

# 環境に応じて形や大きさを変える樹木たち:なぜ、どのように、どうやって

隅田 明洋

日照り、台風、大雪などの厳しい自然環境のもとで樹木は逃げずに生き続けなければなりません。そのための様々な方法を、樹木は長い進化の過程で身につけてきました。この講演ではまず、樹木の幹や枝がどのように大きくなるかについて基本的なことを解説し、次に樹木が形や大きさをどのように変えて環境に対応しているかについて紹介します。

## 基本編:樹木の成長

### Q なぜ? 1年に1回年輪ができる

幹の断面に同心円状になった年輪を見たことがあるでしょう。この断面において、樹皮のすぐ内側に師部、その内側に形成層、その内側に木部という組織があります。これらのうち細胞分裂が起こっているのは形成層です。形成層で生まれた細胞のうち、樹皮側の細胞は師部に、樹皮とは反対方向(幹の中心方向)の細胞は木部に変化します。この過程が春から夏まで繰り返されることによって、形成層より

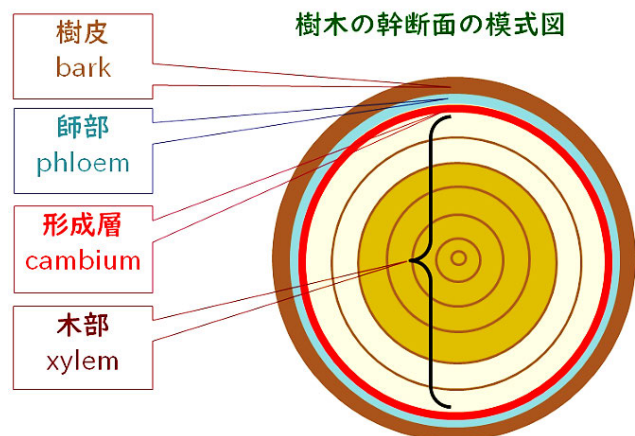
内側に少しずつ木部が蓄積されて幹が太り、それによって師部の位置は樹皮側に押し出されるように移動していきます。さらに秋になると、木部となる個々の細胞が小さいまま成長を止めてしまうようになり、冬になる前には形成層の細胞分裂そのものが停止してしまいます。この、細胞が小さいまま木部となった部分が、年輪の筋となって見えるのです。

### Q なぜ? 細胞のできてる幹の断面を水が通る

木部となる細胞の各々は、細胞壁という丈夫な構造で囲まれています。細胞壁ができると、細胞壁の内側にあった細胞は分解されて無くなってしまい、細胞壁だけが残ります。隣り合う細胞壁どうしはくっついていますが、所々に穴が開いていて、根から吸った水の通り道(導管、仮道管)となります。導管や仮道管はいわば細胞の抜け殻の集まりです。

### Q なぜ? 幹断面の内側は色がついて外側は白っぽい

木部のうち、幹の中心側の色の濃い部分は心材、外側の色が薄い部分は辺材と呼ばれます。辺材のほとんどは導管あるいは仮道管でできていますが、辺材のなかには一部生きている細胞も残っています。心材はもともとは辺材だった部分ですが、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。ですから、木部のうち水の通り道の役割を果たしているのは辺材部分だけということになります。樹種によっては



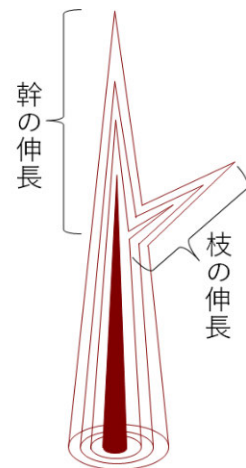
心材と辺材とが同じ色で見分けがつかないものもあります。

### Qなぜ？ 幹に穴が開いても樹木は元気 そう

上述のように木部の大部分は細胞の抜け殻の集まりなので、幹の内部に穴が開いていても樹木は生き続けることができます。幹の中の穴にエゾリスが住んでいても木は平気です。

### Q木はどのように大きくなる？枝は？

樹木は、動物のように体全体が拡大するように大きくなるわけではありません。このことを理解するには、枝がどのようにできるかを知っておく必要があります。では枝はいつどこから発生するのでしょうか。植物の茎の上の、葉がついている部分を節（せつ）と呼びますが、枝はその節の位置から発生します。つまり、どの枝も元々は、幹が細い茎だった頃に葉がついていた部分から発生するのです。幹と同様に枝にも年輪ができ太っていきます（右図）。したがって、枝は幹の中心までつながっています（右図：ただし例外あり）。また、右図の幹の伸長部分と枝の伸長部分との年齢の違いはせいぜい1年程度です。両者の伸長の速さが同程度だと、樹冠全体が上にも横にも広がって広葉樹型の樹形になります。しかし、多くの針葉樹では、幹の伸長に比べて枝の伸長が遅いため、縦長の樹形になるのです。

