

木材保存

常務理事 今村 祐嗣

第13話

木材と水分

1. 木材中の水分状態

木材と水分とは大変深い関係があります。まず、山から伐り出されてきた丸太はたっぷりと水を含んでいます（写真13-1）。針葉樹では丸太周辺部の辺材の含水率（木材の含水率は含まれている水分の量を、乾いた状態の木材の重さで割って算出）は、内部の着色部である心材に比べて著しく高く、スギの場合、辺材は150～200%程度で、心材は50～70%と報告されています¹⁾。これを建材や家具として利用するには、まず乾燥させなければなりません。乾燥させることによって水分は木材から失われ、含水率は低下して行きます。

木材組織中の水の存在状態を模式的に図13-1に示します（水分を青色で表示）。乾燥させる前の生材の状態では細胞の壁はもちろん内腔にも水が存在しますが、内腔いっばいに水を含んだ状態を飽水状態と呼んでいます（左上）。この状態から乾燥させますとまず



写真13-1 山から伐り出されたスギ丸太

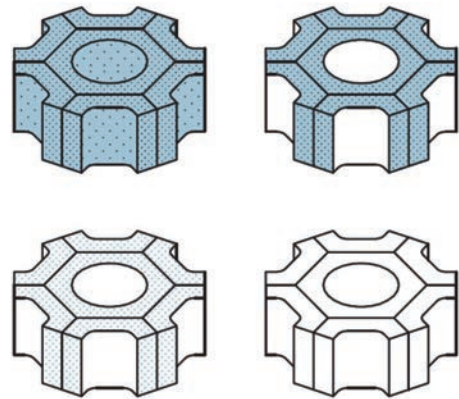


図13-1 木材細胞における水分の存在状態
（左上：飽水状態、右上：繊維飽和点、
左下：気乾状態、右下：絶乾状態）

細胞内腔にある水分が失われ、その後、細胞壁だけに目いっぱい水が含まれた状態になります。これを繊維飽和点と称し、含水率では樹種にかかわらずほぼ30%に該当します（右上）。さらに乾燥が進むと細胞壁からも徐々に水分が失われて行きますが、建築材料や家具などに通常いられている木材はこの状態にあります（気乾：左下）。そして、水分がすべて消失した状態を絶乾（全乾：右下）状態と呼んでいます。

ところで、木材の乾燥方法には自然の環境に置いて時間をかけてゆっくり乾かす天然乾燥と、機械を用いて短時間で乾かす人工乾燥があり、人工乾燥にも様々な方法や機器があります（写真13-2）。



写真13-2 人工乾燥機の一例

天然乾燥にかかる時間は地域・季節・材種によって異なり、例えば、厚さ40mmのスギ板を春や秋に含水率20%にまで乾燥させるのに必要な時間は2ヶ月、100mm角の柱を夏に40%にまで乾燥させるには40日程度を要するという事です¹⁾。

一方、代表的な人工乾燥法である蒸気式乾燥は、木材を入れた乾燥室内の空気を蒸気あるいは電熱などで加熱し、高温で低湿度にした空気を循環させることで、木材内部の水分を表層に移動させて表面から蒸散させる方式です。また、最近増えてきた高温乾燥法は、100℃以上の高温かつ低湿条件で乾燥させる方法で、表面割れを少なくすることや乾燥時間の短縮が期待されています。その他の機器を用いた人工乾燥法として、除湿式乾燥や高周波加熱乾燥、高周波・真空乾燥なども行われています。

日本農林規格（JAS）では、製材の乾燥材の含水率基準が品目ごとに定められていて、SD15（仕上げ材で15%）、D15（未仕上げ材で15%）というように表示されています。ただJASでは材内部までの全体の平均含水率を測定して製品を管理することになっていきますので、表層部を主として測定する含水率計を用いる場合は補正表によって品質管理を行っています。

さて、気乾状態にある木材は、置かれている周囲の温度と湿度によって吸湿あるいは放

湿して含水率が変化しますが、これを平衡含水率と呼びます。例えば、気温が20℃で相対湿度が60%の部屋に置かれた木材は含水率が11%を示しますが、同じ温度でも相対湿度が80%に上昇しますと吸湿して16%程度の含水率になります（表13-1）。通常の室内の温度は10～30℃、相対湿度は35～80%の状態が多いと思いますが、その場合、木材の含水率は7%から18%の範囲を移動することになります²⁾。

表13-1 外気条件と平衡含水率の関係¹⁾
(平衡含水率の値は樹種にかかわらず一定)

相対湿度 (%)	温度 (°C)				
	0	10	20	30	40
95	25.5	24.5	24.0	23.5	23.0
80	16.8	16.5	16.0	15.6	14.9
60	11.3	11.1	10.8	10.5	10.0
40	7.9	7.8	7.6	7.2	6.9
20	4.7	4.6	4.5	4.2	4.0

