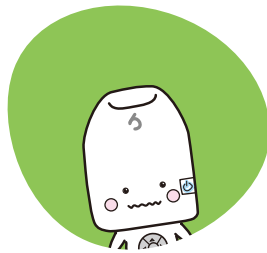


動物編



新 SEM散歩

日本電子株式会社 技術顧問

近藤 俊三 著

はじめに

SEM散歩は、約10年前に「植物編」として発行されました。

今回は、より身近に感じていただきたく「動物編」として楽しめるように作成しました。

身近にいる動物たちも、電子顕微鏡でみると「肉眼ではみえない世界もわかるんだ!!」という驚きをそのまま感じていただけましたら嬉しく思います。

本書の写真を撮影してくださったり、また弊社で理科支援授業を行ってくださっている近藤先生の秘密にも触れながらSEM(電子顕微鏡)の散歩を楽しんでいただけたらと思います。

Q 近藤先生が、科学に興味を持ったきっかけを教えてください。

国立がんセンターに非常勤として勤務していた時に、
身近に癌や先天異常という疾患の存在に接したのが始まりです。

Q 初めて電子顕微鏡に 触れた時の驚きはどんな 感じでしたか？

暗い部屋で手探り状態で電子
顕微鏡を操作し、蛍光板に像が
映し出された時の感動は忘れること
はできません。

Q 電子顕微鏡に出会った時、何を思いましたか？

電子顕微鏡は、肉眼や光学顕微鏡では観察できない分野を観察できるととても不思議な装置だと感じました。

当時の電子顕微鏡は操作が全て手動でフィルムや暗室技術も必要でした。さらに電子顕微鏡操作や試料作製法などが特殊技術として扱われ、携わる技術者は大学の限られた職場が主体でした。

臨床検査技師として病院に勤務するつもりでいましたが、疾患と電子顕微鏡に接したことで、自分の進む道は電子顕微鏡を使用する職場であると考えが変わりました。



近藤 先生

動物編

新 SEM散歩

もくじ



長さの単位の話 …… 3



電子顕微鏡の話 …… 4



呼吸器(肺)の話 …… 5



聴覚器の話 …… 7



昆虫の目の話 …… 9



昆虫の口の話 …… 11



動物の肢の話 …… 13



吸盤の話 …… 15



クイズ「動物の羽」 …… 17



昆虫の羽のフックの話 …… 19



貝殻の話 …… 20



マウス胎仔の
顔が作られる過程 …… 21
血管樹脂鋳型 …… 22



長さの単位の話

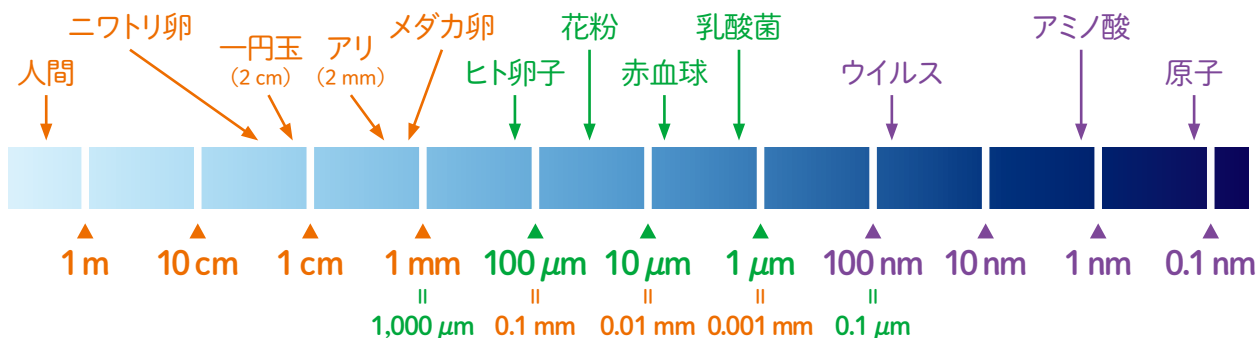


長さの単位

学校でならう長さを示す単位はメートル(m)からミリメートル(mm)です。
長さの単位は色々あるので、下の図を参考にしてください。

単位の種類

- ミリメートル (mm) 1/1,000 m 人間の目で見える大きさ 0.2 mm (200 μm)
- マイクロメートル (μm) 1/100万 m 光学顕微鏡で見える大きさ 0.2 μm (200 nm)
- ナノメートル (nm) 1/10億 m 電子顕微鏡で見える大きさ 約0.1 nm



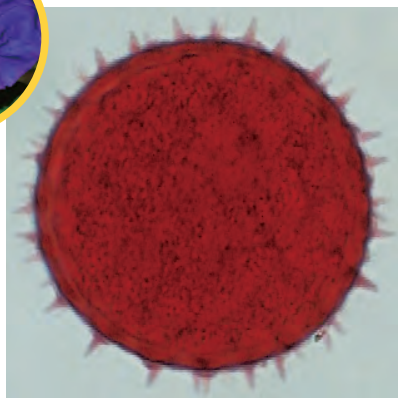
※日本では、1/100万 m を示す単位としてミクロンを使用していました、現在では世界共通 (SI 単位) 単位としてのマイクロメートルを採用しています。

ピントの合う範囲 (焦点深度)

「アサガオの花粉」を顕微鏡で観察すると、使う顕微鏡によって見え方が違います。



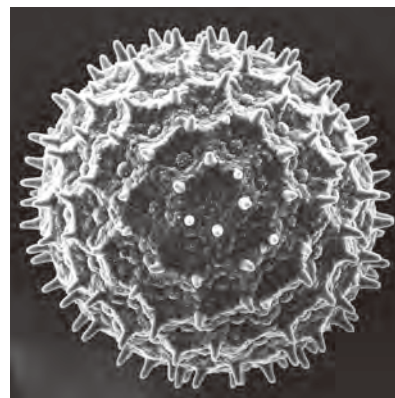
こうがくけんびきょう
光学顕微鏡



20 μm

光学顕微鏡は光とガラスのレンズを使用するので、色のついた画像になります。試料を通過した情報と、ピントの合う範囲がせまいため、花粉の輪郭にピントを合わせています。画像は平面的になります。

そうさでんしけんびきょう
走査電子顕微鏡



20 μm

走査電子顕微鏡は、光の波長から外れた電子線 (波長) を使用します。光の波長から外れた情報をとらえるので、画像は白黒になります。試料から出てきた主に二次電子を画像化するので、表面の凹凸情報をとらえるので立体に見えます。

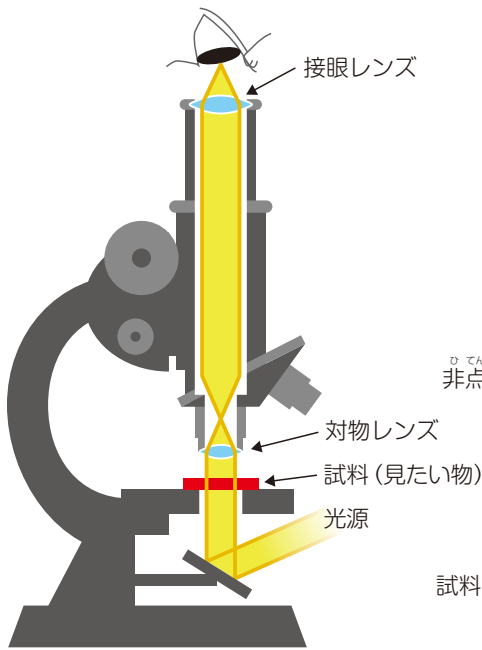


電子顕微鏡の話

電子顕微鏡は電子線を利用して画像化しています。電子は光に比べて物を通過する力が弱いので、空気中には様々な分子などが含まれているため金属で囲まれた容器内を真空状態にして、その内部(下の図参照)にレンズや見たいもの(試料)を収納して観察します。

顕微鏡の構造

光学顕微鏡

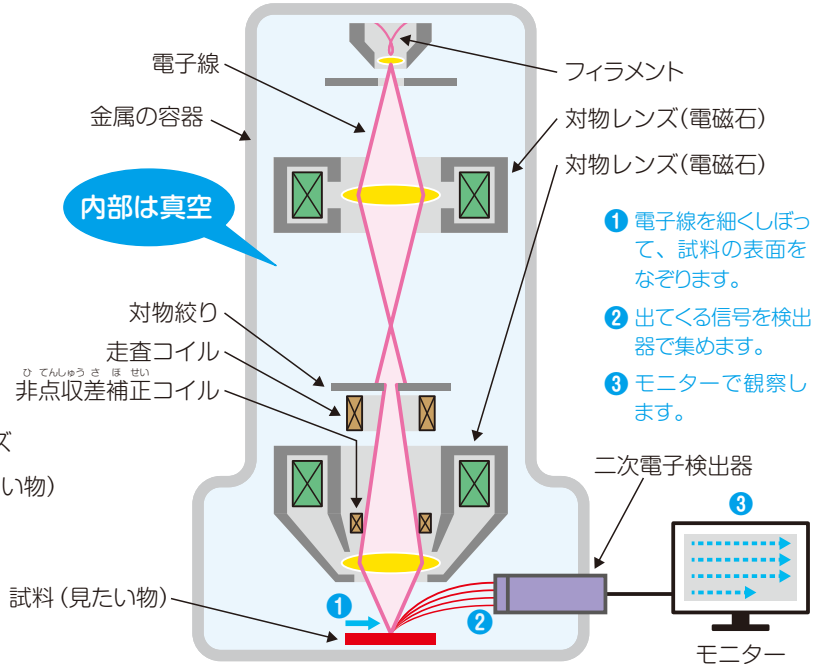


対物レンズと接眼レンズの組み合わせと光を利用して観察します。倍率表示は対物レンズで拡大した像の一部をさらに接眼レンズで拡大します。

倍率 対物レンズ × 接眼レンズ = 倍率

例 対物レンズ 2 × 接眼レンズ 10 = 20倍

走査電子顕微鏡



電磁石を利用して電子を集めたり広げたりして試料を観察します。倍率の表示は、電子線で試料面をなぞった幅とモニターに表示された大きさの比から決まります。

倍率 試料を電子線でなぞった幅 / モニターに表示された大きさ

例 電子線でなぞった幅 1 mm / モニター 10 cm = 100倍

顕微鏡の特徴

※一般的に良く使用されている装置

は優れている項目

	光学顕微鏡	走査電子顕微鏡	透過電子顕微鏡
商品化	1590年	1965年	1939年
分解能(どこまで見えるか)	~ 200 nm	~ 0.5 nm	~ 0.1 nm
焦点深度(ピントの範囲)	0.02 mm (×500)	1 mm (×500)	0.5 mm (×500)
倍率	~ 2,000	~ 100万	~ 150万
レンズ	ガラス	電磁石	電磁石
観察条件	大気中	真空中	真空中
色	ある	ない(白黒)	ない(白黒)

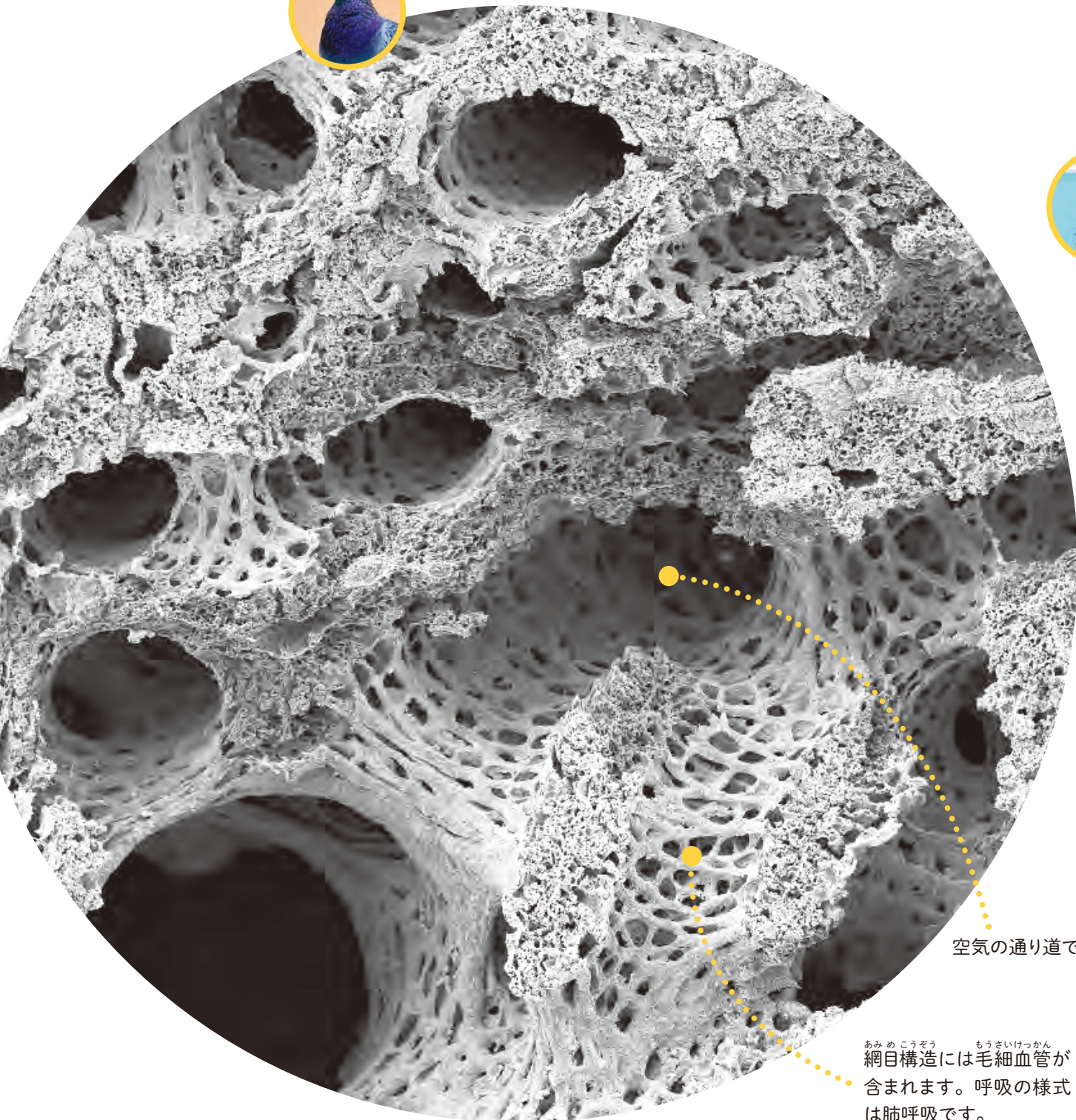


こ きゅう き はい 呼吸器(肺)の話

呼吸器は、空気を取り入れる口と鼻、空気の通り道の気管や肺の事を言います。動物の種類によって形態は異なります。



ちようるい ハト(鳥類)

