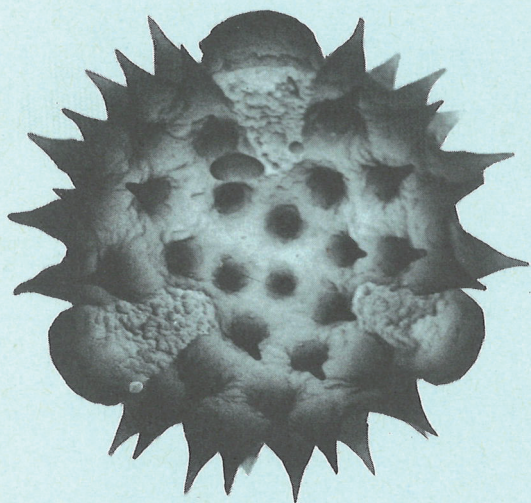


ミニガイド No.10

か ぶん
花 粉



大阪市立自然史博物館

はじめに

花には雌しべと雄しべがあって、花が咲いたときに、種子を作るための役割を分担していることは、だれでも知っていると思います。そのときに雄しべの葯（やく）から出てくる花粉が、だじな役割をはたしています。

ところが最近^{かふんしやう}は、花粉症になやまされる人が多くなったため、花粉はまるで悪者あつかいで、ますます有名になってしまいました。しかし、昔は聞いたこともなかった花粉症などという病気にかかる人が、最近になってなぜふえたのでしょうか。開発が進んで森が破壊され、木はおおいに減ってしまったのに、なぜでしょう。都会に出てきて花粉症にかかった若者が、スギの植林にかこまれた故郷の村に帰ったら、咳もくしゃみもしなくなったという例がけっこう多いことは、花粉症を初めとする現代病の原因を考えるヒントを与えてくれるのではないのでしょうか。

甘くておいしい蜂蜜の中にも、花粉がたくさんはいつています。ミツバチを育てる栄養源は、蜜と花粉です。最近では人間が蜂蜜ばかりではなく、ミツバチが運んできた花粉だんごを巣の入り口で横取りし、栄養剤などに使っています。

花粉という名前はよく知っているのに、姿を見たことはあまり無いと思います。そこで、顕^{けん}微^び鏡^{きやう}で花粉を観察する方法などについて紹介しようと思います。光学顕微鏡でみた花粉の写真集；島倉巳三郎著「日本植物の花粉形態」（1973）や中村純著「日本産花粉の標徴」（1980）、電子顕微鏡でみた花粉の写真集；黒沢喜一郎著「被子植物の花粉」（1991）が、自然史博物館の収蔵資料目録として発行されています。自然史博物館の普及センターでこれらの本の写真を見ることが出来ますから参考にして下さい。

面で雄花が開くと花粉が勢いよく流れ出し、水面を漂います。河口や入り江の浅い海底に生えるアマモの花粉は、海水中をキラキラ光りながら流されていったり、糸くずのような塊になって海面を漂います。花粉が水で運ばれる水媒花です。

そのほか、鳥類やコウモリ類、ネズミやリスの仲間などに花粉を運んでもらう植物もあります。

花粉のできかた

花がまだ小さなつぼみの頃、その中に葯の原基とよばれる細胞の集まりができます。葯の原基はその後、分裂をくりかえして葯の内側の壁を作る細胞群と花粉のもとになる花粉母細胞群になります。花粉母細胞群はタペート細胞という葯の壁のいちばん内側の細胞で作られ、カロースに包みこまれています。花粉母細胞は、カロースの壁から養分をもらって大きくなった後、染色体が半分ずつに分かれる減数分裂げんすうぶんれつをして、2つの細胞にわかれます。その2つがつぎは普通に分裂して、花粉小細胞とよばれる4つの花粉粒になります。先に分かれるのは、原形質とよばれる花粉粒のなかみですから、花粉粒を包む外膜は後からできます。じょうぶな膜ができると、多くの植物の花粉では一つ一つがばらばらになり、しだいに成熟してゆきます。

