

## 木を知ろう 全12回

090710 ①

### 木材を科学する。

木の家は心地いい、人にやさしい、とよくいわれます。しかし、それは木材の性質を正しく理解し、きちんと扱って建てられた家になれることです。

ここでは、科学的な裏付けのもとに、わかりやすく、さまざまな特徴を解説します。

### 木は炭素の貯蔵庫

木は、異常気象や地球温暖化に関係があるといわれる二酸化炭素を葉から吸い、根から水分を吸い、太陽エネルギーによって体を太らせています。つまり、大気中から二酸化炭素として吸収された炭素は、太陽エネルギーの光合成によって樹幹内にセルロースやリグニンという炭素化合物として固定されているのです。このことは、木が伐採された後も続いています。伐採された木は、新たに二酸化炭素を吸収することはありませんが、燃やさないかぎり、そのまま炭素を固定し続けています。つまり木材は、木造住宅となっても依然として炭素がそこに固定されたままストックされているのです。

### 都市はもうひとつの森林

ですから、木造住宅が建ち並ぶ都市があるとすれば、そこは「もうひとつの森林」と考えられます。具体的な数値を挙げてみましょう。

日本の全住宅に保管されている本材量は、日本の2500万haの森林で蓄積されている量の約20%程度に相当します。

また、1haの住宅地に約40坪の木造総2階建て住宅(延床面積140㎡、約20m<sup>3</sup>の木材を使用)が20軒建てられていたとすると、400m<sup>3</sup>の木材が保管されていることとなります。これは、年間1ha当たり10m<sup>3</sup>生長している人工林だとしても40年生に相当します。1haに20軒というのは、かなりゆったりした土地に家が建っていることで、それですら40年生の森林に相当するのですから、大変なものです。

林業の話には、haや立米(m<sup>3</sup>)という単位がよく出てきますが、一般的にはすぐにイメージしにくい単位だと思しますので、ここでちょっと説明しておきますと、1haは100m×100m、木材1立米は断面10×10cmの3m角材、約33本分に相当します。

木造住宅に住んでいる人、あるいは建てようとしている人が、それをただの住む箱と考えるか、前述のことを理解し、自然の恩恵や森林で育まれた木材を保管していると考えるか、耐用年数やリサイクルへの配慮がまったく違って来るでしょう。

そして、「伐ったら植える」という基本が守られていれば、二酸化炭素を吸収し、炭素を固定する新たな樹木が森林に生き続けるわけです。さらに、木材の耐用年数が長く、また壊した後も再使用していくというリサイクルのシステムが確立していれば、森林の木々の生長に十分な時間を与えることができます。

つまり、木の生長量が木材の伐採量を上回っていれば、大気中の二酸化炭素は、木材の使用によってむしろ減少する可能性をもっているといえます。いま日本ではすでに、木の生長量が伐採量を上回っていますから、他から出た二酸化炭素をも森林の木が吸収していることとなります。しかし、それでよしとしてしまうのではなく、さらに家を大切にすれば、山はもっと豊かになり、さまざまな対応ができ、森林にも都市にも蓄積が増えるはずですよ。

## 090711 ②

### 木材はエコロジカルな素材

木材は、他の建築資材と比べると、それをつくり出すためのエネルギーは桁違いに少なく済みます。伐採、乾燥、運搬などにはエネルギーを使いますが、木の生長には太陽エネルギー以外はいりません。一方、他の建築資材をつくるのに必要なエネルギーは、化石燃料などを燃やすことによって得られます。化石燃料を燃やせば、二酸化炭素が発生しますから、結果的にそれは大気中に炭素を放出していることとなります。木材を燃やしたときも、二酸化炭素と水に戻りますが、これは振り出しに戻ったということです。またそのときも、石炭のように亜硫酸ガスが発生するという問題は少ないといえます。

これまで述べてきた、木材のエコロジカルな資源としての特徴を簡単にまとめると、まず第1に、樹木は大気中の二酸化炭素を吸収し、太陽エネルギーによって樹幹を成長させて内部に炭素を固定し、さらに木造住宅などになって炭素を貯蔵する。第2に、木材は製造エネルギーがきわめて少ない建築資材であること。つまり二酸化炭素の放出が少ない。第3に、最終段階で木材を燃焼させたときにも、そのエネルギーを燃料として活用できるということです。