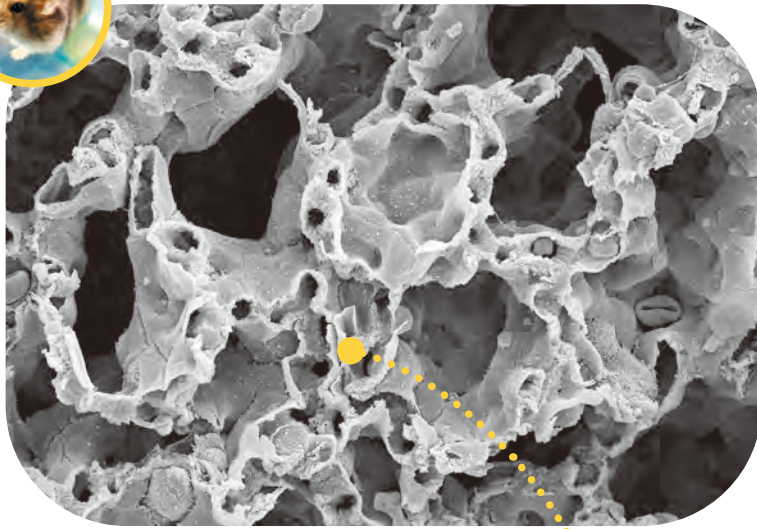


空気の通り道です。

あみめ こうぞう もうさいけっかん
網目構造には毛細血管が含まれます。呼吸の様式は肺呼吸です。



マウスの肺胞(哺乳類)

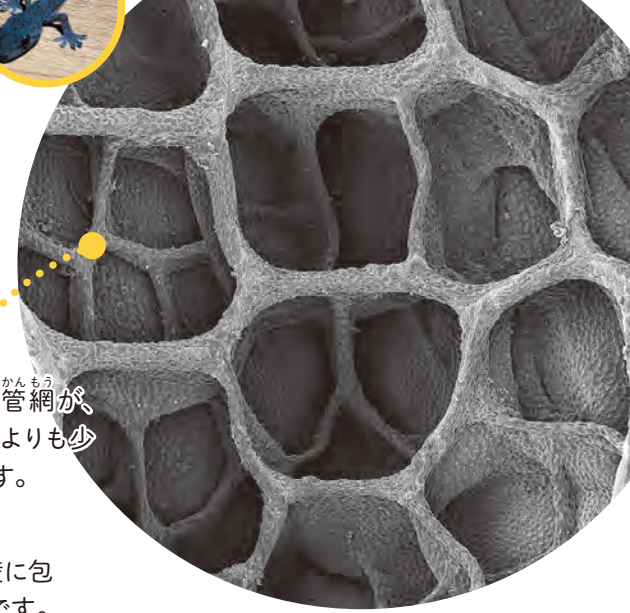


10 μm

沢山の肺胞*は、毛細血管を含む壁に包まれています。呼吸様式は肺呼吸です。



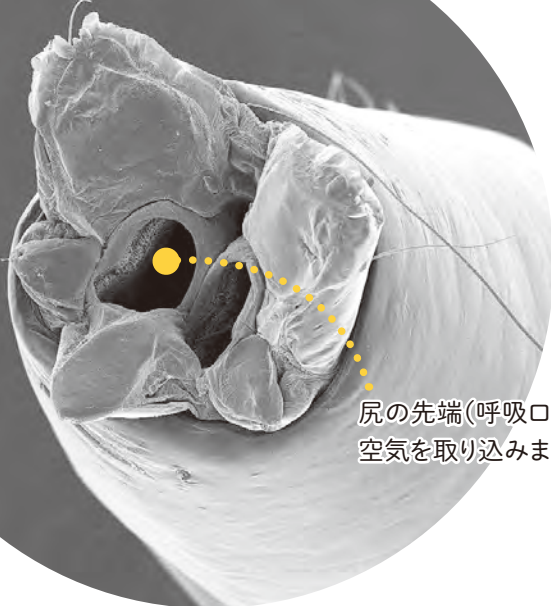
ヤモリ(爬虫類)



毛細血管網が、哺乳類よりも少ないです。

500 μm

ボウフラ(蚊の幼虫：昆虫)

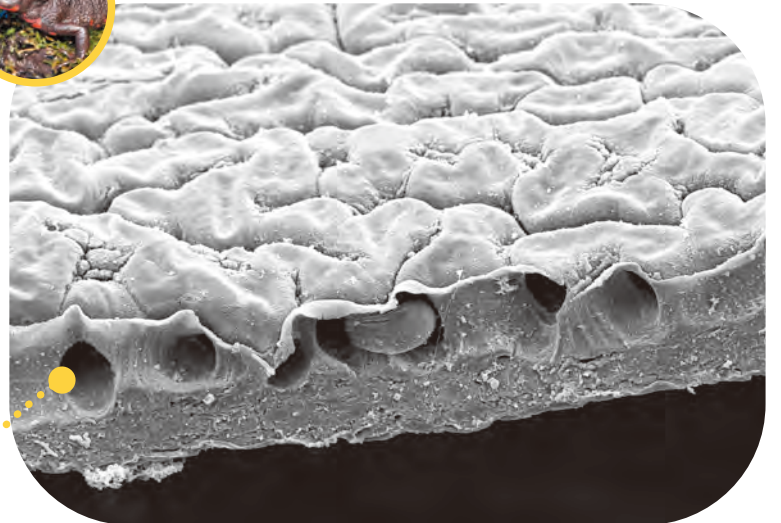


尻の先端(呼吸口)から空気を取り込みます。

50 μm



アカハライモリ(両生類)



50 μm

肺は袋状の構造でその外側を毛細血管が包んでいます。呼吸様式は肺呼吸と皮膚呼吸です。

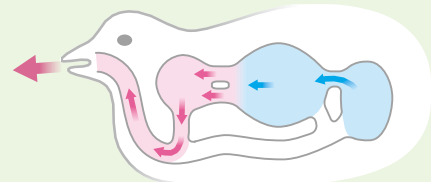
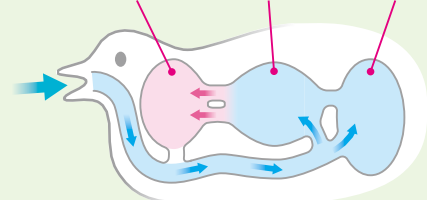


8,000 mを越える高さを飛べる鳥の不思議。

鳥類の肺は前気嚢、中気嚢(肺)、後気嚢とよばれる3種類の袋で構成されています(イラスト参照)。呼吸をすることで空気の流れは、後気嚢、肺、前気嚢と一方向に流れるため、後気嚢と肺はいつも新鮮な空気になっています。

この呼吸器を持っている鳥たち(アネハツルなど)は、エベレスト山脈など8,000 mを超える空気の薄い上空を飛び越えていくことができます。

ぜんまいのう 前気嚢 ちゅうまきのう 中気嚢(肺) こうまきのう 後気嚢



■ 新鮮な空気 ■ 肺を通った古い空気

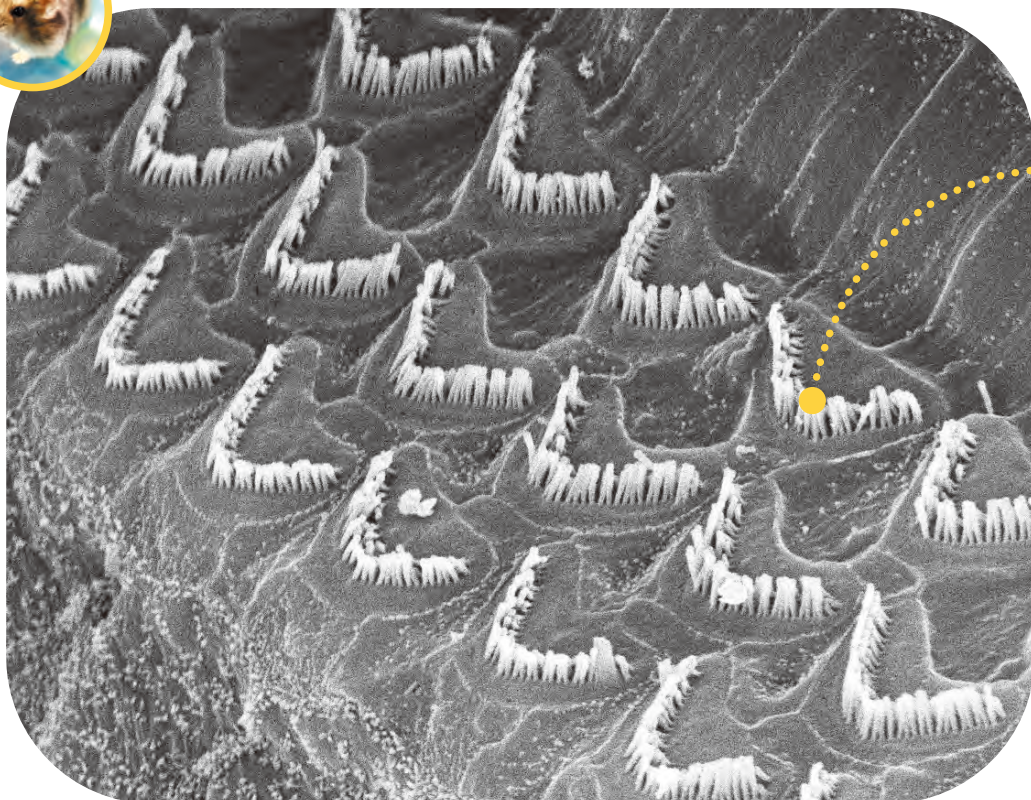
※空気が一番奥まではいった袋状の構造部分



ちょうかくき 聴覚器の話

空気や水などの振動を音としてとらえる器官の事を聴覚器といいます。聴覚器は、動物の種類により形や機能、ついている場所が違います。哺乳動物(ヒトやマウスなど)の聴覚器は、①空気の通り道としての外耳、②空気の振動をとらえる中耳(鼓膜など)、③振動を音としてとらえて神経に伝える内耳(有毛細胞など)の3つの器官からできています。

