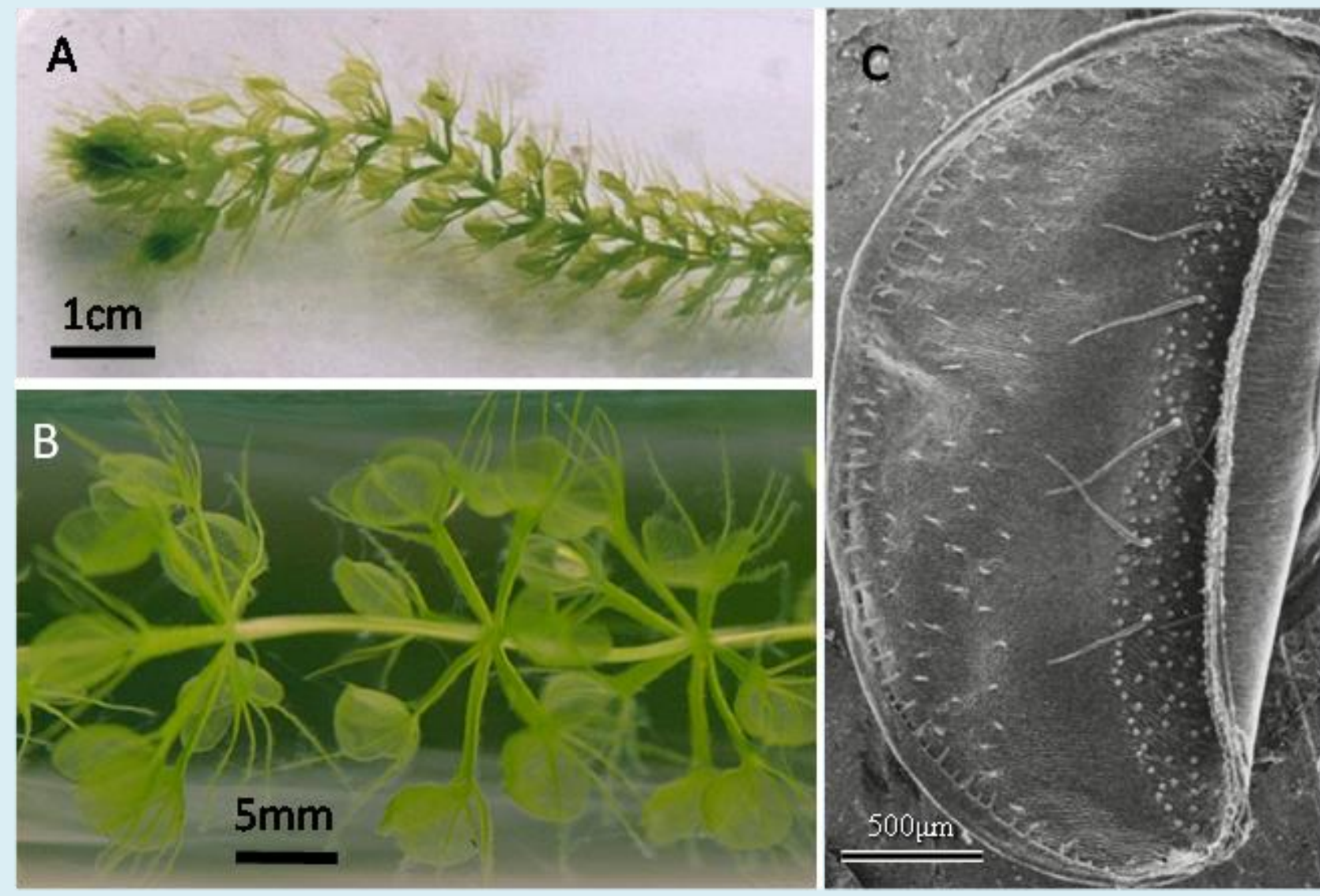


ムジナモ捕虫葉の高速閉合運動の仕組みを探る

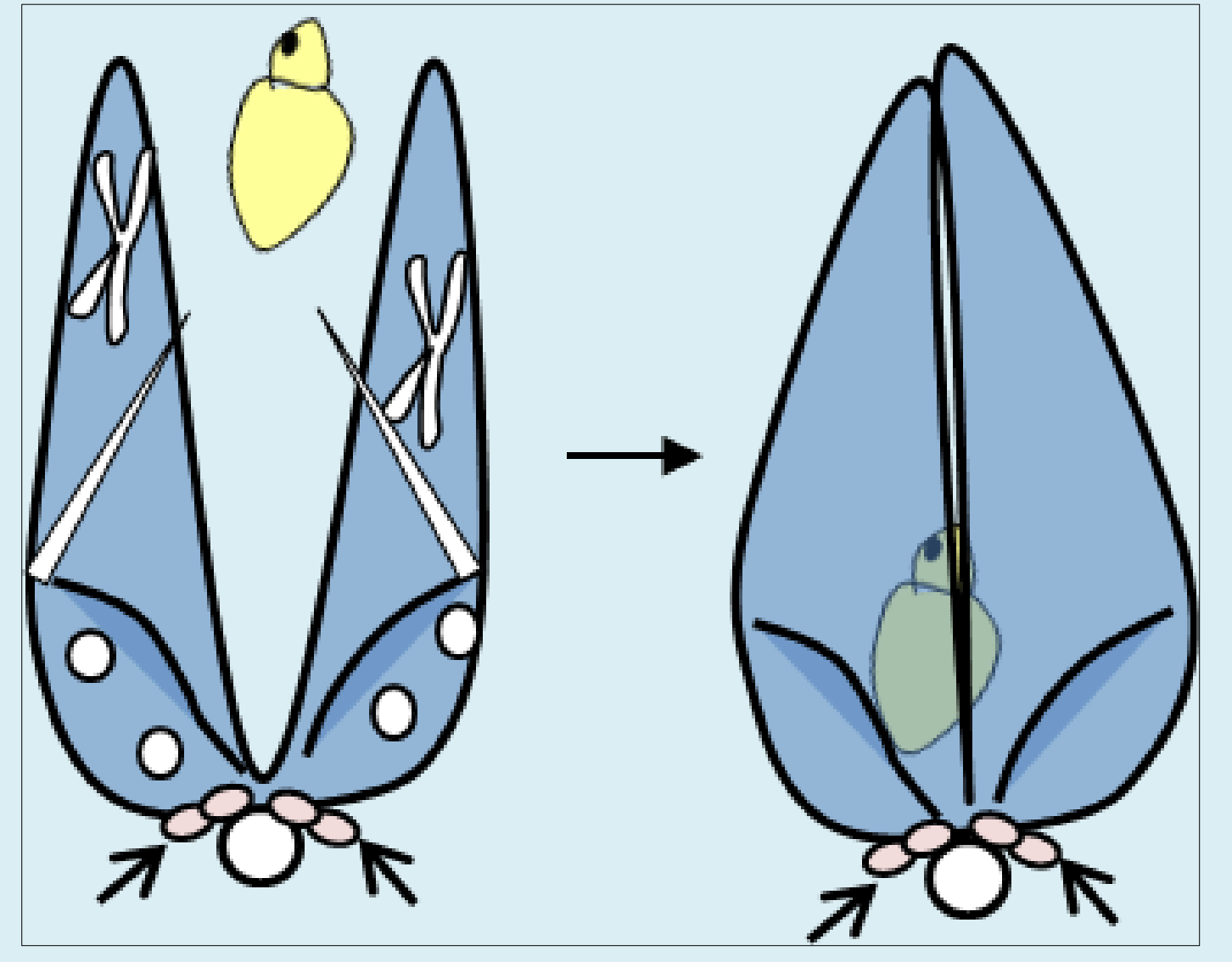
埼玉県立杉戸高校1年 相馬 言成

研究の目的・意義

ムジナモは浮遊性の水草で食虫植物である。二枚貝のような捕虫葉が、茎を中心に輪のように並び(これを輪生葉という)、それが連なった構造をしている【図1】。その捕食は捕虫葉の内側にある感覚毛に刺激を感じると50分の1秒から100分の1秒という速さで葉が閉合し、その後狭窄運動を行い、消化酵素を出し、養分を吸収するというシステムで行われる。今のところ閉合が膨圧によるものであると示唆されているが、閉合運動の仕組みそのものの解明には至っていない。また、ムジナモは稀少な水生の食虫植物で現在は絶滅危惧種に指定されているため、簡単に観察、実験できるものではない。そこでムジナモを培養し、研究している埼玉大学で閉合運動の仕組みを解明し、細胞と組織の運動性を確かめたいと考え2014年5月に研究を開始した。



