

## 第12回名古屋大学博物館企画展 ふしぎふしぎ ミクロの美術館 —電子顕微鏡で見るいきものの世界—

### Record of the 12<sup>th</sup> NUM Special Display Micro World

野崎ますみ (NOZAKI Masumi)

名古屋大学博物館  
The Nagoya University Museum, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan

#### ご挨拶

このたび、第12回名古屋大学博物館企画展として、『ふしぎふしぎミクロの美術館 電子顕微鏡で見るいきものの世界』を開催する運びとなりました。

20世紀のなかごろ、ヒトは電子線を用いた電子顕微鏡を開発したことにより、新たな世界をのぞき見ることが出来るようになりました。電子線で見える生物のカタチはふしぎで美しい世界です。今回は医学生物学電子顕微鏡技術学会の後援を得て、超一級の写真をそろえることが出来ました。どうぞ皆様、電子顕微鏡の世界をごゆっくりお楽しみ下さい。

2007年8月1日

名古屋大学博物館

#### (導入)

#### 電子顕微鏡の種類

電子顕微鏡は大きく分けると2つの種類があります。

- ・透過型電子顕微鏡 (TEM) は一般に観察する試料をダイヤモンドの刃で約100nm (1mmの1万分の1) の厚さに切り、この薄い試料を通り抜けた電子線を観察します。ですから、物の内部構造を観察するのに適しています。光学顕微鏡で言えばちょうどスライドグラスにはった切片を観察するのに似ています。
- ・走査型電子顕微鏡 (SEM) は試料の表面になぞるように電子線をあて、そこから発生する2次電子をつかまえて観察します。物の表面構造を観察するのに適しています。ちょうどルーペや実体顕微鏡で試料を観察するのに似ています。

光学顕微鏡と違って、電子顕微鏡では拡大するだけでなく、元素の分析を行うことも出来ます。



試料を見てみよう（ハンズオンコーナーとして）

#### 透過型電子顕微鏡の試料を生物顕微鏡で見ると

透過型電子顕微鏡の試料は、網で出来た直径 3 mm 金属（グリッドと呼ぶ）に貼り付つけて観察します。

銅で出来たグリッドに厚さ 80nm の肝臓の試料が載せられ、鉛などの金属で染色されています。（生物顕微鏡を設置）

#### 走査型顕微鏡の試料を実体顕微鏡で見ると

走査型顕微鏡の試料は試料台に貼り付けてから、金属でコーティング（薄い皮膜を作る）して観察します。

アルミ製の試料台には金でコーティングされたクモが載っています。（実体顕微鏡を設置）

### ふしぎふしぎ いきものの世界・・・昆虫



#### カマキリ（写真左）

卵で越冬し春に幼虫がふ化して、夏に成虫となります。小さな昆虫を捕獲するのに便利な複眼が頭の両側に大きく張り出しています。複眼は広い範囲を見るのに適し、獲物との距離を測れます。55 倍

#### ショウジョウバエの複眼

ケナガダニ 倍率 295 倍

モンシロチョウの鱗粉 倍率 1,020 倍

#### ミツバチの足先

蜜を集めるミツバチは足先に集めた蜜をかき取るクリーナーの役目の構造が観察される。



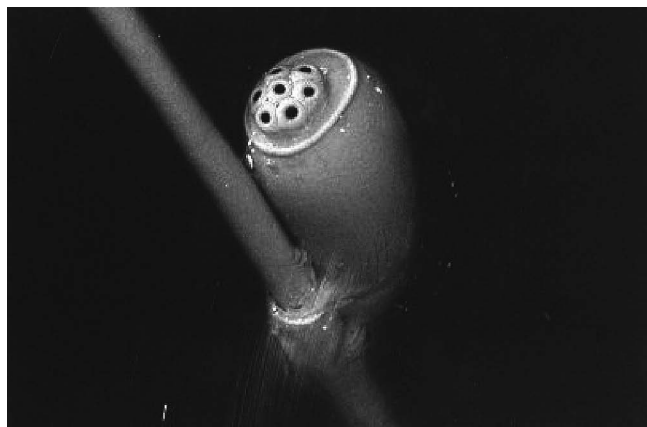
#### 蟻さんの顔（写真左）

優しい顔をしているね！横に見えるつぶつぶの部分が目だよ！触角と口はおおきいね！ 倍率 210 倍

#### 蚊のダンス

蚊の雄成虫。ヒトを刺して吸血するのはメスの蚊だけで、オスは植物の蜜を食べています。オスはメスのニオイを嗅いで交尾をしなければならぬから、触覚が櫛状によく発達していますが、吸血はしないので口吻はメスに比べて短めです。幼虫はボウフラで水の中に住んでいて蛹はオ

ニボウフラというやや大きめの丸いものになって動きません。ボウフラはおしりの先に呼吸する気門という口がありますから、時々水の表面におしりをつけて空気を吸います。潜っていくときには体をくねらせていく様子が踊っているように見えます。倍率 80 倍



#### シラミの卵（写真左）

シラミは、ヒトや動物の毛に寄生して吸血する虫です。小学生の頭髪にシラミが発生し、頭髪を観察すると不思議な形の卵が観察されました。日本の終戦後にはよく見られましたが、最近の話です。倍率 200 倍

#### コクゾウムシの頭部

茶褐色～黒褐色のイネ科の大害虫で、体長は 3 mm 前後。象の鼻のような口吻で、穀物（米、麦、トウモロコシ、乾燥芋、乾麺など）に穴を開けて、卵を産み、穀物の中で幼虫から成虫へとなります。倍率 250 倍

卑怯なやつ 寄生バチ  
アブラムシのかけっこ  
蚊の脱皮

#### ふしぎふしぎ いきものの世界…人の体 動物の体



#### ガス交換の役目を担う 肺の血管（血管鑄型） （写真左）

肺は両生類以上の陸上動物の呼吸器官で、胸腔に左右一対あります。ヒトでは右肺がやや大きく 3 葉に分かれ、左肺は 2 葉に分かれています。肺胞の周囲で密な毛細血管網を作っています。大気中から酸素を身体に取り込み、代わりに二酸化炭素を排出します。倍率 290 倍

#### 気管の線毛上皮

空気を肺へ運ぶ経路に気管があり、鼻腔、咽頭、気管、気管支からなります。気管の上皮細胞は、運動性のある線毛細胞と粘液を分泌する杯細胞からなり、外気から種々の異物の上皮内侵入を防御します。倍率 9,900 倍

