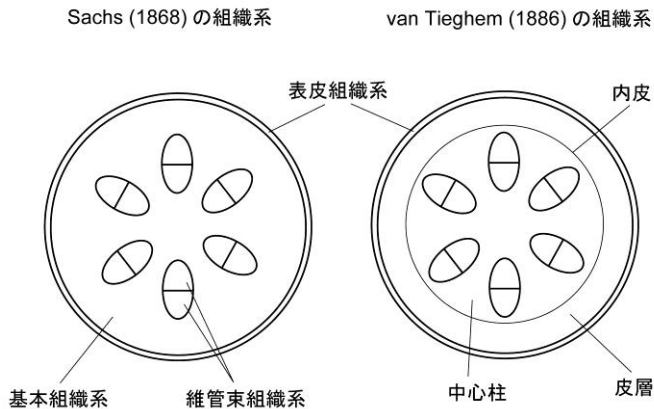


第3回 植物組織の観察

前回の実習では、「細胞」を観察しました。「細胞」は集まって「組織」を作ります。「組織」が集まったものが「器官」です。植物の基本的な「器官」は、根、茎、葉です。本実習では、根、茎、葉の切片を作り、それぞれの「器官」を形作っている「組織」を観察します。切片を作り、組織を観察、理解するのは難しく、実習・観察としては敬遠される向きがあります。皆さんは、中学校の理科第2分野で「植物のからだのつくりと働き」として植物組織を学んでいると思いますが、タマネギの細胞は見たことがあっても、「組織」を観察した経験のある人は少ないのではないのでしょうか。ところが、2011年から施行される新学習指導要領では、小学校第6学年の理科の内容に、「植物の養分と水の通り道」として植物組織の観察が盛り込まれました。これまでで中学、高等学校の資料集にしか載っていなかった根茎葉の断面などが教科書に載るようになるのです。本実習では観察が容易で、かつ典型的な組織を学ぶことが出来るツバキの葉、センニンソウの茎、ニオイイリスの根について、それぞれ切片を作って観察します。

植物の組織系には、Sachs (ザックス) (1868), van Tieghem (ヴァン・ティエゲン) (1886), Haberlandt (ハーバーランド) (1914) による3通りの分け方が提唱されています。Sachs (1868) は、維管束に重点をおき、植物組織を1) 表皮組織系, 2) 維管束組織系, 3) 基本組織系に分けました。van Tieghem (1886) は、中心柱に重点をおき、1) 表皮系, 2) 皮層系, 3) 中心柱に分けました。Haberlandt (1914) は、生理解剖学的見地から1) 分裂組織, 2) 皮膚組織, 3) 機械組織, 4) 吸収組織, 5) 同化組織, 6) 通道組織, 7) 貯蔵組織, 8) 通気組織, 9) 分泌組織, 10) 運動組織, 11) 感覚器, 12) 刺激伝達組織に分けました。これらの組織系は、組織の起源や構造、機能や生理学的現象に応じて使い分けられ、便利に用いられています。植物の葉や茎の切片を観察した際に最も目につくものを太字にしました。これらの用語は、植物の組織を観察し、児童生徒に教える上で正確に理解していなければなりません。



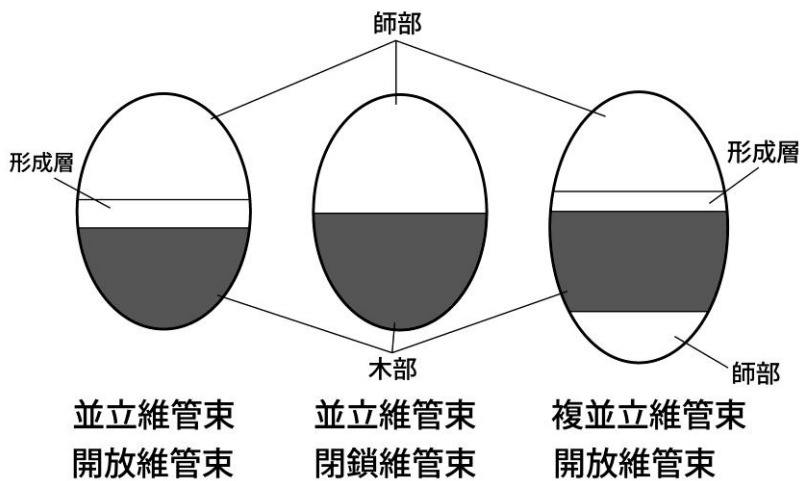
表皮組織系

多くの植物の表皮は葉緑体を含まない1層の細胞から成っています。植物体を守るため、細胞壁を厚くしたり、細胞壁のセルロースとクチンが結合してクチクラ層を形成したり、スベリンと結合してコルク化したりします。また、表皮の外側に蠟(ワ)を分泌するものもあります。表皮には特殊化した細胞が見られます。代表的なものは気孔と、表皮細胞が変形した毛でしょう。気孔は、CO₂の吸収とO₂の排出、蒸散による水の放出という植物の生死に関わる重要な役割を担っています。気孔には1組の半月形の**孔辺細胞**が隣接しています。孔辺細胞には葉緑体が含まれています。孔辺細胞が変形することで気孔が開閉します。典型的な双子葉植物では、気孔は葉の下面にのみ形成されますが、単子葉植物やオカヒジキなどでは葉の両面に気孔が見られるものがあります。毛は、表皮細胞が突出変形したもので、主として体の保護をしています。単細胞からなるものから多細胞になるもの、その形態や機能は様々です。