花粉の色

ほとんどの花粉はうすい黄色をしています。なかにはオニユリのように濃いえんじ色のものや、チューリップのように紫色のものもあります。しかしこのような色も、花粉が強い太陽の光に長い間さらされていると消えてしまいます。

花粉膜を染色して観察するかんたんな方法

水やグリセリンで封入しただけでは、花粉のなかみ（原形質）が目ざわりで、花粉の表面のようすがわかりにくいため、花粉の膜だけを染色して観察します。

手軽に染色して観察するには、カルベラ液を使います。スライドガラスの上に乗せた花粉に、カルベラ液を一滴たらしてかきまぜ、カバーガラスをかけます。カルベラ液は薄い赤紫色をした透明な液で、封入したすぐ後は色がないように見えますが、数分後には花粉の外側の膜だけがしだいに赤紫色に変わってきます。カルベラ液の中のフクシンが花粉膜を染め、花粉膜の表面の模様や突起物、花粉管の出る孔や溝の位置と形などが観察しやすくなります。

カルベラ液による封入染色法は、花粉症の患者の周りにどのような種類の花粉が漂っているかを調べるときに使われています。

<資料>カルベラ液の作りかた

- | | |
|-------------|-------|
| 1. 蒸留水 | 15 ml |
| 2. エチルアルコール | 10 ml |
| 3. グリセリン | 5 ml |

1.と2.と3.を上記の割合で混ぜ合わせ

4. 塩基性フクシンをエチルアルコールに飽和状態まで溶かした液を 2 滴加えるとできあがり。瓶に保存すればいつでも使える。

花ごと処理して花粉の外膜だけを残す方法（アセトリシス処理法）

花や葯が小さくて花粉がわずかしかないような場合には、雄しべ全部または花全部をいっしょに遠沈管の中に入れ、アセトリシス処理という方法で、花粉の外膜いがいの物を溶かしてしまいます。花びらや雄しべのセルロースを^{さくかぶんかい}酢化分解（アセトライズ）することから、アセトリシス処理といえます。

まず花粉を花ごと入れた遠沈管に、無水酢酸 $\text{CH}_3(\text{CO})_2$ と濃硫酸 H_2SO_4 を 9 対 1 の割合で混ぜたアセトリシス液を加えて、約 1 分間湯煎します。すぐに遠心分離をし、上澄み液をすてます。遠沈管の底に残った花粉粒の間にはまだアセトリシス液が残っていますから、氷酢酸 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を加えてよくかき混ぜ、遠心分離して上澄み液をすてます。つぎに蒸留水を加えてかき混ぜ、遠沈して上澄み液をすてる作業を 3 回ほど繰り返して水洗し、封入します。

アセトリシス液は作ったままにして置くと、空気中の水分をすいこんで、セルロースなどを溶かす力がなくなってしまいますから、使う直前に作ります。なお、アセトリシス処理はセルロースや原形質を溶かすだけでなく、花粉膜にもヤケドを負わせます。そのため花粉膜を染色しなくても観察しやすくなる代わりに、あまり長く熱を加え続けるとヤケドをしすぎて観察できなくなります。


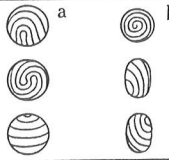
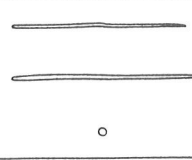
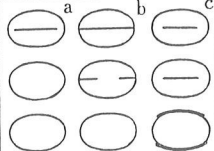