#### 骨とともに骨格系を作る軟骨組織；気管支軟骨

軟骨は軟骨細胞と膠原繊維とコンドロイチン硫酸を含む基質からなります。骨よりも柔らかく、弾力に富み、圧力に対しても強い抵抗力を持ちます。気管軟骨のほか甲状軟骨、肋軟骨、椎間円板、関

節軟骨などがあります。倍率 2,460 倍

### 血液成分（赤血球、白血球、血小板）

酸素や二酸化炭素を運ぶ働き of 赤血球は白玉のような円盤状、病原菌などから体をまもる白血球は球形、出血の際、血液を固まらせる血小板は小さな多形体です。倍率 9,300 倍



### 脳下垂体（サルの脳下垂体 血管鑄型）（写真左）

前葉からは、成長ホルモン、性腺刺激ホルモン（プロラクチン）のほか、甲状腺、副腎皮質、生殖腺といった、他の内分泌腺の機能を高める刺激ホルモンを分泌します。後葉は、脳の視床下部と通じ、抗利尿ホルモン、子宮収縮ホルモンなどを分泌しています。前葉は主に脳の視床下部から、下垂体門脈（静脈）を経由して、血液を供給されています。倍率 54 倍

### 乳汁を分泌する乳腺

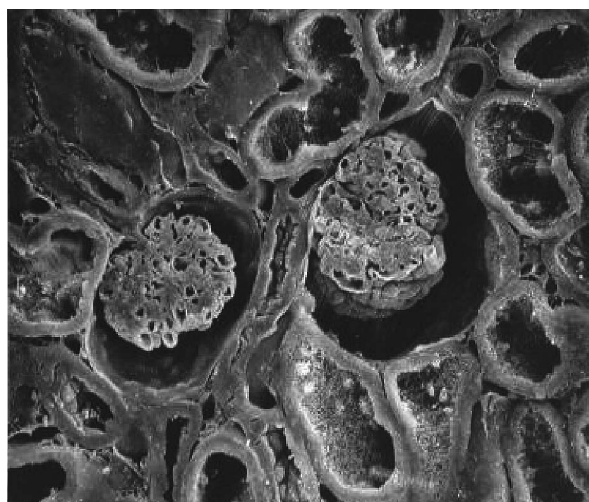
哺乳類の雌に特有な外分泌腺で、皮下に存在します。否妊娠時は休止期にあたり、妊娠するとぶどう状の腺房がたくさん作られます。腺細胞は、大小の脂肪的とカゼイン蛋白および糖質を活発に分泌し、この分泌物が乳汁となります。

### 膵臓（外分泌腺細胞の酵素顆粒と粗面小胞体）

膵臓の大部分は外分泌細胞で、ブドウの房のような腺房からなります。腺房細胞は大型酵素原顆粒を産生し、細胞外に放出されて膵液となります。また、膵臓には内分泌腺のランゲルハンス島が島状に分布し主に血糖値の調節を行います。倍率 90,600 倍

### 小腸の絨毛（血管鑄型）

絨毛は小腸の内側に見られる指状の突起（0.5 ～ 1mm）で、養分を吸収する面積を拡大しています。さらに細胞の自由面には細胞膜が特殊化した長さ  $1\mu\text{m}$  の微絨毛持ち、表面積をさらに拡大しています。絨毛の内部は毛細血管網（写真）や、毛細リンパ管の変形した中心乳糜（び）腔をふくみます。吸収上皮細胞に吸収されたタンパク質や糖質は毛細血管に運ばれ、脂質は中心乳糜腔に吸収されます。倍率 190 倍



### 腎臓尿を作る排泄系の一つの気管：腎臓（写真左）

腎臓は脊柱の両側に一対あり、そら豆状で皮質と髓質からなります。原尿をろ過する腎小体と原尿を再吸収する尿細管からなり（写真）、血液中から原尿（水分や窒素代謝物、ブドウ糖、無機塩

類、アミノ酸など）をろ過し、それを血液中に再吸収（約 99%）し、残りを尿として排泄します。倍率 2,460 倍

### 糸球体の血管鑄型

糸球体は、動脈性の毛細血管が糸玉を作ったもの（写真）で、その毛細血管内皮細胞は多数の小孔をもち、小孔から原尿がボウマンノ腔へろ過されます倍率。550 倍

### 腎臓樹脂血管鑄型

オオサンショウウオの心臓から樹脂を注入し、腎臓（哺乳類の糸球体に相当）の血管鑄型を得た。倍率 38 倍

### 心臓のミトコンドリアと筋小胞体

ミトコンドリアは、球形または、卵円形の約  $1\mu\text{m}$  の小体です。表面は二重の膜からなり、外側の膜は外膜を作り、内側の膜は内部に向かって板状あるいは櫛のようなひだ（クリステ）を出しています。酸素を使い二酸化炭素をだす細胞内呼吸をし、エネルギーを生産する重要な働きをします。心筋細胞（写真）では運動エネルギーを供給しています。倍率 65,000 倍

### 小腸吸収上皮細胞の微絨毛の横断面

### ラット肝細胞

細胞内には、核、ミトコンドリア、粗面小胞体、グリコーゲン顆粒、リボソーム、ライソゾーム、ゴルジ装置、ペルオキシゾーム等の小器官が観察され、隣接する細胞と細胞間結合にて接している。

### 個人特有の指紋

皮膚の内部（真皮）にも指紋はあるため、指紋は消えない。多くの指状突起（乳頭）の中に毛細血管や神経触覚小体がいっている。倍率 90 倍



### 人体で最も小さい骨、耳小骨（写真左）

中耳の鼓室内にあり、音波はツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨へと伝わる。倍率 45 倍

### 精細管内の精子（ラット）

精巣は、陰のう内にあって精子を形成し、男性ホルモンを分泌する器官です。1 対あり、睾丸とも呼ばれます（写真）。精子の頭部は動物種により異なります。倍率 13,000 倍

### グッピーのうろこの表面

魚は、うろこで体を保護しています。魚の鱗は櫛鱗や円鱗、楕鱗、硬鱗など様々で、鱗の持つ色で、魚の色や模様を形作っています。グッピーの鱗の一枚を拡大すると、まるで指紋

のようなうずまき模様が見えてきます。倍率 9,600 倍

### タコ

体は頭・胴・腕からなり、腕は 8 本で吸盤がついています。頭に見える部分は胴で内臓が詰まっており、本当の頭は目のある部分です。頭の部分にある漏斗(管)から吸い込んだ海水を吐いて泳ぎます。

