

2

マイクロメーターの使い方

難易度	可能時期	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	一年中	1日	30分	40分

目的と内容

光学顕微鏡観察で使用する、マイクロメーターの使い方を身に付ける。また、プレパラート作成の基本技術を確認する。

生徒達は、小学校、中学校でも顕微鏡での観察を行ってきているが、熟練度は低い。高等学校では、細胞などの大きさを測定する器具としてマイクロメーターを使用する。今後の観察、実験をスムーズに進めるためにも、各生徒がマイクロメーターに触れ、使い方に慣れるように指導する。

観察物と対物マイクロメーターのピントを同時に合わせることができないため、接眼マイクロメーターを使って間接的に対象物の大きさを測定する。練習として、オオカナダモを使って、プレパラート作成の基本技術とマイクロメーターの使い方を確認する。

既習
事項

なし

留意点

【指導面】

- ・マイクロメーターの使い方はすべての教科書で扱っている基本の技能であり、生物学的に探究する方法の習得が目標である。観察の基礎となる顕微鏡操作が未熟であることが多いため、今後の観察をスムーズに進めるためにも各生徒が顕微鏡に触れ、操作に慣れるようにすることを意識して指導する。
- ・光学顕微鏡での大きさの測定に使うマイクロメーターの使い方を身に付けることがねらいであるので、すべての手順を生徒に実習させたい。接眼マイクロメーター1目盛りを測定するものを限定したり、時間を制限したりすることで時間短縮が可能である。

-
- ・大きさを測定できることが、大きさの比較や速度の測定などの基本となるため、生徒自身がマイクロメーターを使えることの大切さを感じ、主体的に観察に取り組むように指導する。例えば、大きさが異なるA・B・Cの顕微鏡写真を見せ、実物はどれが大きいか考えさせて、画像だけでは大きさは分からないことに気付かせる。
 - ・直接、長さを測ることが難しい場合どうするかなど、生徒自身に考えさせ、マイクロメーターの原理を理解できるように指導する。例えば、机の大きさを定規以外のものを使って生徒に長さを測らせ、そのものの長さが分かれば、机の大きさが測定できることに気付かせる。
 - ・「マイクロメーターの表と裏の違いは何か」「数字が書かれているのはどちらのマイクロメーターか」「どうして直接ではなく、接眼マイクロメーターで測定するのか」「どうして接眼マイクロメーター1目盛りの長さが求められるのか」「プレパラートはどんな方法でつくるか」「観察しやすいプレパラートはどのようなものか」「空気を入れないようにするためにどうすればよいか」など、注目すべき点を生徒が意識するように指導する。
 - ・「適切に顕微鏡を扱っているか」「正しく接眼マイクロメーターを設置しているか」「目盛りの向きをしっかりと合わせているか」「目盛りを正しく読み取っているか」「接眼マイクロメーター1目盛りの長さを正しく求めているか」「プレパラートを正しく作成しているか」「観察物の大きさを求めているか」などの観察にかかわる操作ができているか、プリントやレポートなどに過程や結果の記録、整理をしているかなどを机間巡視して適宜指導する。

【安全面】

- ・顕微鏡の基本操作に従って、正しく扱うように注意を促す。
- ・ガラスは水中で見えなくなるので、洗う際にはカバーガラスなどでケガをしないように注意を促す。
- ・破損ガラス入れを用意し、カバーガラスを割った場合、むやみに触らせず速やかに片付ける。

【その他】

- ・マイクロメーターや顕微鏡のレンズに指紋や汚れなどが付かないように取り扱いに注意させる。
- ・スライドガラスやカバーガラスに指紋や汚れなどが付かないように取り扱いに注意させる。
- ・可能な限り、少人数の班を構成し、一人一人の生徒が顕微鏡操作に熟練できるようにする。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 器具の在庫確認
- 実験室の備品確認

