

No.1 日本で木造住宅に使える木の種類はどれくらいですか？

－外国の木は使えますか？－

世界中の木の種類は、最新の研究では 60,065 種類くらい、中でも針葉樹は数百と言われていますので、広葉樹の種類は数万種ということになります。

しかし、木と呼ばれるものでも、直径が小さかったり高さが低かったりするものもたくさんあり、資源量が少なければ市場には出回らないので、実用的に使われているものを挙げていくと、一般的には世界中で大体 1000～2000 種程度といわれています。それらの中でも特に有用なものは、資源量が多く、材質が優れている、加工性が良い、意匠性が良いなどの性質を兼ね備えているもので、多くのものが各国の政府や研究関係者から図鑑や標本リストなどで公表されています。

ちなみに日本では、全国木材工業組合連合会などが、国産材と輸入されている主な樹種について、樹種の自主表示委員会というものを立ち上げて、web で誰でもが樹種名を検索できるようにしています。

また、木材の外観や組織構造については、国産材については森林研究・整備機構 森林総合研究所の HP を検索すれば、誰でも無料で見るできるようになっています。

木造住宅に使うことが制限されている木は特にありませんが、木の香りが強いもの、例えば檜などは一般的には人気が高いのですが、一方では強い臭いを嫌がる人もいます。また、家具などの木の色については、日本人は比較的白っぽい色を好む傾向がありますが、欧州では暗い色でも構わないなどという人もいます。

輸入材で気をつけなければいけないのは、珍しい樹種や昔から高級材で使われてきて資源量が少なく、ワシントン条約で売買が禁止されている樹種がかなりあることです。マホガニーなどが代表的な例ですが、そのような樹種については、例え販売されていても注意が必要です。

以下に、それらの web サイトを示します。

木材に表示する樹種名（木材自主表示推進協議会） <http://fipcl.jp/jusyumei.html>

木材データベース（森林総合研究所） <http://www.ffpri.affrc.go.jp/database.html>

ワシントン条約付属書（植物界）は以下のとおり

https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/trade_control/02_exandim/06_washington/download/cites_appendices_flora.pdf

文献

- 1) E.Beech et al.(2017) Global Tree Search-The first complete global database of tree species and country distributions-, Journal of Sustainable Forestry, 36,454-489
- 2) 農林省林業試験場木材部南洋材 1000 種編集委員会編(1965), 南洋材 1000 種, 日本木材加工技術協会

No.2 針葉樹と広葉樹とどちらの木が木造住宅に適していますか？

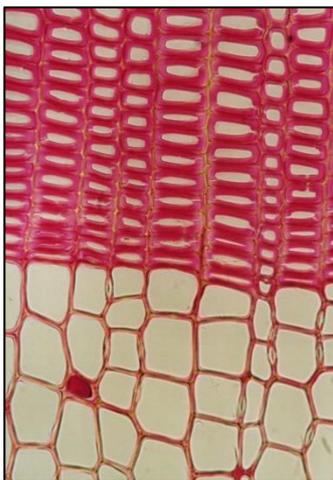
木造住宅に使われている木は、構造用の木材であれば針葉樹が圧倒的に多く使われています。その理由は、針葉樹材は通直で軽い割には強く、造林も容易で多くの資源があるためです。一方で、内装用の木材の例えば床材などには広葉樹が多く使われていますが、資源が枯渇して困っている状況です。

針葉樹材が軽い割に強いのは、その組織構造の特徴のためです。針葉樹材は1年輪内で春にできた細胞壁が薄く直径が大きく軽い細胞からなる早材と細胞壁が厚く直径が小さく重い細胞からなる晩材とに分けることができますが、軽さの部分には早材が、強さの部分は晩材の貢献が大きいためこのような性質になります。通直で軽くて強い材は、加工しやすく運搬や組立でも楽になります。

一方、広葉樹材では、道管の直径は大きいのですが、その他の木部繊維という細胞は針葉樹の晩材と似た形態なので一般に重い材になります。重い広葉樹材は強いので構適用材として用いることは可能ですが、通直な材を手に入れるには大径木が必要で手に入れるのが容易でなくかつ価格が高くなること、重すぎれば構造的に自重を考慮する必要があることなどの問題が生じてきます。

しかし、一方ではキリのように針葉樹の早材のような木部繊維と大きな直径の道管からなる樹種もあり、軽くて狂いが少なく、強度の低い材になります(表参照)。家具材であれば色合いや重厚感などの意匠性や狂いにくさが考慮されて、ダンスならキリ、テーブルではナラやクルミなどが使われます。また、床材なら硬さやささくれ立たない平滑性なども大切になり、ナラやタモなどが好まれます。

また、木材の蓄積や価格の面から見れば、日本の造林木の木材蓄積の約98%は針葉樹、中でもスギは57%で、広葉樹は2%に過ぎないので、針葉樹の方が一般的に低い価格で手に入れることができ、使いやすい材料といえます。



スギの木口面写真
(上側が晩材、下側が早材)

樹種名	全乾密度 (g/cm ³)	樹種名	全乾密度 (g/cm ³)	樹種名	全乾密度 (g/cm ³)
イチイ	0.48	ドロノキ	0.40	クス	0.49
カヤ	0.49	オニグルミ	0.50	タブノキ	0.61
イヌマキ	0.50	サウグルミ	0.42	イスノキ	0.87
モミ	0.40	ハンノキ	0.49	ヤマザクラ	0.58
トドマツ	0.37	ミズメ	0.68	イヌエンジュ	0.55
カラマツ	0.46	マカンバ	0.63	ヒロハノキハダ	0.45
エゾマツ	0.40	アサダ	0.69	イタヤカエデ	0.61
アカマツ	0.48	クリ	0.57	トチノキ	0.48
クロマツ	0.51	シノノキ	0.58	シナノキ	0.47
ヒメコマツ	0.42	フナ	0.62	ハリギリ	0.49
トガサワラ	0.46	ミズナラ	0.64	ヤチダモ	0.52
ツガ	0.47	アカガシ	0.84	アオダモ	0.66
スギ	0.35	シラカシ	0.79	シオジ	0.49
コウヤマキ	0.39	ハルニレ	0.61	キリ	0.27
ヒノキ	0.40	ケヤキ	0.64		
サワラ	0.31	ヤマグワ	0.58		
ネズコ	0.33	カツラ	0.47		
ヒバ	0.42	ホオノキ	0.45		

(日本の木材、1989年日本木材加工技術協会編より作成)

木材の密度のデータの1例

文献

- 1) 日本木材加工技術協会編(1989), 日本の木材, 日本木材加工技術協会

No.3 柱がヒノキ材といわれたけど確かめる方法がありますか？

－木材の樹種の識別はどのように行うのですか？－

Q&A No.1でも述べましたが、一般的に住宅で使われている樹種については、木材表示推進協議会の樹種表示委員会が一般公開している樹種一覧表にしたがって、材料を提供する側が樹種名を表示しています。

しかし、工務店の技術者や大工さんのレベルでさえ木材の樹種の識別が正確にできる人間は多くはないのが実情です。スギやヒノキは日本では多くの大工さん達が使っており、経験的に間違えることは少ないと思われませんが、外国産の木が混じってきたりすると、経験の差によってレベルに違いが出てくる場合も出てきます。できるだけ林地で木の葉がついているうちに樹種を識別しておくことが推奨されますが、材料となってから木材だけをみて樹種を識別するのはそう簡単なことではないのです。

樹種識別の実際について簡単に説明してみましょう。針葉樹と広葉樹との区別はルーペ観察で道管があるかないかで可能ですが(ヤマグルマは広葉樹ですが道管がないという例外的な樹種です)、針葉樹の中では樹脂道をもつもの(アカマツ、ベイマツ、ホワイトウッドなど)とないもの(スギ、ヒノキなど)、分野壁孔という細胞の通路の穴の形、細胞の壁にらせん肥厚があるもの(ベイマツなど)とないもの(カラマツなど)などについて顕微鏡で観察しながら識別することになります。

また、広葉樹は組織構造が複雑で樹種の数も多いので、道管の配列の仕方、道管の内壁のらせん肥厚の有無や形態、道管要素同士をつなぐせん孔と呼ばれる穴の形態、放射柔細胞の形態などで識別することになります。

いずれにせよ、形態学的に樹種識別を行うときには、基本的に科、属、種のレベルでいえば、属のレベルまでしか識別できないのが一般的です。しかし、一属一種の場合や地理学的に種の生態が特定されているような場合には種のレベルまで判定を行う場合もあります。しかし、この場合にもあくまで正確に言えば推定の域を出ないということを知っておく必要があるでしょう。

例えばスギは、ヒノキ科(スギ科)スギ属、スギしかありませんので、スギと鑑定しても良いのです。

しかし、北海道でモミ属の木材が鑑定に出されたときには、マツ科、モミ属にはモミ、シラビソ(シラベ)、トドマツがありますので、自然に成育していた木であればおおらくトドマツと推定できますが、本州から買って来た木材ならシラビソかモミの可能性があるので、鑑定としてはモミ属としておく、などの判断が求められるのです。

樹種識別に関して勉強したい場合には、有料ですが公益財団法人 PHOENIX 木材・合板博物館のウッドマスター中級講習会 ー樹種識別を学んでみようー という講習会が行われています。

文献

- 1) 島地 謙ら(1976) 木材の組織, 森北出版
- 2) (公財)PHOENIX 木材・合板博物館, 講習会活動 HP

No.4 流通している木材の樹種の名前は正確ですか？

一木の名前を呼ぶとき、ホワイトウッドやドイツトウヒとか

いろいろあるけれど正しいのはどれですか？

樹種名というのは、学名で示さない限り、ひとつの樹種であっても例えばウダイカンバ、ウダイカバ、マカバ、マカンバなど色々な和名がついている場合があります。また、和名ではオウシュウトウヒ、ヨーロッパトウヒ、ドイツトウヒと呼ばれているのに、同じ樹種について英名をそのまま使ってホワイトウッドと呼ぶようなものもあります。

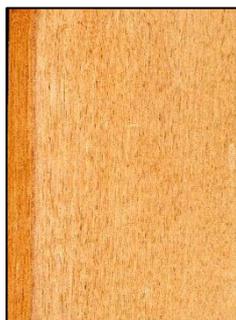
そこで、住宅を建てる人などが困らないように日本では、樹種名の一覧表を木材表示推進協議会の樹種表示委員会が一般公開しています。例えばカバという樹種を調べると、その一覧表では学名のところには *Betula spp.* となっていて、これはカバの仲間のどの木が入っていても良いという意味です。一方、その表でウダイカンバを調べてみると *Betula platyphylla* と記載されています。仮に、材料や製品の樹種についての自主表示がカバと記載されていれば、ウダイカンバも含まれますがシラカバ（シラカンバ）でも良いことになります。両者では、材質的にみればかなり違いが大きいにもかかわらずカバだけの表示では問題がありそうなことがわかります。

なぜこのような表示が許されたかということ、流通ルートに乗ればウダイカンバをウダイカンバやマカバなどと言わずカバで流通、通用するのが一般的であることがひとつの原因です。市場などで良いカバ材であると取引業者が判断すれば、ウダイカンバと見なして高額で取引されるでしょうが、仮にウダイカンバと表示して後にクレームがつけられた場合には、その証明を行うことが極めて難しくなるのです。最終的な証明は遺伝子レベルでしかできなくなりますが現実的には難しいというより不可能に近いといえます。

これらの例でも明らかなように、樹種名を確実に示したいときには、学名を用いるのが最も正確なのです。しかし、業界で流通している木材には通常、学名が用いられることはほとんどありません。したがって、製品に樹種名が書かれていても汎用的な利便性と危険性を併せ持っていることを認識しておくべきです。しかし実用的にみれば、学名で表示するほどの正確性が求められるケースは稀であることも確かです。市場では、表示されている樹種名よりも実際の木材を見ながら評価して取引されるのが一般的だからです。

文献

- 1) 木材表示推進協議会(2020), 木材に表示する樹種名, HP



マカンバ



シラカンバ

No.5 重い木と軽い木があるけど何が違うのですか？

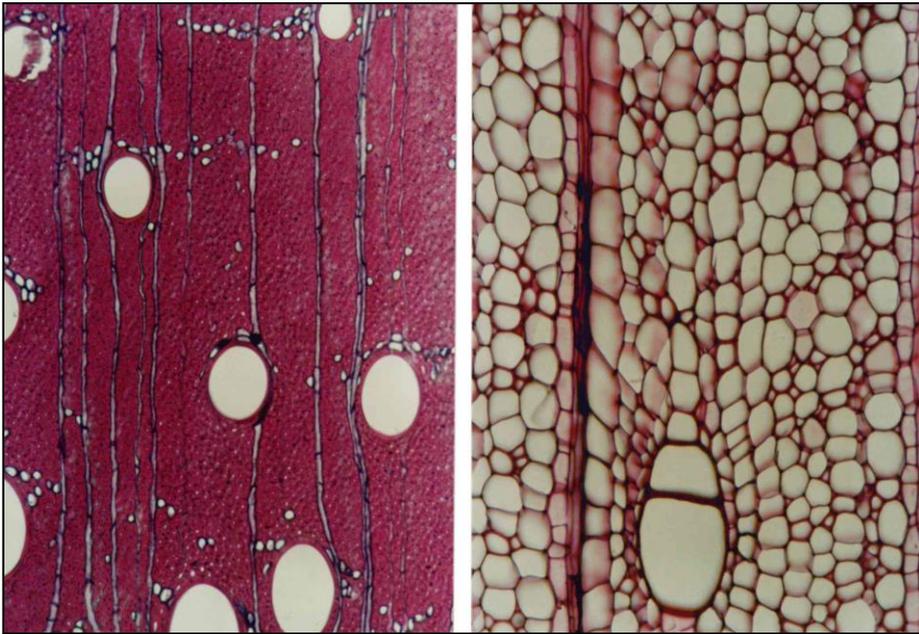
－建築材料としてはどちらがいいのでしょうか？－

木材の重さは、細胞の壁と空隙の量の違いによって変わってきます。どの樹種の木材も完全に押し潰して空隙をなくすると、ほぼ 1.50g/cm^3 になり、水に沈む重さになってしまいます。したがって、樹種による密度の違いは、空隙量の違いということができません。写真に世界で一番重い木といわれるリグナムバイタと軽い木であるバルサの同じ倍率の顕微鏡写真を示しました。赤く染まった部分が細胞壁で白い部分が空隙ですからその違いがよくわかります。

