

4. 花とは何か

ここでは花とは何であるかを原襄『植物形態学』(朝倉書店)を参考にまとめておこう³⁾。植物の器官には根と茎と葉がある。根は植物体の地下部にあって植物体を支え、水や無機塩類の吸収を行い、物質の通道に役立つ。茎は植物体の地上部にあって地上部を支え、物質の通道に役立つ。葉は茎のまわりに規則的に配列し平らな形をもって光合成を行う。植物体内と外界とのあいだの二酸化炭素 CO₂、酸素 O₂ の交換や蒸散を積極的に行う。

1本の茎と、そのまわりに規則的に配列する複数の葉からなる単位を植物学上はシュート(shoot)という。いわゆる枝がその一例である。花序や花を生じる芽とこれが展開、伸長したのもシュートと考えることができる。

多くの植物の花はガク片、花弁、おしべ、めしべからなり、めしべは1枚から数枚の葉に相当するもの(心皮)が合着してできると考えることができる。1枚のガク片、1枚の花弁、1本のおしべもそれぞれ変形した葉と考えることができる。結局、1つの花は変形した短い茎に数種類の変形した多数の葉が規則的に配列したものとみなすことができる(図1)。

花は植物学的にみれば果実と種子をつくるものとなる器官である。つまり花は究極的には種子をつくって子孫を残すことに働く器官であるといえる。そこで花は生殖器官であるといわれる。

5弁の理由を探るため、私はまず花粉の中に花弁の5枚を決定するカギがあるのでは、と疑ってみた。『現代生物学大系(第7巻)』(中山書店)に掲載されている走査電子顕微鏡の花粉写真を眺める。さまざまな美しい花粉の形の中にはウニやヒトデの受精卵や桑実胚に似た球形のものもあるが「5」を決定する痕跡は見当たらなかった。つぎに種子の中に「5」があるのではと疑ったが、子葉、幼芽、幼根つまり葉、芽、根のひながたがあるだけで、花のひながたはないのであった。植物には一次生長と二次生長があり、花は二次生長で形成されるから「5」の形が決まるのはもっと先のことである。

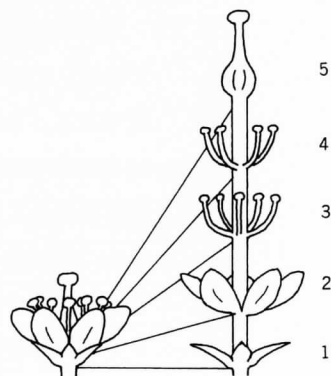


図1 花を一つのシュートとみなすときの解釈(1.ガク片, 2.花弁, 3.4.おしべ, 5.めしべ)(原襄『植物形態学』朝倉書店より引用)

5. フィボナッチ数列で解決するか?

熱帯雨林のスマトラ島に咲くという世界最大の花ラフレシアは5弁であるが、ある日この花が開くときのTV映像を見た。5弁の花は隣り合わせの順序に開くものとばかり思っていたが、そうではなく、ひとつおきに飛びながら開いていき、2周して5枚の花弁ぜんぶが開いた状態になるのだ。また身近にある花ではツバキ科の花が5弁であるが、その蕾をひとつ取ってきて花弁を1枚ずつはがして観察するとラフレシアと同じ順序に開くことを確認できた。

花弁の開く順序は、後で示す葉のつく順序(らせん葉序)に似ている。図1に示したように花は葉が変形したものであること、そして茎を極端に短くしたものであることから、私の関心は花の開き方から葉のつき方へと移っていった。ところで、花の葉原基説を最初に唱えたのはドイツの詩人ゲーテである(1790年)。葉芽と花芽は違ったものであり、葉がすべて花になることはないので、この説は一部のあやまりを含んでいるが、大筋において間違っていない。

葉の役目は光合成をすることである。光合成をするためには太陽の光を最大限に利用しなければならない。植物がお互いに陰を作りにくくするような葉のつき方には、つぎの4つの方法(葉の配置のことを葉序という)がある(図2)。まず2枚の葉が茎の同じ高さから対称にでるようなつき方で、これを対生という。また2枚の葉が茎の異なる高さから交互についていくつき方を互生という。そして3枚の葉が茎の同じ高さから出ているつき方を輪生という。さらに3枚の葉が茎の異なる高さから出ているものを、らせんという。らせんは多くの葉をつけ、かつ陰を作りにくくするので光合成に都合がよい。

互生葉序やらせん葉序にはつぎに説明する開度の違いによってさまざまなタイプがある。開度とは、葉序を示す断面図で、茎と1枚の葉の中心を結ぶ線と、茎とそのすぐ上の(あるいは下の)葉の中心を結ぶ線とのつくる角のことである。例えば開度が144度であるとすると、144度は360度の5分の2であるから5分の2葉序という。葉序には2分の1、3分の1、5分の2、8分の3などきわめて多くのタイプが知られている。分数で表す葉序の表示法の分子はまわる