～前日

- オオカナダモの入手
- 実験プリント作成・印刷

当日

- オオカナダモの小分け
- 器具・教材・薬品の分配

☆教材の入手方法

・オオカナダモ (またはコカナダモ) の入手方法

ペットショップ等で購入する。「アナカリス」の名前で売られている。実験室に置いている高校が多いので、近隣の高校から分けてもらってもよい。 1束 150円前後



オオカナダモ

教材の情報

・オオカナダモ

オオカナダモの葉の細胞は2層になっており、そのままプレパラートが作れるため、とても観察しやすい。表側の細胞はやや大きく、裏側の細胞は細長く小さい。

被子植物門トチカガミ科の沈水植物 ($2n=46$)

南アメリカ原産。葉は濃緑色で、よじれは少なくやわらかく折れにくく、輪生葉の数は3～6枚である。安価で入手しやすく、悪環境でも成長する。近縁種としてコカナダモ ($2n=52$) があり、これは輪生葉が3枚でねじれていることが多い。

※両種とも外来生物法の「要注外来生物」に指定されているため、野外への逸出に十分留意する。



オオカナダモ

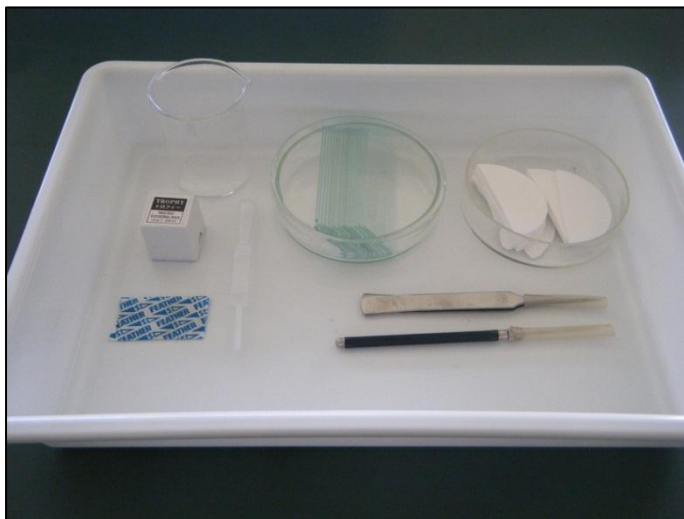
準備

当日のセット

☆生徒用	
□光学顕微鏡	1台
□接眼マイクロメーター	1つ
□対物マイクロメーター	1つ
□スライドガラス	10枚程度
□カバーガラス	1箱
□光源装置	1台
□先尖ピンセット	1つ
□柄付き針	1つ
□スポイト	1つ
□50mL ビーカー	1つ
□カミソリ	1つ
□ろ紙（2つまたは4つ切り）	数枚
□オオカナダモ	1輪生葉

★教員用

□生徒用と同じもの 1組



準備に必要な用具

- ・はさみ
- ・9 cm ペトリ皿
- ・ピンセット
- ・小分け用容器



光源、容器などは代わりになるものを工夫してかまわない。

サポート資料の見方

顕微鏡の使い方

生物の特徴

遺伝子とDNA

生物の体内環境の維持

生物の多様性と生態系

巻末資料

①前日まで

オオカナダモ、ろ紙を用意する。

ろ紙はペトリ皿に入る大きさに2つまたは4つ切りにする。

②当日

オオカナダモは、ピンセットなどで輪生葉の間の茎を折り小分けする。小さなペトリ皿などの容器に水とともに入れ、乾燥させないように注意する。器具・教材・薬品を分配してセットを用意する。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入

- ・直接，長さを測ることが難しい場合どうするか 答) 別の用具を使って間接的に測定する
- ・細胞の大きさを知るにはどうすればよいか 答) 直接測定することができないため，マイクロメーターを使って間接的に測定する

・既習事項の確認

□目的を理解させる

□観察，実験

- ・手順の指導
- ・生徒へのアドバイス
- ・安全面の注意
- ・マイクロメーターの使い方を確認する（本実験）

□結果のまとめ，考察

- ・観察からわかったこと

□後片付けの指示

手順


時間のめど（およそ 40 分）

※詳しい手順は付録「02 マイクロメーターの使い方.pptx」「02 プレパラートの作成.pptx」を参照

① マイクロメーターの種類，原理，基本操作（10分）

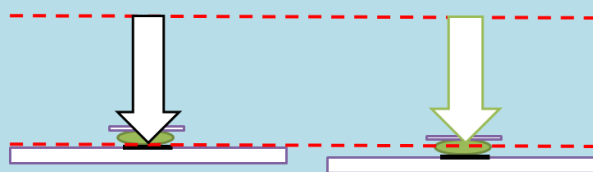
マイクロメーターの種類，原理を確認する。対物マイクロメーターを，ステージに載せ低倍率でピントを合わせる。レボルバーを回し，高倍率に変えて対物マイクロメーターの見え方の違いを確認する。