次の節で述べますが、木材の物性は含まれている水分の量によって変化し、特に繊維飽和点より低い気乾状態においてその影響が顕著です。その結果、建築施工後の木材製品の寸法が周囲の環境条件によって変化するなどの現象が起こります。

2. 物性と水分

繊維飽和点は水分による木材の物性への影響を判断する上では大変重要な値で、それよりも高い領域では物性はほとんど変わらないものの、低い状態では大きく変化します。

まず強度ですが、含水率が繊維飽和点から下がるにつれて顕著に上昇します（図13-2）。例えば、含水率が1%低下すれば圧縮強度は6%、曲げ強度は4%、曲げヤング率は2%上昇するといわれています。逆に含水率が上がると強度は低下し、仮に含水率10%の木材が吸湿して15%になったとしますと、曲げ強

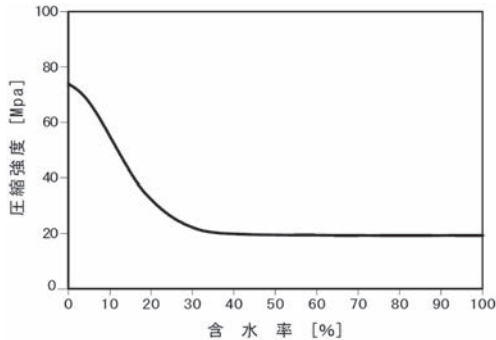


図13-2 マツ材の圧縮強度におよぼす含水率の影響²⁾

度は20%も低下することになります。プロ野球の選手がバットの管理に気を配っているのは、わずかな含水率の変動によってもボールへの反発力が変化し、飛距離に影響が及ぶことによります。

また、水分の状態によって木材は膨張・収縮を生じ、雨天が続くと襖などの建具が入りにくいのは吸湿によって膨張したことによります。木材の場合、膨張・収縮は方向によって著しい異方性を示し、率で示しますと板目方向が最も大きくてほとんどの樹種で3.5～15%、ついでまさ目方向で2.4～11%、繊維方向(縦方向)で0.1～0.9%の範囲にあります。膨張・収縮は比重(密度)と密接な関係があり、比重が大きい木材ほど膨張・収縮の値は高い傾向を示します²⁾。方向によって値が異なる理由は木材の微細な組織構造の特性によりますが、板目：まさ目：繊維方向の比は、ほぼ10：5：0.5とされています。絶えず水を貯めている樽には寸法変化が大きい板目の材を、乾湿を繰り返すことの多い桶にはより小さいまさ目の板を用いるのは膨張・収縮の特性を反映しています(写真13-3)。

ところで木の樽や桶で吸水と乾燥を繰り返すとたがが緩んでくることがあります。これを引き起こす大きな理由は、ある一定の方向(まさ目あるいは板目)を拘束して吸水させた後、再び乾燥させると元の寸法より小さく



写真13-3 サワラのまさ目板が使われた寿司桶

なり、この過程を繰り返すと寸法はますます小さくなるという木材特有の性質によります。金槌の柄が抜け落ちる現象もこれによるものです。

3. 腐れと水分

さて、本シリーズの木材保存第3話「腐れの進行」で述べましたように、木材に腐朽が発生・進行するためには、温度、酸素、水分の3つの要件がすべて揃う必要があります。このうち温度条件については、一般的な腐朽菌は15～35℃という雰囲気では活発に生長すること、また酸素については、通常環境では空気は常に供給されていることを考慮すると、腐朽を引き起こす上では水分の有無がきわめて重要な因子になります。建築物においては雨水の浸入、結露の発生、時には生活用水の漏れ等が原因となって水分が供給され、それによって腐朽が生じることがあります。耐久性のポイントは水対策といわれる所以です。

先ほどの図13-1をもう一度ご覧ください。左上の飽水状態から右上の繊維飽和点になるまでの間、細胞内腔に存在する水分を自由水と呼び、細胞壁の中で木材成分と結合している水分を結合水と称しています。腐朽菌の胞子が木材に付着して発芽する、あるいは菌糸が木材中で生育するためには内腔に存在する自由水が必要です。したがって含水率が約30%の繊維飽和点以上の水分状態になっては

じめて木材に腐朽が起こります。通常の状態
で室内に置かれている木材に腐朽が生じない
のは、そのような木材の多くは繊維飽和点以
下の気乾状態にあつて自由水が存在せず、結
果的に腐朽菌が生育できないためと説明でき
ます。

写真13-4は滅菌したプラスチック容器の中
に水分を含んだマットを敷き、その上に木材
を置いて人工的に腐朽菌を接種した実験の様
子です。木材には十分な水分が供給されるこ
とで、腐朽菌の菌糸は活発に成長し木材内部
へと侵入して行きます。

