質科学研究所助手
	東北大学工学部超臨界溶媒工学研究センター教授
	森林総研木材化工部難燃化研究室室長
	森林総研木材化工部部長
	森林総研木材化工部耐候処理研究室室長
	森林総研森林環境部気象研究室室長
	森林総研木材化工部成分利用研究室室長
	森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室主任研究官
	研究官
	森林総研木材化工部防霉研究室
	森林総研木材利用部材質研究室主任研究官
	日本木材総合情報センター木のなんでも相談室室長
	日本体育施設株式会社営業取締役
	森林総研木材化工部耐候処理研究室主任研究官

- 加藤 厚 森林総研木材化工部抽出成分研究室室長
 加藤 英雄 森林総研木材利用部材料性能研究室
 金谷 紀行 森林総研次長
 神谷 文夫 森林総研木材利用部構造利用科科长
 軽部 正彦 森林総研木材利用部接合研究室主任研究官
 川村 二郎 川村木材塗装技術事務所所長
 河村 文郎 森林総研木材化工部難燃化研究室
 木口 実 森林総研木材化工部耐熱処理研究室主任研究官
 木下 稔夫 東京都産業技術研究所主任技術員
 木下 敘幸 島根大学総合理工学部材料プロセス工学科教授
 木村 志郎 名古屋大学大学院生命科学研究科教授
 久保島吉貴 森林総研木材利用部物性研究室
 黒田 尚宏 森林総研木材利用部乾燥研究室室長
 小谷 公人 大分県産業科学技術センター別府産業工芸試験所
 主任研究員
 西條 博之 神奈川県産業技術総合研究所分子工学部表面技術
 チームリーダー
 齋藤 周逸 森林総研木材利用部乾燥研究室主任研究官
 坂 志朗 京都大学大学院エネルギー科学研究科教授
 櫻川 智史 静岡県静岡工業技術センター地域産業技術部工芸
 技術スタッフ副主任
 信田 聡 東京大学大学院農学生命科学研究科助教
 波澤 龍也 森林総研木材化工部複合化研究室主任研究官
 島田 謹爾 森林総研木材化工部成分利用科科长

鈴木 勉	北見工業大学工学部化学システム工学科教授
棚橋 光彦	岐阜大学農学部生物資源利用学科教授
外崎真理雄	森林総研木材利用部物性研究室室長
富村 洋一	森林総研木材化工部木材化学研究室主任研究官
長尾 博文	森林総研木材利用部材料性能研究室室長
仲村 匡司	京都大学大学院農学研究科森林科学専攻講師
西野 吉彦	島根大学生物資源教育研究センター森林科学部門 助教授
西村 勝美	日本住宅・木材技術センター研究開発部部長
能城 修一	森林総研木材利用部組織研究室室長
野村 隆哉	京都大学木質科学研究所助手
葉石 猛夫	元森林総研木材利用部構造利用科長
秦野 恭典	森林総研木材化工部複合化研究室室長
林 知行	森林総研木材利用部接合研究室室長
林 雄嗣	東京オペラシティ設計共同企業体所長
原田 寿郎	森林総研木材化工部難燃化研究室主任研究官
原田 真樹	森林総研木材利用部接合研究室主任研究官
番匠谷 薫	広島大学教育学部教授
平松 靖	森林総研木材利用部集成加工研究室
藤井 智之	森林総研企画調整部海外森林資源保全研究チーム チーム長
藤本 清彦	森林総研木材利用部機械加工研究室
藤原 勝敏	森林総研木材利用部製材研究室室長
藤原 健	森林総研木材利用部材質研究室主任研究官

古澤富志雄	職業能力開発総合大学校造形工学科助教
眞柄謙吾	森林総研木材化工部木材化学研究室主任研究官
松井直之	森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室
松井宏昭	森林総研木材化工部化学加工研究室室長
松永正弘	森林総研木材化工部化学加工研究室
宮崎良文	森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室室長
宮武敦	森林総研木材利用部集成加工研究室主任研究官
三輪雄四郎	森林総研企画調整部研究情報科科长
村瀬安英	九州大学農学部生物資源環境学科教授
桃原郁夫	森林総研木材化工部防霉研究室主任研究官
森川岳	森林総研木材利用部木質環境研究室
谷田貝光克	東京大学大学院農学生命研究科農学国際専攻教授
山田竜彦	森林総研木材化工部接着研究室
山本幸一	森林総研木材化工部防霉研究室室長

森林総研—農林水産省森林総合研究所

ウッドデイルライフを楽しむ101のヒント

二〇〇一年二月十五日 初版発行

編集・発行 社団法人 日本林業技術協会

〒一〇二一〇〇八五 東京都千代田区六番町七

電話 〇三―三二六一―五二八一(代)

振替 〇〇―三〇―八一六〇四四八

印刷・製本 東京書籍印刷株式会社

会員用