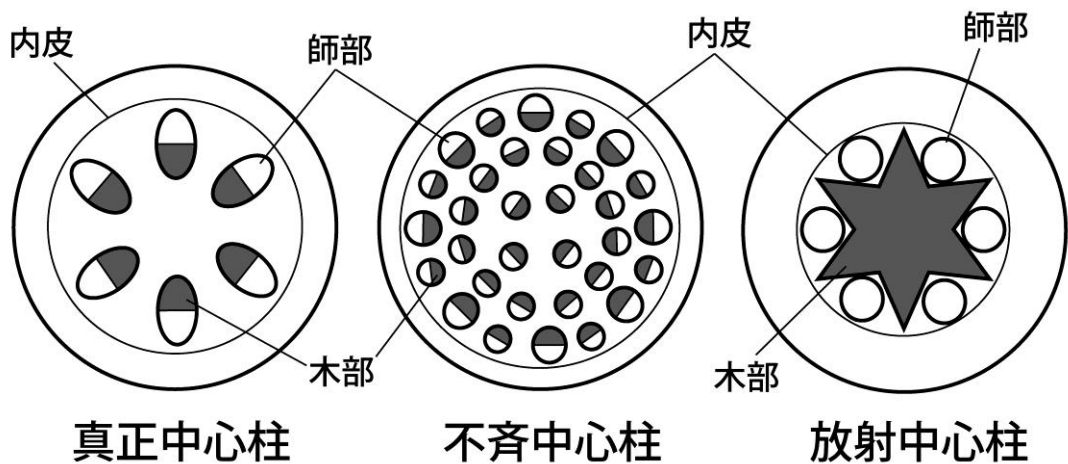
維管束組織系と中心柱

シダ植物と種子植物の体内には、根、茎、葉をつらぬいて、水や光合成によって作られた栄養物を運ぶ**維管束**があります。維管束組織は木部と師部とに分けられます。**木部**は根で吸収した水と無機物を運び、**師部**は葉で作られた光合成産物を運びます。維管束は、木部と師部の配列様式によって、並立維管束、複並立維管束、放射維管束などに分けられます。また、木部と師部の間に**形成層**が形成されるものを開放維管束、形成層が形成されないものを閉鎖維管束といいます。

根茎葉の皮層の最内層を**内皮**とよび、内皮の内側の基本組織と維管束をまとめてひとつの構造とみたのが**中心柱**です。しかし、内皮は根でしか見ることが出来ないため、茎と葉では中心柱の範囲を定めることは出来ません。中心柱は、維管束の配列様式によって、原生中心柱、真正中心柱、不斉中心柱、放射中心柱などに分けられます。



維管束の模式図



中心柱の模式図 (木島正夫 1954. 「植物形態学の実験法」 廣川書店を基に作図)

基本組織系

表皮でも維管束でもない組織を基本組織系といいます。基本組織系の中で最も普通に見られるのは柔組織です。柔組織は通常、細胞壁が薄く、特殊な細胞は見られません。柔組織の細胞には葉緑体、デンプ粉粒、結晶などが見られ、光合成や光合成産物の貯蔵など、植物の代謝機能の大部分を担っています。

柔組織はその名の通り、柔らかく、外部からの力に脆弱です。そこで、柔組織や植物体を支え、保護するために機械組織が発達します。機械組織には厚壁細胞と厚角細胞の二種類の細胞があります。細胞壁が遠心的に肥厚し、リグニンによって強化された細胞を厚壁細胞といいます。細胞は死んでおり、壁孔によって連絡しています。厚壁細胞が集まったものが厚壁組織です。厚角細胞は、厚壁細胞と同様に細胞壁が肥厚した細胞ですが、細胞壁はリグニンを含まず、細胞は生きています。柔組織の細胞同様、細胞同士の水、栄養分の供給も円滑で、細胞の生長が制限されず植物体を柔軟に支持します。細胞の角の部分の細胞壁が肥厚したもの(角隅肥厚)、細胞の側面の細胞壁が肥厚したもの(板状肥厚)など、その形も様々です。厚壁細胞、厚角細胞は植物体の様々な場所で見られ、植物体を保護しています。

用意するもの

ピンセット (人数分)、シャーレ (人数分)、片刃カミソリ (人数分)、面相筆 (メンソウデ) : 細い筆で、人形の顔を描くのに用いられるものです (人数分)、スライドガラス (人数分)、カバーガラス (人数分)、色鉛筆 (緑、黄、赤) (各人数分が望ましいが、足りない場合は2人で1本)、ティッシュペーパー (キムワイプ) (一班当たり1箱)

ツバキの葉の構造の観察

植物の葉は光合成によるエネルギーの生産工場です。切片を作り、横断面を顕微鏡で観察しましょう。表面から順に上面表皮、柵状組織、海綿状組織、下面表皮の4種類の組織で構成されているのが分かります。上面表皮の表面側の細胞壁にはクチクラ層が発達しています。クチクラ層は細胞壁にクチンが厚く沈着し、そこに蠟（ワックス）が浸透したものです。強い光や紫外線に対する防御や気孔以外の部分から水が失われるのを防いでいます。下面表皮には気孔が見られます。上面表皮と下面表皮に挟まれた葉肉には2種類の柔組織が見られます。**柵状組織**では、細長い細胞が密に並んでいます。柵状組織には葉の葉緑体の82%が含まれています。**海綿状組織**の細胞は不規則に並んでいて細胞間隙（空気間隙）が見られます。この空間を二酸化炭素と酸素が循環しています。柵状組織は光合成によるエネルギー生産、海綿状組織ではガス交換の場として、2つの組織は機能的に分化しています。

ツバキは、ヤブツバキを原種にたくさんの園芸品種が作られ、庭や公園で私たちを楽しませてくれます。葉には照りと光沢があります。これは葉の表面に蠟（ワックス）が混ざっているからです。ツバキの葉は切片作成が容易で、双子葉植物の典型的な葉の構造を観察することが出来ます。

*ツバキの葉を採集する際はチャドクガに注意！4～10月位までに年2回発生します。刺されてもイラガの幼虫のような激しい痛みはないものの長い間痒みに悩まされることとなります。葉を採る前にチャドクガがいないか必ず確認しましょう。

ツバキの葉の横断面の観察手順

1. ツバキの葉を採集します。良く生長した元気で大きな葉を選んで採集します。
2. 葉の裏を返し、太い葉脈をさけて、葉身の部分を幅5mm程に切って短冊をつくります。
3. この短冊を4枚重ね親指と人差し指ではさみ、カミソリ刃を手前に引きながら薄い切片を作ります。
4. 作った切片は、カミソリ刃ごと水を入れたシャーレの中に入れます。
5. たくさんの切片の中から、もっとも薄い切片を選び出し、面相筆で拾い上げてスライドグラスに乗せます。
6. カバーガラスをかけ、検鏡します。4倍または10倍の対物レンズで良く切れた切片を探し、40倍で観察します。
7. 手元にある図の中からツバキの葉の横断面を探し、顕微鏡を見ながら、図の細胞に葉緑体を書き入れます。

