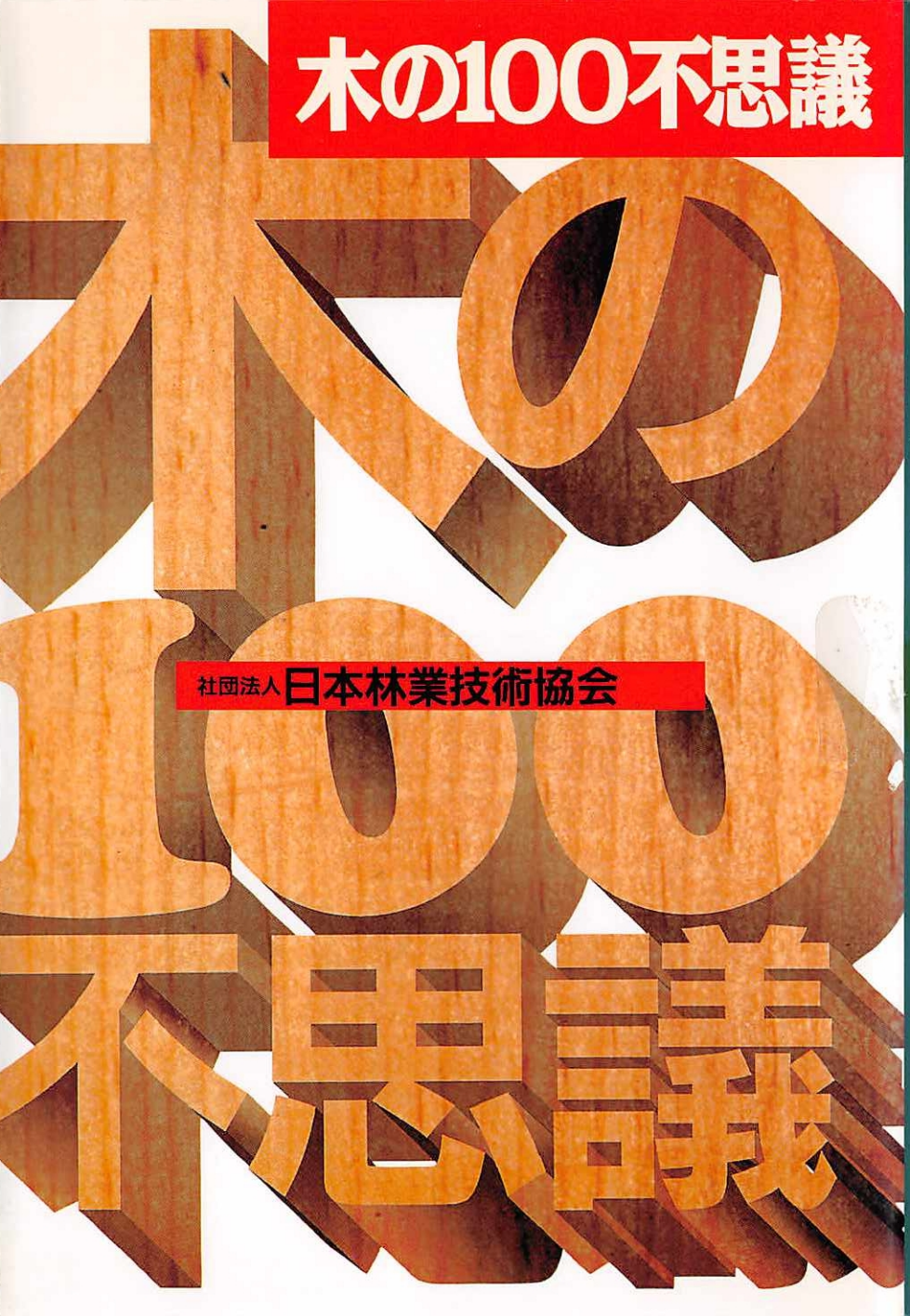
木の100不思議



社団法人 日本林業技術協会

木の100不思議

社団法人 日本林業技術協会

はじめに

オフィスのデスクは今ではほとんどがスチール製です。現に私もスチールデスクを前に、いったいいつごろから木の机でなくなったのか考えていますが定かには思い出せません。それもそのはず、最近はオフィスで木の机を使った経験がない人のほうが多いのですから。

木でつくったものが金属やプラスチックの製品になだれをうつように置き換えられていったのは、技術の進歩と経済成長の結果、それらの製品が大量にしかも安く供給されるようになったからにほかなりませんが、一方、明治時代からの脱亜入欧、第二次世界大戦後の追いつき追い越せといった考え方がずっと続いてきたことも影響しているように思われます。

ですから、木造建築は古くさく、木製の道具や器具のたぐいは安物で、それらを使うのは格好よくないと考えられ、いわれなく日常の暮らしから遠ざけられた面もあるのです。「木のものイコール安物」的な見方が生じたのは、従来、木の性質にそぐわない用途にまで木を用いることが多かったためでもありましょう。

木は本来数々のすぐれた性質を備えています。これからは他の材料と競合するのではなく、木

のみがもつ特質を活かす使い方が広まってほしいものです。無垢（むく）の木には生物材料ならではの温かみや一つ一つ異なる味わいがあるからです。また一方、特質を伸ばし、弱点をカバーして工業製品なみにマスプロ化する技術や新たな素材に変換する技術も開発されています。

木は再生産可能な環境負荷の少ない資源です。地球環境問題と関連して、金属や石油製品に勝る重要な資源として脚光を浴び、新たな「木の文化」が形成される日がくるかもしれません。

木の不思議な性質とそれに基づく材料としてのよさや弱点、そしてこれからの木のよりよい使い方などを一〇〇の項目に分けて、森林総合研究所の研究者を中心に、木材研究の第一線で活躍されている方々に書いていただきました。テーマ選びや難しい内容をわかりやすく表現することに苦心された編集委員および執筆者のみなさんに厚くお礼申し上げます。

編　者

木の一〇〇不思議

目次

1　暮らしと木

1　先生ハツラツ生徒スクスク　10
2　快適な住まいは足もとから　12
3　木の舞台よもやま話　14
4　ビルの水がめ　16
5　昔木賃アパート、今コンドミニアム？　18
6　都市の中の森林　20
7　不老長寿はほめすぎ？　22
8　北からの提案　24
9　床下は大丈夫？　26
10　泣くのはあなた！　28
11　色白は七難かくす　30
12　割り箸いろいろ　32
13　まな板は？　すりこぎは？　34
14　蒲焼きには備長炭　36
15　紙は文化のバロメーターか　38
16　お世話になります　40
17　古代人が好んだ木　42
18　国の興亡を担った木　44
19　海から？　山から？　46
20　違った名前で出ています　48
21　戦争で生まれ育った物流の要　50
22　燃えて役立つ　52

Ⅱ　持って生まれた不思議な性質と扱い方

のぞいてみれば孔だらけ　56
木の壁の製造現場　58
〝何じゃこりゃ何じゃこりゃ〟の正体　60
分かれて伸びてふくらんで　62
辺・心で変身！　64
白いはち巻きは何のため　66
一本立ちできたのはリグニンのおかげ　68
侵入者を見つけろ！　70
ブランド目指して手塩に掛ける　72
育ちよりも氏？　74
細かければよいとはかぎらない　76
若いときは暴れん坊　78
もく、木、杢　80
木は気にならない　82
まき割りで知る木材の異方性　84
木元・竹末、割り方の秘訣　86
ソックリ返りたい奴の扱い方　88
「旬」　90
おすすめは素顔の美人？　92
スギもいろいろ　94
適材適所　96

Ⅲ 科学的性質と成分の利用

44 しぼれば強くなる 100
45 カラオケの行く末 102
46 キリは燃えるがタンスは燃えない？ 104
47 スイカも、木材も…… 106
48 木の〝つぶやき〟が聞こえます 108
49 木も殴られると興奮 110
50 超低温でもヘッチャラ！ 112
51 年輪に残された原子の刻印 114
52 太陽エネルギーのすぐれた貯蔵庫 116
53 世を変えた古代の香り 118
54 虫もつかないいい男？ 120
55 効能あらたかな木 122
56 築後三年蚊遣りはいらない 124
57 グルメなシロアリ 126
58 釘のサビで環境評価 128
59 赤と黒 130
60 成分が決め手です 132
61 一年で千年を生きる 134
62 千年塗料ウルシ 136
63 ？千万年後の掘り出し物 138

Ⅳ　木を使う技術、いま・むかし

64　豆腐切るよなわけには参らぬ　142
65　のこった、のこった、鋸の変遷　144
66　釘などいらない！　ほんとの和風　146
67　削って、彫ってハイ組み立て　148
68　四面無節と思ったら　150
69　あれ！　この傷は何だろう　152
70　どっこい、枕木は生きている　154
71　木のお化粧　156
72　木でも金銀銅メダル　158
73　シブイ艶を出す　160
74　カーブで勝負　162
75　ミスコンで力持ちを選ぶ？　164
76　ルーツは古代エジプト王朝　166
77　かつらにむいたら何になる　168
78　きのこがつくる強力接着　170
79　助け合えば強くなる　172
80　燃え尽きない木材　174
81　つめた指をつなぐ！　176
82　板づくりにラクラクプレス　178
83　欠点を補い合って新素材　180
84　マディソン郡の橋　182
85　外見にだまされまいぞ！　184

Ⅴ　木を活かす先端技術

86　救いの神となる？　ウッドケミカルス　188
87　割り箸で家を建てる　190
88　強力新人エンジニアリングウッド　192
89　木の美容整形　194
90　大もてスーパーウッド　196
91　続々誕生、木でない木　198
92　木からもカーボン繊維　200
93　身を焦がして先端材料　202
94　木から超伝導体素材　204
95　溶かして使う　206
96　木からできるカターイ液晶？　208
97　雷さまのご利益　210
98　お利口なオリゴ糖　212
99　何度もお役に立ちます　214
100　身を粉にして働く　216

編集委員・執筆者一覧　219

装幀／東京書籍AD

I

暮らしと木

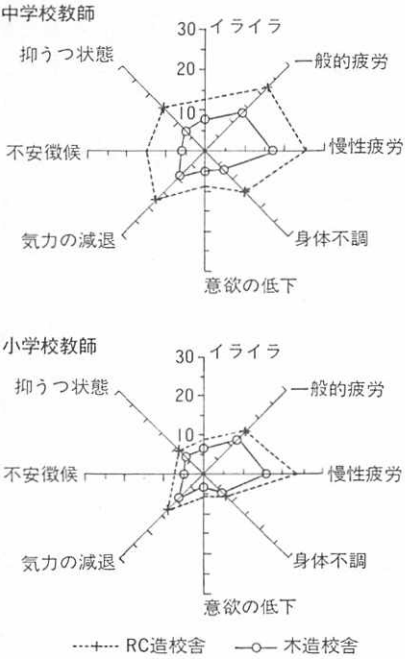
1 先生ハツラツ生徒スクスク

校舎に用いられる典型的な材料はセメントと木材ですが、両者のイメージはずいぶん異なります。このようなイメージの異なる材料でできた校舎は、そのイメージも違ってきます。小学生が抱く木造校舎のイメージは、自然で暖かみがあり快適性と接触感に勝っていますが、鉄筋コンクリート造校舎は人工的で硬く、角張っていて落ち着きがないとするイメージが強く出ます。このような校舎に対するイメージは、非現実的な想像ではありません。木造は床に弾力があって歩きやすいとか、ストーブをたくとすぐに温まったり、湿気を防ぐのでべとつかないなど、材料の物理特性の相違からくる違いも総合的に判断されて全体イメージとして表れてきたものといえます。したがって、校舎環境の違いは、そこに生活する子供や教師の心理的・生理的な面にも影響を及ぼします。この様子を疲労についてみることにします。

授業中の小学生は、多かれ少なかれ「眠い」「だるい」「集中力がない」などの疲労症状を訴えますが、授業中にこのような疲労症状を訴える子供が少しでもいると回答した学校は、木造校舎では四四％ですが、鉄筋コンクリート造校舎では六三％となり、木造校舎の約一・五倍にも増えています。さらに生徒の一〇％以上が疲労症状を訴える学校をみると、鉄筋コンクリート造校舎は木造校舎の二倍強となり、がぜん多くなります。鉄筋コンクリート造の学校の子供たちは、授業中だらけていたり、注意を集中しにくい傾向がうかがわれま

すが、このような子供を相手に、教師は奮闘することとなります。そこで、教育活動の一方の当事者である教師の疲労の様子をみることにします。

図は、小中学校の教師を対象として、教師の蓄積疲労を特性別にレーダーチャートにして示してあります。教師の疲労は「慢性疲労」が最も顕著に現れ、次いで「一般的疲労」「気力の減退」といった疲労の症状が目立ちますが、いずれの特性も木造校舎のほうが訴え率が小さくなっています。以上のように、鉄筋コンクリート造校舎の教師のほうが疲れていることがわかります。その傾向は、小学校の教師より中学校の教師にさらに強く現れてきます。



教師の蓄積疲労

校舎環境は建築材料によって異なるものであり、木造校舎は鉄筋コンクリート造校舎よりも、そこに生活する子供や教師の疲労の増加を抑制する効果をもっているようです。

木造校舎は、子供と教師のよりよい教育活動を支援しているといえるでしょう。

（橋田紘洋）

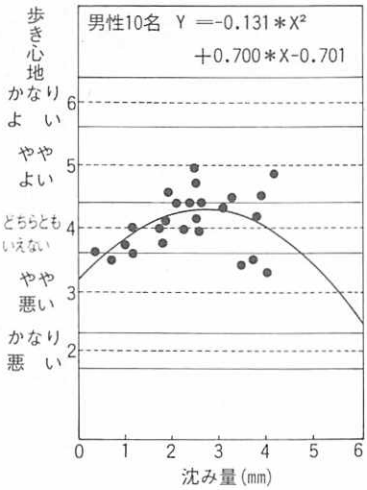
2 快適な住まいは足もとから

木材は、身近な天然材料として住宅の各部に使われています。たとえば、床には、畳とともに木材や木質床板が広く使われています。特に、木の床は温帯モンスーン気候の東アジア諸国の住居で共通して利用されていることからもわかるように、夏の高温多湿の気候でも快適かつ衛生的に過ごすことができます。

ところが、日本では生活の洋風化に伴って、一戸建て住宅からマンションに至るまで、しだいに畳や木の床に代わってカーペットが使われるようになってきました。カーペットには、椅子を引きずったり、軽くて硬い物を落としたときに生じる音、いわゆる軽量床衝撃音が発生しにくいとか、ほこりが舞い上がりにくいなどの特長がありますが、気密性の高いコンクリート建物などではダニやカビの発生の温床となりやすいという欠点もあります。喘息などのアレルギー性疾患がダニと密接なかかわりのあることが専門家によって指摘され、またそのことがマスコミで取り上げられるに至って、逆に、カーペットを木の床に替える動きが出てきました。折から、生活の質的向上をめざして本物の材料を住宅に使おうとする風潮とも相まって、木の床を好む傾向が強まり、正に〝ウッディ〟時代の到来ともいうべき状況にあります。

そのような木の床にも、まったく問題がないわけではありません。木材は楽器に使われることからもわかるように、本来音を出しやすい性質をもっています。樹種にもよりますが、床に使われるような硬い木材は、

軽量衝撃によって床衝撃音を発生しやすいために、一戸建て住宅はさておき、アパートやマンションなどの集合住宅では、主に上下階の居住者の間で騒音問題となる場合があります。森林総合研究所では、このように本来音の発生しやすい木材と衝撃緩衝材とを組み合わせて、音が出にくい床板をつくりました。今日では、軽量床衝撃音の発生しにくい木質床板が数多く市販されています。しかし、これらの床板には弾力性があり、衝撃力を和らげる働きがあるため、木の床本来のたわみよりも大きな変形を生じるものがあります。図に示すように、床板に八〇kgfの荷重を加えたときに、およそ二ミリ以上変形する場合、歩き心地が悪くなることもわかってきました。歩き心地だけでなく、重い家具を置くこともこのような床板では問題となります。



歩き心地と床板の沈み量の関係
(和木ら：日本音響学会講演論文集, p.571-572, 1991より)

衝撃緩衝性を高めて音の発生を抑えるだけの木質床板のなかには、木の床本来のよさを失っているものがあります。そのような木質床板は、自然に淘汰されて使われなくなるでしょう。軽量床衝撃音の問題を木質床板のみで解決しようとするのではなく、建物の構造そのものに改良を加えて、音を伝わりにくくする対策が望まれています。

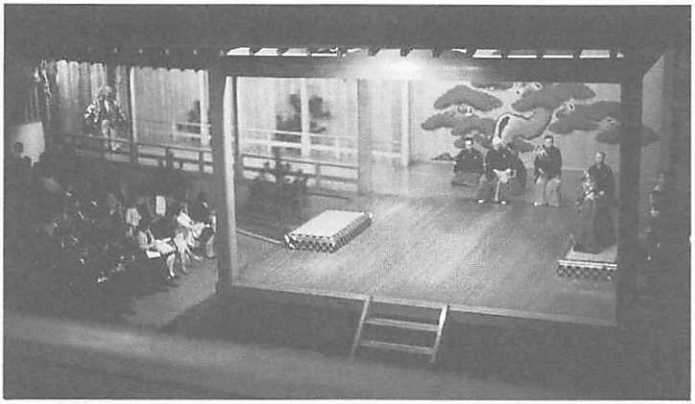
(末吉修三)

3 木の舞台よもやま話

劇場の舞台をみると、古代ギリシアには平土間の舞台もありますが、ほとんどが木材でできています。そのわけについて考えてみましょう。

日本の能の舞台はヒノキの厚板が張ってあります。能の所作のなかでは演者が足を踏み鳴らすことが重要な表現となっていますが、その音をよく響かせるために板は釘を使わず、くさびで止め、また舞台下の土間には音を増幅するために大きな陶器のかめが埋めてあるそうです。日本では、重要で晴れがましい出来事を「檜舞台に上がる」と表現するように、ヒノキの舞台が好まれたのでしょうが、これは演者が足袋とか草履を履いて芝居をするからだと思われます。ミュージカルなどでタップダンスがよく出てきますが、これはタップシューズという底に鉄びょうを打ちつけた靴を履いて踊ります。これではヒノキのような軟らかい木はあっという間に傷だらけになってしまうので、一般的には硬くて擦り減りにくい材が使われています。

音に関連した話では、楽器のチェロは金属製の長いエンドピンを床に立て、両ひざで挟んで演奏されますが、昔はひざだけで支えていたそうです。ある女性チェリストがももにおできができて痛くてしっかり挟めず、現在のようなピンをつけてもらって演奏したところ、楽なだけでなく楽器の振動が木の床にも伝わって振動させたためか、非常に音の響きが豊かになり、みんなが真似するようになったとのことです。ピアノな



能舞台（堂本正樹氏　撮影）

どもそうですが、オーケストラでは木の床も含めた全体が一つの楽器といえます。

木の舞台の弾力性も非常に大事な要素です。バレエなどではダンサーが跳んだりはねたりします。有名なロシアのニジンスキーは直立した姿勢のまま一メートルも垂直に飛び上がったそうですが、トウシューズやバレエシューズの底は柔らかい皮なので、コンクリートの床だったりしたら痛くてとても跳べないでしょう。劇場によって跳びやすい床・跳びにくい床があるそうですが、一般的に木の床では床板の材質や厚さ、床根太の間隔を変えることにより床の弾力性を自由に調整することができます。

演劇やオペラなどではさまざまな大道具が舞台にセットされますが、木の舞台では、木のブロックや突っかい棒を釘などでじかに打ちつけることで容易に固定できます。

このように木の舞台が広く使われているのは、伝統だけではないさまざまなわけがあるのです。

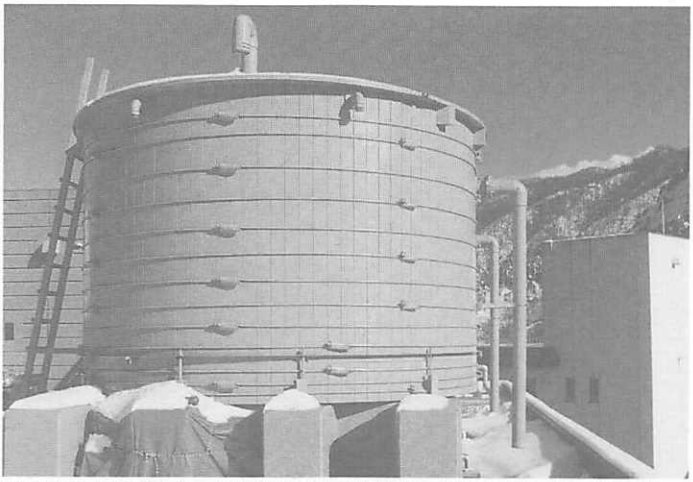
（外崎真理雄）

4 ビルの水がめ

「桶」「樽」といえば、風呂桶、清酒やウイスキーの樽、味噌や醤油の醸造用の樽などを思い浮かべます。何か伝統的な器としてのイメージが強いようです。ところが、人類が宇宙へ行く現代では木製の樽も時代に合った用い方で、われわれの生活を支える重要な製品として利用されているのをご存じでしょうか。

人類の築いた現代文明の象徴ともいえる高層ビル、その中で仕事をしたり、暮らしたりするために欠かすことができない飲料水を供給するための貯水槽として利用されているのです。ビル内の飲料水は、まず水道管から一度ビルの地下にある受水槽や屋上にある高置水槽に貯め、そこから各階へ供給されるわけです。その貯水槽として木製水槽が利用されています。木製水槽の形は円筒形、楕円形または箱型のものなどがあり、大きさは容量数十トンから一〇〇トンを超える大規模なものまであります。ふだん目につかない所に設置されているので気がつきませんが、大都会に林立する高層ビルの中や屋上には、数百という数の木製水槽が飲料水用水槽として使われ、われわれの生活を支えています。

それでは、なぜビル用水槽として木材が使われているのでしょうか。FRP製、鋼製、ステンレス製などの水槽も利用されていますが、それらと同様にあるいはそれら以上に、かなりの数のビル用水槽として利用されているのは次のような木材の特徴があるからなのです。①耐水性、耐酸性、耐アルカリ性が強く、耐食



ビルの屋上に設置された飲料水用木製水槽（北海道登別市，第一滝本館）

性に富み、耐用年数も半永久的であること、②構造が堅固で地震に強いこと、③現場組立を主としているので狭い場所での組立が容易で、部材も小さく、狭い場所からの搬入も容易にできること、④木材の比重は〇・五～〇・六と軽く、総重量が軽くなるので設置するための上げ下ろしが容易で経費が安くすむこと、⑤熱伝導率が鉄の約四〇〇分の一と低く断熱性に富むので水温の著しい変化や結露の心配がないこと、⑥規模が大きいほど他の材料でつくられた水槽より安価となること、などです。

私たちは地球という自然のなかの一員であり、自然と共存することが重要です。自然が失われた都会のコンクリートジャングルのなかでも、自然の息吹が吹き込まれた木製水槽を通した飲料水を利用しています。このように、木材は自然と人類の関係回復の橋渡しをしているのです。

（信田　聡）

5 昔木賃アパート、今コンドミニアム？

あなたは〝木賃〟を何と読みますか？　〝モクチン〟、それとも〝キチン〟ですか？　それで、あなたの年がわかるんです、というのは少しトリックくさいかもしれません。じつは、どう答えてもやはり〝年〟なのです。近ごろは、多分それに当たるのが〝△△ハイツ〟と呼ばれ、若い人は木賃という字を見てないかもしれないからです。ところで、この懐かしくも、また、もの悲しい響きをもつ〝モクチン〟の正式名は、「木造賃貸」だそうです。恥をさらすようですが、筆者はてっきり〝キチン〟アパートというものとばかり思っていました。〝木賃宿〟という言葉にまどわされていたからです。建築大辞典によると、木賃宿は、江戸時代初期の、賄いのつかない宿泊人自炊の宿屋で、宿代が〝木賃〟すなわち炊事用のまきを宿屋の亭主から買い求める形式で支払われたので、そう称されたそうです。そのせいか、その音にはみじめっぽさがありました。

さて、現在はマンション、ハイツばやりですが、そのほかにヨコ文字の呼び方がいくつあるかご存じですか？　西山卯三という先生が数えておられますが、ちなみに、アビタ、コーポ、メゾン、パビリオン、レジデンス、ビラ、シャトー、スカイホームなどだそうです。ついでに、〝マンション〟の定義を紹介しますと、「各住戸が主として分譲方式によって供給される中高層の鉄筋コンクリート造共同住宅の俗称」がとりあえずそうだそうです。とりあえずと断ったのは、〝賃貸マンション〟がまたまた出てきたからです。

ところで、木造三階建て共同住宅が平成五年から認められています。その経過を手っとり早くいえば、例のスーパー三〇一条項の適用問題が発端となって、米国林産物の輸入障壁の撤廃の一環として建築基準法が改定された結果です。従来、禁止されていた木造三階建て共同住宅が、防火・準防火地域以外とはいえ認められたわけですから、木造界にとってまさに〝大きな一歩〟です。

また、その一年前、平成四年に借地借家法の改正があって「定期借地権」が認められました。異常に高い地価こそ日本の住宅事情をいびつにした〝元凶〟と目されてきたわけですから、住宅供給問題に一挙に明るい展望が開けたといえます。地価の一～二%という地代で数十年間借りられるのですから、安心して一戸建てが建てられるようになります。そして、従来と違って建物に資金を集中できるので、質の向上が進むという期待がもてます。しかし、都市部ではすべて一戸建てとはいかないので、集合・共同住宅の需要は依然としてあるはずです。ただし、〝量から質〟へという傾向が強まりそうです。ともあれ、私たち木材関係者はこれらの絶好の機会を活かし、従来のやや軽んじられた木造のイメージを超えた、質実ともにすぐれた性能と本物の木質感にみちた中層木造共同住宅の普及を図るべきだ、と考えるのです。そこで、コンドミニアムの出番です。これは、かの卯三先生がご存命中にはまだ〝輸入〟されてなかった共同住宅への新しい呼称です。

今度こそ、あの〝木賃〟ではなく、〝新酒〟の木造共同住宅の体を表す新しい〝革袋〟、すなわち、あこがれがこもった木造共同住宅への〝俗称〟にそれがなってほしい、と強く願うものです。

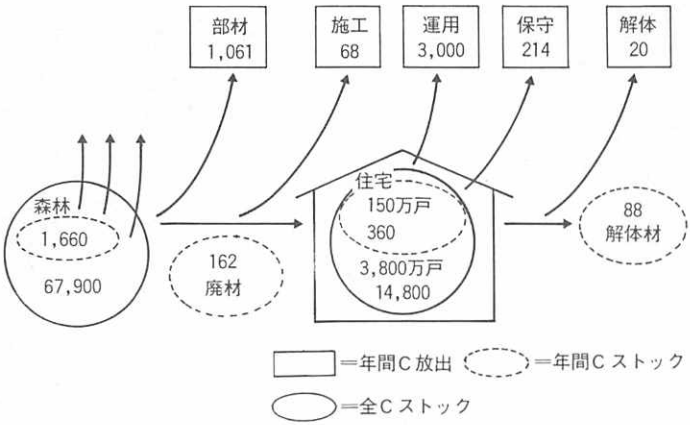
（葉石猛夫）

6 都市の中の森林

地球温暖化の原因物質の一つである二酸化炭素は毎年約〇・五%、炭素換算で三四億トンずつ大気中の量が増加しています。その発生源の第一は年間五七億トンもの化石燃料の大量消費であり、次いで一六±一二億トンと推定される主として農地転換による森林の消失です。発生量と増加量の差は、海洋と主として北半球の植生がほぼ半分ずつ吸収していると推測されています。なお、日本の二酸化炭素発生量は炭素換算で三億二〇〇〇万トンです。

二酸化炭素を吸収・固定するものに森林が考えられますが、森も長い年月が経つと光合成で二酸化炭素を吸収する量と、樹木の呼吸量、落葉量、枯死量、被食量などが釣り合った状態となり、一定量の炭素を固定し続けてはいますが、見かけ上二酸化炭素を吸収も放出もしなくなってしまいます。森林に二酸化炭素を最も効率よく吸収してもらうためには、十分育った木を伐採してその跡地に植林し、森全体を若い状態に保ってやる必要があります。その状態では、成熟しきった森林に比べて面積あたりの炭素固定量は少なくなりますが、伐採される量と同じだけ二酸化炭素を大気から毎年吸収・固定していることになります。

それでは、その伐採された木材をどのように利用すれば最も地球温暖化防止のために有効なのでしょうか。燃料として燃やしたとしても、発生した分の二酸化炭素は伐採跡地に植えられた森に吸収されますし、その



わが国の住宅ライフサイクルにおける年間CO_2放出量（C換算：万トン/年）と年間木材ストック量（C換算：万トン/年）および全蓄積量（C換算：万トン/年）

エネルギー分だけ石油、石炭の消費が減ることになるのでそれなりの意味はあります。しかし、樹木が何十年もかけて吸収した炭素をすぐに大気中に戻してしまうのはもったいないことです。そこで、燃やすのは最後の最後として、木造住宅を建ててできるだけ長く利用し、寿命がきて解体した後も紙や木質ボードにリサイクル利用して、炭素を固定し続けるほうがより有効です。

木造住宅では一平方メートル当たり約〇・二立方メートルの木材が使われており、延床面積一〇〇平方メートルの木造住宅には二〇立方メートル、五トンの炭素が固定されています。この住宅が一〇〇平方メートルの土地に建っているとすると、一ヘクタールの住宅地では二、〇〇〇立方メートル、五〇〇トンの炭素となり、これは成長のいい土地での林齢約一〇〇年のスギ林の枝・葉・根も含めた炭素固定量に匹敵します。これはまさに都市の中の森林と呼びうるでしょう。

（外崎真理雄）

7 不老長寿はほめすぎ？

樹木の寿命は一般的に長く、屋久島のスギやカリフォルニアのセコイアなどは数千年かかってその巨大な生命体を形づくり、今も生き続けています。もしこれらの樹木を切り倒し、木材を木造住宅やデッキなどに使った場合、どのくらいの寿命が期待できるのでしょうか。その答えはたいへん難しいのです。なぜなら、木材の使われ方、使われる環境、樹種により寿命（耐用年数）は大きく異なるからです。

法隆寺に代表されるように大切にされている神社仏閣は何百年、何千年と風雨に耐え、見る者を感動させます。使われているヒノキ材が一、三〇〇年も「生き」続けているからかもしれません。一方で、十分な世話（今流にいえばメンテナンス）がなされていない名もないような寺社は屋根が落ち木材も腐り、寂しさを感じてしまいます。この大きな違いは、使われている木材が水にさらされる頻度によると考えられます。

使われ方、すなわち木材は水から守られれば不老不死とはいかないまでも、一、〇〇〇年程度の単位では維持されることが期待されます。しかし、いったん木材腐朽菌の生育に都合よい水分が土壌や雨により供給され、腐朽菌が活動を始めるとまたたく間に木材は腐ってしまいます。土中に木杭を打ち込み耐用年数を評価する野外杭試験の結果では、ヒノキ心材といえども四年で腐りはじめ、七年で耐用年数に達します。

使われる環境も寿命を左右します。合板等に使われるレッドメランティの耐用年数は、イギリスの調査で

熱帯産広葉樹の杭試験により得られた野外耐朽性グレードと強制腐朽試験による重量減少率

樹種（一般名）	杭試験による野外耐朽性グレード*				重量減少率**
	マレーシア	アメリカ	イギリス	日本	
チェンガル	2	1	1	−	0.0
ギアム	1	−	1	1	1.3
レサック	1	1−2	1−3	1	7.6
カプール	2	3	1	3	4.4
ケンパス	4	3	2	3	19.5
ビンタンゴール	3	4	3	4	27.8
ドゥリアン	4	4	4	−	47.7
ジェルトン	4	5	4	5	54.3
ダークレッドメランティ	3	3	2	3	37.1
イエローメランティ	4	4	3	3	44.7
ラミン	4	5	4	5	57.4
パラゴムノキ	4	5	5	5	58.6

*グレードと耐用年数

**オオウズラタケ
12週間強制腐朽

マレーシア	アメリカとイギリス	日本
1：10〜　年	1：25〜　年	1：9.0〜　年
2：5〜10年	2：15〜25年	2：7.0〜8.5年
3：2〜5年	3：10〜15年	3：5.0〜6.5年
4：0〜2年	4：5〜10年	4：3.0〜4.5年
	5：　〜5年	5：　〜2.5年

は一五〜二五年、アメリカでは一〇〜一五年、日本では五・〇〜六・五年、マレーシアでは二〜五年でした(表)。日本は欧米に比べ、木材にとって気象条件が過酷です。

最後に樹種による違いがあります。日本産の広葉樹ではヤマグワの心材が、針葉樹ではヒノキ、ヒバ、ネズコの心材が最も耐腐朽性が高いとされています。耐朽性は、ヒノキの仲間に広く存在するツヤプリシンのような抽出成分と木材構成成分の一つであるリグニンの化学構造に影響されます。グアヤシルリグニン（針葉樹リグニン）がシリンギルリグニン（広葉樹リグニン）に比べ多い木材は耐用年数が大きく、樹木そのものも長寿の傾向があり、興味深いところです。

（山本幸一）

8 北からの提案

日本の住宅から木の窓が姿を消しはじめてもう三〇年以上になります。もちろん、ご承知のようにアルミサッシに置き替わってきたわけですが、今では全国の窓の九〇％以上がアルミサッシになっています。しかし、最近北海道をはじめ東北、北陸などの寒冷地で変化が起こりはじめました。木製サッシの人気が高くなってきたのです。

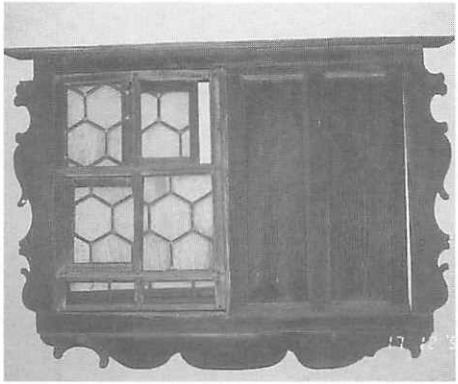
今ごろなぜ？　と思われる人が多いでしょう。特に、暖かい地方に住んでいる人には理解できないかもしれません。ツーバイフォー工法のように住宅のデザインが洋風化していることなどが考えられますが、いちばん大きい理由は結露しにくいということでしょう。冬にアルミサッシに結露して、その結露水が凍りつき窓が開かなくなることがよくあります。もちろん、ガラスの断熱性が悪くてガラス面に結露することが多いのですが、複層ガラスなどの高断熱ガラスを使用する今日では、枠の結露が大きな問題になっています。そこで、ＰＶＣ（ポリ塩化ビニル）で窓枠をつくった樹脂サッシが出てきたわけです。現在、北海道では住宅の窓の八〇％以上が樹脂サッシになっています。樹脂サッシは東北地方でもみられるようになり、南下の傾向があります。一方、木材はＰＶＣと熱伝導率がほとんど同じなので、樹脂サッシ並の気密性能や水密性能であれば、木製サッシは寒冷地に適したサッシといえます。特に、木材には調湿機能があり、結露に対して

はすぐれた性能を発揮するので、アルミサッシや樹脂サッシで結露する温湿度条件下でも結露を免れます。また、木製サッシは温暖な地方の高湿度時の結露対策にもなりますし、複層ガラスを併用することで夏季の冷房負荷の軽減にも役に立つはずです。実際、九州でも評判になっているようです。

最近普及している木製サッシは、木製サッシの先進地であるヨーロッパやアメリカの技術、気密材や金具などの副資材を使って以前の木製建具とは比べものにならないほど気密や水密といった窓の基本性能が向上しています。もちろん、木材であるがゆえの欠点もあります。燃える、腐るなどですが、現在では塗料の性能向上によって、十分な耐用年数があります。また、見方を変えれば、廃棄するのにエネルギーを必要とする樹脂やアルミなどと違って自然に帰りやすい、環境負荷の少ない商品といえるのではないでしょうか。

写真の窓は、一六九〇年ごろドイツのバイエルン地方の宿駅に取りつけられていた戸袋つきの引き戸で、最近まで使われていました。このような古い木製窓の例は、わが国でも、最近の木製サッシとは趣きは異なりますが、法隆寺などの古い神社や仏閣などに多くみられます。

（石井　誠）



南ドイツで300年使われていた木製サッシ

9 床下は大丈夫？

以前の木造住宅の床下は、土台石の上に束を立てる構造になっていましたが、地震に対する安全性から、住宅金融公庫仕様ではコンクリートの布基礎を用いるようになっていて、これが全国的に普及しています。束構造は、床下の通風がきわめてよく、アリジゴクが巣をつくるほど乾燥していたものですが、布基礎だと、換気孔の大きさが足りなかったり、宅地が湿りすぎている場合などは床下に湿気がこもり、住宅の耐久性に影響を及ぼすことがしばしばあります。畳を上げるとカビだらけであったり、押入れがじめじめするといった現象がみられます。

この対策として、じつは江戸時代から土蔵の湿気とりには木炭を使うという方法がありました。それを見習って、布基礎の床下に木炭を敷いたらどんな効果があるのでしょうか。

床下の湿度と床下に吊るした木材の含水率を約四年間にわたり測定した結果、次のようなことがわかりました。冬から夏に向かって床下の湿度は増加し、これに伴って木材の含水率も増加します。逆に夏から冬に向かっては、床下の湿度は減少し、木材の含水率も低下します。このような変動が年々繰り返されると、木炭を敷かない床下と木炭を敷いた床下とでは、湿度と含水率の動向が両者でまったく異なってきます。その結果、年間を通じ、木炭を敷かなかった床下の木材の含水率は約一九％から二四％であるのに対して、木炭

を敷いた場合は一四%から二〇%の範囲で推移し、両者で明らかな差が生じていることがわかります（図）。

この差の影響は著しく大きく、木炭を敷く前は著しく生えていたカビが木炭を敷いた後はまったくなくなるほどでした（市販の床下除湿用木炭を坪当たり一六袋施用）。

せっかく建てたわが家もカビ臭くなったり、シロアリに侵されては元も子もありません。建てた家を長持ちさせるためには、事前の対策が大事なことはもちろんのことですが、それでもカビ臭くなった場合は木炭がたいへん有効です。

（中野達夫）

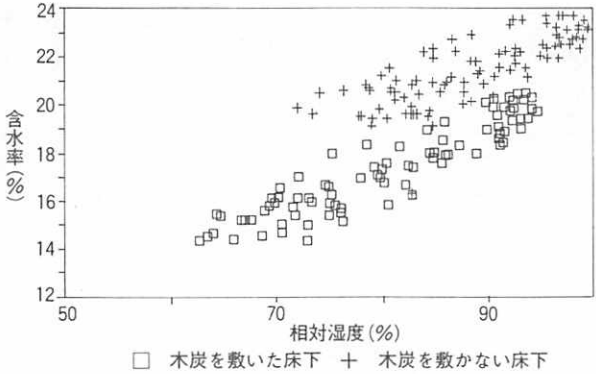


図1　週平均湿度と含水率との関係（1991年1月～1994年5月）

図2　木材含水率の推移

10 泣くのはあなた！

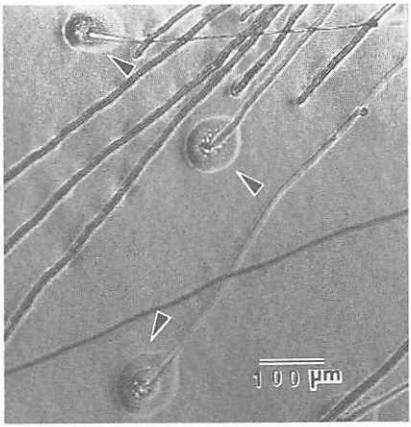
一九七五年ごろのことになりますが、札幌市など北海道の各地で木造住宅の床が腐り、新築後二～三年で抜け落ちてしまうという事件が頻発しました。この被害を起こしたのがナミダタケという菌です。

ナミダタケという名は、この菌の子実体や菌糸の表面に水滴が生じ、あたかも涙を流しているように見えることからつけられました。学名にはヘビにちなむ名もつけられていて、菌糸が縦横無尽に床下を徘徊（はいかい）する様子を表しています。当時、なにやら恐ろしげなインベーダーが住宅に侵入したように報道されました。その様子が、シイタケやマツタケなどとまったく違った外観を呈していたためでしょう。

ところで、この菌は、ヨーロッパで一〇〇年以上も前から代表的な家屋腐朽菌として知られています。わが国でも、古い資料には木造校舎や公民館など比較的大きな建物で被害があったことが記録されています。それでは、いままであまり目につかなかったものが、なぜこのごろの新築家屋で、しかも北海道で集中的に発生したのでしょう。これには次のような原因があると推定されます。

徒然草の一節に「いえの作りやうは夏をむねとすべし」という言葉があります。これは梅雨や盛夏の気候に合わせて住宅を開放的につくれということを表しています。住んでいる人々にとっても快適な生活をするための知恵でしたが、じつは住宅そのものにとっても必要なことだったのです。家屋を風通しがよい状態に

してできるだけ乾燥させると、腐りにくく長持ちするというわけです。ひと昔前までは、北海道でもこうした住宅に冬の寒さを我慢して人々が生活していました。ところが、石油ショックでエネルギー危機が叫ばれたときに、住宅の建て方が一変しました。壁や床下にグラスウールなどの断熱材を入れ、隙間をできるだけ少なくするためにプラスチックシートなどで気密性を高めたのです。そのため家屋が蒸れるような状態になって、ナミダタケの繁殖する好適な条件をつくってしまったのです。この菌は三〇℃以上の高温に弱いため、北海道の気候は好都合だったのでしょう。