【図1】ムジナモ全体図



【図2】捕虫葉の閉合運動

研究の方法・プロセス

観察1

閉じたムジナモの捕虫葉の観察

ムジナモの捕虫葉をカミソリで切ります。閉じた捕虫葉なので観察しやすくするため葉をカミソリでこじ開ける。そうして閉じた捕虫葉のサンプルをいくつか作り、サフランや、ニュートラルレッドで染色。光学顕微鏡を使い、ムジナモにある吸収毛、感覚毛など腺毛の様子を観察、新たな発見がないか調べた。

観察2

閉合運動に影響する外液の濃度検討

0.6mol/lのマニトールを入れていき刺激しても捕虫葉が閉じなくなる濃度を調べた。同条件のムジナモを入れた容器を三つ用意し、一つ目で閉じた量より二つ目はより少なく、さらに三つ目はさらに少なくするといった具合に入れる総量を減らし、一回に入れるマニトールの量も減らし正確な値とムジナモの状態をみた。

観察3

閉合運動の最小単位の検討

ムジナモ一株で外液の濃度等の条件を変化させるのでは非効率なので、輪性葉→捕虫葉+葉柄→捕虫葉のみと、切り出していき閉合運動が起こる最小単位を調べた。

観察4

浸透圧を変化させて捕虫葉を観察

A: 少し高張(0.15mol/l)にして閉じなくなった物
B: 原形質分離が起きるほど高張(0.6mol/lを薄めず使う)にした物
C: 低張である蒸留水中で閉じた物
D: 低張液から高張液に移した物の四つの捕虫葉の細胞の状態を観察した。