マウス



内耳にはカタツムリの形に似た器官(蝸牛管)があります。その内部にある、きれいに並んだ有毛細胞が振動を音に変えています。

※毛の配列が乱れると難聴等の原因になります。

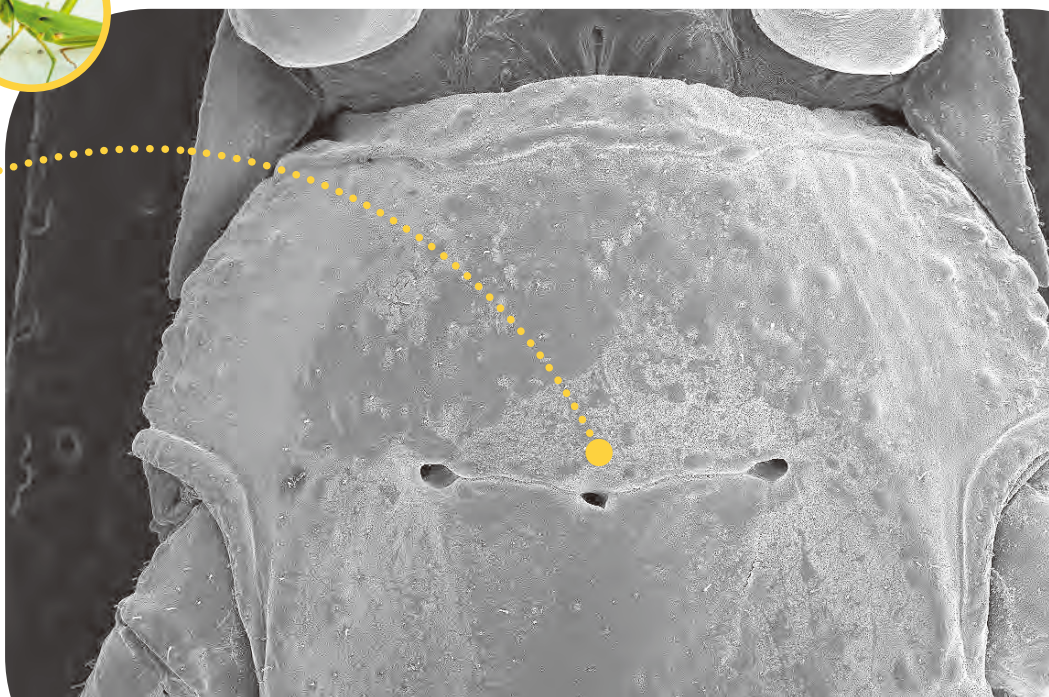
5 μm

ショウリョウバッタ



バッタの仲間は、肢の関節近くや羽の付け根に聴覚器があります。

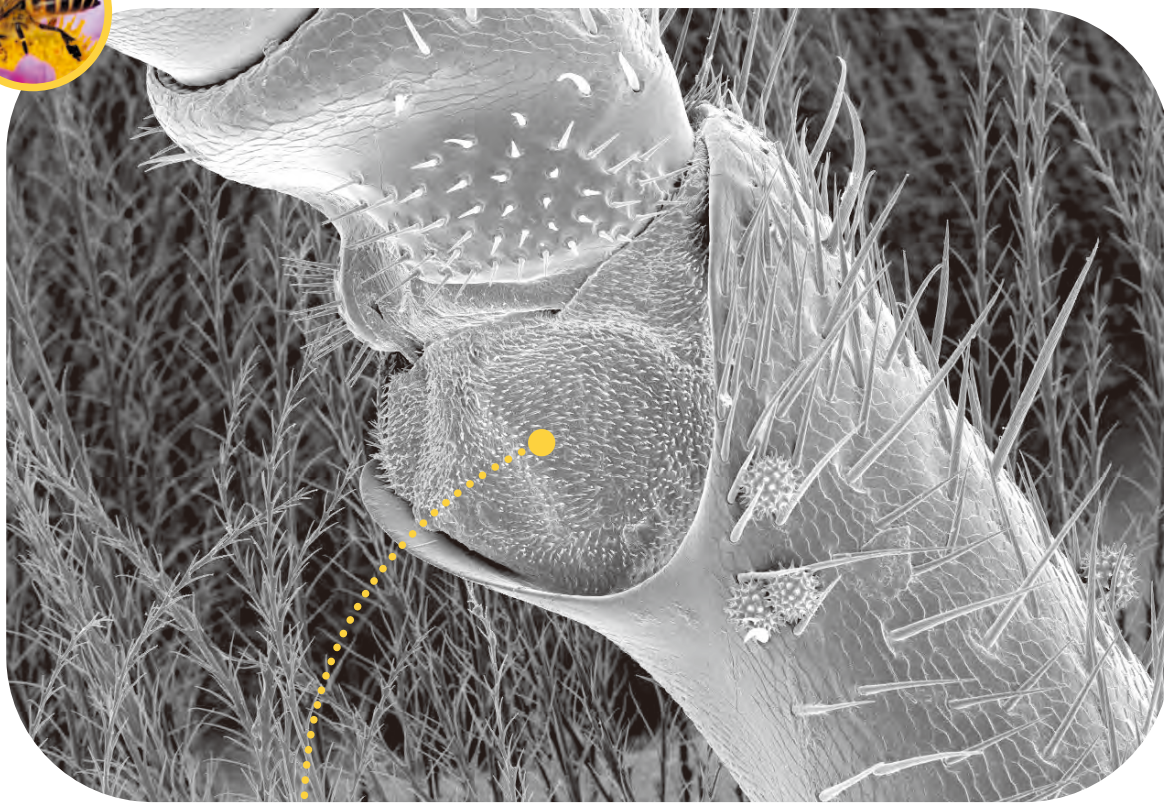
ショウリョウバッタやカマキリは、前脚の付け根付近の腹側部にくぼみがあり、その奥に振動を感じる場所があります。



1 mm



ミツバチ



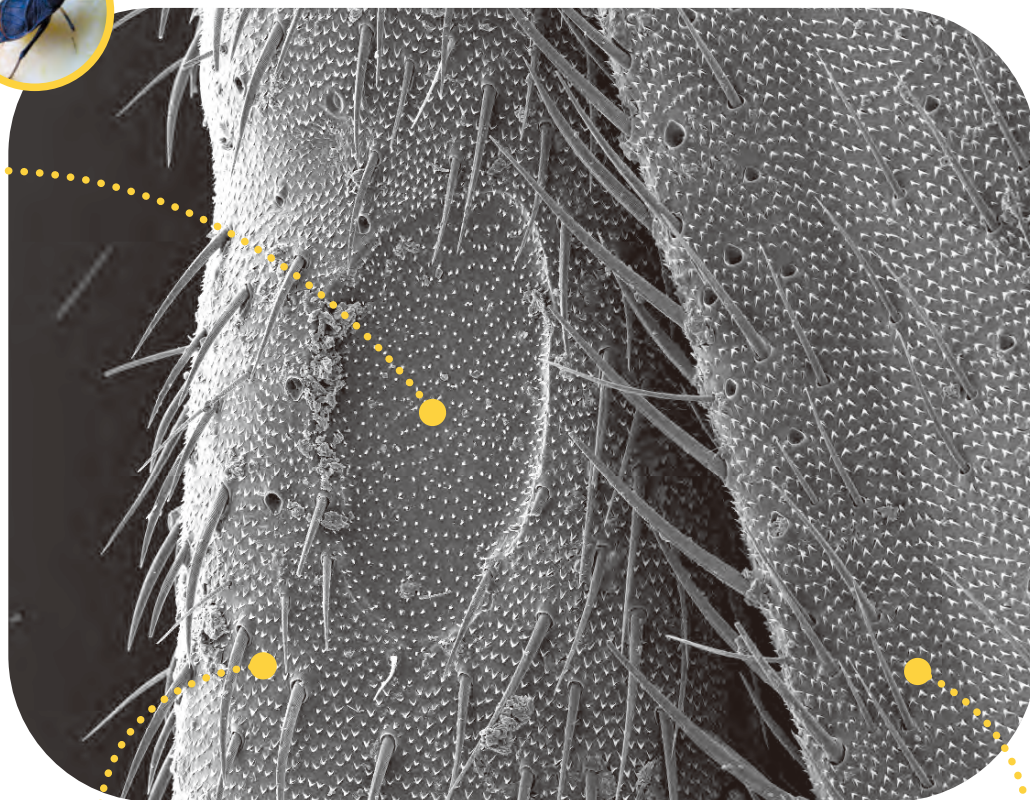
100 μm

頭部にある一対のアンテナに空気の振動を感じる場所があり、効率よく振動を感じています。



スズムシ

前足に振動を感じる場所があります。地面に近い所で生活する生き物は、地面や空気の振動をいち早く感じています。



100 μm

人でいうふくらはぎ上部

人でいう太ももの部分



昆虫の目の話

動物の種類によって、目の形や機能が違います。

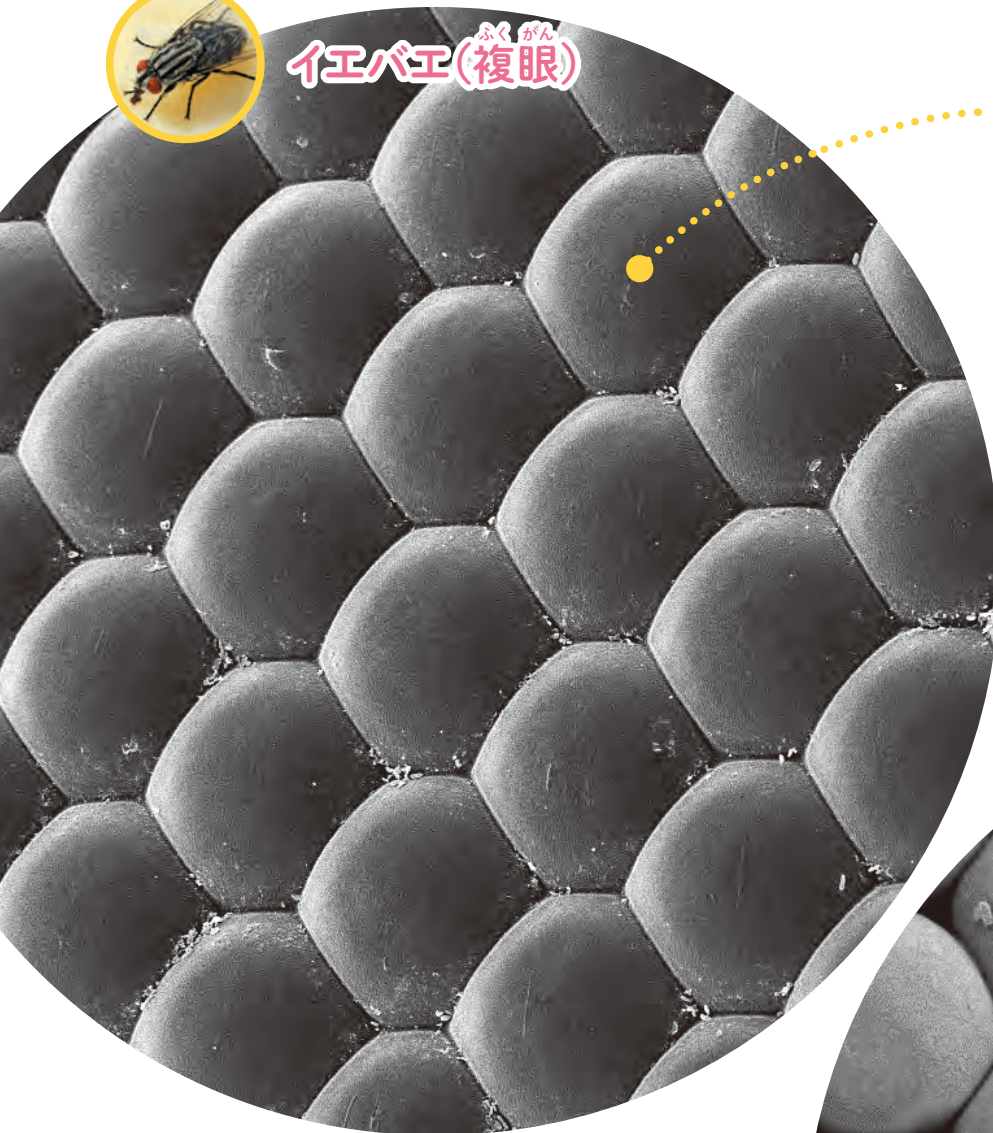
①ヒトなどの哺乳類の眼は、一枚(一对)のレンズで物を認識しています。

②昆虫などは小さなレンズ(個眼)が集合して一对の眼を形成しています。

個眼が集まった複眼の形状は動物の種類によって色々です。



イエバエ(複眼)