接眼マイクロメーターを接眼レンズの中に入れる。対物マイクロメーターを外してから低倍率と高倍率でのぞき，目盛りの見え方に変化がないことを確認する。

再度，対物マイクロメーターをステージに載せ低倍率でピントを合わせる。接眼レンズを回して対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りを平行にする。 →状態 1～状態 4（p. 30）

マイクロメーターの原理

対物マイクロメーターの目盛りと試料の両方同時には焦点が合わないため，直接使用できない。



顕微鏡は，焦点が合う距離がほぼ一定になっている。そのため，位置の変わらない接眼マイクロメーターに置き換えて長さを測定する。生徒はマイクロメーターに馴染みがないので，実物を使いながら確認する。

対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りを平行にする際，接眼レンズを回すことを周知させる。

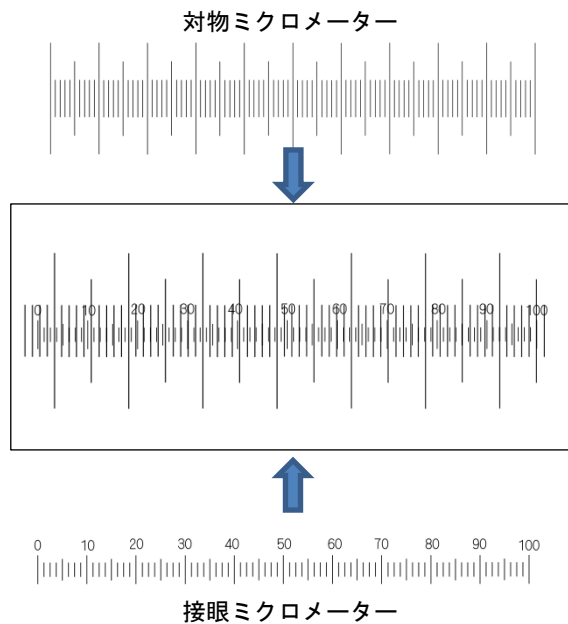
② 接眼マイクロメーター1目盛りの測定 (15分)

対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛り的一致した2点のそれぞれの目盛りを読み取り、接眼マイクロメーター1目盛りの長さを計算する。他の倍率についても同様に計算する。



大事 2点間のそれぞれの目盛りの読み取り、接眼マイクロメーター1目盛りの計算に十分に時間を与える。

対物マイクロメーター1目盛りは $10\mu\text{m}$ である。数字が書いてあるほうが接眼マイクロメーターである。



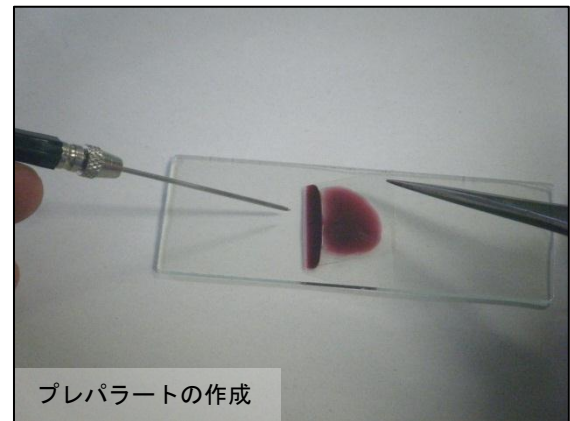
③ プレパラートの作成 (5分)

