

第6回 茎と根の構造

今回の目標	単子葉植物と双子葉植物の茎の断面構造の違いをスケッチによって把握する。 茎と根の断面構造の違い，特に中心柱の違いを把握する。 水中に育つ植物の根の違いを観察し，環境にどう適応しているかを考える。
今回の提出物	茎と根を少なくとも2種以上についてスケッチ（1枚）する。

実験材料

イグサ *Juncus effusus* L. var *decipiens* Buchen

トウモロコシ *Zea mays* L.

サツマイモ *Ipomoea batatas* L.

インゲンマメ *Phaseolus vulgaris* L.

ハウセンカ *Impatiens balsamina* L.

観察方法

茎と根それぞれについて徒手切片法によって横断切片を作り，光学顕微鏡で観察する．イグサの茎がもっとも観察しやすい．イグサの茎，イグサの根の順にまず観察する．その後，単子葉植物のトウモロコシ，双子葉植物のインゲンマメ，ハウセンカ，サツマイモから1つを選び，茎と根の横断切片の観察をする．茎と根を同じ種で観察しなくてもよい．根はインゲンマメ，茎はハウセンカの方が調査しやすいかもしれない．インゲンマメの芽生えの根は観察しやすいが，根と胚軸を間違わないこと．子葉に近い部分は茎であり，胚軸という特別の名前で呼ばれる．イグサの茎はなるべく真ん中より先の切片を作ること．基部に近いと葉鞘の切片を作る．根は分枝しているところを切片にすると，分枝がじゃまになり，観察しにくい．

スケッチに記入する事柄

各材料について精密図と半模式図をかき，マイクロメーターでスケール（50～100 μm）を入れる．先に半模式図を書き，図3，5，14を参考にして塗り分ける．表皮を黄色，皮層を緑，内皮を赤，木部を青，師部をオレンジ色，形成層を紫色，中心柱（髄と維管束）を黄緑色に塗り分ける．半模式図は作成した切片全体をかく．次に精密図を書く．精密図は切片のうち，代表的な一部分だけをスケッチしたものでよい．スケッチには和名・学名・器官名を入れ，半模式図には組織名を，精密図には細胞名を入れる．

余白にイグサの生育している環境に注意しながら，特に根を中心に組織の特徴を書く．さらに単子葉植物と双子葉植物の茎と根の違いをまとめた表（配布したプリント）を完成させ，スケッチと一緒に提出する．イグサの切片（根，茎とも）についてはデジタルカメラで顕微鏡写真を撮影する．

観察のポイント

茎と根の断面構造の違いは何か．その違いは茎と根の機能の差からどう説明できるか．

単子葉植物と双子葉植物の茎と根の構造の違いはどこか．

水田に生育するイグサの根と畑に生育するそれ以外の作物の根の違いはどこか．それは生育環境とどう関係しているか．

解説

茎と根の構造

茎や根は花や葉に比べると変異が少ない器官である．特に根の変異は分類学的なものより環境（特に土壌環境）や生態（一年生か多年生か，栄養繁殖かなど）によるものの方が目立つ．中心柱の形態は茎と根で異なる．塊茎と塊根あるいは地下茎とふつうの根の違いはそこにも反映される．

1. 茎の機能と構造

茎は植物体の中軸を構成する基本的な栄養器官であり、地上部諸器官(葉や花)を空中に保持し、これに養水分を供給することを主要な機能としている。このために軸方向に長く伸長するとともに機械的強度を確保し、養水分の通導が円滑に進行するように形態的ならびに組織的に分化している。

茎頂(生長点, 茎頂分裂組織)(図1)

茎の形成は芽の茎頂から始まる。茎頂の範囲はもっとも若い葉原基より先端の部分と規定する。

断面構造(図2~3)

A. 表皮 葉の表皮細胞に類似している。気孔やクチクラなどの発達することがある。特に茎が活発に光合成する種(例: イグサ)では顕著である。

B. 皮層 光合成や貯蔵を行う。明瞭に分化しないこともある。

C. 内皮 茎ではあまり発達しない。

D. 中心柱(図4) 維管束とその周辺の組織(髄)をまとめて中心柱と呼ぶ。双子葉植物ではふつう形成層をともなう開放維管束を環状に配列する。形成層の分裂による二次成長で双子葉植物の茎は肥大する。木部と師部が形成層をはさんで並立する真正中心柱を形成する。単子葉植物には形成層はなく、よく発達した円筒状の厚壁組織ができ、その中に維管束が通る場合と個々の維管束に厚壁組織鞘のできる場合とがある。木部と師部の並立した維管束が散在する不斉中心柱を形成する。