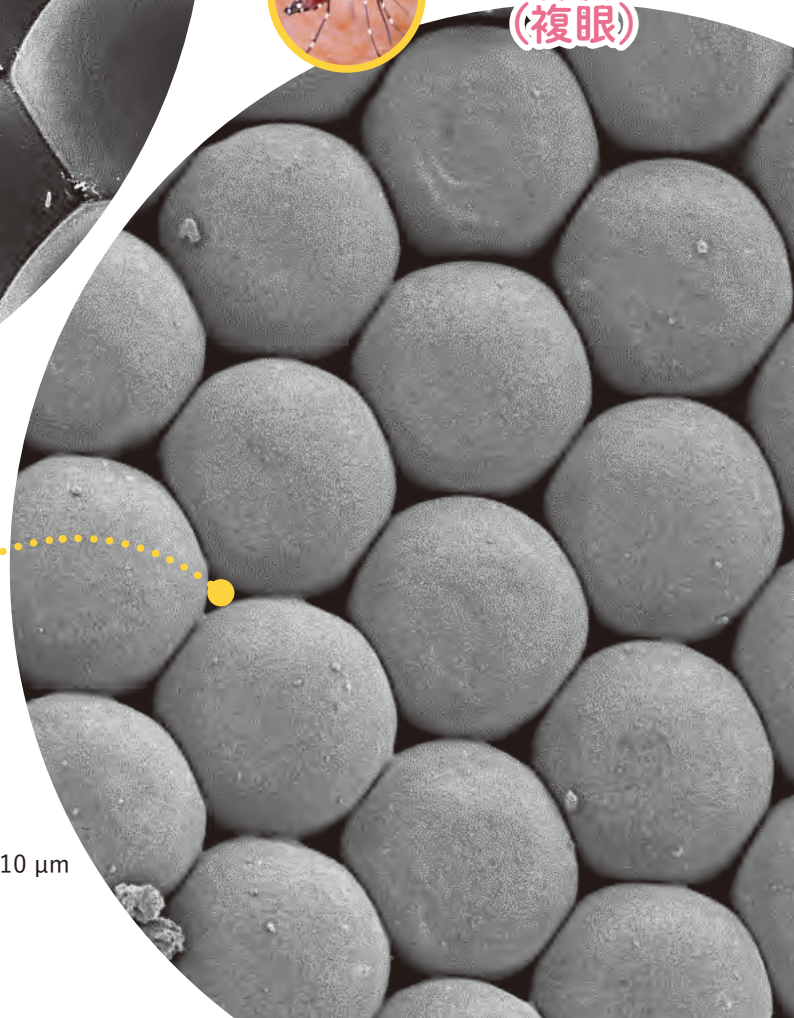


個眼が正六角形の形で隣り合い密に接触しています(ハエ、蝶、トンボ等)。

個眼が四角い形をしています。他にザリガニやエビの仲間も四角いです。



ヒトスジシマカ(複眼)



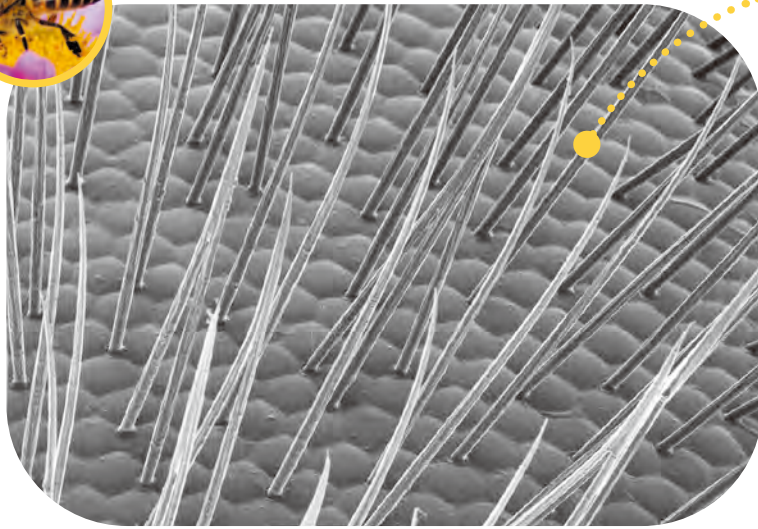
個眼の間に隙間があります。

20 μ m

10 μ m



ミツバチ

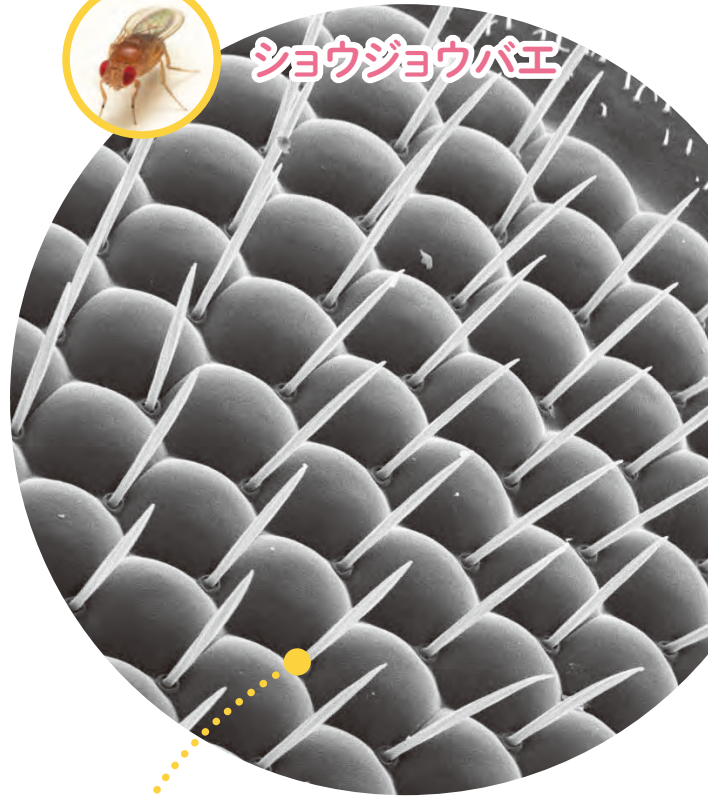


50 μm

ミツバチは蜜^{みつ}などを採るために花の中に潜り込みます。そのために複眼に花粉が付着しないように長い毛で保護されています。



ショウジョウバエ

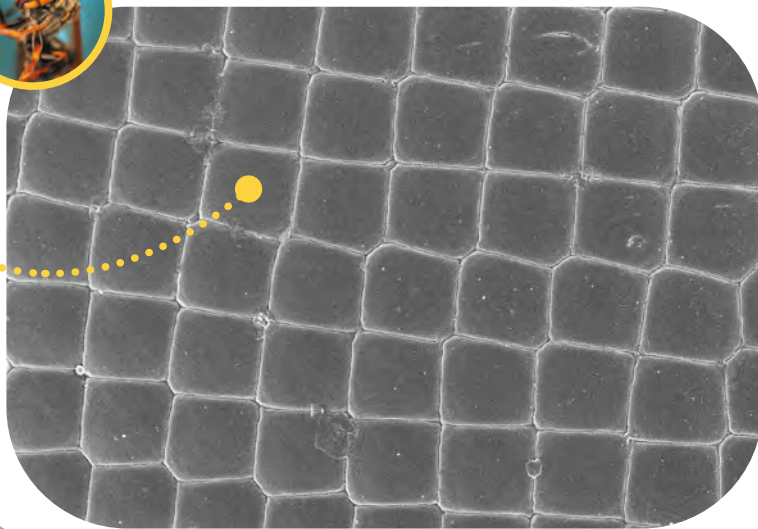


10 μm

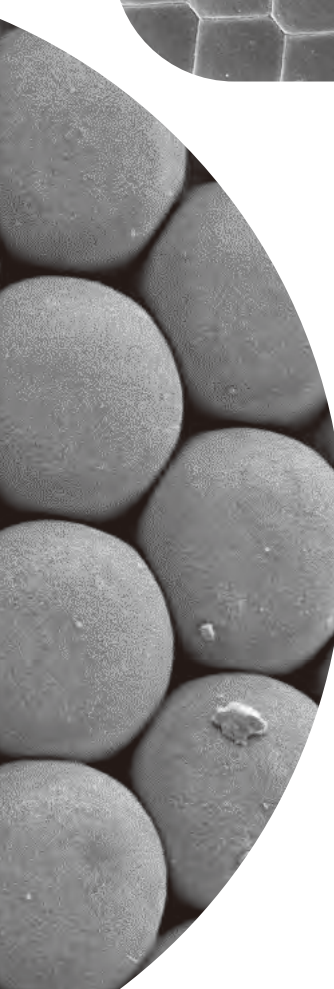
食物を採取するときに複眼に不^ふ純^{じゆんぶつ}物が付着しないように硬い毛(剛毛)で眼を保護しています。



アシナガバチ



20 μm



昆虫などの個眼の形状が異なるのは何故だろう。

個眼は、大きく分けて2種類の形があります。一つは個眼同士が密に接しているもので、もうひとつは、隙間のあるものがあります。

【密接した個眼】 一方向から光を得ることができるため、個々の個眼で明瞭な像を見ることができます。

【隙間のある複眼】 個眼の周りに隙間があると、いろいろな方向から光が入るため、暗い環境でも行動できます。



アシナガバチ



ヤブカ

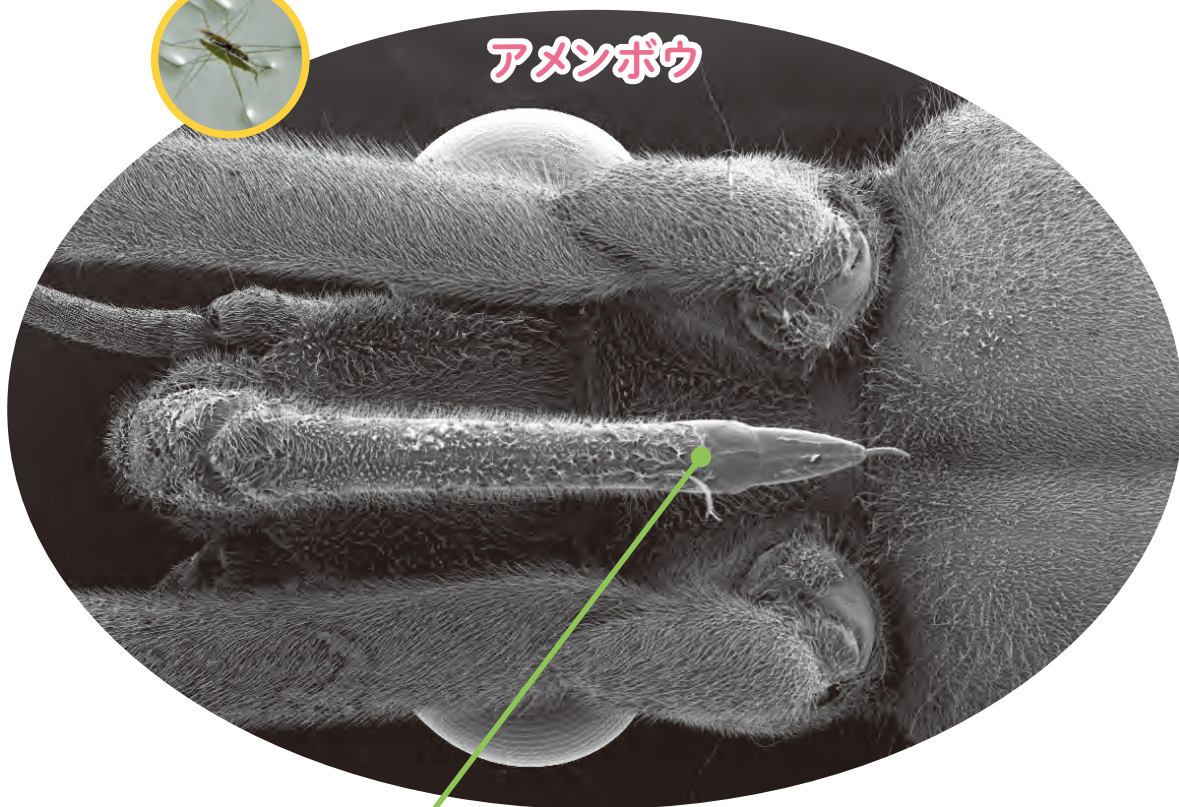


昆虫の口の話

昆虫の口は食物を取り込むためにありますが、
獲物^{えもの}を捕まえたり、かみ砕いたり、なめたり、吸引^{きゅういん}等の
役目もします。さらに色々な形の口があります。