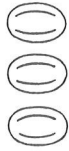
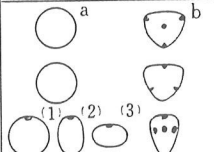
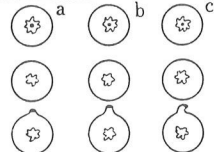
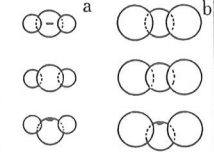
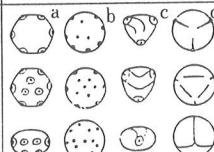
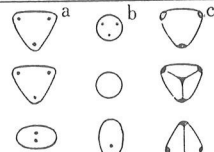
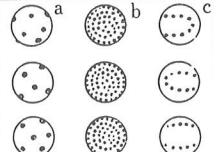
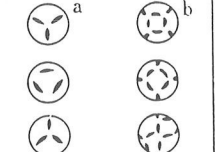
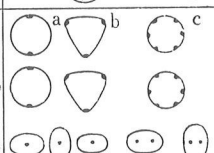

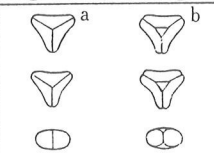
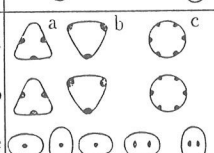
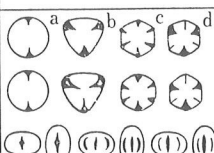
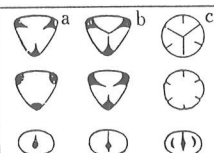
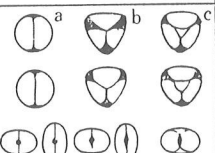
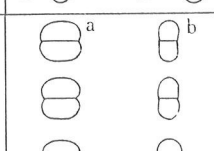
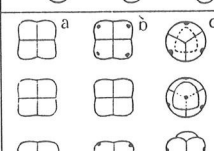
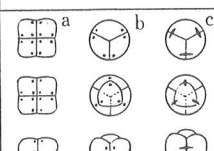
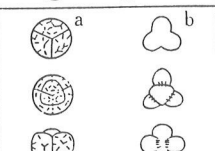
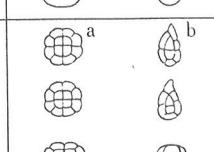
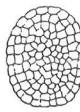
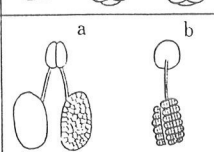
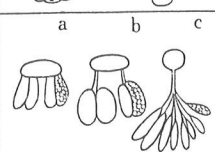
アセトリシス処理をすると、花粉は少し縮んで小さくなります。それを防ぐには、さきに述べたアルカリ処理をアセトリシス処理の前にします。この場合、アルカリ処理のあとの水洗が終わった花粉試料には、水分が残っていますから、氷酢酸を加えてよくかき混ぜ、遠沈して上澄み液を捨てます。花粉粒の間に残った水を取り除くために、水と氷酢酸を入れかえる（置換^{ちかん}する）わけです。

花粉の形

花粉粒の形

花が植物の種類ごとにいろいろな形をしているように、花粉もそれぞれ形がちがいます。花粉管が伸びるための出口として花粉膜にできた仕掛けを^{はつがそうち}発芽装置といいます。その形や数、場所もちがいます。花粉膜の構造も種類ごとにちがいで、表面の模様もちがいます。花粉粒は押しつぶされたり、水分を失って縮むと形が変わります。ここでは水分を含んで膨らんでいるときの形について例をあげておきます。

- 1) 球形（ボールのようにどちらから見ても^{りんかく}輪郭が丸いもの）：
エノキ、ムクゲ、オシロイバナ、ナデシコ、イネなど
- 2) 長球形（ラグビーボール状）：クリ、トチノキ、ユリなど
- 3) 扁球形（少し押しつぶされたボールのような形）：
オニグルミ、サワグルミ、クマシデなど
- 4) 三角形状扁球形（角の円い“三角おにぎり”のような形）：
シラカバ、ヤマモモ、アズキ、フウセンカズラなど
- 5) 四角形状扁球形（直方体形）（“枕”または“焼いた切り餅”
のような形）：ハウセンカ、ツリフネソウなど
- 6) 多角形状扁球形：ハンノキ、ケヤキ、シナサワグルミなど
- 7) 球形で一部が突出しているもの：スギ、セコイアなど
- 8) 半球状の^{きのう}気嚢を持つもの：アカマツ、モミ、イヌマキなど
- 9) リング状付属物を持つもの（“麦わら帽子のツバ”のような
物があるもの）：ツガ、コメツガ
- 10) 糸状（細長い糸のような形）：アマモ、コアマモ
- 11) 円錐状（細長い“イチゴ”のような形）：カヤツリグサ科