髄は細胞壁に単純な丸い膜孔のある柔細胞からなる。細胞壁は薄く、主としてセルロースからなり、リグニンで肥厚していることもある。

双子葉植物では形成層の発達にともない、中心柱は図5のA B C Dの順に発達し、茎が二次肥大して太さを増す。単子葉植物では形成層を欠くので茎は二次肥大しない。

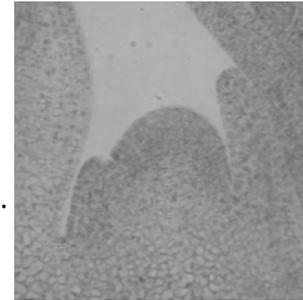


図1 イネの茎頂

図2 茎の維管束の構造

図3 双子葉植物の茎の組織の大別

図4 中心柱の諸型模式図。

- 1: 原生中心柱, 2: 管状中心柱,
- 3: 真正中心柱(裸子植物と双子葉植物に一般的な型),
- 4: 不斉中心柱(単子葉植物に一般的な型)

図5 形成層の発達と活動を示す模式図
A～D：茎，E～H：根

図6 ダイズの茎(2次生長し成熟した節間)の横断面
ca：形成層，co：皮層，e：表皮，pi：髓，
px：原生木部，sp：後生木部

2. 根の機能と構造(図7)

作物栽培でなされる耕耘・施肥・水管理などの作業は主として根圏に対する働きである。根はこのように栽培管理の影響をまず直接受ける。根は主として地下に存在する器官であり，地上部を機械的に支持するとともに土壤中から養水分を吸収し，地上部に供給することを主要な役割としている。物質の貯蔵および植物生長調節物質(アブシジン酸,サイトカイニン)の合成の場でもある。

根冠

根端分裂組織(生長点)の保護鞘である。厚さ約1μmの粘液に覆われて，根の土中への貫入を助ける。外側の細胞の崩壊につれ，内側からつねに新しい細胞が供給される。

生長点および分裂帯(根端分裂組織)(図8)

表皮・根毛(図9)

表皮は1層の細胞からなり，薄い粘質の薄層で覆われている。表皮細胞は根毛を伸長させる。根毛の構造は2層の壁からなり，外層は多少ゼラチン状で土粒によくくっつき，内層はきわめて緻密な微繊維の網状構造からなる。先端は丸く，原形質も多く，核もここにある。根毛は他の表皮細胞に比べて強い酸化作用を有する。根毛の発達した部位である成熟帯では吸水が活発に行われている。

皮層

A. 外皮および厚壁細胞

図7 根の内部構造(模式図)

図8 イネの根端分裂組織

水稻の場合、表皮直下の1層を外皮と呼ぶ。根の成熟にともない、表皮が剥落し、この層が外皮となる。外皮の内側の層を厚壁細胞という。リグニン化し強固である。

B．皮層

根の周りを取り巻く溶液は皮層を満たしている。皮層中の養水分は内皮を通過して根の導管に輸送される。水稻などの沼沢植物では皮層に通気系である破生細胞間隙が発達する。

C．内皮

根では茎と異なり、内皮が発達する。内皮の細胞にはカスパー線（casparian strip）という細胞壁の部分的肥厚が細胞の接線面を除いて放射面と上下の面に鉢巻き上に存在する。カスパー線はワックス様物質からなり、水や荷電したイオンの拡散を妨げ、植物体中の無機養分がさらに移動するのを防ぐ隔壁である。細胞膜がこれに固着しているので原形質分離が起こっても離れず、吸収された物質は内皮を通過する際に必ずそこで半透膜の調節作用を受けることとなる。吸水のもっとも盛んな部分は成熟したカスパー線を有する内皮細胞の分布範囲で、このレベルではすでに木部導管が成熟している。

中心柱

根の中心柱は単子葉植物、双子葉植物いずれも放射中心柱という形式をとる（図10～12）。双子葉植物では根の形成層による二次肥大にともない、師部が外側に追い出されるので、最終的には茎と似た形の中心柱になる。茎と違い、双子葉植物の二次肥大した根でも木部と師部は中心に対して交互に並ぶように配列する（図5E～H）。単子葉植物では根も茎と同様に形成層を欠き、二次肥大しない。



図12 イグサの根の中心柱

根の通気組織の発達

イネやイグサのよ

うに水中で生育する植物では、根が十分な酸素を水からは得られないので、地上部から空気を送り込むための通気組織が根に発達する（図13）。この根の通気組織は地上部にも連絡しているのがふつうであり、星状細胞からなるイグサの通気組織も根に空気を送るために存在する。イネでは葉鞘に破生通気組織が発達し、根へと連絡する。

図9 カボチャの根の横断面図

図10 根の維管束

図11 ネギの根の断面図

E：内皮，P：師部，X：木部



図 13 イグサ(左)とイネ(右)の通気組織の発達した根

根の中心柱型を示す模式図

根の中心柱の原生木部の数は種によってほぼ決まっている．その数に応じて二原型，三原型，四原型，五原型，多原型という(図 14)．双子葉植物では三～五原型が多く，単子葉植物では多原型が多い．ダイズは四原型である(図 15～17)．図 15～17 の順でダイズの根が肥大・成熟していく．