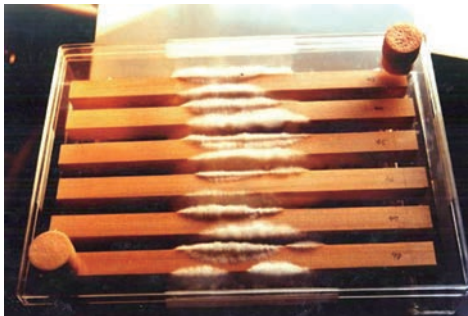


写真13-4 人工的に腐朽菌を接種した
木材表面で成長する菌糸

木材の含水率が繊維飽和点から10%程度高
い状態から150%ほどの範囲で腐朽菌は生育
しますが、通常は50~90%付近が最適な水分
状態といわれています³⁾。ただ腐朽菌の種類
によって好まれる含水状態が異なり、褐色腐
朽菌は比較的低い含水状態で、白色腐朽菌は
より高い含水状態で生育が活発になります(腐
朽菌の種類については第3話「腐れの進行」
を参照)。従って木材の種類にも影響されま
すが、使用環境によっても発生する腐朽菌の
種類が異なり、建築部材ではどちらかとい
うと褐色腐朽が比較的多く観察されます(写真
13-5)。

水分をたっぷりと含む枯れた樹木や水分が
絶えず供給される場所にある木材には、白色
腐朽菌が生育することが多いですが、軟腐朽



写真13-5 屋外階段の下地材の腐朽
(下段の木材は褐色腐朽、中段の木材に
白色状の腐朽菌糸らしきものが見える)

菌と称される腐朽菌はさらに高い含水状態の
木材でも分解することが出来ます。水を十分
に含んだ土中深くに長期間埋められていた木
材が、掘り出された時は一見健全のように見
えても、乾燥させると大きく収縮することが
あるのは、その多くが軟腐朽菌によって劣化
しているためと考えられます。

一方、乾燥した材であっても菌が侵入して
腐朽が起こることがあり、これを乾腐と称し
ています。一時北海道や東北で発生し、住宅
の床材などに大きな被害を及ぼして話題にな
ったナミダタケはこれに該当し、地中から菌子
束を伸ばして木材に付着し劣化させます(写
真13-6)。この腐朽菌は土中から水分を得て
補給している訳です。



写真13-6 地面と土台を連結する
ナミダタケの菌子束(土居修一氏提供)

4. シロアリと水分

日本には20種くらいのシロアリの生息が報告されていますが、ほとんどの種は南西諸島を中心とする南の亜熱帯性地域に棲み、本州ではイエシロアリとヤマトシロアリの2種が建築物に被害を及ぼす主要な種類です（本シリーズの木材保存第6話「わが国のシロアリ」参照）。これらのシロアリは地下生息性シロアリと称されるグループに属するもので、いずれも水分の供給を地下に求め土の中をおもな住みかとし、土と排泄物でつくったトンネル状の蟻道を通して移動し、建物の床下内部に侵入して被害を及ぼします。

イエシロアリは水を運ぶ能力が高いことから行動範囲が広く、屋外の樹木の根元につくった巣から地下トンネルの蟻道を通してかなり離れた建物の中まで侵入してくる場合が多くみられます（写真13-7）。また、建物の中にイエシロアリの巣がつくられることもあり、水分を入手しやすい壁の中やお風呂場の床下などに、あるいは古い建造物では屋根裏で発見されることも報告されています。

ヤマトシロアリも蟻道をつくって移動しますが、イエシロアリに比べて水分の影響をより敏感に受け、屋外の腐朽した木材、あるいは住宅の土台や水廻り箇所での被害が多く見



写真13-7 野外の樹木の根元につくられたイエシロアリの巣

られます。また、雨もりがあると屋根の小屋組み材が加害されることもあります。

イエシロアリ、ヤマトシロアリとも高温多湿な環境が大好きで、そういった住まいの床下環境ほど土壌表面から蟻道を伸ばしやすい傾向があります。逆に乾燥や通風状態を嫌いますので、床下の湿度が高くないようにしたり、風を通すのはシロアリ被害の低減という点で効果があります。

一方、30年ほど前から、アメリカカンザイシロアリという変わり者のシロアリによる被害が話題になっています。このシロアリはアメリカからの外来種で、土中ではなく乾いた木材中でのみ生息し、生存に必要な水分も気乾状態にある木材から得ている乾材（カンザイ）シロアリです。このシロアリの場合、からからに乾いた細かい粒状の排泄物が特徴で、被害の発生を知る目印にもなります（写真13-8）。



写真13-8 アメリカカンザイシロアリの職蟻と排出された糞（宮田光男氏撮影）

引用文献

- 1) 秋田県立大学木材高度加工研究所編：コンサイス木材百科、秋田文化出版、2011
- 2) 高橋 徹、中山義雄編：木材科学講座3「物理」、海青社、1992
- 3) (公社) 日本木材保存協会編：木材保存学 改訂4版、(公社) 日本木材保存協会、2018