### 森林と循環型社会

地球環境保全や持続的な発展には、資源を守るだけではなく、資源を自らつくり出し、それを利用するというのが、大切なはずですが、木材のことでいえば、国土の森林面積には限りがあるので、伐採して、また新しく植林していかななくては、循環資源とはなりません。本来、森林はそこに生きる生物の命を守り、水源涵養などの恵みを得るために保護すべき森林と、持続的な木材生産を担ってくれる森林が共存・共生すべきなのです。森林が資源生産を担う力を失ってしまった循環型社会などはありえません。同様に、森林が環境保全の機能を失っても存続する循環型社会もないのです。

## 090712 ③

### 木材の中の水

木は親水性があって、中に水分を含んでいますが、それには自由水と結合水の2種類があります。

自由水は木の細胞の空隙に埋まっている水で、これは木材組織の間にあるただの液体の水なので木の本質にはほとんど関係ありません。結合水は文字通り、木材としっかり結び付いているので、この水が出たり入ったりすると、木が伸び縮みすることになります。

木を伐ってすぐは、木の中に自由水も結合水もたっぷりありますが、まず自由水が減っていきます。しかし、自由水が減っても重量が変化するだけで寸法変化は起こしません。さらに乾燥して自由水がなくなると、こんどは結合水の領域になります。繊維飽和点と呼ばれるところです。ここにきて初めて、収縮するという寸法変化が生じます。

樹種によって違いますが、簡単にいえば、含水率 30%前後から下が、結合水の領域になると考えていいでしょう。強度が変化するのも結合水の領域からで、含水率 30%を割ってだんだん乾いてくると、強度はどんどん上がってきます。そして、特殊な場合を除けば、30%以下で寸法も収縮してきます。

この時、表面の寸法だけが変化して、中がまだ濡れている状態のときは、表面が引っ張られるかたちになるので、割れやすくなります。表面だけを急に乾かすと割れやすいというのは、このことです。

#### 090713 ④

##### 含水率とは

ここで、木材の含水率について、きちんと定義しておきましょう。一般的には、100gの中に10gの水分があれば10%ということになりますが、木材の含水率の定義はそうではありません。完全に乾燥して水分を含まない木材が100で、それに水分が10加わった状態を10%といいます。ですから、一般的な10%は、含水率の表示をすると、 $10 \div (100 - 10) \times 100 = 11.1\%$ です。つまり、ある状態に置かれている時の重量をW、それを完全に乾燥した時の重量(全乾重量)をW0とする。含まれていた水の量はWマイナスW0ですから、これをW0で割った数値を百分率で表したのが含水率です。

数式で示すと、 $(W - W0) \div W0 \times 100$ となります。ですから、たとえば水分と木材が半々のときは、50%ではなく、 $(100 - 50) \div 50 \times 100$ で、100%となります。また、水が全乾重量の2倍入っていたら200%ということになる。ちなみに伐採直後のスギの生材の含水率は、200%を超えるほどです。

木材を一定の温度と湿度のもとに放置しておく、含水率はあるところで平衡状態に達します。つまり木材に水が出入りしなくなる。たとえば温度20℃、湿度65%のとき、木材の含水率はだいたい12%で安定します。これを、平衡含水率といいます。平衡含水率は温度と湿度によって違ってきます。わかりやすくいえば、湿気てくると木材は水分を吸い、乾くと水分を放出して、平衡含水率になるように、自分のバランスを保とうとする、これを大気の方からみると、湿度を一定に保とうとする調湿作用ということになります。

#### 090714 ⑤

##### 木材の調湿性能と伸び縮み

含水率が減れば木材の寸法は縮み、増えれば伸びます。わが国で一般に建築材料として使われている木材は、含水率はだいたい15%あたりで平衡状態になっていて、その前後を行ったり来たりしています。雨の日はすこし含水率が増え、乾いた日は逆に減ってくる。行ったり来たりすることで調湿しているわけで、雨の日は室内の水分を吸い、乾いてくると水分を出します。つまり伸び縮みするということは、吸放湿性があるということですから、これは短所であるとともに長所でもあるのです。