涙（矢印）を流すナミダタケ菌糸

この菌はふだん土の中でひっそりと生活していますが、養分、温度、水分などの条件が整うと旺盛に繁殖します。そのため、床下部材の一部を防腐処理するだけでは不十分で、住宅を建てる前に土壌処理を行い、十分な換気を考えた工法をとることが肝要です。現在では、こうした工夫が徹底されていて、新築家屋での被害は影をひそめましたが、増・改築に伴う被害は相変わらず発生しています。住宅を手直しする場合には、床下換気・防腐処理に気をつけなければ〝涙〟を流すことになりかねません。

（土居修一）

11 色白は七難かくす

木造の家は、年月が経つうちに柱や梁などの色が変化してきます。それが木材のよいところと楽しむ人もいますが、汚れや変色が気になるという意見が少なからずあるのも事実です。表面を削ればよいのでしょうが、現に人が住んでいる家では無理な相談です。そこで、漂白するという便利な方法があります。ここでは、白木の変色の原因と比較的容易にできる漂白の仕方をご紹介します。

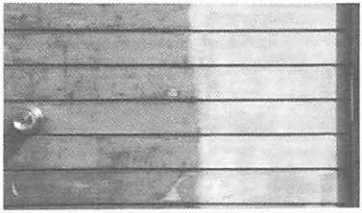
木材の変色の原因はさまざまありますが、白木の経時的な光変色は、樹木に含まれている主としてフェノール系の抽出成分やリグニンが空気に触れることによって起こるのです。それを助長させるのが日光の紫外線や室内の蛍光灯です。光変色を起こすといっても樹種によって違いがあり、ベイスギ、ベイツガなどは、日本のスギ、ツガに比べて顕著に変色します。これは、抽出成分の質の違いによるものです。新しい材に比べて変色した材は、大きな明度の低下と赤味と黄味の増加が認められます。これは、材表面の一種の劣化なのです。白さと明るさはだいたい相関するので、材色の明度を上げるには、漂白により白さを強めてやればよいわけです。漂白剤は、酸化漂白剤と還元漂白剤に大別されます。

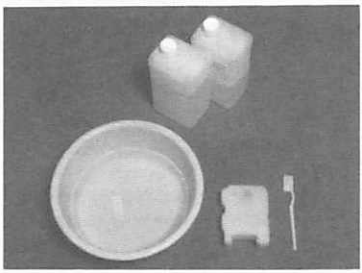
さて、光変色の対処法に移りましょう。少々の焼けでしたら、薬局でアスコルビン酸を購入して、一〇%水溶液にしたものをスポンジに含ませて拭けば除けます。一種の還元漂白で、変色抑制にもなるのです。ア

スコルビン酸とは、ご存じのようにビタミンCのこと。お肌の日焼けなどの色素沈着に効果を現すビタミンCが、木肌にも有効に働くのはおもしろいですね。

次に、かなり強く焼け汚れた材面は、過酸化水素の酸化漂白のパワーを借りて漂白除去ができます。作業が難しい天井や頑固な汚れはプロに任せるしかありませんが、オキシフル（六%の過酸化水素水、六%以上は薬用外劇物指定）に重そうなどアルカリ物質をほんの少し（一〇〇ミリリットルに一～〇・五グラム）入れ、よくかき混ぜてから使います。化学反応によってオキシフルから酸素が発生していくときに出るエネルギーで、漂白・消毒がなされるのです。汚れの激しい箇所は、数時間おきに何回か塗っていると明るさが戻ってきます。さて、せっかくきれいにしたのですから、この美しさをいつまでも保ちたいものです。そのためには、ポリエチレングリコール（#四〇〇〇）の一〇%水溶液を塗り、放置しておきましょう。

カビや菌に侵された木材の漂白は次亜塩素酸ソーダ水溶液が効果的です。要するに家庭用の塩素系漂白剤のことで、これを原液のまま塗っては乾かし、乾かしては塗ってください。（高橋正男）





変色の目立つドアの漂白（道具：35%過酸化水素水，アルカリ液，ポリ容器，スポンジ，歯ブラシ）

12 割り箸いろいろ

日常身近に使われている食の道具に箸がありますが、なかでも割り箸は日本独特のものとして使われてきました。食べ物をつかむのにこれほどすぐれた簡便な道具は見当たらないと思います。寿司、てんぷら、麺類などが好きな私たちには象牙の箸や合成樹脂の箸を使うことはどうもなじみません。最近では日本食ブームもあって外国の人たちも器用に使っていますし、東南アジアの割り箸生産国でも日本向けの輸出によって外貨を獲得するばかりでなく、衛生上の問題（エイズ対策など）から、自国での消費にも向けるなど、割り箸の効用が見直されてもいるようです。

ところで、わが国で最も古い木製の箸は飛鳥板蓋宮跡から出土したものといわれていますが、この二本箸の歴史に比べ、割り箸は江戸後期の文政年間（一八一八～三〇）が起源とされ、案外新しいものといえます。

さて、割り箸は木材の形態的特性や強度的性質の一つである「割裂性」をうまく利用しています。安い割り箸のなかには繊維が交錯したり、繊維の目が切れていたりしてきれいに割れないものもありますが、スギなどの針葉樹は、繊維が通直でわずかの割れ目があれば、簡単に手で割ることができます。割り箸のつくり方には、手割り加工と機械加工とがあります。特に手割りのものにはスギが多く用いられ、奈良県吉野村下市で多くみられます。割り箸の厚さ、幅、長さはおおよそ決まっています。図のように、型によって呼び方

形状（平面と断面図）	特徴など
夫婦利休	茶懐石に使われる利休を割り箸にした，中溝あり，中央部で幅広，両端細い，明治末に割り箸に，スギ赤身の柾高級
天削	天（手に持つ上側）を斜めに鋭く削ぐ，面取りせず角のまま仕上げ，柾目につくる，スギの赤身が最高級品
元禄	小判型の中割れ沿いに全長にわたって溝をつける，箸先各片面取り，板目が一般的，普及品
小判	外側の四隅の面取りした断面が小判の形に見えることからの呼称，割り箸のなかでいちばん普及，板目が多い
通常，幅は長さに応じて12～14mm，厚さ４～5mm，長さ21cm，24cm，弁当用で17cm	

がいろいろあります。木製の割り箸のほかに九州地方では竹製のものをつくっていますが、今では中国製のものに押され気味です。日本で一年間に消費される割り箸はおおよそ二四五億膳（木材に換算して約四七万立方㍍、わが国の木材消費量の約〇・〇四％に相当）、国内生産量は二七％で、残りの七三％は輸入されているのが実態です。スギ、ヒノキ、アカマツなどの国産の割り箸は構造材をとった後の端材が利用されています。輸入品では、シナ、カバ、アスペン、グバス、モミ、トウヒ等が利用され、中国、韓国、カナダからの輸入が増加傾向にあります。一時割り箸が資源のムダ遣いとして騒がれたことがありましたが、用材にならない木材の有効利用が図られていて、昨今の紙のムダ遣いのほうがむしろ資源問題としては大きく取り上げられるべきことだと思われます。

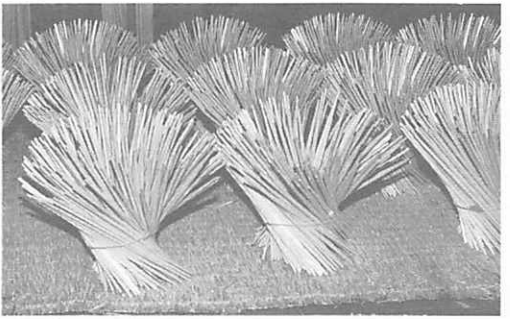
（金谷紀行）

13 まな板は？ すりこぎは？

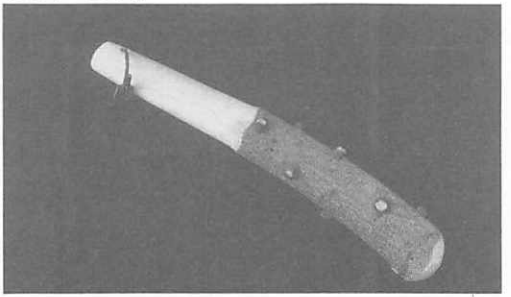
日本だけでも、樹木の数は一、〇〇〇種以上もあり、いろいろな利用に供される有用樹種だけでも一〇〇種を超えるでしょう。それらの樹木はそれぞれ性質が異なり、人はその長い歴史を通じて、木の性質を活かした使い方を見いだしてきました。食べ物をつまむ道具である割り箸は清潔であることが第一ですが、色もよくなくてはならず、変な匂いがしても困ります。それでいて結構力がかかることもあるし、また割るときに真っすぐに割れてくれないと不愉快でもあります。こんな条件にかなうのはどんな木でしょうか。吉野スギの背板（酒樽をつくった残り。丸太の外側の丸身の部分）でつくった割り箸が東京市場に進出し、その名をはせたのは明治の中ごろだそうです。今では割り箸はエゾマツ、トドマツ、シナ、カバなどでつくられるようになりましたが、吉野スギの背板からつくったものがいちばんよいということに異論はないと思います。つま楊枝は別名クロモジともいわれるようにクロモジの楊枝が最高です。香りがよいことと、木がほどほどに軟らかく歯当たりがよいことが賞用される理由です。大量生産用にはシラカバを使っています。材色が白く清潔感があることによりますが、歯当たりはクロモジほどではありません。

まな板には水を吸いやすい木は適しません。また、包丁傷が大きくつく木も、食べ物が挟まり不潔になるので衛生面から除外されます。このほか、包丁の刃を傷めず、食品の移り香が少ないなども要求されます。

まな板にはヒノキ、ホオノキ、ヤナギ、カツラ、イチョウ、サクラなどが使われてきましたが、食品科学研究所が衛生面から適性試験を行ったところ、前掲の木のなかではホオノキとヒノキがいちばんよいとのことです。最近、青森ヒバでまな板をつくったら大好評だったそうです。水はけのよさ、腐りにくさにおいてはヒバの右に出る木はありませんが、ヒバ独特の匂いを気にする向きもないとはかぎらず少々気になるところです。



乾燥中の割り箸



サンショウのすりこぎ

風呂桶は耐水性が必要でコウヤマキ、ヒノキ、サワラ。斧、なた、鍬などの柄は硬さと強さが要求されるのでカシ。バットは手ごろな重さと衝撃強さが必要で、日本ではアオダモ、アメリカではホワイトアッシュ。琴はキリ、三味線の胴はカリンかケヤキ、棹は紅木ということになっています。なお、すりこぎはサンショウの木を最良としますが、香りのせいでしょうか。

（中野達夫）

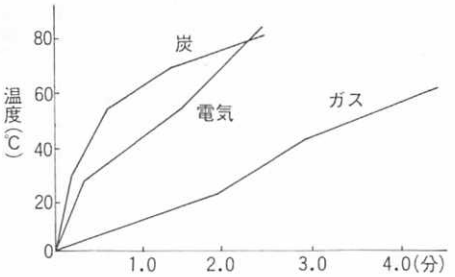
14 蒲焼きには備長炭

ぱたぱたとうちわの音に乗って流れくる香ばしいウナギの蒲焼きの匂い。夏の暑さの真っ盛り。土用丑の日。パリッとした香ばしい皮目とふんわりと柔らかな肉に夏の暑さを忘れ、消耗したスタミナが戻ってきます。ビタミンAに富むウナギは万葉の昔から活力を補充する食べ物と考えられてきました。江戸時代の学者、平賀源内が、うなぎ屋に「本日土用丑の日」と書いて看板を出させたところ、これが当たり、夏の土用丑の日にはウナギの蒲焼きを食べるようになったといわれています。

思わず足を止めたくなるようなウナギの蒲焼き屋さんの香ばしい匂い。それをつくり出す秘訣。それは木炭なのです。好んで使われるのが備長炭と呼ばれる硬い炭。火つきはよいが短時間で燃え尽きてしまう軟らかい炭に比べ、硬い炭は長時間燃焼するので業務用に向いています。そればかりか、あおぐと真っ赤におこり、その表面温度は一、〇〇〇℃を超えます。軟らかい炭ではせいぜい六〇〇℃くらい。この温度が蒲焼きの味を左右します。元禄年間、紀州の炭問屋の備中屋長左エ門がつくり出したといわれる備長炭は軟らかい炭より灰が少なく、あおいでも灰があまり飛ばず、肉につきません。

左手で渋うちわをあおぎながら右手で手際よくウナギの裏を返していく。それが、蒲焼き屋さんのお決まりの姿。蒲焼き屋さんになくてはならない渋うちわ。電熱やガスに比べて炭火はうちわ一本で火加減を自由

に調節でき、香ばしい焼き上がりにできるのです。物体に吸収されやすく熱エネルギーになる赤外線を炭火は多く発生します。それで、ガスや電熱の場合より速くウナギの表面が焦げて締まり、身の中の水分が滲み出て蒸発するのを防ぎます。その結果、中の水分やうま味が保たれて、ふんわりと柔らかく、おいしい身になります。ガス火では、ガスの燃焼で出てくる水分が肉の表面湿度を上げるため、表面の蒸発が遅れて身が締まらず、その間に身の中の水分まで外に出て、うま味も逃げてしまいます。電気では、湿気が少なすぎて蒲焼き特有の照りが出てきません。それに比べ、放射で伝わる赤外線は容易に身の中に到達し、内部を加熱します。



各種熱源によるウナギの身の内部の温度上昇
(全国燃料協会による)

ガス火で焼いた場合に比べ、炭火の場合には表面温度は三～四℃低く、内部温度は逆に五～六℃ほど高くなり、よい焼き具合いになるのです。図はウナギの身の内部の温度上昇の様子です。炭の火が短時間に内部まで入りやすいことを示しています。木炭の燃焼ガスには風味を落とす硫黄分が少ないこともよい点の一つです。

ウナギはもちろんのこと、焼き鳥、炉端焼き、炭火焙煎コーヒー、ステーキに手焼き煎餅など、グルメ志向の世のなかに、今や、木炭の火は熱く燃えています。

(谷田貝光克)

15 紙は文化のバロメーターか

紙は大きく「紙」と「板紙」に分けられます。今日、紙は情報のメディアとして、また板紙は物流の包装資材として、私たちの生活になくてはならない存在になっています。そして、紙の需要はGNPと同じように伸びてきました。

私たちはいったい年間どのくらいの紙を使っているのでしょうか？　一九九三年の統計では約二、八〇〇万トン生産され、日本人一人当たりに換算すると年間二三〇キロの紙を使ったことになっています。一方、世界の紙の生産量は二億五、〇〇〇万トンで、一人当たりの平均消費量は日本の約五分の一の四五キロになります。ちなみに、一一億強の人口を擁する隣の中国は一三キロと報告されています。こうした数値から今後、世界的に紙の需要はさらに増加することが予想されています。

紙の消費量が増え続けると、環境にどのようなインパクトを与えることになるのでしょうか？　一トンの紙を生産する際に必要とする原木、エネルギー、用水はそれぞれ、三・三立方メートル、四五〇万キロカロリー、一六〇立方メートルといわれています（日本の生産効率で計算した原単位から）。原木は直径三〇センチ、長さ一五メートルの木材三・三本分に、エネルギーは重油に換算して約四六〇リットル分に相当します。このほかにも蒸解・漂白に多量の薬品を必要とします。また、硫化物による悪臭や有機塩素化合物による水質汚染も無視できません。紙一トン生産するた

めに要する資源・エネルギーの大きさが理解いただけたことと思います。

さて、先のブラジル環境サミットで熱帯林を中心に世界の森林資源が年々減少傾向にあり、地球環境を守るために世界の森林保全が重要な課題として位置づけられました。森林資源を維持しながら木材利用を図ることが求められています。統計的に、わが国が使用する全木材の四〇％が（世界平均では一三％が）紙や板紙の生産のために消費されています。紙の生産量の増大が木材の消費に及ぼす影響は意外に小さくないことがわかります。もちろん、木材資源などを節約するさまざまな努力が行われており、紙の原料に古紙やユーカリ材などの早生樹が積極的に使われ、また、林地残材、古材、間伐材などの有効利用や、高収率パルプ化技術の開発による木材資源の一層の節約を図っています。

紙の消費量が文化のバロメーターと喜んでいえるような資源・環境と生産が両立しうる道はないのでしょうか？　都市ゴミの三～四割を紙類が占め、焼却炉への負荷の増大も社会問題となっています。過剰な広告や包装、ＯＡ紙にみられるような紙のむだ使い（使い捨ても含めて）を少なくし、紙＝木材資源を大切に使うこと、そのためには、これまでの紙に対する認識を変えていくことが大切です。そして資源のリサイクル利用技術をいっそう進めることにより、紙の寿命を長くする研究と対策が必要です。古紙のリサイクル利用がしやすい技術と制度の確立を行政・生産者・消費者が一体となって進めていくことが、これからの大切な課題であると考えます。

（島田謹爾）

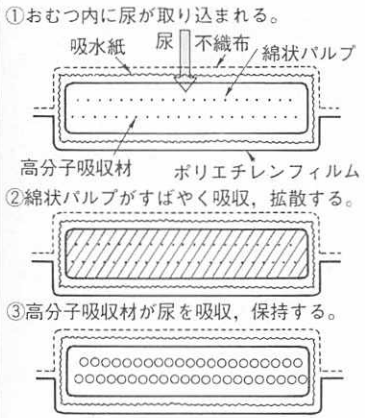
16 お世話になります

「紙おむつのどこが〝紙〟？」と思われる方も多いことでしょう。もともとスウェーデンで綿布不足を補うために、紙を重ね合わせて赤ちゃんのおむつに使用したのが始まり。しかし、現在では紙と同じ原料の木材パルプを使用しているにすぎません。いわば、布おむつではないから〝紙おむつ〟。正確には〝パルプおむつ〟なのではないでしょうか。

さて、汎用の紙おむつに使用されているパルプは、マツなどの針葉樹を原料としています。この針葉樹のクラフトパルプ（化学パルプ）には、繊維がとても長いという特徴があります。これを紙おむつに使用すれば、フワフワした綿状になりやすく、吸収性にすぐれ、柔らかな感触を与えることができます。

このパルプ自体、そこそこの吸水性があるのですが、保水性という点ではいささか不十分です。そこで、一九八〇年代前半、初めて高分子吸収材がおむつに使用されました。最初に製品化したのは日本の企業です。それまで、北米やヨーロッパに比べて紙おむつの普及がイマイチだった日本において、高分子吸収材の使用開始とともに消費は飛躍的に伸びました。

高分子吸収材は、主にポリアクリル酸系の化合物が使用されています。この物質は自重の数十倍もの尿を吸収・保持することができます。一枚当たりたった数グラムの高分子吸収材と吸水速度の速いパルプとを組



紙おむつの仕組み　(㈱ネピア　提供)

み合わせることによって、おむつの性能は格段に向上しました。同時に、木材パルプの使用量を四割ほど減らすことができ、森林資源の有効利用という点からも、高分子吸収材の使用は画期的なことでした。

ところで、紙おむつの年間国内使用量は、赤ちゃん用で約五二億枚。大人用はその五分の一程度。しかしながら、今後高齢化する社会において、紙おむつの担う役割は、ますます重要になってくると思われます。

同時に、森林資源の保護、ゴミ処理などの問題解決のために、パルプ自体の吸水性・保水性の向上、パルプと吸収材の一体化、生分解性のある材料（吸収材、外装材など）の開発など、さらなる研究、技術の発展が望まれます。私たちの生活向上とともに、いっそうの需要増が見込まれる紙おむつ、そのなかでもまた、人間と自然との調和が十分に図られるべきではないでしょうか。

（田中良平）

17 古代人が好んだ木

古来、森林資源の豊かな国土に住んでいた日本人は、縄文時代にはすでに樹木それぞれの特性を知っており、森に分け入っては目的の樹木を求め、盛んに利用してきました。しかし時代を経るにしたがって、鉄器の導入や農耕の開始などを背景に、用いる樹木の種類にはかなりの変化がみられます。関東地方では、弥生時代の資料はあまり報告されていませんが、それ以外の時代の木製品は、考古学的な遺跡発掘のおかげで、かなり見つかっており、われわれの祖先の木材利用の様相が明らかになりつつあります。そこで、往時の代表的な木製品である杭・割材・建築材などと、鋤鍬および丸木弓について、縄文時代中期～晩期、古墳時代および古代における樹種選択の様子と遺跡周辺に生育していた樹木とを比較することによって、当時の人々と森林とのかかわりを考えてみましょう。

杭・割材・建築材などでは、縄文時代にはクリの使用が多いのに対し、古墳時代以降ではクヌギ類がそれに置き換わります。ほかの広葉樹は少なく、縄文時代～古墳時代を通して、ナラ類やカシ類、ヤマグワ、トネリコ属が所によって適宜用いられる程度です。関東山地に近い場所では、古墳時代以降、クヌギ類に加えてモミ属やスギなどの針葉樹も多用されるようになります。鋤鍬には一般にカシ類を用いますが、関西地方とは異なってクヌギ類もけっこう用いられています。丸木弓は縄文・古墳時代あわせて二例しか報告があり

ませんが、いずれもイヌガヤが限定的に用いられています。

出土した自然木は、遺跡周辺の当時の森林植生を反映していると考えられます。このなかには、用材とはならないヤナギ属やハンノキ類のほか、縄文時代ではクリとトネリコ属、古墳時代ではクリ、クヌギ類、ヤマグワが、また古代ではクリとクヌギ類などがみられます。クリおよびクヌギ類はほぼどの時代にも、遺跡周辺に普通に生育していましたが、杭・割材・建築材などをみると、時代ごとの用材はいずれかに限られています。特に縄文時代から古墳時代以降にかけての変化は明瞭ですが、その背景には石器から鉄器へという道具の変化が第一にあって、そのほかにも樹種の好みや食料生産といった文化的な背景もあったと思われ、今後の解明が待たれています。（能城修一）

関東地方から出土した木製品と自然木の樹種

（Noshiro et al.1992 を改変）

樹種	縄文時代 中期-晩期 4800-2100年前		古墳時代 4-6世紀				古代 7-12世紀	
	Jn	Ak	Jn	Kt	Ks	Sh	Jn	Ks
杭・割材・建築材								
モミ属					○	+		+
スギ					+			○
クリ	○	○				+		
クヌギ類			○	○	+	○	○	
ナラ類		+		+				
カシ類						+		
ヤマグワ	+				+			
トネリコ属		+						
鋤鍬								
クヌギ類					+	+		
カシ類					○	○		○
丸木弓								
イヌガヤ	○					○		
自然木								
ヤナギ属			○		+		○	
ハンノキ類	○	○	+	○			+	
クリ	○	+	○			+	○	
クヌギ類	+		○			○	○	
ナラ類				+				
ヤマグワ				+	○			
トネリコ属		○						

Jn：埼玉県大宮市，Ak：埼玉県川口市，Ks：埼玉県行田市，Kt：東京都中野区，Sh：群馬県高崎市

○多い，＋普通

18 国の興亡を担った木

世界史をひも解くと、古今に名を残すいくつかの海戦が行われています。その一つが有名な「トラファルガーの海戦」（一八〇五）で、ネルソン提督率いるイギリス艦隊がフランス・スペイン連合艦隊に大勝しました。これによってナポレオンのイギリス侵略と全ヨーロッパ制覇の夢は打ち砕かれ、一方、制海権を確立したイギリスの繁栄の礎が築かれます。

このときのイギリスの旗艦ヴィクトリー号は、総トン数二、一六四トン、砲一〇二門を備えた木造帆船で、今もポーツマス軍港に記念として保存されています。船体の主要部分、すなわち竜骨、肋骨、舷側板、甲板、帆柱などはすべてオーク（ナラ）材でつくられています。選り抜かれた材質の木を使うため、これほどの大きな船では数千本のオークを必要としたといわれます。この海戦での双方の軍船は合わせて六〇隻ほどでしたから、全体でいかにたくさんのオーク材が用いられたかがわかります。資源小国、貿易立国のイギリスは、多くの商船とそれを護衛する軍船のためにも船用材であるオークを近隣諸国から得る必要がありました。いってみれば、オークはまさに国の興亡を担った木だったのです。

オークは大径材が得られることのほかに、強度と加工性、特に曲従性にすぐれ、衝撃に対する柔軟性と抵抗性をもっています。そのためオークの多いヨーロッパ中北部では、古くから船用材として用いられ、紀元

前の遺跡からも発掘されています。九～十世紀を中心に北欧を根城として、海賊、交易、植民などに活躍したヴァイキングの船もオークでできていました。

やがて中世の封建性から目覚めて大海に乗り出すいわゆる大航海時代が到来すると、ディアスの希望峰発見（一四八八）、コロンブスの新大陸発見（一四九二）、ヴァスコ・ダ・ガマのインド航路開拓（一四九八）、マジェランの世界周航（一五一九～二二）と続き、それをサポートしたスペイン、ポルトガルの隆盛をもたらします。船材はオークの代わりに地中海地方のマツ、モミ、イトスギ、ヒマラヤスギなどが使われました。次いで海上の覇権はオランダ、フランス、さらにイギリスへと移っていきますが、この主役を果たしたのが百トン～数百トンの木造帆船でした。それにしても香辛料、コーヒー、アヘン、茶、金、銀、木材、綿花、羊毛、絹、陶器など、なんと多くの物資が船で運ばれたことでしょう。奴隷まで運んだのです。木造帆船による航海の歴史が国の盛衰を語っています。

ヨーロッパではオークなど良質の木材がしだいに不足し、十九世紀中ごろからの汽船の登場とともに鉄船にかわっていきます。しかし森林資源の豊かなアメリカでは、ベイマツなど針葉樹材がかなり後まで用いられます。幕末に浦賀に来航したペリーの黒船もベイマツを多く使っており、予備の数本のベイマツ材を幕府に献上しました。これが米材が日本に入った最初ですが、当時、誰が日本の木材輸入の今日の姿を想像したでしょうか。国産材時代の到来が期待されるなか、スギはわが国林業の将来を担っています。（緒方　健）

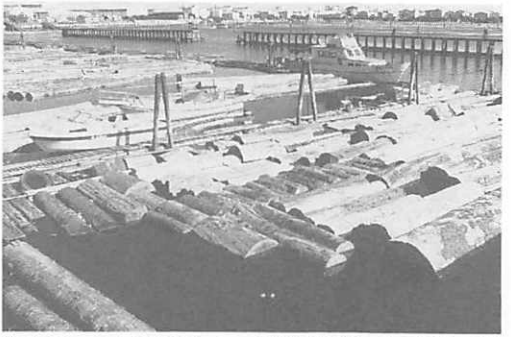
19 海から？ 山から？

最近のわが国の木材消費量は、丸太換算で年間約一億一、〇〇〇万立方㍍になります。したがって、人口一人当たりでは約一立方㍍となり、おおよそ事務机一個分の消費に相当し、太さ三〇㌢で長さ四㍍の丸太にたとえれば三本弱になります。これらの木材は国内と海外の森林から供給されますが、現在では総消費量のじつに七五％までが外国からの輸入で賄われています。つまり、わが国の木材自給率は二五％にすぎないわけで、先の丸太消費の例からいえば、三本中二本が外材で一本弱が国産材ということになります。

このように、海を渡ってきた木材が国産材よりも多くなってからすでに四半世紀にもなり、今や木材の多様な用途先で外材がプライスリーダーの座を占めています。最近、輸入木材の形状は、丸太から製材、合板、集成材など加工材に移ってきていますが、それでも丸太の輸入は世界の貿易量の五〇％を占め、平成五年実績で約二、五〇〇万立方㍍近くになります。しかもこの丸太の供給先は、アメリカ三五％、東南アジア諸国三〇％、ロシア二〇％、ニュージーランド七％と、主要な木材産地国に加えて、中国、アフリカ、南米諸国にまで及び、大げさにいえば、世界中の国々に丸太を求めているといってもよいかもしれません。また、製材輸入では、北米材七五％、南洋材、ニュージーランド・チリ材各一〇％、ロシア材、北欧材各二％の割合で、平成五年は史上最大の一、〇〇〇万立方㍍の大台を超え、国内製材需要の三〇％を占めるまでになりました。

製材にかぎらず合板や集成材、木質ボードなどの加工材の輸入は、産地国の工業化や輸出政策の進展、円高の定着とわが国の関税引き下げの動きなどから今後さらに増加していくことが予想されます。

このように日本は木材の輸入大国？　ですが、一方では、わずかながら輸出も続いています。かつては北海道のナラ、カバなどの大径広葉樹丸太は、ヨーロッパ市場向けに角材、フリッチ(厚盤)、ストリップス(床板原板)、コフィン（棺桶）材としてインチサイズに製材され、昭和三〇年代には年間一五～二〇万立方メートルも輸出されていました。そのころはまたアメリカ向けラワンのインチ製材と合板の輸出全盛期でもあり、特にラワンのインチ製材は道産広葉樹のそれに匹敵する数量でした。その後、木材輸出が大きく後退し現在では、道産広葉樹合板をインドネシアと台湾に、ナラ、センなどのインチサイズフリッチがドイツを中心としたヨーロッパ市場と台湾にわずかに輸出されています。ヨーロッパで人気が高かったナラのコフィン材は、その後いかなる材に変わったか気になるところです。わが国の木材需要は今後とも海外に依存していくでしょうが、将来は、成熟期を迎えつつある国内の人工林に期待したいところです。　（西村勝美）



海を渡ってくる原料丸太。今は専用船による製品が増えている。

20 違った名前で出ています

人間は物を区別するために名前をつけます。だから名前と物が違っているとたいへん困ります。たとえばきのこのシメジ。今スーパーなどで売られている〝シメジ〟あるいは〝ホンシメジ〟は、ほんとうのシメジ（ホンシメジ）ではなくて、それぞれヒラタケおよびシロタモギタケだということです。なぜ堂々とこのような偽りの名前がまかり通っているのか不思議です。

それでは木材はどうでしょうか。これがまたけっこう本物と違った名前がつけられているのです。江戸時代から慣習的に呼びならわされてきたものに、家具や細工物にするカバザクラ（樺桜）とホンザクラ（本桜）があります。前者はウダイカンバ（マカンバ）を中心とするカバノキ属（カバノキ科）の木材を指し、後者はヤマザクラ、シウリザクラなどのサクラ属（バラ科）の木材です。同じくカバノキ属のミズメもミズメザクラといったりします。科や属のことを知らない昔の人もカバノキの類とサクラの類は葉や花で当然区別していましたが、両者の材が似ているので、このような使い分けをしたのでしょう。

ツゲ（ツゲ科ツゲ属）とシャムツゲ（アカネ科クチナシ属）も同様です。ツゲの良材が不足してきた明治時代に、材が一見ツゲに似た樹種をタイ（シャム）で発見し、シャムツゲと名づけました。ただし、材質はツゲのほうがはるかにすぐれているので、将棋の駒や櫛にしてもシャムツゲは安物にしか使われず、価格も

雲泥の差があります。また、碁盤や将棋盤に使われるシンカヤ（新カヤ）も本物のカヤノキ（イチイ科カヤノキ属）とはほど遠い北米のノーブルファー（マツ科モミ属）です。木材市場で通用しているベイマツ（アメリカトガサワラ）、ベイスギ（アメリカネズコ）、ベイヒバ（アラスカヒノキ）、ナンヨウギリ（キリに似た南洋材数種）など、このような例は枚挙にいとまがありません。

似て非なるものでも、それに形容詞をつけて本物に近いイメージを与えたくなるのが人情です。日本にかぎらず、世界的にもチーク、マホガニー、ウォールナット、ローズウッドなどの銘木にあやかった木材名をもつものはたくさんあります。アメリカでフィリピンマホガニーというのはラワンのことです。流れのゆっくりしていた時代にはこれらの名前もいつか定着し、少なくとも流通市場で受け入れられていきます。

ところが最近では、業者がてんでに勝手な名前をつけることが行われています。ある家具会社では、北米のオールダー（カバノキ科ハンノキ属）を「うちではチェリーの名で売り出しています」と澄ましたもの。チェリーといえばサクラですが、そんなことはおかまいなしといった感じです。同業者に材の出所を知られないためにも、南洋材なのに〝ブラジリアン……〟といったりします。品質表示がやかましくいわれる今日ですが、「学名（ラテン名）を付すこと」というわけにもいかないとすれば、「あまりでたらめな名前をつけないように」という指導ぐらいしかできないのでしょうか。なお、外国の木材を取り引きするときは、ぜひ学名がわかったものを、とすすめています。

（緒方　健）

21 戦争で生まれ育った物流の要

私たちの毎日の暮らしのなかで、当然のように何気なく使っているテレビをはじめ、コーヒー、新聞、パン、お米……すべての物が必ず物流の世話になっています。

この物流の要が〝パレット〟であることをご存じでしょうか。〝物〟が工場で生産され、消費者の手に渡るまでには、〝物〟は、包装、荷役、保管および輸送されます。このように物資を供給者から需要者へ物理的に移動する過程の活動を〝物流〟といいます。

この物流活動を合理的に行うためには、物を一定の単位にまとめ、かつ、機械荷役を可能にしなければなりません。そこでパレットが登場するわけです。この世のなかのあらゆる物品は必ず包装（袋、段ボールケースなど）されてパレットに積まれ、コンベヤ上を移動しフォークリフトトラックでいったん倉庫に保管されます。そしてトラック、鉄道貨車、航空機および船舶などの輸送機関で運ばれます。今やパレットなしでは私たちの生活は成り立たないといっても過言ではないでしょう。

パレットは、第一次世界大戦ごろにその原形となるものが出現し、重量物の運搬に利用されたそうです。第二次世界大戦中に世界への物資（武器、弾薬、食糧など）供給国であったアメリカでフォークリフトトラックとのコンビによる現在のパレットシステムが考案され、文字どおり物資はパレットにのせられて世界各

国に運ばれたわけです。その結果、終戦とともに大量のパレットがアメリカ各地やヨーロッパおよびオーストラリアなどの現在の先進工業国に残され、戦後の復興とともにパレットが世界的に普及したわけです。

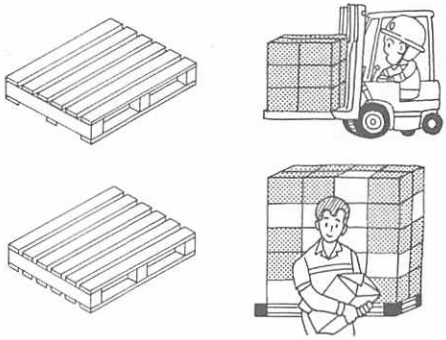
わが国では、戦後、駐留軍のためにアメリカから大量のコーラがパレットによって運び込まれたころが本格的なパレット導入の始まりといわれています。

現在、パレットはわが国において年間約五、〇〇〇万枚生産され、三億枚保有・流通しており、じつに人口一人当たり二枚強のパレットを保有しています。このうち約九〇％が木製で占められ、資源の枯渇とともに世界各国のあらゆる木材が使用され、その量は年間約三〇〇万立方メートルに達しています。

また、パレットの大きさはわが国では一、一〇〇×一、一〇〇ミリの正方形が用いられ、アメリカでは四八×四〇インチ（一、二一九×一、〇一六ミリ）の長方形、ヨーロッパでは一、二〇〇×一、〇〇〇ミリの長方形が用いられています。

現在、世界的なパレットの寸法統一がＩＳＯ（国際標準化機構）において議論されており、日本とヨーロッパとの間で正方形か長方形かのホットな争いが繰り広げられています。

（福本博二）



パレット

22 燃えて役立つ

世界の木材年伐採量は三四億三、〇〇〇万立法メートル、開発可能林の蓄積量の三%に当たります。このうち一四億五、〇〇〇万立方メートルが先進地域で伐採され、その一六%に当たる二億四、〇〇〇万立方メートルが薪炭材として、残りが建築材、紙パルプ材として使用されています。開発途上地域での年伐採量は一九億八、〇〇〇万立方メートルで、そのうちの八〇%が薪炭材です。世界木材需要量の半分はいまでも薪炭用なのです。

世界の一次エネルギー年消費量は原油に換算して一〇〇億トンです。商業エネルギーの供給源は多様ですが、九三%は化石燃料（石油三八%、石炭三〇%、天然ガス二〇%）で、そのほかに原子力と水力発電がそれぞれ五%と七%を供給しています。この化石燃料の大量消費による二酸化炭素濃度の上昇とそれによる地球の温暖化が、地球自身の修復能力を超える速度で進行しています。そのため、再生産可能でクリーンなエネルギー源として太陽光、風力、地熱などによる発電技術の開発研究が世界各国で盛んに推進されています。

一方、開発途上地域での薪炭材の大部分は非商業ベースで家庭の暖房や調理用に採取されているため通常統計には含まれませんが、それから得られるエネルギーは世界の産業エネルギーの一五%に相当します。これは原子力と水力発電を併せたものより大きく、世界的にみれば木材はいまだに重要な燃料です。開発途上地域の人口の三分の二が家庭燃料を木材に依存しており、薪炭材の必要量は地域（砂漠地帯、サバンナ、森

林地帯、高山地帯など）、気候、人口密度などで異なり、〇・三～〇・九立方メートル／人・年となっています。東カリマンタンでの調査によると、薪材年消費量は一戸当たり四・五立方メートル、一人当たりでは〇・八立方メートルで、十分自給可能とのことです。しかし、一九八〇年には開発途上地域ですでに一三億人が薪炭材不足の状態にありました。そのため、主婦が薪材を集めるために毎日数キロメートル以上も歩き回らねばならず、子供の養育や家事に手が回らない状態とのことです。FAOは、二〇〇〇年にはアジアで五億立方メートル、アフリカで三億立方メートル、中南米で一億立方メートルの薪炭材が不足し、三〇億人が困窮すると予測しています。

米国では、一億立方メートルの木材が燃料として消費されています。カリフォルニア州では、一～五万キロワットの木材火力による発電所が二十数基稼働中であり、全米では一五〇万キロワットの電力が木材火力発電所で発電されています。スウェーデンでは、国民投票で二〇一〇年までに原子力発電を全廃することを決意しましたが、その四分の一をヤナギの超短伐期林から供給することを考えています。わが国では、一九五五年ごろまで毎年三、〇〇〇～四、〇〇〇万立方メートルの木材が伐採されて二〇〇万トンの炭が生産され、民生用エネルギーの四〇％を賄っていました。その後のエネルギー燃料革命後、生産量は急減し、いまでは一〇万トン以下です。日本人は建築材や紙として年間一億一、〇〇〇万立方メートル（一人当たり約一立方メートル）の木材を消費していますが、一九九二年に薪炭材として消費した木材はたったの六四〇、〇〇〇立方メートルにすぎません。むだに捨てている木材や紙製品を燃料として利用していくシステムを確立する必要があります。

（志水一九）

「?……」な用語の解説　その一

素人にとって、いわゆる専門用語はとっつきにくいものですが、とりわけ、その用語が一般的な意味とまったく違う意味で使われている場合、「これはいったい何のこと?……」ということになってしまいます。木材関連でよく使われる用語のなかで、特に読者のみなさんが混乱してしまいそうなものについて簡単に説明しておきましょう。

（林　知行）

ヤング係数

木材の年齢（若さ）を示す指標ではありません。簡単にいうと材料の変形しにくさ（この値が高いほど変形しにくい）を表す係数で、ＭＯＥとか弾性係数などと表現されることもあります。

ＪＡＳ

日本農林規格のことで、航空会社の名前ではありません。ＪＡＳといえばじつはこちらが本家です。

ラーメン

柱と梁のような部材どうしの接合部が、曲げの力に対抗するように強く固定されている骨組みのこと、自由に回転できるような接合部で構成された骨組みはトラスといいます。

Ⅱ

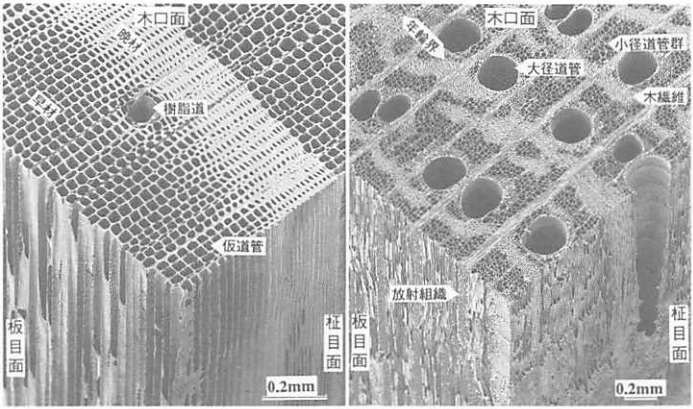
持って生まれた不思議な性質と扱い方

23 のぞいてみれば孔だらけ

ケヤキやナラの材では肉眼で年輪がはっきりと見えます。ナイフで削ってきれいに仕上げた木口面をルーペでもう少し詳しく見ると、年輪に沿って丸い孔が一列に並んでいるのがわかります。これらの孔は、根から吸い上げた水分を葉に導く経路となっていて、道管と呼ばれます。道管以外の細胞は、直径が細いのでルーペでは見えませんが、顕微鏡を使うと木材を構成する細胞の一つ一つまで見えます。

ケヤキの材を走査顕微鏡でのぞいてみれば孔だらけです(写真右)。木口面で見られる孔の大きさは大小さまざまですが、最も目立つのが大径道管、小径で厚壁の細胞は木繊維、やや直径が大きくて薄壁の細胞は小径道管と軸方向柔組織です。柾目面に見られる大径道管の断面から明らかなように、道管は両端が開いた円筒形の細胞が土管のようにつながって軸方向に長い管になっていて、いかにも水が流れやすい構造になっています。木繊維は細長く約一ミリ程度の長さで、両端がとがっています。このほかに、放射組織が木繊維などと直交方向つまり水平方向に配列して、木口面では帯状に、板目面では断面の丸い細胞の集合体として観察されます。