倍率 95 倍

### 赤エビの尾

水中生活をするエビには、泳いだり、ジャンプしたり、水底を歩き回るために、尾に羽状のものが付いています。倍率 110 倍

## ふしぎふしぎ いきものの世界…微生物



### プラーク細菌 (写真左)

虫歯と歯周病は口腔の 2 大疾病で、口腔内細菌の関与が大きく影響します。歯肉と歯の間隙のポッケと周囲に停滞する種々の細菌、運動性螺旋菌、糸状菌などの菌垢(プラーク)が原因となります。倍率 67,200 倍

### インフルエンザウイルス

インフルエンザウイルス A 型の透過電顕像。

単鎖 RNA 型ウイルスでヒトインフルエンザで

は、ABC 型に分類される。ビリオンは直径 90 ~ 120nm の球状や多形性粒子で、表面には、ノイラミダーゼや赤血球凝集素が棘状に並んでいる。倍率 400,000 倍

### 胃粘膜表面のピロリ菌

ヘリコバクター・ピロリ菌は、慢性胃炎、胃や十二指腸潰瘍、胃癌などの病気に大きく関与されることが示唆されています。ピロリ菌は鞭毛を有する細菌で、胃・十二指腸潰瘍の患者さんの胃粘膜には、かなりの割合でピロリ菌が棲みついています。倍率 37,500 倍

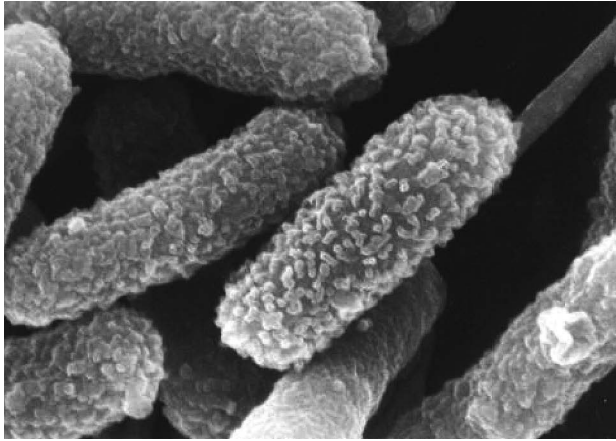
### お腹に棲む腸球菌

グラム陽性球菌でレンサ球菌仲間。穏やかな細菌だが、なかまに VRE (バイコマイシン耐性) が出来た！ 倍率 109,000 倍

### クラミジア トリコマチス

表面の一部に特徴的な突起を持つ直径 0.3  $\mu\text{m}$  前後の球菌。トラコーマ、性感染症、産道感染症による新生児肺炎などの病原菌で、これによる感染症は海外国内を問わず社会問題となっている。

67,200 倍

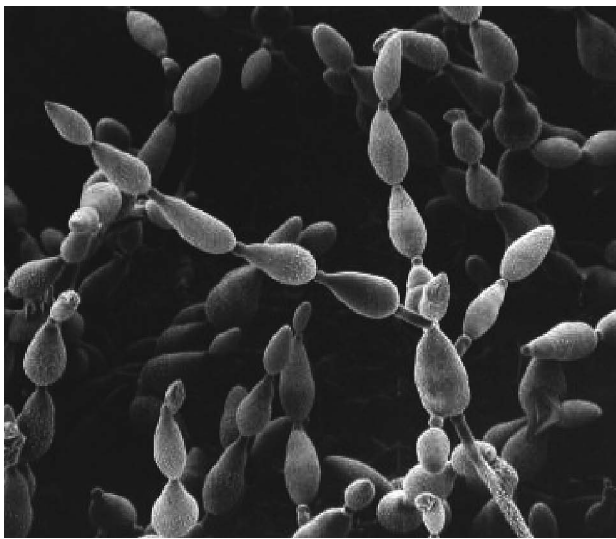


#### 細菌の代表 ヒトや動物のお腹に棲む大腸菌 (写真左)

グラム陰性桿菌で、表面には多数の突起またはシワがみえる。大腸菌 O157：H7（腸管出血大腸炎）は仲間だよ！ 倍率 180,000 倍

#### ササさび病菌の葉上での胞子形成

初夏にササの葉の裏側に茶褐色の病斑を形成します。これが夏胞子堆から夏胞子を形成しているところです。倍率 2,900 倍



#### ナシ黒斑病菌の胞子形成 (写真左)

この病原菌は 4～10 月までナシの生育期間に葉、果樹、枝に感染し、果樹に感染すると亀裂を生じて落下します。ナシの栽培農家に最もおそれられている病害の一つです。分生子柄の先端に連鎖形の分生胞子を作ります。倍率 4,725 倍

#### リゾプス・オリゼの胞子嚢胞子

地球上に約 20 万種もあるといわれる真菌一種で、ヒトに病原性を示すものもあります。接合菌類によって作られる有性胞子で、隣接

する菌糸からお互いに接合糸を出し、接合部に接合胞子を作ります。胞子は分裂と発芽により、胞子嚢を形成し、その上に多数の胞子嚢胞子を載せています。倍率 5,000 倍

#### T2 バクテリオファージ

ファージは細菌を宿主とするウイルスで、「細菌を食うもの」という意味から名付けられました。細菌の名前を取って大腸菌ファージ (T2) と呼ばれます。T2 ファージは核酸に 2 本鎖 DNA を持ち、その核酸は 20 面体の頭部に納められ、尾部は菌に吸着するための器官です。倍率 6,642,400 倍

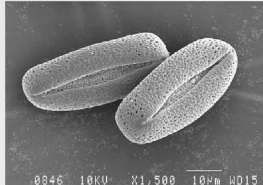
〈ふしぎふしぎ いきものの世界コーナーの電子顕微鏡写真 39 枚と解説は、医学生物学電子顕微鏡技術学会が保存する物をお借りしました。〉

ハンズオンコーナーとして光学顕微鏡でラットの組織をのぞいてみよう気管、乳腺、肝臓、脾臓の組織切片を 4 カ所に設置

## 1月の野外観察園



ルスカス・ヒポフィラム(ナギイカダの仲間)の花粉



ナンテンの花粉



ナギイカダの仲間  
ルスカス・ヒポフィラム  
*Ruscus hypophyllum* ユリ科

葉の中心から花が咲いているように見えますが、枝が葉のように変化したもので、葉は退化し鱗片状になっています。花は数ミリと小さく、目立ちませんが秋にきれいな赤い実をつけます。