プレパラートの基本的な作成の仕方を確認する。練習として、オオカナダモの葉を1枚スライドガラスに載せ、水を滴下しカバーガラスを載せる。余分な水はろ紙で取り除く。

対物マイクロメーターは、以後使用しないのでケースに戻す。

このプレパラートの作成は、水で封じているため後片付けが楽である。

ただし、図はマウント液が分かるように染色液を使ったものである。



☆プレパラートの作成

光学顕微鏡の性質上、プレパラートは光を通す薄さの試料を用いる必要がある。そのため、試料の性質に応じて、そのまま載せる、はがす、こすり付ける、薄片に切る、押しつぶすなどの操作を行う。また、細胞が変形・変質しないように、酸やアルコールなどで生命活動を停止させる「固定」という操作が必要な場合がある。植物細胞の細胞壁はペクチンで接着していることが多く、根端分裂組織の観察などでは、塩酸などでペクチンを溶かす「解離」という処理が必要になる。さらに、観察しやすくするため、色素で選択的に着色する「染色」という操作を行うことが多い。

プレパラートを作成するには、観察の妨げになるため、中に気泡やゴミが入らないようにしたほうがよいが、熟練が必要なのでこだわりすぎず経験を積んだほうがよい。

スライドガラス、カバーガラスはきれいに洗ったものを用意し、指紋などで汚れないように必ず側面を持つようにする。また、先尖ピンセット、柄付き針、スポイト、ろ紙など必要な用具をそろえる。

プレパラートの作成の基本技術は次の通りである。

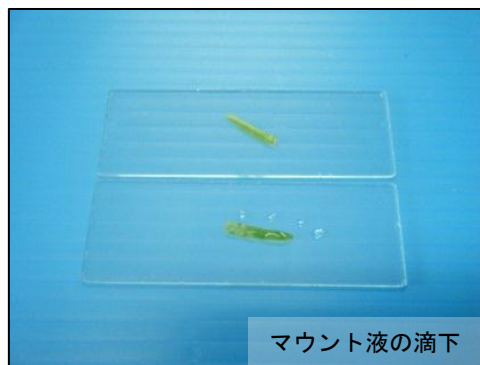
①試料の準備

観察の目的に応じて、試料を準備する。生きた細胞を観察する以外は、基本的に固定の操作を行っておく。特に、解離をする場合は固定が必要である。酢酸オルセインなどのように滴下時に固定と染色を兼ねて行う場合もある。

②マウント液の滴下

乾いた花粉などを観察する場合はマウント液は使用しない。マウント液とは、水や染色液などの封入剤のことである。

スライドガラス上に試料を置き、スポイトなどでマウント液を滴下する。この順番は逆でもかまわないが、試料の上下に空気が入らないように気を付ける。また、試料が重なっている場合はピンセットや柄付き針で広げる。



③カバーガラスによる被覆

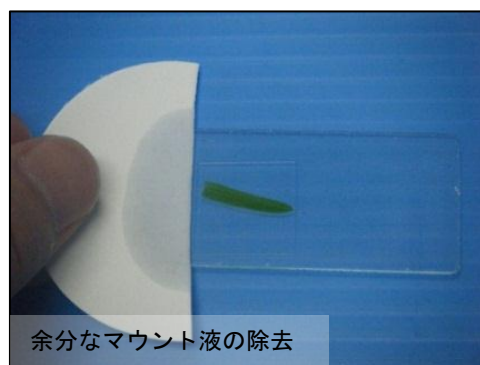
カバーガラスを気泡ができないように静かに載せる。カバーガラスを載せる際には、利き手にはピンセットを、もう片方の手には柄付き針を持つ。利き手のピンセットでカバーガラスを軽くはさみ一边をスライドガラスに付け、柄付き針の先端でカバーガラスの一边を支えながら、気泡を追い出すようにゆっくり試料の片側からカバーガラスを倒していく。

簡易的な方法として、図のようにカバーガラスの側面を指ではさみ、ゆっくりと指を降ろしながら離すものがある。



④余分なマウント液の除去

マウント液が過剰にあるとカバーガラスが水平方向に動くため、カバーガラスの側面にろ紙を付けて余分なマウント液を吸い取る。ただし、吸い取りすぎると気泡がカバーガラスの下に入ることがあるので注意する。