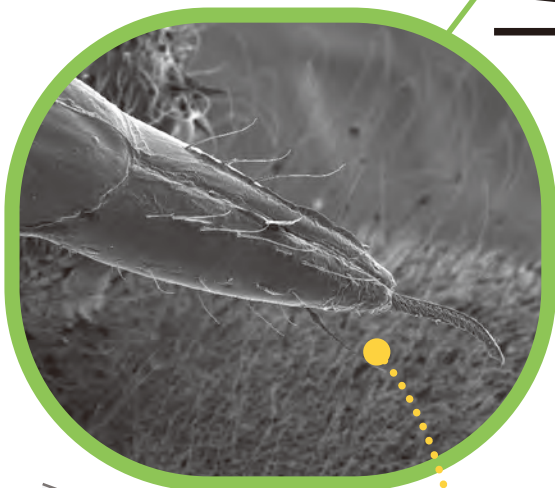


アメンボウ



500 μm

口の先は蜜を採りやすいように筆の
ような毛でおおわれています。



100 μm



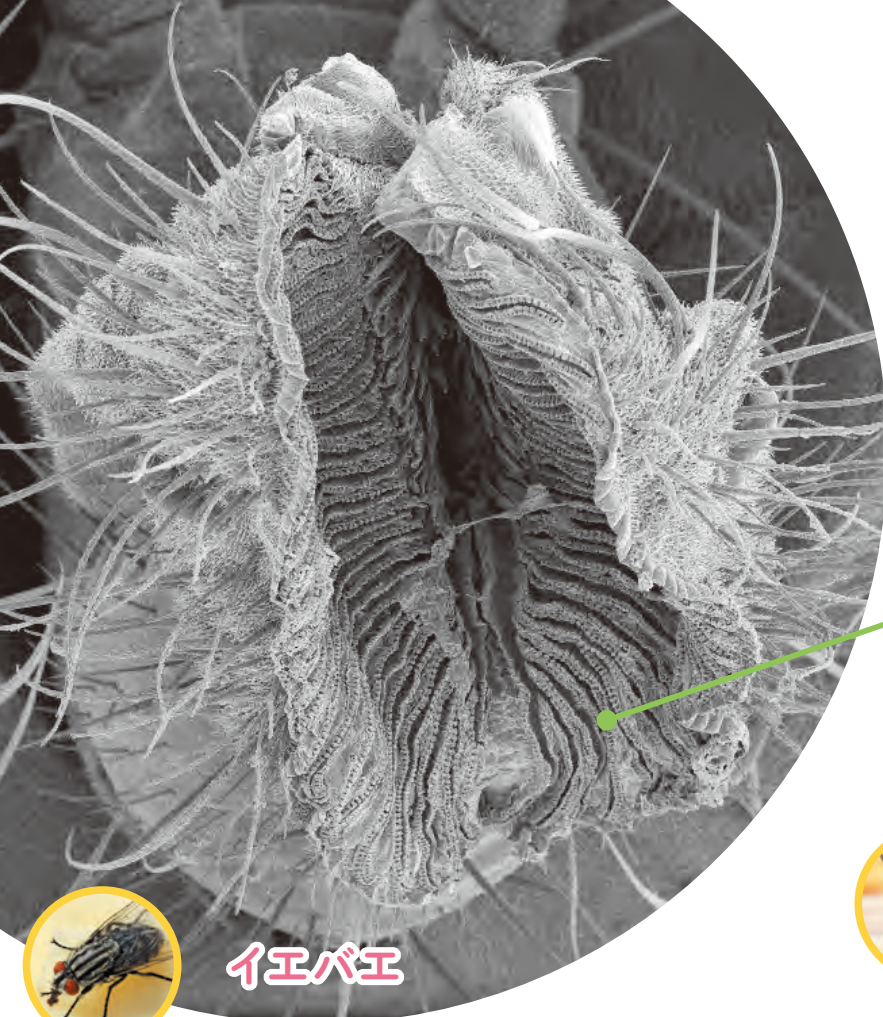
動物の体液^{たいえき}などを吸引する
ことで栄養をとります。
そのため口の先端は針のよ
うな形をしています。



ミツバチ



1 mm

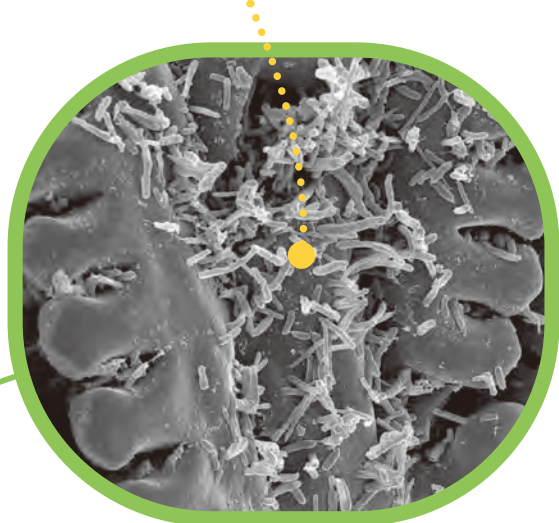


イエバエ

100 μm

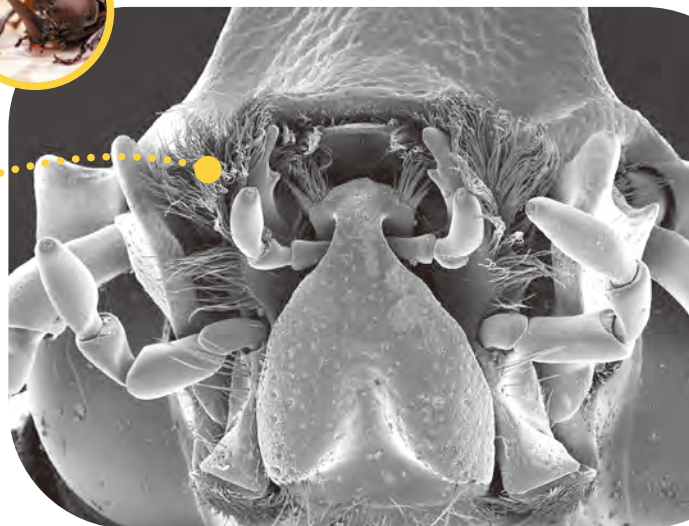
口にある堅い突起で哺乳動物の皮膚にしっかりとかみつることができます。かみつく力はとても強く、無理に引きはがそうとすると皮膚がちぎれてしまうほどです。

食べ物をなめるようにして取るため、なめやすい形になっています。ハエは腐敗したものを好むため、その口には細菌の付着が観察されます。



5 μm

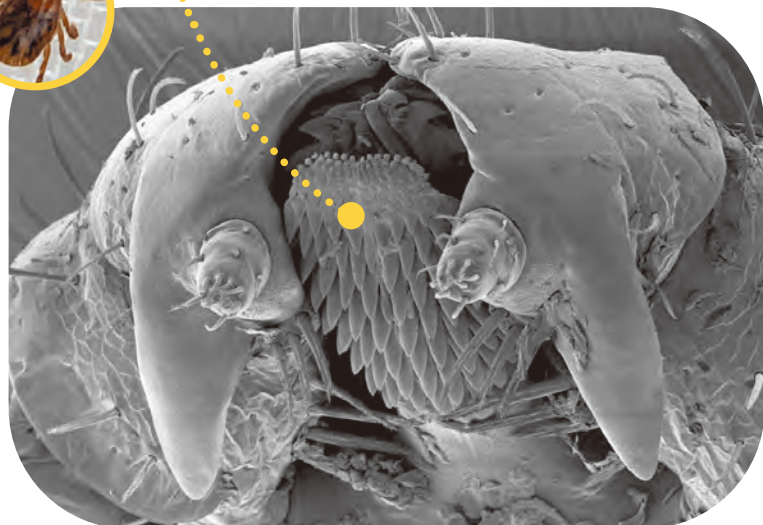
カブトムシ



1 mm

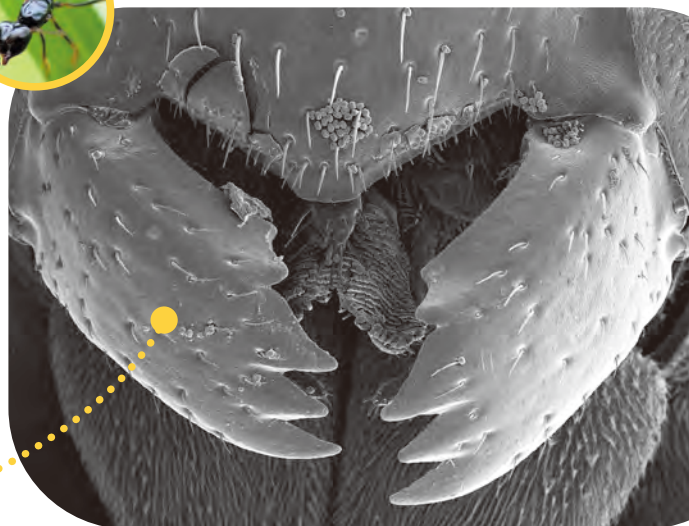
ブラシ状の毛が密集しています。この毛で樹液などを採っています。

マダニ



100 μm

アリの口には牙(顎)があります。牙には、食べ物を捕まえる機能と、戦いの武器としての機能があります。



200 μm

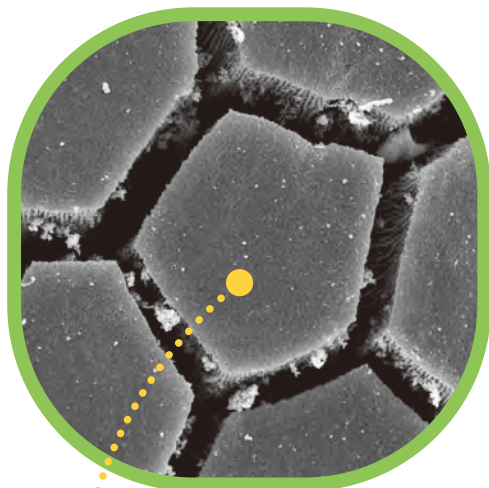
アリ



あし 動物の肢の話

動物の四肢(手足)の指には多くの秘密があります。
ここでは、動物たちの秘密をみていきましょう。

爪の間にみられるイチヨウの葉のような形態がたくさんみられます。この構造によりガラス面を自由に移動することができます。

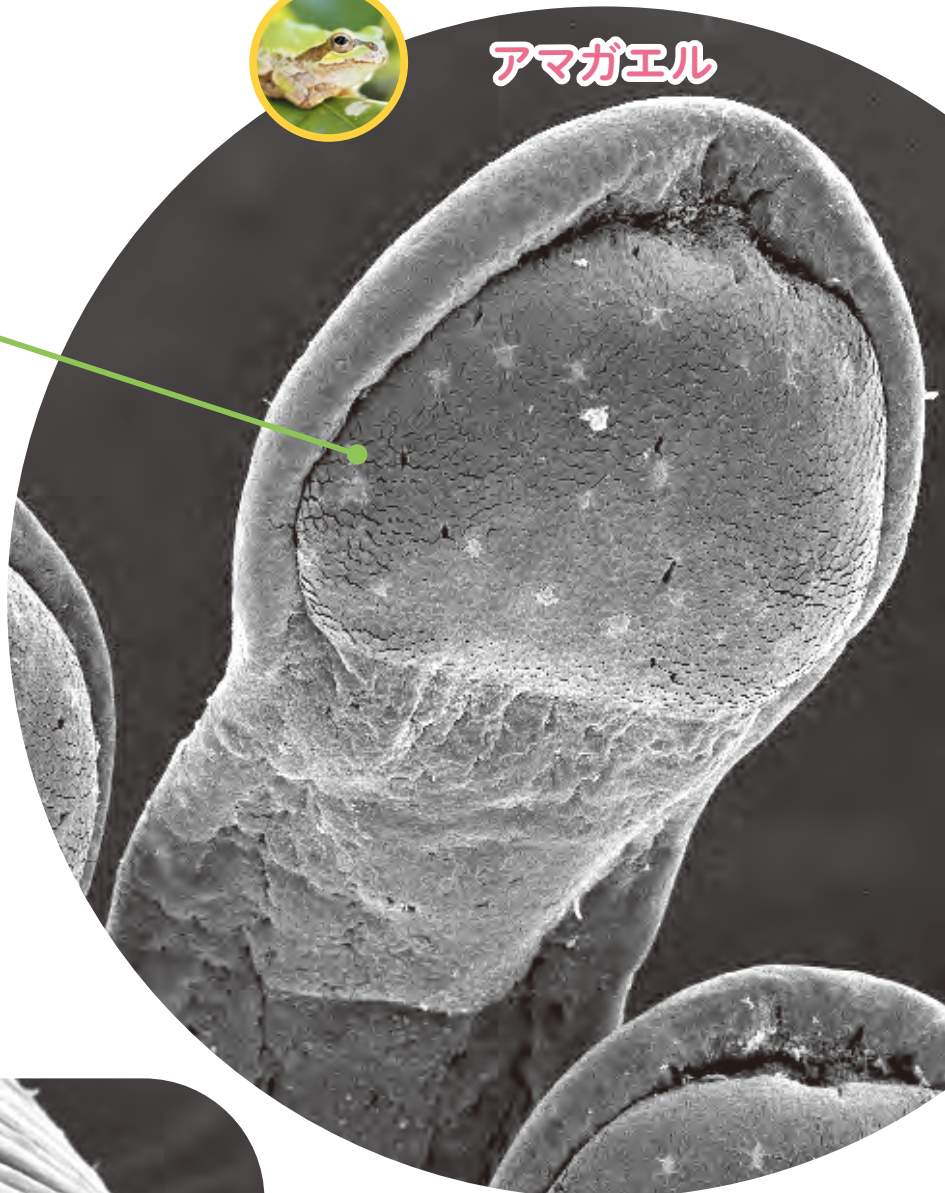


5 μm

アマガエルの足は前足に4本、後足に5本の指があります。その先端は吸盤と呼ばれる円形に膨らんだ形をしています。吸盤は、とても細い突起(10億分の1メートル位)が束ねられたブロック状の集団でできています。