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5p				
6p				
7				
8				

花粉の膜

花粉の膜全体はスポロダーム（孢子や花粉の皮膚^{ひふ}という意味）とよばれ、日本語では「総壁^{そうへき}」と訳されていますがこの本では「花粉膜」と普通によんでおきます。

薬品で処理する前の花粉を光学顕微鏡で見ると、黄色っぽい色をした外側の膜と白く光る内側の厚い膜に分かれて見えます。内側の膜は「内壁」とよばれる原形質の膜ですから、アルカリや酸で処理すると消えてしまいます。この本では「内膜」とよんでおきます。

外側の黄色っぽい膜は「上壁」とよばれますが、これは「外膜」とよんでおきます。この外膜は注意深く観察すると2つないし3つの層に分かれて見えます。外側の1ないし2つの層を「外膜外層」、いちばん内側の層を「外膜内層」とよびます。

外膜が3層に分かれて見える場合、まん中の層では細かな縦の線がたくさん見えます。顕微鏡の倍率を400～1000倍にすると、柱のようなものがたくさん並んでいたり小さな壁が複雑につながって並んでいるのが見えます。これは「コルーメラ」（「柱」という意味）とよばれます。いちばん外側の薄い層は「テクタム」（「屋根」という意味）とよばれます。

この場合、外膜外層はテクタムとそれを支えているコルーメラと土台から成り立っていることとなります。テクタムには大小さまざまな穴が開いていたり、表面には刺やいぼなど大小の突起があります。

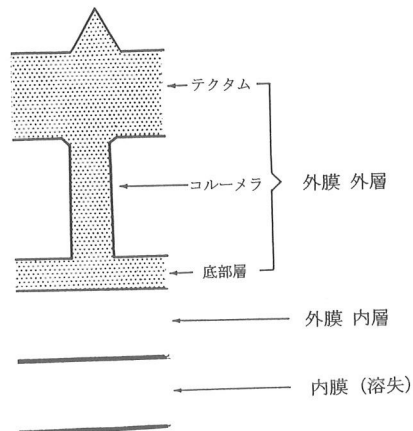


図2 花粉膜の構造

とです。また、ホシクサの仲間では、長い発芽溝がぐるぐると花粉粒の全体を螺旋状に取り巻いており、何を迷ったのだろうかと思いたくなります。いずれにせよ、発芽装置の形や並び方などは、長い間かかって思い思いの工夫をこらして進化した末にたどり着いた結果で、時には行きすぎた成れの果て、という場合もあるのでしょう。

外膜表面の模様 (彫紋)^{ちようもん}

花粉の外膜の表面にはいろいろな模様が見えます。これは外膜の構造のちがいに応じてできるものですが、外膜外層の一部がいちじるしく盛り上がってとび出すと特別な飾りのようになります。このような模様や飾りは彫紋とよばれます。

表面がほとんど平らで光学顕微鏡では突起や凹みが見えない

..... 平滑

円い凹み 孔または凹入

長さが幅の2倍以上ある凹み 溝

突起は径 $1 \mu\text{m}$ より小さな半球状 微粒^{かりゆう}

突起は径 $1 \mu\text{m}$ 以上の半球状 顆粒

突起の先は丸く、根元がくびれる 乳頭

突起の高さより径の方が大きい 疣^{いぼ}

突起の先は丸く高さが径より大きい 棒または柱

突起の先は丸くて高さが径より大きく、根元が細くなる

..... 棍棒^{こんぼう}

突起の先は尖っている 刺

突起が著しく細長く先が尖る 糸状刺

直線状に平行に伸びる隆起で、隆起の長さは幅の2倍以上

..... 線状

いろいろな花粉

マツ科とイヌマキ科の^{ゆうよく}有翼花粉 (図1の3C)