ここで知っておいて欲しいのは、木の家で考えた場合、木材が水分を吸ったままの状態にしておいてはだめだということです。乾かさないと、水分を蓄積して、やがて腐朽などの問題が起きます。木材が水分を吸ったり吐き出したりする状況をつくるのが、住まい方の知恵です。たとえば日常の窓の開け閉め。からっとした日は窓を開け、じめじめした日は窓を閉めるというのは、木材の水分調整の理にかなっているのです。

ところで、昔の大工さんは木材の乾燥と伸縮の関係をちゃんと知っていて、十分に乾燥した材を使うか、含水率が高い材を使う場合は棟上げが終わってもすぐには仕上げをしないで、数か月間放っておきました。木の中に水分をたっぷり含んでいる生材の状態では、後で収縮したり狂いがでてしまうので、その間に本を十分乾燥させていたのです。しかし、現代はそうした時間をとることはなかなか難しいので、前もって乾燥させた木材を使うようになっています。

## 090715 ⑥

### 木が腐るわけ

水が腐るのは、腐朽菌によるものです。腐朽菌がつかないようにするためには、水分が停滞しないようにすることが大切です。たとえば、浴室と続く洗面所の木の床は、濡れたらすぐに水を拭き取る、あるいは床・壁が木の浴室は使用后、窓を開けて換気を図る、といった日頃の心配りが長持ちさせる決め手になります。

かつて、ある市営住宅で同じ間取りのお宅を調査したら、同じ年月を経た家とは思えないほど、様子が違いました。一方はすっかり傷んでいたのに、もう一方はまだ新築のような美しさを保っていました。これは住んでいる人の日々のほんの数秒の心づかいの差によるものなのです。

ミイラが入っていた紀元前2千年の本の棺が、ピラミッドの中から新品同様に発見されたことから、水の管理さえきちんとすれば、腐らないことがわかります。腐朽菌が生育する条件は、酸素と適度な水分、適当な温度、養分があることです。この4つの条件のどれ一つが欠けても、腐朽は起こりません。酸素を絶ったり、温度をコントロールすることは難しいですし、木そのものが養分なのでそれを絶つことはできません。ですから、水分の管理が腐朽菌の生育を抑制するポイントになります。含水率でいえば、20%以下ならば腐りませんし、木材は腐らなければ強度が低下することはほとんどありません。

これを木の側から考えれば、もし腐朽菌が活動しなければ腐らないということです。しかし条件さえ整えば腐るので、将来、廃棄できるということになるのです。現代は、FRPのように腐らなくて困っている材料は多々あります。腐ったり燃えることはとても重要な性質です。腐朽菌に対しては私たちが使用している間は、「今はこちらのテリトリーなので、居てもいいから、悪いけどちょっと繁殖を我慢しててくださいね」ということなのです。そうして、やがて役割を終えたら、燃烧や腐朽菌で分解してもらい、木は自然に戻っていくのが、本来の姿。抗菌剤などですぐに何でも排撃するのは、生態系を乱す可能性があります。

このことをみても、長所は最大の欠点であり、逆に欠点は最大の長所といえることがわかります。常に両面を待っていますから、片方だけで判断するのは危険です。それを活かすも殺すも入間次第といえるでしょう。

## 090717 ⑦

### 木はさまざま

木材とひと言でいっても、樹種によって性質は大きく違います。また、同じ樹種でも生まれも育ちも違えば、強度も違い、ひとつの樹幹の中であっても場所によって強度は違ってきます。木は生命体として生きてきたのですから、ばらつきがあるのは当たり前です。ですから、それぞれの個性を活かして使うことが大切なわけで、強さに関しては強度等級区分(日本農林規格)というものがあります。ここで注意しておきたいのは、弱い

が駄目なのではなくて、弱いなりに使うのが人間の知恵だということです。特徴を知って、使う場所や材のとり方をわかまえることが大切です。

## 比重が大きいほど強度がある

まず、木材の比重はとても重要です。比重は密度といってもいいのですが、単位体積当たりの目方のことです。木材は多孔質物質で、細胞内には空隙がたくさんあります。仮にその空隙全部を除いた体積で、木材実質の比重は樹種によ差はほとんどなく約1.5となり、水に沈みます。この比重のことを真比重と呼んでいます。一般に用いるのは空隙を含んだ比重ですが、建築に使う木材の比重は0.3~0.7位で、平均0.5前後。スギ、ヒノキは0.3~0.4位です。ちなみに、一番小さいのは0.1のバルサ、大きいのは1.3のリグナムバイタです。どちらも外材ですが、木といってもさまざまであることが、ここでもよくわかります。

