

# 木材保存

常務理事 今村 祐嗣

第14話

## 木材と熱

### 1. 木材の熱的性質

水分に続いて、材料の物性に大きな影響を及ぼす因子である熱について木材との関係を考えてみましょう。金属材料では熱による膨張収縮が使用上の大きな課題になることがありますが、木材も温度が上昇や低下すると膨張あるいは収縮するものの、その値は水分の吸湿にともなう膨潤や放湿による収縮に比べて著しく小さく、実用上問題となることは少ないといえます。

鉄やコンクリートなどの建築材料と比較すると、木材は熱伝導率が小さく、断熱性が高い素材です。木材の熱伝導率は0.1kcal/mh°Cほどであり、コンクリートの1/10、金属の1/100程度の値です（図14-1）。これは木材が空隙構造に富む細胞組織で構成されているため、密度の低い木材ほど熱伝導率が小さく断熱性が高い傾向にあります。もちろんグラスウールや発泡系プラスチック材料に比べると断熱

性は低いものの、適度の熱容量の値をもっています。断熱性が高く、かつ、熱容量が大きければ、住まいの温度調節には都合が良いのですが、相反するこの両方の特性を程よく備えた材料が木材であるといえるでしょう。

また、木材の比熱は金属に比べて2.5倍ほど大きく、外部から熱を受けても温度上昇はより低い傾向にあります。夏の時期に屋外に置いた金属は手でさわれないくらい熱くなっていることがありますが、それに比べて木材が熱くなりにくいのは、このような温度が上がりにくい特性と比重が低いこと熱容量が小さいことによります<sup>1)</sup>。

一方、木材は温かみのある材料と言われます。20°Cくらいの室内に長く置かれた金属と木材をそれぞれ手で触れてみるとどうでしょう。両方とも同じ温度であるにもかかわらず、金属は冷たく感じられ、木材はそれほど冷たくは感じられません。これは材料の熱伝導率の差によるもので、金属のように熱伝導率の大きい材料では接触部の皮膚からの熱が急速に材料中に移動するので温度は低下し、一方の木材のように熱伝導率の小さい材料では接触部の温度は徐々に上昇することによります。すなわち、人が材料に触れた時に感じる温冷感の主として接触部の温度および界面での熱移動量によって決まると考えられます<sup>2)</sup>。

また、信田 聡氏がベンチ座板の種類（合成樹脂、木材、金属、石材）による利用者の行動を実験したところ、冬期・晴天・日中で

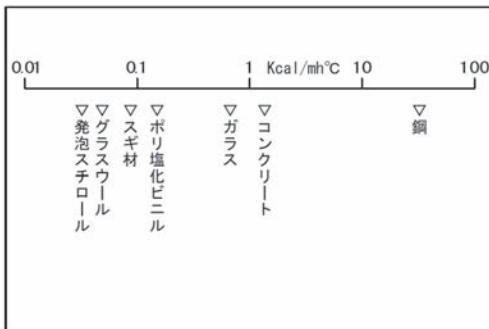


図14-1 各種材料の熱伝導率



写真14-1 座板と背もたれに木材を使用したベンチ

の調査では、合成樹脂、木材が使用頻度、使用時間ともに他の材料を大きく上回り、「温かい」材料は冬期においては好まれる傾向にあると考察しています<sup>3)</sup>(写真14-1)。

## 2. 木材の燃焼

木材を常温から加熱していきまると、まず含まれている水分が蒸発しおよそ100℃で絶乾状態になります。続いて温度を上げると徐々に木材成分の分解がすすみ、150℃近辺になると褐色から黒褐色の色調に変化し、さらに200℃を越えると分解の速度も増して、二酸化炭素のような不燃焼ガスと一酸化炭素、メタンなどの可燃性ガスを発生するようになります。250℃を越えると生成する可燃性ガスも一挙に増大します。

木材表面では直接に空気に触れるため150℃付近でも低温着火する場合がありますが、通常は250℃を越えると発生する可燃性ガスへの引火が起こり、300℃以上になると炎をあげて燃えるようになります。木材表面での燃焼は内部へも進行し、これを炭化あるいは火災の貫通と呼んでいます。