マツ類やスギ、ヒノキなどの針葉樹類でも肉眼で年輪がはっきりと観察できますが、ルーペで観察しても道管のような孔は見られません。アカマツ材を顕微鏡で詳しく観察すると(写真左)、木口面では角ばった仮



走査電子顕微鏡写真(左：アカマツ，右：ケヤキ)

道管が整然と配列しているのがわかります。仮道管は直径三〇～五〇ミクロン程度で、軸方向の長さが一～六ミリです。軸方向柔細胞はなく、放射柔組織も小さくて顕微鏡観察でも目立ちません。このように、針葉樹材はほとんど全部が仮道管と呼ばれる細長い細胞で構成されているためにその組織が比較的単純です。そして、仮道管の直径と細胞壁の厚さの変化があるために年輪ができていることがわかります。道管のように水分通導の機能のみを果たす組織をもっていませんが、樹幹を支える機械的機能を果たす仮道管が水分通導の機能をも果たしています。仮道管相互間は側壁にある有縁壁孔で連絡しているので、この有縁壁孔を通して水分が移動します。木口面で見られる道管のようなものは、松やにが出る樹脂道で、マツ類の木材の特徴です。針葉樹材でも樹種によっては軸方向柔細胞がありますが、せいぜいスギやヒノキのように年輪に沿って散在する程度です。

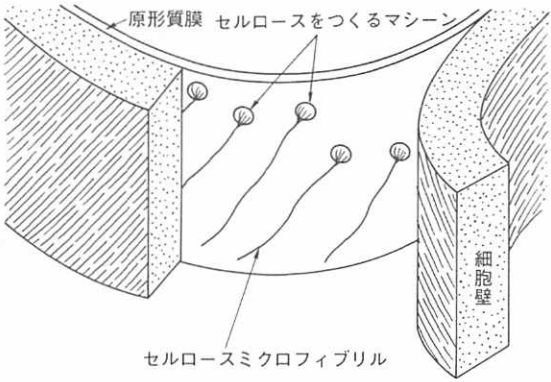
(藤井智之)

24 木の壁の製造現場

木は無数の細胞からできています。ところがほとんどの細胞が中身をなくし、細胞の外側の壁だけが残ったものといえます。壁は非常に丈夫につくられているので木の身体を支えたり、地中の水分を枝葉の先端まで運ぶしっかりした通路の役を果たしています。この壁を英語で cell wall と呼びます。つまり、細胞の壁という意味です。細胞の壁はおもしろいことに建物の壁につくりがきわめてよく似ています。細胞の壁の主な成分はセルロース、リグニン、ヘミセルロースです。セルロースは非常に細長い形をしていて引っ張ってもなかなか切れず、鉄筋に当たります。リグニンは団子のような固まりで鉄筋に当たるセルロースの間に入り込んでいるのでコンクリートに似ています。さらに、ヘミセルロースは分子が短くなったものでセルロースの鉄筋を結わえて丈夫にする針金に相当します。木の壁も建物の壁も共通して形づくりには欠かせません。

ところで、細胞の壁は植物にのみみられると思われがちです。しかし、実際には菌類や細菌類にもあります。動物細胞にはみられません。動物は骨や筋肉を発達させて幅広い運動能力を獲得してきましたが、植物は細胞壁を発達させることにより運動性を犠牲にして強靭な身体をつくり上げてきました。原始の生命には壁がありませんでした。やがて、細胞周囲をタンパク質が覆うようになり、さらにより高分子の物質で丈夫に細胞を囲むように発達してきました。これが今のバクテリアの細胞壁に近いものです。さらに生物が進化

すると、フィブリルに当たる繊維質とマトリックスとからなる菌類に近い細胞壁が発達し、そして植物細胞にみられるような丈夫な細胞壁が誕生してきたと考えられています。細胞の壁の丈夫さからすれば、木の壁は生物界の王様です。



セルロースの製造現場

それでは、細胞の壁はどのようにしてつくられるのでしょうか。いうまでもなく、壁の原料は光合成でできたシュクロースです。これが細胞内でセルロースに変換されやすい形に変えられて存在します。細胞の壁のすぐ内側には原形質膜というきわめて薄い膜があり、細胞の中身を囲んでいます。この膜はどの生物にもみられ、油の層のように流動しやすいのです。そして、その油の上にタンパク質がプカプカ浮かんでいる構造をとります。セルロースの鉄筋をつくるときには、このタンパク質がセルロースをつくるマシーン（セルロース合成酵素複合体）に早変わりします。このマシーンが前述の原料を用いてセルロースの糸を紡ぎながら、油の上を一方向に集団で移動します(図)。こうして、方向のそろった丈夫な壁ができるのです。

（伊東隆夫）

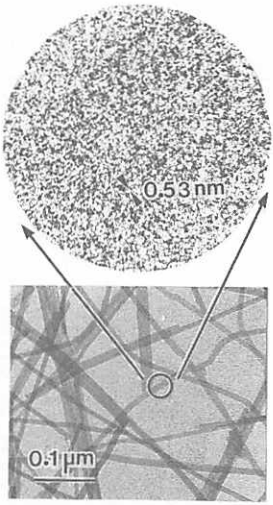
25 〝何じゃこりゃ何じゃこりゃ〟の正体

セルロースはブドウ糖がいくつも直線状に連結した高分子です。これらは集合して、断面の径が数ナノから数十ナノメートルのミクロフィブリル（髪の毛の数千分の一の微小繊維）に結晶化します。目には見えませんが植物の細胞壁の強度を担う骨格成分で、物性を左右するナノパワー的な存在です。

「ミクロフィブリルの内部構造を見よう」と数多くの研究者が情熱を燃やしてきました。見るといっても光の波長よりも小さな物ですから、透過型電子顕微鏡という特殊な装置を、しかも高分解能仕様にして使用しなければなりません。市販の電子顕微鏡で分解能は〇・二ナノメートルありますから、その数倍のセルロースの分子を可視化できることは、素人にも予想できます。ところが、電子を照射すると一瞬にして微細構造が破壊される（いわば黒こげになる）ので、それを回避する方法が必要です。

一般に、よい顕微鏡写真を撮影するには、同じ検体から何枚もの写真を条件を変えながら撮影するのが常識でしょう。しかも微細構造となれば、なるべく倍率を上げてと考えるのが普通です。ところがセルロースの場合はこのまったく逆で、シャッターチャンスはただ一度、しかも撮影に要する電子の量を減らすためにできるだけ低い倍率を選択せねばならず、さらには焦点合わせも撮影する場所では行わないという制限つきです。最小照射装置という装置がこのために開発され、この類の研究には不可欠のものとなっています。

セルロースの生物界における分布は非常に広く、植物界だけでなく一部の細菌や動物もセルロースを生産します。フィリピン生まれのナタデココの正体はバクテリアのセルロースですし、また東北の珍味ホヤもその外套膜はセルロース製です。ミクロフィブリルの特徴は、細胞の機能や生理と関係するので生物種によってさまざまです。写真上に示したのは幅の大きな海藻のミクロフィブリルで、その内部に縞が見えると思います(見えないときは本を傾けて目を細めてください)。この一本一本がセルロースの分子に相当することから、ミクロフィブリルの長さ方向や幅方向に、分子鎖が整然と配列していることが判明しました。大きさは異なりますが他の生物種でも同様の構造をもち、このように直線状の分子鎖が整然と充塡されて、非常に長い均質なミクロフィブリルをつくることがナノパワーの原因なのです。



海藻のミクロフィブリル(低拡大図)にセルロース分子鎖が0.53nm間隔で充塡されている様子(高拡大図)。

生物界にはクモやカイコのように上手に糸をつくる生物がいます。彼らの糸には分子がからまったところが何箇所もみられますが、セルロースの場合はきわめて理想的に分子がミクロフィブリルに束ねられています。これは今のところ人類が工業化できない技術ですが、この謎が解ければ新しい産業が生まれるでしょう。

(杉山淳司)

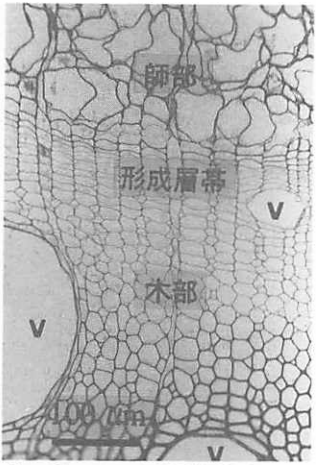
26 分かれて伸びてふくらんで

日本などの温帯産の樹木の断面では年輪を観察することができます。年輪の数は年を経るごとに増えていきますが、これは前の年までにできた年輪の外側に新しい年輪がつくられるためです。樹木は多数の細胞が集まってできているので、新しく年輪をつくるということは新しい細胞をつくるということになります。このような新しい細胞をつくる組織は形成層（維管束形成層）と呼ばれています。形成層は樹皮のすぐ内側に樹幹を取り囲むように存在し、細胞分裂によって新しい細胞をつくる働きをしています。

形成層には、紡錘形始原細胞と放射組織始原細胞という形の異なる二種類の始原細胞があります。前者は軸方向（樹の上下方向）に長い細胞、後者は放射組織をつくっています。始原細胞から分裂した細胞は木部母細胞あるいは師部母細胞と呼ばれていますが、実際には始原細胞との区別がつかないのでこれらの細胞の層を形成層帯と呼んでいます。形成層帯から内側に木部の細胞が、外側に師部の細胞がつくられていきます。幹の内部にできる木部は、外側にできる師部とは違って細胞が蓄積されていくので、この木部が木材として利用されています。

分裂して新しくできた細胞は、そのままの形で完成するわけではありません。それでは、完成するまでにどのように変化するのでしょうか。同じ始原細胞から分裂した細胞は放射方向に列をつくって並んでいます

（写真）。この列のなかの細胞を形成層帯の細胞と比べてみると、形成層帯から離れたものでは形や大きさが変化していることがわかります。新しくつくられた細胞は、それぞれの細胞が果たす機能に適したように形や大きさが変化するのです。広葉樹材を構成する主要な細胞に、道管要素と木部繊維があります。道管要素は水分を通すいわば水道管のような働きをしているので、他の細胞に比べてずっと直径が大きくなります。木部繊維は長さが伸びて上下の細胞の間に侵入し、複雑にからみ合って、幹が折れたり曲がったりしないように支える役割を担います。このように、機能によって細胞が変化することを分化といいます。道管要素の大きさや並び方、木部繊維の伸びる量などは分化の段階で決定されますが、これらは樹種によって異なっており、樹種ごとの特徴となっています。



オニグルミの形成層帯付近
同じ始原細胞起源の細胞が写真の上下方向に並んでいる（V：道管要素）。

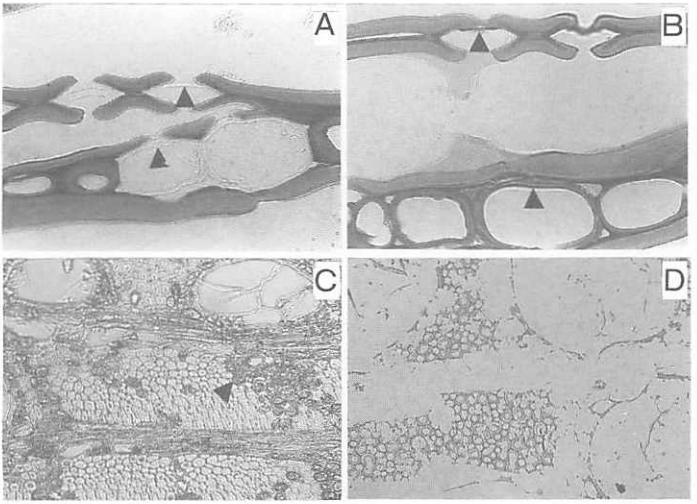
形成層で新しくつくられた細胞は、機能の分化、細胞壁の肥厚、リグニンの堆積という過程を経て完成します。多くの細胞は完成後、細胞としての活動を終え、水分や養分の移動や樹体の支持といった機能を果たすようになります。形成層は、これらの死んだ細胞が担う機能に支えられて新しい細胞をつくり続けるのです。

（藤原　健）

27 辺・心で変身！

樹木はずいぶんと手の込んだことをするのです。丸太を輪切りにしてみると、外側の淡い色をした辺材と呼ばれる部分と内側の濃い色をした心材と呼ばれる部分を区別することができます。心材は初めから心材であったのではなく、丸太の外周に位置する形成層で形づくられてから辺材として何年、何十年を過ごし、ある時、心材に変身するのです。なぜこのようなことをするのでしょうか。

何年あるいは何十年（樹種によりほぼ決まっています）、辺材中で孤独に生き続けてきた柔細胞（柔細胞以外の細胞は形成層で生まれて、その年のうちに死んでしまいます）は、ある時、死（細胞の自殺＝アポトーシス）を迎えます。柔細胞は死に臨んで、辺材を心材に変身させるための仕事（心材化）をします。柔細胞はそれまでも微生物などの攻撃から樹木を守ってきましたが、自分が死んだ後もその使命に責任をもちたいと思い、微生物の嫌いな樹脂や色素といった心材成分を合成して細胞を覆ったり微生物の通り道となるであろう細胞中の通路（壁孔壁）を塞いだりするのです（写真A・B）。ですから、心材は辺材に比べ微生物やシロアリなどに対して強いのです。耐朽性の高い樹種が多い熱帯産材のなかでもチェンガルは耐朽性が非常に高く、マレーシア鉄道に使用された枕木の平均耐用年数は二三年でした。しかし、チェンガル材といえども、有機溶媒で心材から樹脂や色素を除いてしまうと、耐朽性は大きく減少してしまいます（写真C・D）。



樹木を守る心材

リギダマツ辺材（A）と心材（B），心材化により細胞壁や壁孔壁に心材成分が沈着する（矢印）。チェンガル心材柔細胞内腔に沈着した心材成分（矢印）（C），心材成分を有機溶媒で除去すると心材も木材腐朽菌（カワラタケ）により容易に生分解される（D）。

北海道の代表的樹種であるウダイカンバは、心材の比率の大きさが高品質材の一つの条件になっており、市場ではマカバとメジロカバに区別され、価格も平均で五〇％ほど異なります。このような点からも心材化の研究は重要なのですが、総合的な研究は不足しています。心材化のプロセスについては、糖の辺材内部への転流→エチレンなどにより誘導された酵素による心材成分合成→柔細胞の液胞にポリフェノールが蓄積→濃度上昇による液胞破壊→周辺への拡散→細胞壁中のフェノールオキシダーゼなどと接触→酸化重合→心材が形成されると理解されています。心材化の誘因としては、水ストレスなどが考えられています。心材成分生合成に関与するフェニルアラニンアンモニアリアーゼやカルコンシンターゼ活性は、辺材内部で秋期に高くなることが最近報告されました。

（山本幸一）

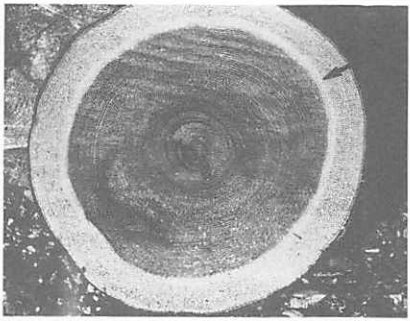
28 白いはち巻きは何のため

玉切りされたスギの丸太の切り口を見ると、中央部に褐色の部分があり、その周囲を淡色の材部が取り巻いています(写真)。中央部は心材、淡色の材部は辺材と呼ばれています。ところで、樹木が伐倒された直後の面を注意して見ると、辺材と心材との間に白色の帯がいわば心材にはち巻きをしているように見える場合があります。この帯の部分は一般に白線帯(または辺材から心材への移行材)と呼ばれています。白線帯はいったいどんな意味をもっているのでしょうか。ここで注意したいのは、丸太が乾燥すると白線帯が不明瞭になることです。つまり、白線帯は水の存在と強くかかわっていると推定されているのです。

ところで、樹木は地球上の植物のなかでは最も大きくなり、また最も長生きする生き物です。北アメリカのセコイアは高さが一〇〇メートルを超えることで有名ですし、日本ではヤクスギが三、〇〇〇年もの歳月を生き続けています。いったいなぜ樹木がこんなに長く生き続け、大きくなるのでしょうか。その一つの理由が心材の形成にあるのです。樹木が長生きし、大きくなるのは、師部と木部の間にある形成層と呼ばれる特殊な細胞の層が長期間分裂能力を維持することに由来します。形成層は何種類かの細胞をつくりますが、樹体内に養分を貯えるなど、主に樹体の生理学的な働きをつかさどる細胞をつくります。これらはほかの細胞に比べ長い年月生き続けます。しかし、生きた細胞であるかぎり、個々の細胞は寿命をもっています。生活機能を

営み続けたこれらの細胞が生から死へと変化する境界、これが白線帯です。生活細胞が死細胞と化すときに、ひと働きして死ぬのです。このとき、心材成分と呼ばれる特殊な成分を形成します。すなわち心材の形成です。たとえばスギの場合、スギレジノールなどを生合成しますが、この成分のおかげで樹体は強くなり、大きくなって長い年月生き続けるのです。

心材の形成はさらに樹種固有の特色をつけ加えます。スギにはスギの、ヒノキにはヒノキの、またケヤキにはケヤキの色合いが付与されます。心材形成のメカニズムはきわめて複雑です。しかし、生活機能を営んできた細胞が寿命をまっとうする前にひと花咲かせる場所、これが白線帯といえます。ここでは水分量が極端に減少し、そのぶん気体の量が増し、このような舞台構成のなかで生活細胞中の貯蔵物質がダイナミックに変化し、心材成分となるのです。白線帯は、直接的には水分量が減少することによりわれわれの目に白く見える部位ですが、このように樹体内部で大切な働きをしているのです。



スギの横断面（矢印は白線帯を示す）

心材の形成は植物界のなかで樹木にのみ見られる現象です。しかし、多様な樹木のなかには白線帯をもたないものがあることにも注意を払う必要があります。

（野淵　正）

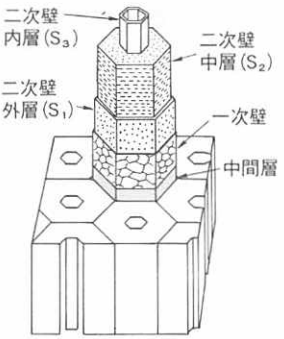
29

一本立ちできたのはリグニンのおかげ

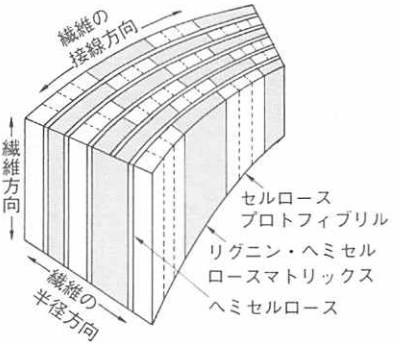
水中でユラユラと波の動きに身をまかせる藻類と、地上で真っすぐに幹を伸ばし枝葉を茂らせて立つ樹木。どちらも同じ植物ですが、進化の過程で水から出て陸上で生きていくためには、水分をどう確保して、体の乾燥を防ぐかが問題でした。この問題の解決法の一つが、リグニンをつくり出すことでもあったのです。

リグニンはコケ類や藻類などには存在せず、水分通導組織の維管束が発達したヒカゲノカズラやシダ類、裸子植物、被子植物にのみ存在します。その量は木本類では特に多く、スギやヒノキのような針葉樹には約三〇%、ポプラやブナのような広葉樹には約二〇%、草本類には一五～二〇%程度含まれており、これらのリグニンは、その構造も少しずつ異なっています。また、リグニンはこの地球上でセルロースに次いで多量に存在する天然の有機化合物でもあります。

このリグニンは、もとは有害なフェノール性の代謝生成物が重合してできたものですが、決して廃棄物というわけではなく、植物にとってはとても大事な働きをしています。まず第一に維管束の組織のセルロース、ヘミセルロースからなる細胞壁を強固に接着して、水分や養分の通り道であるこれらの組織の防水加工に役立っています。これにより、根から吸収された水分が、途中で漏れたり拡散してなくなることなく運ばれるのです。



木材細胞壁のモデル
(Wardrop ら, 1958)



二次壁中のリグニンおよび多糖の分布を示す不連続ラメラモデルの模式図
(Kerr, A.J.et al., 1975)

また、同時にこれらの組織に剛性を与え、機械的な衝撃から植物体を守ります。さらに、リグニンは微生物などによる攻撃にも大きな抵抗性を示します。

樹木の細胞の二次壁の中のセルロース、ヘミセルロース、リグニンはラメラ構造をしているといわれ、樹木の体をしっかりと支えることのできる複合材料をなしています。この細胞の構造をたとえていうと、鉄筋コンクリートとみなすことができます。引っ張りに強い鉄筋はセルロース、ヘミセルロースに相当し、圧縮に強いコンクリートに匹敵するのがリグニンというわけです。

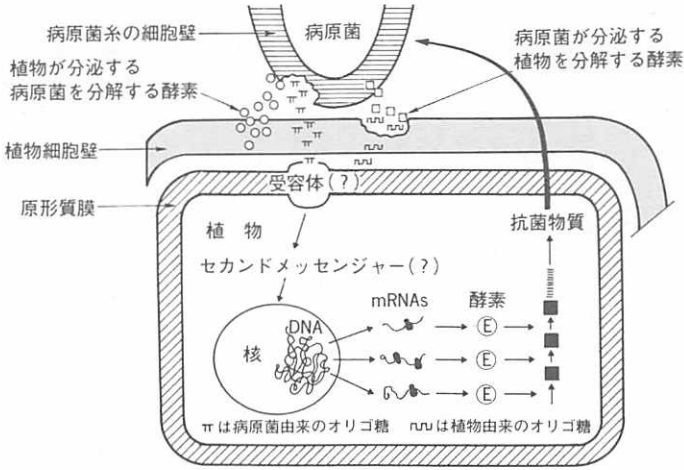
樹木の大きなものになると樹齢数千年というものもありますが、通常のプラスチックなら当然劣化してだめになるようなこんなに長い年月、高さ数十メートル、重さ数百トンの巨体をなお支え続けていられるのもこのリグニンのおかげです。

(富村洋一)

30 侵入者を見つけろ！

植物の大きな特徴の一つは、細胞が細胞壁に囲まれていることです。私たちが利用している木材は、この細胞壁が集まったものです。それではいったい、細胞壁はどんな役割を果たしているのでしょう。細胞壁の役割は、細胞が壊れないように機械的に保護するものだと長い間考えられてきました。しかし、カエデの細胞壁の長年にわたる研究から、細胞壁は、植物が病原菌の侵入や昆虫などの外敵の侵入に対して、防御シグナルを発信する役割をすることがわかってきました。

成長中の植物細胞壁は、大部分が糖質と少量のタンパク質からできています。病原菌が植物を攻撃するとき、病原菌は植物の細胞壁を分解する酵素を出して植物細胞壁を破壊します。このときできる細胞壁の小さな断片（糖がいくつかつながったオリゴ糖）が植物に病原菌の侵入を知らせ、植物は多種多様な防御反応を示します。たとえば、抗菌性物質を新たに合成して菌を殺したり、リグニンを多量に合成して細胞壁を丈夫にしたり、侵入された部分の細胞が過敏感反応して菌糸を閉じ込めたりします。一方、植物は病原菌を分解する酵素を分泌して病原菌の菌糸を分解します。このときも菌糸の細胞壁からオリゴ糖が出て、それも植物に侵入者がきたことを知らせます。植物のもっているこのような巧みな仕組みには、ただ驚くばかりです。植物が発信した信号が植物体内をどのように伝わって、病原菌を殺す抗菌性物質をつくるかについて現在活



植物の病原菌に対する防御システム（M. ハーン博士 提供）

発に研究されています。植物の防御システムが解明されると、これらを利用した耐病性植物をつくることが可能になるでしょう。

マメ科植物の根に根粒菌がつき、窒素固定することはよく知られています。根粒菌は病原菌ではありませんが、マメ科植物と根粒菌の共生関係にもオリゴ糖が信号として働いています。植物が出すフェノール性化合物に反応して根粒菌がオリゴ糖を出し、このオリゴ糖が根粒菌をつくらせる遺伝子を発現させるのです。

植物細胞壁を構成する糖は、紙や繊維として古くから利用されてきました。植物が生きている間、細胞壁は大黒柱として植物の体を維持しています。そのうえ、細胞壁は生命現象の根幹で重要な役割を果たしていることがわかってきました。細胞壁の研究は、まだまだ私たち研究者をひきつける魅力をもっています。（石井　忠）

31 ブランド目指して手塩に掛ける

木材にも〝銘柄〟があるのをご存じですか？　豊臣時代から江戸時代には都市が栄え、城、茶屋、屋敷などに多くの木材が使われましたが、その当時の天然の良木が全国的に有名になり、徐々に銘柄材として認知されるようになりました。秋田のスギや木曽のヒノキは特に有名です。どの銘柄材も最初はすべて天然木でしたが、大径の天然木が育つには時間がかかります。そこで、いくつかの地域では銘柄を維持し、また特殊用途に合った材を得るために人為的に手を加えて生産を行うようになり、独自の施業技術が発達してきました。銘柄材の生産は、江戸時代から本格的に行われるようになり、吉野スギや北山スギなどが有名です。

木材の材質は同一樹種でも個体ごとにかなり異なる場合がありますが、ある程度人為的に材質を変えることができます。木の成分を変えることはできませんが、木目をそろえたり欠点を減らしたりすることは可能です。そして、遺伝的に個体ごとの差の少ない苗木を使い手入れを行えば、材質がほぼ同じ材をコンスタントに生産することができます。吉野スギは今では化粧を重んじる造作材に代わりましたが、江戸時代には清酒の樽用材の生産を目的に独自の手入れ方法が工夫されてきました。木を手塩に掛けて育て、こまめに手入れして育成する技術は、銘柄材の生産とともに発達してきたといえます。

代表的な手入れ法には、植栽密度の調節（間伐を含む）と枝打ちがあります。たとえば、吉野スギでは、

一ヘクタール当たりに一〇、〇〇〇本ものスギを植え、ときどき間伐をしながら成長量を適度に抑えて木目（年輪幅）の均質な材を仕立て、枝打ちをこまめに行って節のない良質の材を生産しています。木の成長は、通常日照量が多いほど良好ですがあまりに太りすぎると年輪の幅が広くなり、狂いが大きく弱い木材になることがあります。造林木では、通常初期の成長量が大きいので密植して成長を抑えるわけです。一方、枝は老齢の大径木では自然に枯れ上がるのですが、枝打ちを早くから行えば、中小径木でも製材したときに材面が無節の美しい材を生産することができます。床柱用の磨き丸太では無節であることが重要で、内装材のなげし、鴨居なども無節で木目のそろった材が好まれます。

吉野スギの美林（中野達夫氏 提供）

木を手塩に掛けるということは、ある目的に合った材を生産するために日本人が編み出した知恵といえるでしょう。しかし、特に銘柄材と呼ばれない木材についても、熱心な林家が枝打ちや間伐などの手入れを行っていることも忘れてはいけません。みなさんの家のスギやヒノキの柱には、さほど節が入っていないことが何よりの証拠です。

（平川泰彦）

32 育ちよりも氏？

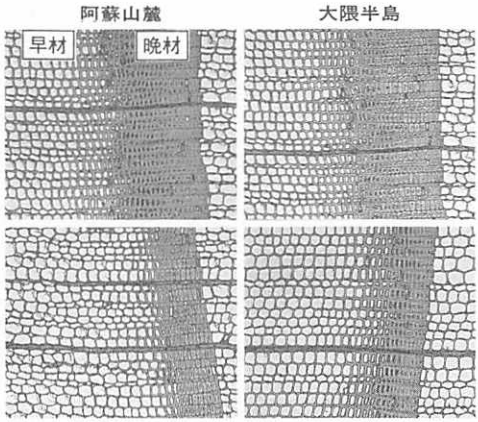
「氏より育ち」といわれます。ストリートチルドレンも殿様として育てられるとそれらしい風格が身につく、すなわち、血筋よりは環境が大事という主張です。一方、「ウリのつるにナスはならぬ」ともいい、ここでは氏の重要性が強調されています。鏡のなかには年を経るほど親に似てくる自分がいるのですが、隣には自分の背丈をはるかに追い越した息子がヘアスタイルを気づかっています。子は親に似るが、生活環境も大きく影響することを私たちは本能的に気づいているのでしょう。

木材の性質はどうでしょうか？　木材は樹木の長年にわたる生命活動の蓄積なので、一つとして同じものはありません。こうした木材の性質のバラツキは、氏か育ちか興味深いところです。ある形質の親と子の類似度を統計的に示したのが遺伝率です。ただし、樹木は、種子だけでなく、さし木などで親をコピーのようにそのままクローン（栄養系）増殖できるので、種子によって増殖した場合の狭義の遺伝率、栄養系による場合の広義の遺伝率の二種があります。木材の性質の遺伝率は、育種による材質改良を目的として一九五〇年ごろから世界各地で研究されました。その結果、多くの針葉樹で、比重、繊維長、パルプの収量、紙の強度、材のねじれなどの遺伝率は、樹高や胸高直径などの成長量の遺伝率よりも高いことがわかりました。わが国では一九六九年のアカマツの調査を皮切りに、スギ、ヒノキ、カラマツなどで研究が進められ、比重、

ヤング係数、材の色、含水率、材のねじれなどは広義の遺伝率の高いことを明らかにしています。

さて、木材の性質は氏か育ちか。同じスギクローンのセットを九州の北から南まで植えてその木材の性質を調べたところ、剛性を示すヤング係数のバラツキは六〇％以上がクローンの違いによるもので、植栽地の違いによるバラツキはわずか七％でした。比重は植栽地によるバラツキが比較的大きかったのですが、それでもクローンによるバラツキのほうが大きく、肥大成長を示す胸高直径では植栽地によるバラツキがクローンによるそれよりも大きかったのと対照的でした。写真は阿蘇山麓、大隅半島に植栽したスギクローンの早材から晩材への移行を比較した顕微鏡写真ですが、明らかにクローンの差異のほうが植栽地間のそれよりもはっきりしています。どうやら、さし木の木材の性質は「育ちより氏」といえそうです。同様に種子の場合も遺伝率は高いのですが、特定の親どうしの子供にかぎって特別優秀であったり劣ったりする確率を示す特定組み合わせ能力が高いようです。トビがタカを産むこともあるというわけです。

（藤澤義武）



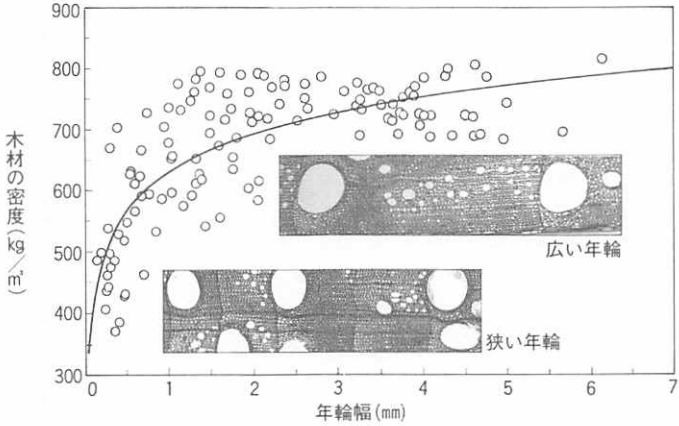
同倍率で比較したスギ材の早材から晩材への移行（行は同クローン，列は同植栽地）

33 細かければよいとはかぎらない

すべすべして艶のある肌が好ましいのは人間ばかりではありません。木材も一般にきめの細かいのをよしとしますが、見た目のよさには細胞の種類、分布と大きさのほか、年輪の構造も影響します。

一年間の肥大成長量を示す年輪幅が広いか狭いかは、木材の加工性や製品のできばえなどのよしあしを予測するうえで重要な目安とされてきました。木材業者は、ヒノキの丸太のよしあしを中心部分の年輪が狭くてそろっているかどうかで判断しますが、これは製品にしたときに節やアテなどの欠点が出にくいからです。しかし、広葉樹では年輪幅の大小だけで材のよしあしを決めることには問題があります。

木材の強さの目安となる密度（硬さ）と成長速度（年輪幅）との関係は、針葉樹と広葉樹で違いがみられるばかりでなく、針葉樹でも樹種によって異なり、スギやヒノキではあまり明確な関係は見いだせません。この関係がよく理解できるのは、広葉樹のなかでもケヤキやミズナラのような環孔材で、成長がよいほうが材は重硬になり、悪くなると軽軟になります。これは、環孔材では成長の良否にかかわらず、春先に直径の大きな道管部分がまず一、二列形成され、その後は小径の道管になるためで、成長がよいぶんだけ年輪間の木繊維（材の強さ＝硬さを受けもつ）の量が多くなるからです（図）。しかし、材が重硬になるということは、これに相応して含水率に対する寸法の変化も大きくなることなので、狂い、割れなどの欠点が発生する



年輪幅と木材の密度（ケヤキ）との関係
ケヤキは広い年輪のほうが狭い年輪よりも木材の密度が高くなる樹種である。

可能性がそれだけ増すことにもなります。

ミズナラは昔から年輪幅によって用途が分類されている好例で、北海道では年輪幅が一・二ミリ以上の材は重硬で強いから構造材向き、〇・八ミリ以下のものは造作材（指物用）として区別されています。さらに年輪幅が〇・三～〇・四ミリと極端に狭いものは、弱くてもろい材として用途によっては嫌われることになります。欧米では、ミズナラに当たるオーク材の場合、年輪幅が二ミリ以下でそろっていて、節がなく、胸高直径が八〇センチ以上のものは最良の材としてつき板用に、良質ではあっても直径が四五センチ程度のものはプランデー熟成用の樽材に用いています。

環孔材の極端に年輪幅の狭いものは、糠目（ぬかめ）といって強さが要求される場合には敬遠されますが、センノキ（ハリギリ）の糠目は〝ヌカゼン〟と呼ばれ、指物師はむしろ好んで用いるといいます。

（太田貞明）

34 若いときは暴れん坊

カラマツ材は、乾燥するとねじれ狂いが発生するといった欠点が指摘されます。このねじれは、木材をつくっている繊維（細長い紡錘形の細胞）の走向が樹軸に対してらせん状に走っている「らせん木理」に起因しています。らせん木理は樹木が成長する際の細胞分裂の分裂面の偏りや細胞の伸長成長の偏りが原因となっており、この著しい例として針葉樹ではカラマツ、アスナロなどが知られています。

らせん木理の方向と角度は個体や樹幹内の位置によってもさまざまに変わりますが、カラマツでは、一般に髄を出発点として左旋回（樹幹の外側から見て右下から左上に向かう場合でSらせんともいう）から始まります。通常、らせん木理の程度を「繊維傾斜度」の大小で表しますが、カラマツでは多くの場合、繊維傾斜度の最大値は髄から五～一〇年輪、距離にして五チセン前後の所に現れます。そして、その後、外側へと減少し、Sらせんのままで変化するか、あるいは、ある位置から右旋回（左下から右上に向かう場合でZらせんともいう）に変わるかします。これを「ねじれ返し」といっています。

カラマツ材の最大繊維傾斜度は平均で約一〇％（軸方向の長さを一〇〇として横に振れる量をみたもの）で、角度にすると約六度です。

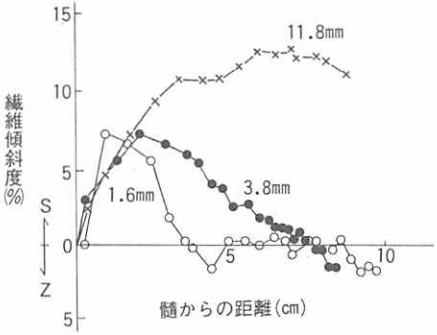
一般に、繊維傾斜度の大小と材のねじれの大小には正の相関関係のあることがよく知られていますが、心

持ち正角材のような製材品では、材のねじれが材表面の繊維傾斜度と高い相関関係をもつことがわかっているので、最大繊維傾斜度が材のどの位置に現れるかで、ねじれの様相が変わってきます。たとえば、図のように樹幹の放射方向で繊維傾斜度の変動が異なる三本の丸太から採材した一〇・五㌢心持ち正角材のねじれ量は、それぞれ一一・八㍉、三・八㍉、一・六㍉となりました。

一般に、髄から約五㌢の所に最大繊維傾斜度をもつことが多いカラマツ材では、一〇・五㌢の心持ち正角材を採材すると、乾燥するにつれて材の多くは大きくねじれます。しかし、最大繊維傾斜度が仮に一〇%以上であったとしても、その現れる位置が髄に近い位置であり、製材の表面付近に相当する髄から五㌢付近で繊維傾斜度が〇%になったりすると、このような材はほとんどねじれ狂いを起こしません。

このように、若いときには暴れるカラマツも、大径材の外側では繊維傾斜度の値が比較的小さくなるので、材のねじれも当然小さくなり、おとなしくなります。

（瀧澤忠昭）



10.5cm 心持ち正角材のねじれ量と繊維傾斜度の関係

図中の数字は材長1m当たりの角材のねじれ量を示す。すなわち，髄から離れるにつれて繊維傾斜度が漸減する丸太から製材した角材はねじれ量も小さいことを示す。

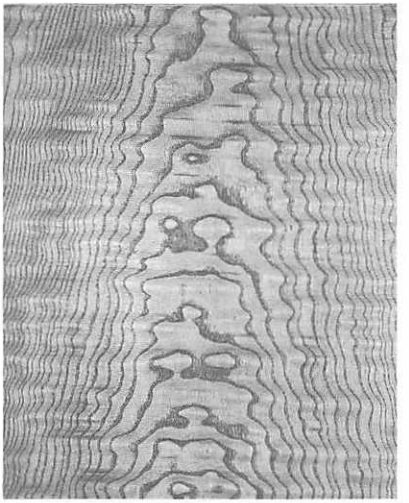
35 もく、木（もく）、杢（もく）

人に七癖あるように、木材にもいくつかの癖があります。その一つが、木材の繊維の並び方によって現れるねじれなどの癖です。

スギやヒノキの繊維は樹軸におおむね平行で、真っすぐに並んでいる場合が多いのですが、カラマツの繊維は幹の周りを旋回している場合があり、若齢のものに旋回の程度の大きいものが現れます。旋回の方向はほぼ左方向で一定しています。南洋材にも、繊維が旋回している樹木の種類は多いのですが、旋回の方向はカラマツとは違って、左回りと右回りが交互に出てきます。それで、カラマツの場合は旋回木理と呼ばれるのに対して、南洋材の場合は交錯木理と呼ばれています。スギでは真っすぐな木理が多いといいましたが、なかには繊維の並び方の乱れによって丸太の表面が凹凸状になるものが現れることがあり、天然しぼ丸太と称され珍重されています。また、繊維の並び方の乱れた木理は、製材すると材面にいろいろな模様が現れますが、これを杢と呼んでいます。杢はスギのほか、アカマツ、ケヤキ、カエデ、トチノキなどにも現れますが、そのさまざまな模様に、笹杢、ちぢれ杢、あみ杢、玉杢などという多分に連想的、感覚的な呼び名がつけられています。

カラマツの旋回木理は、角材にすると、乾燥するにしたがって繊維の方向に沿ってねじれるので一般に柱

交錯木理（レッドメランティ）
なたなどで割ろうとしても平滑には割れない。



ちぢみ杢

には使えません。南洋材の交錯木理は、旋回方向にそれぞれねじれますが、柾目板に製材すると旋回方向の異なるものが交互に現れ、お互いが抑制し合って、狂いはさほど大きくはならず、柾目面に交錯木理が筋状の模様になって現れるので、リボン杢と呼ばれています。とりわけウォールナットのリボン杢は有名です。ケヤキの玉杢などの模様は美しいうえ、五〇〇年以上も経った老木にたまにしか現れないので、杢が出るような木材はたいへん高価です。そのため、丸太から一番すばらしい杢が出るように、木挽（こびき）さんが大きな鋸で注意深く角材にひき、それを〇・三ミリ程度の薄板にして合板などの上に張って、天井板や床回り材として使用するのが普通です。

このように、繊維がねじれるという木の癖も、毛嫌いされるものから貴重品扱いされるものまでさまざまです。

（中野達夫）

36 木は気にならない

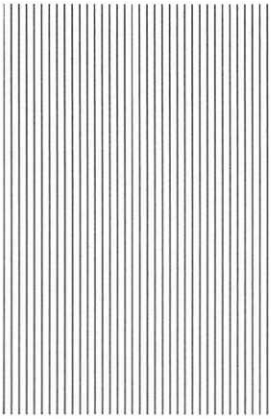
森や林、木々の緑がやすらぎを与えるのはなぜでしょうか。それは、人の脳に太古からの記憶が刷り込まれているからだと考えられます。森や林は人類以前の類人猿の時代から生活空間として身近に存在し、おのずと「気にならない」「刺激を感じない」ような視覚回路が形成されていったものと考えられます。一方、動くもの、人の顔や表情には強く反応し、ヘビのような形にもすぐ反応します。木目もまた森と同様に「気にならない」パターンに属します。「気にならない」ということは、「自然な」「やすらぐ」イメージを与えることと共通します。木目のどのような視覚因子がこのような要因になっているのでしょうか。図に示すような完全に規則的な縞模様に比べ、木目は刺激の少ない、気にならない濃淡変化をしています。濃淡のコントラストが、ほどほどであることも目にやさしい要因になっています。年輪間隔が年々の天候により変化することも、自然な濃淡変化の生じる要因になっています。また、柾目にしても板目にしても木目がほぼ平行であることが、「すっきりした」「感じのよい」イメージの要因の一つになっています。年輪は年々外へ外へと成長し堆積されてできるものなので交差することがないからです。

木目でなくても目にやさしいパターンはほかにもいろいろとありそうですが、どうして木目が好まれるのでしょうか。最近は、紙やビニルシートに木目を印刷してボード類に張る例が多くなっています。部屋のド