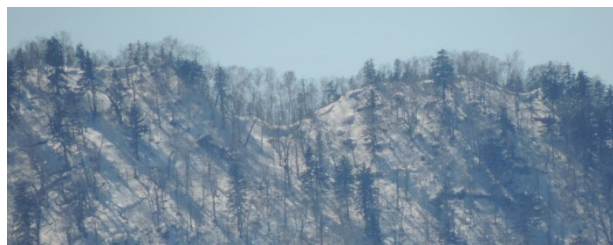


## 応用編:環境に応じた 樹木が形や大きさの変化

### 1)外部 環境による物理的刺激などに対する変化

#### Qa なぜ？ 山の尾根の凹んだところ

は、尾根部に比べて樹木の背が高いことがある（右写真）。逆に、山頂近くの樹木はしばしば矮性化する。



#### Qb なぜ？ 常に強い風が吹く地域では、

風上側の樹木の樹高が低い。

#### Qc なぜ？ 森林を下から見上げると、

樹冠と樹冠の間に隙間が見え、樹冠同士が接触しないように見える。



これらの現象は、『接触形態形成』と呼ばれる現象で説明されます。樹木に限らず多くの植物は、風による刺激や接触による刺激を受けると幹や枝の伸長が抑制されます。ある実験では、指で葉っぱの表裏を10回ずつ軽くさすり、それを1日2回繰り返すだけで茎が伸びなくなりました。強風の条件下で伸長すると茎が折れやすくなるため、風で物理的刺激を受けると伸長しにくくなるしくみを獲得したものと考えられます。接触形態形成は、物理的刺激によるカルシウムイオン濃度の調節のほか、多くの植物ホルモン、特に、傷害ホルモンとして知られるジャスモン酸類が茎の伸長に関わる遺伝子に作用することで起こると考えられています。皆さんのお宅の部屋の中の観葉植物、伸びすぎてませんか？

なお、Qaの現象は、尾根部と凹部との間の土壌栄養や土壌水分の違いにも関係しています。少し乾燥しただけで、樹木は光合成でできた炭水化物を幹や枝の成長（細胞分裂）に使わなくなり、乾燥等のストレスに耐えるための生理的作用などに優先的に使うことがわかってきました。つまり、乾燥も樹木の大きさを制限します。

## 2) 幹の形の成長制御

### Qなぜ？ 針葉樹は一本の太い幹と短い枝、広葉樹は必ずしもそうでない

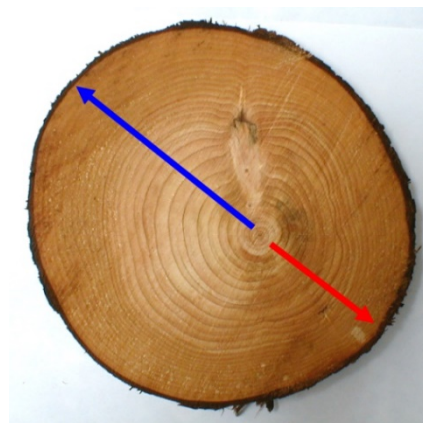
広葉樹と違って、なぜ針葉樹の多くは一本の太い幹を持つのでしょうか。針葉樹のこのような樹形は、植物ホルモンであるオーキシンとその関連のホルモンの作用を強く受けていると考えられています。オーキシンは成長途中の芽や葉で生産され、茎の中の師部の細胞中を根の方向に向かってゆっくりとしたスピードで流れていくことが知られています。



草本を使った研究により、いったん大きなオーキシンの流れが茎にできてしまうと、茎の途中にある芽（側芽）の成長が抑制されることが知られています。その茎を側芽の少し上から切除してやると、オーキシンの流れが無くなるので側芽から枝が伸び始めます。すなわち、オーキシンには枝分かれを抑制するはたらきがあるのです。針葉樹において枝よりも幹がよく伸びる現象もおそらく同様のメカニズムが関係していると考えられます。野外に生育する樹木の幹の先端が折れたりすると、いままで枝だったものが急に幹に変身したりします（左写真）。