*葉緑体の形、大きさ、一個の細胞当たりの数に注意します。

8. 図に上面表皮、柵状組織、海綿状組織、シュウ酸カルシウムの結晶、孔辺細胞、下面表皮、細胞間隙という用語を書き入れます。

センニンソウの茎の維管束の観察

植物の茎は、表皮組織系、維管束組織系、基本組織系（柔組織（髄）や機械組織）で構成されています。センニンソウの茎を横断すると、表皮から内側に向かって、表皮、板状肥厚組織、厚壁組織、師部、形成層、木部、柔組織（髄）が観察出来ます。板状肥厚組織は細胞壁の側面が肥厚した厚角細胞が集まったものです。厚壁組織は、細胞壁が遠心的に肥厚し、各細胞間の細胞壁には壁孔が見られます。師部と木部の間には形成層が見られます。形成層では細胞分裂が活発に行われています。

センニンソウは山野で普通に見られるつる性植物で、夏に白い花をたくさん咲かせます。人気の園芸植物であるクレマチスに近い仲間です。センニンソウの茎は、双子葉植物の典型的な茎の構造が観察出来ます。

センニンソウの茎の横断面の観察手順

1. センニンソウ又はクレマチスの茎をハサミで切り、水を入れた花瓶又はビーカーにさします。
2. 程良く生長したみずみずしく張りのある場所を選び、2 cm 程切り取ります。カミソリの葉の通らないような硬い場所や葉や枝が出ている節を選んではいけません。
3. 切り取った茎を親指と人差し指ではさみ、茎に垂直にカミソリ刃を入れて切片を作ります。
4. 作った切片は、カミソリ刃ごと水を入れたシャーレの中に入れます。
5. たくさんの切片の中から、もっとも薄い切片を選び出して、面相筆で拾い上げてスライドグラスに乗せます。
6. カバーグラスをかけ、検鏡します。4 倍または 10 倍の対物レンズで良く切れた切片を探し、中心柱を観察します。
7. 対物レンズを 40 倍にし、手元にある図の中からセンニンソウの茎の維管束を描いたものを探し、顕微鏡を見ながら、師部を黄色、木部を赤の色鉛筆で塗ります。
8. 図に表皮、板状肥厚組織、厚壁組織、柔組織、師部、師管、伴細胞、形成層、木部、道管という用語を書き入れます。

*センニンソウの代わりを探して

センニンソウの茎は切片を作りやすい上に、典型的な組織を観察出来ることから、優秀な教材として古くから観察に用いられてきました。決して珍しい植物ではないのですが、山野草なので知っている人でないと採集は難しいかもしれません。センニンソウに近い仲間（センニンソウ属）で代用出来ないか、ハンショウヅル、ボタンヅルと園芸店で鑑賞用に売られているクレマチスについて切片を作ってみたところ、以下のような結果となりました。

	師部	木部	形成層	厚角細胞	厚壁組織
センニンソウ	○	○	○	○	○
クレマチス (園芸種)	○	○	○	○	△
ボタンヅル	○	○	○	△	○
ハンショウヅル	○	○	○	△	△

4種はいずれも師部、木部、形成層の観察には問題無いと考えられます。ハンショウヅルは、厚壁組織と厚角組織との境界があいまいで分かりづらく、センニンソウと比べてやや観察が難解でした。ボタンヅルは厚角組織が板状と角隅のどちらともつかないという点を除けば、センニンソウとほぼ等しい断面を観察出来ました。クレマチスは、センニンソウに近いものの、厚角組織はセンニンソウほど発達していませんでした。真正中心柱や維管束だけを観察したい場合は、4種のどれを用いても観察に支障はないようです。厚角組織と厚壁組織について比較すると、やはりセンニンソウが最も優秀な教材と考えられます。4種の内、最も観察しづらかったのはハンショウヅルでした。ボタンヅルは採集が難しいかもしれませんが、概ねセンニンソウと同様な切片を観察出来ます。野外でセンニンソウあるいはボタンヅルが採集出来なかった場合は、園芸店で売られているクレマチスで代用することも可能なようです。クレマチスの園芸品種は様々なので、よりセンニンソウに近い品種を見つけて教材化すれば、センニンソウの入手が難しい地域の先生方でも植物組織の観察が容易になるでしょう。今後の課題です。

ニオイイリスの根の横断面の観察

植物の根で見られる組織は、基本的に茎と一緒にありますが、維管束の配置が異なっています。また、葉と茎では分からなかった**内皮**ははっきりと観察出来ます。内皮が根でしか観察出来ないのは、内皮には根毛から吸収された水や無機物を選択的に維管束に送る役割があるからです。例えば、光合成を阻害するような薬品を根に与えても光合成にはほとんど影響がありません。これは内皮によって根から吸い上げる物質が制御されているからです。内皮の内側の維管束組織は、中心部に木部があり、師部は木部の間に交互に配列しています。これを**放射維管束**又は**放射中心柱**といいます。全ての維管束植物の根は放射維管束です。

アヤメにはたくさんの種類があります。5～6月頃、各地のあやめ園を訪ねてみましょう。カキツバタ、ハナショウブ、イチハツ、シャガ、ドイツアヤメ (ジャーマンアイリス)、ニオイイリスなど、様々なアヤメの仲間を見ることが出来るでしょう。ニオイイリスはドイツアヤメの変種で、名前の通り花が咲くと良く香ります。アヤメの仲間の根の内皮は細胞壁が肥厚するため、はっきりと内皮を観察することが出来ます。

ニオイイリスの根の横断面の観察手順

1. ニオイイリスの根をハサミで切り、水を入れた花瓶又はビーカーにさします。
2. 茎と同様の方法で切片を作ります。
3. 4倍または10倍の対物レンズで良く切れた切片を探し、中心柱を観察します。
4. 対物レンズを40倍にし、手元にある図の中からニオイイリスの根の横断面を描いたものを探し、顕微鏡を見ながら、師部を黄色、木部を赤の色鉛筆で塗ります。
5. 図に内皮、師部、導管という用語を書き入れます。

発展学習 1. ムラサキツユクサの気孔と毛

ムラサキツユクサは簡単に気孔を観察出来る材料です。表皮を薄く剥ぐと、気孔や毛が観察出来ます。一組の孔辺細胞を4個の副細胞が取り巻いています。副細胞には核がはっきりと観察出来ます。孔辺細胞に葉緑体が含まれていることを確認するのが観察のポイントです。