アや収納の扉をよく見てください。道管の微小な凹凸までまねられているので、なかなか印刷とはわからない場合が多いと思います。今や、ラワンなどのリボン杢やカエデなどの波状杢をまねた、見る方向により光沢の変化する印刷木目も開発されています。どうしてこうまでして本物らしく見せる必要があるのでしょうか。それは逆にいえば、本物でなく印刷だとわかるとなぜがっかりするのかということです。本物の木目は、かつて生き物であったという「やすらぎ」や親近感を暗黙のうちに与えます。銘木と呼ばれる木目には、生命を感じさせる複雑な形の杢や大径木を思い浮かばせる杢が多く見られますが、通常の家具や内装に用いられる木目には、それほどまでに強い生命感を感じさせる必要はありません。しかし、本物の木材に見えるかどうかは価格からくるイメージ以外にも心理的に大きな違いがあります。木材に見えるということは、木材のもつ断熱性や軟らかさ、吸湿性など木材のもっている物性を同時に感じさせるからです。

（増田　稔）

柾目の例
木目の自然さは単に1/ｆゆらぎでは表せないほど奥深い。



規則的な縞の例

37 まき割りで知る木材の異方性

ガスや電気のおかげで、まきを燃料として使うことが少なくなりました。しかし、キャンプなどアウトドアライフを楽しむときには、まだまき割りをする機会があることでしょう。このとき、みなさんは斧をどのように使いますか？　図1のaのように丸太の木口面に直角に、木材の繊維に沿って斧を振り上げ、そして下ろしていると思いますがいかがですか。図1のbのように、丸太を横にして木材の繊維に直角に斧を当てても木材はなかなか切れませんね。このことがじつは、木材特有の組織構造を反映しているのです。

木材の内部を見ると、図2に示すように細長い紡錘形の細胞が樹幹方向と平行に並んでいます。水平方向に発達しているのは、放射組織と呼ばれる細胞です。樹木は、自分の幹や枝、葉の重さを支えることが必要で、風が吹いても倒れるわけにはいきません。したがって、樹幹に平行方向の強度は十分に強くできています。これに対して、横方向の引っ張り強度は細胞と細胞の間の結合力に支配されます。この結合力はそんなに強くないことが、木材に楔（くさび）を打ち込むと左右に裂けることでわかります。まき割りで繊維に沿って斧を振り下ろすのはこのためで、最も小さいエネルギーで丸太を分割することができるからです。

また、ストローのような筒を横にして上から押すと簡単につぶれることからわかるように、横方向の圧縮強度は縦方向ほど強くはありません。木材は、金属やプラスチックと異なり、まぎれもない異方性を示す材

図1 a

図1 b

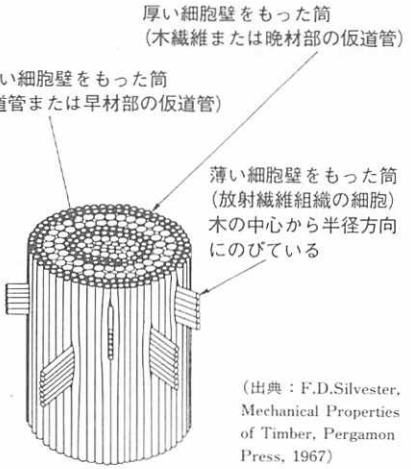


図2　木材の細胞構造要素モデル図

料です。すなわち、樹幹方向と同じ方向(繊維方向)、髄から樹皮に向かう方向(半径方向)、半径方向に直角の方向（接線方向）の三つの方向で、引っ張り強度を大きい順に並べて比較すると、繊維方向＞半径方向＞接線方向の順になります。樹種によって異なりますが、アカマツやエゾマツでは、だいたい一〇〇対七対三の結果が得られています。強度だけではなく、変形の程度を示すのに重要なヤング係数も、針葉樹の場合、同様に繊維方向対半径方向対接線方向の間に平均値で、一〇〇対一〇対五の関係が知られています。収縮も三方向で異なります。収縮率は、接線方向＞半径方向＞繊維方向の順となります。すし桶やおひつなどのように吸放出を繰り返す木製容器が、収縮率の低い柾目材(半径方向)でつくられているのはこのためです。これらの性質をよく知って、木材を使わなければなりません。

（中井　孝）

38 木元・竹末、割り方の秘訣

木材の特徴の一つに裂けやすさ（割裂性）があります。以前は日本でも大量の薪（まき）が使用され、薪割りは日常の重要な仕事の一部でした。薪割りは木材の割裂性を利用して行われますが、この性質は木材の縦方向（樹木が立っている方向）の強さが、これと直交する方向の強さに比べてはるかに大きいために現れます。割裂性は樹種によっても異なり、スギやヒノキのような針葉樹で径の大きな材では、木材の繊維が比較的真っすぐ通っており、木口面に少し斧やなたを入れただけで割ることができます。しかし、特に南洋材では一般に繊維が錯綜して走っており、きれいに割ることができない樹種がたくさんあります。

日本で縦びき用の鋸が現れたのは五〇〇～六〇〇年前です。それまで、丸太から板や角材をとる作業は丸太にくさびを打ち込んで材を割ることによって行われていました。割ってつくった板や角材の表面は、くさびを打ち込むことによって生ずる割れ面になり、その割れ面は繊維の方向に従います。このため、繊維の方向に関係なく鋸で強引に切断された材面と比較すると、木材の繊維は寸断されておらず、木材は本来の性質を発揮できる状態で使用されるので狂いや割れの発生が少なく、耐久性が高いといわれています。しかし、この点について正確に比較したデータはありません。

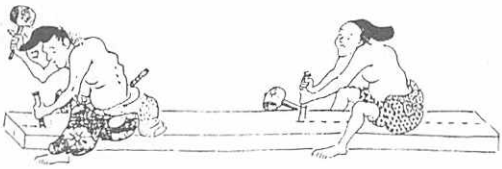
昔の絵に、大工仕事の様子を描いたものが多く残されています。それらを見ると、丸太が長い場合には丸

太の外周面にくさびを打ち込んで板をとりますが、短い場合には木口面に斧やなたやくさびを打ち込んで割っています。この場合、丸太の元口側から末口側に向かって割ったほうが小さい力で割ることができます。

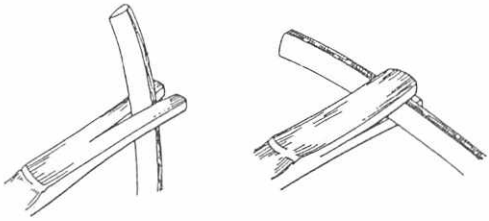
木材よりも割りやすい材料にタケがあります。エジソンがタケのフィラメントを使って電球をつくったことはよく知られており、このフィラメントの直径は〇・三ミリ程度だったといわれていますが、技術や道具次第ではこのように細くまで割ることができます。タケのなかでもマダケ属が細かく割るのに適しています。丸竹を割る場合にはタケの中心をよく見極め、割られたタケの幅が不均一にならないようにする必要があります。さらに小さく割る場合には、図に示すように柾割りと平剝ぎの二つの方法があります。

タケをそぐ場合、タケの根元のほうから末に向かって刃物を入れると節の所で斜めに外の方向に片寄って割れが入る傾向があるので、できるだけ真っすぐ割るためには末（梢）のほうから元のほうに向かって刃物を入れるようにします。

（木下敍幸）



のみによる木材の割裂（春日権現験記）



竹の割裂

39 ソックリ返りたい奴の扱い方

ぬれた木の板をそのままにしておいて、反って困った経験をした人は多いと思います。これは木材のもって生まれた性質からきていることが多いのです。木材は空気中の湿度の変化に応じて、空気中の水分を吸収したり、木材中の水分を放出したりして、伸びたり縮んだりします。この現象を木材の膨潤・収縮と呼び、細胞壁の中のミセルと呼ばれる微小な結晶の間に水分が入ったり出たりして、ミセル間隔を広げたり狭めたりするために起こる現象です。木材の収縮率・膨潤率は、収縮したり膨潤したりする前の長さに対する寸法変化量の割合で示されます。この収縮率・膨潤率は方向によって大きく異なっています。それが木材の大きな特徴であり、反りや狂いの原因となっています。

樹木の横断面上の年輪に平行な方向である接線方向で収縮・膨潤率はいちばん大きく、その次が年輪と直角な方向である半径方向です。木の立っている方向である繊維方向では非常に小さくなり、その三方向の収縮率・膨潤率の比率はだいたい一〇対五対〇・五～一となっています。図1は、生材のときにくりぬいた木片が乾燥した後にどう変形するかを示したもので、接線方向の収縮率が半径方向の二倍であることによってこのような変形を起こします。最初に書いた板の反りは図1の板目板（いちばん上）のときに生ずるもので、必ず木表側（板の樹皮側）が凹になるように反ります。これは、木表側のほうが木裏側よりも接線方向の要

図1　乾燥による木材の変形
（USFPL, Wood Handbook より）

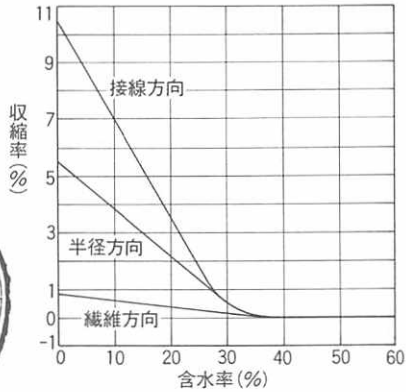


図2　収縮経過曲線

素が多いため、収縮率が大きいことが原因となっています。

木材の膨潤・収縮は前述したように細胞壁の中に入り込む水分が原因しているので、細胞壁の中に入り込まない自由水は膨潤・収縮になんの影響も与えません。したがって、図2に示したように自由水が蒸発している間（高含水率域）は収縮は起こらず、自由水がなくなり細胞壁中の結合水が抜けはじめる繊維飽和点（含水率約二八%）になってから収縮が起こりはじめ、まったく水がなくなる全乾状態まで直線的に収縮率は上昇します。

このように板目板は木材の性質上、乾燥に伴って反るようになっていますが、実際の乾燥ではそれほど大きな反りは見られません。これは乾燥の際、板を何段にも積み重ねて、自由に変形させないように押さえつけた状態で乾燥させるためです。このように、自由にしておけばソックリ返る板も、扱い方では真っすぐになるのです。

（三輪雄四郎）

40 「旬」

平成六年夏は記録的な猛暑と少雨にさいなまれ、季節感を味わうどころではありませんでした。日本各地で水不足にあえぎ、渇水地域は発電用水を生活用に回すほど深刻な状態になりました。

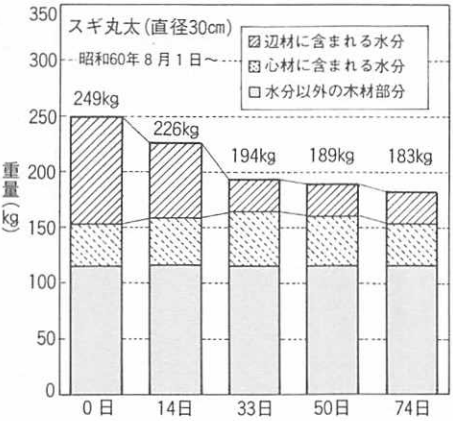
人間のみならず植物である樹木も水がなくては生活できません。根から吸い上げられた水分は樹木の成長のために使われ、一部は葉の気孔部分から蒸散されます。この樹木の水分循環機能を利用した昔からの造材方法が見直されてきています。

奈良県吉野川流域はスギ材の産地で、古くから木材取引が行われていた先進林業地として有名です。吉野の育林技術を記した明治時代の書物に、「スギは夏の土用の時期に伐採し、(枝葉のついたまま)小木は三〇日あまり、大木は三カ月間経たるのち(丸太に)造材するのがよい。」という記述があります。

主に人力が頼みの綱であった当時、樹木を丸太にして山中から運び出すことは容易ではありませんでした。伐採直後のスギ丸太(直径三〇センチ・長さ四メートル)は大相撲の小錦関の体重を優に超える重さがあり、意外にも全体の半分以上は水の重さで占められているのです。吉野地方で慣行的に行われてきた林内放置は伐採後も蒸散がしばらく続くことを利用して丸太を軽くさせる目的があったと考えられます。

図は、伐採後の蒸散効果により丸太がどのくらい軽くなるのかを表しています。根元から切られ、水の供

給源を失った完全枯渇状態のスギは、幹内に残された自らの貯水分で生活機能を働かせ生命を維持しようとがんばります。しかし、幹の水分はその上昇の役割を果たしていた辺材部分（丸太を輪切りにしたとき見える白い周辺部分）から蒸散により失われていきます。この例では、辺材部分の水分は約一カ月間減少し、その後は肝心な葉がしおれてしまったためにほとんど変化がなくなりました。ちなみに、幹回り一〇㌢程度の場合は最後の水がめである心材部分（丸太を輪切りにしたとき見える赤い中心部分）の水分までも失ってしまい、完全に枯れきってしまいます。このことから、吉野林業の造材は時宜を得た「旬」の技であることが確認されました。



林内放置による丸太の重量減少

樹木の蒸散効果を利用する林内放置は、葉枯らし、葉干しなどと呼ばれ、スギについては処理量が年々増えてきています。梅雨明け直後など晴天が続く好条件の下では、スギの葉枯らし丸太の重量は伐採直後に比べて三割程度軽くなります。葉枯らしは今も輸送効率の向上や、私たちが木材として使いやすいように水分調整する加工時間の短縮に役立っています。

（齋藤周逸）

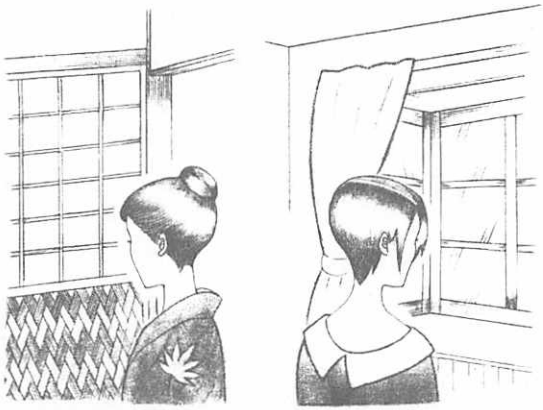
41 おすすめは素顔の美人？

私たちの日常生活や動植物の生育過程などで水は非常に大切な役割を担っています。でも、木が切り倒されて木材資源として使われるときには、どうも水はあまり皆から好まれません。というよりは、だいたいは厄介者扱いされます。水を多量に含んだ木は、使っているうちに腐ったり、カビたり、割れたり、狂ったりするからです。そこで、前もって水を取り除いておく乾燥が必要になってきます。

食品のほとんどは水を多量に含んでいますが、こちらは〝みずみずしい〟のが好まれる傾向にあり、長期に保存したいときは水を取り除くことが行われます。ひもの、するめ、干し椎茸、かんぴょう、お米などがよい例です。しかし、冷凍冷蔵庫の普及はこうした食品とりわけ「ひもの」の保存法を一変させ、「生乾き」に人気が出てきています。このように考えてくると、木材と水とのかかわりも、改めて長期保存の観点から考えてみる必要がありそうです。

ところで、木材の特徴の一つに、吸放湿による居住空間の調湿機能があります。あたかも生きている木が呼吸しているように水分を吸ったり吐いたりしてくれるため、家の中の湿度はちょうどよい具合いに保たれます。しかし、最近の家では木材が密閉された空間の中に使われたり、表に出ているものは頑丈な塗膜やフィルムで覆われていたりして、こうした木のよさが殺されてしまいます。

木材の長期保存だけが目的ならば、生材でも完全に真空パックなどで密封してしまったり、特殊な防腐処理や塗装をしたり、化学処理をするなど現代の技術ではいろいろな方法が考えられそうです。そうなれば、水はもう厄介者扱いされなくなります。でも、そのときはすでに木材は鉄やコンクリートと同じように、構造的機能だけが目的のまったく呼吸をしない材料と化していることになるのですが、これが結局は木材の高度加工、工業材料化の行き着く先なのでしょうか？



その一方で、自然派の人たちの間ではログハウスが人気を博しています。こちらは素材をそのまま使うので、よいも悪いも木材の性質がそのまま出てきます。乾燥しないで使おうものなら、たちまち狂いや割れが出てきてすぐにガタガタの建物になってしまいます。正倉院や法隆寺のように、正しく使えば木材はいつまでもそのすぐれた機能を保ち続けるのですが……。

和風建築のよさは木材の生地の美しさにあり、ほどよい水分が永くその美しさを守ります。さて、素顔の伝統的な美人と巧みな化粧の現代的な美人、あなたの好みはどちら？　（久田卓興）

42 スギもいろいろ

サクラにはいろいろな種類があることはご存じでしょう。それでは、スギはどうでしょうか。たぶん一つのイメージしか浮かんでこないのではないかと思います。確かにスギは一属一種であり、ヤマザクラとソメイヨシノのような違いはありませんがもう少し細かい単位である品種にはいろいろあります。スギの品種には、天然木の地域性品種と人工木の栽培品種があります。

スギの天然林は青森県から鹿児島県の屋久島まで分布していますが、地域的に不連続に分布しているため、それぞれの地方での気候条件、土壌条件などの違いによって品種に分化しました。秋田県米代川流域のアキタスギ、奈良県吉野のヨシノスギ、高知県魚梁瀬のヤナセスギ、鹿児島県屋久島のヤクスギなどが有名です。また、これらを大きくまとめて、日本海側のウラスギ、太平洋側のオモテスギの二つに分けられます。

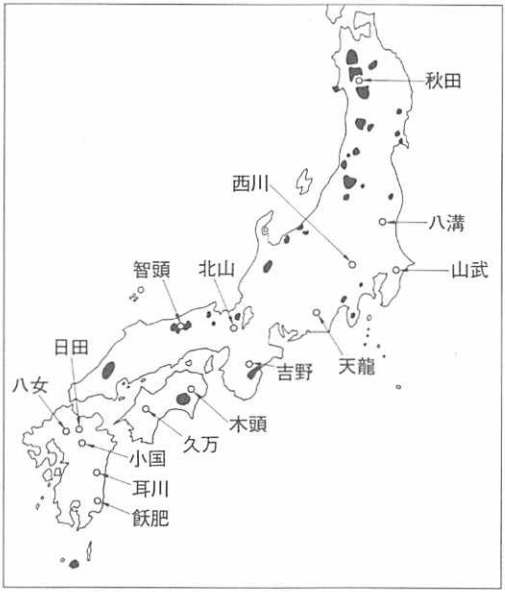
人工林は全国至る所にみられ、その地方で特徴のある保育がなされています。特に有名な林業地としては静岡県天竜川筋、奈良県吉野、鳥取県智頭、大分県日田、熊本県小国、宮崎県飫肥などが知られており、それぞれの地方に永年継続して栽培されている栽培品種がみられます。

これらの品種の固定化は主に立地環境への適応性、成長の良否、幹の通直性などの外観的な要素によってなされています。スギの材質もこれらの品種あるいは生育条件、施業方法などによる変動が大きく、また同

じ樹体内の部位によっても違いがみられます。辺材の生材含水率はすべて高いのですが、心材では個体によって著しく高いもの、著しく低いもの、その中間のものといろいろあります。この性質も品種によって明らかな違いが認められます。クロジンの心材含水率は高く、アカジンは低い傾向にあります。

密度や強度的性質は品種の違いあるいは同一品種内での個体の違いによる変動も大きいのですが、樹幹内での部位による変動が大きいのです。樹幹の中心から一〇～一五年輪くらいの範囲は未成熟材といい、その外側の成熟材に比べ密度は大きいのですが、曲げヤング係数が著しく低下しスギの欠点となっています。

このようにスギは品種によって、施業方法によって、個体によって、樹体内の部位によって性質のバラツキが大きいのが特徴です。したがって、「スギの生材含水率はいくらですか」「スギの強度はいくらですか」の問いの答えは「スギもいろいろ」です。（三輪雄四郎）



スギの天然分布（●）と有名林業地（○←）

43 適材適所

日本書紀神代紀には、スサノオノミコトが「抜鬚髯散之、即成杉、又抜散胸毛是成檜、尻毛是成被〈磨紀〉、眉毛是成櫞樟」

という記載があります。そして、スギとクスは浮寶（船）に、ヒノキは瑞宮（建物）に、マキは「顯見蒼生奥津棄戸（棺）を為る」材にすべしと教えています。神代の時代から、木材を使うときに適材適所の考え方が存在していたことをうかがわせるに十分でありましょう。そして、この指摘は現在でもなお誤りではないと考えられるので、先人の知恵の豊かさに驚かされます。

スギの曲げ強度は他の樹種と比較してもまったく遜色はありませんし、変形のしやすさを示す曲げヤング係数の値は、かなり低い値から他の樹種程度の値まで幅広く、このことが木造船の外板として長い間重宝がられていた大きな理由ではないかと考えられます。なぜなら、船が波の力を受けるとき船首と船尾に波頭がきて、その次に船の真ん中に波頭がくると船は自然に繰り返しの曲げの力を受けることになります。このとき強度が十分あって、なおかつたわみやすく、船の変形にスギの外板がついていけることが肝要なのです。日本書紀よりもさかのぼること約七〇〇年、登呂の遺跡ではスギの矢板が田の畦（あぜ）道に何万枚も打ち込まれていました。これは、くさびを使えばスギを簡単に割ることができる性質を利用したものと考えられます。そ

して、さらに重要な点は身近にスギがたくさん生育していたことでしょう。

最も入手しやすい材料から利用してきた私たちの祖先は、経験によっていろいろな木材のもつ特性を学び取り、その特徴を活かした最終用途を決めてきたのでしょう。建築用材、家具用材、土木用材、造船用材、車両用材などの産業用材、運動器具用材、楽器用材、文具・玩具用材から日用雑貨用材にいたるまで、きわめて多岐にわたる用途に対して、特定の樹種が選ばれたり好まれたりして使われています。ここでは、住宅建築用材として部材ごとにどんな樹種が使われているか、その代表的な例について述べてみましょう。

住宅の寿命に深く関係する土台は、耐久性のある樹種が選ばれています。ヒノキはその代表選手といえましょう。しかし、ヒノキといえどもその辺材部は耐久性が低いので、削り落として使うか、防腐処理を施す必要があることを忘れてはいけません。次に多いのは防腐処理土台です。最近は、シロアリ対策として防蟻処理も同時に行った防腐・防蟻処理材が市販されています。樹種としてはベイツガが多くなっています。このほかヒバやアピトン、クリ、カラマツが、一部の地方ではスギが使われています。通し柱材としては、狂いが少なく、構造的な性能とともに化粧的な要求にも耐えられるヒノキ、スギが圧倒的に多く使われています。梁材としては、曲げに耐える強度が必要なことと、一定の長さが求められることもあって、アカマツが普通に用いられていましたが、長い材の入手が容易なベイマツが増えてきています。スギも、地方によっては梁として使われています。

（中井　孝）

「?……」な用語の解説　その二

ストレス　人間の場合とは少々異なり、外力が加えられたときに物体内に生じる応力のことをいいます。

クリープ　木材に力をかけたままにしておくと、時間の経過とともに変形が大きくなっていくことをいいます。

チップ　高級ホテルなどで出すお金とは関係ありません。木材を砕いた小片のことをいいます。また、丸鋸の先端に取りつけられた超硬金属もチップと呼ばれます。

スカーフ　スカーフジョイントの略称で、接合面が斜めになった接着継ぎ手のことです。（一七六ページ参照）

フィンガー　接合面が指を組み合わせたようになっている接着継ぎ手のことです。（一七六ページ参照）

バイト　アルバイトのことではありません。材料を回転させて加工を行う旋削に用いる刃物の総称です。

Ⅲ

科学的性質と成分の利用

44 しぼれば強くなる

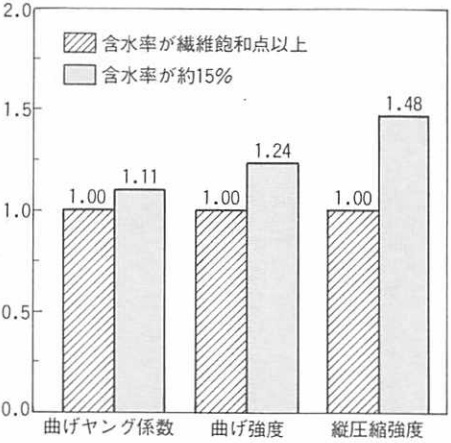
同じ大きさの二つの木材を手にしたとき、重い木材のほうが強いと感じませんか？　果たして、この判断は正しいのでしょうか？

木材は生物材料であるため、小さな細胞から構成されており、通常の状態では、これらの細胞壁内や細胞内部の空洞の中に水分を含んでいます。したがって、木材の重さは、木材の実質、つまり、細胞壁などの重さと含有する水分の重さとの合計ということになります。木材の実質の重さに対する含有水分の重さの比率は「含水率」と呼ばれます。

木材が乾燥される、つまり含水率が低下するときは、まず細胞内部の空洞中の水分が抜け、この水分がなくなった後、細胞壁内の水分が抜けるという過程を示します。木材が水分を含む、つまり含水率が上昇する過程はこの逆です。そして、細胞壁内は水分で満たされているが、細胞内部の空洞には水分が存在しない状態の含水率を「繊維飽和点」といい、樹種によらずほぼ同じで、一般に約二八％といわれています。また、わが国の温・湿度条件の下では、木材の含水率はほぼ一五％で平衡に達します。

木材のいろいろな性質は含水率の影響を受け、繊維飽和点を境にして大きく変化します。木材の強度も、含水率が繊維飽和点以上では含水率にかかわらずほぼ一定ですが、繊維飽和点以下では含水率の低下に伴っ

て増加していきます。従来の研究によって、節や目切れなどの欠点を除いた小試験体においては、木材の含水率が一%低下するごとに、たわみにくさを表す曲げヤング係数が約二%、曲げ強度が約四%、縦圧縮強度が約六%増加するといわれています。また、節や目切れなどをもつ柱や梁のような実大材の場合にも、繊維飽和点以下では含水率の減少に伴って強度が増加することが認められています。上図はスギ正角(断面寸法対一〇・五センチ角)について得られた結果の一例で、繊維飽和点以上の含水率をもつ正角の強度性能を一としたとき、含水率が約一五%の正角の強度性能はどれほどであるかを比で表しています。すなわち、このスギ正角の場合、含水率が繊維飽和点以上の状態から約一五%に低下することによって、曲げヤング係数は約一〇%、曲げ強度は約二五%、縦圧縮強度は約五〇%増加するということを示しています。



含水率の違いによる実大材の強度の比較(スギ正角)

このように、木材は見かけの重さが重いからといって必ずしも強くはないのです。むしろ、木材の強度は乾燥されることによって増加し、木材のもつすぐれた能力を十分発揮することができるのです。

(長尾博文)

45 カラオケの行く末

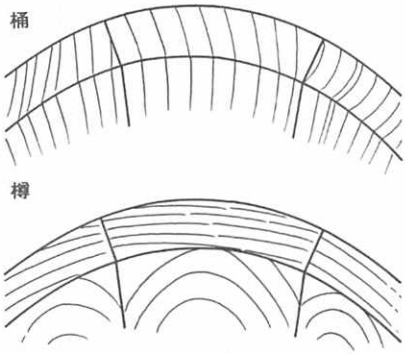
最近、カラオケがとても流行っています。聞くところによると、高校生もカラオケボックスでストレスを発散するのだそうです。ここでは同じカラオケでも、空になった桶の運命についてお話したいと思います。

木材は水を吸うとふくらみ（膨潤）、一度膨潤した木材も乾燥すれば縮んで（収縮）ほぼ元のサイズに戻ります。しかし、木材を圧縮しながら膨潤・収縮を繰り返すと、元のサイズよりも小さくなってしまいます。この現象を加圧収縮と呼びます。

桶は、たがによって樽板（くれいた）が締めつけられて水が漏れないようになっていますから、常に圧縮力がかかっています。また、手桶や風呂桶を考えるとわかりますが、桶は水の出入りが激しいものです。ですから、桶を普通に使っているだけで膨潤・乾燥が繰り返され、加圧収縮が起こって桶を構成している一つ一つの木材（樽板）のサイズが少しずつ小さくなってしまい、いつの間にかたががゆるんでいるというようなことが起こることになります。

ところでみなさんは桶と樽の違いをご存じでしょうか？　桶とは前述したように水の出入りの激しいものを、樽は醤油樽や酒樽のように運搬・貯蔵を目的としたもので、あまり水の出入りはないものをいいます。ですから、桶にはできるだけ膨潤・収縮の少ない木材を使ったほうがよいということになります。

昔の人は加圧収縮という性質を経験的に知っていたために、桶には柾目板を使うようにしました。木材は、同じ樹種でも年輪に沿った方向（接線方向）よりも年輪に直角な方向（半径方向）の膨潤・収縮が約二分の一から三分の一小さいのです。板目板を使った場合には、水を入れると樽板は桶の円周方向によくふくらむことになりますから、たががよく効く反面、乾燥した場合には収縮も大きく起こるために加圧収縮が強烈に生じてたががゆるみやすくなります。柾目板を使うと板目板ほどには膨潤・収縮しないので、加圧収縮は少なくてすみます。酒樽や醤油樽のように中身を一度入れたら長い間そのままにする場合は板目のほうがたががよく効いて便利ですし、一方、手桶や風呂桶では柾目板のほうがたががゆるまなくて喜ばれるわけです。このような木材の性質とそれを利用した桶と樽の使い分けは、収縮率や膨潤率の測定など行われていなかった昔から職人さんたちによって経験的に発見され、用いられてきたのです。



桶：柾目板でつくるので，年輪が桶の円周と直角になり，加圧収縮が小さくてすむ。
樽：板目板でつくるので，年輪が樽の円周と平行になり，加圧収縮は大きくなる。

結論。空桶（カラオケ）の行く末は多分安泰だけれども、空樽（カラタル？）は保証できないということになります。

（小林　功）

46 キリは燃えるがタンスは燃えない？

キリは、フジと同じ季節に同じ紫色の花を咲かせます。その材は軽くて白く、暖かさと清潔さを感じさせます。この木でつくられる琴やタンスはきっと素敵なものになるでしょう。ところで、琴には清流沿いの砂地で梵鐘の響きを朝夕に聞いて育ったキリ材が最も適しており、その音色はすばらしいといわれています。それではどのような音色か？　琴に詳しい知人のワイドさん、曰く「諸行無常の響きがする」と。それでは、このキリを燃やすとどうなる？

木材は加熱されると熱が内部に伝わり、しだいに温度が上昇し、やがて分解されます。この分解生成物中には燃えやすいガス成分があって、これが空気（酸素）と混合して着火します。このような着火の過程は、加熱方法の違いや木材の大きさに関係はありません。それでは、「燃えやすさ」は何によって決まるかといえば、それは熱の伝わり方（熱伝導性）と分解の速さです。熱を伝えやすい材料は加熱されると内部の温度は速やかに上昇しますが表面温度は上がらず、分解ガスの着火に必要な高温に至らないため火がつきにくくなります。その点、キリの熱伝導性は他の木材より小さいので、燃えやすくなります。熱分解によって生成されるガス成分はどの樹種でもほぼ同じですが、比重が小さいと熱分解は遅くなります。しかし、いずれも木材の着火の難易に大きく影響するほどの差はないので、火がつきやすいかどうかは、熱の伝導性に大きく影

響されることになります。ですから、キリは燃えやすい木材のグループといえます。また木材に水分が多い場合は当然ながら着火は遅くなりますが、家庭で使用される家具などの場合は、どの樹種でも水分がほぼ同じで、キリが特に水分が多いことはなく、燃えにくい理由にはなりません。

それではなぜ「桐箪笥は火に強い、燃えない！」といわれるのでしょうか？　一つには、キリ材の細胞組織は他の樹種と大きく違って柔組織が多い。また乾燥による収縮・変形が小さいために、燃焼によって割れや隙間ができない。二つには、表面が燃えて炭化層ができるとこれが高性能の断熱層として働き、熱を内部に伝えにくくする。この二つの理由によって、火災でタンスの中まで燃え尽きるには時間がかかると推測できます。小さいキリ箱を燃やす実験では箱の中の温度が一〇〇℃になるまでには八分ほどかかります。ですから、早く消火を行えばタンスの中の着物は被害を受けないといえるかもしれません。

桐箪笥

しかし、キリ材は燃えても、タンスは燃えない、火災に安全である、ということの証明はなかなかの難問です。

（上杉三郎）

47 スイカも、木材も……

果物屋の店先のおいしそうなスイカ。でも、客は必ずといっていいほどコツコツとたたいてみます。たたいたときの音で、スイカの品質を判定（?）しているわけです。

話は変わって、木材。その用途の多くは建築用材、しかも建物の骨組みとなる構造用材でしょう。このような材料にとっては、当然ながら「強度」が重要です。それでは、木材の強度はどのようにしたらわかるのでしょうか。強度にも曲げ・引張強度などいろいろな種類がありますが、もちろん、強度を知ろうとするその木材を破壊してみればわかります。しかし、それでは元も子もありません。破壊せずに、つまり〝非破壊的〟に強度を知る、すなわち、推定し評価する必要があります。

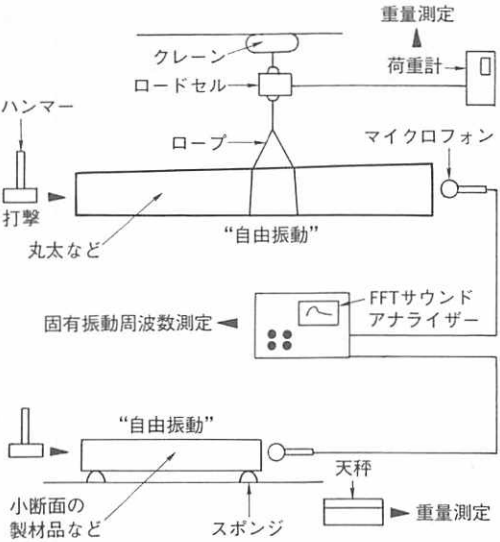
現在のところ、非破壊的に強度を推定するためのパラメータとして、加えられた力に対する材料の変形しにくさを表す「弾性係数」が有力であると考えられています。弾性係数を測定するにはいくつもの方法がありますが、実際、ある方法で測定した弾性係数を用いて強度を推定する場合には、二つの問題があります。

まず、一つ目は、弾性係数の測定方法自体の問題です。その測定方法が実用上簡便であるか、寸法の大きな木材でも測定できるか、測定の再現性がよいかなどが問題になります。これらの点ですぐれた方法として、木材の一方の木口面をハンマーで軽く打撃し、そのとき発生する音の「固有振動周波数」を計測機器で測定

し、この周波数と、その木材の寸法と重量から求められる「密度」とを基にして弾性係数を算出する方法があります。

次に、二つ目として、このようにある方法で求めた弾性係数を用いて、知りたいと思う強度を高精度で推定することができるかどうか、すなわち、その弾性係数と強度との間の関係（相関性）がどうであるかが問題となります。いろいろな樹種や寸法の木材についての実験の結果、先に述べた〝打撃音に基づく弾性係数〟と各種の強度との間には相関が認められています。つまり、打撃音に基づく弾性係数が大きい木材ほど強度も大きい（強い）という関係があり、前者を用いて後者を推定できることが確認されています。

このように、木材を打撃したとき発生する音から、その木材の強度を知ることができます。スイカの品質はともかく、木材の強度は、たたいて推定し評価することができるのです。（田中俊成）



打撃音に基づく弾性係数の測定方法の概略

48 木の〝つぶやき〟が聞こえます

木の〝つぶやき〟とは、ここでは「アコースティック・エミッション（音響の放出）」のことを意味し、物体が破壊したり変形したりするときに、蓄積されていたひずみエネルギーが解放されて発生する弾性波、あるいは弾性波動現象のことを指しています。歴史的には金属の分野をはじめとして、岩盤および地震学、コンクリート、航空機の分野で、アコースティック・エミッションを利用して損傷を予知するための研究が行われてきました。一九七〇年代から木材の分野でもこのような試みがなされています。

日常生活のなかで、木の割れる音を、ガラスや陶器が割れる音よりは身近に聞いているはずです。たとえば、割箸を割る音とか、新築の家で木材が十分乾燥するまでの間に聞こえる「ピシッ」という音がそうです。破壊現象の際に空気中を伝わった音が人に聞こえるような段階になると、もうすでに目で見てもわかる規模の割れが生じているはずですから、割れの予知のためには、できるだけ〝つぶやき〟の段階で、すなわち微小なひび割れの段階で、微弱な信号を検出しなければなりません。

しかし、〝つぶやき〟を検出できる範囲は、木では金属材料よりもずっと狭くなってしまうのです。木の組織構造には空隙が多く含まれるために、アコースティック・エミッション波は伝播中に著しく減衰して雑音と区別がつきにくくなるからです。細胞の配列からもわかるように、特に半径、接線方向に伝わったものは

検出が困難です。それゆえに、受動的に破壊を待ってアコースティック・エミッションを検出するのではなく、この計測系に入力部を加えてアコースティック・エミッションを発生させる計測系による研究も、欠点箇所の検出などをねらいとして行われています。

実大材でのアコースティック・エミッション検出においては、負荷を与えた試料を動かしてローラー型の変換子に接するように通過させるシステムが開発され、合板の中に人為的につくった接着不良部位や素材の中の節、目切れ、もめなどの欠点のある部位からは少ない負荷で健全部位よりも多くのアコースティック・エミッションが検出されると報告されています。また、木材保存の分野では、曲げ試験の際に腐朽材のほうが健全材よりもアコースティック・エミッションが早くから発生しはじめること、小ブロックを用いた圧縮試験では腐朽の程度が軽いほどアコースティック・エミッションの発生量が少ないことなどから、初期腐朽を診断する可能性が示されています。近年、シロアリの食害活動をリアルタイムでとらえるためのポータブル型の検出器が京大で開発されました。被害がそれほどでもないのにシロアリ業者に薬剤散布をされるという苦情が多いと聞きますが、このような検出器が市販され、消費者が容易に入手できるならば、シロアリの活動の有無を自分で確かめることができます。木材乾燥の分野では、アコースティック・エミッションは割れの起こりやすい樹種で発生量が多く、雰囲気中の湿度を上げるとただちに急増することから、乾燥制御にアコースティック・エミッションを利用する可能性を記した報告もあります。

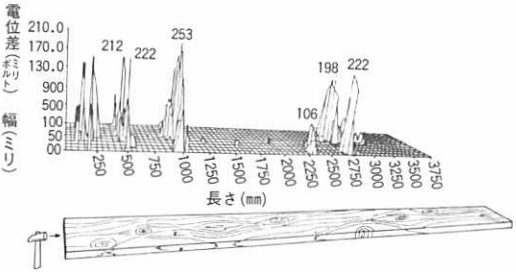
（川元スミレ）

49 木も殴られると興奮

木材には、衝撃が与えられるとその衝撃の方向の垂直方向に電気を発生するという性質があります。このような現象を圧電効果といい、このような性質をもつ物質で私たちの一番身近な代表例が水晶です。水晶発振器は実際にこの性質を実用化したものです。このような不思議な性質が木材にもあるのです。「ヘェー、ウソォー」という人が多いと思いますが、ほかにも、いろいろな有機物質に存在します。たとえば、人や動物の骨とか腱、カニの甲らにも存在します。

ところで、この現象はどうして起こるのでしょうか。原理はごく簡単で、木材にかぎらず多くの固体有機物質は結晶から成り立っています。問題は、この結晶部分が歪むことにあります。結晶は、通常は構造的に安定しており、電気的に平衡を保っています。しかし、いったん外力が加わって結晶が歪み、電気的なバランスが崩れるとある方向に電荷の偏りが生じます。これが物質表面に現れると、電気として観測されるわけです。

しかし、触ってビリッ、ビリッと感じるほど強い電気ではなく、木材に一キロの重りをぶつけても一秒間に一〇兆分の二アンペアの微小な電流が流れる程度です。人が感電死する電流は、おおよそ〇・一アンペアで、しかもしびれを感じるのはさらに一〇〇分の一程度ですから、非常に小さい電流であることがわかります。したがって、



樹種	圧電率
ツガ	1.17
シラカバ	0.6
ホオノキ	0.8
キリ	0.24
ヒノキ	0.63
スギ	0.33
コナラ	0.57
シオジ	0.4
トチノキ	0.32
ブナ	1.18
カキ	0.41
ミズナラ	0.77
イスノキ	0.84

圧電率の単位は 10^{-14} C/N。

構造材中の節の様子と圧電気の電荷の3次元表現

人が間違って触れても感電死することはありません。

それでは、実際に木材中で、どんな部分が圧電性に関係しているのでしょうか。圧電効果は結晶に由来するものですから、発生機構の中心は結晶部分にあります。木材を構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの中で、結晶形態をもつのはセルロースです。したがって、セルロースが木材の圧電効果の根源であるといえます。最近では、このセルロースを化学的に処理して、木材そのものの数百倍の出力をもつ材料が開発されています。たとえば、ヒドロキシセルロースという材料を処理するとポリフッ化ビニリデンという合成高分子とほとんど同じ出力をもつことがわかってきました。これを用いた防音効果のある床材が現在開発中です。