マツ科やイヌマキ科の花粉の多くは、遠心極面の赤道よりに2つ(まれに3ないし4個)の^{きおう}気嚢を持つ有翼花粉(図1の3C)です(図4)。気嚢のコーレメラが、不定形の蜂の巣状に発達して空洞をつくり、風に飛ばされやすいように全体を軽くしています。

向心極面の外膜は外層のコーレメラが発達して厚くなっていますが、コーレメラの分布形態と発達のしかたは属によって異なります。遠心極面には疣や顆粒が密に分布する属もありますが、多くは平滑で、特別な孔や溝の形をした発芽装置はありません。気嚢にはさまれた遠心極面の外膜はひじょうに薄くなっており、ジャーミナルゾーンとよばれています。水分を失うと、この膜の薄いところが折れ曲がるように凹んで収縮します(図5の上右写真)。水分を吸いこんで膨らむと、ジャーミナルゾーンの花粉膜が破れて中身全体が外に出てしまい、アメーバのように変形しながら偽足のような花粉管を伸ばします。

イヌマキ科, イヌマキ属 (図4のPo)

花粉粒の本体は小さく約 $30\mu\text{m}$ ですが、そのわりには気嚢が大きく、蝶が飛んでいるように見えます。向心極面の模様は細かくて、ジャーミナルゾーンの外膜表面は平滑です。気嚢内にある蜂の巣状コーレメラの壁面の連結部がところどころ膨らんで、結節状に見えます。気嚢基部のジャーミナルゾーンと接する所が二重に折れ曲がるため、遠心極の方から見ると二重線になって見えるのも特徴です。

イヌマキ科の他の属には気嚢が多数あったり、それが連結したような花粉が多く見られます。

マツ科, マツ属, 複維管束亜属 (二葉マツ類) (図4のD)

本体は45~50 μm で, ジャーミナルゾーンの外膜は薄く, 表面は平滑です。向心極面の外膜表面は大きさも形も不揃いな疣に被われます。向心極面と遠心極面の境では, コルメラ層が少し厚くなり, マージナルリッジとよばれる帯状の盛り上がりができます。

気嚢の基部は狭まって本体につくため, ボールをくっつけたような見かけになります。気嚢の表面は平滑ですが, 薄いテクタムの下に不定型な蜂の巣状のコルメラ層があるため, 一見すると網状紋があるように見えます (図5)。この特徴は他の属でも同様です。

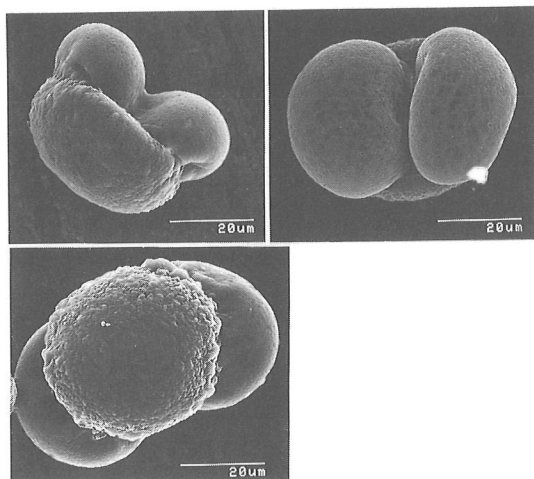


図5 アカマツの花粉 (走査型電子顕微鏡写真)

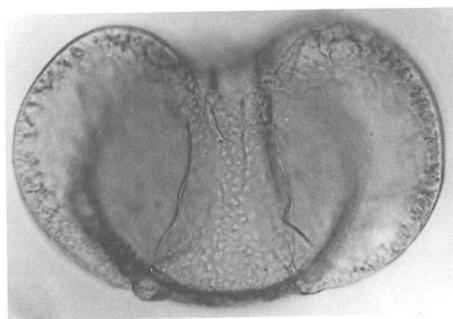


図6 五葉マツ類の花粉化石 (後期更新世)

