

樹木の年輪と“あて”

(1) 樹木

「樹」は英語で Tree (生きて「き」), 「木」は Wood (木材: woods の時は森・林を示す) を表す言葉です。樹木とは、茎や根が太くなる (二次肥大成長) ^{もくほん}木本植物の総称です。一次肥大成長は茎の先端部 (成長点) のすぐ下で起こる, すべての維管束植物に見られる初期の太り方で, 頂端分裂組織に由来する細胞が分裂・分化を経て器官を形成しながら, 主に基部-先端軸方向 (上方) へ伸長する成長様式です。二次肥大成長は, すでに成長した部分がさらに太くなる現象で, 主に裸子植物や双子葉植物 (草本の一部や木本) に特有の成長です。単子葉植物 (ヤシ類や竹など) では基本的にこの成長は起こりません。

樹木の高さの限界は, 水を高く吸い上げるための圧力 (蒸散と根から上に押し上げる力) で決まります。寿命は, 数千年またはそれ以上で, 動物に比べると長生きのものが多いです。動物は細胞分裂のたびに, DNA の末端にあるテロメアが短くなって細胞分裂の回数に制限がありますが, 植物はテロメアの長さを維持するまたは回復する仕組みがあるようです (図 1)。

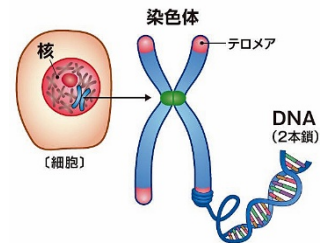


図 1 テロメア (URL1)

私たちの先祖は「木材」を, 燃料, 住居の材料, 生活の道具として利用してきました。人類の歴史の中で一番消費された資材は木と言えます。現在, 日本での木材用途の約 4 割が住宅やビルなどの建築用材, さらに製紙用のパルプ材が約 4 割を占めています。紙の主成分は植物の細胞壁を構成するセルロースです。

図 2 は若いときの枝の横断面です。根や茎の先端には細胞分裂する組織があり, そこで維管束と言う水を通す木部と, 葉で出来た栄養を通す師部が組み合わさった組織がつけられます。

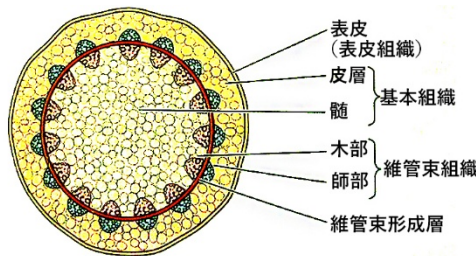


図 2 茎の横断面 (URL2)

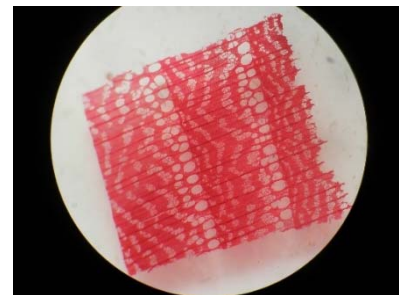


図 3 木部の横断面

木部と師部の間に細胞分裂の機能を持った形成層ができ, 形成層が環状につながると内側に二次木部, 外側に二次師部ができるようになります。木が年々太るのはこの二次木部と二次師部ができるからです。図 3 はある研修会で観察したもので, 広葉樹の材組織で道管などが観察できます。

(2) 年輪

樹木の年輪は, 季節ごとの成長スピードの差によって生じる細胞の密度と大きさの違いが, 同心円状の模様として現れたものであることはよく知られています。春から夏は日差しが強く水分を多く

吸い上げられるため、木は急速に成長します。細胞の直径が大きく、細胞壁が薄いのが特徴です。密度が低く、肉眼で見ると色が薄く（白っぽく）見えます。夏～秋では成長スピードが緩やかになり、細胞の直径が小さく、細胞壁が厚いのが特徴です。密度が高く、肉眼で見ると色が濃く見えます。図4は幹の横断面模式図です。髄は、木の成長の初期段階における芯にあたります。心材は、樹液の通り道としての役割を終えた古い部分（もともとは辺材）ですが、生きた細胞は残っておらず、細胞壁間の穴もふさがって水が通らなくなっています。樹木の強度を保つ役割があります。