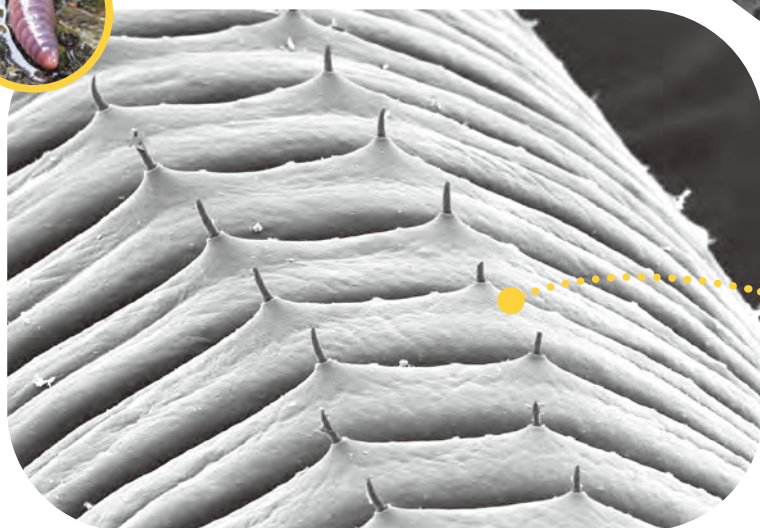
アマガエル



200 μm



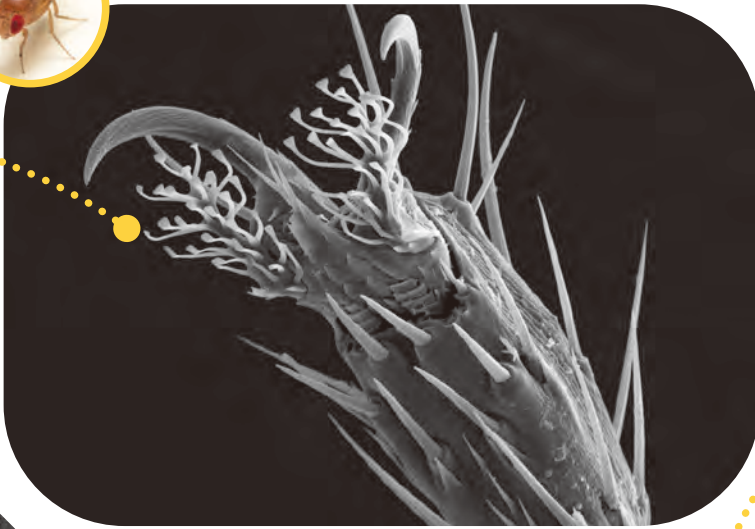
ミミズ



100 μm

ミミズ(環形動物)の身体は、筋肉が発達したリング状の体節のつながりできています。周囲を取り巻くように突起(剛毛)が連なっていて、体節を伸ばしたり締めたりすることで地面に剛毛が引っ掛かり移動することができます。

ショウジョウバエ



モンキチョウ(前肢)^{ぜんし}

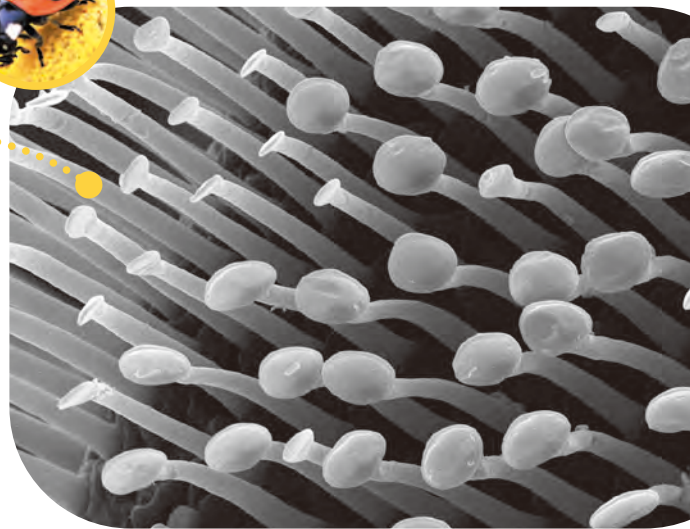


50 μm

蝶の足は味覚器官^{みかくきかん}を兼ねています。前足の爪で植物の葉をたたくような行動(ドラミング)をすることで、産み付けた卵が孵化した青虫(幼虫)の餌になるかを確認しています。

テントウムシの足の先端には、爪のほかに腑節^{ぶせつ}とよばれる構造が三つあります。写真は腑節の一部を拡大しました。腑節は歩くための構造で吸盤状構造など複数の形態が観察できます。

テントウムシ



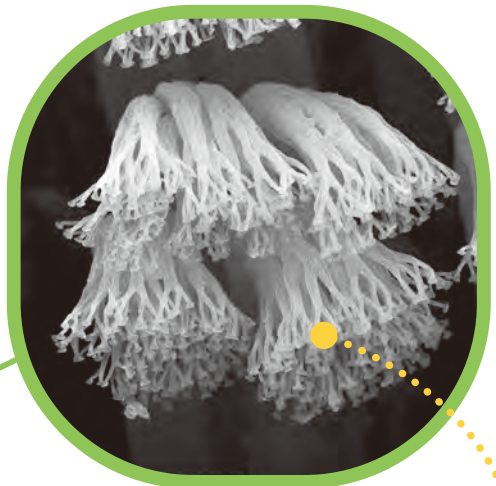
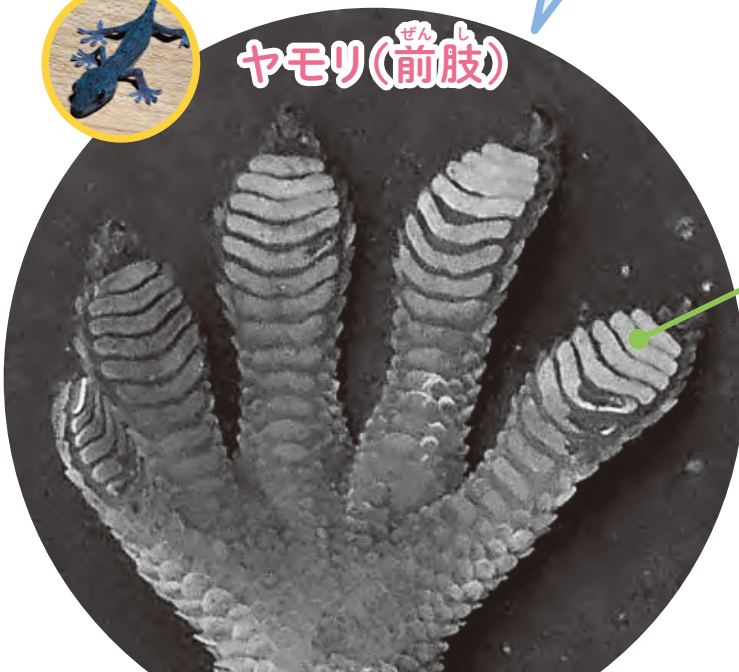
10 μm

ヤモリが平坦なガラスや天井などを落下せずに自由に動き回れるのはなぜだろう?

ヤモリがガラス面などから落下せずに動き回れる接着様式はファンデルワールス力(原子や分子間の引き合う力)との関係が近年解明されました。

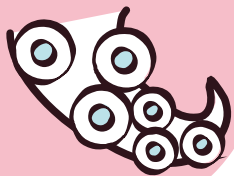
接着様式がわかったことで、その様式をモデルに強靱な接着テープが開発されました。

ヤモリ(前肢)^{ぜんし}



5 μm

ヤモリの肢には、複数の剛毛^{ごうもう}の集団が集まって帯状の構造になっています。それぞれの剛毛の先端はさらに細かく分岐し、ナノメートルオーダー(10億分の1メートル)の形状になっています。



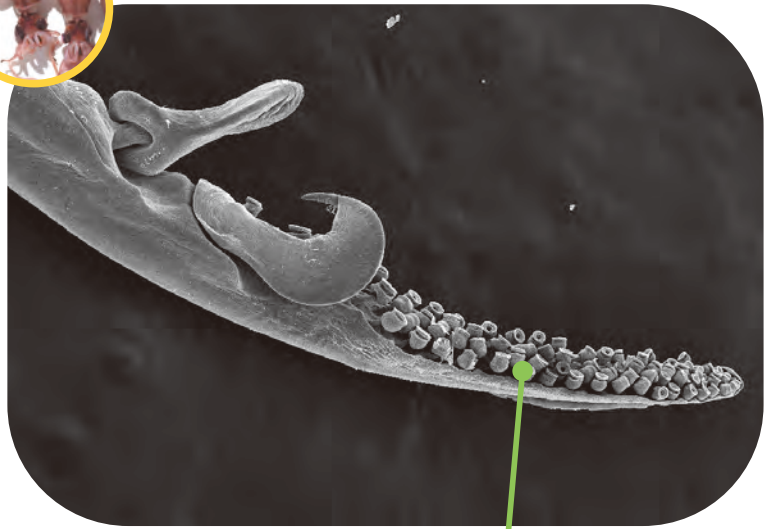
きゅうばん 吸盤の話

イカの吸盤は、種類や役割によって異なります。
とがっているトゲや、とても細かい毛が密集しているものがあります。
その役割を見ていきましょう。

イカは餌を捕まえるための一対の長い腕しよくわん(触腕)を含めて10本の腕を持っています。その腕にはたくさんの吸盤があります。特に触腕の吸盤は獲物をしっかりと捕まえて離さないようにリング状のトゲが備わっています。