でも、たたいたら電気が出るなんて、「興奮」というところまではいきませんが、何か打ち出の小槌ならぬ発電所みたいで、なかなかおもしろいとは思いませんか。

（鈴木養樹）

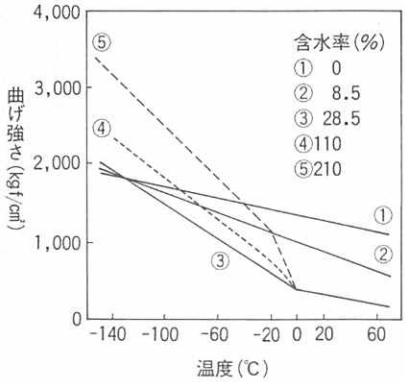
50 超低温でもヘッチャラ！

木材がきわめて低い温度で使用される例はあまりありませんが、ＬＮＧ船の断熱材料に使われています。ＬＮＧは、天然ガスを大気圧下で－162°Cに冷やして液化したものです。液化することで体積が気体のときの六〇〇分の一になり、大量輸送が容易になります。ＬＮＧ船の断熱材料は極低温での荷液重量、ガス圧、航行中の船のローリングによる動的な荷重などに対して安全であるとともに、すぐれた寸法安定性、断熱性も備えていなければなりません。以前は中南米産のバルサ材も使用されていましたが、最近は船の貯蔵タンクの方式から、厚さ九～一二ミリのカバやブナ合板の箱（1.2×0.5×0.2m）が使用されています。箱は途中に仕切りを入れて補強し、その中にパーライトを充填して保冷効果を保つ構造になっています。

ここで、木材の低温下での性質をみてみましょう。寸法変化は木材中に含まれる水分の量に左右されます。水分がまったくない木材では温度が低下すると収縮します。その変化割合は－50～＋50°Cの間では温度変化一°C当たり繊維方向が3～5×10^{-6}で、繊維に直角方向が20～70×10^{-6}で非常に小さく、実用的にはほとんど問題になりません。これに対して、水分を多く含む材では温度が〇°C以下になると木材中の自由水の凍結によって接線方向への膨潤がみられます。その量は、全乾比重〇・四一のスプルース材では含水率二一〇％（飽水状態）のとき約六％です。木材は熱を伝えにくい材料（鋼の約四〇〇分の一）ですが、温度が低くなると

さらに伝えにくくなります。

木材のヤング率や強度は温度が低下すると増加し、その割合は木材中の水分の量に左右されます。図に、スプルース材の曲げ強度と温度との関係を示します。〇℃より高い温度域では含水率が低いほど強度は大きく、〇℃より低い温度域では含水率が高いほど強度は大きくなります。特に、自由水を含む高い含水率の場合に顕著です(たとえば、含水率〇%のとき、マイナス一四〇℃のときの強さは二〇℃のときの一・五倍、含水率二八・五%では約五・五倍、含水率二一〇%では約九倍です)。



温度と曲げ強さの関係（スプルース）

液体窒素はLNGよりさらに低いマイナス一九六℃の極低温ですが、木材はこの中でも平気です。木材を液体窒素の中に一定時間浸漬した後、常温に戻す操作（約二二〇℃の急激な温度変化を与える）を数十回繰り返しても、常温における木材の強度や寸法に変化は起きません。

このように、木材の強度は温度の低下で増大し、断熱性も向上します。また、低含水率の木材は温度の変化に対してすぐれた寸法安定性を示すので、極低温下で断熱材として使用できるのです。

（三城昭義）

51 年輪に残された原子の刻印

同じ場所に長年月にわたって生育する樹木は、その間に見守ってきた環境の変遷をその年輪中に刻んでいます。年輪幅が気温や降水量に左右されることはすでによく知られていますが、ここで紹介するのは年輪を構成する元素に自然が残した刻印についての話です。

同位体とは何かご存じでしょうか。水素や酸素といった元素の名称は、化学的性質が等しい原子に対してつけられています。しかし、それぞれの元素はすべて一種類の原子だけかというと、じつはそうではありません。多くの元素には、化学的性質は同じでも重さの異なる数種類の原子があります。これらを同位体と呼んでいます。質量分析計という装置を使えば、重さの違いを利用して一つの元素の同位体を数えることができます。樹木はその九九%が炭素、酸素、水素で構成されていますが、このなかの炭素にはさらに炭素一二、炭素一三、炭素一四の三種類の同位体があります。炭素一四は放射能をもっていて時間の経過とともに崩壊していくため、放射性同位体と呼ばれています。時間とともに崩壊し減少していくこの性質を利用して、遺跡から出土した木材などの埋没年代を決定する放射性炭素年代測定法は広く用いられています。最近では、樹齢五、〇〇〇年とも六、〇〇〇年ともいわれていた屋久島の縄文杉がこの方法で調べられ、実際にはそれほど高齢ではないことがわかってきました。

さて、炭素の残り二つの同位体はいずれも安定で、時間の経過によって壊れたりはしません。その代わり、年輪中の炭素一二に対する炭素一三の比（炭素同位体比）を調べてみると、大気中の炭酸ガスの炭素同位体比よりも小さく、しかも樹木がそれを取り込んで細胞を形成するときの気温や湿度によって変化することがわかったのです。これを利用して、過去の気候の変化を調べようとする試みが盛んに行われています。ちなみに、年輪中の酸素や水素の同位体比の変化も同じ目的で調べられています。

こうして調べられた炭素の同位体比の最近の変化をみると、どうも気候以外にも何かが影響を及ぼしているらしいことが明らかになってきました。気候の影響を除いてみると、産業革命から現在まで、年輪中の炭素同対体比は少しずつ小さくなる傾向がみられるのです。化石燃料から排出される同位体比の小さい二酸化炭素が原因だと現在では考えられています。

やはり化石燃料から排出され、大気汚染の原因となっている物質に硫黄酸化物があります。わが国では、樹木の年輪中の硫黄同位体比（硫黄三二に対する硫黄三四の比）は今世紀の初めから小さくなっています。これも化石燃料から排出された同位体比の小さい硫黄が地球規模でばらまかれた結果だと考えられます。

年輪中の同位体比は、樹木とそれを取り巻く自然環境との相互作用を反映しているといえます。それとともに、大気汚染や大気中二酸化炭素の増加など、人間が自然に及ぼしてきた悪影響を忠実に記録しているのだということもできるでしょう。

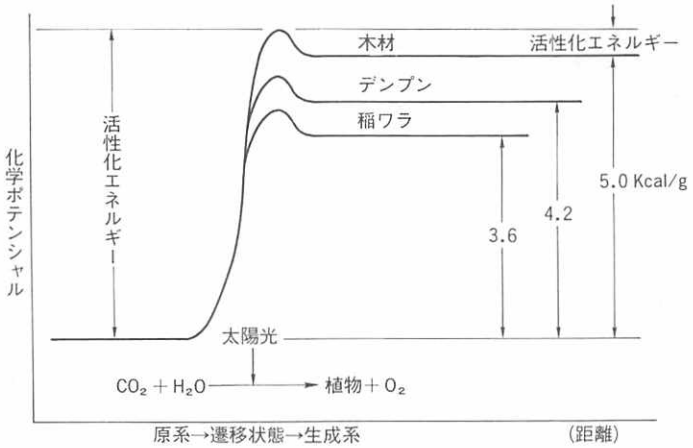
（岡田直紀）

52 太陽エネルギーのすぐれた貯蔵庫

太陽から地球に降り注ぐエネルギーの量は大昔から変わりませんが、地殻におけるエネルギー収支は何回かの氷期で示されるように変動してきました。産業革命以後、化石燃料の消費の増加によって大気中の炭酸ガス濃度が上昇を続けてきたため、現在、地球は温暖化に向かっていることは衆知の事実です。地球温暖化は人類生存の危機につながる穀倉地帯の砂漠化、海水レベルの上昇などを引き起こすと憂慮されています。

大気中の炭酸ガスの固定は一部は海水などへの溶解によって行われていますが、大部分は光合成による植物体への転換によって行われています。大気中の酸素のほとんどがこの過程で生産されています。約三一億年前、地上にわれわれ動植物の生命の維持に欠かせない光合成が誕生しました。以来、太陽エネルギーを利用した炭酸同化作用の成果が蓄積されてきました。文明・文化はこの成果物を消費して成り立ってきました。このため、古くは豊かな森林の砂漠化などを引き起こし、今日では地球の温暖化を招いています。

すべての化学反応は活性化エネルギーというエネルギーの障壁を越えなければ起こりません。炭酸ガスと水が植物体になる場合にも、この活性化エネルギーという障壁を越えなければなりません。図に示すように、この障壁を越えて植物体となった木材、デンプン、稲ワラは元の炭酸ガスと水の合計したエネルギーより、それぞれ、約五、〇〇〇、四、二〇〇、三、六〇〇キロリー／グラム高いエネルギーを獲得します。これらのエネルギーは



反応が左から右へ進むときは左側の活性化エネルギーが，右から左へ進むときは右側の活性化エネルギーがそれぞれ対応する。

太陽エネルギーが炭素、酸素および水素間のいろいろな化学結合のエネルギーになったものとみなされます。

植物体に酸素を与え、燃焼あるいは腐朽などによって元の炭酸ガスと水に戻すとこれらのエネルギーが放出されます。図に示すように、この場合には越えなければならないエネルギーの障壁が低いので容易に炭酸ガスと水に戻ります。

自然界では、木材は他の植物体に比べ腐りにくく、しかもエネルギー値が高いので、すぐれた太陽エネルギーの貯蔵庫といえます。地球環境保全の観点からは、このエネルギーを貯蔵したまま木材を使うことが大切です。木材が分解して太陽エネルギーを放出しないようにする技術、すなわち、防腐、難燃化、耐候化などの技術は地球環境保全の意味でも重要です。太陽エネルギーの貯蔵庫を大事にしたいものです。

（平田利美）

53 世を変えた古代の香り

香料の歴史は古く、約五万年前のネアンデルタール人は、すでに香木をたいて死人の埋葬をしていたといわれています。人類の歴史と同じくらいの古さをもつ香料が初めて文章に現れるのが、紀元前五～六世紀に書かれた旧約聖書の創世記です。当時、カンラン科の樹木から滲出する樹液、乳香と没薬は貴重な香料でした。古代人は香りのある木や樹脂をたき、その香煙を漂わせ、死者を弔い、神をあがめました。宗教的な儀式に使われていた木の香りが、じきに、防カビ性や生理作用をもつことに人々は気づき、それを防腐剤や薬物として、そしてさらに人を魅了する香料として使いだしたのです。古代エジプトでは、香料はミイラつくりに使われました。防腐、殺菌効果をもつ没薬などの香料は死者の体に詰められて、死体の永久保存に利用されました。ミイラは没薬の産地名ミルラに由来しています。当時のエジプトの首都アレキサンドリアはアラビア、インドからもたらされる香料の世界的取引拠点であったため、没薬などの防腐剤としての香料が手に入れやすかったこともミイラつくりが盛んに行われた理由の一つでしょう。乳香、没薬、肉桂などの香料は調合され、キフィと名づけられ、ローマなどに輸出されてエジプトを経済的に潤していました。しかし、エジプトで香料が手に入りやすかったといっても、香料は当時としては大変高価なもので、庶民の手の届くようなものではなく、権力者によって使用され、権力や高貴の象徴でもあったのです。

ところで、エジプト王朝最後の女王クレオパトラほど香料を愛用した人はいないといわれています。香料を手に入れやすい立場にあったクレオパトラは香料をふんだんに使い、生活を楽しみました。毎日、バラの香水風呂に入り身を清め、入浴後は、キフィと麝香猫から取れる香料シベットを体に塗りつけていたといわれています。「クレオパトラの鼻がもう少し低かったら世界の歴史が変わっていただろう」とはパスカルの有名な言葉ですが、シーザーやアントニウスを意のままにできたのは、決して鼻の高さだけでなく、香料の助けがあったからだろうといわれています。クレオパトラは、植物の香りを使い分けてもいました。ゆっくりと眠りたいときにはバラの花びらを満たした枕を使い、疲れをいやし元気を取り戻したいときにはローズマリー、ラベンダーなどの入った枕を使用したといいます。今はやりの植物の香りを利用した療法のアロマテラピーをクレオパトラはすでに心得ていたのです。

乳香、没薬の産地として栄えたアラビアのシバの国のシバの女王がヘブライのソロモン王に香料を贈り、一夜の契りに生まれた子供が、後にエチオピア建国の礎を築いたとも伝えられています。

また、バルカン半島の小国マケドニアのアレキサンダー大王が東方遠征を思い立ち、東方の諸国を征服したのは彼の家庭教師であったアリストテレスに高価な乳香をたいているのを見とがめられ、乳香の産地シバの国を征服するまでは節約しろといわれたのがきっかけであったといわれています。

香りが権力者を操り、香りが世を変えていたのです。

（谷田貝光克）

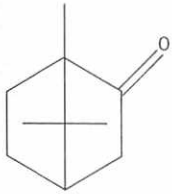
54 虫もつかないいい男？

神社や公園などに行くと、威風堂々とした大木をよくみかけます。昔から、神木としてあがめられてきた木も多くあり、とても荘厳です。クスノキもその一つです。葉や枝を切ると樟脳の香りがすることで有名な木です。「楠」という字には、南方から渡来した木という意味があるように、暖かい地域に多く分布しています。日本では、関東以南の本州、四国、九州に生育しています。

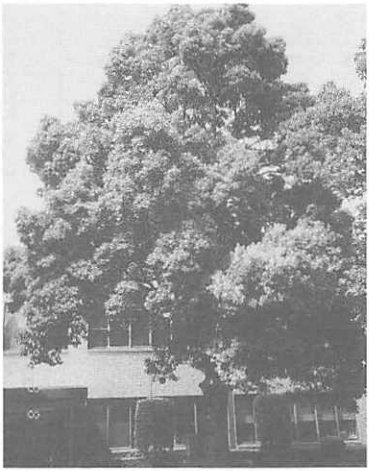
クスノキは、古事記、日本書紀にも記載があるように、古くから親しまれた木で、小さいころの成長は遅いけれども、やがては大きく育つということから「楠学問」「楠分限」などの言葉も生まれました。大木になるものが多く、そのいくつかは天然記念物として大切にされています。有名なものに鹿児島県にある「蒲生のクス」があり、日本一の巨樹といわれています。日本に仏教が伝わったころの仏像は白檀でつくられていましたが、日本には白檀がなかったので、その代わりとして同じ香木であるクスノキでつくった時代もありました。現存する仏像の例としては聖徳太子の建立とされる中宮寺の弥勒菩薩が有名です。また、クスノキは、その昔、船材として使用されていたという記録が古事記などにあります。

クスノキには、その成分としてカンファーという化合物が含まれており、それには防虫・防腐作用があります。そのため仏像や船の材料として適していたのでしょう。このカンファーという物質は、別名「樟脳」

ともいいます。樟脳というと洋服ダンスなどに入っている防虫剤を思い起こす人が多いと思いますが、明治から昭和初期にかけては、その多くがセルロイドの原料として使われ、鹿児島、高知を中心に大規模な樟脳製造が行われました。そのため原料となるクスノキがほとんど伐採され、国をあげてのクスノキ一斉造林が行われた時期もありました。やがて合成樟脳が開発されたので、天然樟脳は下火になりましたが、一時期日本は、世界でも有数の樟脳生産国だったのです。



クスノキに含まれているカンファー



威風堂々とした「クスノキ」

カンファーは、ほかに医薬品や香料などとしても使われています。医薬関係ではカンファーのことを「カンフル」と呼びます。局所刺激作用や局所の鎮痛作用などがあるといわれており、いざというとき、私たちの身近で大いに役立ちます。このように、クスノキは、一、〇〇〇年以上も前から現在に至るまで私たちの生活と密接にかかわってきました。クスノキの大木を眺めると、自然が与えてくれる恵みの偉大さに改めて驚かされます。

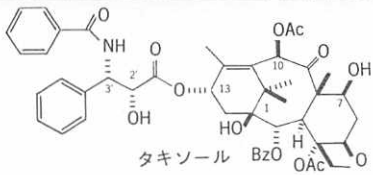
（大平辰朗）

55 効能あらたかな木

地球上にあまたある樹木には、有用な薬効成分を含むものが多いといわれていて、実際に薬として日常利用されているものもたくさんあります。たとえば、キナ（アカネ科樹木）の樹皮に含まれているキニーネは、マラリア治療薬、解熱薬として、また陣痛促進薬として使用されています。また東洋では、薬効のある樹木は漢方薬の主要な原料の一つとして広く用いられてきました。

樹木の薬効成分には、抗がん性、鎮痛、健胃、コレステロール低下、血圧降下、利尿、解毒、消炎などじつに多様な効能があることがわかっています。そのなかでも、近年注目されている薬効に抗がん性があります。樹木から見いだされた抗がん性物質には、①イチイ科樹木からのタキソール、②喜樹（中国原産）からのカンプトテシン、③イヌガヤからのハリントニンアルカロイド、④ヌマスギからのジテルペンキノンなどがあります。なかでも、抗がん性が強く、抗がん剤としての臨床試験が行われているタキソールに関心がもたれています。タキソールは、最近数十年間で発見された最も強力な天然物由来の抗がん剤です。この化合物は、一九七〇年に太平洋イチイ（*Taxus brevifolia*）の樹皮から初めて単離されたジテルペンアルカロイドで、細胞蛋白質チューブリンと結合し、がん細胞の細胞分裂を阻害することにより、乳がん、卵巣がん、子宮がんなどに卓越した抗がん性を示します。また、この化合物は黒色腫にもすぐれた抗がん効果を示します。

古くから、イチイ科樹木は毒植物といわれていましたが、「毒をもって毒を制する」のたとえもあるように、一方では民間薬として、葉は糖尿病薬、利尿、通経、駆虫剤として、また種子は咳止め、下痢に利用されてきました。現代に至って、タキソールの強い抗がん性のため、イチイ科樹木が再び注目されています。イチイ科樹木は世界に九種存在し、わが国には、高冷地に生育しているイチイ（*T.cuspidata*）とその変種で生け垣などによく使われるキャラボクがあります。どちらにもタキソール（樹皮や葉に〇・〇二～〇・〇〇〇四％）が含まれていますが、イチイ科樹木中のタキソール含量は少なく、治療薬として用いるにはまとまった量が必要です。そのため、組織培養法と化学合成法による大量生産の研究が世界中で行われています。



強力な抗がん剤タキソールを含有するイチイ科樹木（キャラボク）

現在、さまざまな樹木から、タキソール以外にも抗がん剤として有望な化合物が数種発見されています。しかも未調査の樹木も多いことから、樹木は抗がん剤の開発に不可欠なものと考えられています。また樹木には、抗がん性物質以外にも有用な薬効成分を含むものが多く、薬効成分の宝庫といえましょう。このように、古今を問わず樹木は効能あらたかな木です。

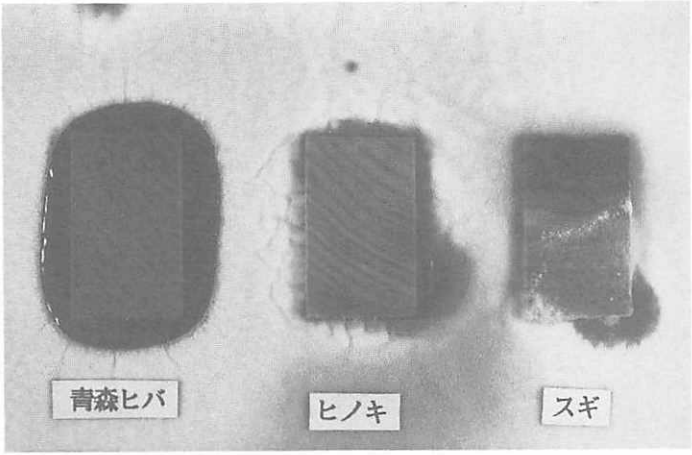
（橘　燦郎）

56 築後三年蚊遣りはいらない

「青森ヒバで家を建てると虫が入らない」あるいは「水周りは青森ヒバを使うと腐りにくい」など、青森ヒバは防虫・防腐効果が高いことが経験的に知られており、中尊寺の金色堂をはじめ、神社やお寺など大切な建物をつくるのに使われてきました。防虫・防腐効果の源は、青森ヒバの心材部に含まれている精油である「ヒバ油」にあります。

樹木の心材部は、樹皮のようにやにを出して傷口を修復するような積極的な防衛ができないため、損傷を受けた部分はそのまま修繕されません。よく、老大木の中心に人が出入りできるほどの空洞ができますが、これは、長い年月の間に虫や菌によって心材部が分解されたためです。そこで木材は、心材部を保護するため、その内部に虫や菌を寄せつけない精油を備蓄するようになったと考えられています。すべての木材の精油が大なり小なり防虫・防菌効果をもっていますが、なかでも非常に強い効果をもっているのがヒバ油なのです。たとえば、写真のように青森ヒバ、ヒノキ、スギの三種類の木材の心材部を、カビの胞子を植えた培地の上に置いて培養すると、青森ヒバの周囲にはカビの生えない発育阻止帯がみられます。つまり、青森ヒバの心材に含まれているヒバ油が、木材へのカビの侵入を防いでいるわけです。

ヒバ油の成分は、水酸化ナトリウムのようなアルカリと反応する酸性油と、反応しない中性油とに分ける



青森ヒバにはカビが寄らない

ことができます。酸性油は、ヒノキチオール、β-ドラブリン、カルバクロールなど、非常に強い抗菌効果をもつフェノール系の物質で構成され、中性油は、ツヨプセン、セドロールなどの防虫効果をもつセスキテルペン類で構成されています。このように、すぐれた防虫・抗菌物質をもつヒバ油のおかげで、青森ヒバの住宅は、新築でヒバ油の香りが満ちている三年間は蚊も入ってこないし、シロアリに対しても強いわけです。

資源の有効利用の観点から、ヒバ油は製材時の廃材を原料に抽出されています。最近、そのすぐれた防虫・抗菌効果と安全性が脚光を浴び、繊維や食品の天然抗菌剤や香料、農業分野の防虫・抗菌剤、さらには難治性院内感染の原因菌となっている多剤耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）の消毒殺菌剤としての活用など、多方面の活用方法が検討されています。

（岡部敏弘）

57 グルメなシロアリ

シロアリに食べられてボロボロになった木を見ると、シロアリは何でも食べてしまう恐ろしい破壊者のように思えますが、シロアリにも好き嫌いはあるのです。一般に、広葉樹より針葉樹、心材より辺材、晩材より早材を好みます。好き嫌いは材の硬さや比重などの物理的要因によることが多いのですが、化学的な成分の違いも影響します。シロアリの食害を受けにくくする成分（抗蟻性成分）は、シロアリを寄せつけないようにする揮発性の忌避成分、食害して初めて忌避効果を示し、餓死に至らせる摂食阻害成分、呼吸毒、接触毒、食毒による殺蟻成分の三つに分けられます。一つの成分でも複数の活性を示すうえに、実際の木材では複数の成分が複合して作用するため、抗蟻性成分を特定することは簡単ではありません。

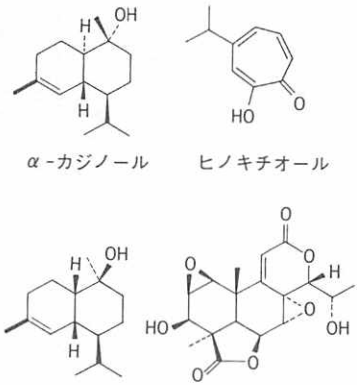
針葉樹の場合、揮発性テルペン、つまり匂い成分である精油が多いものほどシロアリに強いことが知られています。最近の木造住宅では、国産針葉樹に代わって安いベイツガやベイマツが多く使われていますが、これらは精油成分が少なく、シロアリにとっては大好物なのです。このため防蟻処理が必要ですが、最近その薬剤の安全性が問題になっており、もともと抗蟻性成分を含む木材を使用することが望まれています。ヒノキやヒバは建築用材のなかでも特にシロアリに強く、ヒノキの精油成分のなかではα-カジノールとT-ムロロールに、ヒバではヒノキチオールに強い殺蟻性があります。イヌマキも耐朽性が高く、木棺や橋げたに

使われてきましたが、その抗蟻性成分は精油ではなくイヌマキラクトンAという物質で、屋外で一、〇〇〇年以上経過した古材にも残留し、強い抗蟻性を示すことがわかりました。イヌマキラクトンAは分子内に多くの酸素官能基を含むため、ある程度親水性をもつことが特徴で、類似の化合物にも活性があります。

広葉樹では、ハリギリやモッコクなどのサポニンを含む材の抗蟻性が高いことが知られています。サポニンはトリテルペンに糖が結合したもので、分子内に疎水基と親水基を含むという点ではイヌマキラクトンAと共通しています。精油を含ませたろ紙の上でシロアリを飼育すると数日でシロアリが全滅するのに対して、サポニンの場合は数週間経過して初めて効果が現れ、シロアリは腹部が扁平になって死んでいきます。したがって、サポニンの効果は摂食阻害や食毒によるものと考えられますが、詳しい作用機作については不明です。

シロアリは、腐朽菌に侵された木材に集まりやすいという性質があります。リグニン分解物で誘引試験を行ってみると、バニリン酸などの酸はシロアリを誘引しますが、アルデヒド類は反対に忌避効果を示すことがわかりました。化学構造のわずかな違いを認識できるのですから、シロアリは意外とグルメなのかもしれません。

（加藤　厚）



針葉樹の抗蟻性成分

58 釘のサビで環境評価

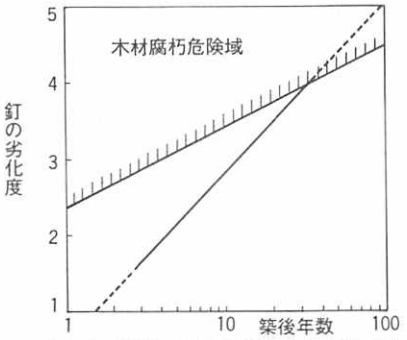
木材と鉄釘とは相性のいい取り合わせです。鉄にはある程度の軟らかさが、木材には粘りがあり、釘で接合した後でも少しぐらいのずれは木材をたたけば元どおりに戻ってしまいます。このような融通のきく接合はほかにありません。ところで一つ気になることがあります。それは、釘がさびるということです。しかし、まったくさびなければどうでしょうか。ステンレス釘はさびませんが、月日が経つと釘の頭が飛び出してきます。これは、さびができないので木材とのひっかかりができず、木材が水分で膨張収縮するたびに釘が木材表面に押し出される結果です。このように少量のさびはむしろ釘と木材の接着剤の役目を果たすため、好ましいともいえますが、このような状態をつくり出すことが難しいことも事実です。

今でもときどき見かけますが、住宅の外壁にスギ材などを横に張り合わせた下見板があります。東京のある地域で、二つの時期に分けて建てられた八棟の住宅の下見板の釘の劣化を調べたことがあります。南面は一様に釘の劣化は少ないのですが、ほかは場所によりだいぶ違っていました。これには下見板の乾燥のしやすさと関係があると思い、周囲の植え込みを外壁に対する風通しのよさの程度から区分して、統計的処理で検討したところ、北風の通りやすい所ほど釘の劣化が少ないことがわかり、この地域が年間を通じて北風の多い事実と合っていました。釘の劣化を外見から、新品同様が1、ボロボロが5というように五段階に分け

て、これを釘の劣化度としました。水が多いと釘がさび、木材も腐朽します。この両者の関係はどうなっているのでしょうか。さびは化学反応によるものであるのに対し、腐朽は生物がもたらす現象です。また、釘は少しの水でもさびますが、木材はある量の水（含水率二〇％以上）がある期間保たれて腐朽するという違いもあります。しかし、家を建てるときは必ず新しい釘を使いますから、釘の劣化から木材の腐朽が予測できれば、便利なことがあるかもしれません。

モルタルを塗った木造外壁の釘の劣化を調べたことがあります。四面の壁の基礎から上一メートルまでの釘の劣化度の平均値を築後の年数の対数に対してプロットすると、図のように直線になります。築後三四年の家では釘の劣化度が4以上で木材に腐朽がみられました。また、実験によると木材含水率二〇％では四年間で釘の劣化度が3でした。この二つの事実を図に示すと、三四年で劣化度4、四年で劣化度3の二点を結ぶ斜線のついた線となり、これより上の領域は木材が腐朽することになります。この調査から得た仮説では、ある年数の家の釘の劣化度が斜線より上であれば、木材はその時点では健全であったとしても、やがて腐朽する可能性が高いということになります。

（今村浩人）



モルタル塗り壁における釘の劣化度と木材腐朽の関係

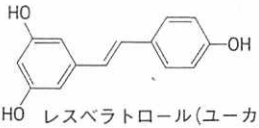
59 赤と黒

木の板を描くとき、何色の絵の具を使いますか。赤っぽい木、黒っぽい木、黄色っぽい木など、樹種や個体によって木の色はさまざまです。しかし、それを絵に描くときは茶色をベースにして、赤、黒、黄の絵の具をわずかに加えて濃淡を調整し、それぞれの木の色とするでしょう。実際の木材も同じです。木材の主要成分のうち、セルロースやヘミセルロースには色を発する構造がありませんが、リグニンを天然に近い形で取り出すと、どんな樹種でも薄茶色をしています。この薄茶色にそれぞれの材固有の色素成分が加わって、さまざまな材色を生み出しているのです。

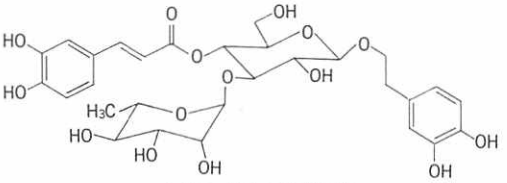
色素成分は心材に含まれており、辺材はどんな樹種でも白っぽい色をしています。樹木の細胞は樹皮の内側でつくられ、中心に向かって送り込まれるわけですから、赤い心材もかつては白っぽい辺材だったのです。心材化というのは柔細胞が死ぬことです。柔細胞は死の直前に自らがもつデンプンや脂肪を原料として色素成分を生み出します。色素成分といっても、実際は柔細胞がつくるのはその前駆体で、辺・心材の境にあるフェノール酸化酵素の作用によって色素に変わることが多いようです。この酵素は心材にも存在し、伐倒後もしばらくは生きています。このため、ムラサキタガヤサンやブラックウォールナットは、製材直後は白っぽい色をしていますが、酵素が空気に触れて一気にその能力を発揮し、数時間で濃い鮮やかな紫や黒に変わ

ります。

木材の色素成分の多くはフラボノイド類とキノン類です。フラボノイドは無色または黄色で、共役二重結合や水酸基を増すにつれて、色が濃くなります。キノンは黄、橙、赤、紫などの鮮やかな色をしており、黒檀やチークなどの濃い材色の木材に多く含まれています。



レスベラトロール(ユーカリ)



アクテオサイド(キリ)

変色原因物質

日本では、木理や色調の美しさを木材の大きな評価基準としているため、変色にまつわるトラブルがよく発生します。木の壁にカレンダーをかけておいたら、周りが黒ずんで、跡が残ってしまったというようなことがあります。このような光変色の機構はよくわかっていませんが、フェノール性水酸基が引き金になることが多いようです。病院の消毒液に使われるフェノールが、時間がたつと赤くなるのと同じような現象です。逆に、黒っぽい濃い色をもつ家具が色あせてしまったという苦情もあります。これは、色素成分であるキノンの分解によるものと考えられます。

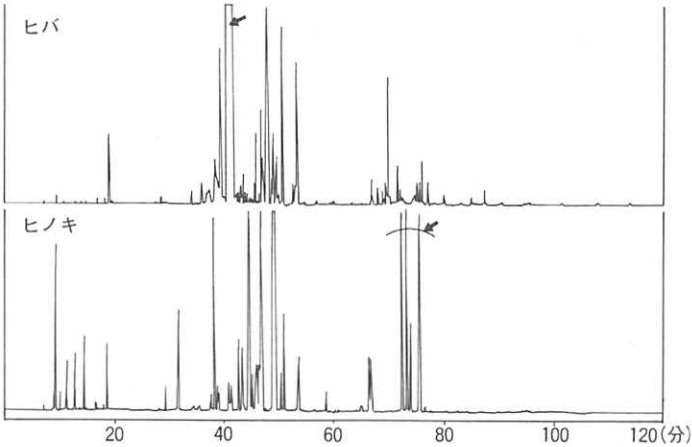
人間は日焼けをすると黒くなるだけで、白くなることはありませんが、木材の場合は逆も起こるのです。

(加藤　厚)

60 成分が決め手です

「さる木材学の権威が材木屋へ行って専門家のうん蓄を披歴し、ヒノキ丸太を買おうとした。店員はご自由にお選びくださいと丸太置場へセンセイを案内したが、皮はぎ丸太ばかりでセンセイはヒノキを選び出すことができずスゴスゴ引き返した」というごく専門的な笑い話があります。植物は花・果実などの生殖器官や葉・樹皮などの外部形態の特徴で分類します。枝や樹皮を取り去った丸太は特徴に乏しく、スギ、ヒノキを区別するにはよほどの経験がいります。このような木材の樹種識別法として有効なのは、木材を構成する微細な組織・器官の形態的特徴を調べ記載する木材組織学です。他方、ヒノキのよい香りとか、紫檀、黒檀の色というように、私たちは経験的に木材の化学成分的特徴を木材の種類と関係づけて認識しています。近縁の樹種の識別には、微妙な匂いの違いなどが目安になりそうです。植物種に特徴的な化学成分（指標成分）を用いて植物を識別する学問が化学成分分類（ケモタクソノミー）です。指標成分は植物の二次代謝酵素系によって生産されますが、その酵素系は種の遺伝子の固有の発現に基づいているからです。

実際に成分で樹種識別を行うには心材成分が好都合です。生命活動の終わった心材では、腐朽などがないかぎり、成分がカプセルのように細胞内に密封された状態で長期保存されます。また、辺材と異なり、心材成分は種の特徴成分が多くみられ、かつ、安定な物質が多いからです。指標成分や成分パターンの検出には



ヒバ（上）とヒノキ（下）の材油成分のガスクロマトグラフ（矢印の部分に特徴がある）

主にクロマトグラフィーという手法が使われます。

樹種の同定が求められるケースはさまざまですが、いくつか例を挙げましょう。輸入材の場合、商社がラオスヒノキとかヒマラヤヒノキなどと実際の学名と違った名称で取り引きすることが多く、混乱します（また、関税率は樹種ごとに違います）。古文化財の建築材の樹種鑑定では、ヒノキ科やスギ科木材は種間の組織学的特徴が乏しく成分識別法が有効です。鋸屑のように微細な破片で組織構造が壊れているような材料についても同様です。犯罪で使われた鋸やチエンソーに残された鋸屑から元の樹種を割り出し、証拠とする場合もあります。

化学成分識別法は植物分類学、木材組織学と補い合っているのですが、樹木成分の膨大なデータベースの構築と成分を超微量で分析する技術の開発が必要で、現在、そのような研究が行われています。

（林　良興）

61 一年で千年を生きる

正倉院の文書などが一、〇〇〇年以上の歳月を経ても、記された文字や色彩を鮮明に今に伝えているのは、それらに「和紙」と呼ばれる独特の紙が使われていたからです。和紙は麻類、コウゾ、ガンピ、ミツマタなどの靭皮繊維を原料としてつくられます。和紙は奈良時代に中国、朝鮮を経て日本に入ってきた製紙技術を改良し、わが国独自の原料を開発しながら、新しい手漉き法を編み出すことによってできあがった紙をいい、独特の文化の形成に重要な役割を果たしてきました。和紙がなぜ、一、〇〇〇年という長年月を耐えることができたのでしょうか？　この秘密は和紙の原料と製法のなかに秘められています。

靭皮繊維は木質繊維と大きく異なり、セルロースが七〇％を占め、重合度（分子の長さ）や結晶化度（分子が規則的に並んでいる程度）が高く、光などで変色し紙の保存性を妨げるリグニンは木材の数分の一と少なく、また製紙の際のフィブリル化や繊維の分散性を助けるヘミセルロースが多いという、まさに、紙にうってつけの成分から成り立っています。さらに、繊維長は針葉樹より長く、繊維幅はその半分と細く、均一で非常にしなやかな繊維形態をしています。こうした特性は紙になったとき、繊維を劣化させる酸基の生成を少なくし、繊維間の結合力を強める作用があり、結果的に耐久性のある強じんな紙が得られます。

超高耐久性を保持するもう一つの理由は和紙のつくり方にあると考えられています。和紙づくりはまず、

樹皮から黒皮をとり、これを水に浸して柔らかくしてから、靭皮つまり白皮（しらかわ）を得ます。これに木灰（炭酸カリウムが主成分）などを加えて常圧下で蒸煮すると、白皮に残るペクチンやリグニンなどの品質を損なう成分が完全に除かれ、繊維や柔細胞の混合物（パルプ）になります。パルプはきれいな流水中で手作業でていねいにもみ洗いし、細胞の断片やチリなどの不純物を除去した後、叩解という操作で繊維を柔らかくし、紙漉きの原料（紙料）になります。手漉き法の一つは流し漉きで、ネリ（トロロアオイの根から得られる粘液など）を使って、繊維をよく分散させることにより、良好な地合いの紙を漉きあげます。

このように、化学薬品や機械力に頼る洋紙と比べて、和紙はごく温和な条件で原料となるパルプを調整し、手作業で不純物が徹底的に取り除かれ、天然の分散剤を用いているため、セルロースの傷みが非常に少なく、純度の高い繊維ができあがります。これらは中性から微アルカリの状態で存在するため、酸による劣化は起こりません。

紙すき
『紙漉重宝記』国東治兵衛著，寛政10年より

草本植物の麻類は約半年で、木本植物のコウゾなども刈り取った根から一年で生育する小枝から、靭皮繊維が収穫できます。まさに、これらの資源は一年で千年を生きることになります。

（島田謹爾）

62 千年塗料ウルシ

漆と聞けば、花鳥が金粉で描かれた蒔絵の文箱、豪華で華麗な日光東照宮、荘厳な中尊寺の金色堂が目に浮かびます。ともに漆がつくり出した芸術品であります。

明治になって洋塗料が入ってくるまでは、漆は塗料、接着剤、防腐剤などとして広い用途があり、社寺・住宅から家具・調度、日用の什器にまで利用されていました。また、明治以降漆工芸品が盛んに輸出されるようになると、英語で〝ジャパン〟といえば漆器を意味するほどその美しさは海外でも高く評価され、日本を代表する産物としてもてはやされました。

漆がウルシの木からとれることは誰でも知っています。しかし、わが国に生育しているウルシ属の植物八種すべてからとれるわけではなく、実用になるのは〝ウルシ〟の木だけです。ウルシは江戸時代に諸藩が植林を熱心に勧めたこともあり、昭和の初めごろまでは里山の至る所に生育していたらしく、山に薪をとりに行って漆掻きの人に出会うなど珍しいことではなかったようです。漆がたくさんとれたからこそ、昔から全国各地に独特の漆工芸が発達してきたのでしょう。しかし、現在漆の需要の九九%は中国産でまかなわれ、品質がよい国産漆はわずか一%、年に五トンほどしか供給がありません。

漆は樹齢一〇年以上のウルシの幹に四～五日ごとに傷をつけ、わずかずつ滲出する液を掻き集めて精製し、

塗料にします。採取は六月から十一月の間に行いますが、こつこつ集めて回っても一本の木からとれるウルシ液の量は一年で約二〇〇グラムにしかならないのです。日本では枝や小枝からも液をとり尽くす殺掻法を行うので、一〇年育てた木は半年の採取で寿命が終わります。国産漆が非常に高価なのもうなずけます。

漆は昔接着剤としても利用されただけあって、乾燥するとたいへん丈夫になりますが、その乾燥機構は洋塗料と大きく違っています。液中に含まれている酵素（ラッカーゼ）の働きによって乾燥するのですが、常温（二〇～三〇℃）では多湿な条件下でよく乾燥します。高温になると乾燥は鈍ってきますが、不思議なことに一五〇℃ぐらいでまたよく乾燥するようになります。この焼付法は昔は甲冑や鉄砲の塗装、現在では南部鉄瓶の錆止めに利用されています。

古墳から保存状態のよい漆器が発見され、たびたびニュースになります。その驚異的な耐久性の秘密は、漆の主成分であるウルシオールが腐朽菌に強いフェノールの一種であることによります。しかし、フェノールは劣化に最も影響のある酸化されやすい物質です。この弱点は、ウルシオールの粒子が酸化されにくいゴム質で包まれているという、人工塗料の追随できないカラクリによってカバーされています。ゴム質は水を通しますが、ウルシオールが水をはじいてしまうという構造になっているのです。

しかしスーパー塗料漆にも、紫外線にすこぶる弱いという泣き所があります。清水の舞台から飛び下りるような気持ちで手に入れた蒔絵の重箱を日向に置くなど、ゆめゆめなさらないように。

（川村二郎）

63 ？千万年後の掘り出し物

通常、私たちが琥珀をみかけるのはデパートの宝石売り場などで、それらの宝飾品は透明度の高い黄色ないし黄褐色のいわゆる〝こはく色〟のものがほとんどですから、琥珀は宝石だと思っている人も多いでしょう。しかし、元をただせば琥珀は太古の森林が地中に堆積して石炭となる過程で、それらの樹木の樹脂が化石化したり、河川の作用で集積した樹脂が化石化したもので、天然樹脂の一種です。写真でもわかるとおり、琥珀の中にはしばしば、生きているときに樹木から流れ出た樹脂に閉じ込められた昆虫や植物片などが化石となっており、琥珀の形成原料が何であったか歴然とした証拠を残しています。

樹脂が琥珀になるためにはどのぐらいの時間がかかるでしょうか。世界の有名な琥珀産地はリトアニア、ラトビアなどバルト海沿岸や中米ドミニカ共和国ですが、前者の琥珀は約四、〇〇〇万年前（第三紀始新世）、後者は二、〇〇〇万年以上前の地層（第三紀中新世）から産し、起源植物はマツ類と認められています。日本で現在も採掘されている岩手県久慈市産の琥珀は約八、五〇〇万年前、千葉県銚子産は一億一、〇〇〇万年前の中生代白亜紀後期のものです。最近、石炭層と一緒に発見され、大規模な埋蔵量があると推定されるサラワクの琥珀は中新世のフタバガキ科の森林がもたらしたものだそうです。