観察手順

1. ムラサキツユクサの葉の上面又は下面の薄皮を剥き、スライドガラスに乗せます。
*ムラサキツユクサの葉は上面下面両方に気孔があります。
2. ピンセットで水を運び、カバーガラスを掛けて検鏡します。
3. 気孔をスケッチします。
4. 対物レンズを40倍にし、孔辺細胞には葉緑体を書き入れます。
5. 描いたスケッチに倍率とスケールを記入します。
6. 描いたスケッチに気孔、孔辺細胞、葉緑体、副細胞という用語を書き入れます。

発展学習 2. ススキの維管束

典型的な単子葉植物であるススキの茎の横断切片を作り、センニンソウと比較しましょう。中心柱と維管束の配列の違いを観察します。また、維管束では師部繊維と木部繊維という厚壁細胞が細長く伸びた厚壁組織が観察出来ます。

観察手順

1. 茎の切片を作り、検鏡します。
*良く生長した茎を切らないと、典型的な中心柱は観察出来ません。ただし、良く生長したススキの茎は硬く、マイクローム（切片を作るための機械）を使わねば切れないことがあります。カミソリで切る場合は、なるべく柔らかい場所を選び、必ず片刃のカミソリを使いましょう。

2. 4 倍または 10 倍の対物レンズで良く切れた切片を探し、中心柱を確認します。
3. 対物レンズを 40 倍にし、維管束をスケッチします。
4. 描いたスケッチに倍率とスケールを記入します。
5. 描いたスケッチに師部、師管、師部繊維、伴細胞、木部、道管（孔紋道管、環紋道管、螺旋紋道管）、木部繊維、柔組織という用語を書き入れます。

発展学習 3. ツバキの葉の維管束

茎の維管束は、師部が表皮側で木部は内側（髄側）に配列していましたが、葉ではどうでしょうか。ツバキの葉の主脈の部分の切片を作って観察してみましょう。

観察手順

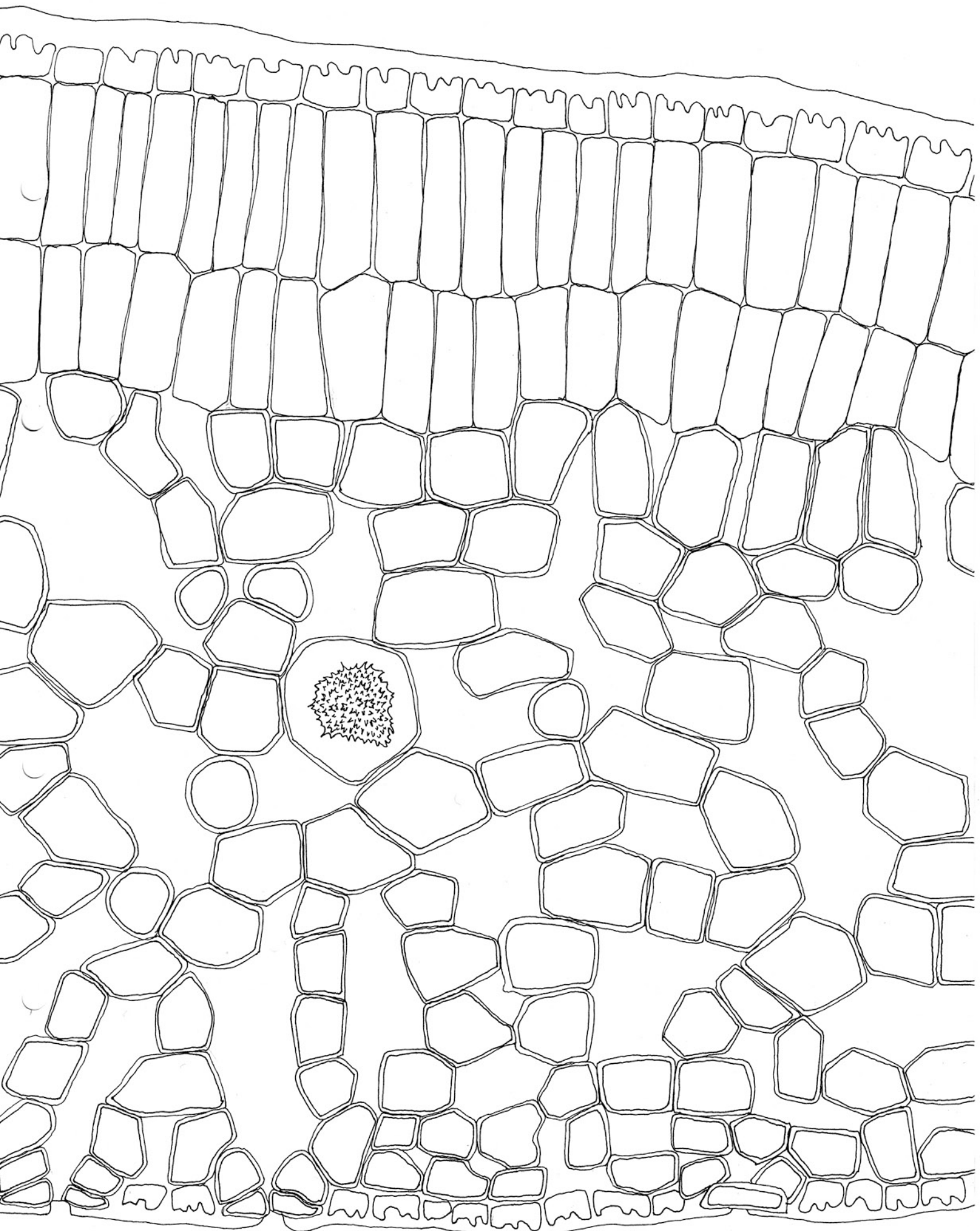
1. ツバキの葉の主脈部分の切片を作り、検鏡します。
2. 師部と木部が葉の上面表皮側と下面表皮側のどちら側にあるかを確認します。