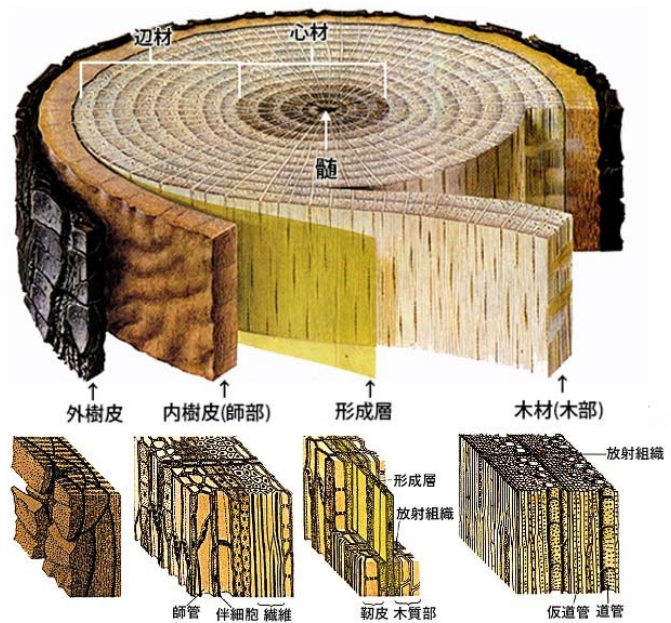


図4 幹の横断面模式図 (URL3+URL4)

辺材は心材の外側にある若い部分で、辺材の

ほとんどは道管あるいは仮道管でできており、根から吸い上げた水分や養分を葉に運ぶ働きをしています。**形成層**は、樹皮のすぐ内側にあり、細胞分裂が非常に活発な薄い層で、内側には「木部」、外側には養分を運ぶ師部（韌皮部）が毎年新しく作られています（幹が太ります）。**樹皮**は、最も外側にある層で、乾燥から内部を保護します。樹皮は防水能力が極めて高く、樹皮のついたままの丸太は何年経っても乾きません。樹皮は外側からはがれ落ちていきます。主に形成層と師部の組織が生きていますが、内側の木部の多くは死んでいる細胞でできています。幹の内側が空洞になっている木でも、元気に生きて成長しているのはその為です。図5は材木が積んであるところを最近見かけ、撮影したものです。いろいろ変化に富んだ年輪があり私ではよくわかりませんでした。



図5 材木の断面 豊橋市で撮影

図5は材木が積んであるところを最近見かけ、撮影したものです。いろいろ変化に富んだ年輪があり私ではよくわかりませんでした。

(3) “あて”

樹木の幹や枝が風や雪、地形の影響で傾くと、樹木は傾きのズレ（重力）を感知します。重力の刺激を受けると、樹木の体内で植物ホルモン（ジベレリンやオーキシンなど）が分泌し偏在します。このホルモンの分泌・偏在が、幹の特定の場所に特殊な細胞を作らせ、傾きを元に戻そうと（幹を起こそうと）します。この特殊な細胞（木部組織）を“あて（あて材）”と呼びます。図6は斜面によるあての形成が見られるスギの木です。図7は積雪により、あてが形成されたブナの木です。図8の切り株は平らな所で南風の強い場所にあったものですが、北側（上方）に大きくかたよった年輪（あて）が見られます。あてはさほど珍しいものではありませんが、手元に自分が撮影した写真がないため、WEBサイトからお借りしました（図6～図8）。あては枝にも存在します。

あて材の形成は針葉樹と広葉樹とで異なり、**針葉樹**では傾斜した幹あるいは枝の傾斜の下向き側（谷

側)に、体を押し上げるように“**圧縮あて材**”を形成します(図6・図9・図10)。細胞壁が異常に厚くなり、細胞が膨張・伸長しようとします。圧縮あて材は、リグニンが多くセルロースが少なく、下側の年輪の幅が上側の年輪の幅より広がっていることと、材の色が下側で濃くなっていることから分かるようです。

広葉樹では逆に上向き側(山側)に体を引っ張るような“**引張りあて材**”を形成します(図7・図9・図10)。引張りあて材は、圧縮あて材とは逆に引っ張る力に強いセルロースが多く、リグニンは少ないです。上側の材を引っ張る力(引張応力)が強くなって、枝や幹は引張りあて材ができた側に曲がるようにする(引っ張りあげる)ことで傾きを矯正します。枝の上側の年輪の幅が下側の年輪の幅より広がっていることと、上側の材がセルロースが多いため白っぽいことが特徴です。ただし、広葉樹の場合、傾斜や湾曲と偏心成長やあて材形成の関係は樹種によって異なり例外が多くみられるようです。また、肉眼で区別がつきやすいものとそうでないものがあるようです。図10の緑色部分があて材です。赤矢印は力の働く方向を示します。あて材は樹木や枝を支える大切な働きをしますが、通常の木材と比べて伸縮率や強度が異なるため、乾燥させると反りや狂いが生じやすいという特徴があり、材木としては欠点とみなされることがあります。



図6 スギのあて
圧縮あて材



図7 ブナのあて
引張りあて材



図8 あての例
(図6~8はURL5)

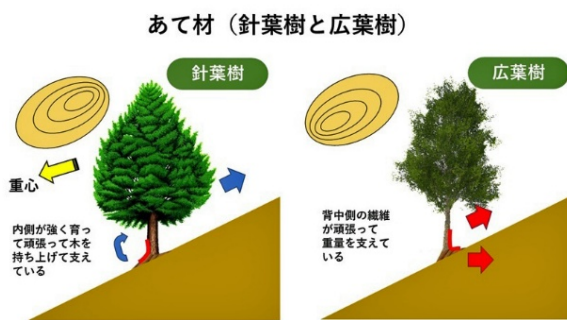


図9 (左) あて材 (URL6)