図 14 根の中心柱型を示す模式図

A：二原型，B：三原型，C：四原型，
D：五原型，E：多原型

図 15 ダイズの主根の先端に近い(若い)部分

rh：根毛，ep：表皮，co：皮層，end：内皮，
pec：内鞘，prox：原生木部，mx：後生木部，ph：師部

図 16 ダイズの主根の分裂組織が
ではじめている部分(中心柱部分)

cam：分裂組織，pri ph f：1 次師部繊維，co：皮層，
end：内皮，pec：内鞘，prox：原生木部，mx：後生木部

図 17 ダイズの 2 次肥大した根の内部構造

右半分はもっとも老熟して表皮，皮層の剥落した根を示す．
cam：分裂組織，pri ph：1 次師部，sec ph：2 次師部
co：内皮，coas：内皮内にできた空隙，pr x：1 次木部，
sec x：2 次木部，ray：2 次木部射出髄

イグサ *Juncus effuses* L. var *decipiens* Buchen

1. イグサの来歴と生産

イグサ科 (Juncaceae) は世界に 8 属約 300 種あり, 日本にはそのうちイグサ属 (*Juncus*) とスズメノヤリ属 (*Luzula*) の 2 属が分布し, イグサ属のみ栽培される。現在は熊本県が大きな産地である。

2. 利用と品質

イグサの原草の約 90% が畳表に使用され, 残りは花筵, ござ類に加工される。畳表に主に利用される茎は「長イ」と呼ばれる 105cm 以上の茎である。畳表はしなやかで柔らかい感触, 色調, 耐久性が大事となる。良品質のものは畳の幅を満たすのに十分な長さを持ち, 太さはやや細め (乾茎で 1.2~1.3mm) で斉一, 色沢は上下に均一で固有の色を持ち, 適度の硬さと弾力のあるものとされる。「先枯れ」は 5cm 程度みられるものがむしろ適熟とされる。

3. 形態

外観

種子から発芽した最初の茎は約 10 枚の葉を持ち, 上位葉の葉身は長く約 10cm にも達する。その後, 各葉腋からきわめて短い葉身を持つ分けつ茎 (図 18) を発生させる。このような形態になったものがふつうに栽培されているイグサの形態である。

根茎, 根, 地上茎, 通常「はかま」と呼ばれる細くて, きわめて短い葉身を持つ葉鞘とからなっている (図 18)。地上茎は第 7 節位に発達した第 7 葉である。この第 7 節の分裂組織で花芽が形成された場合には第 6 節間が伸長して

地上に押し上げられ, 第 7 節が花序節となる (図 12)。この場合の地上茎は第 7 葉と花茎の両部位からなる。花序節は折れやすく, 花序が刈り取り時の分草, 製織時のからみなどに関係するので花の多い系統は好ましくない。

内部構造

地上茎の表面は平滑で気孔がある。内部には厚壁組織, 柔組織, 最内層には星状細胞からなる通気組織がある (図 19)。柔組織には外側に小維管束, 内側に大維管束が配列される。成熟とともに維管束周辺の細胞も厚壁化して, ついには厚壁組織が連続し, 茎を強靱にする。星状細胞は管状を呈し, 茎の弾力に大きな役割を持つ (図 20)。この構造がイグサの利用上の特徴となっている。

図 18 イグサの分けつと花

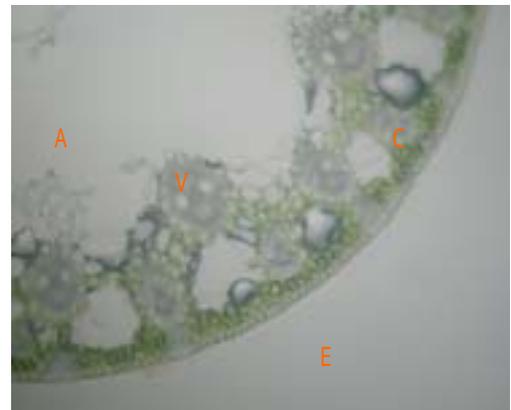


図 19 イグサの地上茎の横断面
E: 表皮, V: 維管束, C: 葉緑組織,
S: 厚壁組織, A: 通気組織

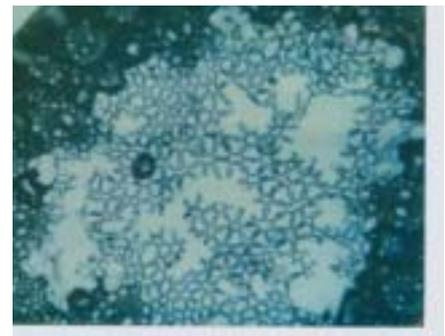


図 20 星状細胞