木材は確かに燃える材料ですが、炭化速度は遅く、特に断面の大きな材では表面から火災は出ますが、断面が減少する速度はゆっくりで、建物の倒壊に至るにはかなり長い時間を要します。これは、比熱が高く熱伝導率が

低いこと、熱膨張率が小さいことから割れや変形が起こりにくいこと、さらに表面の炭化層によって酸素の供給と熱の伝達が阻止されて内部が守られることによります<sup>4)</sup>。

## 3. 木材の炭化

上に述べましたように、温度が250℃を越えると木材の分解速度は増し、生成する可燃性ガスも一挙に増大して急激な発熱反応が始まります。そこからまわりを無酸素状態にして着火を防ぎ、さらに加熱していきまると、300～350℃付近ではガスの放出が増え、タール分が生成するようになります。木材の主要成分であるセルロースは200～300℃、リグニンは350～450℃で分解し、その結果、いわゆる「木炭化」が起こります。

通常の木材では炭素の割合はほぼ50%ですが、600℃で焼成した木炭では炭素含量が90%以上に上昇します。寸法もスギでは接線方向で40%、放射方向で30%、長さ方向でも25%も収縮し、重さも1/3程度まで減少します。

さらに温度を上げて1000℃くらいで焼成すると炭素の割合がより高くなりますが、その代表的なものがウバメガシを原料とする備長炭で、火力が強く煙が出ないことから高級な料理炭として使われています(写真14-2)。

木炭はすぐれた燃料ですが、匂いの吸着や水質の浄化、あるいは住宅床下の調湿という



写真14-2 備長炭(ウバメガシ)  
提供：和歌山県工業技術センター 梶本武志氏

はたらきももっています。木炭が高い浄化能力を示すのは、細胞の壁の中に形成された微細な空隙構造と密接に関連していると考えられ、その指標である比表面積（空隙を押し広げた表面積）が高いほど浄化能力は高いとされています。木材の比表面積は1gあたり0.5m<sup>2</sup>程度ですが木炭になるとその千倍以上になります。

木炭を走査型電子顕微鏡で観察すると、細胞の形状や配列は元の木材とほとんど変わらず、気体や液体の通導個所となるピットも観察されます（写真14-3）。しかし、細胞壁の破断面を拡大してみると、きわめて平滑なガラス状の様相を呈するようになります（写真14-3左上）。その内部を観察するにはもっと高倍率の電子顕微鏡で観察しなければなりません。水質や空気質の浄化に寄与する微細な空隙が形成されるなど、木炭特有の特異な構造に変化しているに違いありません。

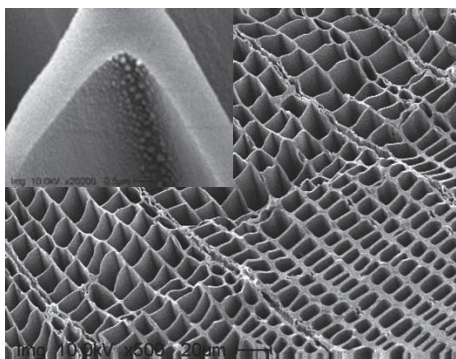


写真14-3 スギ木炭の木口面の走査型電子顕微鏡写真

#### 4. 熱による物性の向上

さて、木材の表面を焼いた焼き杭や焼き板が昔から使われてきていますが、この耐久性はどうでしょうか。炭化した表層はもちろん腐らない安定した部分ですが、その内側の褐色に変化した部分はむしろ腐れやすくカビも生育しやすく、シロアリの被害も受けやすい性質に変化しています。この理由は、100℃

以上になると木材成分の分解が生じ、心材抽出成分やヘミセルロースの変性・分解によって腐朽やシロアリへの抵抗性が低下したためと考えられます。

ただ、200℃以上の高温処理によって寸法安定性や防腐性能が向上することが明らかにされていて、「熱処理木材」としてデッキやサイディングなど屋外に使用するエクステリアウッドに用いられています。写真14-4は熱処理の温度による木材表面の色調の変化を示していますが、左端は処理前、右端は200℃以上で処理した木材です。