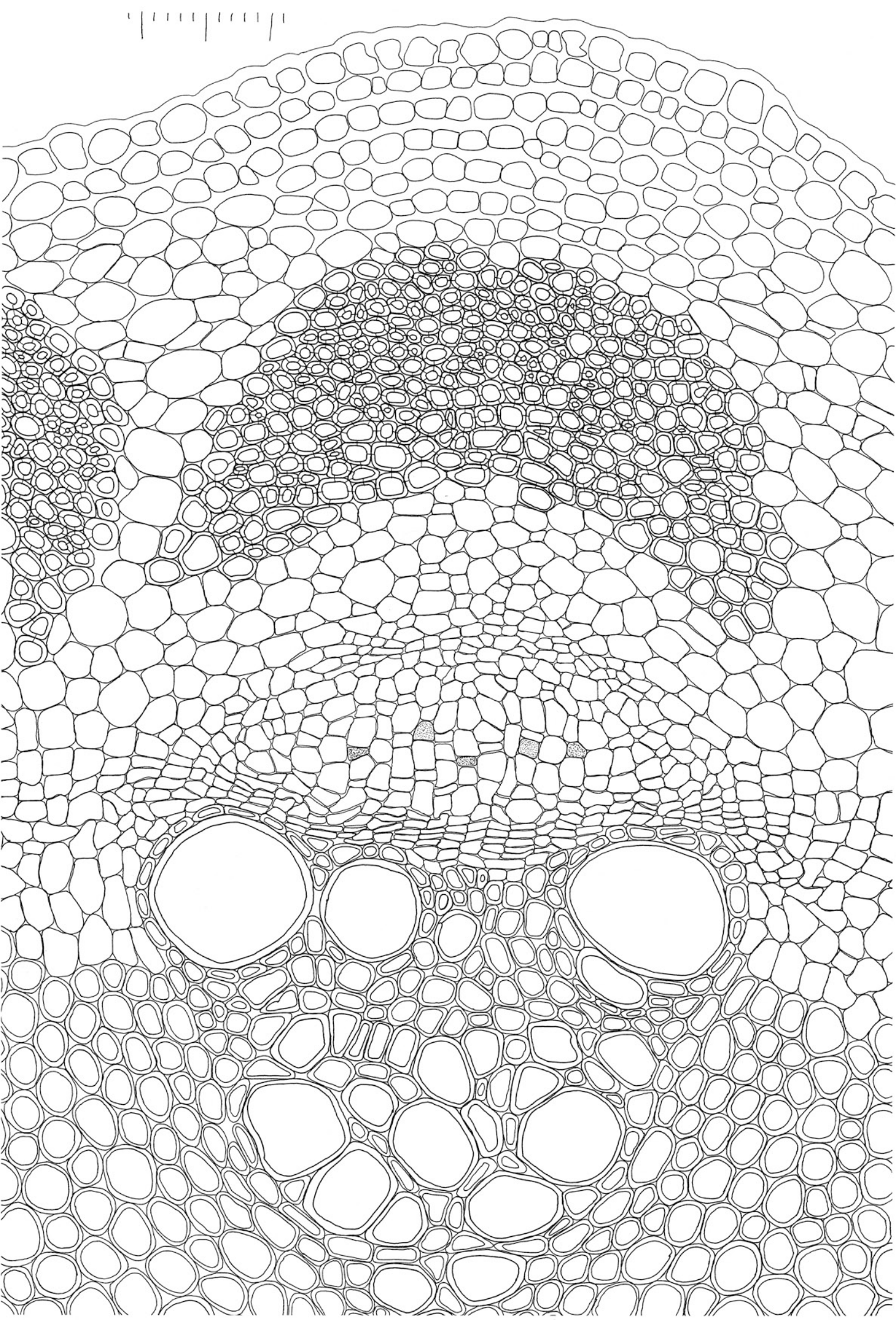
おわりに

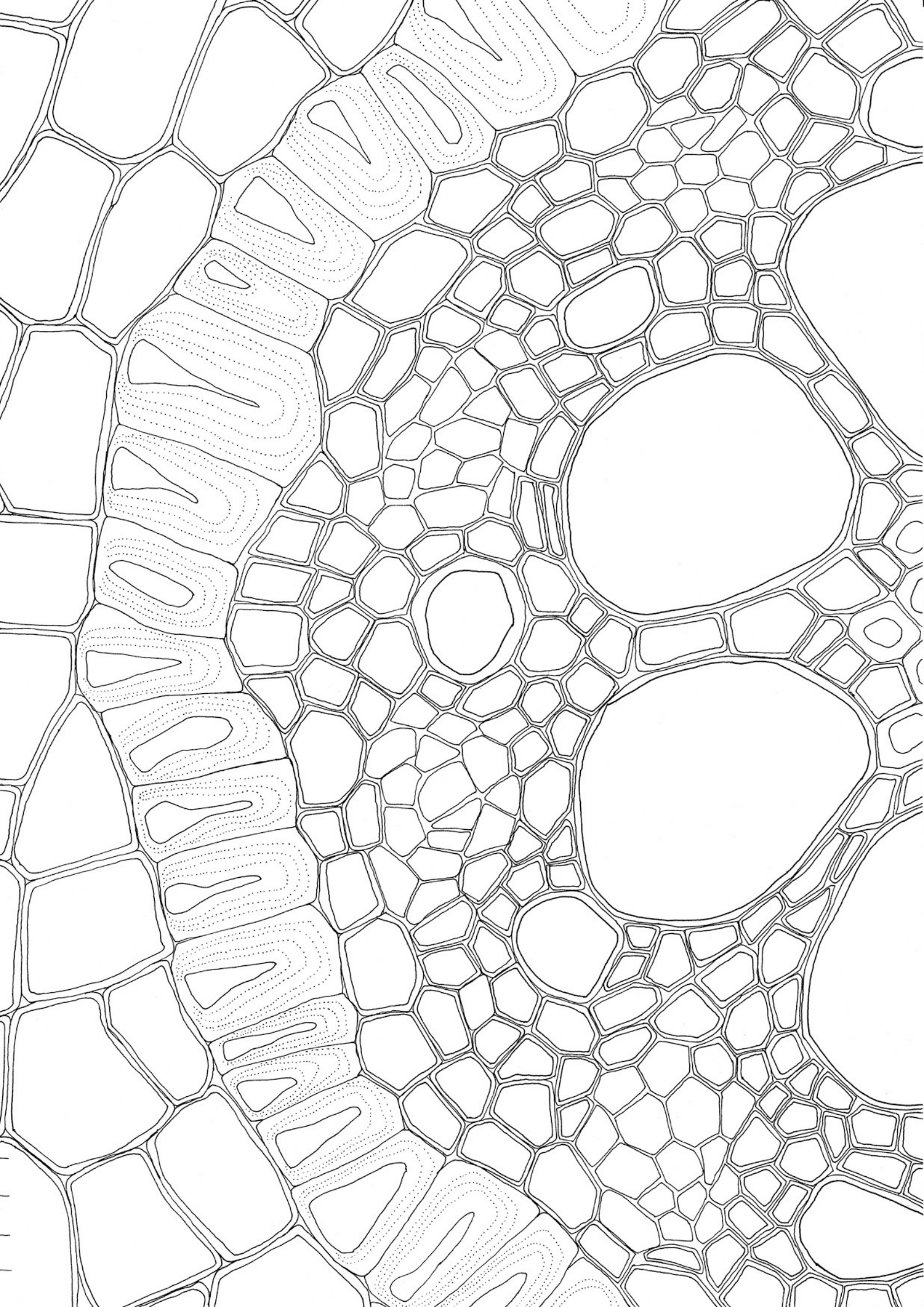
植物の体は、私たち動物と同じように様々な組織が発達し、根茎葉という器官を構成しています。その組織や細胞は多様で、本実習で観察したもの以外にも様々な形態をした組織があります。もちろん、種類によっても根茎葉の横断面は異なります。それぞれの組織が観察しやすいものもあれば、極めて分かりづらいものもあります。切片の作りやすいものと難しいものもあるでしょう。興味のある人は、身近な植物について幅広く観察しましょう。たくさん面白い発見があるはずですが、ただし、教材となると話は別です。これまでの実習でも述べてきましたが、児童生徒に教えるためには、材料の確保と観察が簡単なことが不可欠です。本実習では、考え得る限り最も観察が簡単で、かつ典型的な組織を観察出来るものを探しましたが、やはり欠点があります。ツバキとニオイイリスに関しては通年採集可能ですが、センニンソウとムラサキツユクサは生育時期が 5 月頃～11 月頃と限られています。また、ムラサキツユクサとススキは空き地を幾つか探せば見つかりますが、センニンソウを見つけるには多少経験が必要です。これらの欠点を補える教材を探しているところです。