建築材料としては、一般的には強い木がよいので、重い木が有利になりますが、リグナムバイタでは密度が 1.2g/cm^3 ほどになり、強いことは強いのですが重すぎて持ち運び作業が難しくなったり、加工するときには鉋がけや釘打ちが難しくなったり、自分の重みを計算してそれを支える強度を高くする必要が出てきたりするなどの問題も生じてきます。

一方で、軽い木は作業がしやすく加工もしやすいのですが、強度が不足するなどの問題があります。

Q&A No.2 でも述べたように、木材はほどよい重さでほどよい強さのものが良いので、目的に応じた色々な樹種が選ばれて使われているのです。



左：世界一重い木（リグナムバイタ）と右：軽い木(バルサ)の光学顕微鏡写真
同じ倍率ですが、軽い木の空隙(白い部分)が多いことがわかります

文献

- 1) 佐伯浩(1993) この木なんの木、海青社

No.6 日本に生えている樹木のどれくらいの量が住宅に使えるのですか？

—木は足りているのですか？—

日本の森林面積は、約 2500 万 ha で、国土面積の約 67% (約 7 割) を占めています。その中で人工林が造成されている造林面積は約 1020 万 ha と森林面積の 4 割となっており、残りの 6 割が天然林です。

ところが、樹木の量を示す森林蓄積を見てみると、人工林が 33 億 m³、天然林が 19 億 m³ と値は逆転し、人工林の方がはるかに多くなっているのがわかります。(平成 30 年度森林及び林業動向)

また、人工林に占める針葉樹材と広葉樹材の割合を見ますと、針葉樹材が約 98% を占めています。住宅に使う木材は、Q&A の No.2 でも見たように針葉樹材が適していますので、人工林をいかに活かして使っていくかが重要になります。

日本の住宅に占める木造住宅の割合は、2017 年には新設住宅着工戸数が 96 万戸で木造住宅の割合は 57% (約 55 万戸) でした。仮に 1 戸の木造住宅に使う木材の量を 1m² 当たり 0.20 m³ とすると (平成 23 年版林業白書) 1 戸あたりの木材使用量は平均で約 24 m³ となるので、年間に 55 万戸では、約 1300 万 m³ の木材が必要になります。

年間の森林の成長量は、7000 万 m³ 程度ですから、人工林では蓄積割合で単純に計算すると 4400 万 m³ 程度の成長が見込まれ、日本の木造住宅に使う分は 1 年間の人工林の木材蓄積だけでも十分足りているということになります。しかし、国産材の利用率が製材品でも約 5 割程度というのは、Q&A の No.31 でも見たように残念なことです。

文献

- 1) 林野庁(2011) 森林・林業白書(平成 23 年版),15P, (1) 住宅分野 平成 23 年版 林業白書 (林野庁)
- 2) 林野庁(2019) 森林・林業白書 平成 30 年度森林及び林業の動向(平成 30 年版)



天然林(二次林)



人工林

No.7 古民家や昔の武家屋敷のスギの床板などで年輪が浮き上がるように凹凸があるけどどうしてですか？

古民家や城などの長い木製廊下には表面が磨かれたスギ板の床材がたくさん使われています。そのような場所の廊下を歩いているときや散歩していて縁側の廊下を眺めているときなどに、床材に繊維方向に沿った凹凸を見られた経験のある方も多いと思います。極端な例では細かい縞模様のような凹みが認められることすらあります。これらは長年、人々が歩いたり雑巾がけでこすられたりして木材の早材部分が削り取られた「目やせ」という現象です。

針葉樹材では、樹種にもよりますが、一つの年輪の中に、春にできた細胞壁が薄く直径の大きな細胞からなる早材と呼ばれる部分と細胞壁が厚く直径の小さな細胞からなる晩材ができ、スギなどではその密度及び硬さ、強度などが大きく異なります。スギでは、特に早材密度が低く材が柔らかいので、長年にわたり繰り返して擦られたことにより早材だけがすり減って「目やせ」ができるのです。

「目やせ」は、古民家などではひとつの「あじ」ともなっており、風趣豊かな木材芸術ともいえるものとなっています。



スギの床板などの目やせ

文献

- 1) 山林暹(1962) 木材組織学, 森北出版
- 2) 島地 謙ら(1976) 木材の組織, 森北出版

No.8 同じスギでも木材の色が黒っぽいものと白いものがあるのはなぜですか？

木材の色は、辺材であればどの樹種でも一般的に白っぽい色なのですが、心材では樹種固有の色味を持っているのが普通です。例えば、スギなら心材色が赤味を帯びているのが一般的ですが、スギではかなりの割合で赤味に加えて黒っぽい色のものが見られます。このような黒っぽい色の心材を「黒心」といいますが、黒心では色を表すときの明度値（L*）が心材の含水率と負の相関があることが知られています。心材の水分の多いものでは黒っぽい色が強い傾向があるということです。

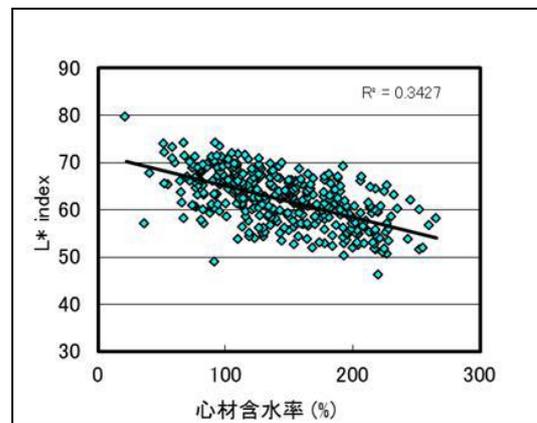
写真のように黒心のスギでは、伐採してから2,3日くらいは真っ黒に近い色になるのですが、乾燥後にはかなり黒みがかかった色の黒褐色に近い色合いになります。黒心は、強度的な性質とは直接的な関係はありませんので、乾燥してしまえば色味が違うだけで材質は赤心のスギと同じですが、丸太の輸送時に重量が問題になること及び乾燥コストがかかることが問題となっています。

過去には谷筋や水際に生えているスギには黒心が多いとの言い伝えがありましたが、近年においては環境の影響よりそのスギ個体が有している遺伝的な特性の影響の方が強いと考えられています。一般的には挿し木で赤心のクローンの苗を植えて育てると、大部分は赤心のスギになることが知られています。

スギの辺材の白っぽい色と心材の赤い色とが入った木材の色は紅白に見えることから、古くから「源平」と呼ばれて親しまれてきました。しかし、一方では黒心を生かして、黒っぽい色を際立させて壁材に使うことなども近年においては考えられています。



スギの赤心と黒心



スギの心材含水率と心材の明度値との関係

文献

- 1) 中田了五ら (1998) スギ生材含水率の個体内樹高方向での変化, 木材誌, 44, 395-402
- 2) 平川泰彦ら (2004) スギ造林木の心材含水率の変動, 木材工業, 59(4) 159-165

No.9 北海道のカラマツ材が30年前には安くて人気がなかったのに、今はとても高く取り引きされているのはなぜですか？ —未成熟材と成熟材—

カラマツでは、髓から15年輪目辺りまでの樹幹の内側の部分においては、それより外側に比べて密度が低いために強度も低く、かつ多くの場合旋回木理と呼ばれるねじれが多いことが知られています。このような樹幹の内側の材質があまり良くない部分を未成熟材、それより外側の材質が安定して問題が少なくなる部分を成熟材と呼ぶことがあります。

未成熟材と成熟材に関しては、例えば密度だけ見てもカラマツでは未成熟材では成熟材に比べて低いのに対し、スギでは逆に未成熟材では高いなど、樹種によっていろいろな性質が異なることが知られており、単純に分けることができるようなものではないという考え方もあります。

しかし、カラマツでは先に述べたような材質的な違いの傾向は一般的といえるもので、人間が木材として利用する場合には、若いカラマツよりはある程度樹齢の高い個体の樹幹の外側の材質が優れていることは確かです。そのために、若齢木であった時代の30年前に造林されていた頃のカラマツは低材質と評価され価格も安かったのですが、近年では樹齢が50年を過ぎるようなものが増えて成熟材が利用できるようになったカラマツが増えてきました。そのために、高強度が必要な合板のフェイス部分や構造用集成材にカラマツを使いたいという事例が増えてきているのです。

しかし、未成熟材と成熟材という言葉は皆さんも聞いたことがあるかもしれませんが、科学的に詳しいことはまだあまりわかっていないのが現状です。



カラマツの旋回木理による割れとユーカリの旋回木理

文献

- 1) 中川伸策(1980) カラマツの母樹とクローンの繊維傾斜度の関係, 林業試験場研究報告, 312, 21-43

No.10 ヒノキにはヒノキチオールが多いので、木材の中では一番耐久性が高いというのは本当ですか？

ヒノキチオール（β-ツヤプリシン）は、耐久性を付与するのに重要な成分であることが知られていますが、最初にタイワンヒノキで発見されたためにこの名がつけられました。しかし、同じ成分（β-ツヤプリシン）が外国でもほぼ同時期にウエスタンレッドシーダーで発見されています。

過去の杭を土中に埋める試験などでは、ヒノキの耐久性がかなり高い方にランクされていたので、国産のヒノキにもこの成分が多いと考えられてきましたが、国産のヒノキではごく最近になって、検出技術が進歩したために発見されたことが報告されており、含有量としては多くないようです。これまでの報告では、量的に多く含まれ、かつ耐久性が高い樹種としては国産材ではヒバと米国産のウエスタンレッドシーダー（ベイスギ）を挙げることができそうです。

一般的に耐久性に関しては杭を土中に埋めて試験した結果だけで判断されるものではなく、シロアリや食害生昆虫への抵抗性なども含めて総合的に判断されるべきものです。ヒノキチオールが含まれている樹種はヒノキの仲間が多いのですが、ヒバ及びウエスタンレッドシーダーは他の樹種に比べてもかなり上位にランクされると考えて良いでしょう。

ヒバは床下の構造材などとしても耐久性が高いことが経験的に知られていて、人気が高く需要があるのですが、造林が難しいので資源量が少なく価格も高いのが現状です。そこで青森県や石川県などではヒバの造林を積極的に進めています。

また、ウエスタンレッドシーダーは、屋外のデッキやテラスなどに利用する場合には、ある種のオイルなどを塗布して利用すると極めて腐りにくいことが知られており、人気が高いので米国から輸入され専門店に取り扱われています。



ヒバ



ウエスタンレッドシーダー

文献

- 1) 松岡昭四郎ら(1970) 浅川実験林苗畑の杭試験(3) 各樹種の野外試験による耐久性調査結果, 林試研報, 232, 109-135
- 2) 松岡昭四郎ら(1974) 浅川実験林苗畑の杭試験(7) 日本産、および南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数, 林試研報, 329, 73-106
- 3) 今村博之ら(1983) 木材利用の化学, 共立出版, 154-157
- 4) 奥田晴啓(2003) 木材抽出成分の抗菌性, 奈良県森技セ研報, 32, 21-28

No.11 丸太から円盤を採るとほとんどのものが乾燥後に割れるのはなぜですか？

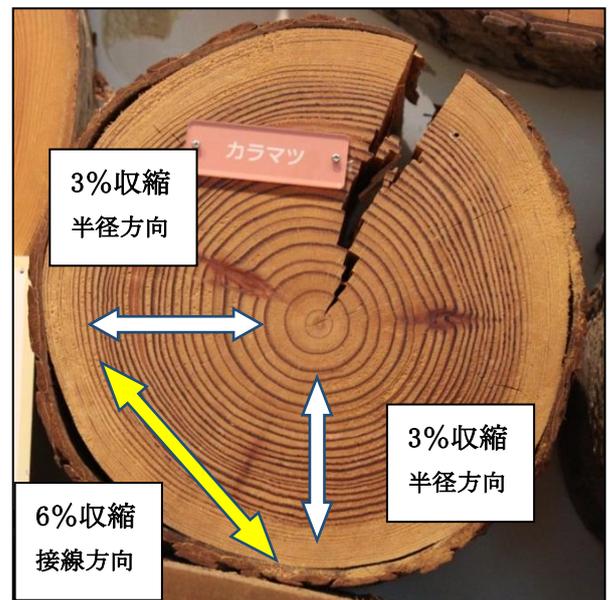
木材は、生材状態では細胞の空隙にたくさんの水分を含んでおり（これを自由水といいます）、飽水状態では含水率が200%を超えることもあります。ところが、乾燥するにしたがって、その空隙の水が減っていくと、含水率が28%以下の状態からは細胞の空隙だけでなく、細胞壁の中に化学結合している水分（これを結合水といいます）が失われていき木材は収縮を始めます。

木材が収縮するときには収縮異方性といって方向によって収縮率が異なる性質があります。最も収縮率が大きいのは接線方向でスギなら最大約5~6%、次いで半径方向で約2~3%、繊維方向が一番小さく0.1~0.2%です。収縮率が異なる理由はいくつか考えられていますが、仮道管などの細胞壁の性質や細胞の配列の仕方などの組織構造が影響すると考えられています。また、重い木と軽い木とでは、重く密度が大きいということは木材実質の量が多いということになるので、それにあわせて収縮率も大きくなるため重い木の方の収縮が大きくなります。

写真のような1枚の木材円盤で考えてみると、木材は乾燥するにしたがって、接線方向（黄矢印）には約6%縮みますが、半径方向（白矢印）には半分の約3%しか縮みません。その結果は、丸太全体では接線方向に強く引っ張られる力がかかることになり、どこかで割れてしまう結果となります。それで、多くの丸太（円盤）の一部の方向には、写真のような割れが入ることになるのです。

樹種	全乾密度 (g/cm ³)	全収縮率(%)			接線/放射		繊維/放射	
		接線方向	放射方向	繊維方向	接線	放射	繊維	放射
スギ	0.34	6.57	2.68	0.19	2.5	0.07		
ヒノキ	0.37	6.43	3.07	0.25	2.1	0.08		
エゾマツ	0.40	9.51	4.11	0.18	2.3	0.04		
カラマツ	0.50	8.61	3.85	0.18	2.2	0.05		
アカマツ	0.52	8.90	4.13	0.20	2.2	0.05		
キリ	0.26	5.16	1.43	0.17	3.6	0.12		
カツラ	0.45	7.53	4.03	0.44	1.9	0.11		
シナノキ	0.49	9.55	6.72	0.25	1.4	0.04		
ブナ	0.50	11.78	4.87	0.42	2.4	0.09		
ミズナラ	0.61	9.47	4.21	0.30	2.2	0.07		
マカンバ	0.69	8.85	5.63	0.56	1.6	0.10		
アカガシ	0.87	12.07	5.58	0.27	2.2	0.05		

(森林総研の1982年データより作成)



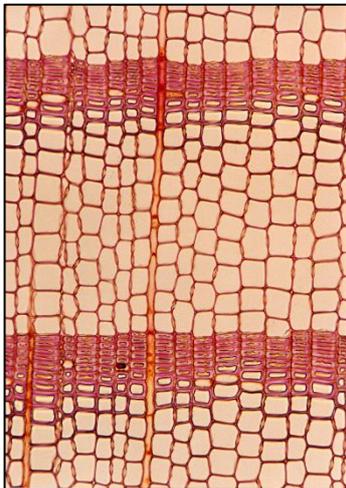
文献

- 1) 森林総合研究所木材部研究資料(1982), 収縮率の測定データ (内部資料)

No.12. 木材の含水率が 150%などと 100%を超えるのはなぜですか?