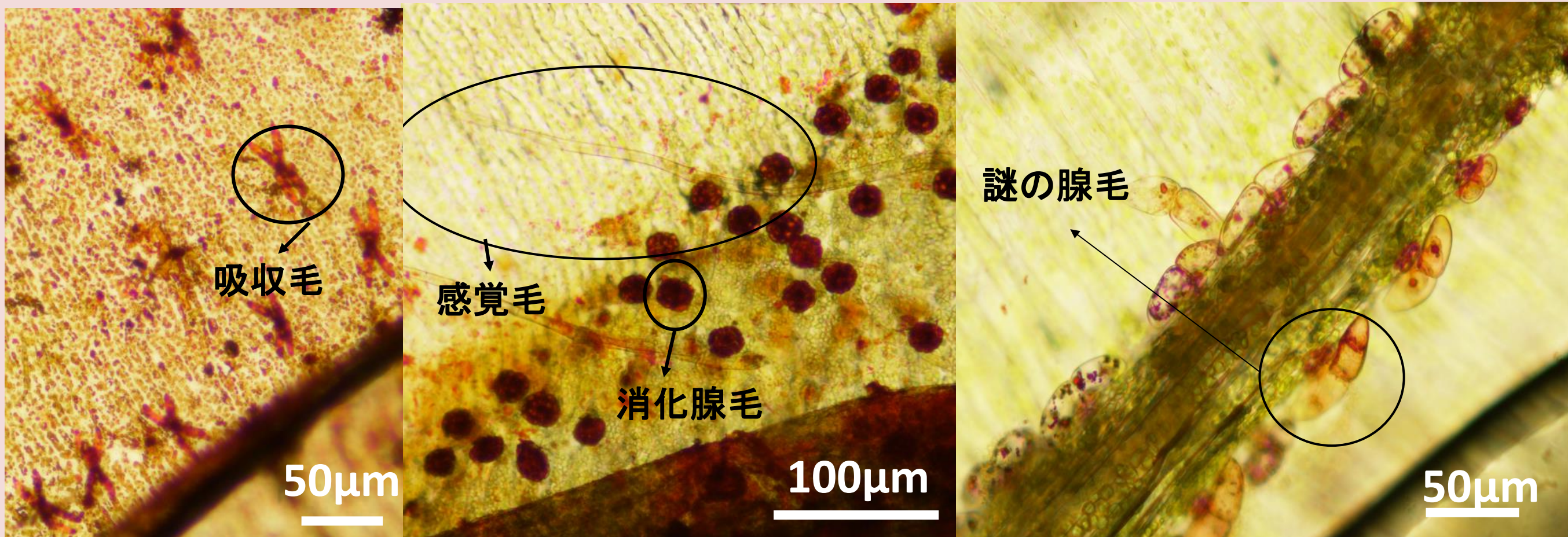
観察5

ニュートラルレッドによる葉軸付近の観察

少し高張な状態(観察4同様、観察2で出た値と同じかそれよりわずかに多い量)に置いておいたムジナモから捕虫葉を切り出しニュートラルレッド液中で閉合させ、運動の要と考えられる葉軸付近を重点的に観察した。また観察視点を変えて葉を輪切りにして断面をみた。

結果と考察

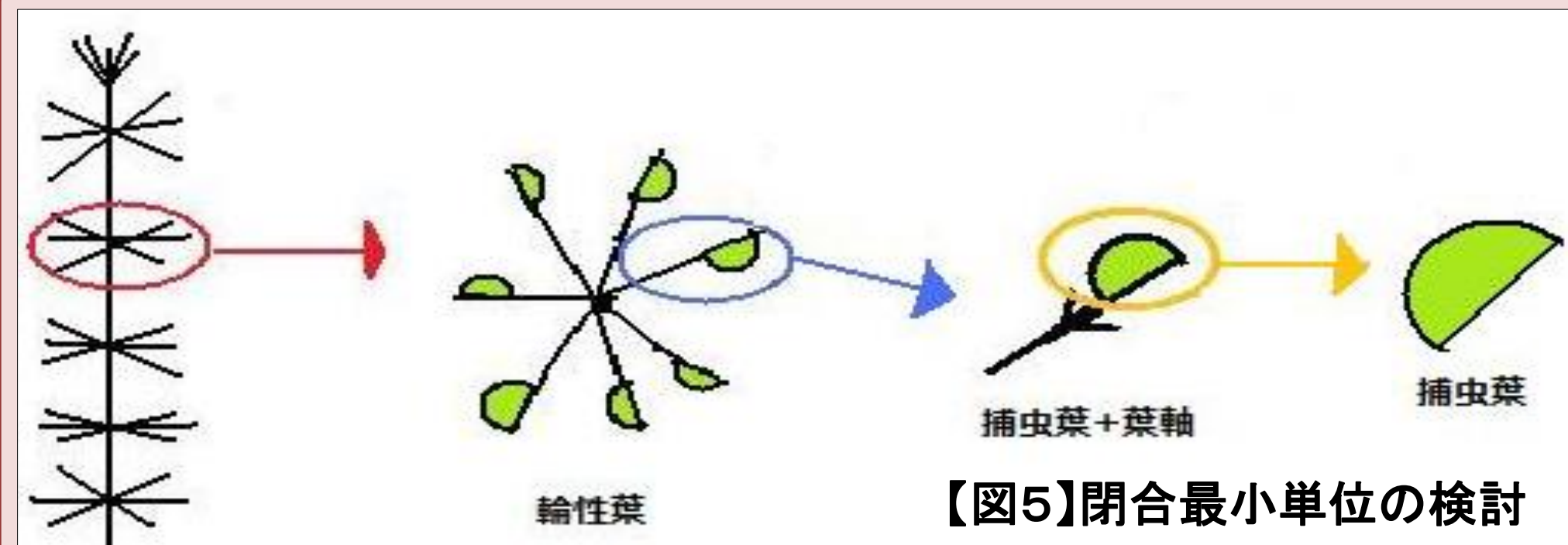
観察1 閉じたムジナモの捕虫葉の観察



【図3】ムジナモの消化腺毛、感覚毛、吸収毛(サフラン) 【図4】ムジナモ謎の腺毛(サフラン)
ムジナモに見られる三つの繊毛を確認することができた【図3】。また葉軸外側に並ぶ謎の腺毛が見られた。【図4】