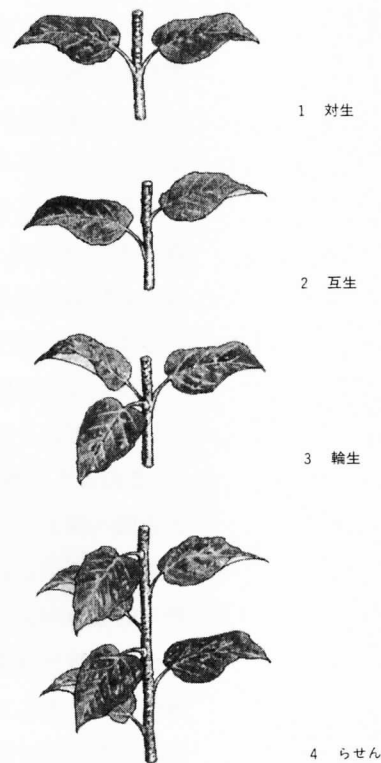


図2 葉の配置(『ネイチャーワークス』同朋舎より引用)

らせんの数、分母はその間につく葉の数と思ってよい。8分の3葉序は、3周する間に8つの葉がつくことを表している。

植物の葉のこのようなつき方はフィボナッチ数列で表すことができる。フィボナッチ数列とは高校の数学で出てくるが、もともとは植物の研究からでてきたもので、

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, ……

というように、前の2項の和を求めて作り出される数列である。この数列のひとつおきに数字を選び、大きい数字を分母に、小さい数字を分子にするとよい。たとえば、2と5なら5分の2、3と8なら8分の3である。

ところで、葉序はフィボナッチ数列ですべてが説明されるのだろうか？ この疑問に対して、原襄『植物の形態(増訂版)』(裳華房)には、つぎのような興味深い指摘がある⁴⁾。

「このような数学的な関係が発見されると、学問的な興味は、その方向へ深まっていくのは当然の成り行きである。かくして葉序の議論は、茎頂における実際の葉の発生過程を直接検討するという生物学的な方向よりは、むしろ数学的な数値をもとにして進み、フィボナッチ数列は黄金分割という問題に直結していることから始めて進行した。そして、茎頂において葉原基は、極限的には黄金分割に関連した位置に発生するものではないかという議論にまで発展した。しかし現実の問題として、茎頂がどのようにして葉を発生させるか、そして発生した葉原基が、二次的にどのような位置の変化をおこすかを綿密に観察することなしに、数学的な計算だけで議論を進めていくことは適当でない」とある。非常に耳の痛い話しである。

私は、フィボナッチ数列を全面的に否定はしていないが、5弁の謎を解くカギにはなっていないように思う。やはり、実際の植物(生物)を観察することから離れては駄目である。

6. 茎頂細胞に注目

生長点とは、つまり植物の茎および根の先端にあって、もっぱら細胞分裂が行われる部分で、茎頂や根端のことをいうが、ここが謎を解くカギになっていることは間違いない。生長点では細胞の形と

大きさ、それに配置が問題になるだろう。

原襄『植物形態学』(前掲書)には、シュート頂とその基本的構造についての説明がある³⁾。シュートとは、茎と葉からなる単位であった(前述)。シュート頂はこの茎や葉を直接つくる場所であり、葉の葉腋分裂組織もつくる。シュート頂は茎頂とも呼ばれる。

被子植物のシュートの頂端分裂組織には外衣・内体と細胞組織帯の2つの構造を認めることができる(図3)。シュート頂には1~数層の、表面に平行な細胞層が認められる。この層状構造全体を外衣といい、これより内方の層状構造をなさない部分を内体という(図3左上では実線で示されている)。外衣は、垂層分裂を繰り返す細胞からなる細胞層を形成する部分であり、内体は、いろいろな方向に分裂面をつくる分裂を行う細胞からなる部分である。

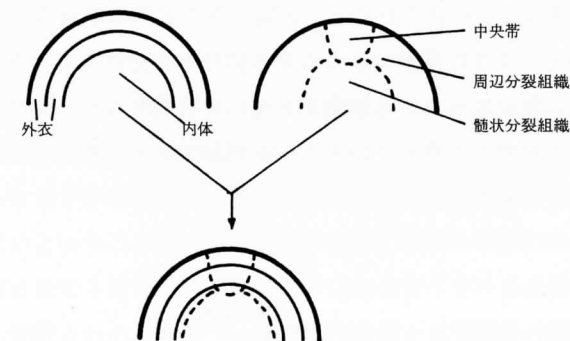


図3 シュート頂の外衣・内体と細胞組織帯(原襄『植物形態学』朝倉書店より引用)