木材の含水率を表すには、一般的な方法とは異なり、木材の実質の重さに対する含有水分の重さで表現します。例えば生の木材の重さを測り、水の重さが 100g、水を抜いた乾いた木の重さが 100g とすると、 $100 \div 100 = 1.00$ で 100%の含水率となります。一般的な方法では、水の重さに対する水と木材を加えた重さで除するのが普通なので、50%ということになります。また、仮に水の重さが 100g、木の重さが 50g とすると、含水率は 200%となります。これを一般的な方法で計算すると $100 \div 150 = 0.67$ で 67%ということになります。例えば食品中の塩分濃度の計算方法などとは、全く考え方が異なることがわかりますね。

木材の形状を木口面でみると、木材は道管や仮道管などの細胞の細胞壁とそれに囲まれた空隙からなる網の目のような構造であることがわかりますが、そこに水が溜まっていることを想像してみてください。木材は空隙率が高いので、たくさん水を含んだ状態なら、木材そのものよりも水の容積が多く、重たくなることが普通にあるのです（ただし、木材実質の密度は約 1.5g/cm^3 であることには注意が必要です）。写真を見ればなんとなく実感できると思いますが、写真で空隙を満たしている白く抜けた部分に水が溜まっていると仮定すれば、木材の含水率計算の方が実感として捉えやすいことがわかってと思います。



スギの木口面

日本産樹種の生材含水率 (%)

樹種	含水率		樹種	含水率		樹種	含水率	
	辺材	心材		辺材	心材		辺材	心材
(針葉樹材)			(広葉樹散孔材)			(広葉樹環孔材)		
スギ	159	55	ドロノキ	84	165	セシ	102	77
ヒノキ	153	34	ヤマナラシ	104	95	ミズナラ	79	75
アカマツ	145	37	シラカンバ	95	90	コナラ	75	67
サワラ	155	38	ウダイカンバ	77	65	ヤチダモ	53	101
ネズミ	229	57	ミズメ	61	55	アオダモ	45	49
モミ	163	89	ホオノキ	93	52	ハルニレ	73	112
トドマツ天然木	212	76	カツラ	123	76	オヒヨウ	71	94
トドマツ造林木	219	82	シナノキ	92	108			
カラマツ造林木	151	43	トチノキ	123	166			
エゾマツ	169	41						

宮島 寛 (1992)

日本産木材の生材含水率

文献

- 1) 宮島 寛(1992) 木材を知る本, 北方林業会, 1-176

No.13. 台風の大風で傷ついた樹木の木部は自然に修復されるのですか？

樹木が立っていたときに無理矢理台風の風などで曲げられて丸太の内部に生じる割れに「もめ」や「目回り」があります。もめは、水平方向に面的にひろがる割れですが、丸太の側面から見ると細い線に見えます。さらにこのもめがひどくなると丸太を曲げ試験したような状況になり、年輪に沿って割れが入るなど著しい破壊が起こり、それを目回りといいます。このような割れが一度でも入った木材は、修復されることはないのだからばらばらに砕け、バルク（かたまり）の木材として利用するのは不可能となるので注意が必要です。

「もめ」や「目回り」による傷が生きている樹木の木部であるのに修復されないのはなぜでしょう？ それは、樹木の木部の中でも心材の部分は全ての細胞が死んでおり、死細胞のなきがらである細胞壁だけからできているために、細胞を修復することや再生する機能がないことによります。また、辺材でも生きている細胞はわずかに10～15%程度で、それらの生きている細胞にも傷を修復するような機能はありません。

細胞の分裂や細胞壁の形成を行えるのは、樹木の樹皮と木部の間にある形成層という部分だけといってよく、形成層が関与できる部分以外の修復はできないといえます。例えば、樹皮の一部が傷ついて「入り皮」ができることが知られていますが、その場合には形成層の細胞が分裂を繰り返して傷を包み込んでいくのです。

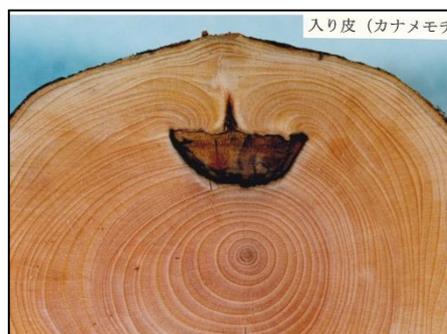
同じ割れでも乾燥割れの方が大きな問題なく木材を利用できることを知っておくことが重要です。



もめ



目まわり



入り皮

文献

1) 木材・樹木用語研究編(2004) 木材・樹木用語辞典, 井上書院

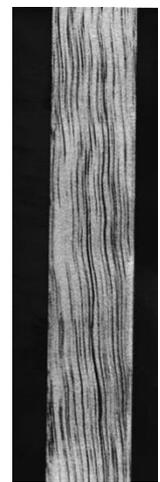
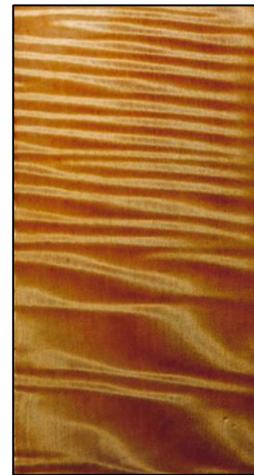
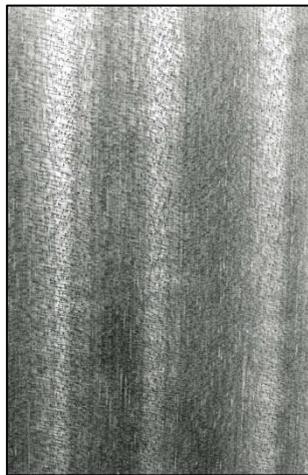
No.14. 木材に自然に現れる木目以外の模様はどうしてできるのですか？

木材には柾目面と板目面とで異なる縞模様が現れ、これらは年輪が木取りの違いによって現れることは一般的に良く知られています。年輪幅を揃えるように育林すれば、柾目面ではきれいに幅の揃った縦縞模様となり、過去には木目を揃えた大径材の外側からやや追い柾で木取りした四方柾という四面が柾目の材が珍重されたこともありました。

一方、むしろ枝やこぶなどの存在で年輪が乱れ、丸い紋様を描くようなものも珍重されており、クロガキのように心材色が模様状に現れるもの、ヴァイオリン杵のように縞状の筋が現れるものなどがあり、これらをまとめて杵と呼んでいます。

リボン杵は、帯状のリボンが交互に縞模様状に現れますが、交錯木理という繊維走行の違いを反映した組織が形成されるためです。また、ヴァイオリン杵は、縮み杵、縮緬杵などと呼ばれるものと成因は同じで、写真のように繊維が褶曲して存在するときに、鉋がけするとある面だけが繊維と平行な面が現れることにより光沢が生じ、美しい縞模様が現れたものです。カエデの根元部分やクスノキなどに現れやすいことが知られています。

クロガキは床の間の床柱として珍重され、模様が美しいものは1本が数十万円以上のものもありますが、黒い心材色がさまざまな模様をなしたものです。床柱で思い出されるのは、絞丸太で、絞り丸太とも呼ばれますが、丸太の表面に自然の凹凸が生じたものを砂などで磨き上げたものです。最近では、釘状のものを表面に巻き付けて人工的に作る人工の絞丸太が多くなっていますが、近年の洋風建築の増加により需要が大きく落ち込んでいるのが惜しまれます。



交錯木理による断面 交錯木理により現れたリボン杵 ヴァイオリン杵と繊維の褶曲

文献

- 1) 木材・樹木用語研究会編(2004) 木材・樹木用語辞典, 井上書院

日光東照宮の建設にはプレカット木材が使われていた！

角川書店から刊行されている角川文庫「日本史探訪 13 幕藩体制の軌跡（昭和 59 年）」という本に、江戸時代の木造建築に関わる興味深いことが書かれています。

以下には、抜粋でそれらを引用します。

日光の東照宮は、寛永 11 年（1634 年）の冬に着工され、わずか 91 平方キロメートルの区域に 23 棟の建造物を造営しましたが、この工事はわずか 1 年 5 ヶ月で終わったことが知られており、この記録的な早さがいまだに人々の間で驚きの的になっている。

当時の決算報告書によれば、総額は金 56 万 8 千両、銀 100 貫目、米 1 千石、金箔は 250 万枚、買い入れた材木総数は 14 万本、工事に携わった人数は延べ 454 万人、1 日平均 1 万人とされている。

造営の記録的早さについて、昭和 25 年からの大修理に携わってきた日光社寺文化財保存事務所、建築技師竹原竹治郎氏の言として、「あそこでは、あれだけものはできませんね。日光には、広場というものがほとんどないのですから。あれを建てるのに要した材木の数というのはたいへんなものです。ですから、私もたぶん材木を刻んだものを運んできたのだろうとは思っていましたが、たまたま、昭和 36 年に消失しました本地堂の復元工事に携わった時、解体いたしましたして、その具材を点検いたしました。

そうしましたら、鴨居と長押とが重なり合う所まで、彩色の文様がちゃんと入っていました。本来ならば、鴨居と長押の境目までしか彩色の文様は入らないはずなんです。つまり、現在やっている仕事の順序ですと、鴨居と長押とを組み合わせるわけですから。

そういう痕跡がありましたところから推理しますと、おそらく具材ごとに、彩色するものは彩色し、漆を塗るものは漆を塗って、そして日光へ持ってきて、この地で組み立てたのではないかと、というふうに考えられるわけです。

それから、焼け残った材木の中に、江戸神田何々と書いたものが相当出てきています。それですから、やっぱり江戸の木場あたりで集積し、下ごしらえしまして、そして利根川の水路を輸送して、それから陸上げをして、この日光の地へ持ってきたのではないかと考えられるのです。（この部分は原文のまま引用）」

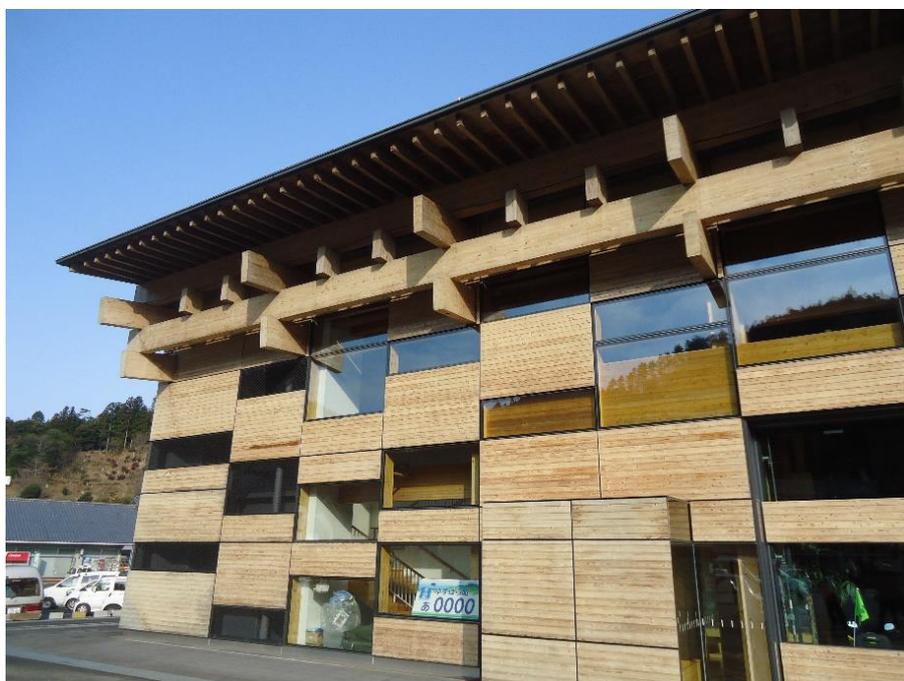
要するに、江戸時代から建築物の造営には、現在で言う「プレカット」が行われており、彩色まで施した上で現地組み立てが行われていたのです。また、未乾燥材ですと組み立てる段階までに木材の狂いが生じやすく問題が生じるので、設計時には木材の乾燥具合など綿密に準備が行われていたものと考えられます。日本における古代建築の技術レベルの高さには驚かされることが多いですが、これもそのひとつの例といえます。

文献

- 1) 角川書店編(1984)、日本史探訪 「13 幕藩体制の軌跡」

No.15. 木製の窓枠とアルミサッシの窓枠の何が違うのですか？

木製の窓枠とアルミサッシの窓枠の大きな違いは、断熱性能です。アルミニウムは木材に比べると、はるかに熱伝導率が高い(熱が伝わりやすい)という性質を持っています¹⁾。そのため、アルミサッシの断熱性は低く、部屋の中と外で温度差が生じて結露が発生しやすくなり、室内の温かい空気も窓から逃げていきやすくなります。一方で、木材の細胞構造は空気を保ちやすいという特徴があり、断熱性が高い材料です。木製サッシの内窓を施工することで、省エネルギー効果があったという実験結果も報告されています²⁾。木製サッシの構造や性能、メンテナンスなどについては、最新の事典に詳しくまとめられています³⁾。さらに、木製の窓枠を使うと、見た目の良さや触れても冷たさを感じにくいなどの居住快適性に関わるメリットもあると考えられます。



高知県梶原町の役場の総合庁舎の木製サッシ

文献

- 1) 平成 28 年度省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説(2012), 平成 28 年度省エネルギー基準解説書編集委員会, (財)建築環境・省エネルギー機構, 東京, pp.3-34-35
- 2) 信田聡, 田中生, 安藤直人, 加藤禎宏(2012). 木製内窓施工による窓の断熱性改善. 木材工業, 67(9), 394-397
- 3) 朝倉靖弘(2019). 木製サッシ. 最新木材工業事典, pp.111-112