モミ属 (図4のA)

ひじょうに大きく本体だけで80~100 μ mもあります。気嚢も大きく、その表面に見えるコルーメラの網目模様もとても大きなものです。ただし本体が大きなわりには気嚢が小さめな感じで、根元がくびれたようになって本体に付きます。ジャーミナルゾーンの外膜は薄く、表面は平滑です。向心極面の花粉膜はひじょうに厚く、コルーメラも発達して長く見えますが、向心極面の中心付近では外膜が急に薄くなり、コルーメラも細かくなります。マージナルリッジはありませんが、遠心極面と向心極面の境界は紋様が急激に変化するため明瞭です。気嚢の紋様も明瞭に変化し、コルーメラがつくる気嚢基部の網状に見える紋様は細長く伸びて、本体との付着部の境界が明瞭に判ります。向心極面の中心から3方向に放射状に伸びる肥厚が観察されることがあり、4集粒だった頃の名残と考えられてYマークとよばれます。

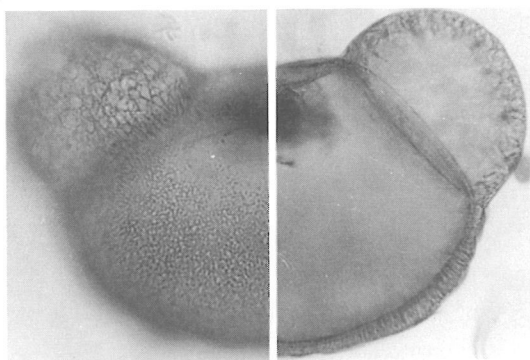


図8 モミ属の花粉 (後期更新世の化石)

ユサン属 (図4のK)

本体は大きく赤道径が100-110 μ mありますが、極軸長が同じくらい長いため、ひじょうに大きな球に見えます。向心極面の花粉膜はあまり厚くなく、どこもほぼ同じくらいの厚さで、コルーメラも

カラマツ属 (マツ科)

表面の平滑な球状の花粉粒で、赤道付近を細くて低い隆起が帯のように取り巻いているため、鉢巻をしているように見えます (図10)。光学断面で花粉膜が外側に膨れだしている部分を見つけ、ピントを変えながら追跡すると見つけられます。向心極面では厚い外膜が内外2層に分かれて認められ、遠心極面では外膜全体がしだいに薄くなります。

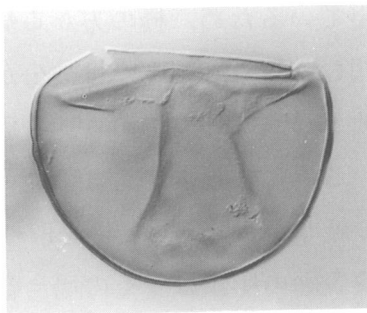


図 10 カラマツの花粉

スギ (スギ科, スギ属)

ほぼ球形をした花粉粒 (径 $30\sim 35\mu\text{m}$) の一部が指のよう突き出し、先が少しまがっています (図1の3 Bc)。この突出部はパピラとよばれ、このパピラとそのまわりの部分は外膜が著しく薄くなってジャーミナルゾーンとなっています。花粉が発芽するときはこの部分のどこかが破れ、原形質全体が外に出てアメーバの偽足のようにならば、花粉管を伸ばします。パピラとは反対側の向心極面では、外膜は厚く、内層は明るく光って見えます。外層の表面には金平糖状の微粒がたくさん付いており、ペリンだと考えられています。