ナンテン *Nandina domestica*  
メギ科

6月に、雨にも負けず、白い花を咲かせます。「ナンテン」は「難を転じる」と言うことより、吉祥柄に用いられ、お正月に生けたり、庭の鬼門に植えたりします。

睦月

## 2月の野外観察園



ハッサクの花粉



スイセンの花粉



ハッサク  
*Citrus hassaku*  
ミカン科

5月に香りの良い、白い花を咲かせます。冬の寒さにも耐え、ようやく収穫の時期をむかえました。花の少ないこの時期にひときわめだつ木です。



ウメ  
*Prunus mume*  
バラ科

サクラやリンゴと同じバラ科に属します。果実はなじみが深く、梅干しや、梅酒としてとして重宝します。また、吉祥柄（縁起がよいがら）としても用いられます。



ニホンズイセン  
*Narcissus tazetta* var. *chinensis*  
ヒガンバナ科

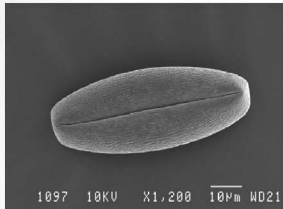
早春にいち早く咲く香りの強い花です。実は帰化植物で、原産地は地中海沿岸です。中国より僧侶によって運ばれました。茶花にも使われます。

如月

## 3月の野外観察園



レンブクソウの花粉



モモの花粉



レンブクソウ  
*Adoxa moschatellina*  
レンブクソウ科

よく見ると小さな花が5つ集まって咲いています。一番上の花は花びらが4枚、周りの4つの花は花びらが5枚あります。目立ちませんが、よく目をこらしてみてください。一属一種のめずらしい花です。

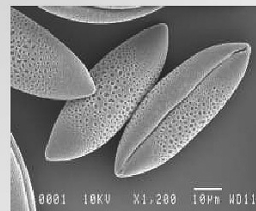


モモ  
*Prunus persica*  
バラ科

観察園でも、桜より一足早く春を運んできます。花は、ひな祭りに飾りますが、実は長寿を意味する吉祥柄で、和菓子のモチーフにもなっています。

弥生

## 4月の野外観察園



パイモの花粉



ヤエザクラの花粉



パイモ  
*Fritillaria thunbergii*  
ユリ科

4月の初めにはあちらこちらにひっそりと咲き出します。花に網目模様があることから、アミガサユリ(編笠笠百合)とも呼ばれ、茶花にも使います。



サクラ  
*Prunus* sp.  
バラ科

4月になると、日本中からサクラの便りが聞かれますが、観察園でも2種類の桜を観ることが出来ます。他にも、博物館の脇では黄色いウコンザクラが毎年見事に咲いています。

卯月



## 5月の野外観察園



オオイヌノフグリ



オオイヌノフグリ

*Veronica persica*

ゴマノハグサ科

3月から5月にかけて道端や庭の雑草として、どこにでも咲いているヨーロッパ原産の帰化植物です。種子の形から名付けたその名に似合わず、花は小さく可憐です。



フジ



フジ

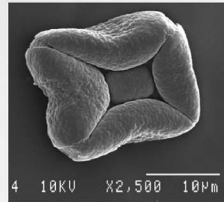
*Wisteria floribunda*

マメ科

4月の中旬から5月の初めにかけて、観察園の入り口で、目を楽ませてくれます。日本原産の植物で、舞踊「藤娘」や家紋に図案化されたり馴染みが深い植物です。藤棚の下でベンチで、つかの間の休息はいかがですか？

皐月

## 6月の野外観察園



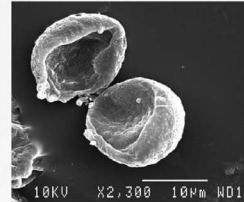
ブラシノキ



ブラシノキ *Callistemon speciosus*

フトモモ科

花は本当に試験管などを洗うブラシのようです。「実」を良く見ると、何年も前の実まで、木に付いたままになっています。山火事などで枝が枯れて、初めて実の中の種子が飛び散ります。子孫を絶やさぬ(増やす)工夫です。



ドクダミ



ドクダミ

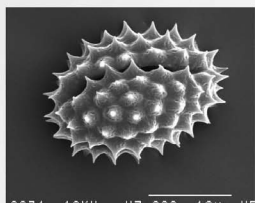
*Houttuynia cordata*

ドクダミ科

独特な匂いのするドクダミもすずしげな白い花を咲かせます。日本では「十薬」とも言われ、古くから民間薬として重宝されていますが、ベトナムでは、香草としてごく普通に食べます。

水無月

## 7月の野外観察園



ヒメジョオン



ヒメジョオン *Stenactis annuus*

キク科

北アメリカ原産の帰化植物で、日本中いたるところで見ることができます。よく似たハルジオンがありますが、これは茎を折ってみると中空なので、区別できます。



ネムノキ



ネムノキ

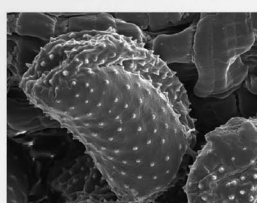
*Albizia julibrissin*

マメ科

夕方になると葉を閉じて、眠っているように見えます。ネムノキの花粉は花粉塊と呼ばれ、この写真も、ひとつに見えますが、実は16個の花粉が集まっています。

文月

## 8月の野外観察園



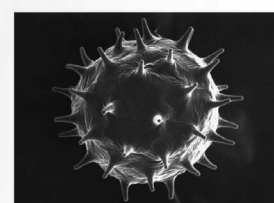
ツユクサ



ツユクサ *Commelina communis*

ツユクサ科

ツユクサは古来ツユクサと呼ばれていました。青い色が付くからでしょうか？ 今でもツユクサの変種、オオボウシバナは友禅の下書きの染料として使用されています。また、よく見ると花びらは3枚あり、2枚は青色1枚は透明です。



ムクゲ



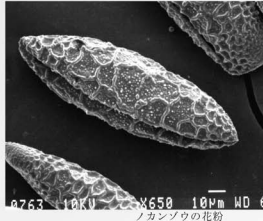
ムクゲ *Hibiscus syriacus*

アオイ科

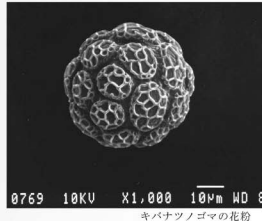
ハイビスカスやフヨウと同じ仲間です。咲いた花は1日でしぼんでしまうため、「あなただけのために生けました」という意味を込めて、茶花でも夏によく使います。

葉月

## 9月の野外観察園



ノカンゾウの花粉



キバナツノゴマの花粉



ノカンゾウ *Hemerocallis fulva*  
ユリ科

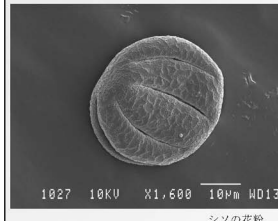
花は朝咲いて夕方にはしぼむ一日花です。ヤブカンゾウと同様に春の若葉は食用にもなります。ハマカンゾウ、ヤブカンゾウとともに とてもよく似ていますが、ハマカンゾウは冬でも枯れず、ノカンゾウは八重咲きが多いです。