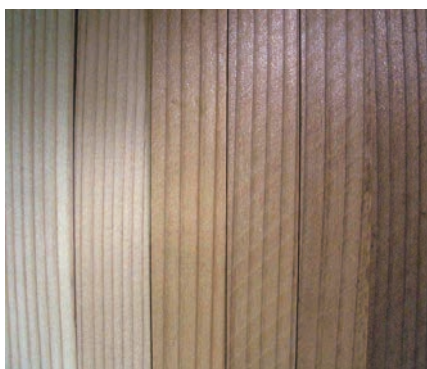


写真14-4 スギ辺材の熱処理による色調の変化  
（左が無処理、右に行くほど高温での処理）  
提供：越井木材工業(株) 森田珠生氏

#### 5. 腐朽と温度

腐朽菌の生育が可能な温度範囲は0～50℃ですが、生育に適する温度となると菌の種類によって異なり、好低温菌（24℃以下、イドタケ、ナミダタケ）、好中温菌（24～32℃、オオウズラタケ、カワラタケ（写真14-5）、カイガラタケ、スエヒロタケ）、好高温菌（32℃以上、ヒイロタケ）に区分されています。

図14-2は腐朽菌の生育速度（培地上での菌糸の広がり程度で評価）と温度の関係をそれぞれの区分の代表的な菌で示したのですが、最適な生育適温は範囲の真ん中よりやや高温側にあります。また、この図では適温を越えて一定の高温以上になると菌の生育は急



写真14-5 伐採された幹から群生したカワラタケのきのこ（子実体）

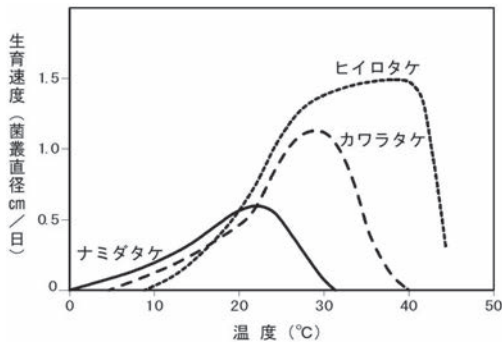


図14-2 腐朽菌の生育速度と温度の関係<sup>5)</sup>

速に低下することが示されていますが、木材の腐朽についてもある温度以上では大きく衰えるなど同様の傾向が認められます<sup>5)</sup>。

木材腐朽菌の多くは好中温菌に入りますが、ナミダタケのように比較的低い温度域でも活発に生育する好低温菌もあります。このナミダタケは前回のコラムでも述べましたように、床下の地中から菌子束を空中に伸ばして大引きなどの上部の乾燥した木材に付着し、土中から水分を得て劣化させます。好低温菌は建築物を腐朽させる菌であることが多く、寒冷地の環境に適応していることがうかがわれます。

## 6. シロアリと温度

シロアリは通常、温暖で高湿度の環境を好み、地球上では赤道域の熱帯地方にその多く

が分布しています。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)。

このうち、イエシロアリは南西諸島から沖縄、九州、四国、瀬戸内地域から近畿南部、東海、関東の太平洋沿岸の比較的温暖な地域に分布しています。一方のヤマトシロアリは世界でもっとも北まで分布しているグループに属しますが、わが国では北海道北部や東部を除き全国的に生息が確認されています。図14-3は大村和香子氏が2013年にアメダス観測地点における各シロアリ種の生息の有無情報をもとにマップ化されたシロアリ生息分布図です<sup>6)</sup>。以前から1月の平均気温4℃の等温線をイエシロアリの分布限界とし、野外での生息の目安となっていますが、おおまかな傾向は一致しています。