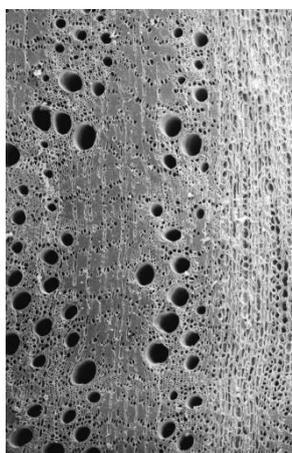
No.16 学者の先生が木炭は湿気の調節をされると言っていたけれど本当ですか？

木炭は古くは燃料として使われてきましたが、近年、木炭が持つ吸着性能を活かして消臭や調湿、水質浄化などの用途で広く利用されています。木炭の吸着性能には、多孔質と呼ばれる無数の穴が作り出す広大な内部構造とその表面性状が大きく関与していますが、それらは、原料や炭化温度などの製炭条件により異なってきます。例えば、ヒノキ木炭は600°Cで炭化したものが最も調湿性能が高かったと報告されています¹⁾。アカマツ木炭は炭化温度600-800°Cで最大の調湿機能を発揮し、モウソウチク炭では700°Cで最大の調湿能を示し、それより高温で炭化されたものでは、炭化温度の上昇とともに吸湿量が減少すると報告されています²⁾。また、炭化炉の構造や酸素や二酸化炭素濃度といった炉内の雰囲気、比表面積(重量当たりの表面積)や細孔容積に影響すると報告されています³⁾。

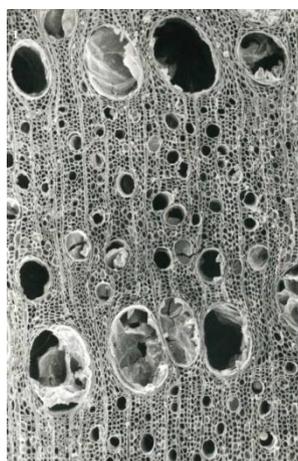
木炭には湿度が高いときに吸湿し、湿度が低下すると放湿する調湿作用があることが知られています。住宅のなかでも床下は最も湿気がこもりやすく、木を腐らせる腐朽菌やカビの繁殖などが進み、大きな問題になることがあります。そこで木炭の機能性に着目して、不織布に入れた木炭を床下に敷き詰めて、敷き詰める前から敷き詰めた後1年かけて温度と相対湿度が測定されました。その結果として、木炭により床下の内部を調湿できることが明らかにされております⁴⁾。木炭の種類や利用方法などについて、最新の事典にも詳しくまとめられています⁵⁾。

文献

- 1) 安部郁夫, 岩崎訓, 岩田良美, 古南博, 計良善也(1998). 木炭の製造方法と吸着特性の関係. 炭素, 185, 277-284
- 2) 谷田貝光克(2005). 未来を担う新素材—木炭. 木材学会誌, 51(1), 62-63
- 3) 浅田隆志(2009) 木炭及び竹炭の製炭条件と吸着性能. 木質炭化学会誌, 6(1), 3-8
- 4) 森川岳, 末吉修三(2003). 建築廃材木炭で床下の調湿. 森林総合研究所平成15年度研究成果選集, pp.48-49
- 5) 森川岳.(2019) 木炭の利用. 最新木材工業事典, pp.161-162



ウバメガシの木炭 (備長炭)
の走査電子顕微鏡写真 (木口面)



コナラの木炭の走査
電子顕微鏡写真 (木口面)

No.17 木製玩具を使うと子供の成長に良いと聞くけど根拠はあるのですか？

幼児教育における木製玩具の使用は明治以降であり、ドイツの児童教育学者であったフリードリッヒ・フレーベルが、遊びながら学ぶという考え(恩物)を広めて以降、教育玩具が幼児教育に取り入れられることになったようです^{1,2)}。木製玩具は、積み木のようにシンプルな形状のものが多いですが、それらを組み合わせて造形物を創ったり、それらを使ってごっこ遊びをしたりすることで、想像力や創造性、表現力を豊かにする効果があると言われていています。この点に関して、木製玩具を使った遊びが、手先の発達や創造力や考える力などの能力の発達へ効果があると報告されています²⁾。また、乳幼児の発達段階と遊びの種類、その効果についても詳しく調べられており、報告の中では、成長段階に沿った代表的な木製玩具が紹介されています³⁾。

木材の持つ特徴から木製玩具について考えてみると、木材は他材に比べて熱伝導特性が低いという性質があります。また、自然素材であるため、よく見ると、木目や色、香り、節の形状などの特徴が少しずつ違ってきます。子供たちは、見たり、嗅いだり、触ったり、音を聞いたり、五感を刺激するものに接することで、心や身体の成長が促されます。木製玩具に触れて温かみを感じ、心地良く、長く遊ぶことで、子供たちの複数の感覚が同時に刺激されるという効果が期待されます。そのことは子供たちの成長にとって有益であると考えられます。これまでに、木材の特徴を活かした玩具を試作して子供たちの様子を評価した研究や、保育者に対して木製玩具のニーズなどを調査した研究が、報告されています^{4,6)}。その中で、子供たちが玩具に興味を示して長い時間遊んでいたことが示され、比較的単純な形状の木製玩具が遊びの多様性を生み出す可能性についても指摘されています。

文献

- 1) 奥村和則(2008) 木製玩具と制作に関する一考察. 岐阜市立女子短期大学研究紀要, 57, 93-98
- 2) 林秀紀, 榎勝彦, 井上勝雄(2018) 木育玩具の分類とその教育効果の調査分析. 日本感性工学会論文誌, 17(4), 489-497
- 3) 林秀紀, 榎勝彦, 井上勝雄(2019) 木育玩具による遊びと子供の発達の対応分析. 日本感性工学会論文誌, 18(4), 321-329
- 4) 中里真之, 馬場光敏(1998) 幼児教育支援のための木材加工について-木の玩具の製作を通して-. 東京学芸大学紀要, 50, 23-27
- 5) 浅田茂裕, 前原友希, 菊地唯, 小田倉泉, 吉川はる奈(2012) 未利用資源を活用した幼児教育用木製品の開発. 埼玉大学紀要教育学部, 61(1), 1-9
- 6) 奥野信一, 畑田耕佑, 岳野公人(2015) 雑木・間伐材を用いた幼児用玩具の製作と評価. 福井大学教育地域科学部紀要, 6, 303-312



木のおもちゃ
(木材・合板博物館)

No.18 ヨーロッパの人は黒っぽい木材、日本人は白っぽい木材でできた部屋を好むと聞いたけど本当ですか？

部屋の構成要素である壁や床、天井にどのような材料を用いるかで、随分と部屋全体の印象が変わります。日本人を対象として木材の色と印象との関係を調査した研究では、明度の高い木材は軽やか、美しい、すっきりとした印象をもたらし、明度の低い木材は重厚な、深みのある、落ち着きのある、渋い、豪華な印象をもたらす¹⁾ことが分かっています。

直接的な答えとはなりません、マホガニーやウォールナットは、赤褐色や暗褐色と評される落ち着いた色合いや重厚な木目を持ち、高級な銘木として知られています。歴史的にみると、それらの材は、16世紀以降のヨーロッパの宮殿や貴族の城の調度品としてよく使われてきたようです。また、ウォールナットに加えて、エボニーやローズウッドなど色の濃い材料や、灰色や茶色系の着色仕上げは、現在のヨーロッパでも、高級家具などに広く使用されています。黒っぽい木材は長く愛され続けている材料であり、伝統的に、部屋に重厚感を求めるヨーロッパの人は、それらの木材を内装に用いることを好むのかもしれませんが。

一方で、色彩嗜好の国際比較調査によると、日本をはじめアジアの国々では、嗜好色の上位に白が入っていたとの報告があります²⁾。また、日本人は古くから信仰的に白を神聖な色と考えており、そのことが、白が好まれる背景にあるのではと指摘されています²⁾。木材に関しては、日本最古の木造建築である法隆寺の柱はヒノキであり、神社仏閣の建築材料の一つとして、伝統的にヒノキが使われてきました。ヒノキの色調は淡黄白色～淡黄褐色であり、耐久性や美しい光沢、特有の香りなど、優れた特徴を併せ持つ材としても知られています。現在の日本でも、神棚や神具、ヒノキ風呂、高級な建材や建具など、多くの用途で利用されています。また、白色は、清潔さや純粹さといった印象を与える色です。文化・伝統的な背景に加え、部屋に清潔感を求める日本人は、そのような色調の木材を内装に用いることを好むのかもしれませんが。

文献

- 1) 増田稔(1985). 木材のイメージに与える色彩および光沢の影響. 材料, 34(383), 972-978
- 2) 斎藤美穂(2016). 色と文化と心—色彩嗜好の国際比較から. 水の文化, 55号, 12-14



マホガニー



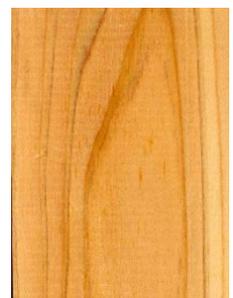
ウォールナット



エボニー (黒檀)



ローズウッド (紫檀)



ヒノキ

No.19 学校給食で木材の食器がいろいろらしいけど本当ですか？

－食器は木材で作れますか？－

平成18年度まで3年おきに行われていた、学校給食における食堂・食器具使用状況調査のうち「食器の材質別使用状況の推移」によると、学校給食用食器はポリプロピレンや陶磁器がダントツで多いです。木製の給食用食器の使用状況については、調査が開始された平成6年から少しずつ増加し、平成18年度では調査校の0.5%の学校が使用している状況です（調査対象は公立の小・中学校で、計3万校以上）¹⁾。例えば、岩手県の九戸郡や北海道の置戸町、神奈川県の小田原市などの小・中学校で使われているようです。材料となる木材の種類は主にケヤキやトチ、アカマツなどで、飯椀、汁椀、皿、箸などが作られています。

学校給食用の木製食器については、他の食器に比べて保温性に優れており、汁物の温度を保ち美味しく食べることができるという特徴があります。また、木材は熱伝導特性が低く、熱い汁物を入れた直後でも食器表面が熱くならないため、子供たちも安全に配膳することができるという利点もあります。子供たちも木製食器を好意的に捉えており、手で触れた時の心地良さから子供たちが食器を手にとって食事をするが増え、結果として食事時の姿勢が良くなったと報告されています^{2,4)}。さらに、学校給食用ではないですが、木製食器を使うことでリラックスしコミュニケーションが促進されたという報告もあります⁵⁾。このようなことから、木製食器は、子供たちが美味しく楽しく給食を食べることを手助けすると考えられます。

食器の材質別使用状況の推移

(公立)

各年5月1日現在

区分	給食実施校	ポリプロピレン		陶磁器(強化磁器を含む)		ステンレス		強化耐熱ガラス		ガラス		木		その他		
		学校数	%	学校数	%	学校数	%	学校数	%	学校数	%	学校数	%	学校数	%	
合計	平成6年	31,235	12,952	41.5	3,121	10.0	3,462	11.1	1,904	6.1	49	0.2	119	0.4	262	0.8
	平成9年	31,234	10,674	34.2	4,112	13.2	2,797	9.0	1,663	5.3	25	0.1	106	0.3	565	1.8
	平成12年	31,090	11,734	37.7	6,876	22.1	2,925	9.4	1,976	6.4	93	0.3	146	0.5	618	2.0
	平成15年	30,709	11,068	36.0	9,231	30.1	2,609	8.5	1,171	3.8	25	0.1	165	0.5	618	2.0
	平成18年	30,133	9,897	32.8	9,817	32.6	2,210	7.3	747	2.5	18	0.1	150	0.5	888	2.9
	前回比	△576	△1,171	△3.2	586	2.5	△399	△1.2	△424	△1.3	△7	0.0	△15	0.0	270	0.9

(単位:校,%)

「学校給食における食堂・食器具使用状況調査」(平成18年5月1日現在)の統計表「食器の材質別使用状況」(文部科学省)を加工して作成

文献

- 1) 学校給食における食堂・食器具使用状況調査(平成18年5月1日現在), 文部科学省(2006)

- 2) 福田英昭, 大内毅(1993). 学校給食用木製食器の使用による児童の諸反応(第1報): 木製食器に対する児童の特性別諸反応. 木材工業, 48(2), 65-69
- 3) 福田英昭, 大内毅(1994). 学校給食用木製食器の使用による児童の諸反応(第2報): 児童の行動分析および食器のデザイン. 木材工業, 49(5), 219-222
- 4) 鈴木洋子, 村上睦美(2014). 学校給食用汁用食器の各材質による保温性, 熱伝導特性, 感覚的保温性の比較. 奈良教育大学紀要, 63(1), 135-140
- 5) Hayano J, Yamamoto K, Yoshida Y, Yuda E.(2018) Relaxing and communication-promoting effects of wooden tableware at workplace social gathering. World Journal of Social Science Research, 5(3), 205-211



木製トレイ (森林総合研究所)



木造校舎 (秋田県)

No.20 接着剤を使った木材製品は体に悪いのですか？ ー木材製品のアルデヒドについて教えてくださいー

木質建材中の揮発成分（VOC）はいろいろなものがありますが、過去に大きな話題とされたものの中のひとつに合板におけるホルムアルデヒドの放散があります。また、近年においては、木材そのものから放散されるアセトアルデヒドが話題とされたことがあります。

合板等の接着剤におけるホルムアルデヒドについては、接着剤の改良やキャッチャー剤と呼ばれる化学物質でホルムアルデヒドを放散しないようにする研究が進められ、現在の木材製品の JAS とボード類などの JIS では、☆でその放散量を明示するよう定められています。

例えば、F☆☆☆☆であれば、基準値は、平均値が 0.3mg/L で最大値が 0.5mg/L と極めて微量の放散量となっており、この基準値は内装仕上げの制限においては、制限なしで使えることとされています。

建築材料の区分	ホルムアルデヒドの放散	JIS、JASなどの表示記号	内装仕上げの制限
建築基準法の規制対象外	少ない 放散速度 5 μ g/nh以下	F☆☆☆☆	制限なしに使える
第3種ホルムアルデヒド発散建築材料	5 μ g/nh ~20 μ g/nh	F☆☆☆	使用面積が制限される
第2種ホルムアルデヒド発散建築材料	20 μ g/nh ~120 μ g/nh	F☆☆	
第1種ホルムアルデヒド発散建築材料	多い 120 μ g/nh超	旧E ₂ 、Fc ₂ 又は表示なし	使用禁止