琥珀となるには数百万年の時間が必要とされています。新しい樹脂は精油を含み軟らかいのですが、やが

て固化した樹脂は時間の経過とともに表面から成分の酸化、重・縮合が進み、高分子化して炭素の比率が高い硬い殻が形成されます。この中に閉じ込められた水分や、ケイ酸や硫黄を含んだ水の浸透・置換あるいは熱や圧力の複雑な作用によって琥珀が形成されますが、その詳しい道筋はまだ明らかにされていません。アガチスなどの樹脂が埋もれ数十年ないし数千年経たものはコーパルと呼ばれ、昔から塗料製造に多量に使用されてきました。工業的利用では、樹脂、コーパル、琥珀は有機溶剤への溶解性、熱融解性の違いなどで実際的に区別されていますが、最も簡単に琥珀を見分けるには暗闇で長波長の紫外線ランプの光で見ると琥珀はすみれ色の蛍光を発するのでわかります。

有史以前から琥珀は一種の魔除けとして珍重され、首飾り、勾玉（まがたま）など洋の東西で古代遺跡から出土しています。中世カトリック教会は祭壇装飾、儀式用具、数珠（じゅず）などで琥珀の最大の消費者でしたが、ルターの宗教改革によりこれらの用途は激減し、宝飾品、パイプ、燭台、宝石箱などの製造に用いられ、現在は宝飾品、装身具が用途の主流を占めています。産出する琥珀の大部分を占める低質なものは、化学合成品が出回る以前は優秀な塗料原料でしたが、今ではこの用途もごくわずかです。

（林　良興）

久慈産昆虫入り琥珀
（久慈琥珀博物館　提供）

「？……」な用語の解説　その三

ロータリー　正確にはロータリーレースといい、丸太をかつらむきして単板をつくる機械です。

バーカ　別に人を馬鹿にしているわけではありません。丸太の皮をむくための機械のことです。

シェービング　回転ナイフで削られた薄い木片のことです。パーティクルボードの原料として使われます。

スクリーン　いわゆるふるいのことをいいます。パーティクルのサイズをそろえるときに使われます。

パレット　絵の具をかき混ぜるための小さな板を連想しますが、じつはフォークリフトや車両による貨物の運搬などに用いられる荷受け台のことをいいます。（五〇ページ参照）

ドラム　電線用荷作りドラムの略称で、糸巻きのように長いワイヤ状の線を巻きつけておくためのものです。

Ⅳ

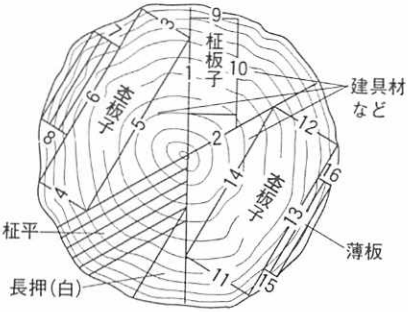
木を使う技術、いま・むかし

64 豆腐切るよなわけには参らぬ

わが国では年間三、〇〇〇万立方メートル程度の製材品が生産され、建築用材、土木・建設用材、家具・建具用材、梱包用材などに使われていますが、八〇%近くが建築用材です。わが国独特の木の文化は、建築用材としての利用を中心にして、長い歴史のなかで培われてきました。建築用材として用いる場合には、製品の表面に節などの欠点が現れるのをできるかぎり避けて木理や色合いの美しさを活かした使い方や、材料としての強度特性を活かした使い方があります。さらに両者を兼ね備えた使い方もあります。製材品の品質評価においては、「役物」と呼ばれる美観重視の視覚的評価（化粧的品質評価）がしばしば行われます。この評価の対象になるか否かで製品の価値が大きく左右され、まさに「役に立つ物」になるかどうかの瀬戸際に立つ製材品も出てきます。天井板などで上等な製材品になると、杢が美しい、色つやがよい、木目がよい、落ち着きがある、暖かみがあるなど、あいまいで主観的ではあるが絵画のように芸術的で、とにかくすばらしいとしか表現できないような高い評価を受けるものもあります。木材のこのような特徴を活かした製材品をつくるためには、複雑かつ繊細な技術から単純な技術まで、各種の製材木取り技術が必要になってきます。

製材では木取りの巧拙によって製材品の価値が大きく左右されるため、木取り技術が最も重要な技術になっています。木取り法は、原木の種類や形質、製材品の種類や寸法などによって異なります。また、わが国

には大小あわせて一五、〇〇〇以上もの製材工場があり、極端にいえば工場ごとに木取りが異なり、その技術も千差万別です。化粧的品質が重視される製材品の木取りにおいては、原木の形質を十分吟味し、経験や勘に基づいて鋸びきの位置を決定します。この意思決定を誤るとひき材面に節などの欠点が現れ、製品価値の著しい低下を招くことになるので、銘木級の秋田杉や屋久杉などの優良丸太の木取りにおいては、高級魚から刺身をつくる板前さんのような職人芸的技術が要求されます。一方、「並材」と呼ばれる普通の形質の原木の製材においては、原木の太さや曲がりなどその形状を機械に自動計測させ、この情報に基づいて、あらかじめ用意してある百種類以上もの木取りパターンのなかから製材品の生産量が最大になる最適木取りパターンをコンピュータに選択させ、このパターンに従ってコンピュータ制御の機械で木取りをすることもできます。



職人芸による銘木の木取り例（秋田杉）
太線は鋸びきの位置を，番号は鋸びきの順序を示す。（長岐，1979を参照）

製材木取りは、鋸機械を用いて丸い原木から四角な製品をつくるだけの技術です。しかし、本来人間感覚にマッチする微妙な味わいをもつ製品をつくる技術でもあるため、豆腐を切るようなわけにはいきません。職人芸的技術や最先端技術に頼っているのです。

（藤原勝敏）

65 のこった、のこった、鋸の変遷

「木材を切るのにどんな道具を使いますか」と聞かれた場合、誰もが「鋸」と答えるでしょう。また、これまで一度も鋸をもったことのない人はほとんどいないと思います。このように、私たちの生活のなかで身近にある鋸が初めて使われたのはたいへん古く、約六、〇〇〇年前の新石器時代といわれています。当時の鋸は弓状をした石製で、その縁には歯がついており、木材を切るのではなく生活用品を加工するのに使われていたようです。金属製の最初の鋸は青銅製で、紀元前二、七〇〇年ごろエジプトで使われていました。紀元前五〇〇年ごろのメソポタミア遺跡から出土した鉄製の鋸は、世界最古の鉄製の鋸として知られています。

日本では、古墳時代から原始的な鋸が使われはじめ、これらは横びき（木材の繊維方向に直角に切る）用の鋸であったといわれています。オガ（大鋸）と呼ばれる縦びき（木材の繊維に平行に切る）用の鋸が広く使われるようになったのは、鎌倉・室町時代であるといわれています。ですから、世界最古の木造建築物である法隆寺も世界最大の木造建築物である東大寺大仏殿も縦びきされた木材は使われておらず、すべて縦割りしたものでした。オガには、枠で鋸身を緊張させ二人でひく「大鋸」（歯の向きが鋸身の中央で逆になっている）、一人でひく「ガガリ」、ガガリより大きく一人でひく「前挽大鋸」（鋸身の先のほうの鋸幅が広くなっている）の三種類がありました。ガガリと前挽大鋸が製材用として現在でも使われているのに対し、大鋸は

江戸時代末期には使われなくなりました。

製材用の鋸機械は、竪鋸盤が十四世紀に、丸鋸盤が十八世紀に、帯鋸盤が十九世紀に欧州でそれぞれ開発されました。日本では、江戸時代末期、幕府が軍艦製造用にこれら三種類の鋸機械を初めて輸入しました。竪鋸盤は、明治から大正時代にかけて鋸機械の主流でしたが、現在、日本ではほとんど使われていません。これに対して、丸鋸盤と帯鋸盤は、製材用・木工用として広く使われています。切れ味がよく、耐摩耗性にすぐれ、ひき材面が滑らかで、加工精度の高い鋸を求めてこれまでに数々の改良が施されてきました。なかでも、チップソーと呼ばれている歯先に超硬合金のチップをつけた丸鋸は製材用から日曜大工用まで幅広く普及しています。また、複合材料、金属、石材などの木材より硬い材料を切断するための丸鋸や特殊な帯鋸には人造ダイヤモンドのチップをつけ歯したものもあります。

ところで、海外の手鋸がどの国でも押しびきなのに対し、日本のは手前びきです。これは、日本の鋸の形状と加工材の材質に深くかかわっています。元来、大陸から伝えられた鋸ですが、長い歴史のなかで日本の風土に合うように改良され、使われ続けています。

（村田光司）

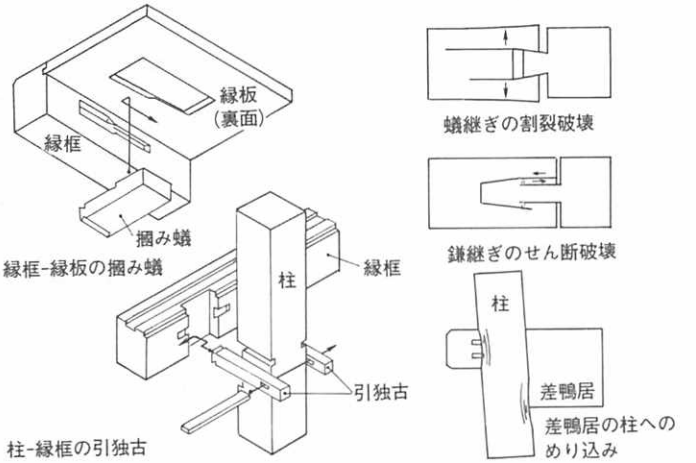
大鋸を持つ青年（ラオスの山地にて）

66 釘などいらない！ほんとの和風

現存する世界最古の木造建築とされる法隆寺金堂もそうですが、日本の伝統的な木造建築では、釘や金物はごく限られた箇所にしか使われず、ほとんどの接合部は木を刻んで組み合わせた継手・仕口によっていました。製作に手間のかかる和釘はぜいたく品であり、そうむやみに使えなかったことも理由の一つです。

昔の民家をみると、縁側の框と縁板との間は摑み蟻で、縁框と柱とは引き独古でうまく引きつけられているのがわかります。いずれも、台形をした蟻という部分を滑らして入れる寄せ蟻という技が使われています。蟻は、このほかにも部材をL字、T字、十字その他の方向に組む仕口において真価を発揮します。

一方、建物の中でも桁などの長い部材は、その途中に長手方向につなぐ継手を設ける必要が出てきます。もちろん、蟻を継手に使うこともありますが、あまり強い継手にはなりません。蛇の頭のような形の鎌継ぎや、材を半割にして段をつけた追掛け継ぎのほうが強い継ぎ手になります。これは、木のもつ強度的な性質と深い関係があります。蟻継ぎを引っ張ると、凸型が凹型を横に押し広げながらずれていきますが、木材は繊維と直角の方向に広げる力には弱いので、凹型の側ですぐに割裂破壊を起こしてしまいます。これに対し、鎌継ぎや追掛け継ぎを引っ張ると、初めは段の所が繊維方向に押しつぶされ、その後に段から先で繊維がずれるせん断破壊を起こします。継手の長さが十分ならばせん断破壊を起こしにくく、木材は繊維方向の力に



釘を使わない仕口の例　　継手・仕口の破壊形態

は強いので、強い継手となるわけです。

木材が繊維直角方向に押された場合には、繊維方向に比べて弱いのですが、つぶれながらもがんばるというすぐれた性質があります。この性質をうまく使ったのが、民家の柱と差鴨居（さしがもい）の仕口、あるいは柱に通す貫（ぬき）の構法です。建物が地震や風などの横からの力を受けると、これらの接合部では部材が互いに回転するような変形を起こしますが、差鴨居が柱にめり込んだり、貫や楔（くさび）がめり込み変形を生じたりして回転に抵抗し、建物全体が倒れるのを防ぎます。柱が十分太ければ、変形はしてもなかなか壊れない、粘りがある好ましい構造となります。

木の性質を巧みに利用しながら、雪や地震や風に耐え、何百年も保つ建物をつくってきた大工さんの知恵。それが端的に現れたのが継手・仕口だといえましょう。

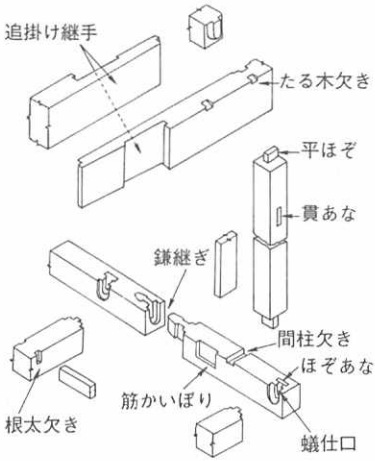
（河合直人）

67 削って、彫ってハイ組み立て

住宅部材には、柱、間柱などの垂直部材や梁（はり）、桁（けた）、胴差（どうざ）し、根太（ねだ）、土台などの横架材があります。住宅にするにはこうした部材どうしをつなぎ合わせ（接合といいます）、主要な骨組みを構成し仕上げていくわけですが、接合の仕方は大きく二つに区分されます。部材どうしを材の長さ方向に接合することを継手（つぎて）、直角とかある角度をもって接合することを仕口（しくち）と呼んでいます。

地震や台風に対して構造的な安全性を確保するうえで大切なことは、部材自身の強度的な性質がすぐれていることは無論のことですが、継手や仕口の性能が重要であることはいうまでもありません。釘や金物をあまり使わなかった神社仏閣や城郭建築などの古い建物が倒壊することなく現在も残っているのは、優良な木材が入手しやすかったのに加えて、当時の大工によって精巧な継手・仕口加工が施されてきたことにほかなりません。昔は大工が腕を競い合い、いろんな種類の複雑で精巧な加工形状をもつものが残されていますが、最近の住宅にはそんなに多くの種類の継手や仕口は使われていません。

かつて大工が下小屋で鉋（かんな）や鑿（のみ）で精巧な継手や仕口の加工を施し、部材をつくってきたこともプレカット加工に違いありませんが、最近の急速なメカトロニクスやエレクトロニクスの進展に伴い、住宅部材の継手と仕口の加工用の機械が開発され、こうした機械によって加工された部材のことをプレカット、正確には機械



プレカット部材と加工内容

部材名	加工形状
土台	蟻仕口（おす・めす） 鎌継手（おす・めす） 間柱欠き 柱ほぞあな
母屋	蟻仕口（おす・めす） 鎌継手（おす・めす） たる木欠き 束ほぞあな
はり・けた	蟻仕口（おす・めす） 鎌継手（おす・めす） ボーリング たる木欠き 間柱欠き 柱・束ほぞあな 胴差しほぞ
小屋束	ほぞ
柱	ほぞ 胴差しほぞあな 柱もたせ 荷受けはりほぞあな 貫あな

プレカット加工部材と呼んでいます。大工さんが年々減少し、高齢化していくなかで、機械プレカットは、現場作業の合理化、施工性や生産性の向上、木材の一括購入や選別・乾燥された木材をむだなく使え、品質管理も十分行えることなど多くの特質をもっています。また、設計・営業上お客への対応を迅速に進めるため、CAD／CAMに対応した加工ラインが導入されるなど部材の加工にも急速な技術の進歩がみられます。

このほか、プレカット加工部材は品質性能を保証するためAQ認証制度によって厳しいチェックが行われ、住宅の性能の向上を目指す努力が続けられています。

図に、在来構法による住宅のどんな部材にどのような種類の加工形状のものが使われているか示しました。これから住宅の建築を依頼するときなどの参考にしてください。

（金谷紀行）

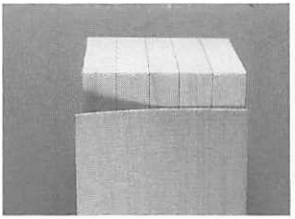
68 四面無節と思ったら

ちょっと高級な料亭や旅館に行くと当然ながら家と違う雰囲気があります。その大きな違いは、建物や部屋に使用されている材料が、一般家庭のそれよりも高価で見ばえがすることにあります。木を例にとってみると、日本人は仏教や儒教の影響からか、欧米人に比べてやや潔癖症らしく、一般に節のない木を好む傾向があります。たとえば、柱の四つの側面に節がまったくないヒノキの柱（四方無地ともいいます）は、一本六〇、〇〇〇円もするのに、節のある柱はたかだか四、〇〇〇円程度です。これは、無節の柱をとるために、枝打ちや間伐などの育林作業にコストをかけ、そのなかから運よく育ってきた木だからなのです。

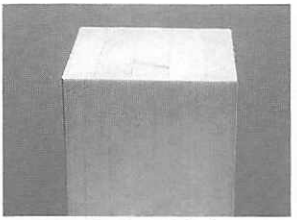
しかし現実には、かなりの数の家でも節のない柱が使用されているでしょう。それらのいくつかは化粧ばり集成材（柱）なのです。ご存じの人も多いと思いますが、集成材は写真（A）に示すように、厚さ約二センチの十分乾燥した板を何枚か合わせて接着し、所定の大きさに仕上げた木材のことで、たとえば一般家庭の柱の場合には五枚接着して厚さ約一〇・五センチにします。こうすれば、一般の製材品の柱より割れや狂いが少ないのです。この集成材の表面に、さらに厚さ一・五ミリほどの節のない薄板（単板）を接着したものが化粧ばり集成材なのです（B）。こうすれば、集成材の特長を活かしながら、見ばえがよく、しかも特に裕福でない私の家にも使用することができます。もちろん、木のもつ長所はなんら失うことはありません。

この化粧ばり集成材は日本独自のものといわれています。それでは、そのルーツはどこにあるのでしょうか。昭和三二年ごろ、面皮柱（めんかわばしら）というものが料亭を中心によく使用されたようです。これは、四隅が丸みを帯びているスギの柱で（C）、平面の部分には木目が現れ、四隅には光沢のある部分が現れます。このような面皮柱をつくるには、直径約一一（センチ）の丸太しか使用できませんでした。しかし、これより太い丸太からも面皮柱をつくることができたのです。奈良県の吉野スギは、割り箸に使われるように、年輪と年輪の間で薄く割ることができるので（D）、これを四隅の削られた部分に接着することにより年輪が隠されて、後には光沢のある木の肌が残るわけです。これは、貝本冨之輔氏（日本集成材工業協同組合前理事長）兄弟が考案したもので、このアイデアをさらに発展させたのが、現在の化粧ばり集成材なのです。

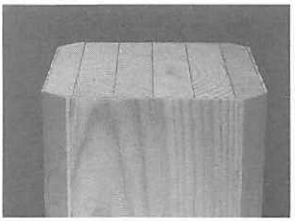
（和田　博）



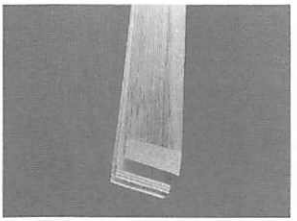
A．化粧ばりする前の集成材と単板



B．化粧ばり集成材（柱）



C．集成材を芯材としたスギ面皮柱



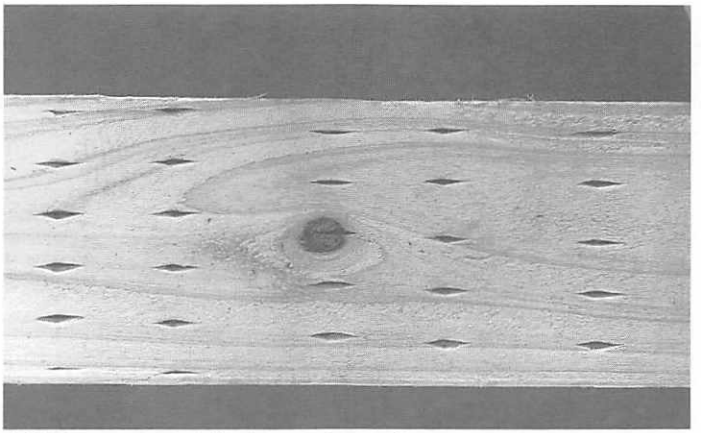
D．年輪に沿って薄く割った吉野スギ

69 あれ！この傷は何だろう

写真を見てください。木材の上に規則的な傷が見えます。これはインサイジングといいますが、何のためにつけられたと思いますか。じつは木材を長持ちさせるために行う、防腐・防蟻処理を完璧にするための操作なのです。

木材は、軽くて強い材料なので広く使われていますが、腐りやすいとかシロアリに食われるとかいわれ、その用途が制限されることがあります。木材のなかには、比較的腐りにくいものやシロアリに食われにくいものもありますが、そのような木だけを使うのでは資源的に問題があります。また、辺材といって、木の断面の周りにある白い部分は、生きてる木の生命を支えてきた部分で、水の行き来が比較的容易であるため、伐採されて自然の生命力が失われたときには、腐朽菌のような微生物やシロアリのような昆虫の侵入を受けやすいのです。腐りやすく虫に食われやすい木材を、野外の厳しい環境で長持ちさせるためには、防腐剤を用いる方法が一般的です。防腐剤には木材の表面に塗るタイプのものもありますが、このタイプのものは塗った後の割れや効力低下に対応するため、一定期間ごとに塗り直さなければなりません。

材料として確実な防腐を保証するためには、圧力をかけながら木材の中に防腐剤を押し込み、木材中から出なくする方法（加圧注入という）が用いられています。しかし、木材を水に浮かべてみればいつまでも浮



木材表面につけられた傷（インサイジング）

かんでいることが多いことからわかるとおり、木材の中に液体が入ることに対し抵抗する性質があるため、特に心材といって、木の断面の中心に近い赤みがかった部分は、木の種類によって、この方法でもきちんと薬剤が入らないことが多いのです。このため、写真のようなインサイジングを行って、木材の表面に傷をつけてから、加圧注入することにより、木材の内部まで防腐剤を安定的に存在させることができるようになるのです。

日本では、インサイジングは鉄道の枕木で最初に使われ、比較的安定した性能を保持できたため、現在では住宅の土台や公園などで使用される板などの防腐・防蟻処理に使われています。インサイジングを行うと、乾燥中の割れを目立たなくすることもわかっており、このような傷を見ても、木材を長持ちさせるための条件と考え、積極的に利用してほしいと思っています。

（鈴木憲太郎）

70 どっこい、枕木は生きている

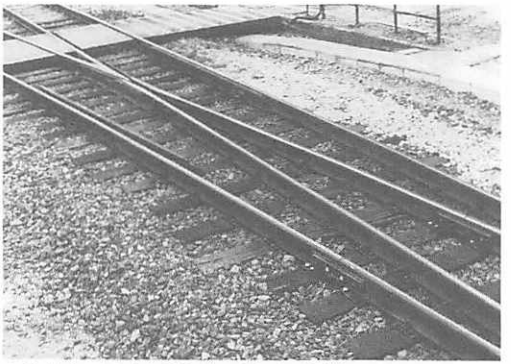
かつて、通勤途上で、木の枕木が次々にPC（プレストレスコンクリート）製に交換されていくのを見て、寂しい思いをしたことを覚えています。

わが国の木製枕木の歴史は、一八七二年（明治五年）に新橋と横浜間に初めて鉄道が敷設されたときに、イギリスから一〇〇本輸入されたのが始まりで、すでに一二〇年あまりになります。

改めて考えると、鉄道の軌道は、あの巨大な機関車などの重量物を支える方式としてはすばらしいアイデアだと思いますが、それはさておき、この軌道の構造はレール、タイプレート、バラスト（道床）、枕木からなっています。そして枕木の役目は、①レールにかかる荷重をバラストに分散させてレールの沈下を防ぐ、②枕木の弾性によって車輪の回転を円滑にしてレールの不均一な摩耗を防ぐ、③レールの間隔を一定に保つ、④レールの取りつけと補修を容易にする、であるとされ重要なものですが、木材は軽く、弾性も強度もあり、この要求を十分に満たすため、最初から使用されてきたわけです。

木の枕木にも問題がないわけではありません。枕木は野外に設置されるため、腐朽の問題があります。枕木が腐朽すると、前述の役目を果たせなくなります。そのために、使用される木の種類は耐朽性のあるヒノキ、ヒバ、クリなどの素材（心材）が選ばれてきましたが、クレオソート油の防腐処理材（加圧缶の中で十

数キログラム／平方センチの圧力をかけ、クレオソート油を木材中に圧入したもの）の生産の増加に伴い、ヒノキなどのほかナラ、ブナ、マツなどの腐朽しやすい樹種の防腐処理材も使用されるようになりました。さらに、いろいろな樹種が検討され、南洋材のクルインやケンパスという樹種などが使用されはじめ、特にケンパスはクレオソート油の注入性がよく、強度もあり、蓄積量もあることから、現在は多量に採用されています。それでは、これらの木の枕木はどのぐらいもつものでしょうか。通過トン数や線路条件によって違いがありますが、分岐枕木（レールが分岐する所の枕木）の場合、平均で素材はヒノキ一二年、ヒバ一二・六年、クリ一一・六年、防腐処理材はマツ九年、ブナ一〇・六年などの調査結果があります。


分岐枕木（日本木材防腐工業組合 提供）

さて、この枕木も一九五〇年ごろからコンクリート枕木の開発が進み、普通の枕木の大半はこれに替えられました。しかし、橋梁枕木や分岐枕木のような大型のものについては、敷設条件から弾性がある、軽い（コンクリートの約三分の一）、現場で加工しやすいなどの木材のもつ特性が欠かせず、新幹線をはじめ在来線にもすべて木の枕木が使われ、今なお活躍しています。

（松岡昭四郎）

71 木のお化粧

木材は使われる環境によっては傷、汚れ、伸び縮み、変色、風化などいろいろな変化や劣化を受けます。これらを防止または軽減し、色調を整えたり木目を強調して高級感をもたせたりするために塗装を行います。しかし、塗装は木材表面に薄い樹脂の塗膜をつくるため、自然な肌触りを失わせたり水分の吸・放出を抑えることになり、木材のもつよさを少しばかり損なうことにもなります。

塗装はいわば木材のお化粧であり、塗料の選択を誤ったり、塗装方法を間違うと、塗膜の白化、ゆず肌、目やせ、垂れ、割れ、変色を起こしたりして美観を台なしにしてしまいます。木材塗装に用いる塗料は表のように主原料の成分により四つのグループに分けられ、使用目的に応じ、それぞれの塗料のもつ特徴を活かして使い分けます。塗装仕上げは素地研磨、素地着色、下塗り、中塗り、塗膜研磨、上塗りなどいくつもの工程を経て行われます。下～上塗りには同じ種類ばかりでなく、異なる種類の樹脂の塗料を使ったりしますが、組み合わせによってはうまくいかないこともあります。上塗りは最終塗膜であり、塗装の仕上がり具合を左右します。塗料のつくり方により、艶ありや艶消し仕上げにすることができます。

木材は、種類によって異なる色や木理、木目があり、同一の材面でも場所によって不均一であるため、塗装を美しく仕上げるためにはいろいろな工夫が必要です。針葉樹材は色が明るく木目が明瞭なため、あまり

主な木材用塗料の種類と特徴

分　類	塗料名	特　徴
天然樹脂塗料	漆	光沢がよい，耐薬品性にすぐれている。紫外線に弱い
	カシュー樹脂塗料	漆に似た塗膜性能をもっている
繊維素塗料	ニトロセルロースラッカー	独特の塗り肌で木質感を保った仕上がりになる
	アクリルラッカー	ニトロセルロースラッカーと似た性状をもち，白木仕上げ塗装に適している
油性塗料	オイルフィニッシュ	木材表面に塗膜をつくらず，浸透させて仕上げる
	油性調合ペイント	価格が安く，耐候性がよく，外装用として使われる
	合成樹脂調合ペイント	油性調合ペイントより乾燥が速く，光沢がよい
	木材保護着色剤	オイルステインに防腐，防カビ，撥水剤などを加えたもので，屋外用に使う
合成樹脂塗料	フタル酸樹脂塗料	クリヤータイプのほか顔料を添加して屋外用に使われる
	アミノアルキド樹脂塗料	脚物家具，床塗装に使われる
	不飽和ポリエステル樹脂塗料	テーブルの天板，家具に使われる
	2液型ポリウレタン樹脂塗料	塗膜は可撓性に富み，光沢がある。木材用塗料の主役
	UV硬化型塗料	超速乾で，高硬度の塗膜が得られる。家具・建具に使われる

着色せず、木目を強調した白木調の仕上げにします。広葉樹材は道管、放射組織、交錯木理などがつくり出す複雑な肌目をもち、濃色に着色してこれらを活かした美しい仕上がりにします。年輪に沿って径の大きな道管をもつ環孔材では、道管を濃色にして木目を引き立たせ、アクセントに富んだ仕上げにします。小さい道管が平均的に分布している散孔材では、均一に着色し、塗りムラがないように仕上げます。やにをもつ針葉樹材や抽出成分を多く含む南洋材では、変色や塗料の硬化障害を起こすことがあるため、アルコールで拭いたり、下塗りにストップシーラーを塗布したりして防ぎます。屋外で使用するときには、木材保護塗料を塗布して変色や風化を防止します。

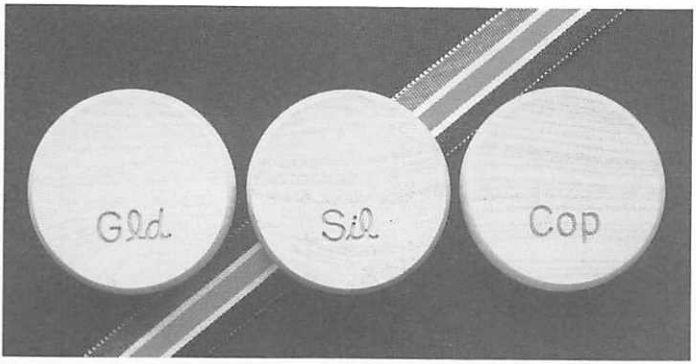
（大越　誠）

72 木でも金銀銅メダル

材質の変化をあまり感じさせない石や金属と比べて、木材は色合いや光沢が変化して、私たちに明らかに時間の経過を感じさせる材料です。世界の頂点を目指して競うオリンピックで、選手たちの一瞬の輝きを永遠に称えるメダルは、金・銀・銅の金属でできています。たぶん、それは木材と比べて耐久性があったため、そう決められたのでしょう。そして、賞賛する多くの人々の前で美しく輝くことが大切な要件だったことでしょう。でも、写真のような輝く木材があったなら、メダルの材料として選ばれていたかもしれないとは思いませんか。美しい木目をもった「めっき木材」には味わいがありますから。

これまでにも、木材の表面に金属化粧を施す技術はありました。古くは木材に漆を塗り、動きを封じ込めたあと金箔を張る技術がありましたが、これは素地が木材であることはちょっとわかりません。木材に直接めっきするためにわれわれが使った無電解めっき技術は比較的新しく、昭和三〇年代に開発されたものです。しかし、従来は皮膜を厚くしていたために木材の細かい素地感が出ず、密着性も悪かったようです。

木材は親水性の高分子材料なので、温度が上がれば内部に含まれる水分子を放出して縮む傾向があります。金属は逆に原子運動が増して膨張します。この互いに逆向きの寸法変化が金属皮膜—木材間の密着性を悪くします。この点は、めっき厚さを薄くすることで改善されます。



金，銀，銅色のめっき木メダル（樹種はヤマグワ）
左から，金＋ニッケル，ニッケル，銅の無電解めっき処理木材

木材へのめっきは、素地木材の樹種の違いによる影響を強く受けます。まず形の面では、組織構造が異なるため、カットや研磨の仕方もあいまって、風合いが変化します。また、化学成分の面では、木材の重さのわずか数パーセントしか含まれない抽出成分の樹種による違いによって、めっきの仕上がりが左右されます。たとえば、やにの多いマツ科やタンニン類の多いコナラ属の木はめっきがうまくかからないことが多いのです。これは、そもそもめっきは金属イオンの還元析出反応なので、抽出成分のpHや酸化還元電位、金属錯体の形成能力などの影響を受けやすいためと考えています。とりあえず、表面を洗浄したり合成樹脂で軽く表面をふさいだりして、うまくめっきすることができました。

また、高温のめっき水溶液に木材を漬けると、表面が毛羽立ってしまいます。これは木材細胞どうしを接着している物質が軟らかくなるためで、この温度設定は飽水状態のリグニンの軟化温度付近の六〇℃を上限としました。

（長谷川益夫）

73 シブイ艶を出す

多くの高等植物には、タンニンと呼ばれるポリフェノール成分が含まれています。タンニンとは「温水によって抽出されるフェノール性化合物で、アルカロイドおよびタンパク質と結合する化合物」と定義されています。私たちになじみのあるタンニンは、柿の未熟果に含まれているカキタンニンやお茶に含まれている渋み成分などです。渋ガキ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のようですが、その一方でカキ渋は漆器の下塗り、渋紙、畳座の麻網、漁網の補強などに昔から使われてきました。一閑張の深みのある艶はウルシの美しさによるものですが、カキ渋が下地に塗られて初めて防水性も付与され実用性が備わります。このように、タンニンは人間にとって利用価値の高い化合物であり、皮なめし剤、染料、生薬などとしても古くから利用されてきました。さらに最近の研究により、タンニンにはさまざまな生理活性があることや、そのタンパク質吸着能や金属吸着能を活かした機能性材料としての有用な用途が明らかにされつつあります。

植物タンニンは大きく二つのグループ（縮合型タンニンおよび加水分解型タンニン）に分類されます。前者はカテキンなどのフラバノール類のポリマーであり、後者は没食子酸類とグルコースとのエステルです。前者は針葉樹と広葉樹のどちらにも含まれ、特に樹皮組織中に多量に存在しています。後者は広葉樹のみに

含まれています。代表的な含有樹種はスギ、ヒノキ、ヒバ、モリシマアカシア、ヤナギ、シラカバなどで、特にモリシマアカシアの樹皮はタンニン含量が二五％ほどもあり、非常にすぐれたタンニン資源です。

タンニンはタンパク質と結合します。この性質に起因すると考えられるさまざまな生理活性が次々と解明されています。たとえばモリシマアカシアの樹皮タンニンは、殺シロアリ活性および虫歯の原因となる酵素（グルコシルトランスフェラーゼ）の阻害活性を備えています。また、南米産のグアムチルという樹木に含まれるタンニンには、ヘルペスウイルスに対する抗菌性が認められています。そのほか主に加水分解型タンニンについて、抗腫瘍活性、血圧降下作用、脂質過酸化抑制作用などの薬理活性が明らかにされています。

主な植物のタンニンの利用法

用　途	タンニン含有樹種
皮なめし剤	アカシア属，ケブラコ
天然染料	スギ
生　薬	ヤマモモ，ゲンノショウコ，クリ，大黄など
接着剤	モリシマアカシア，サザンパイン，カラマツ
酵素の固定化	五倍子
ポリウレタン	モリシマアカシア
金属吸着材	アカシア属

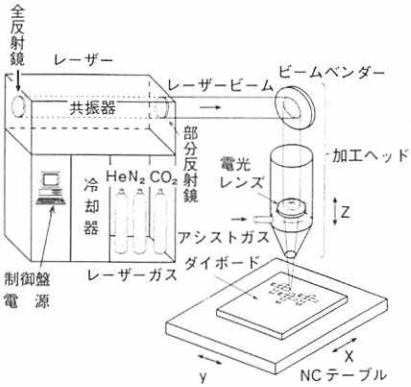
工業的用途としては、縮合型タンニンを木材用接着剤として応用する研究が世界的に進められ、一部で実用化されています。またモリシマアカシアなどのアカシアタンニンから、金属吸着能をもつ球状タンニン樹脂やポリウレタンフォームを調製する研究も行われています。タンニン配合ポリウレタンは木材腐朽菌などの微生物による生分解性があり、生分解性素材としても有望です。

今後の研究により、タンニンの潜在能力をさらに活かした機能性素材としての用途開発が期待されます。

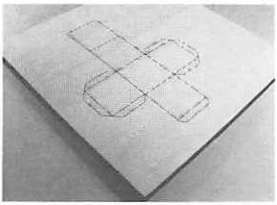
（大原誠資）

74 カーブで勝負

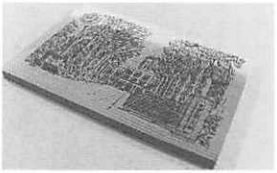
贈答品の紙箱、ティッシュの箱、段ボール箱……。私たちは日常多くの紙箱にお世話になっています。これらの箱（紙器）はいったいどのようにしてつくられているのでしょうか。箱の折り込まれたり接着されている端の部分をていねいに外して広げると、一枚の紙から切り抜かれたことがわかります。つまり、多数の展開図が印刷された板紙や段ボール紙をダイボードと呼ばれる抜型で打ち抜き、組み立ててつくられていたのです。この抜き型は、従来厚さ一八ミリのシナノキ合板に、錐と糸鋸を駆使して所どころ切り落とさない箇所を設けながら、紙器の展開図に合わせて直線や曲線の溝を切り、その溝に刃物を埋め込んでつくっていました。これには高度な技能が必要なうえに一枚の完成に何日もかかります。そこで、レーザーとNCテーブルを組み合わせた曲線びきが得意なレーザー加工機が、一九七四年ごろから金属加工に先がけて使われるようになりました。これには、数あるレーザーのうち木材によく吸収される炭酸ガスレーザーが使われています。できた溝は両側面が少し炭化しますが、幅が〇・七ミリと狭く、平行で平滑です。溝切りに要する時間は、九〇センチ角の合板に九〇面のサイコロキャラメルの展開図を刻むと糸鋸では約一週間かかるのに対してわずか七時間で仕上がるというように、大幅に短縮されました。そのうえコンピュータ制御なので、繰り返し精度がよく、無人で加工ができます。設備コストは四、〇〇〇～五、〇〇〇万円と高いけれども、製造コストにあ



炭酸ガスレーザー加工機によるダイボードの製造



レーザーダイボードの例



辺材を空に見立てたレーザー彫刻の例

まり差がないので、出力二〇〇ワットから一キロワット程度の炭酸ガスレーザーを搭載した加工機が全国で一〇〇台程度稼動するほどに普及してきました。今では抜型の約八割がこの方式で生産されており、レーザーのおかげで紙箱が安定して多量に供給できるようになりました。

炭酸ガスレーザーは工芸の分野でも活躍しています。置物や調度品などの加飾面に図柄をエッチングした銅板を重ね、その上からレーザー光を照射すると、銅板に当たった光線は反射し、当たらなかった光線は木材の表層部を瞬時に消失させて、一味違うレーザー彫刻ができあがります。レーザークラフトのブランドで市販されています。

このように、一九六〇年に発明された今世紀最後の偉大な発明といわれるレーザーは、金属加工の分野では大活躍していますが、木材加工の分野でも曲線びきと彫刻でそこそこ勝負しています。

（服部順昭）

75 ミスコンで力持ちを選ぶ？

かつて、生徒を能力別のクラスに分けることの是非が話題になったことがありました。分類すべき対象が人間であったから問題となったわけですが、木材を構造物の骨組み材料として利用する場合には、たとえ同じ樹種の材であっても強度性能別にきちんとクラス分けしておかなければなりません。たとえば、古い表現ですが、「良い子（強い材）、悪い子（弱い材）、普通の子（普通の材）」のように分類しておく必要があります。これを木材の強度等級区分といいます。

なぜ、このような等級区分が必要となるのでしょうか。簡単にいえば、優等生もいれば劣等生もいるといった玉石混交の状態で木材を利用するより、能力別にクラス分けされた状態で、それぞれの能力に合った使い方をするほうが、有効に木材を使うことができるからなのです。

さて、そこで要求されるのが木材をきちんと等級区分する方法です。従来わが国では、節の大きさや数といった「見た目」を評価基準にした等級区分（目視等級区分）が行われてきました。これは、柱や梁の表面があらわになる工法（真壁構造）がわが国の木造住宅の主体であったためですが、よくよく考えてみると少し奇妙な話であることがわかります。

なにしろ、強度性能が必要な構造材に「見た目」の評価基準を当てはめて区分しているわけですから、何

か的外れの感が拭い切れません。たとえていうなら、オリンピックの女性代表選手を選出するのにミスコンテストを開催しているようなものですから、不自然に感じられるのも当然です。もちろん、木材の場合、大きな節があると強度が低くなる傾向にあるので、「見た目」もそれなりの評価基準にはなりうるのですが、実際のところ「見た目」と強度特性の間にはあまり強い相関関係はありません。つまり、「見た目」がよくても弱い材がありますし、逆に「見た目」が多少悪くても強い材もたくさんあるのです。

このようなわけで、最近では「見た目」による等級区分の非合理性が問題視されるようになりました。そこで、「見た目」の代わりに曲げヤング係数を評価基準に用いる機械的強度等級区分や、あらかじめ適当な荷重をかけておいて不良品を排除するプルーフローディングなど、木材の中身や能力をきちんと調べて等級区分を行う方法が徐々に採用されるようになってきました。とはいっても、わが国では長い間、ミスコンテストによる選別しか行われてこなかったため、このような新しい等級区分技術については、ハード面でもソフト面でも、ずいぶん先進国に後れをとってしまいました。このため現在、新しい等級区分の方法に関する研究や測定機器の開発、さらには実大試験データの収集などが、国公立の研究機関や大学で積極的に行われています。

もちろん、以上のような話はあくまでも柱や梁などの構造材に限った話です。化粧材や造作材として木材を利用する場合には、従来どおりのミスコンテストが行われています。

（林　知行）

76 ルーツは古代エジプト王朝

合板またはベニヤと呼ばれるものは、いろいろな木質材料のなかでも特に身近な材料なので、みなさんもよくご存じのことと思います。なにしろ、合板のルーツは古代エジプトにあるそうです。合板の製造技術の基礎は、薄く切った板を基材に張りつけること（ベニヤリングと呼ばれる手法）ですが、古代エジプトの王墓から出てきた家具や棺にその例がみられます。日本でも、正倉院の宝物「木画紫檀双六局」にベニヤリングの手法がみられることから、奈良時代にはすでに合板の原形があったことになります。