⑤細胞の展開

必要に応じて、押しつぶし法などで展開する。押しつぶし法とは、重なった細胞を押しつぶして、薄く広げるものである。展開は、カバーガラスを載せる前に行う場合もある。

④ 細胞の大きさの測定 (10分)

顕微鏡を基本操作に従って低倍率でピントを合わせる。測定したいものを中央に移動させ、レボルバーを回し倍率を上げる。接眼レンズを回し、測定したい部分を目盛りと合わせて測定する。

細部が識別しやすい程度にしぼりを絞る。接眼レンズの倍率と対物レンズの倍率を確認し、②で求めた接眼マイクロメーター1目盛りの長さと接眼マイクロメーターの目盛り数を掛け合わせて大きさを測定する。



まとめ

- ① マイクロメーターの原理が分かり、接眼マイクロメーターで1目盛りを求めることができた。
- ② プレパラートの作成方法が分かった。
- ③ 細胞の大きさを求めることができた。

◎後片付け

■後片付けのさせ方

- ・ 固形の材料は、燃えるゴミとして捨てさせる。
- ・ バットを水洗いさせてから、洗ったものを入れさせる。
- ・ スライドガラス、カバーガラスなどは洗剤で洗わせ、回収する。
- ・ 洗った器具は回収し、洗い方が不十分なものは再提出させる。
- ・ 異臭の原因になるため流しをきれいにさせ、十分な水で流させる。
- ・ 実験後、石けんで手を洗わせる。

■器具等の管理

- ・ スライドガラス、カバーガラスは乾かし、所定の器具置き場に戻す。

失敗例

●状態1 接眼マイクロメーターが入れられない

原因 接眼レンズ内に接眼マイクロメーターを載せる台がない

接眼マイクロメーターを載せる台がない顕微鏡もあるので、事前に確認しておく。入れられる顕微鏡を購入する。

●状態2 接眼マイクロメーターがよくみえない

原因 接眼マイクロメーターの設置がおかしい

①接眼マイクロメーターが裏になっている。正しく入れ直す。

②接眼マイクロメーターを載せる台に傾いて入れてしまった。正しく入れ直す。

③接眼マイクロメーターを載せる台自体が下がっている。修理に出す。

原因2 目盛りが見えにくい

古くなったものは、目盛りのインクが薄れ見えにくくなることもある。新しいものを購入する。

●状態3 対物マイクロメーターのピントが合わない

原因1 技術的に未熟である

目盛りが中央にない。低倍率で確実にピントを合わせ、目盛りを中央に移動してからレボルバーを回して高倍率にしていく。

原因2 顕微鏡が不備である

調節ねじの可動域がピントの合うところとずれている。調節ねじの可動域を決めているねじを調節する。

●状態4 対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛りが平行にならない

原因 技術的に未熟である

対物マイクロメーターの目盛りを中央に移動した上で、接眼レンズを回して接眼マイクロメーターを対物マイクロメーターの目盛りに合わせる。

別法

別法は特にないが、顕微鏡操作の基本を指導した上で、観察の機会を多くし慣れることが基本操作を身に付けることにつながる。プレパラートにするために手をあまり加える必要のない教材を考え、様々試すとよい。

器具の取り扱い

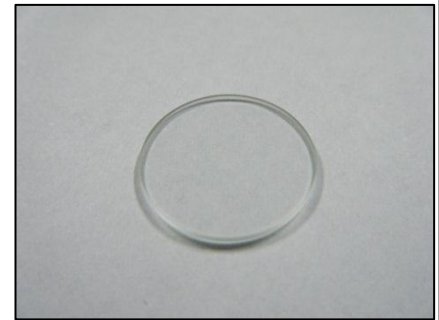
・マイクロメーター

☆マイクロメーターの種類

マイクロメーターは、接眼レンズに入れる接眼マイクロメーターと、スライドガラスに目盛りが刻まれた対物マイクロメーターがあり、これらを組み合わせて使う。

①接眼マイクロメーター

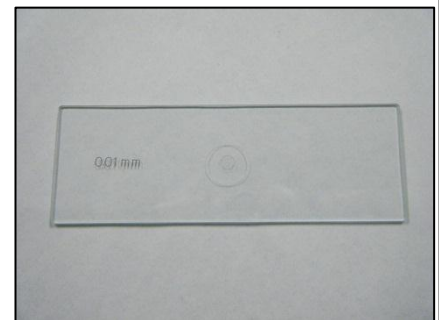
接眼マイクロメーターは円形をしており、中央部には普通1 cm を100等分した目盛りが刻んである。10目盛りごとに数字が書かれており、普通に読める側が上になる。接眼レンズの筒の中に入れて使用する。測定前に対物マイクロメーターと組み合わせることで接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求めておき、実際の測定に使用するのは接眼マイクロメーターのみである。