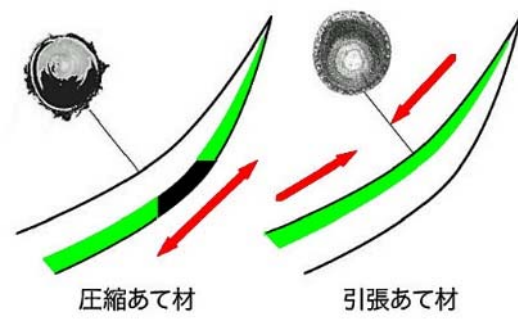


図10 (右) あて材 左が針葉樹, 右が広葉樹 (馬場, 2012 に加色)

(4) 年輪年代

同じ環境の地域内で育った同一の樹種では年輪の幅の変動が非常によく似ていることがわかり、異なる樹木間の年輪幅の変動パターンを過去の標準的なデータと照らし合わせ、木材の伐採年や遺跡・古建築の年代を1年単位の誤差なく特定する測定法に年輪年代法があります

年代のわからない木材であっても年輪パターンの変化をグラフにした「標準年輪曲線」を作成できれば対比させることで年代を推定することができます。日本では主にヒノキ、スギ、コウヤマキ、ヒ

バなどの樹種で標準年輪曲線の作成が進んでおり、高い精度で年代が得られています。
 また、材木に残っている ^{14}C の量を調べることによって、伐採後どのくらいの時間が経過したかを知ることができます。これを炭素 14 年代法と呼びます（会報 no.47 を参照して下さい）。
 樹齢は（木が生えてから円盤の中心の第一番目の年輪に生長するまでに要した年数）+（年輪数）+（削り落とされた外側の辺材部分の年輪数）で求めます。年輪幅の変化からは、周りの大木から背が伸びたため日当たりがよくなったとか、陽当たりを遮っていた周囲の大木が、風倒かあるいはその他の原因によって、急激になくなったために生長が促進されたなど様々な情報も得られます。

※参考 1 植物細胞

植物細胞と動物細胞の大きな違いは細胞壁をもつことです。細胞膜の外側を覆い、主にセルロースでできており、その隙間をペクチン（細胞同士をつなぐ接着剤）やヘミセルロースが埋めています。成長に応じてリグニンなどが蓄積すると「木化」し、硬い構造体になります。植物がまっすぐ直立できるのは、細胞壁が細胞を支えているからです。また、水分が過剰に入りすぎて細胞が破裂するのを防ぐ働き（膨圧）があります。図 12 は R.フックがコルクガシのコルク層を顕微鏡で見ても描いた有名な図ですが、細胞壁で、右は横断面、左は縦断面です。

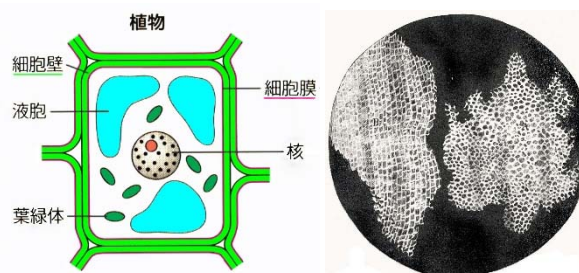


図 11 左 植物細胞 (石渡ほか, 2008 に加色)
 図 12 右 フックの細胞 (wikipedia)

参考 2 リグニン

地球上には多く存在している有機物で、道管など通水組織の水をはじく性質にさせ、さらに圧力に耐えるよう強くし、通水性をよくしています。また、細胞壁のセルロースやヘミセルロースは多糖で、微生物などにとっては良い栄養源となるため、この多糖を包み込んで保護しています。リグニンの原料はモノリグノール類およびその関連物質で、これらが細胞壁中で重合してリグニンとなり、複雑な 3 次元状網目構造を形成しているそうです。理解しにくいので引用にとどめます。

主な参考引用文献

馬場啓一, 1998, あて材形成のメカニズム. 木材研究・資料, 34, 1-6.

馬場啓一, 2012, 樹木の形態形成. 生存圏研究, 8, 19-24

石渡正志・滝川洋二 (編), 2008, 発展コラム式中学理科の教科書第 2 分野. 講談社, 444p.

吉澤伸夫, 2016, あて材の科学. 海青社, 368 p.

URL1 : <https://www.tmghig.jp/research/release/2019/1211.html>

URL2 : <https://morinooto.jp/2013/11/21/ikiteru/>

URL3 : <https://nobo.world.coocan.jp/Treering/Structure/index.html>

URL4 : <https://shiroitani-oubou.com/news/木の年輪について/>

URL5 : <https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/joho/kids/nenrin.html>

URL6 : <http://jumokukobe.blog.fc2.com/blog-entry-2926.html>