（日合連 HP より）

また、木材から放散されるアセトアルデヒドには、その要因としてエタノールが関与していることが明らかにされています。木材にエタノールを塗るとアセトアルデヒドが発生しますが、この現象はヒトの体内と同様にアルコール脱水素酵素（ADH）の働きによるものであることが解明されています。

そのため、「室内のアセトアルデヒド濃度を抑制するためには、材料・施工の段階では、エタノールを含有した塗料や接着剤等の使用を避けるか、あるいはできるだけ使用量を減らすことが重要で、また住まい方においては、エタノールを含む洗剤や清掃用品などが直接木材に接するとアセトアルデヒド濃度が高くなる可能性があるのも特に気になる人は換気等をするを心がけるとよい」と解説されています。

文献

- 1) 日本合板検査会(2020), JAS ホルムアルデヒド基準値について, HP 資料
- 2) 森林総合研究所(2012), 木材から放散されるアセトアルデヒドの発生要因を解明, プレスリリース, 平成 24 年 5 月
- 3) 日本合板工業組合連合会(2020), 建築基準法のシックハウス対策, HP 資料

No.21 JAS とかノン JAS とかいうけれど何が違うのですか？

スーパーマーケットなどで食品のパッケージに JAS マークがついているのを見たことがあると思います。JAS というのは、Japan Agricultural Standards の略で、日本農林規格等に関する法律（JAS 法）に基づいて、食品・農林水産物やその取扱いなどの方法を定めた規格のことです。これを満たすと、JAS マークを食品・農林水産品や事業者の広告などに表示できます。食品以外では JAS のイメージはあまりないかもしれませんが、製材や合板は林産物として農林水産物に含まれるので、規格を満たせば JAS マークを表示することができます。一方で、JAS を取得していない製材などを通称ノン JAS と言って両者を区別して呼んでいます。ちなみに、製材・集成材・合板などは JAS の範疇ですが、パーティクルボードや繊維板（ファイバーボード）などは JIS（日本産業規格）の範疇に入ります。ノン JAS 製品であっても建築に使えないことはないのですが、JAS 製品はその性能が適切に検査された材料ですので、例えば建築基準法上の基準強度は、ノン JAS 製品に比べて JAS 製品では高めに設定されています。



JAS マークが貼られたスギ製材品の例

文献

1) JAS（日本農林規格）について

<https://www.maff.go.jp/j/jas/index.html>

No.22 JAS 規格は素人でも調べることができますか？

JAS 規格は農林水産省のウェブサイトから見るすることができます（PDF のダウンロードも可能です）。現在林産物として制定されている JAS 規格は、1.製材、2.枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材（2×4 材）、3.集成材、4.直交集成板（CLT）、5.単板積層材（LVL）、6.構造用パネル、7.合板、8.フローリング、9.素材（丸太）、10.接着重ね材、11.接着合せ材の 11 種類があります。そのうち、10.接着重ね材、11.接着合せ材の JAS 規格は、2019 年 1 月 31 日に制定された新しい規格です。

JAS 規格一覧（林産物）

https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/kikaku_itiran2.html#rinsan

林産物					
番号	名称	規格	認証の技術的基準	検査方法	格付の表示の様式・方法
1	製材（JAS 1083）	01(PDF : 876KB) 	01(PDF : 295KB) 	01(PDF : 148KB) 	01(PDF : 212KB) 
2	枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材	02(PDF : 997KB) 	02(PDF : 131KB) 	02(PDF : 71KB) 	02(PDF : 108KB) 
3	集成材	03(PDF : 1,104KB) 	03(PDF : 106KB) 	03(PDF : 83KB) 	03(PDF : 85KB) 
4	直交集成板（JAS 3079）	04(PDF : 601KB) 	04(PDF : 287KB) 	04(PDF : 178KB) 	04(PDF : 144KB) 
5	単板積層材	05(PDF : 428KB) 	05(PDF : 108KB) 	05(PDF : 89KB) 	05(PDF : 73KB) 
6	構造用パネル（JAS 0360）	06(PDF : 410KB) 	06(PDF : 248KB) 	06(PDF : 159KB) 	06(PDF : 191KB) 
7	合板	07(PDF : 1,165KB) 	07(PDF : 139KB) 	07(PDF : 79KB) 	07(PDF : 135KB) 
8	フローリング（JAS 1073）	08(PDF : 508KB) 	08(PDF : 263KB) 	08(PDF : 157KB) 	08(PDF : 165KB) 
9	素材	09(PDF : 220KB) 	09(PDF : 104KB) 	09 (PDF : 42KB) 	09(PDF : 43KB) 
10	接着重ね材（JAS 0006）	10(PDF : 1,043KB) 	10(PDF : 273KB) 	10(PDF : 161KB) 	10(PDF : 143KB) 
11	接着合せ材（JAS 0007）	11(PDF : 1,233KB) 	11(PDF : 274KB) 	11(PDF : 161KB) 	11(PDF : 143KB) 

No.23 木材は大きくなるほど弱くなるのですか？

結論から言うと弱くなります。ただしここで言っているのは、大きい木材ほど耐えられる荷重が小さくなるということではなく、荷重を単位断面積で割った「強度」が小さくなるということです。一般的に木材は大きくなるほど、強度は小さくなります。これは、木材のサイズが大きくなると、節などの強度的な欠点が含まれる確率が高くなるためです。ただし、木材は強度的なばらつきが大きい材料ですので、大きい木材と小さい木材を2本持ってきて強度試験を行っても、必ずしも大きい木材の方の強度が小さくなる訳ではありません。それでも、大きな荷重に耐える木材が必要な場合は、サイズが大きいもの、単位断面積当たりの強度が大きいものを用いることが基本です。

また、木材が大きくなると強度が低下することを念頭に置いて、『桝組壁工法構造用製材及び桝組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格（桝組 JAS）』に対応した基準強度では、寸法の大きい木材の基準強度を低減させるため、基準強度に一定の調整係数を乗じることになっています。

桝組 JAS に対応した基準強度に乗じる調整係数

寸法形式	圧縮	引張り	曲げ	せん断
106 205 206 306 406	0.96	0.84	0.84	1.00
208 408	0.93	0.75	0.75	
210	0.91	0.68	0.68	
212	0.89	0.63	0.63	

文献

- 1) 井道裕史、加藤英雄、長尾博文(2020.3)、製材品の曲げ強度における寸法効果パラメータの検討、森林総合研究所研究報告、19(1)、79-87

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/453/documents/453-5.pdf>



無欠点のカバ製材品



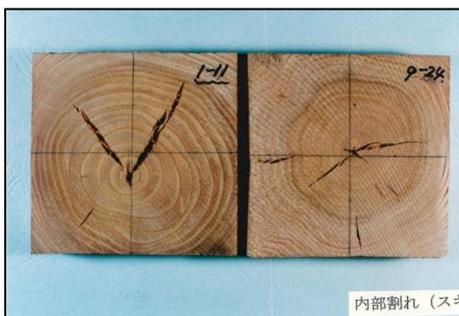
トドマツの輪生節（くるまぶし）

No.24 乾燥材であればなんでもいいのですか？

乾きさえすればどのような材料であっても良いという訳ではありません。例えば、心持ち無背割り材では、乾燥過程で材の表面に発生する割れ（材面割れ）をできるだけ小さくするための研究が進められてきました。材面割れがあると、見た目の問題からクレームにつながりかねないためです。詳細は本文に譲りますが、この問題を解決するために、高温セット法というものが開発されました。ところが、この高温セット法の温湿度管理が不適切な場合、材面は割れていなくても、材内部に割れが生じる内部割れという割れが発生することがあります。この内部割れは材面からは見えないため発見されにくく、また割れ部分が断面欠損となるため、製材品の強さが低下するおそれがあります。

この点について詳しく調べた資料（文献）によると、樹種や力の加わり方によってその影響は異なりますが、多くの場合、強度が低下したり、低下の疑いがあることがわかりました。特に、せん断強さについては、その影響が大きいこともわかりました。

製材品の乾燥は、その後の変形を抑える上では非常に重要ですが、乾きさえすればなんでもいいわけではなく、材料の強度を低下させるほどの不適切な人工乾燥スケジュールは避けなければなりません。



表面割れと内部割れが生じたスギの製材品

文献

- 1) 石川県林業試験場 石川ウッドセンター編(2012.03)、「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」

例えば、<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/iwc/manual/manual.html>

No.25 住宅の基準はどうやって決めているのですか？

－担当しているのは林野庁それとも何省？－

住宅の基準として最も重要なものは、国土交通省によって制定されている建築基準法です。これは建築物としての最低基準を定めたものです。さらに建築物の質の向上を図るための関連法としては、住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）などがあります。建築基準法では、住宅にとって大きな課題である、地震や火災に対する構造規定・防耐火規定をはじめとして、様々な規定によって構成されています。建築基準法は昭和25年（1950年）に初めて公布されましたが、その後、地震や台風などの災害や、一方では新たな研究開発の成果などにより度々改正されてきました。例えば、昭和55年（1980年）の新耐震設計法の導入や、平成10年（1998年）の性能規定化などが大きな改正として挙げられます。

ところで、住宅の基準に関わっているのは国土交通省だけではありません。例えば、住宅の構造計算に用いられる木材自体の基準の強度として、「木材の基準強度」というものが建築基準法に基づく告示で定められています。スギの甲種1級の曲げの基準強度は 27.0N/mm^2 で、同じくスギの等級E70の曲げの基準強度は 29.4N/mm^2 など、具体的な数値が決められています。ここで出てくる甲種1級やE70などは木材の品質を表したのですが、この品質は「製材の日本農林規格」で定められています。日本農林規格ですから、つまりは農林水産省です。ちなみに林野庁は農林水産省の2つの外局のうちの一つです（もう一つは水産庁）。

ですから、木材の基準強度を調べようと思ったら、国土交通省の資料を見たり、農林水産省の資料を見たりしないといけないわけです。なんだか面倒ですが、これは木材が樹木から得られた天然材料でもあり、建築にも使われる構造材料でもあるという特殊な材料であるということの証明かもしれません。

参考

建築基準法

https://elaws.egov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=325AC0000000201



No.26 年輪の密な木が強いというのは本当ですか？ —成長の早い年輪幅が大きい木は弱いということですか？—

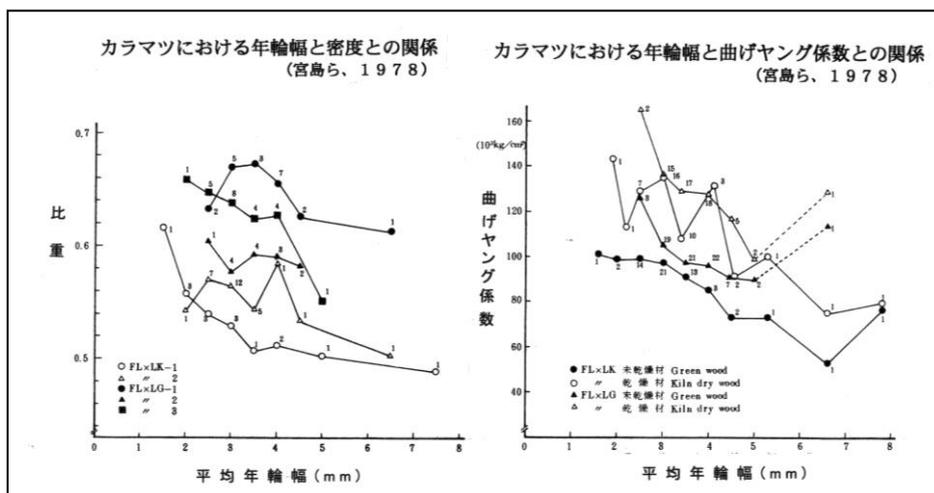
昔から、成長が良くて年輪幅が広く、木目（年輪）が粗い木は一般的に弱いと言われてきました。年輪幅を小さくして密に揃え、木目を美しくして強い木に仕立てるとというのが、育林方法として重要であると言われることもあります。

しかし、色々な木について科学的に調べてみると、単純に年輪幅が狭くて幅のそろった木が強いとは言えないことがわかってきました。例えばカラマツなどでは、年輪幅と密度及び強度との関係を調べると弱い負の相関があり、年輪幅が狭い方がやや密度と強度が高くなる傾向があります。しかし、スギでは丸太の中の内側ではその傾向はなく、外側で弱い傾向がある場合もあるというくらいのことであることがわかってきました。

また、仮に年輪幅を狭くして密度及び強度を高くしてもほんのわずかな違いがあるだけで実質的に大きな意味を持たないことも多いようです。木目を揃えて美しい材を得るという意味においては、ある程度生長を抑制するような育林方法も良いのですが、構造用材料として優れた製品になるというわけではないことには注意が必要でしょう。

また、日本のキリや外国産のアルビジアファルカタなどは成長がきわめて早く数年で直径が20cm以上になるようなことも珍しくありませんが、密度が低く強度が弱いことが知られています。このようなことから成長が早い木、すなわち早生樹は密度が低いと一般的に言われることが多いのです。確かにそのような樹種は多くあるのですが、一方ではユーカリは種類も多く一般的に早生ですが密度は高いものが多く強度も高いことが知られています。これらの例からみても、早生樹だからといって密度や強度が低いとは言えず、樹種特性によると考えた方がよいものと思われれます。

ただし、例えばユーカリのある種では、成長が早いことがマイナスに作用していると思われる場合もあります。細胞分裂が活発に行われ樹木が肥大成長するときあまりに分裂が早く多く行われすぎると、分裂後の細胞の伸長成長に差があり細胞の長さがばらばらで配列の規則性が失われることがあります。その結果、木材の乾燥後に狂いや割れが生じやすい欠点を多く有するものが増えることがあります。早生であれば全てよしというわけにもいかないのです。



カラマツにおける年輪幅と密度、曲げヤング係数との関係
(宮島寛ら、北大演研報、1978年より作成)

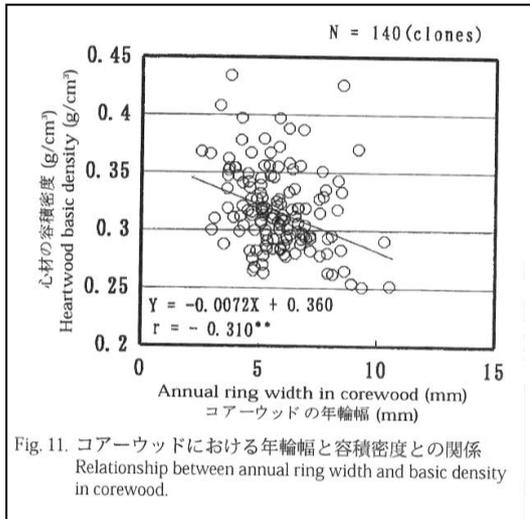


Fig. 11. コアウッドにおける年輪幅と容積密度との関係
Relationship between annual ring width and basic density in corewood.