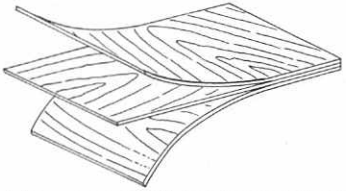
古くからあって、身近なわりに案外誤解されていることがあります。まず、「合板」は何と読むのでしょう？木材業界では「ごうはん」と濁らずに読んでいます。ベニヤのほうはどうでしょう。こちらは読み方に問題はありませんが、意味が誤解されているようです。一般にベニヤという言葉は合板と同じ意味でよく用いられていますが、正しくありません。まず、合板とは何なのかはっきりさせておきましょう。定義は、「合板とは、木材を薄く切削した板を、繊維方向が互いに直交するように重ねて接着した板材料である」です。ここに「木材を薄く切削した板」というものが出てきましたが、それこそがベニヤ（単板）です。ですから、合板はベニヤを張り合わせたもので、ベニヤは合板の構成材料ということになります。

合板とベニヤの区別がついたところで、合板の性質について知っておいていただきたいことがあります。

木材は繊維（長さ）方向では強く、横の方向ではあまり強くないという性質をもっています。合板は、ベニヤの繊維方向を直交させて張り合わせているので、どちらの方向でも強さの差がほとんどなくなっています。さらに、反る、割れるといった無垢（むく）の板で生じやすい欠点が、合板ではほとんど出ることはありません。無垢板は合板より高級と思われていますが、性能的には合板は無垢板よりもすぐれていることになります。

合板は無垢の板よりもすぐれていると書きましたが、それはベニヤどうしが強固に接着されているときの話です。接着されている部分がはがれる心配はないのでしょうか。合板の種類について正しい知識をもち、正しい使い方をしているかぎり、はがれる心配はありません。でも、実際には必ずしも正しい使い方がなされているとはかぎりませんし、そのための情報もはなはだ少ないといえます。一つだけ強調しておきたいことがあります。湿度がいつも高い所、水がかかるおそれのある所、屋外などで長期間使うのであれば、メラミン樹脂という無色の接着剤でなく、フェノール樹脂という黒っぽい接着剤でつくった合板を選択することです。ところが、この合板を一般の人が買おうと思っても日本ではほとんど売られていません。住宅メーカー専用です。あまりに身近すぎて、十分な情報もなければ、あったとしても欲しいものが手に入らないなんて、なんて不思議なことでしょう。

（井上明生）



合板　ベニヤの繊維方向を直交させて重ね合わせ，接着した板材料。

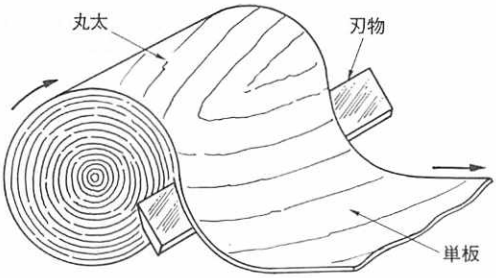
77 かつらにむいたら何になる

「直径二〇センチの丸太から継ぎ目のない幅二メートルの板をつくる方法を考えなさい」。

この問題にあなたならどう答えますか？　じつは、この答えをあなたはよく目にしているはずです。ベニヤ板がそれなのです。いわゆるベニヤ板は、専門的にはこれを合板と呼び、張り合わせる前の合板の原料となる薄い板のことをベニヤ、あるいは単板といいます。日本で最初に合板がつくられたころ、ベニヤを張り合わせて合板をつくることから、これをベニヤ合板と呼んでいました。現在、合板のことをベニヤ板と呼ぶことがあるのはこのためです。単板はそのつくり方によっていくつかの種類がありますが、先ほどの問いの答えとなるのはロータリー単板という種類になります。

ロータリー単板のつくり方についても、私たちの日常生活のなかでみることができます。刺身のつまをつくるときなどに、巻物をほどくように包丁で大根を薄くそいでいく「かつらむき」と呼ばれる方法を使いますが、これと同じように丸太を薄くそいでロータリー単板を切削します。最近はテレビの料理番組で、プロの料理人の鮮やかな手さばきのかつらむきをご覧になった人も多いことと思います。丸太のかつらむきは機械で行いますが、ロータリー単板をつくる機械のことをロータリーレース、あるいはベニヤレースといいます。ベニヤレースでは、スピンドルと呼ばれる金属製の軸の先にチャックという爪を取りつけたもので丸太

の両端の中心を固定し、これをモーターで回転させます。そして、丸太が一回転するごとに刃物が丸太に向かって一定の距離だけ移動するように、回転速度に合わせて刃物を動かしてやります。こうすることによって、一定の厚さの単板を連続してつくることができます。たとえば、直径二〇㌢の円柱形の丸太を直径一〇㌢の芯が残るまでむいたとすると、厚さが一㍉で長さが約二四㍍の単板をつくることができます。



ロータリー単板のつくり方

「丸太のかつらむき」はロータリー単板だけではなく、ほかの身近にある木材製品をつくる際にも用いられる加工方法です。割り箸、つま楊枝、折り箱用の経木、マッチの軸木、アイスクリームのスティックなどの一部あるいはほとんどが、シラカバ、シナノキ、ドロノキなどの木材を原料として、同じ方法で切り出された薄い板を切ったり削ったりしてつくられています。

単板を含めたこれらの製品の製造に際して、「かつらむき」を採用することによって製造工程の機械化や流れ作業化が可能になりました。また、この方法は用途の限られた細い丸太からさまざまな付加価値の高い製品を効率よく生み出すことのできる、省資源的な方法ともいえるでしょう。

（高野　勉）

78 きのこがつくる強力接着

接着技術は身近なものからコンピュータなどの電子部品のミクロな接着に、医療に、あるいは自動車や航空機などの製造に至るまで、ほとんどあらゆる分野で利用されているといっても過言でなく、木材工業においても例外ではありません。

合板は木材をかつらむきしたものを張り合わせたものですし、パーティクルボードやファイバーボードなどは製材品として柱などをとった後の残廃材や住宅廃材などを小さなチップにしたもの、あるいは化学処理により繊維まで小さくしたものを接着剤で固めたものです。このようにして、製材品では得られない大きな材料を接着によって製造しています。また、柱材としては使用できない小中径木から節や割れなどの欠点部を取り除いて長さ数十センチ程度の板状のラミナーをつくり、これらを張り合わせることにより普通の木材の柱より強い集成材の柱を製造したり、さらにはドームなどの木質構造体として用いられる大断面（湾曲）集成材などが製造されていますが、これらも接着技術なしでは成し得ないものです。

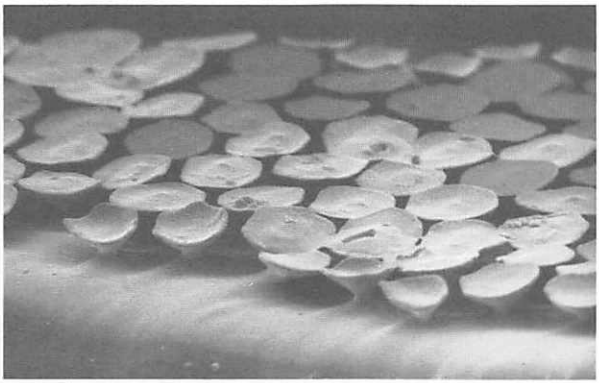
それではなぜ接着によって物と物がくっつくのでしょうか？　接着には非常に多くの因子が関与しているので、接着理論に関してもいくつかの説が提唱されています。大別すると二つに分けることができます。簡単に説明すると、一つは接着剤分子と被着体分子が分子間力などの化学的な相互作用（引き合う力）によっ

て接着されているという説で、もう一つは被着体表面の小さな凹凸に接着剤が流れ込んでそこで固化し、あたかも錨（いかり）のような働き（投錨（とうびょう））により接着しているという機械的接着説です。また、この投錨により被着体と接着剤とが引き合う実質的な接着面積も大きくなります。肉眼では平面に見える金属表面にも顕微鏡レベルの世界では凹凸があります。もちろん、木材のように多孔質な被着体に関しては投錨はたいへん有効に働きます。どちらの説が正しいというわけではなく、両方の説の合力と考えられますが、被着体の種類によってはどちらかの説が支配的になることもあります。

写真は、木材を接着した後に木材のみを化学的に除去し、電子顕微鏡で撮影した接着剤の「錨」の一部です。木材組織の道管、放射組織などの内腔はもとより、壁孔と呼ばれる非常に小さな組織にまで接着剤が浸透し、まるで「きのこ」のような錨を形成しています。

現在の木材接着では、二・五㌢四方の接着面積で標準的な体重の成人男性二〇人を支えることが可能です。

（秦野恭典）



きのこ？　じつは壁孔に浸透した接着剤の錨
道管に浸透した接着剤からきのこが生えているように見える。

79 助け合えば強くなる

丸太をいったんひき板にし、これを接着剤で積層加工した木材製品を集成材といいます。集成材は柱や梁などの構造部材のみならず、造作部材や家具などあらゆる用途に用いられています。

一般にはあまり知られていないことですが、じつは構造用の集成材には製材の五割増しの強度が認められています。つまり、もともと一本の製材より何枚ものひき板を張り合わせた集成材のほうが一・五倍も強度が高いのです。素人目には接着していない製材のほうが強そうに見えるのですが、これはなぜでしょうか？

「集成材では大きな節などの欠点が除去されているから強いのだ！」

確かにそれも一つの答えです。しかし、それがすべてではありません。いくつか答えはありますが、

「集成材は強度のバラツキが小さいから！」が一番点数の高い答えです。

それでは、なぜ強度のバラツキが小さいと強い材料になるのでしょうか？　簡単にいえば、材料の強度評価は平均値ではなく、材料全体に含まれる弱い材の量によって決まるからなのです。いくら平均値が高くてもバラツキが大きいと、構造物の破壊の引き金となるような弱い材が混じる可能性が大きくなるので、材料としての評価が低くなってしまうのです。

集成材の場合、確かに原材料であるひき板のバラツキは大きいのですが、接着することによって隣接する

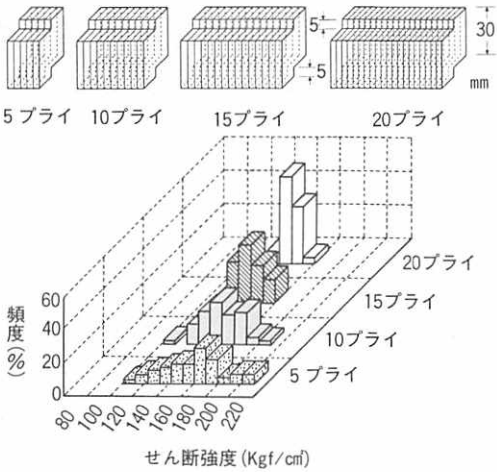
ひき板どうしが互いに助け合い、その強弱を補完し合います。このため、強度特性のバラツキが小さくなり、高い強度が要求される部材にも安心して使うことができるようになるのです。

このように、積層によって性能のバラツキが低減する現象を積層効果といいます。積層効果は積層数が大きいほど、また原材料のバラツキが大きいほど顕著になります。非常に大ざっぱな値ですが、積層数を二倍にすると、そのバラツキは元の$1/\sqrt{2}$程度になります。

図は、ベイマツ積層材のブロック試験片を各一〇〇個ずつせん断試験したときの強度分布のデータを表したものです。積層数が増えるにつれて、強度の分布が先鋭になり、バラツキが減少していくことがおわかりいただけると思います。

積層効果は、丸太をいったんエレメント（ひき板や単板など）に分解し、それを再度積層してつくる木質材料すべてにみられます。一般に、製材より木質材料のほうに高い強度が認められているのは、積層効果で性能が均質化しているからなのです。

（林　知行）



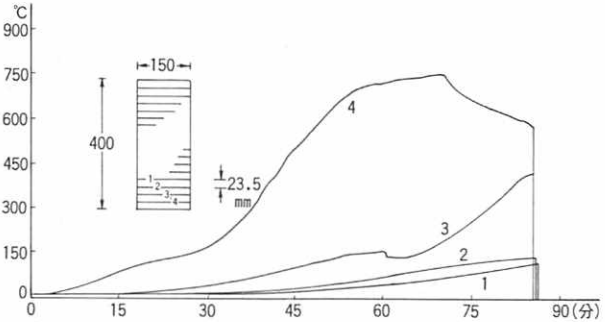
積層効果の一例

80 燃え尽きない木材

火事の現場では、真っ黒な柱だけが残っている光景が見られます。あれは、木材が一、〇〇〇℃の火災の中で燃え尽きなかった証拠です。約一〇㌢程度の柱でさえ燃え残るのですから、断面の大きな木材は当然、しっかりと力を残して火災に耐えられるわけです。マッチの軸が燃え尽きても太い木材は燃え尽きないことと同じ理由です。木材は鉄などの金属と違って熱の伝導性が小さく、断熱性があります。触ったときに冷たくないのはそのためです。このような木材は加熱されても熱を裏面に伝えにくいのですが、ついには燃焼します。しかし、表面では空気が十分あるために燃焼しますが、少し内部では空気（酸素）の供給が不十分となって、不完全燃焼による炭化層ができます。この炭でつくられた層は、燃焼によって発生した熱と、燃焼に必要な空気を遮断する二つの効果をもち、燃焼の進行を遅くさせます。また、時間とともに厚くなる炭化層によって断熱効果が大きくなり、木材内部の温度は上昇せず（図に示すように内部温度は上昇が遅い）、変色もまったくありません。健全な木材部分が建物を十分に支えることができるのです。

木材を火災と同じ条件で燃焼させる実験では、燃焼によって断面がやせ細る速度は樹種によって、水分の違いによって多少異なっていました。針葉樹材は広葉樹材より少し燃焼が速くなり、また木材の水分が多い場合は燃焼の速度が遅くなりますが、平均の燃焼速度は毎分〇・七㍉前後です。

建築物の柱や梁（はり）の断面寸法は計算されて決まります。しかし、木材は火災の継続とともに細くなり、建物を支える耐力がしだいに減少し、建物倒壊の原因となります。これを防止するために、法律では「計算で求めた断面に二五ミリの上のせ（これを「燃えしろ設計」という）」を要求します。この二五ミリの上のせ厚さによって、火災に遭遇しても三〇分間以上の安全な避難時間が確保できるわけです。その理由は、平均の燃焼速度を毎分〇・六ミリと考えて、〇・六×三〇分＝一八ミリを根拠としています。実験すると燃焼速度は毎分〇・八ミリに近い場合もあり、安全性を考えて多少大きくした値に定めたようです。



スギ集成材内部の温度変化（加熱時間85分間）

鉄筋や鋼材は四〇〇℃になると強度性能が急激になくなるのに対して、木材は高い断熱性があることと自らが燃えることで炭化層をつくり、それ以上の燃焼を防ぐ機能をもちます。そのために、大断面の木材（集成材）は火災に対して安全な材料といえるのです。普通の木材の一・五倍の強度をもつ集成材の接着剤は熱に強い性質のレゾルシノール系樹脂接着剤で、加熱されても接着性能は低下しないので、大規模な木造建築が可能なのです。

（上杉三郎）

81 つめた指をつなぐ！

みなさんのなかには、テーブルや階段、手摺などの表面に図Aのようなジグザグ模様がついていることに気づかれたことのある人も多いと思います。よく観察してみればわかるのですが、これは単なる模様ではなく、木を長さ方向につなぐための継ぎ手なのです。この継ぎ手は、指と指とが組み合わさったような形態をしているので、フィンガージョイントと呼ばれています。

木材をむだなく有効利用するためには、このような継ぎ手が不可欠であることはおわかりいただけると思いますが、なぜこのような形態になっているのでしょうか？　その理由は、木材の接合面によって「接着のしやすさ」が異なるからなのです。図Bのように木口面どうしに接着剤を塗って突きつけても接合はできません。木口面どうしでは接着剤が木材中に吸い込まれてしまうため、うまく接着層が形成されないのです。こうしたことから、木材を長さ方向につなぐためには、図Cの傾斜継ぎ（スカーフジョイント）のように、先端を斜めに切って接着面積を大きくし、木口の影響を少なくしなければなりません。

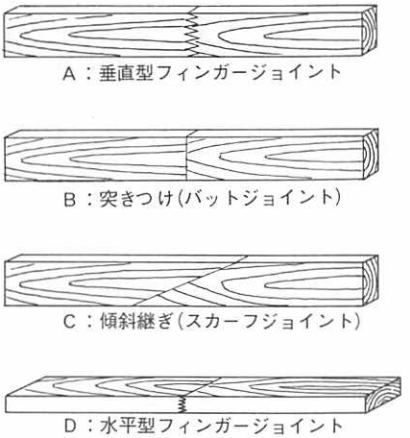
ところが、傾斜継ぎではかなり大きな部分を切り捨てなければならないし、接着剤が硬化するまでの間、しっかりと圧締しておかなければなりません。そこでこの継ぎ手に代わるものとして考案されたのがフィンガージョイントです。フィンガージョイントでは、むだになる部分が少なくてすむし、接着面積も大きくと

れるので、強度の低下も抑えられます。また、接着剤を塗布した後に、材の両端から圧締力をかけて押し込んでおけば、接着剤が完全に硬化するまで圧締しておく必要もありません。このような数々の利点のため、現在では集成材、フローリング、家具など短材と短材をつないで長い材にする場合や、節や割れなどの欠点を除去する場合には、必ずといっていいほどフィンガージョイントが使われるようになりました。

フィンガージョイントは加工の方向によって、垂直型（図A）と水平型（図D）の二種類に分類されますが、その強度はどちらも継ぎ目のない材の六〇～八〇％程度です。ただし、フィンガーの長さが長いほど強度は高くなる傾向にあります。もちろん、逆に歩留まりは長さが長いほど低下します。

美観を要求される造作材や家具材などには、指が短くて見ばえのよいミニフィンガージョイント（長さ一二ミリ以下）が使われます。逆に美観よりも強度を要求される構造材には、中ミニフィンガージョイント（長さ二〇ミリ前後）が使われます。輸入製品ではもっと長い継ぎ手の製品もみられます。なお、接着剤は製品の用途によってさまざまな性能のものが用いられます。

（星　通）



継ぎ手のいろいろ

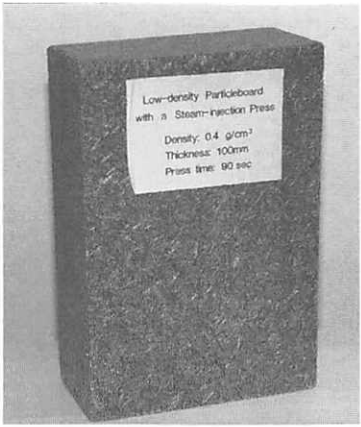
82 板づくりにラクラクプレス

住まいに木材はなくてはならないものですが、木材資源の枯渇、環境問題から、住宅に良質の木材をふんだんに使うことが難しくなってきています。日本が丸太を輸入してきた東南アジアの国々や北米では、木材資源の枯渇や原生林の保護が大問題となっており、これまでどおり丸太を輸入し加工することは難しい状況です。そこで、最近普及しつつあるのが、一枚板にこだわらずに木製品をつくる方法です。木製品の基材に木質ボードを使い、表面に無垢の薄い板を張れば、製材品と同様な外観と品質をもった材料になるのです。

木製品の基材となる木質ボードには、どのようなものがあるのでしょうか。木質ボードの例として、パーティクルボードやＭＤＦ（中比重ファイバーボード）というものがあります。パーティクルボードとは、小さな木片に接着剤を塗って圧力をかけて板にしたもので、ＭＤＦは木繊維を原料として同じような方法で板にしたものです。見かけは悪いのですが、ドアの内部やテーブルの天板の内部などに使い、表面につき板（かつらむきではなく大きなかんなで薄く削った板）を張れば十分一枚板に見えますし、すでに利用されています。これらは人工林の間伐材など細めの丸太を原料とすることができるので、森林資源の枯渇や原生林の保護の問題にも触れません。

パーティクルボードやＭＤＦの製造においてプレス工程は最も重要です。プレス機械は圧力をかける方法

によって、一枚ずつ板を形成する単段式、一度に複数の板を形成する多段式、連続的に板を形成する連続式と進歩してきましたが、さらに、最近になって実用化されたのがスチーム噴射プレス法です。スチーム噴射プレス法とは、小さな木片を重ねたものの中に、外から圧力をかけて水蒸気を強制的に送り込む方法です。この方法は、布地にスチームアイロンをかけるのによく似ています。布地のしわが伸びるように、水蒸気と圧力で木材小片が平たく伸ばされ、それぞれの木片どうしの密着性がよくなって一枚の板ができあがります。この方法だとプレス時間を大幅に短縮できる、厚みのあるボードをつくることができる、湿気の多い場所でも変形しにくい材料ができる、といった利点が挙げられます。さらに、連続式スチーム噴射プレスの試作機が開発され、その実用化が期待されています。



スチーム噴射プレス法で製造されたパーティクルボード

スチーム噴射プレス法は時代の要求にあった将来性の高いプレス技術です。一枚板に代わるいろいろな木質材料が開発されていますが、どの材料の製造にもこのプレス技術を応用することができます。家具、建具、建築部材にこれまで使われていた製材品の代わりに木質ボードや加工された木材が使われるとき、スチーム噴射プレス法はなくてはならない技術の一つとなるでしょう。

（畑　俊充）

83 欠点を補い合って新素材

性質、形状の異なる材料を組み合わせることによって、単一材料ではもち合わせなかったすぐれた特性をもった材料を創造する方法を材料の複合といいます。木質系の材料にも、木片とセメントというまったく異質の材料を組み合わせた複合材料があります。この材料は、木片セメント板と呼ばれますが、このうち比重〇・八以上の硬質木片セメント板が防火外壁仕上げ材（写真）として今注目されています。それは、防火外壁材として必要なあらゆる性能を備えているからです。

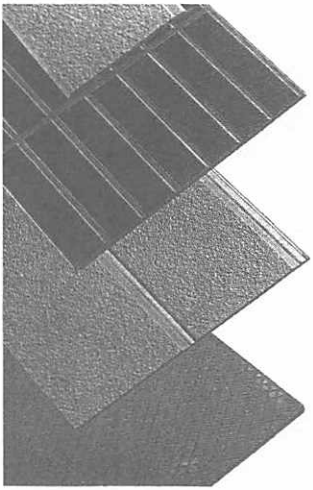
硬質木片セメント板は準不燃材料として認定されており、一二ミリ厚の板を使用した外壁は土塗り真壁づくり（厚さ七〇ミリ以上）と同等以上の防火性能を発揮します。また、耐凍結融解性にすぐれています。セメントモルタルのクラックが入りやすい欠点を木材小片が混入することによりカバーしているため、また製造方法からセメント層が緻密（ちみつ）になっているためです。このため、北海道や東北から使用されはじめました。

木材は、軽くて強く、加工性にすぐれた他に類例のない天然の材料ですが、燃えやすく腐りやすいことが建築材料としては欠点となります。骨材をセメントで固めたモルタルやコンクリートは不燃材料であり、また耐候性にすぐれていますが、一方では重く、切断が困難であり、釘が打てません。この両者を混合することにより、すぐれた難燃性、耐候性のほかに、鋸断、釘打ちができるなどの加工性、施工性にすぐれた材料

となっています。セメントは難燃性と耐朽性、耐候性の付与に寄与し、木片は軽量化、強度、加工性、施工性の改善に寄与しています。さらに、製造時にエンボス加工を行い、塗装仕上げをすることによりれんが調、スタッコ調など多彩なデザインを施すことができるので、モルタル仕上げに代わる乾式外壁仕上げ材として、近年急激に生産量を伸ばしています。

製造工程は、木片とセメントおよび水との混合、成形、圧締、緊結養生、脱型、乾燥、仕上げと進み、製品となります。このときセメントと相性が悪く、セメントの硬化阻害を起こす樹種があり、注意を要します。木材中の成分である糖やタンニン、ある種のフェノール物質により硬化阻害が起きるといわれています。阻害を起こす代表的な樹種としてカラマツ、ベイスギ、シナノキ、イェローラワンなどが調べられています。日本産のスギにも硬化阻害が認められる場合もあります。現在、わが国では合板工場、製材工場からの廃材および住宅解体材などを木片セメント板の原料としているので、この問題の解決は重要であり、薬剤処理などさまざまな対応策がとられています。このほか、セメントの硬化時間の短縮、材料の軽量化などが製造上の課題です。

（海老原　徹）



外装用硬質木片セメント板（一番下は野地板）

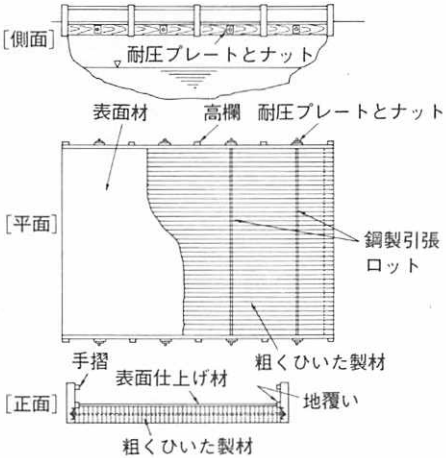
84 マディソン郡の橋

木材を使った橋が、今、各国で注目されています。大ヒットした小説『マディソン郡の橋』は、中年カメラマンと家族思いの人妻とを結びつける重要な役割を演じた屋根つきの古い木橋でした。アメリカには、ほかにもマディソン郡の橋のような古い屋根つき木橋がたくさん残っているそうです。

しかし、最近では、図に示すようなストレス積層床版木橋と呼ばれる橋が「マディソン郡」のような交通量の少ない地方の郡道の橋（トラックが通れる）として盛んに建造されています。このタイプの橋は、粗く鋸びきされた厚板をクレオソート油にどぶ漬けし、一定間隔に入れた鋼鉄製のロットで横から締めつけただけの簡単な構造です。これだけのことで、一〇トンも二〇トンもあるような大型トラックが通行可能な橋となります。とにかく簡単に安く橋をかけることができるため、長さが一二～一三メートルの橋であれば、鉄橋やコンクリート橋よりもコスト的に有利だといわれています。スイスも木橋の国です。写真（上）のような屋根つきの集成材でできた立派な木橋が建造されています。この橋は長さが五〇メートルで、二車線のトラック通行可能な橋ですが、木橋でこれほど立派な橋はあまり例のないことです。スイスには十四世紀に建造された屋根つき木橋がありましたが、最近火事で燃えてしまいました。木橋の大敵は、雨水と強烈な直射日光ですが、火事にも十分な注意が必要であることを今回の事件は教えています。

最後に、わが国の状況ですが、最近では公園や林道などで新しい木橋が建造される機会が増加しています。写真（下）は最近愛媛県広田村で地元産のスギを使って建造された集成材の橋です。日本で初めて二〇トンのトラックが通れるように設計された木橋で、集成材を雨水や直射日光から守るために銅葺きの小屋根が集成材のアーチの上についています。ほかに、全長一五〇メートルと世界一長い木製斜張橋も広島新空港近くに建造されるなど、今や日本も木橋に関してはかなり注目される国へと変貌しつつあります。

（小松幸平）



ストレス積層床版式木橋

2車線道路交通用の本格的木橋（スイス）

わが国初の集成材アーチによる一等橋

85 外見にだまされまいぞ！

毛利さんに引き続き、向井さんのスペースシャトルでの活躍が大きく報じられたせいでしょう。近ごろ、あの南極観測のほうの関心が少し希薄になったように感じられ、木材関係者としてちょっと残念です。「うん？　木材と何の関係があるの？」といぶかしがられる人が多いことでしょう。

先日、ラジオ番組で昭和基地の隊員とアナウンサーが衛星通信で話をしていました。アナウンサー「新しい建物が建ったそうですね！」、隊員「ええ、コンクリート造りのりっぱな建物です……」という会話に、「あ、そんな……」と思わず口走ってしまいました。じつは、その建物は平成四年に第三三次観測隊がたいへん苦労して完成させた管理棟で、建設に当たった隊長から資料と写真をいただいていたからです。平成五年からの第三五次のその隊員は、四層三階建てのりっぱな建物を見て、コンクリート造りと勘違いしたのでしょう。どうも、日本人はちょっと外見がいいとコンクリート造りと思い込んでしまうようですね。さて、話を元に戻しましょう。

昭和基地は南極大陸の氷縁に近い東オングル島にあり、南緯六九度ですから大陸内に比べれば極寒の地とまではいきませんが、それでも、外気は最低零下四五℃にも下がります。室内を二〇℃とすると、おおよそ四〇～五〇℃もの温度差が建物の内外にでき、それが数カ月続くのです。もし、熱を伝えやすい鉄骨（熱伝

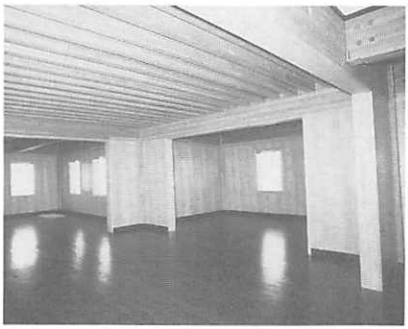
導率はなんと木材の約四〇〇倍）などを骨組みに使うと、まさにそこが熱の逃げ道になってしまいます。

ですから、当初から南極基地の建物は、断熱性にすぐれ、軽量で運搬が容易、隊員でも建てられる、ということからプレファブの木造だったのです。そんな貨車かコンテナのような殺風景な建物ばかりのところへ、写真のような近代的な建物が建ったので、「りっぱ！コンクリート造り！」という連想が働いたのでしょう。

実際は、この建物は、冬、雪で埋まる機械室の一階だけが鉄骨造りで外壁にコンクリートパネルを用いているものの、二階と三階は最新の接合技術を使った集成材の柱・梁骨格に断熱木質パネルをはめ込み、外側をアルミ亜鉛合金めっきの断熱鋼板で覆った、まさに木造のハイテク建築物なのです。しかも、内部は写真で見るように床も壁も木で落ち着いたまさに「木調」だというのに、どうして「コンクリート造り」になるのでしょうね！　建物も人も、外見でなく中身で判断したいものです。

（葉石猛夫）

昭和基地管理棟の外観



内部（2，3階）

「?……」な用語の解説　その四

ノックダウン

ボクシングの用語ではありません。部品のまま輸出して、現地で組み立てて販売する方式のことをいいますが、単に組立式の家具をこう呼ぶことがあります。

水ガラス

まったく何のことかと思ってしまいますが、ケイ酸ナトリウムを主体とする無機接着剤のことで、以前は段ボールなどの接着に大量に用いられていました。

V

木を活かす先端技術

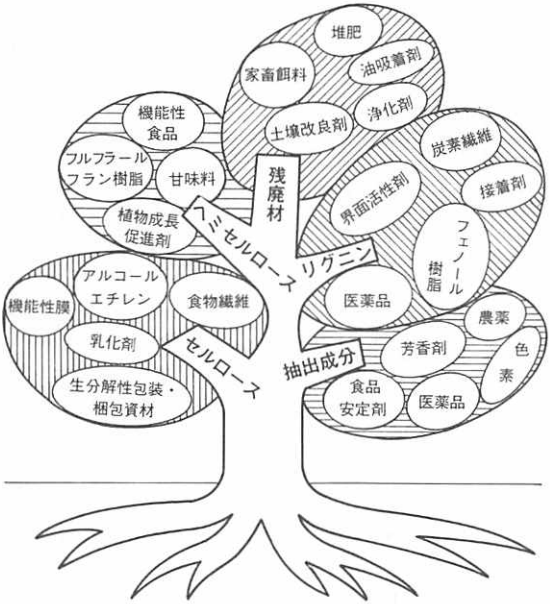
86 救いの神となる？ ウッドケミカルス

現在は、大量生産・大量消費・大量廃棄の工業化社会のもとで、化石資源の乱用によって地球環境が極度に荒廃しつつある時代です。また、開発途上地域で人口が爆発的に増加するとともに、特にアジア諸国で経済がめざましく発展し、資源・エネルギーに対する需要が急激に増大しています。人類が持続的発展をし、未来永劫に生存していくためには、生物資源などの再生産可能な資源に支えられた社会を構築しなければなりません。生物資源のなかでは木質系資源が蓄積量も豊富で、かつ、低コストで再生産が可能であり、きわめて重要です。これからは、この木質系資源を最大限に効率よく利用していかなければなりません。

木質系資源の主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンからなり、食料、飼料、繊維、化学工業原料、肥料、燃料、ファインケミカルスの原料として潜在的に高い価値をもっています。化学的あるいは生化学的変換法によって、木質系資源から石油や石炭化学工業の製品のほとんどすべてを理論上誘導することが可能です。化石資源がかつてのバイオマスからの生成物であることを考えれば、これは当然のことです。しかし、木質系資源の化学工業は現在のところ経済性に乏しく、実用化されているものは多くはありません。その経済性を改善するには、これらの成分を効率よく分別し、分別したそれぞれの成分の特性を活かして、むだなく総合的に利用するシステムを開発しなければなりません。成分の分別法としては、高温高圧の水蒸

気による蒸煮・爆砕法やアルコールや酢酸などの有機溶媒による蒸解が検討されています。

セルロースは、セルラーゼという酵素で加水分解して、発酵によってアルコールやタンパク質に変換することができます。また、最近開発された溶媒に溶かしたり、あるいは誘導体に変換したりして生分解性フィルムやプラスチックとして、種々の産業素材にも利用できます。ヘミセルロースも一種の多糖類ですが、これを適度に加水分解してオリゴ糖とすると、腸内の老化防止に役立つビフィズス菌を増殖することのできる機能性食品として利用できます。リグニンは化学的に改質して、炭素繊維、接着剤、界面活性剤などとして利用できます。



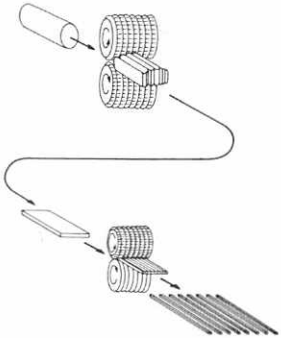
このほかに、樹木には精油、樹脂、油脂、色素、タンニンなどが含まれ、それらから芳香剤や農業・医薬として利用できる生理活性物質が分離できます。

（志水一允）

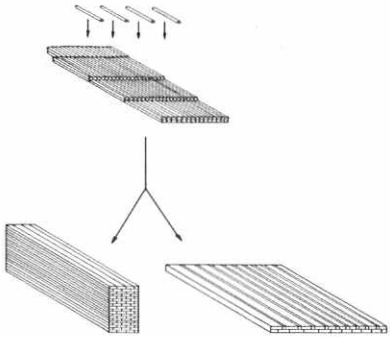
87 割り箸で家を建てる

一〇年ほど前、割り箸をめぐって森林伐採や木材利用について盛んに議論されたことを覚えているでしょうか。このとき、木材利用を是とする人たちは、「割り箸は、建築用の木材などをとった後の端材を有効に利用したもので、捨てられた割り箸で家が何軒建つという計算などはナンセンスである」と考えたものです。ところが、最近、その割り箸で家を建てようという研究が進められています。

まず問題なのは割り箸の強さです。どなたも、弁当についてきた割り箸が折れて困ったことがあるはずです。木材は細長い繊維（細胞）が集まってできており、その繊維の長い方向には強いのですが、隣り合った繊維と繊維の間は強くないので、繊維に沿って壊（割）れやすい性質をもっています。したがって、木材の繊維の向きが箸の軸に対して大きく傾斜していると簡単に折れてしまうのです。しかし、これは裏返せば、木材の繊維に沿って割ってつくった割り箸は、繊維の向きと箸の軸が一致するので強いと考えられます。そこで、円周上に刃の付いた円盤を算盤玉（そろばん）のように並べ、これを上下一対でかみ合うよう配置して回転させる機械をつくり、その間に木材を入れてみました。すると、まず木材は繊維に沿って割られ、次になおつながった繊維が刃により切断されることがわかりました。この割り箸状の木材をストランドと呼びます。この方式は、細くて曲がった丸太も屑を出さずほとんどすべてをストランドに変えることができます。



木材を割って強いストランドをつくる。



ストランドの向きをそろえて，柱や板材をつくる。

さて、このストランドがいくら強いといっても、風や地震などの外力を受ける家を支えるには、束ねて使わなければなりません。一番簡単なのは、ストランドを接着剤で固めて柱や梁（はり）材にして用いる方法です。この場合、ストランドの向きは、もちろんきれいにそろえます。木材繊維の向きの大切さは、箸も柱も同じというわけです。

こうしてつくられた木材は、見かけは少々悪いのですが、天然の木材がもつ節などの欠点がない均質な材料ですし、柱や板などの形状や寸法、強さを自由に変えてつくることもできます。ただし、ここのところはもっと研究する必要がありますし、アイデアしだいでは新製品の可能性もあり、まだまだこれからというところです。

最近の木造住宅は柱などの構造を受け持つ部材が見えないつくり方が主流になっているので、知らないうちに割り箸で家が建てられているかもしれませんね。

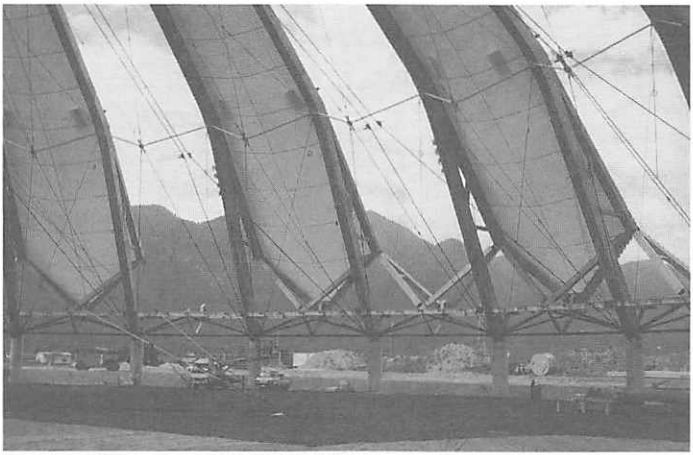
（宮武　敦）

88 強力新人エンジニアリングウッド

木材には一本一本個性があります。この世のなかに一つとして同じ木材はありません。木材のもつこの非均質性は、工芸や美術の世界では非常に珍重されます。つまり、材質が一様でないことが重要なわけです。ところが、工業的用途に木材を利用する場合、このような性質のバラツキは一転して大きな欠点になってしまいます。材料のバラツキが大きいと、製品の品質管理や品質保証がままならないからです。特に、構造物の骨組みに木材を使用する場合、強度性能の大きなバラツキは建物全体の安全性や信頼性の低下を引き起こしてしまいます。

このような素材のもつ欠点を克服するために、いろいろな技術が開発されてきました。たとえば、材料全体をいくつかの強度等級に分けて、等級内でのバラツキを減少させる強度等級区分の技術や、木材をいったんひき板や単板などのエレメントに分解し、欠点を除去したうえで再度それを接着剤で集成する集成加工技術などがそれです。

このような技術を用いて製造された新しい構造用の木材製品が、わが国でも近年続々と市販されはじめました。木材界にも強力な新人が登場してきたのです。これらの製品は、エンジニアリングのための木材という意味で、「エンジニアリングウッド」と総称されています。代表的なものに、大断面構造用集成材、構造用



建設中の出雲ドーム（島根県出雲市）

単板積層材、I型複合梁（はり）などがあります。いずれも性能のバラツキが少なく、また強度性能が明確であるため、高い安全性や信頼性を要求される大規模な木造建築などに多用されています。

写真は大断面構造用集成材を用いて建築された島根県出雲市の「出雲ドーム」の内側を工事中に撮影したものです。写真に写っている小型のトラックと比較すれば、ドームの巨大さ（高さ四九メートル、スパン一四〇メートル）と集成材の大きさがよくわかると思います。

このような巨大木造建築は、エンジニアリングウッドという強力新人の登場で初めて可能になったわけですが、強力とはいえども新人は新人です。エンジニアリングウッドを本当のベテランに仕上げるための課題、たとえばより厳密な強度保証の方法や接合方法の改良などに関する研究が現在も精力的に続けられています。

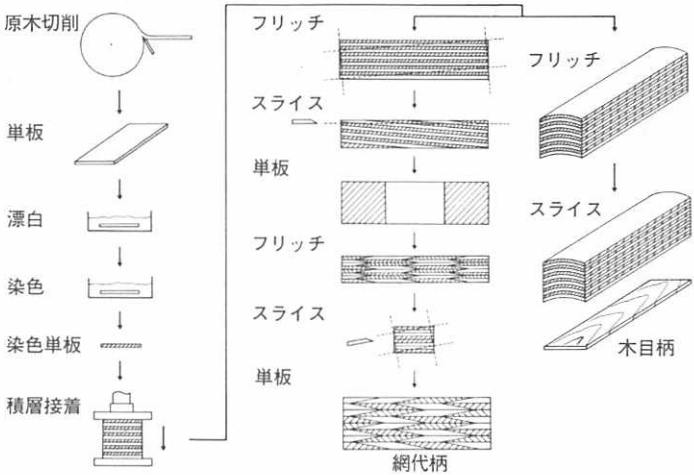
（林　知行）

89 木の美容整形

近ごろ、台所はシステムキッチンが主流になり、寝室には大きなクローゼットが備えられるなど住まいの中の様子はずいぶん変わってきました。そしてそれらの調度の表面は、おおかた、やすらぎを感じさせる美しい木目で統一されています。しかし、木は自然のなかで長い年月をかけて成長してきたために、同じ種のものでも一本一本を比べてみると、木目・色調がすべて異なります。また、昔から銘木と呼ばれるチークやローズなどは、世界的に資源が枯渇し入手が難しくなってきており、日本のマツやヒノキでも節のない柾目板は銘木並みの高値で取り引きされています。ですから超高級品は別として、一般の家具や調度に銘木や木目・色調のそろった高価な木材を使うわけにはいきません。