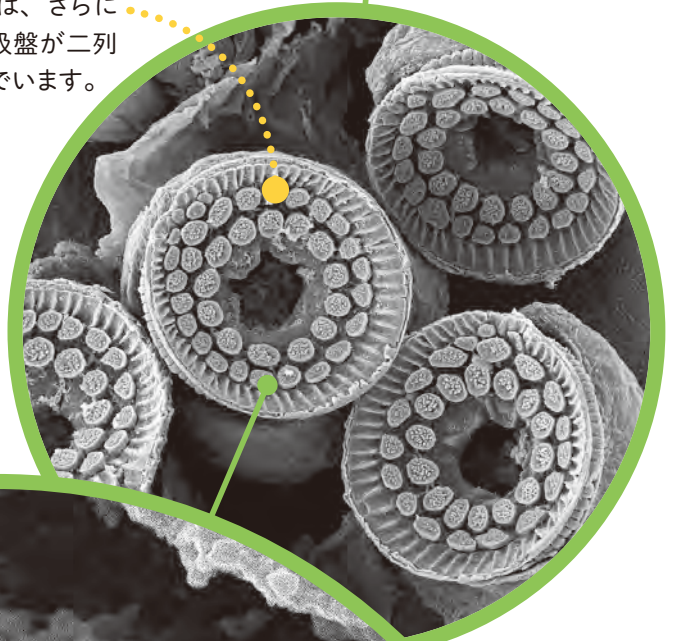


ホタルイカ



1 mm

吸盤には、さらに小さな吸盤が二列に並んでいます。



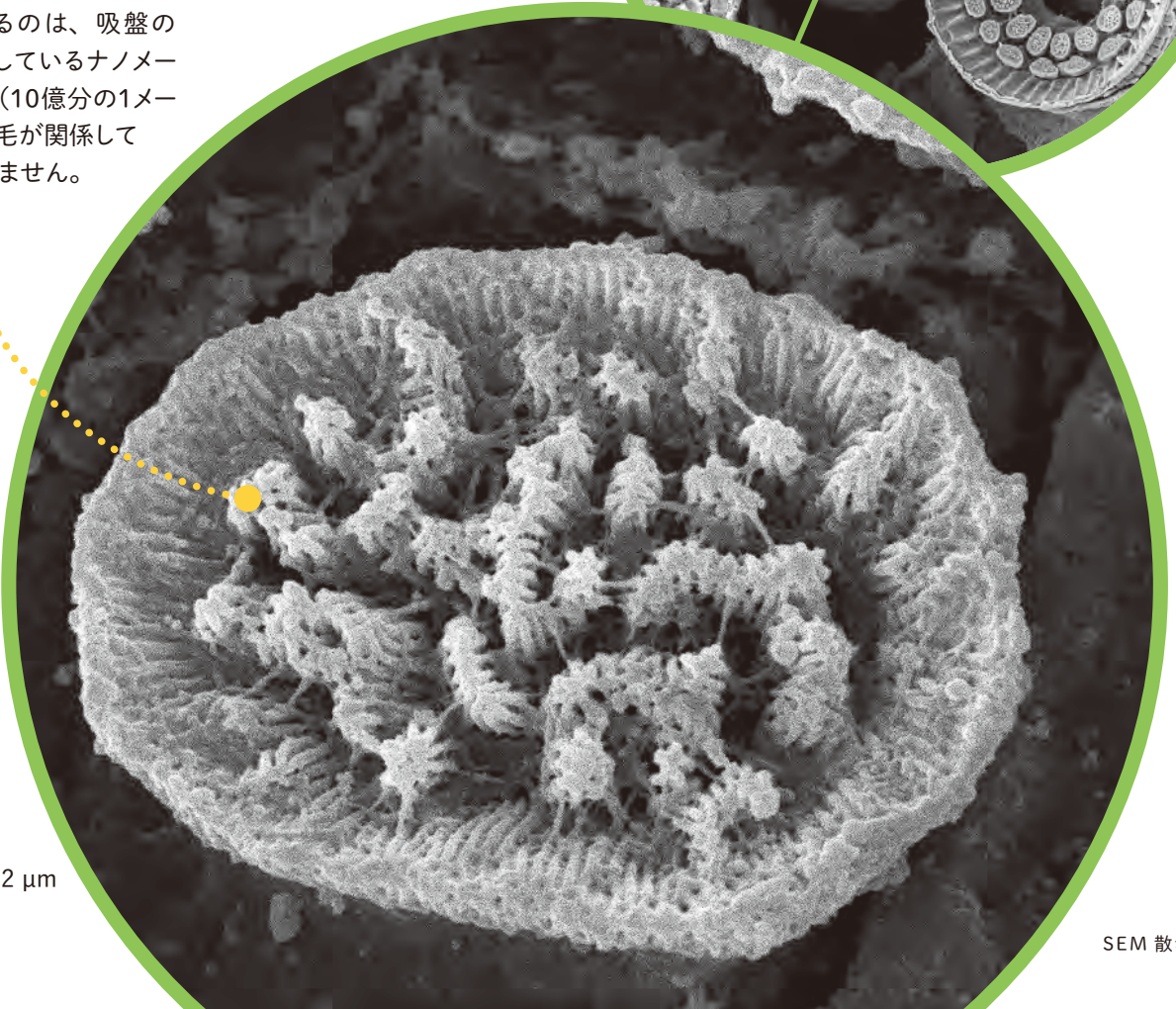
50 μm

ヤリイカ



1 mm

トゲのような構造のない吸盤で捕獲できるのは、吸盤の表面に密集しているナノメートルオーダー(10億分の1メートル)の細い毛が関係しているかもしれません。



2 μm



クイズ 「動物の羽」

モンシロチョウ

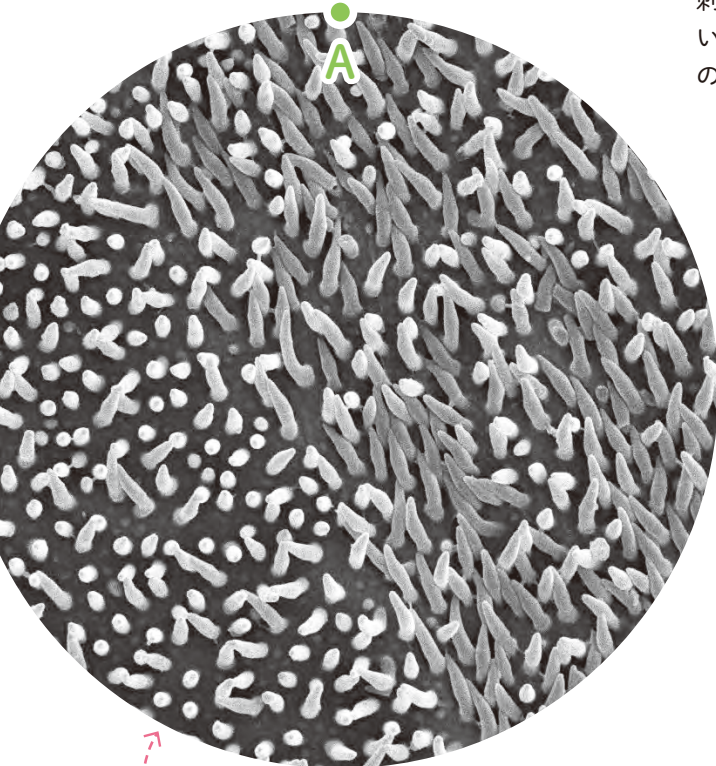
スズメバチ



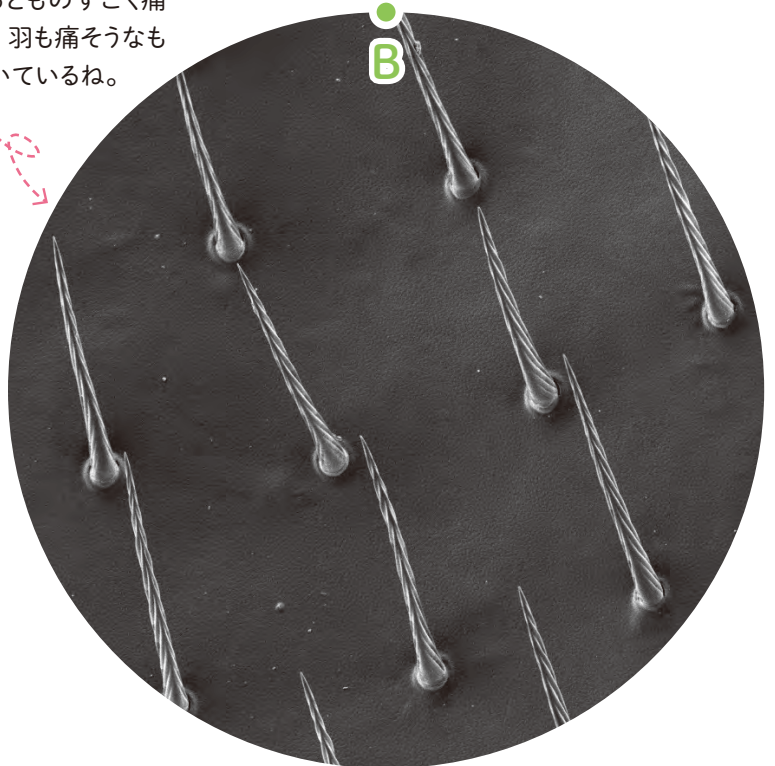
Q

動物の写真と羽の拡大写真を
線で繋げてみよう!

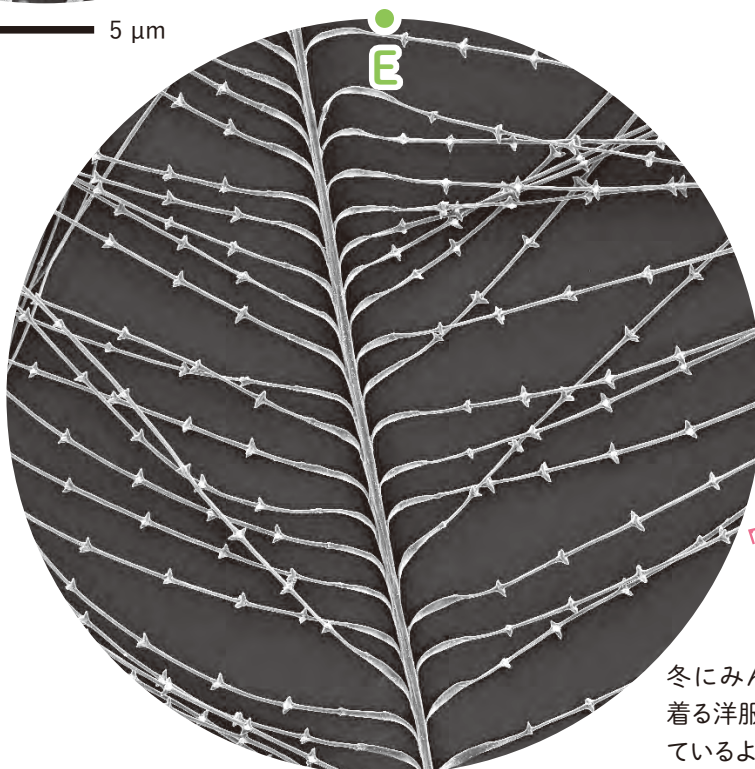
答えは20ページの右下です。



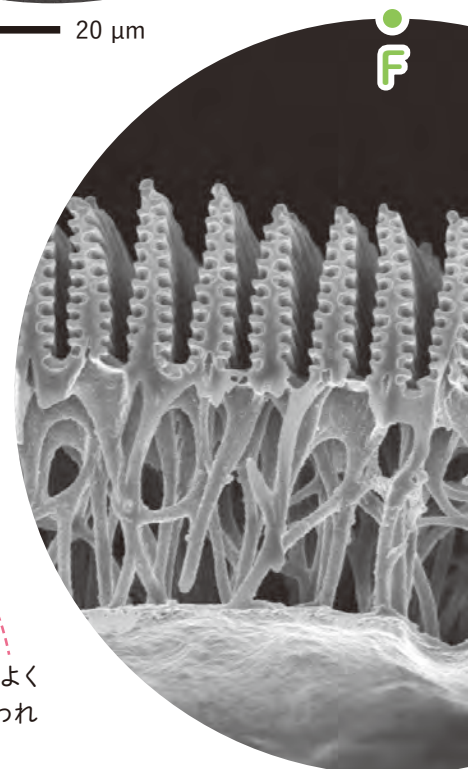
刺されるとものすごく痛
いんだ。羽も痛そうなも
のがついているね。



夏に合唱する
昆虫だよ。



冬にみんながよく
着る洋服に使われ
ているよ。



ガチョウ



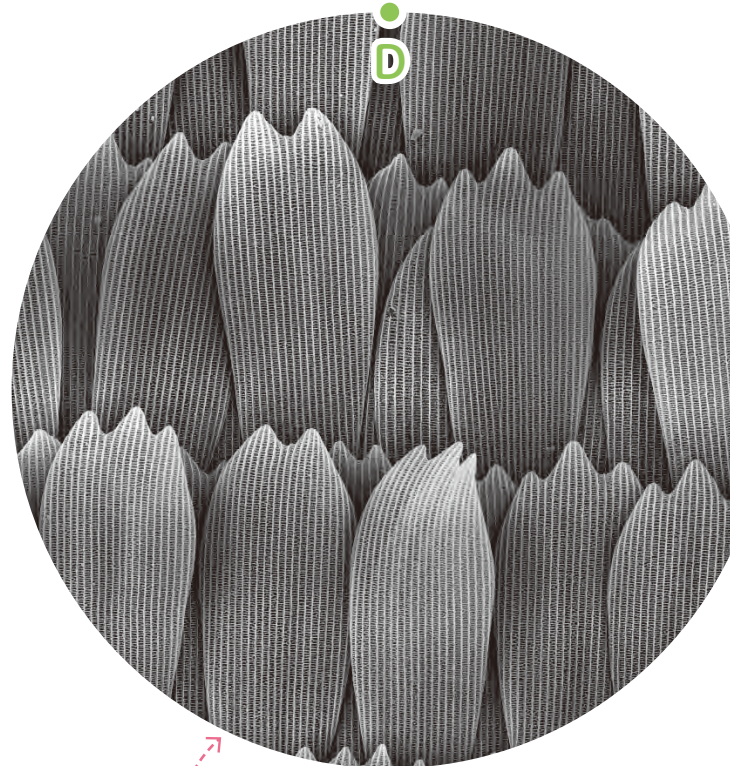
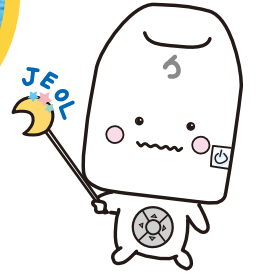
シジミチョウ



アブラゼミ



モルフォチョウ



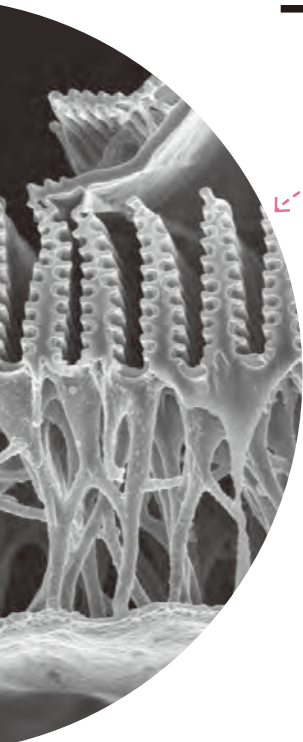
20 μm

50 μm

ボタンのようなものがあるね。ここで光を感じているよ。

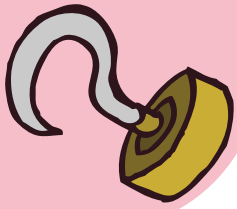
水をはじく役目があるよ。また敵から逃げるときにとれてしまうんだ。

きれいに光を反射することができるんだ。構造色というよ。



様々な動物の羽の秘密

動物の羽は飛ぶことを目的にした器官ですが、撥水機能や保温、光を捉えて色彩を放つなどの役目を持っています。また風の強さや風向き、さらに太陽光を捉えるなど感覚器官としても機能しています。あるいは捕食者から逃げるような様々な役割を持っています。