このように樹種によって比重は違いますが、これはつまり空隙の割合の差といえます。一般的には、比重が大きいということは空隙がないこと、比重が小さいのは空隙だらけと考えていいでしょう。比重が大きいものほど強度的には優れ、たわみにくいのですが、一方で、木材実質が多いぶんだけ、その伸縮も大きくなって狂いやすいといえます。

また、比重が大きいものは熱伝導率が大きいため、比重の大きなナラなどは、冬、触った時に堅く冷たく感じますが、比重の小さいスギなどはむしろ温かみを感じます。熱を伝えにくいほうが、手から失われる熱が少ないからです。針葉樹はだいたい比重が小さいものが多く、軽く狂いにくいいため、建築用材として扱いやすいといえます。

## 090718 ⑧

### 方向によって強さが違う

木材は、方向によっても強度や水分による伸縮が違います。樹木が上に生長していく方向を繊維方向(縦方向)、年輪に対して直交する方向を半径方向、年輪に接する方向を接線方向といいます。強度的に最も強いのは、木材の分子が縦方向に長くつながっている繊維方向です。湿度変化による伸び縮みも、針葉樹の場合、繊維方向の伸びを1とすると、半径方向では約5倍、接線方向では10倍になります。この収縮の不均一性により、狂いや割れが生じます。

### 部位によっても強さが違う

次に、一本のスギを例にその部位による強度の違いをみてみましょう。スギは、芯の部分がいちばん弱く、同じ荷重を与えた時のたわみも大きい。赤身から白太へ、つまり外側にいくにしたがって、たわみは少なく、強度も上がっていき、およそ20年輪くらいのところから強度は安定してきます。芯が弱いのは、そこは未成熟なので年輪幅も広く、繊維が寝ているため、狂いやすく、強度が不安定なのです。

ところが、大工さんは柱や梁には芯持ち材がいいといいます。芯は弱いのになぜなのか不思議に思われるかもしれません。これは、大工さんは断面の大きな柱や梁の場合をいっているからです。それならば弱い芯は中心にあり、その周りを強い部分が覆っていて、芯を中心に年輪が左右対称になっているので、狂いにくいともいえます。したがって単純に、芯持ち材といっても、断面の小さな材では大部分が芯の未成熟材になってしまい、強度はあまり期待できません。耐久性は赤身の方が白太より一般的に高い。状況に応じて使い方を工夫することが望ましいのです。

## 090719 ⑨

### 木は鉄よりつよい？

木材は他の材と比べて、軽くて強いといわれています。引張り強さとは、1cm<sup>2</sup>の断面の棒が何kgの重さに耐えられるかという数字、圧縮強さは、1cm<sup>2</sup>の断面のサイコロをつぶすのにどのくらいの力が必要か、という数字です。

木が鉄より強いわけがないと驚かれると思いますが、これは重さ当たりの強さで比べているからなのです。

つまり、重さ当たりの強さで比べると、引張り強さ、圧縮強さのいずれも木のほうが鉄より強いということです。

重さ当たりの強さにどんな意味があるかというと、同じ建物をつくるときに軽くできるということです。地震力は自重に加速度を掛けたものですから、建物が軽いということは、建物にかかる地震力が小さいということになります。同じ体積のコンクリートと木材を比較すると、コンクリートのほうが4～5倍重いので、それだけ地震力も人きいといえます。また、建物が軽ければ、基礎工事をさほど大げさにしなくても済むということも利点です。

## 090720 ⑩

### 木材は火に強い？

木材は燃えて、二酸化炭素と水になります。しかし燃えるからといって、弱いというわけでは

りません。

まずここでは、木が燃える行程を考えてみましょう。木に水分があるうちは、熱しても100℃以上になりません。水分が蒸発して無くなったときに、温度が上がって100℃を超え、さらに温度が上昇して260℃に達したとき、分解してガスが発生し、口火を近づけると、火がつきま  
す。この温度を火災危険温度といいます。ただしこれは、木材そのものが燃えるのではなく、木材から出ている可燃性の分解ガスに火がつくのです。台所火災で、天ぷら油が燃えるのではなく、分解ガスに火がつくのと同じことです。含水率が高いと水分をとばすのに時間がかかるので、危険温度に達するまでに時間がかかります。異常乾燥注意報は木材の含水率からきているのは、このためです。