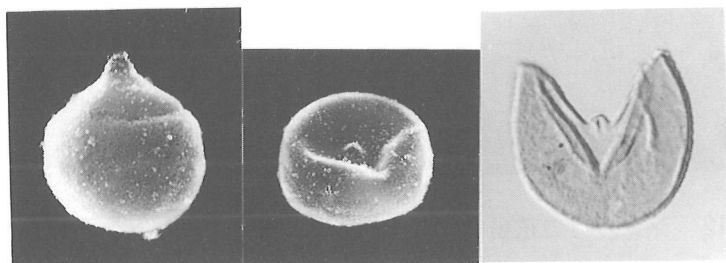


図 11 スギの花粉 (左は走査型電子顕微鏡写真)

ハシバミ (カバノキ科, ハシバミ属)

シラカバの花粉に似ていますが、極から見た輪郭はシラカバほど丸くなく、3角形に見えます(図1の5 Ab-c)。孔の周りの外膜外層は肥厚しますが、カバノキ属やハンノキ属のように突出せず、内層から離れることはありません。

ブナ属 (ブナ科)

径40~50 μm の球形をした花粉粒の赤道面に、極方向に伸びる3本の溝と、各々の溝の中央に孔があります(図1の6 Bb)。溝は外膜外層が経線方向に破れたような状態で、溝の縁は不規則なギザギザになっています。孔の縁では外膜内層が厚くなって、内側に張り出した外縁の不明瞭なリング状になっています。外膜外層の表面には顆粒状の模様が密にあり、孔の付近では孔から放射状に並んでいます。

コナラ属 (ブナ科)

水分を含んだときは球形で、両極に向かって伸びる長い発芽溝が3本あります。薬品処理で原形質を取り除いたり化石になると、溝の所で外膜が内側に巻き込むため、極から見ると三つ葉のクローバーのような形に見えます。しかし溝のとどいていない極域は収縮できないため、赤道方向から見ると弁当箱のような形に見えます。

コナラ亜属は極軸長が35~40 μm で、外膜表面に大きさの不揃いな顆粒が密にあり、所々に少し大きな乳頭状の突起があります。

アカガシ亜属は粒径が20~30 μm と小さい割には外膜が厚いため、溝のない極域の膜が突っ張っている感じで、赤道から見ると角丸長方形のように見えます。外膜表面は細かな顆粒紋です。

ニレ科

偏球形で、赤道に5箇、まれに4ないし6箇の孔が並んでいます。孔の周囲で外膜外層が肥厚して外側に張り出すため、輪郭は多角形に近くなります。外膜の一部が畝状に厚くなり不規則に曲がりくねるしわ状模様が全面にあります。ケヤキでは発芽孔周辺での外膜外層の肥厚が顕著なため、ほぼ完全な五（多）角形になりますが、ニレ属では発芽孔周辺の肥厚があまり顕著でないため円形に近い場合がほとんどです。外膜のしわ模様もニレ属ではやや小さめで、あまり激しく曲がりくねらず、疣状になることもあります。ハリゲヤキでは大型の顆粒紋になります。

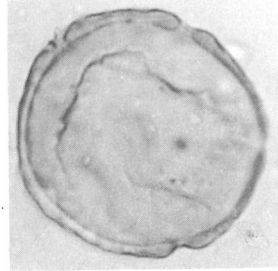


図16 ニレ属の花粉

シナノキ属（シナノキ科）

三角形状偏球形ですが、向心極面と遠心極面では膨らみ方が違います。発芽装置は三角形の先端ではなく平らな辺の中央にあり（図1の6 Aa）、外膜外層にできた小さな割れ目のような溝と内層の孔で構成されます。発芽孔の部分では、外膜外層は厚さに変化がないまま外側に向かってわずかに膨れ出しますが、外膜内層は著しく厚くなり外側と内側に向かって膨れます。そのため極からみると、発芽装置が内側に落ち込んでいるように見えます。

表面には稜が屋根形に尖る細かな網模様があり、網目は奥にいくほど狭くなるフラスコ状の孔になっています。

モウセンゴケ（モウセンゴケ科）

4個の花粉粒が結合していますが、ツツジ科の花粉粒が互いに向

ミチヤナギ (タデ科, タデ属, ミチヤナギ節)