昆虫の羽のフックの話

多くの昆虫は四枚(二対)の羽を持っています。

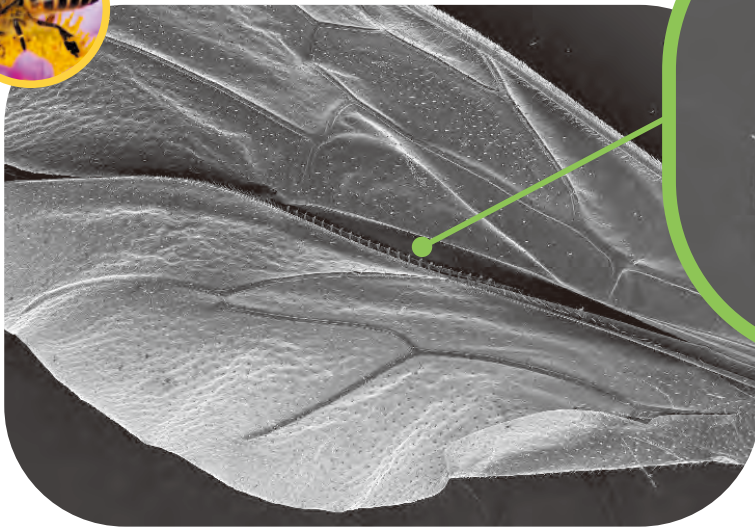
トンボやチョウのように四枚の羽を個別に動かす昆虫と、

ミツバチやセミのように前羽と後羽をフックで連結して一枚の羽として動かす昆虫がいます。また、カブトムシなど四枚の羽のうち前羽が角質化して体を保護する羽に変化した昆虫もありますが、その飛び方はぎこちなくみえます。

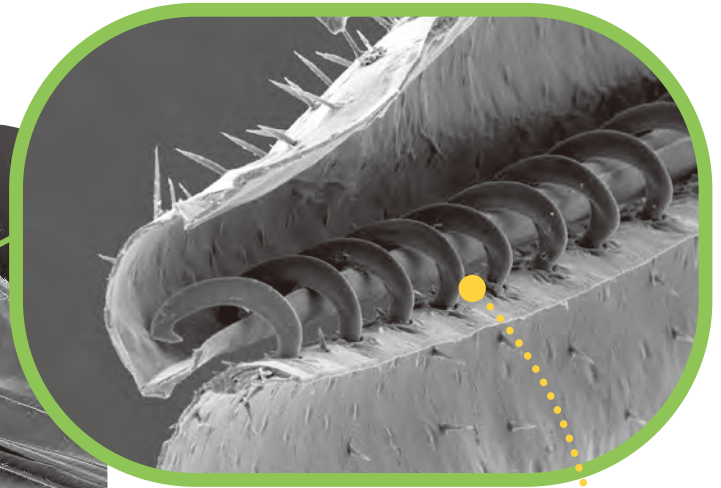
ここではフックを連結して飛ぶ昆虫を見ていきましょう。



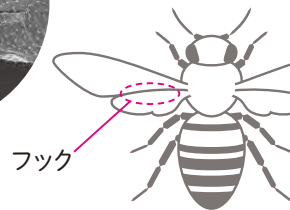
ミツバチ



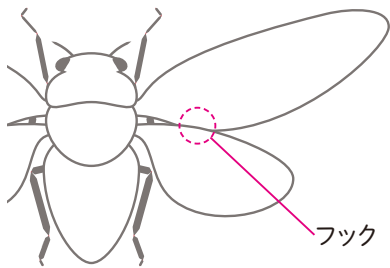
1 mm



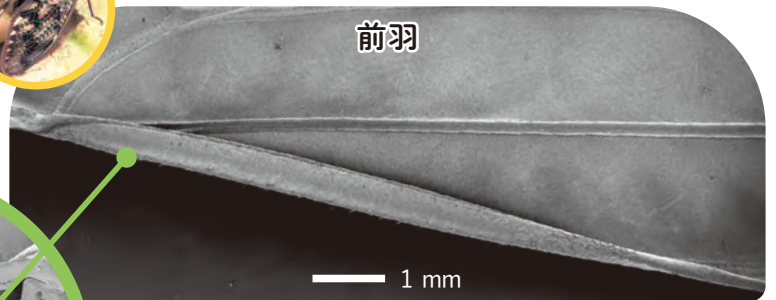
50 μm



羽を開くと、前羽が後羽のフックに引っ掛かり二枚の羽が一枚の羽として働くので、飛ぶ力が増えます。

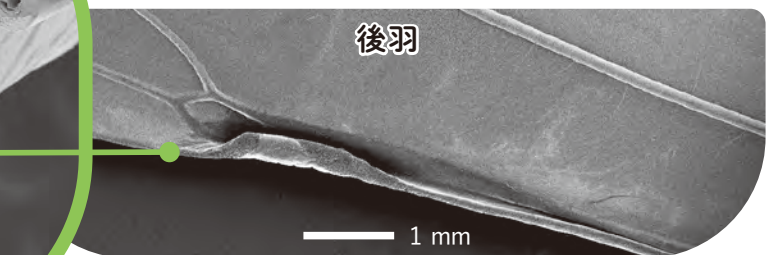


アブラゼミ



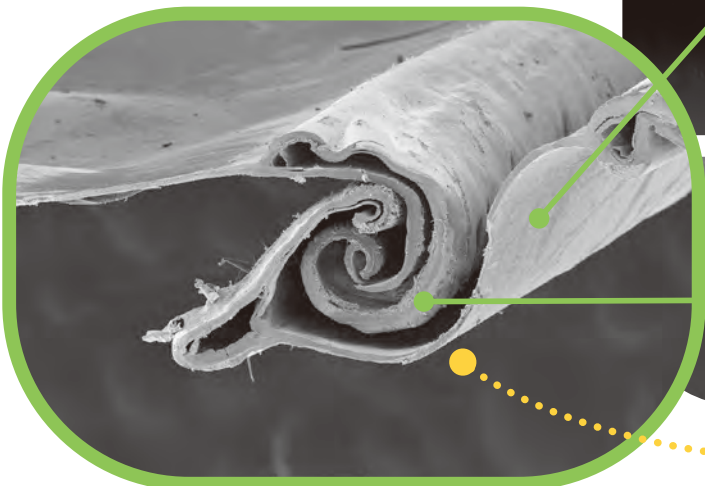
前羽

1 mm



後羽

1 mm



200 μm

前羽と後羽の凹凸が噛み合う構造になっています。よく地上でもがいている姿を見かけますが、フックの溝が浅いのでフックが外れて飛ぶことができなくなったためです。



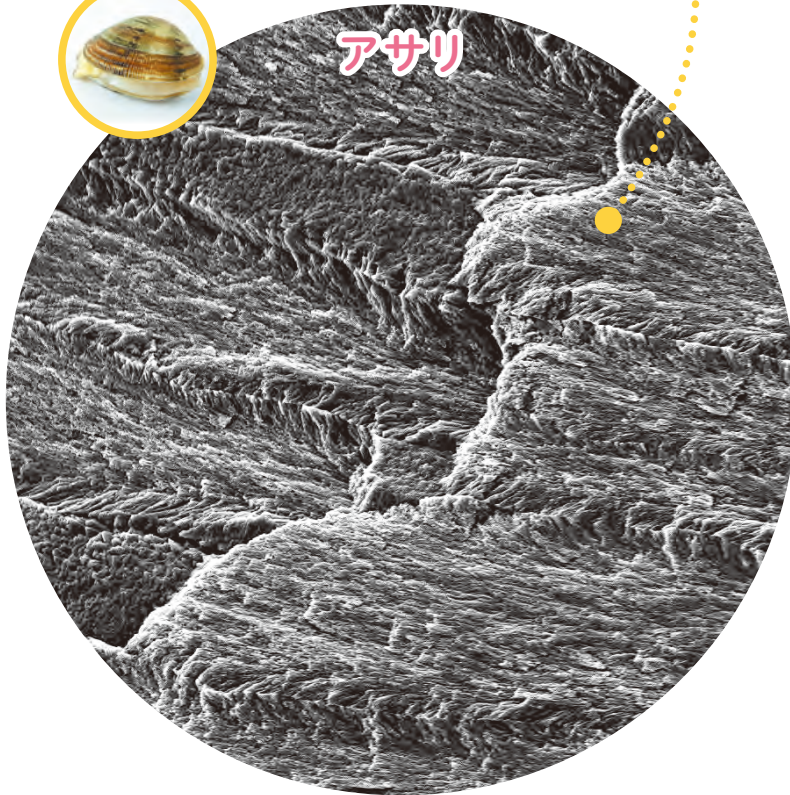
かい がら 貝殻の話

貝殻には色々な色に光って見える構造色を持っている貝殻と光って見えない貝殻があります。貝殻を割った断面の違いを見ていきましょう。

貝殻を割った断面を見ています。貝殻は炭酸カルシウムが密に集まって形成されています。



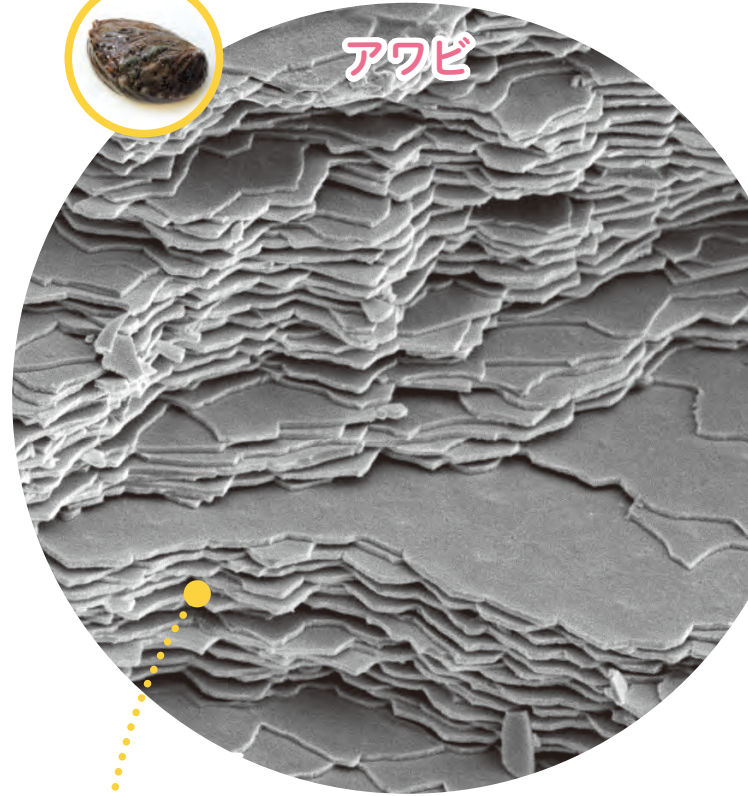
アサリ



10 μm



アワビ



10 μm

貝殻は炭酸カルシウムの結晶が薄い膜の集合で形成されています。



きらきら光る貝殻の秘密

貝は外套膜から分泌する物質で貝殻を作ります。貝殻は体が成長すると同時に成長します。貝殻の種類は、内側が白色（アサリなど）に見えるものと、色彩を持つ貝殻（アワビなど）があります。

色彩を持つ貝殻は、炭酸カルシウムの薄い膜が幾重にも重なってできています。この薄い膜は光の波長とほぼ同じで、ここに光が反射されると、色々な色が発生します。その色を構造色といいます。





実験動物としてのマウス

マウスの日齢は、交尾が確認された日を0日としています。

マウスが各種の実験に使用されることが多いのは、遺伝子解析が終了していることや受精卵から出生に至る日齢(20日)と成獣になるまでの日数が短いこと。また、ヒトに近い哺乳動物であること、実験動物として安定して供給されることなどがあげられます。

- a: 8日胚 (ヒト発生第3週位)
- b: 8日胚 (ヒト発生第3週位)
- c: 8.5日胚 (ヒト発生第4週位)
- d: 8.5日胚 (ヒト発生第4週位)
- e: 9.5日胚 (ヒト発生第5週位)
- f: 13.5日胚 (胎子)(ヒト発生第7週位)



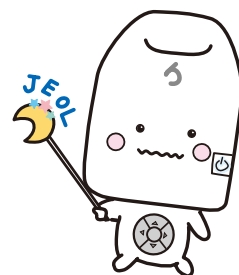
マウス胎仔の血管樹脂鑄型

17.5日胎仔(生前2日前) 約3.5 cm



全身血管鑄型の作りかた

ガラス針を用いて、胎仔の臍帯血管さいたいけっかんから液体状の樹脂を注入します。注入された樹脂が硬化した後に、アルカリ溶液を用いて細胞や組織を溶かすことで、様々な器官の血管構築を把握することができます。



岩波書店「走査電顕アトラス マウスの発生」



理科教育支援



ろくまるくんの
公式 Twitter アカウントです。
@JEOL_Rokumaru

本書の一部あるいは全部を著者の事前承諾なしに無断で複写・複製、転記・転載することを禁じます。



本社・昭島製作所
〒196-8558 東京都昭島市武蔵野3-1-2 TEL : (042) 543-1111(大代表) FAX : (042) 546-3353
www.jeol.co.jp ISO 9001・ISO 14001 認証取得

東京事務所 / 東京支店 / 東京第二事務所 / 横浜事務所 / 札幌支店 / 仙台支店 / 筑波支店 / 名古屋支店 / 大阪支店 / 西日本ソリューションセンター / 広島支店 / 高松支店 / 福岡支店
海外事業所・営業所 Boston, Paris, London, Amsterdam, Stockholm, Sydney, Milan, Singapore, Munich, Beijing, Moscow, Sao Paulo ほか

▼ 国内拠点



No. 1501E202C (Kp)