この段階では、口火を近づけなければ火はつきませんが、さらに温度が上がって約450℃で自然発火して、約500℃で灰になってしまいます。

木材は空気をいっぱい含んでいるので、熱を中に伝えにくく、しかも酸素が供給される表面からゆっくり燃えていきますから、急に強度が落ちることはありません。熱により木材の断面が炭になって失われていく速度は、1分間で約0.7mmですから、30分で失われるのは約21mm。25mm あれば燃え抜けるまでの時間を稼げますから、火災が起きても逃げることができます。天井に厚い板を使えば、火の拡大を遅くすることができますし、断面の大きな木材を壁に使う板倉も同様の効果があります。これは、木材は燃えるということを前提に、できるだけ太く厚く使う知恵です。

ところが、アルミはある温度になると溶けるので、急激に強度が落ちてしまいます。鉄は高温になると軟らかくなってしまふので、熱が伝わらないように披覆して、火災時の安全性を確保しているのです。

## 090721 ⑪

### 熱伝動率と断熱効果

熱伝導率は熱の伝わりやすさを示す単位ですが、木材は鉄やコンクリートと比べると、熱伝導率はかなり低いといえます。熱伝導率が低いほど熱を通しにくいので断熱性が高くなります。木材には空隙がいっぱいあり、そこに空気をたっぷり含んでいるので、その空気が熱伝導を妨げるからです、つまり木材は、優れた断熱効果をもった材なのです。

以前、マウスで実験をしました。木、コンクリート、金属の箱でマウスを飼い、子供を産ませ、その生長や行動を調べたのです。外気温が25～26℃のとき、木の箱では子マウスの生存率は90%、金属の箱では50%、コンクリートの箱では4～5%という大きな差が出ました。これは、材料熱伝導率が直接関係する問題です。

その材料を通して熱を奪われるか否かで差が出たといえます。問題は、それがマウスの行動にどのように影響を及ぼしたかということです。赤ちゃんマウスの熱が奪われることだけでなく、発育の遅れは母マウスの授乳時間にも関わっているのです。母マウスは腹ばいになって赤らんにお乳を与えますが、金属やコンクリートの箱では体が冷えてしまい、授乳時間がとても短くなります。しかも授乳中に母マウスが動いてしまうので、赤ちゃんが周りに散らばってしまいます。普通は母性本能から子供をすぐにかき集めるのですが、子供が熱を奪われて冷たくなっているのでは、集めようとしません。

以上の結果は、外気温 25～26℃のときで、30℃になると生存率に差は出ませんが、それでも生長の度合いが違います。冷える環境では、内臓の発達が非常に遅れます。このように外気温の影響は大きいのですが、外気温が 20℃になると、木箱のマウスはすこし残るものの、いずれのマウスもほとんど死んでしまいます。

もちろん実験はマウスですから、我々人間にそのままあてはまるとはいえませんが、参考にはなります。事実、熱を奪われるとストレスが生じ、落ち着きがないことが認められています。そのような現象は、木造校舎とコンクリート校舎の比較でもそうした差異が出ているといわれています。

ですから、心地いい部屋をつくるためには、ただ暖房温度を考えるというのではなく、肌に直接触れる素材をもっと慎重に考えたほうが良いと思います。

090722 ⑫

## 木の床のよさ

人間に関しては、床の材料によって、ひざなどの温度がどのくらい下がってくるかを測った例があります。それによると、木の床では最初は足の温度がちょっと下がっても、時間が経つと徐々に上がってきます。しかし、コンクリートの床では熱がどんどん奪われて、足の温度は下がっていきます。これもマウス実験に通じるものがあると思います。

熱を奪われないようにするだけならば、木の床でなくカーペットでもいいのですが、カーペットはこまめに掃除をしないとホコリやダニの温床になりがちな危険性があります。

また、無垢の木の床はホコリがあまり舞い上がらないというよさがあります。木の調湿作用によって、室内が乾燥してくると、木材が水分を放出しますから、ホコリに水分を与えているようなもの。水分があれば、ホコリは舞い上がらないというわけです。