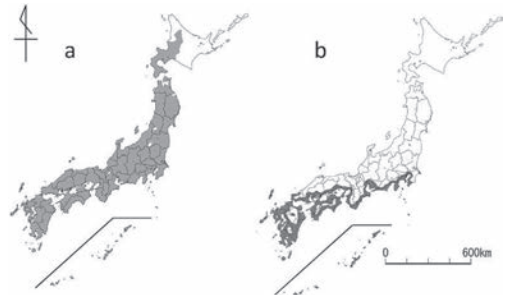


図14-3 わが国におけるシロアリの分布 (a: ヤマトシロアリ、b: イエシロアリ)<sup>6)</sup>

ところで、シロアリが木材を齧る際の微小な変形や破壊によって発生する超音波 (AE) を測定することによって被害を検出する機器が開発されていますが、これを利用することによってシロアリの食餌活動 (写真14-6) への環境条件の影響などを解析することが可能になります。いわばシロアリ聴診器です。シ



写真14-6 木材を食害中のイエシロアリ  
(白い頭部をもつ方が木材を齧る職蟻)

シロアリが木材を齧れば AE 波が発生し、食害活動が激しいほど AE 事象数も増加してくるという原理です。この方法を用いてシロアリの活動への周辺温度の影響を調べた実験を紹介しましょう<sup>7)</sup>。

プラスチックの円筒の中にスギ辺材の木材片を置き、その上面に AE センサを取り付け、28℃の部屋で飼育していたイエシロアリの職蟻150頭と兵蟻15頭を入れ、温度を変化させて測定を行いました。温度を28℃から低下させても20℃くらいまでは顕著な変化はありませんが、17℃付近からは AE の発生は大きく低下し、14℃付近以下になると停止しました。これはシロアリが木材を食害しなくなったことを意味しています (図14-4)。

今度は逆に元の温度まで上昇させますと AE の発生は回復し、35℃付近までは活発な発生

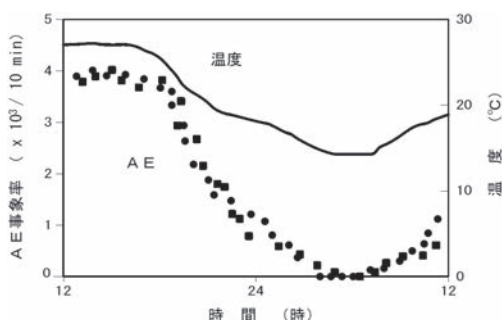


図14-4 シロアリの食餌活動から発生する AE への環境温度の影響<sup>7)</sup>

が認められました。しかし、それ以上の温度になると再び AE の発生は低下し、40℃を越えると再び停止しました。42℃の状態を半日保持してもシロアリは生存していましたが、その後、28℃付近まで低下させてもシロアリは生きているものの、AE はもう発生しませんでした。高温の状態に置かれたことでシロアリの摂食能力が失われたものと推測されました。

ところで、最近、温度を上昇させることによって木材を加害する昆虫を退治する新しい方法が開発され、湿度制御温風処理と称されています。虫害を受けている美術工芸品や建造物を60℃程度まで加温し、この状態で2日前後保持し、その後冷却する手法です。材料中に生息する害虫の成虫、蛹、幼虫および卵のすべてを駆除することが出来、カビなどの菌類にも効果があるとされています。加温時の際の乾燥による部材の収縮、冷却時の結露や吸湿による膨潤をさけるため湿度環境が制御されています。この手法の開発に取り組んだ藤井義久氏の報告によれば、実際の建物を断熱性の高い覆屋で覆って温風を流して検証したところ、害虫駆除の効果は認められ、部材表面の汚染や彩色の変化は認められなかったということです<sup>8)</sup>。

#### 引用文献

- 1) 高橋 徹・中山義雄編：木材科学講座3「物理」、pp.45-47、海青社、1992年
- 2) 佐道 健：農学の未来像を求めて、第5号、pp.25-33、四明会編、1989年
- 3) 信田 聡：森林文化研究、14、25-31 (1993)
- 4) 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年
- 5) 高橋旨象：きのこと木材、pp.90, 91、築地書館、1989年
- 6) 大村和香子：木材保存、41、102-107 (2015)
- 7) 今村祐嗣：木材研究・資料、No.26, 38-60 (1990)
- 8) 藤井義久：月刊文化財、監修文化庁、第一法規(株)、2022年7月号