接眼マイクロメーター

②対物マイクロメーター

対物マイクロメーター中央の円内には1 mm を100等分した目盛りが刻んであり、数字は書かれていない。左に「0.01mm」と書かれていて、これが読める側が上になる。この対物マイクロメーターに直接観察物を載せて観察すれば、細胞などの大きさを測定できそうだが、観察物と対物マイクロメーターの両方にピントを合わせることができない。接眼マイクロメーターを使って間接的に対象物の大きさを測定する。対物マイクロメーターは1枚4,200円程度と高価であり、スライドガラスとして使用させないように注意する。

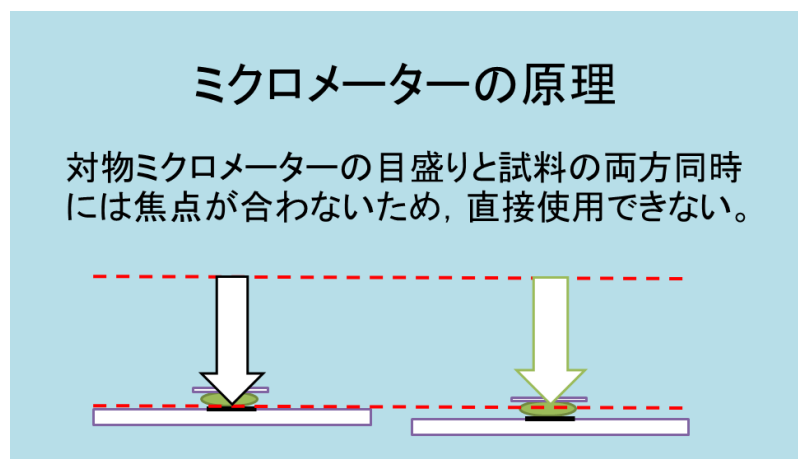


対物マイクロメーター

☆マイクロメーターの原理

対物マイクロメーターの目盛りと観察物の両方には同時に焦点が合わないため、対物マイクロメーターのみでの測定はできない。測定前に接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求め、間接的に対象物の大きさを測定する。

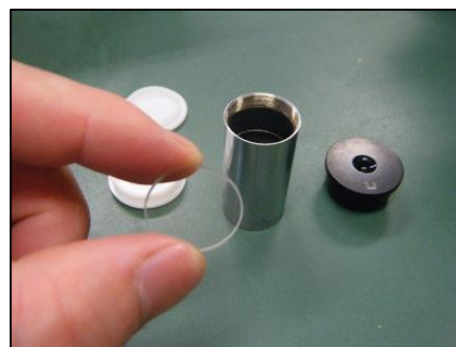
接眼レンズは同じものを使用し、対物レンズの倍率を変える。すると、接眼マイクロメーターの見え方は変わらないが、接眼マイクロメーターの1目盛りが表す長さは変わる。一方、対物マイクロメーターの見え方は変わるが、対物マイクロメーターの1目盛りの長さは変化しない。



☆マイクロメーターの使い方

①接眼マイクロメーターの設置

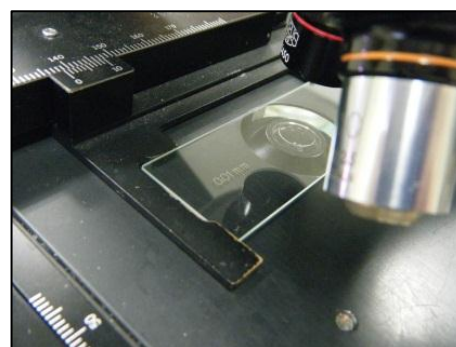
接眼レンズの上側のレンズは回すとはずれるようになって
いる。内部には接眼マイクロメーターを載せる台があり（ない
ために接眼マイクロメーターを入れられないものもある）、表
側を上にして台に載せる。入れる際は、目盛りに汚れが付か
ないように端をつまむ。接眼レンズの上側のレンズを元に戻
して、顕微鏡にセットする。