課題 1. 各横断切片図に書き入れた用語について調べ、ノートにまとめましょう。レポートの「結果と考察」として書いても構いません。

課題 2. ノートにセンニンソウとススキの茎の中心柱、ニオイイリスの根の中心柱の模式図を描きましょう。それぞれ何という中心柱か、その理由も書きましょう。また、センニンソウとススキの茎の維管束は、それぞれ開放維管束と閉鎖維管束のどちらでしょうか。その理由も書きましょう。







ヤブツバキの葉の横断面

ヤブツバキの葉の横断面 2005年12月20日

クチクラ層
上面表皮

柵状組織

木部

篩部

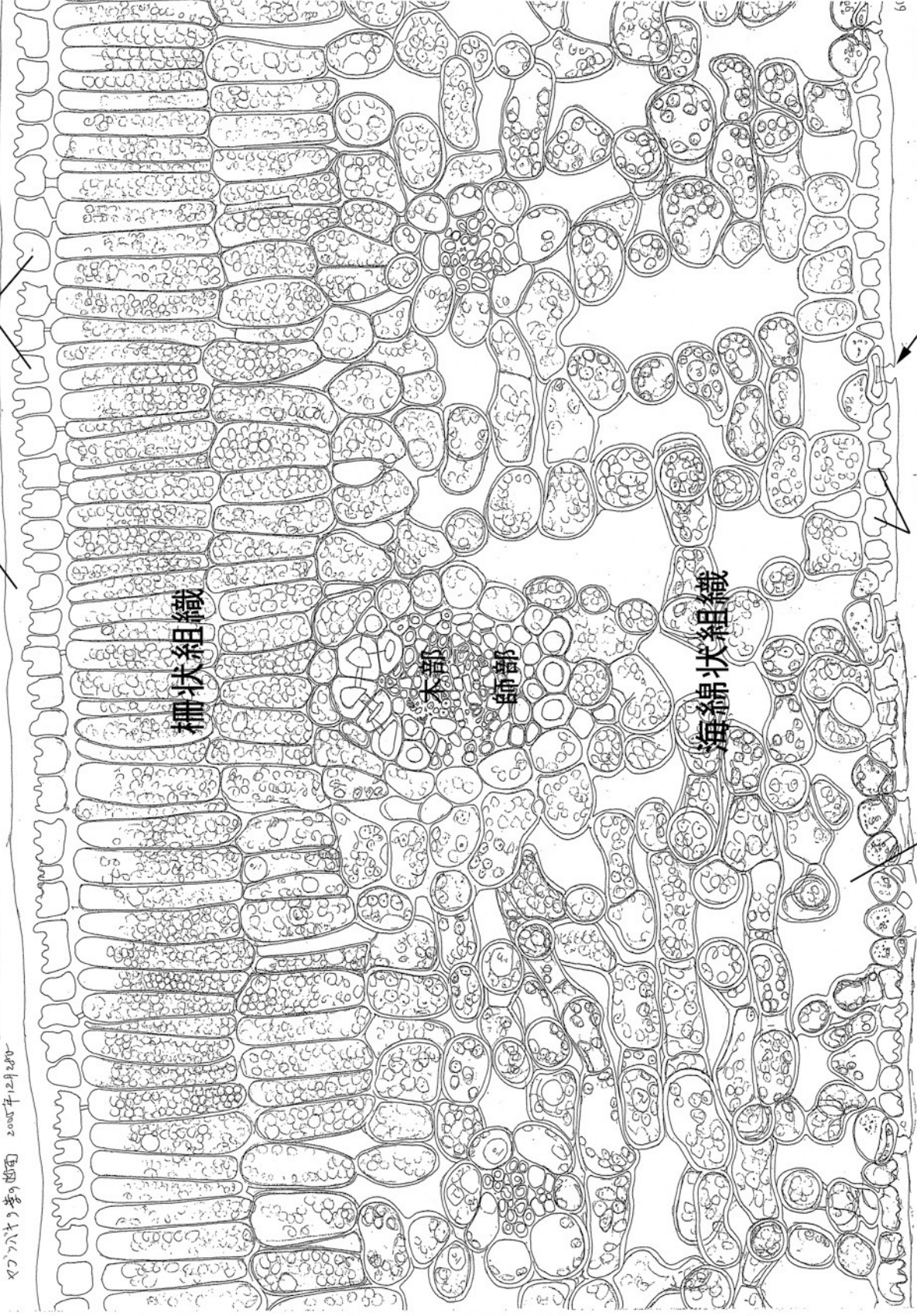
海綿状組織

細胞間隙

下面表皮

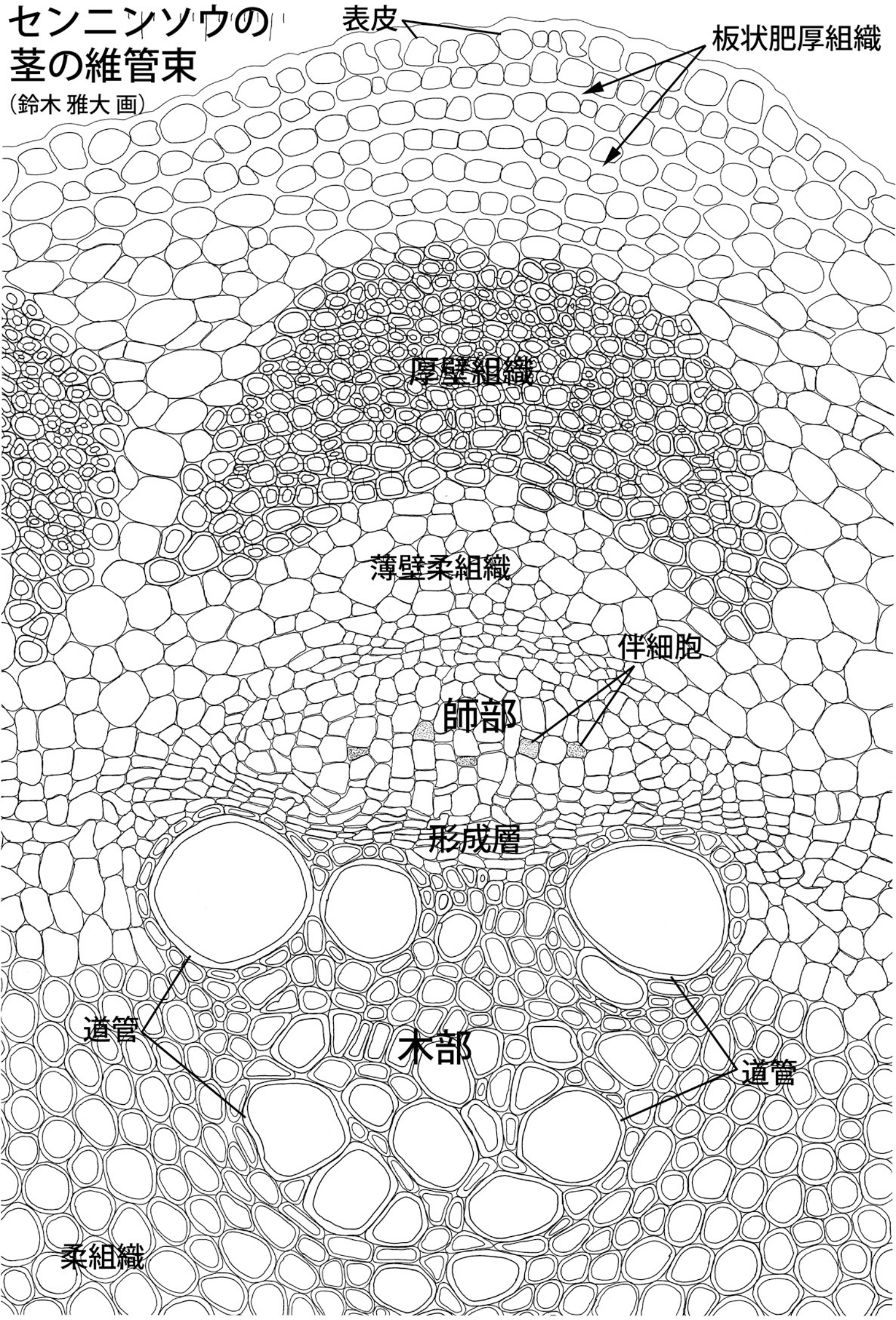
気孔

(吉崎 誠 画)



センニンソウの 茎の維管束

(鈴木 雅大 画)



表皮

板状肥厚組織

厚壁組織

薄壁柔組織

伴細胞

師部

形成層

道管

木部

道管

柔組織

ニオイイリスの根の
内皮と維管束

(鈴木雅大画)