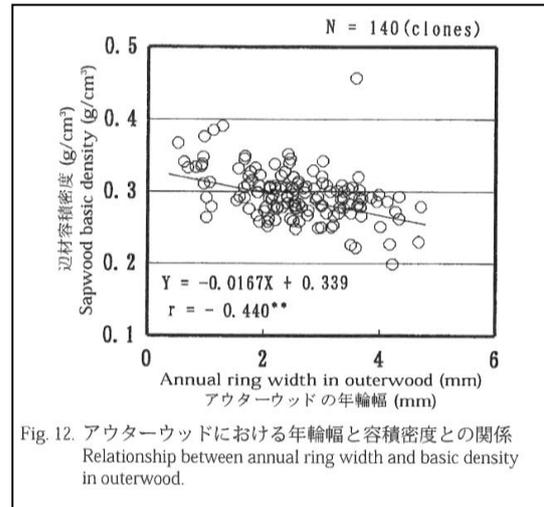


Fig. 12. アウターウッドにおける年輪幅と容積密度との関係
Relationship between annual ring width and basic density in outerwood.

スギにおける年輪幅と密度との関係



5年生のアルビジアファルカタ



ユーカリの木材が乾燥後に曲がった例

文献

- 1) 宮島 寛(1978) 交雑カラマツ造林木の材質試験, 北大演報, 36, 140-156
- 2) 宮島 寛(1992) 木材を知る本, 北方林業会, 1-176
- 3) 平川泰彦ら(2003) 関東育種基本区から選抜されたスギ精英樹クローンの材質, 森林総合研究所研究報告,386-2,32-41
- 4) 平川泰彦ら(2003) 関東育種基本区から選抜されたスギ精英樹クローンの材質に関する解析資料,森林総合研究所研究報告,386-2,65-74

おいぬ様の御殿は人もうらやむ檜造り

江戸幕府には、延宝8年(1680年)、【犬公方】で有名な五代将軍徳川綱吉が登場します。これも閑談その1と同じ角川文庫「日本史探訪 13 幕藩体制の軌跡(昭和59年)」から引用すると、【この将軍はあまりにおいぬ様で有名になっているのですが、実際には能をはじめ芸術や学問を最も愛した文化人であり、賞罰をはっきりさせ大老酒井忠清を罷免するなど実力者将軍であったとのこと。しかし、綱吉は実母の桂昌院には絶対服従するような孝行息子であり、彼女が心酔していた隆光という僧侶が祈祷で言った「将軍は戌年のお生まれ。犬を大切に下さい。やがて世継ぎが誕生するでしょう」という言葉を母親が信じたことから「生類憐れみの令」が生まれたということです。

犬につきあうことを恐れた市民は、みな犬をひそかに捨てたので、野犬が町中にあふれ、野犬のためのたくさんの福利厚生施設が造られたということです。それらの中でも最大のもは、中野の野犬収容施設で面積16万坪(53ha) 収容能力8万匹という巨大なものだったそうです。東京ドームが1万4千坪だそうですから、その約11.5倍の大きさとなると驚きとしかいいようがありません。

当時は建築ブームで木材価格が高騰した時代だったとのことですが、犬小屋は人もうらやむヒノキ造り、食事は犬1匹に1日に白米3合(0.5リットル)、味噌50匁(200g)、干しいわし1合(0.18リットル)で、専門の犬医者と犬奉行が福祉に専念していた：【ほぼ原文のまま引用】そうです。他にもこれよりは小規模ですが大久保や四谷にも同じような施設があったそうです。ヒノキは比較的南に多い樹ですから東海や関西方面から運んだものが使われたと想像されます。

綱吉の時代には、元禄文化が花盛りになりますが、大地震や宝永4年(1707年)の富士山の噴火など政権末期の方には社会不安が起きて22年間続いた生類憐れみの令も綱吉の死とともに廃止されました。

ところで、昨今の日本においても空前のペットブームでお犬様が人間と同じ散歩道の真ん中を堂々と歩いている姿や新型コロナウイルス感染症による社会不安、東日本大震災、さらには富士山の噴火予測による恐怖などなにやら似たような雰囲気にあるような気がします。しかし、各地で建設中の大規模木構造建築物が、おいぬ様のためではなく「ひとさま」が利用するためのものであることは、ありがたいことと改めて思わざるをえません。



伐採されたヒノキのC材(A材、B材の次にランクされる低質材)。おいぬ様の御殿にはA材かB材が使われていたのかもしれない。

文献

- 1) 角川書店編(1984)、日本史探訪 「13 幕藩体制の軌跡」

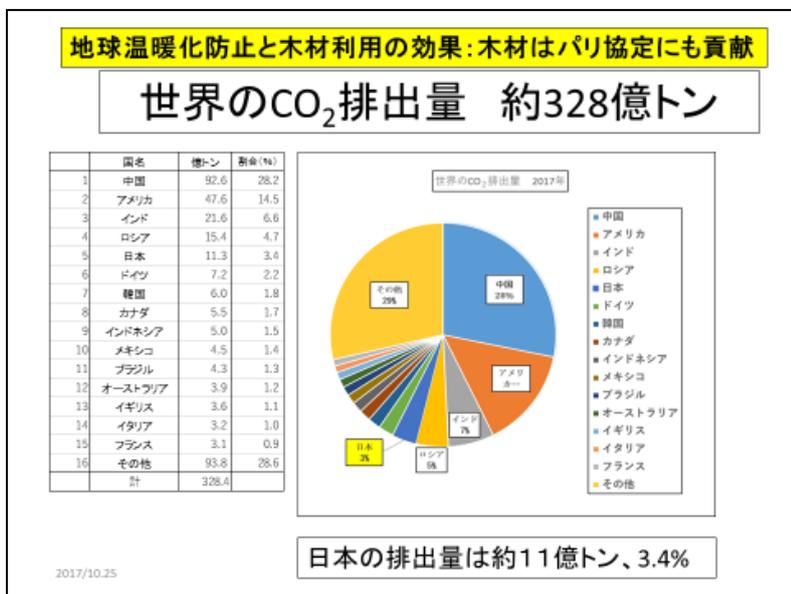
**No.27 木材が実際に固定できる二酸化炭素の量はどれくらいですか？
 - 森の樹木が固定する二酸化炭素の量はどれくらいなの？ -**

木材の成分を分析すると木材の実質重量の半分以上が炭素（C）であることが明らかにされています。仮に 2kg の乾燥した木材を例にとると、2 分の 1 の 1kg が炭素（C）です。分子量を考えると、理科の授業で学習したように、C : 12、O : 16 ですから、CO₂ は 44 となり、 $44 \div 12 = 3.67$ で、1kg の C を固定すれば 3.67kg の CO₂ を固定した計算になります。

日本の森林における木材の蓄積量は約 52 億 m³ といわれています。木材の密度は樹種で異なり計算は簡単ではありませんが、これまでの研究でわかっている全体平均値近い仮に約 0.40g/c m³ (=400kg/ m³、=0.4t/ m³) として計算してみると、日本の森林には約 20.8 億 t の木材が蓄積されていることになります。これの 2 分の 1 が C ですから、単純計算なら 10.4 億 t の炭素に対する 3.67 倍で約 38.2 億 t の CO₂ を固定していることになります。

日本の CO₂ の年間排出量は約 11 億 t（世界の 3.4%、2017 年）ですから、その 3 倍の量を樹木が固定していることになります。また、日本における年間の森林蓄積量は約 7000 万 m³ ですから、上記の計算法で計算すると約 5000 万 t=0.5 億 t の二酸化炭素を毎年、森林＝木材が固定していることになります。

そのほかにも森林では土壌の中の微生物などが多くの炭素固定を行いますので森の働きは重要なのです。



(環境省 2017 年 HP データから作成)

文献

- 1) 環境省(2020), 世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量 (2017 年), HP
- 2) 森林総合研究所(2020), 研究紹介 森と木の Q&A 地球環境 Q11, 森林総合研究所 HP

No.28 住宅に使っている木材はどこから来た木か知ることができるのですか？

－日本の木が使われるまでにどのように管理されてきたのかわかりますか？－

木造住宅が環境に優しいといっても違法に伐採されたものでは木材を使う意味がありません。世界的流れとして、今では木材を使うときにそれが合法的に伐採された木材であることを示す方策がとられています。日本では林野庁が合法を証明する方法として、

1. 森林認証と CoC 認証を活用した証明方法（FSC、PEFC、SGEC 等）
2. 業界団体による自主的行動規範に基づく事業者認定による証明方法（11,972 事業者が参加、例えば全木連の合法木材認定団体など）
3. 個別企業による自主的な証明方法（製紙業界等）

の 3 通りの方法のどれかで証明するよう指導しています。対象製品は、紙類、文具類、オフィス家具、ベッドフレーム、木製の建設資材、それに H27 年 2 月からは合板型枠を新たに追加しました。これらの認定マークなどで証明があればその材料は合法的に流通している木材ということになります。

以下には上記の森林認証と CoC 認証について概要を述べます。

森林認証制度とは、基本的に適切な管理がなされている森林を認証する FM（Forest Management：森林管理）認証と、FM 認証を受けた森林から産出された木材・紙製品等を、継続して適切に管理・加工していることを認証する CoC（Chain of Custody）認証の二つからなります。

認証制度の先鞭をつけたのは、FSC（Forest Stewardship Council）で、1993 年に環境保護団体である WWF を中心に発足し、世界的規模で森林認証を実施して、生産・加工・流通管理の認証（CoC）を持ち、木材などがどのように使われているか追跡できるラベリングを行っています。

また、PEFC（Pan European Forest Certification）は、FSC 等の森林認証制度の設立後にヨーロッパ 14 カ国の民間団体により 1999 年に発足し、基準は FSC に比べて国ごとに設定するのでゆるやかであり、参加しやすい特徴があります。CoC 認証によるラベリング制度を持つことは FSC とかわりません。

日本では、2003 年に国内の森林を対象とした SGEC（Sustainable Green Ecosystem Council：緑の循環認証会議）が設立されました。この団体は、実質的には 2016 年の PEFC との相互認証が開始されてから活動が活発化し、CoC 認証によるラベリング制度を持っています。

これらのラベリングを見ることによって、その木材がどこから来たのか、どのように管理されていたのかなどを知ることができます。

文献

- 1) 全国木材組合連合会(2020), 合法木材ナビ, HP
- 2) SGEC/PEFC ジャパン(2020), 国材森林認証制度, HP
- 3) FSC ジャパン(2020), 認証について, HP

No.29 日本でスギがたくさん生えているのに、どうして外国産の木が建築材にたくさん使われているのですか？

日本の住宅では国産のスギやヒノキなどだけでなく、米国産のベイマツ、欧州産のホワイトウッドやレッドウッドなどが使われています。外国産材が使われる理由の一つとしては、強度や乾燥状態などの品質が揃い、大量に注文しても確実に入手できるシステムがより整っており価格も手ごろであるからということが出来ます。

現在の木造住宅建設には、材料の性能保障や住宅の瑕疵保証が要求されるようになってきています。柱や梁の強度性能や乾燥具合などは指定して注文されることが多くなってきており、欧州産の管柱などはその要求に応じてすぐに手に入れることができますが、日本のスギ材ではそれが簡単にできないのです。

なぜなら、国産材の代表格であるスギ材は、材質的な特徴として個体間の密度や強度的性質に加えて心材含水率のばらつきが大きく、工場ですべてそれらを選別して出荷する体制が一部でしか整っていないのが現状です。近年ではプレカット加工が多く行われており、製材品の乾燥状態が良いものを要求されますが、強度性能の良い材の選別に加えて乾燥状態も良いもの2条件をクリアするだけでコストが嵩んでいきます。日本の各工場では、品質の向上に向けて懸命に努力を続けていますが、コストとの闘いになっているといえるでしょう。

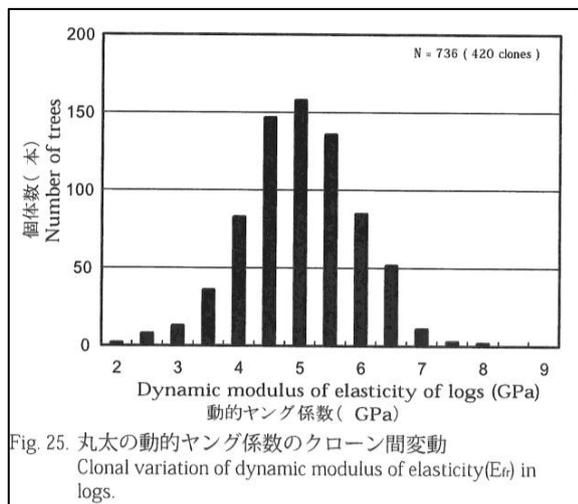


Fig. 25. 丸太の動的ヤング係数のクローン間変動
Clonal variation of dynamic modulus of elasticity(E_{tr}) in logs.