接眼マイクロメーターの設置

②対物マイクロメーターの設置

対物マイクロメーターをステージに載せ、中央の円がおおよ
そステージの中央にくるようにする。



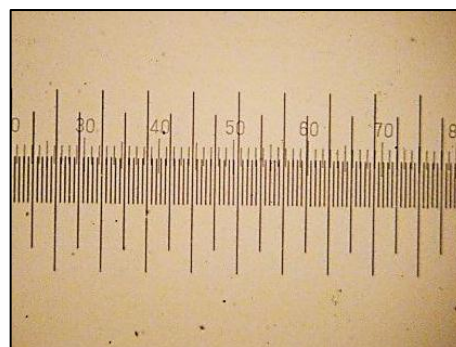
対物マイクロメーターの設置

③目盛りのそろえ

対物マイクロメーターにピントを合わせてから、接眼レンズ
を回して、対物マイクロメーターと接眼マイクロメーターの目盛
りの向きをそろえ、両方の目盛りが重なっているところを2
点探す。誤差が少なくなるようにできるだけ離れた2点を選ぶ。

④目盛りの読み取り

重なっている2点の間の、対物マイクロメーターの目盛りの
数と接眼マイクロメーターの目盛りの数を数える。数字の書か
れている目盛りのほうが接眼マイクロメーターの目盛りなので、
間違えないように注意する。



目盛りのそろえと読み取り

⑤接眼マイクロメーター1目盛りの長さの計算

読み取った目盛りの数から、接眼マイクロメーター1目盛りの長さ（ x ）を計算する。対物マイクロメーターの1目盛りは $10\mu\text{m}$ なので、2点間の長さは、対物マイクロメーターの目盛りの数 $\times 10\mu\text{m}$ である。これは、接眼マイクロメーターの目盛りの数 \times 接眼マイクロメーター1目盛りの長さ（ x ） μm と同じ長さだから、次の式で求めることができる。

$$\text{接眼マイクロメーター1目盛りの長さ (x) } \mu\text{m} = \frac{\text{対物マイクロメーターの目盛りの数} \times 10\mu\text{m}}{\text{接眼マイクロメーターの目盛りの数}}$$

⑥それぞれの倍率での接眼マイクロメーター1目盛りの長さの計算

理論的には、例えば対物レンズ4倍のとき接眼マイクロメーター1目盛りの長さが $16\mu\text{m}$ と読み取ったとき、対物レンズを10倍にすれば接眼マイクロメーター1目盛りは $6.4\mu\text{m}$ 、対物レンズを40倍にすれば接眼マイクロメーター1目盛りは $1.6\mu\text{m}$ となるはずである。実際には、ピントがわずかに違うことが多いため、それぞれの倍率について接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求め、顕微鏡ごとに表にまとめておく。
まとめ方の例：接眼マイクロメーター1目盛りの長さ

接眼レンズの倍率	対物レンズの倍率		
	4倍	10倍	40倍
7倍	$41.7\mu\text{m}$	$16.4\mu\text{m}$	$4.1\mu\text{m}$
15倍	$25.5\mu\text{m}$	$10.0\mu\text{m}$	$2.5\mu\text{m}$

⑦大きさの測定

実際の測定に使用するのは接眼マイクロメーターのみである。対物マイクロメーターをはずして、測定するプレパラートを置く。ピントを合わせ、観察物を中央に移動する。接眼レンズを回して接眼マイクロメーターの目盛りを測定する方向にそろえる。目盛りを数え、観察物の大きさを求める。

例：オオカナダモ細胞の長径

接眼レンズ7倍×対物レンズ40倍で測定

接眼マイクロメーター38目盛り× $4.1\mu\text{m}$ = $155.8\mu\text{m}$