そこで、量的には豊富だが木目や色調にあまり特徴のない木材を原料として、希少で高価な木材に似た材料を比較的安価につくる方法が考え出されました。また、同じような製法で木材にはない柄（たとえば図のような網代柄と呼ばれる抽象的な模様）もつくることができるようになりました。いったいどうやって？コンピュータを駆使してデザインや加工をしますが、わかってしまえばコロンブスの卵のようなもの。次のようにしてつくり、みなさんの住まいを飾っているのです。

①まず、木目が鮮明でなく比較的色の白い材を厚さ約一ミリの単板にします。②単板を乾燥後、紙や布と同



人工化粧板の製造方法例

じ方法で漂白し、むらのない白い単板をつくります。③漂白した単板を最終商品の柄になるさまざまな色（一〇〇種以上の色出しが可能）に染色します。④数種類の染色単板に接着剤を塗り、一定の順序で型の中に重ねていき、圧締して木材のブロック（フリッチ）をつくります。このときフリッチに凹凸をつけたり、フリッチを弓形につくったりします。⑤フリッチをスライスすれば、同一柄の単板ができあがります。図のように角度をつけてスライスした単板で再度フリッチをつくり、スライスすると、複雑な模様の単板になります。

このように、原料とした木材とはまったく異なる木目や色調をもった新しい木材は、木目柄のものが家具やシステムキッチン、和風天井や造作材などに、抽象柄のものが店舗フローリング、カウンター、ディスプレーなどの材料として用いられています。

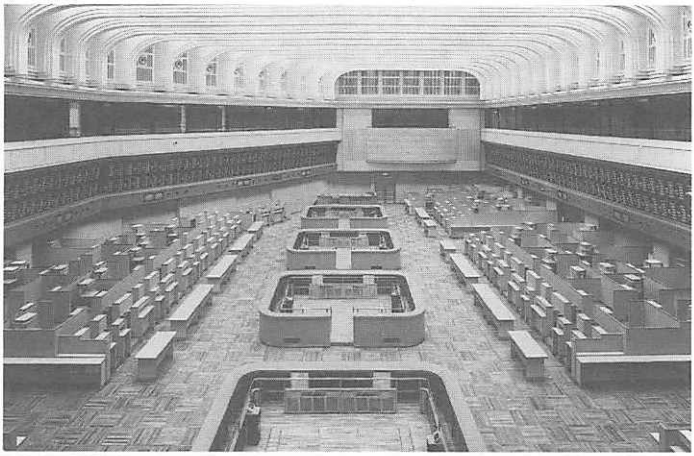
（井上宏夫）

90 大もてスーパーウッド

意外なことに、私たちが日ごろ触れている木材は、素肌の無垢（むく）の木材よりも化学的に処理されたもののほうが多いことをご存じでしょうか。たとえば、木材製品は漂白や染色によってお化粧をしたり、表面に塗料や顔料を塗ったりしてから使われている例がよくみられます。防腐剤処理をした土台は当たり前です。

もう一〇年も前の話です。日本橋兜町に新築された東京証券取引所の床にカバノキのＷＰＣが使われました。ＷＰＣとは、木材にプラスチックを複合させたものです。木材のよさとプラスチックのよさをともにもたせた、いわばスーパーウッドです。普通の木材のように反ったりすることもなく、摩耗にも強く傷つきにくい、しかも足への衝撃が少なく歩行感がよくて、意匠性もよいというＷＰＣは二〇〇〇人の証券マンの仕事の場を支えています。ＷＰＣはハイヒールでも凹みにくく、かつ高級感があることから、高級建材としてロビーに用いられたり、また家具やカウンター、ゴルフクラブやゲートボールスティックのヘッドなど各種の運動具にも使われています。

木材の価値を決定しているのは、その色合いや木目の美しさ、さらに肌ざわりのよさなどの感性的なものが多いように思います。これは一般に「木のよさ」といわれています。一方、木材は狂いやすい、燃えやすい、腐りやすいという欠点があり、他の材料と競合する場合の障害となっています。木材への化学処理は、



床材にWPCを使っている東京証券取引所の立会場（㈱大鹿振興 提供）

その質感を活かし、木理を美しく表現しながら、性能を向上させることによって欠点を補う技術です。木を超えるスーパーウッドの開発です。プラスチックの力を活用したのがWPCならば、無機質を複合化したセラミックウッドは防火性能が高く、防腐・防虫性能も高い材料です。

木材は、化学的には水酸基の多い物質です。水酸基は水と相性がよく、そのことが木材が吸放湿性をもつ一因となるわけですが、逆に数々の欠点をもたらす要因ともなります。木材中の水酸基を化学反応で水と相性のよくないものに変えてしまうことにより、水をシャットアウトし、腐らず狂わない、新しい木材の開発が行われています。アセチル化木材はその例です。

アセチル化木材やホルマール化木材を使用したピアノやバイオリンなどの楽器の音響性能がすぐれていることも、一言つけ加えておきましょう。

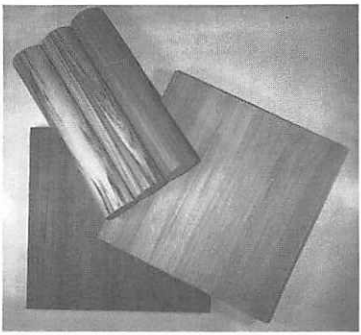
（松井宏昭）

91 続々誕生、木でない木

一九六〇年代末ごろに誕生した合成木材は、「木材を素材とする加工品分野で、プラスチックのもつ高い生産性、加工性を活かした木材代替の成形品」と定義されています。すなわち、天然木材とはその組成や構造がまったく異なる合成高分子物質ですが、ある程度木材と同様な用途に使用できます。合成木材のアイデアは、プラスチックの淡黄褐色の色調、低発泡成形による軽量化および成形時に生じる木目に似た流線模様から生まれました。当初使用されたプラスチックは、ＡＢＳ（アクリロニトリル－ブタジエン－スチレン）樹脂、ポリスチレン、ポリ塩化ビニルなど多種類です。製品によって成形方法が異なり、漆器素地、木工品、家具・キャビネットの部材のように比較的複雑な形の成形品をつくるときには射出成形が適しており、床板、自動車内装材などのように板、シート、棒、管をつくるときには押出し成形が適しています。

合成木材の性質のうち、木材に近いのは発泡成形により比重が〇・四～一・〇と軽量で断熱性があること、硬度、切削加工性、釘や木ネジの保持力などです。木材より劣るのは縦（繊維）方向の強度、耐熱性、居住性、耐候性などで、木材に勝るのは横方向の強度、耐水性、寸法安定性などです。そこで、木材に近い性質を保ちながら、木材より劣る性質を向上させ、さらに木材の欠点を改善したいろいろなタイプの合成木材が開発されてきました。

ケイ酸カルシウムを主材とし、合成樹脂、ガラス繊維を水で練り合わせて焼き上げたタイプの合成木材は軽量で加工性がよく、吸湿性があるのに寸法安定性がよく、不燃性であるため、内装用下地材、造作材などに使用されています。また、ガラス繊維強化発泡フェノール樹脂と水和アルミナを複合化したタイプの合成木材は軽量で比較的強度が高く、調湿機能があり、準不燃材料なので、公共建築物や店舗、住宅の内装材、防火ドアや車両、船舶の内装材に使用されています。さらに、ポリスチレン製で木目のような模様をもつ押出し成形タイプの合成木材は、耐水・耐塩水・耐候性にすぐれているので港の桟橋や浮き桟橋、公園のベンチに使用されています。最近開発されたポリ塩化ビニルが主材の板や棒状の合成木材は、削っても年輪や柾目が表現でき、加熱による曲げ加工が可能で耐水性もあるので、板状のものは風呂や台所などの床板に、また棒状のものは犬小屋、椅子、テーブルに使用できます。



ポリ塩化ビニルが主材の合成木材（年輪のある棒と柾目模様の板）
（エコーケミカル㈱ 提供）

しかし、合成木材の縦方向の強度は、木材と比較すると三分の一程度にすぎないのが最大の弱点です。これからも、木材はその長所を保ちながら欠点を改善し、一方、合成木材は木材にはない性質に木材の長所を追加し、それぞれ新素材の開発に向かうことでしょう。

（黒須博司）

92 木からもカーボン繊維

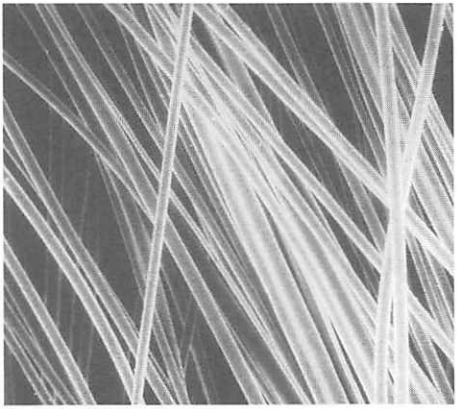
近ごろ、オートキャンプが盛んですが、キャンプでの一番の楽しみはバーベキューです。バーベキューになくてはならないものが木炭です。木炭は炭素でできていますが、同じように炭素だけでできているものにダイヤモンドがあります。ダイヤモンドは、炭素の正四面体構造が無数につながった原子配列をしております。それに対して、木炭は亀の甲らのように数個の六角形の炭素骨格が無秩序に散らばっている状態になっています。この炭素の原子配列の違いがダイヤモンドを地球で最も硬い物質に、木炭を指で削れるような軟らかい物質にしているのです。しかし、木炭でも六角形の炭素骨格のつながりをより長く、そして、一定方向にきちんと並ぶようにすると、硬く強い性質をもつようになります。このような炭素配列をした繊維状の炭がカーボン繊維なのです。ですから、カーボン繊維は強度的にすぐれ、しかも軽いので「アルミより軽く、鉄より強い」といわれているのです。

カーボン繊維というとなんとなく遠い存在のように思われますが、ゴルフ、テニス、スキー、釣りなどを趣味にしている人たちにはなじみ深いものです。軽量・高強度のカーボン繊維は、スポーツ、レジャー用品に革命的な品質改良をもたらしました。鮎釣り用の竿を例にすると、竹竿は太くて重いので鮎釣りにはたいへんな体力を必要としましたが、カーボンロッドは一〇㍍の長尺の竿でも元径は片手で持てるほど細くなり、

扱いも楽になって、長時間釣りを楽しめるようになりました。ただ、カーボン繊維は導電性がよいので、雷の音が聞こえたらすぐ納竿しましょう。カーボン繊維の主用途は航空・宇宙分野です。現在、多くの旅客機の構造部材に使われており、レーダーでとらえられない「見えない戦闘機」として有名なステルス戦闘機の機体も、カーボン繊維と樹脂の複合体です。

カーボン繊維の始まりは、なんとエジソンが京都産のタケを蒸し焼きにして成功した白熱電球のフィラメントです。その後、アメリカでレーヨンを原料にしたカーボン繊維が初めて工場生産され、これはロケットのノズルに使われました。現在、カーボン繊維の原料は合成繊維のポリアクリロニトリルが主流ですが、コールタールやアスファルトを原料としたピッチ系カーボン繊維も生産されております。ところが、木材の主成分の一つであるリグニンをフェノールという薬品で処理してから熱を加えることでピッチ系と同等の品質をもつカーボン繊維を、しかもピッチ系より高い収量でつくれることがわかりました。伝統的材料の木材から、新素材のカーボン繊維。不思議なものです。

（須藤賢一）



カーボン繊維

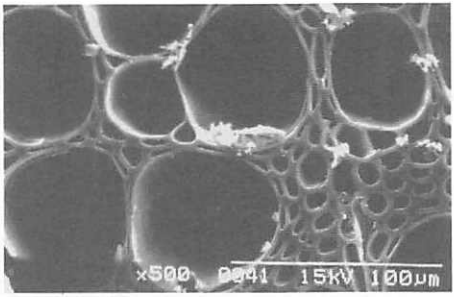
93 身を焦がして先端材料

木炭は、原料木材のミクロとマクロの孔をもつすぐれた多孔質炭素材料です。備長炭や茶の湯炭に代表されるように、わが国の木炭は品質や収炭率がよいことで世界のトップクラスにありますが、その伝統的な製造技術は職人さんの経験と勘に支えられてきたため、炭を焼く人の減少に伴って、その卓越した技術もいっしょに失われつつあります。

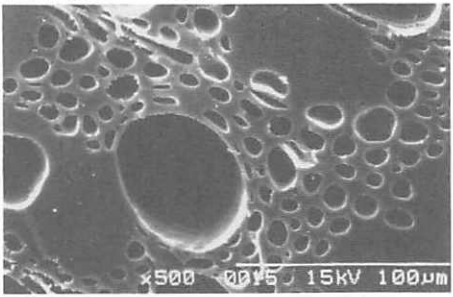
伝統的な炭焼き窯で製造してきた木炭はもともと用途のほとんどが燃料であるため、ひび割れや形状の狂いが発生しても問題はありませんでした。しかし、この木炭を多孔質炭素材料という工業用素材として活用するには、ひび割れや形状の狂いを何らかの方法で防がなくてはなりません。そこで、強度の高い樹脂の炭素の力でひび割れや形状の狂いを抑え、炭焼き技術を発展させた精密な環境制御のもとで焼成する方法により、木炭の欠点であったひび割れや形状の狂いを解消し、軸受けや電極、クラフトといった工業用素材としたのが、ここで紹介するハイテク多孔質炭素材料「ウッドセラミックス」です。

ウッドセラミックスは、木材、またはパーティクルボードや中質繊維板のような木質材料と、熱硬化性樹脂（フェノール樹脂など）とからなる複合材料を、無酸素状態で炭化することによって得られる多孔質炭素材料で、もともとは「研磨炭の工業的生産に関する研究」（青森県工業試験場・岡部）の過程で生まれまし

た。研磨炭は、漆器や刀剣、勲章などの研磨に使用されていますが、製造時の歩留まりが非常に悪いことから、均質な人工の研磨炭を開発すべく取り組み、木材の多孔質構造を樹脂由来のガラス状炭素で強化する方法を開発しました。SEM写真からもわかるように、木材の細胞壁を樹脂由来のガラス状炭素で補強している完成した研磨炭は、割れや形状の狂いもなく、歩留まりもよいものでしたが、予想以上に硬く、研磨炭としての開発は失敗に終わりました。



ブナ木炭の SEM 写真



ブナ系ウッドセラミックスの SEM 写真

しかし、炭素材料の需要動向が、従来の高純度、高密度一辺倒から、多孔質構造や製造加工の柔軟性を求める方向に変わり、リサイクルが可能な素材が強く求められるようになってきたことから、間伐材や廃材などの利用が可能で、廃棄しても自然に害を与えない「ウッドセラミックス」は二一世紀に向けて期待される自然に優しいエコマテリアルとして、さまざまな工業分野で注目を集めています。

（斎藤幸司）

94 木から超伝導体素材

木から新しい機能を引き出す方法の一つに、熱による木質の物質変換（炭化）があります。昨今、木炭や木酢液の効用が断片的に、また風聞的に多くの誤解や憶測を交えながら伝えれらて、大向こうの好評を得ていますが、このような世のなかの動きとは別に木炭を眺めると、事実、木炭は数々の特性をもち、未知の機能を秘めています。昔からの製炭技術にも注目すべきものがありますが、それとは異なる温度制御、条件制御によって、木は現在の科学技術を支える先端材料と同等あるいはそれ以上の性質、機能を発現するようになります。

木材はセルロース、ヘミセルロース、リグニンと微量成分からなる複合体で、これらは炭素、酸素、水素からできています。木材を無酸素あるいは酸素の少ない条件下で加熱すると、酸素、水素など炭素以外の異種元素は二〇〇～五〇〇℃の温度範囲で熱的に安定な炭酸ガス、一酸化炭素、水素、炭化水素などの低分子化合物に分解して離脱し、一方、木材成分の大部分は、骨格の開裂ではなく、側鎖部分の分解により炭素残渣として熱力学的により安定な芳香族環や架橋結合が発達した分子構造となり、しだいに無定形炭素から多環芳香族化合物形成の方向に進んで、いわゆる木炭となりますが、組成的には酸素、水素などの元素をまだかなり保有しています。

ところが、この温度域まで電気をほとんど通すことのなかった木材（電気抵抗率10^{14}～10^{16}Ω・cm）が六〇〇～六五〇℃の温度に達すると、木炭の電気抵抗率は徐々に低下しはじめ、約八〇〇℃でその値は10^{-2}～10^{-3}Ω・cmとなり、約一五〇℃の昇温過程でじつに10^{16}～10^{17}Ω・cmの低下を生じ、木炭は金属と同程度に電気を通すようになり、温度をさらに二、四〇〇℃以上に上げると抵抗率は10^{-4}～10^{-5}にまで下がります。この性能は、条件を変えて温度を上げたり、他の元素を加えて焼成炭化することによって一段と向上し、銅や銀と同程度あるいはそれ以上の導電性を示すようになります。

最近、木炭に金属元素や亜金属元素を導入する方法が開発されたことや、木炭はさらに高温度での煅焼（か）あるいは再焼結も可能であることから、超伝導材料への期待ももたれています。このような性質をもつ木炭を〇・一ミクロンから数ミクロンの超微粉末とし、これに接着性や成形性を与え、板やシートあるいはフィルムに加工できるようになりました。

高導電性は、高温で炭素化した木炭のもつ多様な高機能の一つであって、低比重、異方性、高強度、高弾性、耐酸化性、高耐熱性、高耐熱衝撃性、耐火性、高熱伝導性、化学安定性、寸法安定性、耐生物劣化性、連続多孔性、選択吸・収着性、生体親和性などの特性をあわせもつことから、宇宙航空用軽量導電性材料、電磁波遮蔽性材料、異方性導伝体のほか、電気、電子、情報、エネルギー、環境、医療などの広い分野における高機能性先端材料として用途の開発が期待されています。

（石原茂久）

95 溶かして使う

プラスチックは高温で軟らかくなり、簡単に成形加工できるようになります。こういう性質を「熱流動性」と呼びますが、木材は、こうした熱流動性をもたない非プラスチック材料で、限られた方法でしか成形加工できないという、材料としてのもの足りなさをもっています。しかし、最近、簡単な化学反応で木材をプラスチックのような性質の材料に変えうることがわかりました。木材を構成する主成分（セルロース、ヘミセルロースおよびリグニン）が共通してもっている水酸基（−OH）のなかの水素をアセチル基（$-COCH_3$）やニトロ基（$-NO_2$）などと置き換え（化学修飾）、水酸基どうしの結合を弱めると、熱流動性を備えた材料になるのです。それからつくられたフィルムやシートが微生物によって分解されうる性質、すなわち生分解性をもっていることもわかりました。さらに、こうした技術を応用して、セルロースアセテートなどのセルロース変性物を生分解性プラスチック材料に加工する検討も始まっています。

次に、プラスチックのようになった木材は、当然溶剤に溶かすこともできるはずだと考えられました。試してみると、熱流動性の高いベンジル化木材などでは、たとえば八〇℃に加熱して、そのまま置いておくだけで、多くの溶剤に溶解させることができ、粘度の高い溶液となりました。一方で、熱可塑性があまり大きくなく、それだけでは熱流動しない化学修飾木材や、化学修飾度（置換度）の低いそれらは、溶解させるこ

とがたいへん難しいこともわかりました。温度を二〇〇～二七〇℃に上げたり、硫酸などの酸触媒を用いたうえで八〇～一五〇℃に保つといった処理をして初めて溶液が得られたのです。この現象は、単なる溶解ではなく木材成分の低分子化を伴っているため、液化と呼ばれています。

さらに、化学修飾されていない木材でも液化できることが見いだされました。化学修飾木材の置換度と液化の関係を調べる過程で、低置換度のものでも十分液化できることがわかってきたためでした。この場合、木材にフェノール類や多価アルコールといった有機化合物を一定量加え、高温高圧下あるいは酸触媒を用いて中温で処理すると液化が進みます。こうした操作は、木材から紙をつくる際に行われる有機溶剤を用いた「パルプ化」の操作の反応条件をより厳しくしたものであるといえます。このようにして得られた液化木材は反応性に富み、発泡体などの成形物の原料となります。

木材をこのような形で使うことができれば、これまで利用できずにいた木材もさまざまな機能性をもった材料へと転換できるようになります。たとえば、現在「腐らない」プラスチックの処理が大きな問題となっていますが、液化木材からの成形物も前述の熱流動化木材成形物の場合と同じように、生分解性をもっていることが見いだされ、さらに注目を集めています。

このように大気中から炭酸ガスを固定してつくられる木材をよりむだなく、またより長く、繰り返し用いることは、地球環境の保全という観点からも望ましいと考えられるのです。

（白石信夫）

96 木からできるカターイ液晶？

木材成分の五〇％をセルロースという物質が占めています。つまり、地球上で最も多く存在する有機物質がセルロースということになります。このセルロース分子は、ブドウ糖が数千から一万個以上も直鎖状につながった高分子です。この一本一本の鎖が水素結合と呼ばれる親和力によって、平行に並んだ束（ミクロフイブリルと呼ばれる）を形成し、さらにこの束が繊維状の集合体となって、細胞壁を構成しています。

このようなセルロースは、きわめて硬い固体であるかのように思えます。事実、木材の強度はこのセルロースの構造に負うところが大きいのです。しかし、このセルロースが、いったん木材から単離されると、いろいろなおもしろい性質を示しはじめます。これは、分子鎖間に働いている水素結合に、変化が生じてくるからです。

一般的に物質の状態には、気体・液体・固体の三態がありますが、セルロース分子はそのいずれでもない「第四の状態」すなわち「液晶」状態をとることができるのです。

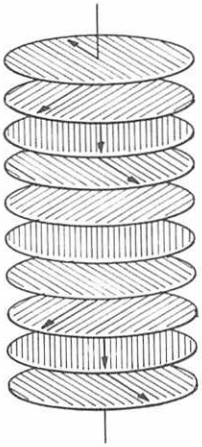
「液晶」というのは、液体と固体との中間の状態で、二次元的に束縛されている分子が特定の方向に並んだ（配向）状態をいいます。液晶というと、テレビや電卓の表示板を思い起こす人もいるかもしれませんが、この場合に用いられている物質は、主に低分子物質で、セルロースのような高分子ではありません。液晶表

示は電気を流すことで生じる電場や磁場によって、一方向に分子が配向する性質を利用しているのです。しかし残念ながら、セルロースを表示板にすることは難しいのです。それは、セルロース分子を電気によって規則的に配列させることができないからです。その代わり、液晶形成により分子が配向することを利用して繊維方向に分子鎖方向を一致させ、高強度・高弾性率繊維に加工することが可能です。セルロースの液晶はセルロースを非水系溶剤で高濃度に溶かした溶液から調製されます。セルロースがつくる液晶構造は、コレステロールが形成する液晶に似ていることから、コレステリック型液晶相と呼ばれ、分子が一方向に配列し集合した分子層が、らせん状に積み重なった形をつくります（図）。

前述の液晶紡糸法による高強度・高弾性率繊維の製造は、芳香族ポリアミドであるケブラー（防弾チョッキやスペースシャトルに使われている）には応用されていますが、まだセルロースでの実用化は行われていません。それは、溶液を高濃度にするので、粘度が高くなり扱いにくいことと、セルロース溶剤は高価なのに、まだ回収法が開発されていないということなどによります。

今後、このような点が改善されれば、紙や綿に代表されるセルロースから、針金のような材料がつくり出されるのも夢ではありません。

（近藤哲男）



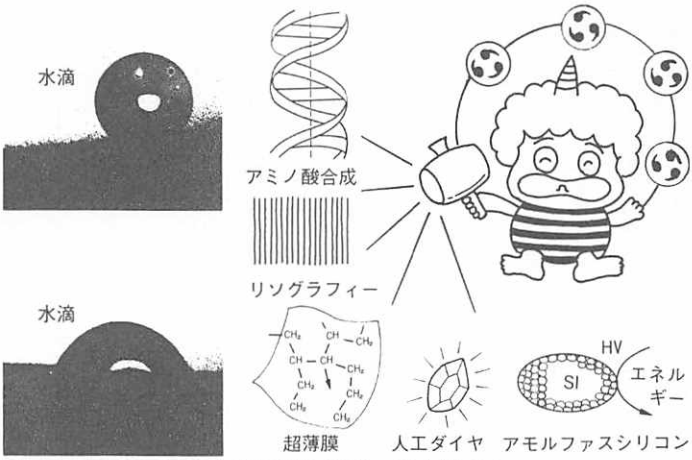
コレステリック（カイラルネマティック）相

97 雷さまのご利益（りやく）

真夏の夜、暗闇に遠く光る雷光は一服の清涼剤のような気持ちを私たちに与えてくれます。しかし、近づくにつれ、光ったとたんにとどろく落雷の音は、私たちを震え上がらせます。その雷が現代のハイテク技術の一翼を担っているといえば奇異に感じられるかもしれません。電卓でおなじみの太陽電池、集積回路のあの複雑な回路をつくるためのリソグラフィ、薄膜での高分離膜、ダイヤモンド薄膜、生命の起源であるアミノ酸の合成など多方面で雷さまの打出の小槌を拝借する研究が精力的に進められています。

稲光、街のネオンやオーロラなどはプラズマ状態にあります。物体を加熱すると、固体は液体となり、液体は気体となります。さらに気体を加熱すると、分子や原子から電子が飛び出し、陽イオン(＋)と電子(－)とになる電離した気体をプラズマ状態といいます。プラズマ重合とは、これら放電現象を化学反応に利用することです。

木材に高撥水性を付与する目的で、テトフルオロメタン（TFM）プラズマで一〇分間表面を処理しました。その結果、水と接触後六〇秒経過した処理木材と水との接触角は、一三三度（写真上）となり高撥水性を示しました。一方、未処理木材と水との接触角は五八度（写真下）でした。しかし、処理木材の吸湿量は無処理木材と変わりがありません。このことは、木材の長所を損なうことなく新性質を付与できる化学加工



プラズマ処理材（上）と未処理材（下）の撥水性の違い

の可能性を示しています。プラズマ重合は、ガス処理のドライプロセスであることから、従来のように化学加工につきものであった洗浄や乾燥などの処理工程が省略できる、省エネルギー省資源の化学加工です。

しかし、低温プラズマは低真空を必要とするので、減圧装置が高価となり、生産性にも若干の問題があります。また、処理中は低圧を維持する必要があるため、水分などの揮発成分を多く含むものは処理しにくい欠点があります。そのため、低温プラズマの応用は軽薄短小の素材に限られていました。最近、常圧でも処理できる方法が見いだされ、装置の低価格化が実現したため木材のような重厚長大な素材へのプラズマの応用も可能になりつつあります。

プラズマは、すべての有機化合物と一部の無機化合物の重合が可能であり、今後多様な木材の化学加工の可能性を秘めています。

（瀬戸山幸一）

98 お利口なオリゴ糖

木材の主要な三成分のうち、セルロースとヘミセルロースは直鎖状の多糖類です。これらの多糖類を酸や酵素によって加水分解すると、単糖やオリゴ糖が生成します。セルロースからはブドウ糖やブドウ糖が二個から数個分結合したセロオリゴ糖が、また、ヘミセルロースの一種であるキシランからはキシロ糖やキシロオリゴ糖が得られます。経済の成長とともに食生活が豊かになり、多くの人々が肥満や糖尿病などの成人病に悩まされている現在、食べても太らない食品や健康によい食品が求められています。セロオリゴ糖やキシロオリゴ糖は、カロリーのほとんどない甘味料であり、またすぐれた生理的機能があるので、いろいろな食品に添加して利用することができます。

オリゴ糖は二分子から数分子の糖が縮合した化合物の総称で、酵素の転移作用によって合成されるもの、大豆などの物質から抽出されるもの、木材などの天然の多糖類から分解で得られるものなど、その種類は多岐にわたりますが、難消化性の糖質としての生理的機能は同じものと考えられます。セロオリゴ糖やキシロオリゴ糖を人が食べたとき、人はこれらのオリゴ糖をブドウ糖やキシロ糖に分解する消化酵素をもたないので、おなかの中（消化管）で吸収されません。オリゴ糖は小腸を通過し、大腸に達して大腸内で人と共存共栄の関係で分布している細菌によって利用されます。人の腸内には、数多くの種類の細菌が生息し、その菌

叢（フローラ）は人の健康ときわめて密接な関係にあることが知られています。

ビフィズス菌は、人間の腸内フローラを構成する代表的な有用菌で、人の健康に大きく貢献していますが、オリゴ糖はビフィズス菌を選択的に増殖させることのできる糖です。ビフィズス菌はオリゴ糖を利用することにより、酢酸、プロピオン酸、酪酸などの有機酸を分泌して、人の健康にとって好ましくないウェルシュ菌や大腸菌など有害菌の生育を抑制し、ビフィズス菌優勢の腸内フローラを形成するものと考えられています。腸内に生成された有機酸は、腸管を刺激して腸のぜん動運動を促進し、バランスのとれた腸内フローラを腸管に吸着・定住させ、腸の働きを正常に保つ役割を果たします。

オリゴ糖により腸内にビフィズス菌優勢のフローラをつくることで、体調が改善されることが臨床試験で示されています。オリゴ糖を摂取すると、軽度の便秘は改善されると報告されていますが、これはビフィズス菌の増殖により生成する有機酸が腸のぜん動運動を促進することによるものと考えられています。また、腸のぜん動運動が促進されることによって、脂質代謝が改善され、血清コレステロールや中性脂肪を低下させる作用が認められています。さらに、ビフィズス菌が増殖してウェルシュ菌や大腸菌など有害菌の生育が抑制される結果、腸内腐敗生産物であるスカトールなども減少して、大腸がんや腸内腫瘍の防止にも役立つことが報告されています。わずかな量のオリゴ糖の摂取（一～二グラム／日）によって整腸作用が期待できるので、近い将来、オリゴ糖は人々の健康に大きく貢献してくれるに違いありません。

（石原光朗）

99 何度もお役に立ちます

紙は文化のバロメーターなどとよくいいますが、それでは紙をどんどん使えば文化的な生活をしているということになるのでしょうか。じつは、紙は人類にとって非常に大切な資源である森林の木材を使ってつくられています。地球規模での森林面積の減少が世界的な問題となっている現在、少し考え方を変えなければならないのではないでしょうか。情報の電子化は急速に進んでいますが、依然として紙・板紙の需要は毎年着実に伸びています。それでは、人類あるいは地球上の生物にとってなくてはならない森林を維持しながら、生活上重要な役割を果たす紙を必要量使っていくためにはどうしたらよいのでしょうか。答えは、一度木材からつくった紙を回収して再生し、何回も使うことです。日本では現在約五〇%の紙や板紙が回収され再利用されていますが、紙の用途を考慮して理論的に可能な回収率を計算すると、約六五%になるといわれています。まだ一五%ほどの余地が残されていることになります。日本の木材使用量が年間約一億一、〇〇〇万立方メートル、紙の使用量が約三、〇〇〇万トンとすると、この一五%という量は、住宅、家具、紙などすべての日本の木材使用量の七～八%に相当する膨大な量になります。

さて、それでは古紙回収率は今でもどんどん伸びているのかというと、残念ながら五〇%を過ぎたところで伸び悩んでいるのが現状です。現在の日本の経済状態がよくないことも原因の一つですが、やはり古紙を

回収して紙に使おうとすると、用途が限られてくるという本質的な問題があります。資源や環境を大切にするという考え方から、消費者が好んで再生紙を使うようになるには、まだまだ時間がかかりそうです。もちろん、将来的には消費者の意識改革をしていくということが、たいへん重要なことです。

古紙の回収率を上げる方法として興味深いものがあります。回収古紙を紙以外のものに使うという試みです。紙はもともと木材を化学的処理や機械的処理によって、その構成単位である数ミリの木材繊維に分離して、再びシート状に並べ直したものです。これを紙として活用した後に回収して、再び木材繊維に分解し、接着剤で固めてもとの木材に戻そうという試みです。木材といっても、合板やパーティクルボード、繊維板といった、いわゆる木質材料のことです。おもしろいことに、古紙としては低級な、新聞や雑誌に使われたもののほうが、OA紙などの高級紙よりも高強度のボードになるようです。それは、もともと新聞紙などに使う紙は、ほとんど化学的処理をしていないため、その化学的構成成分がきわめて木材に近いためです。

現在、コンクリート型枠や家具材として実用化の研究が進んでいます。また、密度の低いボードにして、苗床などにする農業的利用の研究も進んでいます。さらに、木質ボードとしての役割を終えた後は粉砕して家畜の敷料として使用し、最終的には肥料として土に戻すことが考えられています。このように、大切な森林から切り出した木材は、紙として使った後でも、まだまだ何度も人間の役に立ちます。

（細谷修二）

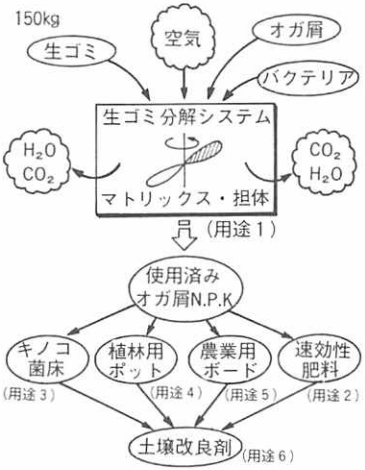
100 身を粉にして働く

五六ページの写真を見てください。木材も拡大して観察するとじつは孔だらけです。もしこの木材を粉にして、何か容器に入れたらどうなるでしょうか。粉の粒子と粒子との間にも新たに隙間ができるし、粒子自身にも孔があるので、全体では隙間だらけでスカスカの状態になります。木材は粉体化することでその体積が一・五から二倍にもなるのです。この空隙の増加は空気や水の保持能を増大させます。オガ屑は、これまでは牛舎や馬小屋の敷わらの代わりに使われる程度でしたが、最近、新しい使われ方が開発されました。

それは人工土壌としての用途です。最近、どこの家庭でも生ゴミの処理に頭を痛めています。裏庭のある家庭なら、夏場はちょっと埋めておけばいいのです。しかし、マンション住まいではそれもできません。そこで最後の台所用の電化製品としてさっそうと登場したのが、オガ屑を人工土壌に見立てて、これを担体として使用した生ゴミ自動分解消滅機（ＧＡＤＥシステム・三井ホーム㈱ほか家電メーカー各社で発売）です。これが一家に一台あれば、裏庭はなくとも約半年間は生ゴミ処理の心配から解放されます。空隙の多いオガ屑の担体中で、土壌バクテリアが繁殖し、生ゴミを迅速・無臭のうちに分解消滅してくれるためです。オガ屑のもつ空隙は、水も空気も栄養分も適度に保持するのに役立ちます。装置内でかくはんされても、空隙は土壌のように簡単には破壊されないので、バクテリアの住み家にはもってこいなのです。四人家族の家庭か

ら出る生ゴミは、半年で約一五〇㌔にもなりますが、人工土壌のおかげで跡形もなく消えてなくなります。

使用後のオガ屑には、半年分の生ゴミに含まれていたミネラルが蓄積しています。その中には植物の三大栄養素であるN、P、Kがたっぷりと含まれているので、速効性の肥料（第二の用途）として使うことができます。また、十分なN、P、Kの存在は、特別に栄養源を添加することなくそのままキノコ栽培の菌床（第三の用途）に使用することを可能にします。菌床に使用後のオガ屑は、半年間でほぐれてパルプ状にまで変身するので、植林用のポット（第四の用途）や農業資材としてのボード（第五の用途）などにも成型・再利用することができます。いずれの場合も最終的には土壌改良剤としてバイオマス生産現場に還元されていきます（第六の用途）。



木材廃棄物の粉体化による多機能性の発揮

このように、オガ屑はGADEシステムで処理することで人工土壌としての新しい機能を発揮することを皮切りに、次々と変身しつつ付加価値を増殖させます。その働きは、まさに「身を粉にして働く」を地でいっています。オガ屑を〝くず〟と呼んだりするのはもはやふさわしくありません。この際、敬意を表して、粉体化木質材料と呼ぶのはどうでしょうか。（寺澤　實）

編集委員・執筆者一覧（五十音順）

執筆者	
石井　忠	森林総研生物機能開発部樹木生化学研究室長
石井　誠	北海道立林産試験場性能部性能開発科長
石原　茂久	京都大学木質科学研究所教授
石原　光朗	森林総研木材化工部酵素利用研究室長
伊東　隆夫	京都大学木質科学研究所教授
井上　明生	森林総研木材化工部接着研究室主任研究官
井上　宏夫	段谷産業㈱開発部素材開発室長代理
今村　浩人	森林総研木材化工部主任研究官
上杉　三郎	森林総研木材化工部難燃化研究室長
海老原　徹	森林総研木材化工部複合化研究室長
大越　誠	森林総研木材化工部耐候処理研究室長
太田　貞明	森林総研研究管理官
大原　誠資	森林総研木材化工部成分利用研究室長
大平　辰朗	森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室
岡田　直紀	森林総研木材利用部材質研究室主任研究官
緒方　健	森林総研東北支所長
岡部　敏弘	青森県工業試験場総括主任研究員
加藤　厚	森林総研木材化工部抽出成分研究室主任研究官
金谷　紀行	農林水産省林野庁研究普及課首席研究企画官
河合　直人	建設省建築研究所第三研究部主任研究員
川村　二郎	川村木材塗装技術事務所所長
川元スミレ	森林総研木材化工部複合化研究室
橘田　紘洋	愛知教育大学教育学部教授
木下　敍幸	森林総研木材利用部加工技術科長
黒須　博司	森林総研木材化工部化学加工科長
小林　功	森林総研木材利用部乾燥研究室

編集委員

上杉　三郎	森林総研木材化工部難燃化研究室長
葉石　猛夫	森林総研木材利用部構造利用科長
林　知行	森林総研木材利用部集成加工研究室主任研究官
林　良興	森林総研企画調整部海外森林資源保全研究チーム長
松井　宏昭	森林総研木材化工部化学加工研究室主任研究官
三輪雄四郎	森林総研木材利用部物性研究室長

小松　幸平	森林総研木材利用部接合研究室長
近藤　哲男	森林総研木材化工部機能材料研究室主任研究官
斎藤　幸司	青森県工業試験場
齋藤　周逸	森林総研木材利用部乾燥研究室
信田　聡	東京大学農学部林産学科木質材料学教室助手
島田　謹爾	森林総研木材化工部成分利用科長
志水　一允	森林総研木材化工部長
白石　信夫	京都大学農学部教授
末吉　修三	森林総研木材利用部木質環境研究室長
杉山　淳司	京都大学木質科学研究所助教授
鈴木憲太郎	森林総研木材化工部防腐研究室長
鈴木　養樹	森林総研木材利用部物性研究室
須藤　賢一	群馬女子短期大学学長
瀬戸山幸一	森林総研木材化工部化学加工研究室長
高野　勉	森林総研木材利用部機械加工研究室主任研究官
高橋　正男	日東化学研究所代表者
瀧澤　忠昭	北海道立林産試験場乾燥科長
橘　燦郎	愛媛大学農学部助教授
田中　俊成	森林総研木材利用部材料性能研究室長
田中　良平	森林総研木材化工部化学加工研究室主任研究官
寺澤　實	北海道大学農学部教授
土居　修一	北海道立林産試験場性能部耐久性能科長
外崎真理雄	森林総研木材利用部木質環境研究室主任研究官
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
中井　孝	森林総研木材利用部木材特性科長
長尾　博文	森林総研木材利用部材料性能研究室

中野　達夫	信州大学農学部教授
西村　勝美	森林総研東北支所経営部長
能城　修一	森林総研木材利用部組織研究室主任研究官
野渕　　正	京都大学農学部講師
葉石　猛夫	森林総研木材利用部構造利用科長
長谷川益夫	富山県林業技術センター木材試験場主任研究員
畑　　俊充	京都大学木質科学研究所
秦野　恭典	森林総研木材化工部接着研究室長
服部　順昭	東京農工大学農学部助教授
林　　知行	森林総研木材利用部集成加工研究室主任研究官
林　　良興	森林総研企画調整部海外森林資源保全研究チーム長
久田　卓興	森林総研木材利用部乾燥研究室長
平川　泰彦	森林総研木材利用部材質研究室長
平田　利美	森林総研木材化工部材質改良科長
福本　博二	日本パレット協会理事
藤井　智之	森林総研木材利用部組織研究室長
藤澤　義武	農林水産省林木育種センター育種第二研究室長
藤原　勝敏	森林総研木材利用部製材研究室長
藤原　　健	森林総研木材利用部材質研究室
星　　通	星技術士事務所所長
細谷　修二	森林総研木材化工部木材化学研究室長
増田　　稔	京都大学農学部助教授
松井　宏昭	森林総研木材化工部化学加工研究室主任研究官
松岡昭四郎	元・森林総研木材防腐研究室長
三城　昭義	新潟大学農学部助教授
宮武　　敦	森林総研木材利用部集成加工研究室

三輪雄四郎　森林総研木材利用部物性研究室長
村田　光司　森林総研木材利用部製材研究室主任研究官
谷田貝光克　森林総研生物機能開発部森林化学科長
山本　幸一　森林総研木材化工部防腐研究室主任研究官
和田　　博　奈良県林業試験場総括研究員

森林総研―農林水産省森林総合研究所

木の一〇〇不思議

一九九五年二月十五日　初版発行

編集・発行―社団法人　日本林業技術協会
〒一〇二　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　東京　三-六〇四四八

印刷・製本―東京書籍印刷株式会社

会員用

木の100不思議