キバナツノゴマ *Ibicella lutea*  
ツノゴマ科

葉や花から くさいにおいの出る粘液を出す食虫植物です。写真の種子も 11.5 cm と大きく、その形はまるでマンモスの牙のようです。

長月

## 10月の野外観察園



シソの花粉



ヘビウリの花粉



シソ (アカジソ)

*Perilla frutescens ver. crispata*  
シソ科

シソは、日本人にもっとも馴染みの深い香辛料で、アカジソは、梅干しに使われ、風味と赤い色を出します。アオジソの葉は薬味に使います。花や種も料理に使用します。また、漢方薬としても数々の効能があります。

ヘビウリ

*Trichosanthes anguina*  
ウリ科

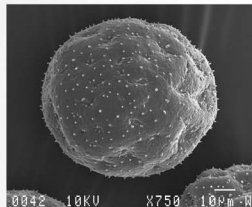
見てのとおり、実がヘビのように長くなるので この名がつけました。インド原産のつる性の一年草です。花はカラスウリとよく似ていますが、実は1メートルほどになります。

神無月

## 11月の野外観察園



コナラの花粉



サフランの花粉



ドングリ

コナラやカシ、シイの仲間の実を総称してドングリと呼びます。写真の花粉は、コナラ(ブナ科) *Quercus serrata* です。ドングリの木は薪や炭にしたり、椎茸栽培に使ったり、実は食用にもなります。この時期になると観察園でも数種類のドングリが、落ちています。

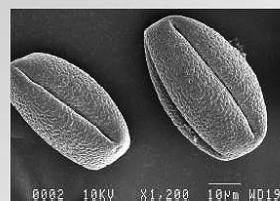


サフラン *Crocus sativus*  
アヤメ科

秋に咲くクロッカスの仲間ですが、3本の赤いめしべが、黄色い染料になるため、よく知られています。パエリヤ、サフランライス、カレーなどに使います。

霜月

## 12月の野外観察園



ビワの花粉



サザンカの花粉



ビワ *Eriobotrya japonica*

バラ科

サクラやリンゴ、ナシと同じバラ科に属します。開花は晩秋から冬までとても長いのですが、高いところに咲いているためか、なかなか気づきません。初夏の収穫が楽しみです。



サザンカ *Camellia sasanqua*

ツバキ科

毎日飲んでいるチャ(お茶)と同じツバキ科に属します。サザンカやツバキは、交配によって園芸品種がたくさんあります。花の少ない冬ににぎやかに咲いてくれます。

師走

## 花粉をグループ「科」で分ける

花粉を「科」別で分けてみると、なんとなく似ていることが分かります。現生の花粉の形を知ることが、化石を分類することに役立ちます。

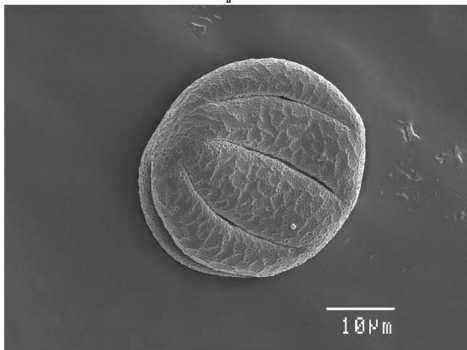
それにしても、いろいろな形があります。

### 名前の付け方

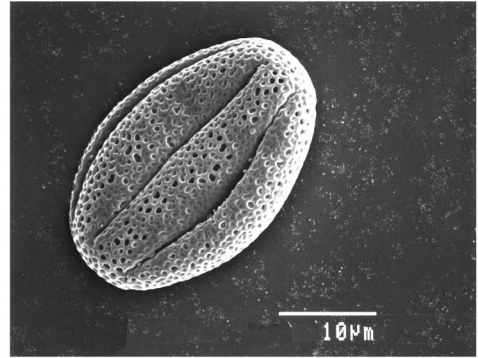
生物は「界，門，綱，目，科，属，種」と似たもののように、だんだん細かいグループに別けていきます。種の学名はラテン語で属名と種小名を並べて書きます。