スギ精英樹 425 クローンの丸太の動的ヤング係数

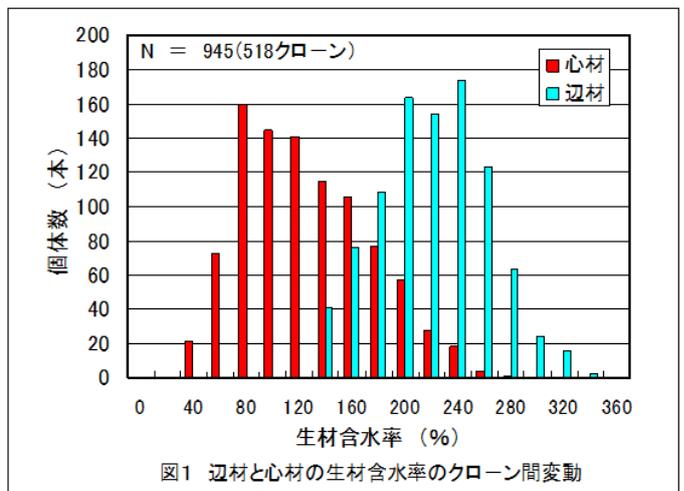


図1 辺材と心材の生材含水率のクローン間変動

スギ精英樹 518 クローンの心材と辺材の含水率

文献

- 1) 中島道夫(1997) 木材加工業者から見た日本林業と林政の不思議, 林業技術, No.669, 2-6
- 2) 笠木和雄(2005) 国産材雑感, 林業技術, No.755, 2-6
- 3) 平川泰彦 (2002) スギ材質の特徴, 林業技術, No.718, 3-9

No.30 新月伐採の木は腐らないとか割れないというのは本当ですか？

新月伐採についてこれまで学術的に報告されたものの中では、木材の含水率に関してスギの同一林分からランダムに数十本のスギを新月とそれ以外の日で伐採して測定したところ、何らの差も認められなかったという報告などがあります。

また、新月伐採ではありませんが、日本で言い伝えのある「八専」に樹木を伐採するのは良くないなどのいくつかの地方での伝承についての研究報告がありますが、そこでも材質などが変わることはなかったと報告されています。新月伐採の木が腐らないとか割れないとかいうことについて科学的に納得できる説明が報告された例は、正直なところ筆者は知りません。

しかし、以下のように考えて新月伐採の木を使うことには何の問題もないと筆者は考えています。近年においてはエンジニアードウッドなどと呼ばれるいかにも工業製品的な無機的な印象のある材料が現代住宅の量産化のエースとしてもてはやされています。それに対して、一方では情緒や風情、風合いを楽しみたいという、例えば古民家の一度使用した無垢材を利用したいという人々がおられるのは自然の成り行きであると思われれます。

そのような中で、自然を愛する人々がなんとなくロマンが感じられる新月伐採の木に惹かれることがあっても何の問題もないでしょう。そういう方々は、新月伐採の木材を使えば良いのです。ある医者に言わせると、薬だって効くと思えば小麦粉でも良薬になる。自分が気に入った方法で伐採した木で建てた家に住んで幸せと思ひ癒しが得られるならそれでいいのではないかというのが筆者の考えです。科学的な根拠を論じてストレスを感じるより、夢やロマンに浸って木材を愛するのも一興であり、一種の風流ではないかと思われるのです。

文献

- 1) 池田潔彦(2001) 同一林分で生育したスギとヒノキの材質比較, 木材工業, 56, 365-371,
- 2) 山本幸一ら(2005) 旧暦にしたがった伐採時期が木・竹の耐久性に与える影響-2年間の非接地暴露試験の結果, 日本木材保存協会年次大会研究発表論文集, 第21回, 45-46
- 3) 山本幸一ら(2007) 干支の選日のひとつである「八専」期間における伐採が木材・竹材の耐久性に与える影響, 木材保存, 33(4), 166-173
- 4) 高部圭司ら(2006) 生物学的視点から見た「新月伐採法」, 木材工業, 61, 577-583,



スギ円盤の乾燥収縮による割れ
この割れを防ぐのはなかなか難しいです。
その理由は、Q&A No. 11 をご覧ください。

No.31 日本にたくさん木があるのに、なぜ日本の木材の自給率は30%なのですか？

日本における木材の利用状況を概観すると、2017年（平成29年）には、総需要量が8185万 m^3 となり、製材用材が32.2%（2,637万 m^3 ）、パルプ・チップ用材が39.5%（3,230万 m^3 ）、合板用が13.0%（1,067万 m^3 ）、その他用材が5.4%（442万 m^3 ）、燃料材が9.5%（778万 m^3 ）となっています。

その中での国産材供給量をみると、製材用材が1,263万 m^3 （自給率48%）、パルプ・チップ用材が519万 m^3 （自給率16%）、合板用材が412万 m^3 （自給率39%）、チップを含む燃料用が604万 m^3 （自給率78%）となっています。

木材利用についてみると、住宅などの構造用材でも国産材と欧州材や米材とは木材の材質などの面で競争になることがあり、高強度の木材を得るためなどの理由で外材の方が有利になる場合があることをQ&A No.29で書きました。そのため自給率は5割ほどとなっています。

また、パルプ・チップ用材は、段ボールのような板紙には高い強度が得られる針葉樹材を主に原料にし、ティッシュやコピー用紙などの柔らかい紙の多くには広葉樹材の原料が使われます。また、日本における古紙の回収率と利用率もかなり高く、紙と板紙のパルプ原料の約60%には古紙が使われています。しかし、特に広葉樹の原料は価格と生産量の両面で外国産が有利で、海外のユーカリなどの資源に頼っているのが現状です。

合板用は、国内で製造している合板のほとんどには国産材が使われていますが、コンクリート型枠合板などの製品で輸入されている合板は海外で生産が行われているので、自給率は4割ほどになってしまいます。

以上のような状況から、平均すると全体としてみれば自給率は30%を超えた辺りに留まってしまうのが現状です。自給率を上げるは簡単ではありませんが、国産材を使ったCLTによる大規模木構造建築の推進やコンクリート型枠合板の国産材への切り替えなどでなんとか自給率を上げようとしています。

文献

- 1) 林野庁(2018) 森林・林業白書(平成29年版)
- 2) 日本製紙連合会(2020) 古紙の利用率及び回収率の推移, HP 資料



CLTによる実験棟建築（森林総研九州支所）。CLTを使えば、大量の国産スギ材を利用することができ、自給率の向上に役立ちます。

No.32 高級家具材に使うミズナラやヤチダモなどの広葉樹はなぜあまり造林しないのですか？

日本の造林木の約98%は針葉樹材で占められています。しかし、家具屋さんに行くと、ミズナラやヤチダモなどの広葉樹材で造られた高級な家具が並んでいます。針葉樹材の造林木の多くが住宅用に使われるとしても、これらの高級な広葉樹材を造林すれば家具だけでなく住宅にだって使えそうな気がします、なぜ広葉樹の造林が少ないのでしょうか？

その理由は、造林のしやすさが針葉樹と広葉樹とで格段に違うからだといえます。造林する場合には効率性や経済性を良くするために、単一樹種を一斉に植えるのが有利ですが、この場合には病虫害の被害をいかに食い止めるかが鍵になります。葉が大きく昆虫の餌として量も多く好まれる広葉樹は一般に針葉樹に比べて病虫害に弱いことが知られています。

また、広葉樹は一般に成長が遅く、樹幹もある地上高まで通直で幹が一本ですが、その後は大きく枝割れして複数の幹が広がっていくので、木材として利用するには長い年月をかけて育成して上部まで太い幹ができるように待たねばなりません。これらの理由で、日本における造林は針葉樹の方が多くなっています。

しかし、外国では、早生樹の広葉樹を多く造林している例も見られます。例えば中国のポプラ類は生長が早いので多く造林し合板などに使っています。しかし木材は低質材で利用範囲は限られています。アルビジアファルカタやオベチェ（アユース）なども早生の広葉樹で造林されていますが、軽いのでキリ材の代替品などのような用途に限られています。ユーカリも早生の広葉樹ですが、これも低質材が多いのでパルプ用など用途が限られます。一方で、高級材として取り引きされるチークやローズウッドの造林も試みられていますが、造林の結果はこれから出てくるというところでしょう。

造林を行うには将来的な経済性を見通して行う必要があります、なかなか簡単にはいかないのがおわかりいただけるかと思います。



チークの造林（インドネシア）



ユーカリの造林木（インドネシア）

No.33. 温暖化防止のための木材利用（HWP）とは？

二酸化炭素（CO₂）は代表的な温室効果ガスで、地球温暖化にとってはその削減を考えなければならない最も重要な物質のひとつです。樹木は、CO₂を葉から吸収して光合成を行い、炭素（C）を木材などとして固定し、酸素を空中に放出していることは良く知られています。

空気中のCO₂の固定には樹木や植物性プランクトン、海藻などを増やす必要がありますが、樹木の場合には伐採後の生きた状態ではなくても木材として利用している間はCが固定されています。そのため木製品として多くの木材を利用することでCを固定でき地球温暖化防止に貢献できることとなります。

現在では世界的なルールとして、樹木を伐採しても燃やさないで木材製品として利用している限りC固定を継続していると計算できるようになりました。HWP（Harvested Wood Products）といいます。このルールは日本にとってまた木材産業界には追い風となっています。樹木の伐採と造林を効率よく行い、木材を燃やさないでできるだけ長く使うカスケード利用（多段階利用）を行って木材利用を促進していけば地球温暖化防止への貢献は大きくなります。ちなみに2016年に日本では、HWPで80万炭素t（CO₂では292万t）のC固定を行うことができました。これは純粋に木材利用だけで固定（吸収）しているCO₂ということになります。

木材とCO₂吸収との関係について少し説明しておきましょう。乾燥した木材の半分はCできており、例えば2kgの木材にはCが1kg含まれています。CO₂に重量換算すれば、Cの約3.67倍ですので、3.67kgのCO₂を吸収・固定していることとなります。パリ協定の目標達成に向けて日本政府は、2030年に2013年比26%の削減を目標にし、そのうちの2%の2780万tのCO₂を森林で吸収削減することとしています。C量に換算すると約760万tですから、木材重量では2倍の1520万tとなります。木材の密度を利用している木材の平均値に近い仮に0.4g/cm³とすれば、木材の量は3800万m³ほどとなります。日本の年間の木材成長量は約7000万m³ですが、成長量は年々鈍化していますし、きちんとした管理が行われている森林だけが対象となるので、安全を見込んだこの値は問題ないといえるでしょう。



左：九州のスギとヒノキ林の伐採現場と右：出雲大社の木造建築物。伐採しても建物として残せばある程度の年月はC固定していると考えられます。

1. 心材と辺材とは？

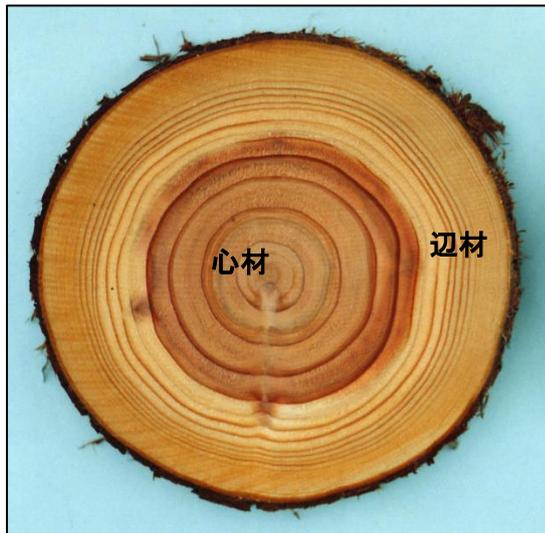
樹木の幹を輪切りにした横断面で見ると円盤の中央部には色のついた部分と外側の無色の部分とに分かれています。色のついた内側の部分を心材、色のついていない外側の部分を辺材といいます。

心材と辺材とでは木材の性質が大きく異なりますので、木材を利用する時には心材と辺材の性質について覚えておく必要があります。

辺材とは、幹の外側にあつて10%ほどの細胞が生きている部分で、根からの水を葉に送っている組織です。そのため水分が多く、生きている細胞にはでんぷんや脂質などの栄養分があるので、昆虫や菌などに攻撃されて腐りやすくなっています。

それに対して心材は幹の内側にあつて樹種ごとに特徴のある色がつき、水分の少ない部分です。心材では、全ての細胞が死んでいるので養分が少なく耐久性も高いので、木材利用には心材の方が好まれます。

心材の大きさは幹の直径に対する割合で示し、心材率といいます。心材率は、樹種によって異なり、アカマツやラジアータマツの若い木などではとても心材率が低いです。スギでは一般的に60%から70%くらいです。また、トドマツやエゾマツのように心材の色が辺材とかわらないものもあり、無色心材または淡色心材などともよばれます。



スギの心材と辺材



ラジアータマツの辺材に入った青変。中央部のきれいな部分が心材。心材率が低いことがわかる。



トドマツの無色心材

2. 樹（木）の寿命はどれくらい？

世界一長寿の人は125歳くらいの方がおられるようですが、さて樹の寿命はどれくらいなのでしょう？ 一昔前に、屋久島で縄文杉が発見された時、その大きさや風格からみて樹齢7000年説が出されたのも記憶に新しいところです。これまでの文献に残っている年輪数の測定からみた日本における最も長寿の樹は、筆者が知っている限りでは、屋久杉の約1776年が最高であったように記憶しています。屋久営林署が測定した結果を報告したものでした。現生の屋久スギについては、信州大学の先生が測定した木材学会などでの年輪数の報告があり、1300年から1600年くらいのもので多いようです。例えば、屋久島にはウイルソン株という巨大な屋久スギの切り株がありますが、残念ながら内部が洞になっていて、年輪数が測定できません。多くの巨大な樹木はこのように内部が洞になっていることが多く、樹齢は推定の域を出ないものが多いようです。

さて、世界ではどうでしょうか？ 最近ではwebなどでも簡単に情報が得られるようになったので、ご存知の方も多いかもかもしれませんが、米国のブリッスルコーンパインという松の樹の仲間の年輪測定の記録で約5000年というものが最大とされています。4千数百年というものもいくつかあるようですので、かなり長寿の性質をもった樹であることは確かなようです。この樹は、高さが十数メートル程度とそんなに巨大にならないようで、ゆっくりとじわじわと長生きするタイプの樹のようです。また、高地の成育環境が悪いところの個体の方が長寿という説もあるようで、一般には千数百年が寿命という説もあるようです。

ところで、年輪を測定するときに屋久スギの円盤を4方向で数えてみましょう。すると、皆さんは驚くことに気がつくはずですが、それは、多くの場合、4方向で年輪の数が異なるのが普通だからです。千年を超えるような老木では、普通樹冠があまり発達せず、樹高もほぼ一定に止まり、わずかに肥大生長していくのが普通で、年輪の幅は0.5mm以下のようなものばかりになります。このような状態になると、年輪も同心円状には形成されず、ホルモンバランスなどによっては、途中で途切れたりすることがあるようです。そのために、4方向で年輪数が異なることが多くなるのです。ということで、年輪数だけでその樹の正確な樹齢を知るのもなかなか難しいということになります。