外衣・内体の構造のほかに、シュート頂にはシュート頂を構成する細胞の性質の相違から、つぎの3つの区域が区別されることが多い(図3右上では点線で示されている)。これを細胞組織帯という。シュート頂の最も先端の区域を中央帯といい、中央帯をとりかこむ区域を周辺分裂組織といい、中央帯の下にあって、周辺分裂組織ととりかこまれた区域を髓状分裂組織という。

細胞組織帯のうち、とくに中央帯が注目される。ここの細胞は大きく球状に近く、細胞の内容の染色性が低く液胞が多い。とりわけ分裂頻度の低いことは、この部分が分裂組織の中心部にあるにもか

かわらず分裂組織らしくない性質を示すことを意味している。中央帯をとりかこむ周辺分裂組織の細胞は活発であり、この部分のうち、とくに中央帯に近いところが葉原基の発生する場となる。

シュート頂は栄養期から生殖期に転換するとき、つまり花芽が形成されるときかなり大きな変化をおこす。栄養期の外衣・内体の細胞配列や細胞組織帯の構造はこの転換期に順次失われ、シュート頂の表層に数層の細胞層をもつようになる。この部分の細胞は細胞層を密にもっていて、活発に細胞分裂を行うようになる。

花芽の形成のときには、生殖シュート頂をもち、通常はガク片の原基、花弁の原基、心皮の原基の順に花葉の原基をつくる。そして、心皮の原基を作り終わるとき、その生殖シュート頂自体も分裂組織ではなくなり、心皮の組織となって消滅する⁹⁾。

花芽については図4に示すような生長点の概略図と説明がある。茎頂の断面図(図4A)を見ると、先端は丸くドーム状になった細胞とその側方の小さな葉ができつつある部分とに分けることができ、丸くドーム状になっている細胞がしだいに分裂しながら葉を形成したり、茎を形成したりしていることが理解できる。図3と比較して変化の様子を知るとよい。

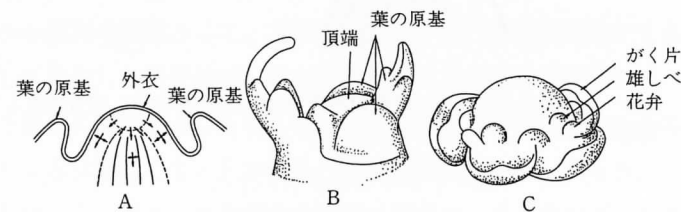


図4 生長点の図 A: 断面図, B: 立体図, C: 花の原基(Fahn 原図)(賀来章輔他『植物の生長と発育』共立出版より引用)

もう少し立体的に表したものが同図Bであり、この図では栄養生殖の状態を表し、つぎつぎと葉が形成されていく。一方、同図Cでは花芽形成期の初期の頂端部が示されている。花芽の形成は中心部よりはずれた部分、すなわち葉の原基が生育している部分が花の原基に変化したもので、葉の形成場所と花の形成場所とはわずか

ではあるが、頂端部でずれを示している。外側からガク片、花弁、おしべの順で形成されていく。

7. フラーレン C_{60} の化学

1996年度のノーベル化学賞は、サッカーボールの形をした分子 C_{60} の発見に贈られた。化学賞を受けたのはR・カール、R・スモリー、H・クロトーである。フラレン C_{60} の分子模型とサッカーボールを図5に示しておく。炭素原子は多面体の頂点に位置している。五角形の面が12、六角形の面が20あって、1つの五角形を5つの六角形が囲んでいる。これは準正32面体として知られているもので、頂点の数が60個あるのだ。

炭素だけでできている完全に対称なこの構造は、分子構造におけるまったく新しい概念を表している。ドーム構造を作った著名な建築家バックミンスター・フラレンにちなんで名称をバックミンスター・フラレンとし、略してフラレンとしたのがその由来だ。

数学的に興味深いことは、オイラーの公式によると、60個の原子からなるグラファイトのシートを曲げて閉じた球をつくることはできないということだ。身近な例では各要素が六角形の金網を丸めても球にはできないということだ。これはオイラーの多面体定理で容易に証明される。オイラーの多面体定理とは多面体の頂点の数を V 、面の数を F 、辺の数を E とすると、これらには次の関係が成り立つことである。

$$V + F = E + 2$$

すべての面が六角形であるとして矛盾を導き出すことで証明してみよう。60個の原子に対して頂点の数は60である($V=60$)。各頂点は他の3つの頂点を結合しているから、1つの頂点は3つの「半分の辺」と結びついている。なぜなら1つの辺は2つの頂点で共有されているから。したがって、 $60 \times 3 \div 2 = 90$ より辺の数は90である($E=90$)。すべての面が六角形であるとしたから、1つの辺は2つの面の、それぞれの6分の1を構成しているから、 $90 \times 2 = 180$ 、 $180 \div 6 = 30$ で面の数は30である($F=30$)。 $V=60$ 、 $F=30$ 、 $E=90$ はオイラーの公式を満たさないので矛盾である。