ヒトは *Homo sapiens*      ホモ サピエンス  
トキは *Nipponia nippon*      ニッポニア ニッポン

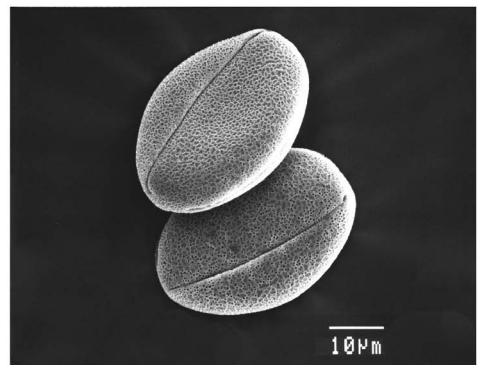
### シソ科



シソ *Perilla frutescens*

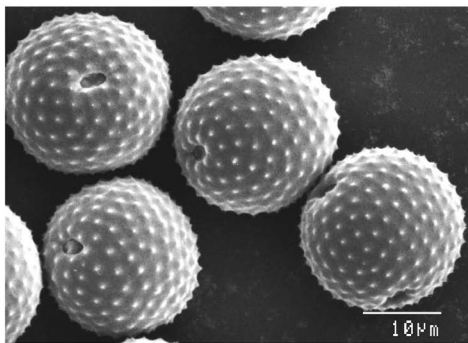


アップルミント *Mentha suaveolens*

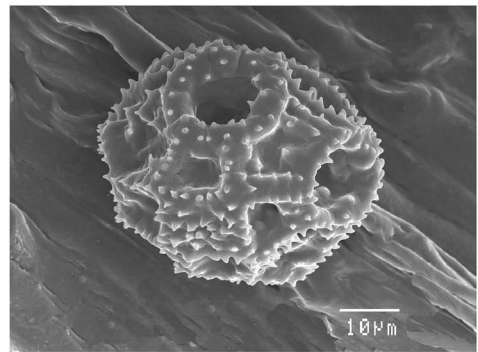


ヒメオドリコソウ *Lamium purpureum*

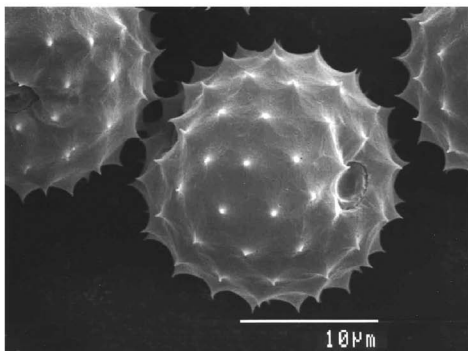
### キク科



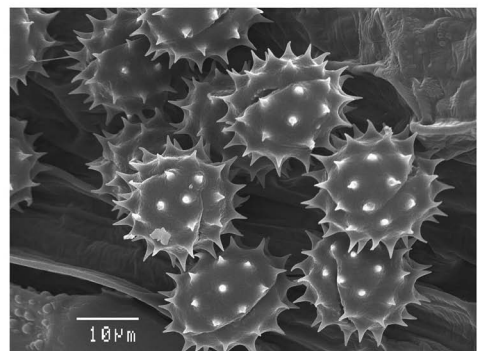
オナモミ *Xanthium strumarium*



シロバナタンポポ *Taraxacum albidum*



オオブタクサ *Ambrosia trifida*

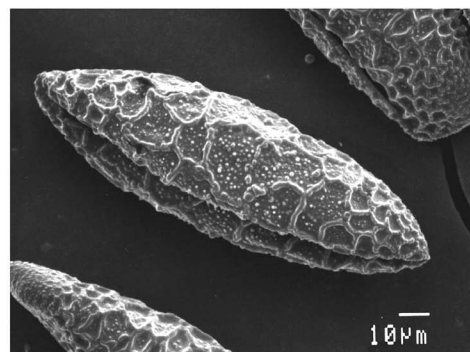


タカサブロウ *Eclipta prostrata*

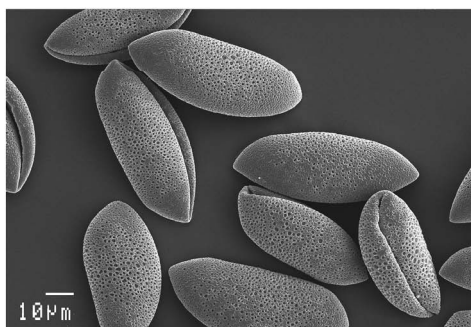
ユリ科 



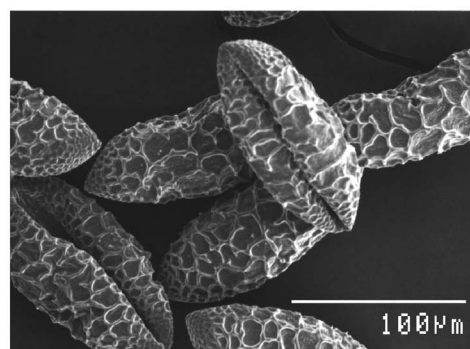
ヤブラン *Liriope platyphylla*



ノカンゾウ *Hemerocallis fulva* var. *longituba*

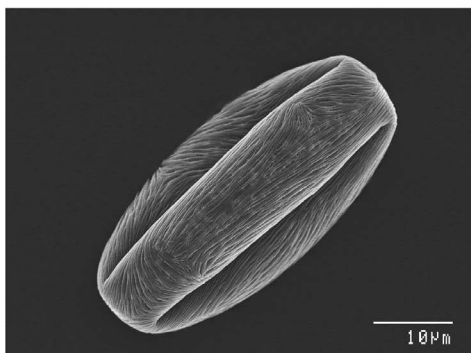


ヒアシンス *Hyacinthus orientalis*

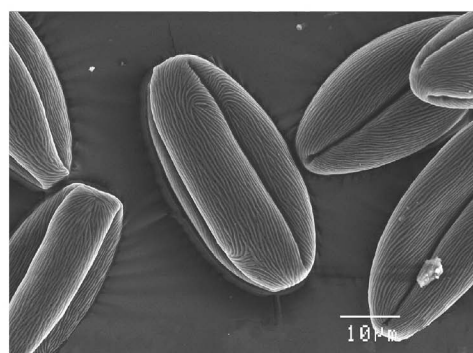


テッポウユリ *Lilium longiflorum*

バラ科 



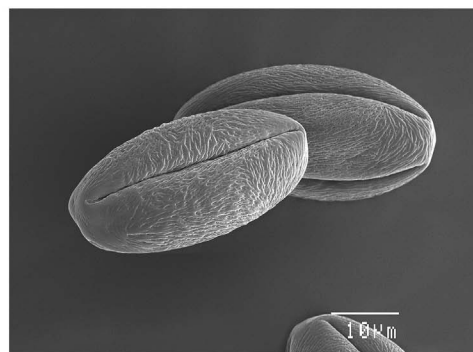
ナシ *Pyrus pyrifolia*



サクラ *Prunus* sp.



モモ *Prunus persica*



シロヤマブキ *Rhodotypos scandens*

## 放散虫

### 放散虫とは

放散虫は、海に生息する単細胞の動物性プランクトンで、その多くは珪酸（化学式： $\text{SiO}_2$ ）の骨格を持ちます。放散虫は非常に小さく（数  $10\ \mu\text{m}$  ～数  $100\ \mu\text{m}$ ）、虫めがねや顕微鏡を使わないと識別することができません。

放散虫は一般に、球状あるいは円錐型などの形をしており、中心から放射状にとげ（骨格）が出ています。非常に細い針（仮足）を外に突き出し、微生物などを捕らえて食べます。また、共生する藻類からエネルギーをもらっている放散虫もあります。



### 放散虫化石と地質学

放散虫は、カンブリア紀から現世まで、時代ごとに様々な種類がいたことがわかっています。地層中に含まれる放散虫化石は、その地層のできた時代を知る上で、非常に重要な化石（示準化石）です。しかし非常に小さくて壊れやすいため、岩石から化石を取り出すには特殊な技術が必要です。

1970～1980年代に、放散虫化石を岩石から取り出す方法や、電子顕微鏡技術が発達し、放散虫化石の研究が世界中で行われるようになりました。その結果、世界各地の地層の時代が精密に分かるようになり、それまでの地質学の常識はくつがえりました。このような、放散虫化石研究による地質学の急速な進歩は、“放散虫革命”と呼ばれています。

### ジュラ紀のタイムカプセル

岐阜県各務原市鵜沼の木曾川河原には、ジュラ紀中頃（約 1.7 億年前）の深海底でできた放散虫チャート\*が見られます。このチャートには、ごくまれに、マンガンノジュールあるいはマンガンバンドとよばれる地層が挟まれ、その中には保存状態がとても良い放散虫化石がたくさん含まれます。