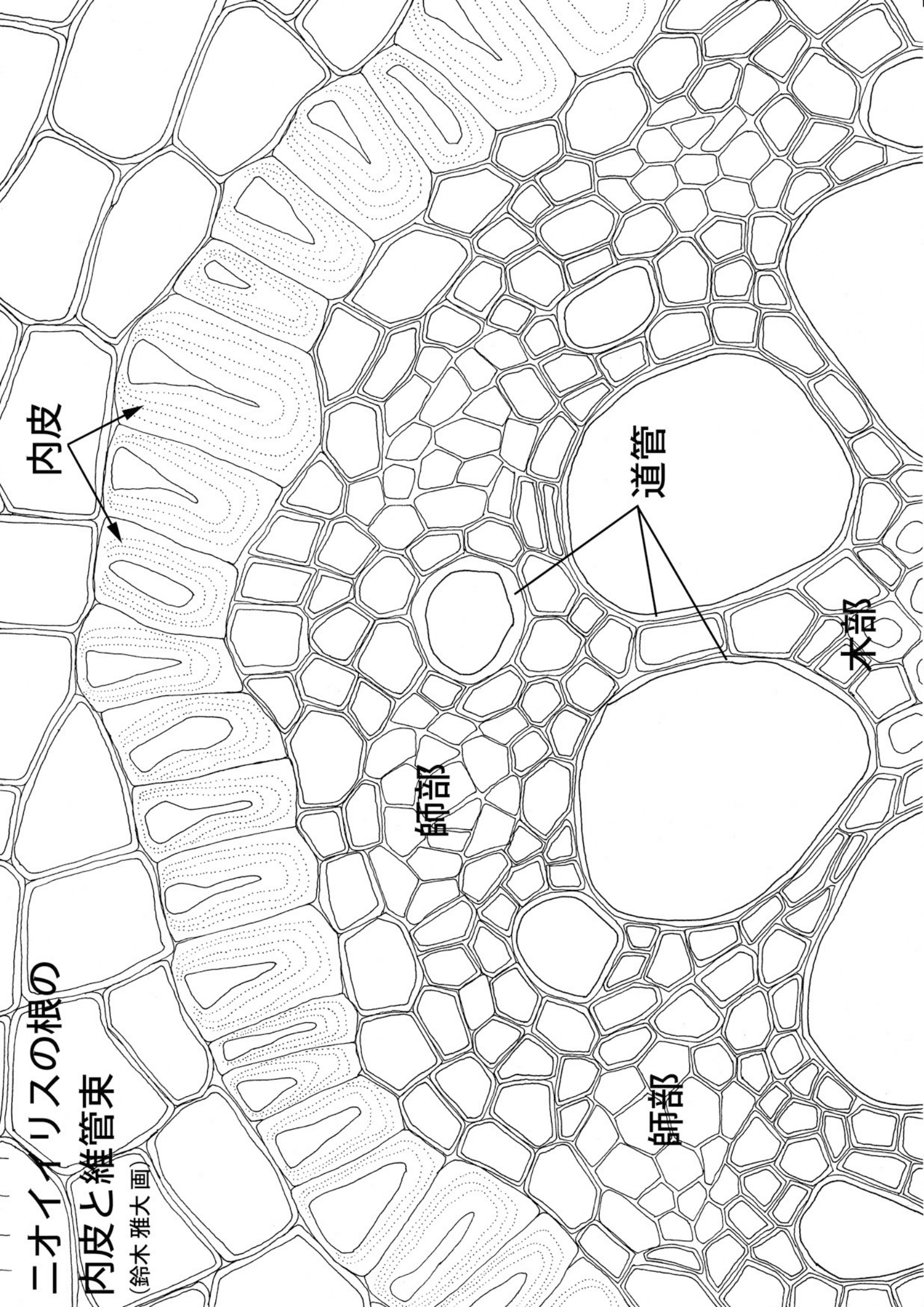
内皮

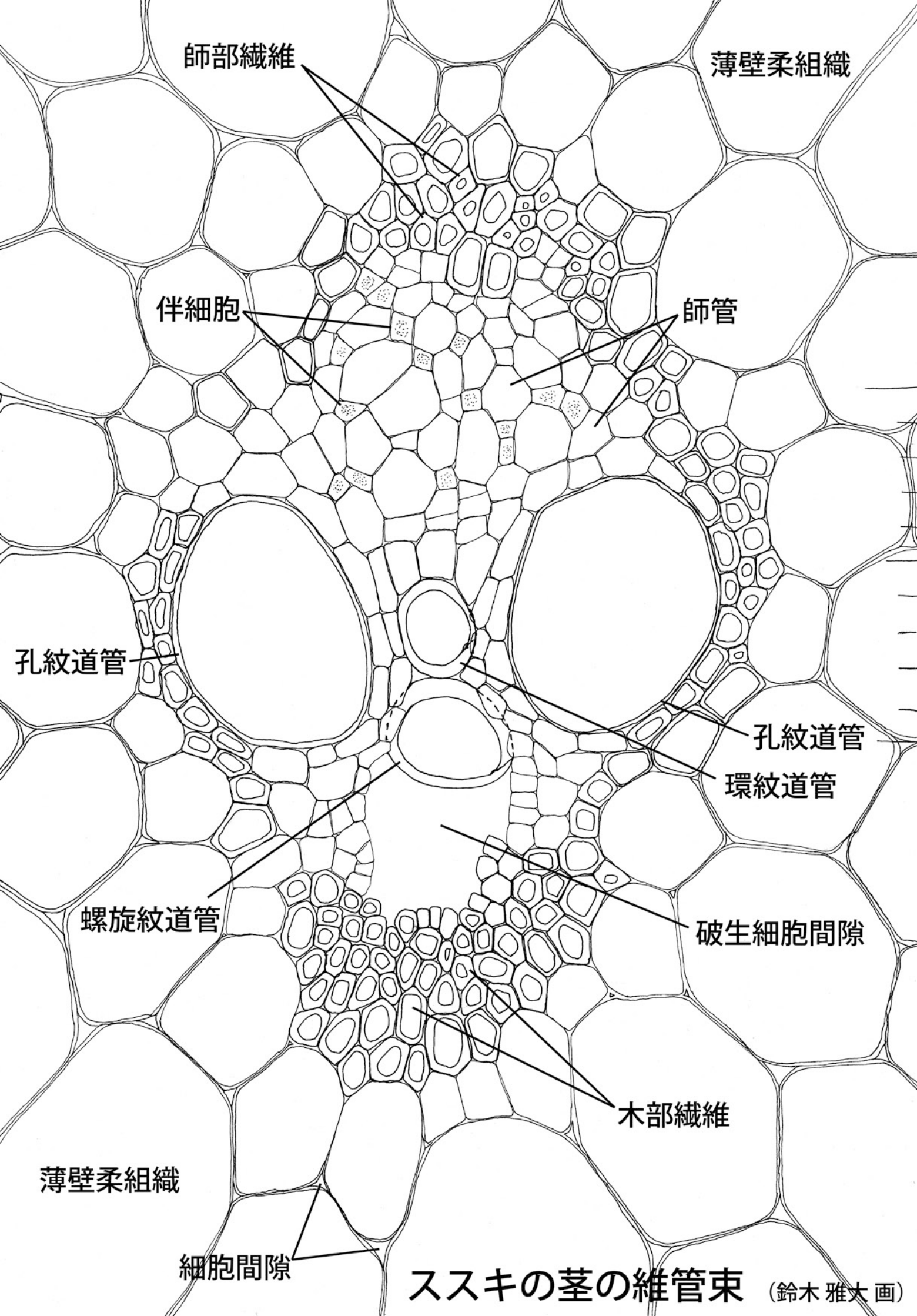
師部

道管

師部

木部





師部繊維

薄壁柔組織

伴細胞

師管

孔紋道管

孔紋道管

環紋道管

螺旋紋道管

破生細胞間隙

木部繊維

薄壁柔組織

細胞間隙

ススキの茎の維管束 (鈴木雅大画)