極軸長 $30\sim 40\mu\text{m}$ の長球形で、極近くまで伸びる3本の溝とその中に孔があります。赤道で溝を横切る外膜内層の肥厚が顕著です。

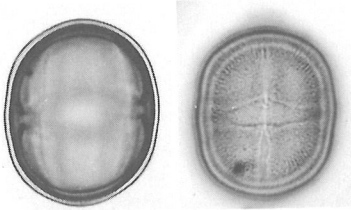


図18 ミチヤナギの花粉

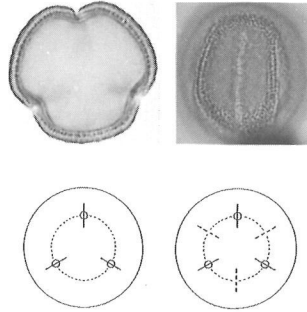


図19 ツルドクダミの花粉

ツルドクダミ (タデ科, タデ属, ツルドクダミ節)

極軸長 $28\sim 37\mu\text{m}$ 、赤道径 $20\sim 30\mu\text{m}$ の長球形で3本の長い溝があり、各々の溝の中央(赤道部分)に孔があります(図19の左側の写真と図)。この図では、図の中心が一方の極で、破線の円は赤道を表し、外側の実線の円が他方の極を表します。ほかの図も同じです。右側の写真と図のように、溝と溝との間に細長い溝状に膜が薄くなっている部分のある花粉もまれに見つかりますが、赤道部分に孔はありません。これは発芽装置の溝のように見えますが本当は溝ではないという意味で疑似溝ぎじとよばれます。

オオケタデ (タデ科タデ属サナエタデ節)

径 $50\sim 60\mu\text{m}$ の球形で、表面には大きな網模様があります。網目のいくつかには円い孔(発芽装置)があります。図20の写真の上にある3つの図は、ハルタデやイヌタデなどのサナエタデ節と、ミゾソバやママコノシリヌグイなどのウナギツカミ節の花粉の、孔の分布のしかたを示したものです。円の中心が一方の極で外側の実線の

の特徴を持っています。ただしキク亜科（図22）は溝以外の部分が刺で被われているのに対して、タンポポ亜科では大きな網目模様があり網の上にだけ刺が分布します。また後者では溝が退化してほとんど孔だけの状態になっているのも特徴です。

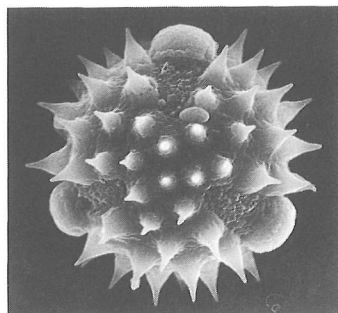


図22 キク亜科の花粉

イネ科

球形で1個（まれに数個）の円い発芽孔を持ち、中にオパーキュラムがあります。孔の周囲で外膜外層が肥厚して外に張り出しますが、外膜内層は肥厚する場合としない場合があります。外膜表面には細かな顆粒が密に分布しますが、ほとんど平滑な場合も多くあります。イネ科植物の花粉はどれもよく似ていますが、タケ亜科の花粉は外膜が薄く、地下茎の発達による栄養繁殖能力の獲得という事との関係をうかがわせます。

カヤツリグサ科

球形またはイチゴのような形をしていて、遠心極に1個の発芽孔がありますが、孔縁は不明瞭です。外膜表面は細かな顆粒紋ですが、赤道部分には内部に粗い顆粒紋のある円3個と縦長楕円3個が交互に並びます。これらは発芽装置ではなく単なる模様なので擬似孔です。



図23 カヤツリグサ科の花粉

ミニガイド No. 10 「花粉」

平成5年3月31日発行

執筆編集：那須孝悌（第四紀研究室）

発行：大阪市立自然史博物館

印刷：光栄堂印刷株式会社