そうさがたでんしけんびきょう  
走査型電子顕微鏡の発達により、放散虫化石のつくりがよく分かるようになり、たくさんの新種が見つかりました。その中には、鵜沼の地名のついた化石（*Unuma echinatus*）もあります。しかし、あまりにも放散虫の種類が多すぎて、まだ全体の半分も研究されていません。鵜沼のマンガンノジュールから見つかった放散虫化石には、世界のスタンダードとなっているものも多くあります。

\* 非常に珪酸分の多い細粒な岩石をチャートと呼びます。鵜沼には、放散虫をたくさん含むチャートが分布しており、そのような岩石を「放散虫チャート」と呼びます。

### 放散虫チャート（名古屋大学博物館所蔵）

産地：岐阜県各務原市鵜沼木曾川右岸

時代：三畳紀後期

この茶色い岩石には、放散虫化石がたくさん入っています。放散虫化石は非常に小さいため、肉

眼で識別することは難しいですが、顕微鏡で見ると、半透明のつぶつぶ（放散虫化石、Radiolarian fossil）がたくさん見えます。

このような、放散虫化石をたくさん含み、細粒で珪酸分の多い（SiO<sub>2</sub> が 90%以上）岩石を、「放散虫チャート（<sup>ラジオラリアン チャート</sup>Radiolarian Chert）」と呼びます。

現生のハウサンチュウ 写真 2 枚

ハウサンチュウの化石 写真 8 枚

|                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Turanta sp.</i>                 | 岐阜県揖斐郡藤橋村徳山のマンガンのジュールから産出 ジュラ紀       |
| <i>Ristola sp.</i>                 | 岐阜県美濃加茂市中甘屋の珪質岩から産出 中期ジュラ紀           |
| <i>Napra sp.</i>                   | アメリカ合衆国オレゴン州ハイデ層下層部から産出 前期ジュラ紀       |
| <i>Unuma echinatus</i>             | 岐阜県各務原市鵜沼の珪質泥岩より産出 中期ジュラ紀            |
| <i>Lipmanium sp.</i>               | 三重県度会南伊勢町（旧南島町）の礫岩の泥質石灰岩から産出 前期白亜紀   |
| <i>Praeconzaryomma universa</i>    | 三重県度会南伊勢町（旧南島町）礫浦の礫岩のチャート礫から産出 後期白亜紀 |
| <i>Eucyrtidiellum unumaense</i>    | 愛知県犬山市のマンガンのジュールから産出 中期ジュラ紀          |
| <i>Dictyomitra duodecimcostata</i> | インドネシア ジャワ島中央部カランサンバンの泥岩礫から産出 後期白亜紀  |

・名古屋大学博物館放散虫画像データベースをハンズオンとして設置

### ふしぎふしぎミクロの美術館・・・2 枚の写真で作る 3D

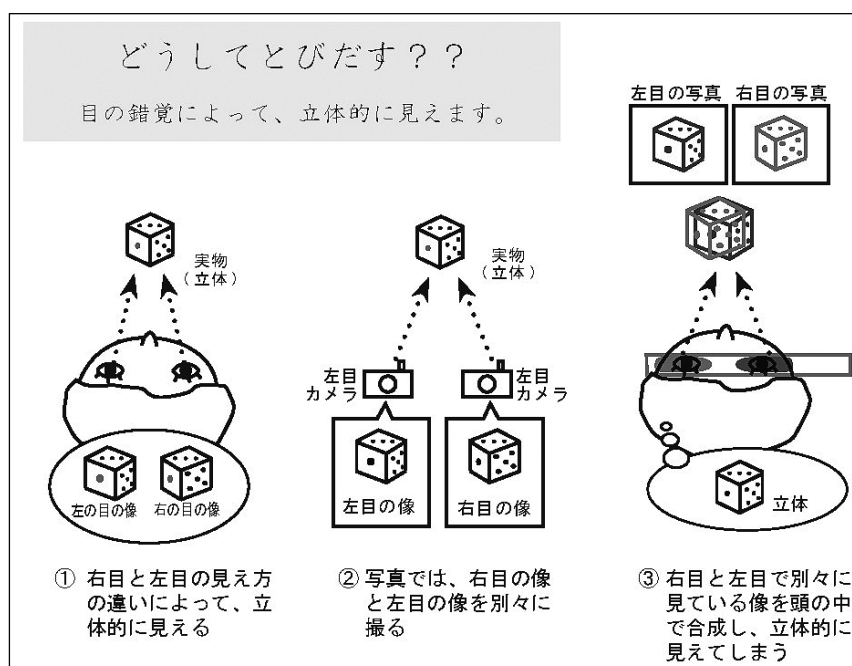
#### 電子顕微鏡写真からの 3D

左の 2 枚電子顕微鏡写真は同じようにみえますが、10 度の角度を付けて撮影してあります。コンピューターを使い、この 2 枚のデーターを専用のソフトで、構築すると立体的に見えるようになります。（使用のソフトは Mex alicona imaging 社）

#### 使用 3D 写真

放散虫の骨格 3D パネル 7 枚 ・*Euchitonia elegans* ・*Hexacontium sp.* ・*Anthocyrtidium ophirensense* ・*Dictyocoryne profunda* ・*Tetrapyle octacantha* ・他 2 枚  
現生の花粉 3D パネル 2 枚 ・オシロイバナの花粉 ・ノカンゾウの花粉

## 裸眼で見える立体画像・・・(モニター上)



## 電子顕微鏡で観る・・・名古屋大学の研究

### 細胞膜の裏打ち細胞骨格 (3D 観察—赤青メガネでごらんください)

細胞は細胞膜と呼ばれる脂質二重層からなる膜構造により囲まれ、外界と隔てられ保護されています。この膜は多くのレセプター蛋白質やチャンネル蛋白質を含んでおり、生命を営むために必須の栄養素や情報の交換は全てこれを介して行われます。細胞膜は細胞運動や物質の取り込みに際し、変形しますが断裂することではなく、しなやかであるとともに強靱さも備えています。

この写真はフリーズエッチングレプリカ法により細胞膜を細胞質側から電子顕微鏡で観察したものです。細胞質を洗い出し膜の裏側を見ていることになります。(天井をはがし、屋根裏の電線を見ているようなものです。) 多数のアクチン線維や微小管が膜に密着し、複雑な網目構造を形成していることがわかります。

\*印：アクチン線維を主体とする細胞骨格の網目構造、MT：微小管、矢印：アクチン線維が膜と接触する部位



臼倉治郎 エコトピア科学研究所 融合プロジェクト研究部門

### 心筋細胞

心筋細胞は、高度に分化した細胞です。3枚の写真は、実験動物の心筋細胞です。3つの方法を使って観察し、それぞれ観察するものが違ってみえます。

透過型電子顕微鏡：心臓のポンプ機能は、心筋細胞の細胞質内に規則正しく並んだ2種類の筋フィラメント（アクチンフィラメントとミオシンフィラメント）の収縮によって行われます。写真では筋