ブリッスルコーンパイン



秋田の天スギの円盤

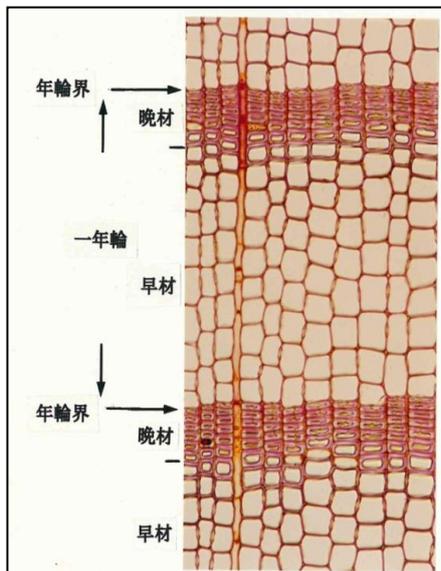
3. 年輪とは？

年輪とは、樹木の幹を輪切りにして横断面（円盤）で見たときに、1年間かけて成長した環状に見える成長層のことです。日本など温帯の樹木では、1年間に成長した層が各々の年で見分けられるので年輪としてわかりますが、東南アジア等の熱帯林では、1年ごとの成長層を区切る線が見えにくいか存在しないため、年輪がわからないものもあり、そのようなタイプのものは年輪がない木といえます。

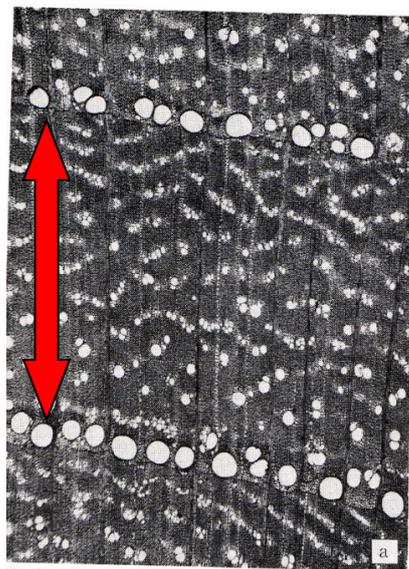
フィリピンではラワンと呼ばれる樹木などでは、成長層の薄い縞模様は見えますが、年輪とは認識できず、一般的には年輪がない木とされています。これらの成長層は、雨季と乾季の違いなどを反映していると考えられています。

ところで、年輪を認識させる境界線はどのようにできるのでしょうか？ 針葉樹では、一般に早材と晩材とで細胞の直径及び細胞壁の厚さが異なるので、晩材の最後の部分が年輪境界の線としてわかります。それに対して広葉樹では、柔細胞という細胞がその年に形成される年輪の最後の部分に並んで線状になることで（ターミナル柔組織、例えばカバなど）、また、その年の年輪の最初に形成される道管の直径が極端に大きくて並ぶので年輪境界がわかるもの（環孔材、例えばケヤキなど）があります。

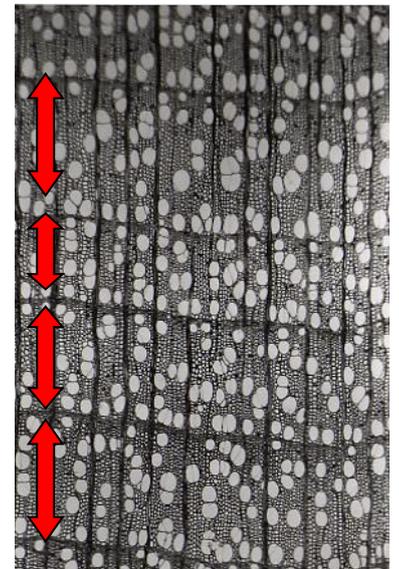
また、シナノキでは、年輪が環状に形成されず、途中で途切れてしまい、方向によって年輪の数が異なるようなものもあり、これを不整年輪といいます。シナノキでは遺伝的に不整年輪ができると考えられていますが、屋久杉のような高樹齢の樹木では、年輪が環状にならず途切れるようなものもあり、これは遺伝ではなく成長ホルモンの不足によるものであろうと考えられています。



スギの年輪



ケヤキの年輪



シラカバの年輪

4. 木場の歴史について教えてください

戦国時代も終わりに近づき、徳川家康が天下統一を成し遂げると、家康は江戸（東京）に幕府を開き、江戸城の建設を始めました。1590年（天正18年）に家康は江戸城に入城を果たしますが、それまでには大都市の建設に必要な木材流通商人を全国から集め、江戸の至る所に木材が積み上げられていました。

ところが1641年（寛永18年）に京橋桶町から出火した火事で江戸大火が起こり400名以上の死者を出すなど大惨事になりました。その時に木材の積み荷が大きな問題となり、永大島（元木場）に木材を集積することになりました。

しかし、今度は1657年（明暦3年）に山の手から出火した火事は、江戸の大半を焼き尽くし江戸城の天守も焼けおちて、10万人近くが亡くなる大災害となりました。その教訓から水路を開くことになり、1701年（元禄14年）に【木場】（9万坪）を造成し、1703年（元禄16年）に【木場深川町】が誕生しました。しかし、江戸の大火はこの後も何度となく発生し、木場を作っただけでは大火を防ぐことはできなかったようです。

しかし、木場は木材が集積している商業の中心地としてその地位を高めていき、1748年（寛永元年）には、深川木場問屋組合が仲間規定に定められ市場に強い影響力を発揮するようになりました（江戸時代の商人・手工業者達による特権的な組織を株仲間といいます。株仲間とは、領主に献金して公認組織となり、一定数の株（加入権）所有者で構成され、会所という運営機関をもち、年寄りなどの役員を置き、経費分担などを定めた仲間規定をもち違反者には制裁を加えるなどした強力な組織です）。

木場は江戸から現代まで木材市場の中心地としての役割を果たしてきましたが、木材の取扱量が増大し木場の地盤沈下も問題となってきたことから、1958年（昭和33年）に木場移転協議会が結成され移転することになりました。

そして1981年（昭和56年）に現在の新木場の1～3丁目（東京港14号埋立地）に635企業が移転を完了し、今の【新木場】となっています。



新木場の貯木場（長谷川麻紀氏提供）



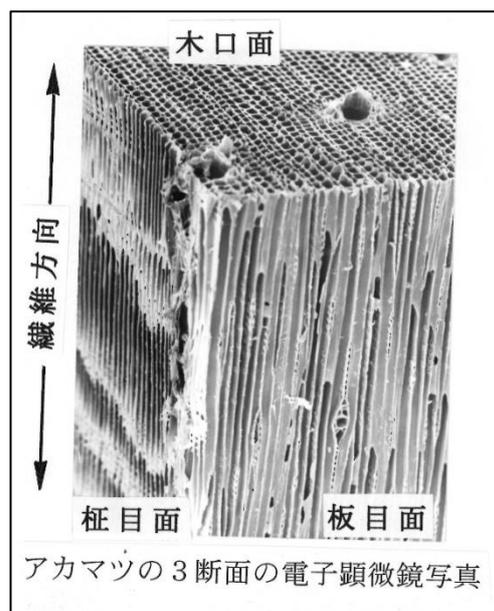
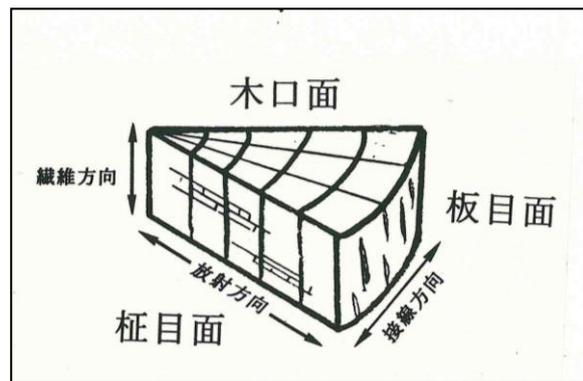
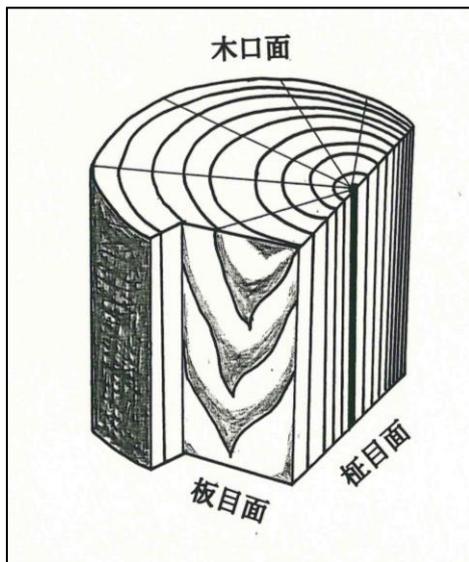
新木場の町並（長谷川麻紀氏提供）

5. 木材の3断面とは？

樹木の幹や枝を樹軸（樹幹や枝が伸長成長する方向）に対して直角に切断した横断面を木口面（こぐちめん）、繊維方向と平行に年輪に沿って切断した縦断面（同心円の接線方向に切った接線断面）を板目面（いためめん）、同じく年輪に直角に切断した縦断面（同心円の放射方向に切った放射断面）を柾目面（まさめめん）といいます。木口面の年輪は、髓を中心に同心円状に見え、板目面のそれは楕円形などのさまざまな形の模様、柾目面では平行な直線に見えるのが普通です。

木材を加工する時の木取りやカンナがけなどの加工を行うとき、さらには強度などを測定する時の方向を決める場合などには木材の3断面や繊維の走行方向を正しく把握しておく必要があります。樹軸に対して平行な方向は、樹木の仮道管や木部繊維などの縦長な細胞の配列方向と一致しているので繊維方向と呼ばれます。また、樹軸（繊維方向）に直角な横方向において、髓から樹幹の外側に向けて年輪と直交する方向は放射方向（または半径方向）、年輪に沿った方向は接線方向と呼ばれます。

木材の3断面と木材の方向は、木材を取り扱うときに基礎となる最も重要な情報の一つですので、木材に関わる仕事などをする場合には覚えておくくと便利です。



6. 合板に使われる木材にはどんなものがありますか？

日本の合板の使用量は、年間（平成 28 年：2016 年でみると）約 1,025 万 m³ ほどです。輸入されているのは 538 万 m³ (53%)、国内で生産されている量が 487 万 m³ (47%) ですが、外国産材を原料としているものが 100 万 m³ (10%) ですので、国産材の使用量は 387 万 m³ (38%) ほどになります。

国材で生産されている合板の国産材の樹種は、スギ (62%)、カラマツ (22%)、ヒノキ (7%)、アカマツ・クロマツ (5%)、エゾマツ・トドマツ (4%) となっています。

また、外国産材を原料として生産している樹種の内訳は、米材 (61%)、南洋材 (19%)、北洋材 (16%) となっていますが、米材はベイマツ、南洋材はラワン類、北洋材はダフリカカラマツが主な樹種です。

表面加工を施さない普通合板の生産量は 306 万 m³ ですが、このうち針葉樹合板は 94% を占める 289 万 m³ です。また、普通合板のうち構造用合板が 280 万 m³、コンクリート型枠合板が 3 万 m³ となっています。

また、製品で輸入された合板の国別のうちわけは、マレーシアからが 178 万 m³、インドネシアからが 156 万 m³、中国からが 144 万 m³ となっています。マレーシアとインドネシアの樹種はラワン類、中国はポプラ類が主なものとなっています。

合板には、昔からいろいろな樹種の木材が使われてきました。近年の国産の合板の大部分は、針葉樹材が原材料となっていますが、過去においては、明治の末期頃からは北海道産の広葉樹材（カバ、ナラ、タモ、シナ等）、また大正時代中期の頃からラワンと総称されるフタバガキ科の 3 属からなる南洋材の使用が始まりました。第二次大戦終了直後には、国産材の主に広葉樹だけで生産を開始しましたが、朝鮮戦争が勃発すると戦時特需で南洋材（フィリピン材）を含めた合板生産が盛んになり、朝鮮戦争後には米国の住宅ブームで合板輸出が増加しました。

昭和 39 年（1964 年）からは木材輸入が自由化され、フィリピンだけでなく半島マレーシア、ボルネオ、サラワク材などが輸入されるようになり、昭和 40 年（1965 年）頃からは内需の増加により北洋材、米材、NZ 材（ラジャータマツ）の輸入も盛んになってきました

しかし、昭和 60 年（1985 年）頃には、インドネシアが丸太輸出禁止、翌 61 年（1986 年）にはフィリピンが禁止し、平成 3 年（1991 年）頃からは針葉樹合板への転換が図られるようになりました。この頃からロシア産のダフリカカラマツの使用率が高くなっていきますが、それも平成 21 年（2009 年）には実質的に輸出禁止となり、その後は国産針葉樹材で国内生産を行う状況になっています。

東南アジアで主に作られているコンクリート型枠合板は主には東南アジアの木が使われています。マレーシアのサバ州ではセラヤ、その他インドネシアなどではメランチと一般的には呼ばれているラワン類です。この樹種は年輪がなく木材が全体に均質なので合板の表面の凹凸が少なく滑らかで、コンクリート型枠用だけでなく普通合板としても人気があります。

国産材では、戦後すぐには北海道や東北のシナ、ブナ、ナラ、タモ等を使った広葉樹合板が作られていました。しかし、資源が枯渇して今では外国産のシナノキの単板を表面に貼ったシナ合板だけが残っています。

20 年ほど前までは、特にスギでは早晚材の密度差が大きくて単板を剥くときにちぎ

れやすいので技術的に針葉樹の合板を作るのは難しかったのですが、近年の国産材の合板は、スギ、ヒノキ、カラマツおよびトドマツ等を使った針葉樹合板が大部分となっています。単板を剥く刃物が改良されてきたことやロータリーレースの機械性能とかつら剥きの技術が大きく進歩してきたことが大きな要因です。

また、外国ではユーカリなどの早生広葉樹も合板に使われるようになってきました。しかし、ユーカリは成長が早すぎるために、繊維が曲がっていたり相互に入り組んでいたりとすることが多く木材が反ったり曲がったりすることが多いので木材利用が難しい樹種といえます。約400種類もあるユーカリの中で、合板用に使うことができるのはおそらく数十種以下であろうとされています。



合板の日のポスター



ヒノキの円盤と合板製造用の単板

このパンフレットは、公益社団法人 国土緑化推進機構の「緑と水の森林ファンド」事業の助成で作成しました。

令和2年9月30日 発行

編集・発行 公益社団法人 森林・自然環境技術教育研究センター

郵便番号 102-0085

住 所 東京都千代田区六番町7番地 日林協会館

T E L 03-5212-8148

F A X 03-6737-1237

E-mail office@jafee.or.jp

U R L <http://www.jafee.or.jp/>