### Qなぜ？ 幹の横断面の一番内側の年輪の位置が横断面の中心からずれる

幹の断面の一番内側の年輪が、円の中心からずれていることがあります（右写真）。その理由を尋ねると多くの人は「年輪幅が広いほうが良く日が当たっていたから」などと答えますが、それは誤りです。樹木が斜面で生育しているとき、当然斜面下側に幹が倒れやすくなります。樹木はそれを回避するように幹を太らせるのですが、針葉樹（裸子植物）と広葉樹（被子植物）とではその太らせ方が違います。針葉樹の場合、幹の倒れを押し戻すように斜面の下側の年輪がより多く太ります。広葉樹では逆に、幹の倒れを引っ張り上げるように斜面上側の年輪がより多く太ります。その結果、一番内側の年輪が幹断面の円の中心からずれるのです。このようにしてできる木部のことをあて材と呼びます。樹木が重力を感じ取るしくみをもっていることであて材ができること、あて材形成にはやはり植物ホルモンが関わっていることも明らかになってきました。



針葉樹：斜面下方向（重力方向）に  
圧縮あて材ができる。  
広葉樹：斜面上方向（反重力方向）に  
引っ張りあて材ができる。



### 3) 光に対する植物の応答

#### **Qなぜ？ 明るい場所ではよく枝分かれするが 背丈が伸びない**

森林下の比較的暗い林床で生まれた苗は、明るい開地で生まれた苗よりも背丈が伸びるかわりにあまり枝分かれしない傾向があります。この現象は単に暗いために起こるのではなく、林床と開地との光の質の違いによって起こります。森林の上部（林冠）の葉は主に赤い光を吸収して光合成を行うため、残った光の成分である緑色の光の割合が林床では多くなります。このような光の色の成分の割合を光質と言います。赤い光の割合が相対的に多い開地などでは、茎はそれほど伸長しないかわりに、多く枝分かれするようになります。逆に赤い光の割合が低い林床などでは、植物は枝分かれを抑えて伸長成長を促進するようになります。つまり植物は、光質の違いを感じ取って枝分かれや伸長を調節しています。（ただし樹木の場合、ずっと暗い状態のままだとやがて伸長成長も抑えられます。）太陽光の光質を変えずにただ暗くしただけでは、枝分かれや幹伸長の変化は起こりません。光質を感じ取るセンサーの役割を果たすのは細胞中に含まれるファイトクロームなどのタンパク質です。このタンパクが光質の変化を感じ取ると、遺伝子のはたらきに変化が起こり、側芽を出したり茎を伸長させたりする作用に働きかけることがわかってきました。

#### **Qなぜ？ 明るいところに育つ樹木の暗いところの枝の寿命は●い**

一方、明るさそのものの違いも、枝の成長や枯死を制御することで樹形の違いを引き起こします。地表面から枝分かれしたエンドウの片方の枝を明るい環境で育て、もう片方の枝をやや暗くして育てた実験では、暗いほうの枝は死んでしまいました。このことは、明るいところの枝は、余った養分等を暗い枝に与えて暗い環境下の枝を生かようなことはしないことを示唆しています。個々の枝は、光合成による炭水化物の稼ぎが自分自身の生存に十分でなければ死ぬ運命にあるのです。これを枝の自律性といいます。樹木でも、暗い側の枝は死んでしまいます（右写真）。ところがエンドウの実験で、明るい方の枝を切除したところ、暗いほうの枝は生き残りました。この結果は、暗いほうの枝の光環境が枝の自律性を保てないほど暗いわけではなくても、明るい枝が個体内にあると、相対的に稼ぎの悪い暗い枝を積極的に枯らすしくみがあることを示しています。このような現象を枝の「相関抑制」（correlative inhibition を筆者が日本語に訳した造語）といいます。相関抑制は、同じ個体内で勢いよく成長している枝があるときに、その枝に成長の悪い枝から光合成産物以外の養分（窒素など）を転流させることで起こると考えられています。お金持ちが貧乏人に分け与えないばかりか、お金持ちをもっとお金持ちにするために貧乏人からお金を巻き上げることで全体を生かす、という恐ろしいしくみと言えます。相関抑制が起こる生理的メカニズムについては樹木ではまだよく調べられていませんが、やはり植物ホルモンなどが関与していると考えられています。上の「●い」は「長い」か「短い」か、どちらかわかりましたか？



以上、樹木は決してぼーっと生きてるわけではないとおわかりいただけただでしょうか。