フィラメントの間に収縮のエネルギー供給源であるミトコンドリアが豊富に存在します（1万5000倍）。

共焦点レーザー顕微鏡：筋フィラメントの収縮は、細胞外からの  $\text{Ca}^{2+}$  イオンの流入が引きがねとなって起こります。写真は、 $\text{Ca}^{2+}$  チャネルを免疫組織化学法で観察した像です。 $\text{Ca}^{2+}$  チャネルは心筋細胞の表面細胞膜と細胞内部のT管細胞膜に局在しています（赤茶色の斑点、白色はより強い染色を示します）。

電子顕微鏡によるレプリカの観察：心筋細胞表面の細胞膜のレプリカ膜を見えています。右の高い倍率の写真では、 $\text{Ca}^{2+}$  チャネルがクラスター（かたまり）を形成していることが判ります（矢印で示しています）。

高岸芳子 環境医学研究所 生体適応・防御研究部門

### 血管内皮細胞の免疫電子顕微鏡

電子顕微鏡はナノレベルの構造を調べる道具ですが、これに抗原—抗体反応を利用した標識法を組み合わせると物質の存在場所を調べることができます。

2枚の電子顕微鏡写真はマウスの大腿骨の骨髄にある血管内皮細胞です。

左が通常の電子顕微鏡観察によるものです（1万8000倍）。

右が免疫電子顕微鏡像です（2万倍）。

提供者は放射線照射後の血管内皮細胞にある細胞接着因子のひとつ（VCAM-1）を調べるために免疫電子顕微鏡を使っています。右写真の小さな黒い点がVCAM-1の標識でこの物質の場所を示しています。

多田達哉 大学院生命農学研究科 生物機能分化学講座

### 脂肪滴

細胞より精製した脂肪滴の電子顕微鏡像です。脂肪滴は丸く、周りは黒い1本線で囲まれています。この線はリン脂質の頭部のリンの原子によるものです。この結果から脂肪滴を囲む構造は、通常の脂質二重層の生体膜（この場合電子顕微鏡で線は2本見えます）ではなく、脂質一重層であることが明らかになりました（30万倍）。

脂肪滴は脂肪細胞だけでなく、ほとんどの細胞に観られる構造で、過剰なエネルギーをためておく場所として知られています。脂肪酸を中性脂肪に変換し、細胞にとって安全な形で貯蔵するという意味でも重要です。

材料は肝臓の培養細胞（HepG2細胞）から精製し、無染色・無包埋の状態で急速に凍結し、液体ヘリウム温度（-269℃）に冷やした状態で直接観察しました。（京都大学大学院理学研究科・藤吉好則教授との共同研究）

藤本豊士 大学院医学系研究科 機能形態学講座

### カベオラ

カベオラは細胞膜表面の小さな窪みです。細胞のシグナル伝達や物質の取り込みなどに大切な役割を果たしています。

急速凍結した細胞を高真空、極低温の状態で切断すると、細胞膜は脂質二重層の真ん中で膜と平行な方向に切断されます。露出した表面に白金とカーボン进行薄く蒸着してレプリカを作りそれを電子顕微鏡で観察します。細胞膜中の分子の場所をナノレベルで調べるために、レプリカをさらに抗体などで標識して観察します。

写真の細胞はヒト皮膚由来の線維芽細胞です。写真に見られる黒い小さな丸は、カベオリン-1とい



う分子（カベオラ形成に必須の膜蛋白質の一つ）の場所を示す標識です（7万倍）。

藤本豊士 大学院医学系研究科 機能形態学講座

### 葉緑体

C4植物では維管束鞘細胞と葉肉細胞の分業によって光合成が行われます。

写真はヒエの葉緑体です。ヒエのようなNADP-ME型C4植物では葉肉細胞（写真右の細胞）の葉緑体はグラナ（内膜の重なり構造）がよく発達していますが、維管束鞘細胞（左の細胞）では、グラナの形成が抑制されています（2万倍）。

三宅 博 大学院生命農学研究科 資源生産生態学講座

### ミトコンドリアと葉緑体

写真はスベリヒユのミトコンドリア（写真中央）と葉緑体です。光合成はおもに葉緑体で行われますがスベリヒユのようなNAD-ME型C4植物では、光合成回路の一部がミトコンドリアで進行します。そのため、この写真にみられるように葉緑体とミトコンドリアとの間に物質輸送のための結合部位が認められます（10万倍）。

三宅 博 大学院生命農学研究科 資源生産生態学講座

### マルカメムシの腹部の模様

マルカメムシ *Coptosoma punctissimum* は体長5.0～6.0 mm、体の背面は光沢のある黒褐色で、触ると不快な臭気を発します。豆類の害虫として知られ、クズ、ハギ類の植物上で越冬します。

写真のようにこの虫の腹部にはアサガオの花のような模様が規則正しく並んでいます（3000倍）。この機能についてはわかっていません。

辻本隆司 大学院生命農学研究科 技術部全学技術センター

### 期間中の関連企画

特別講演 「放散虫のカタチ～プランクトンの世界～」(2007年8月1日) 松岡 篤 新潟大学教授

特別講演 「博物館はセラピスト～ホンモノがいやす人の心～」(2007年8月28日) 足立 守 名古屋大学博物館教授

特別講演 「放散虫革命～微化石の放散虫が日本列島の歴史を大きく変えた～」(2007年9月4日) 水谷伸治郎 名古屋大学名誉教授

特別講演 「健康な腎臓・病める腎臓～ミクロの世界を観る～」(2007年9月20日) 及川 理 名古屋市立大学医学研究科研究員

特別講演 「食と健康～電子顕微鏡で診る～」(2007年9月27日) 宮澤七郎 医学生物学電子顕微鏡技術学会名誉理事長

ミクロの探検クラブ「レーベンフックの顕微鏡を作ろう」(2007年8月2日)

ミクロの探検クラブ「いろいろな動物の赤血球を見よう」(2007年8月3日)

ミクロの探検クラブ「電子顕微鏡で花粉を見よう」(2007年8月21日)

ミクロの探検クラブ「電子顕微鏡で土壌動物を見よう」(2007年8月22日)

名古屋大学博物館野外観察園見学会「花と花粉と昆虫とー共生がもたらした植物の多様化」  
(2007年8月)

名古屋大学博物館野外観察園見学会「実のかたちと植物の分散戦略」(2007年9月28日)

第19回博物館コンサート (NUMCo)「魅惑の四重奏」(2007年8月28日)