観察2 捕虫葉閉合運動に影響する外液の濃度検討

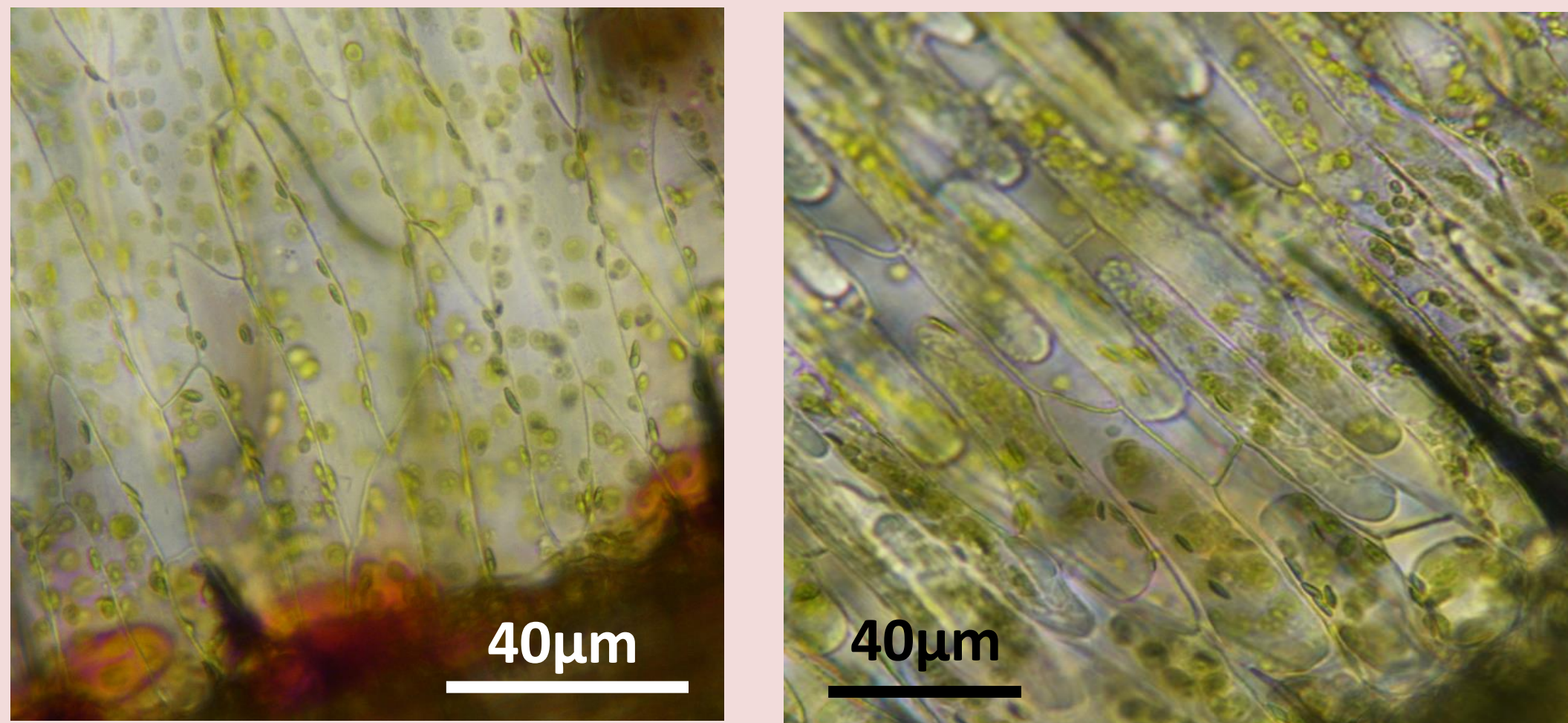
モル濃度(mol/l)	0.12	0.13	0.15
閉合運動	閉じる	遅いが閉じる	閉じない



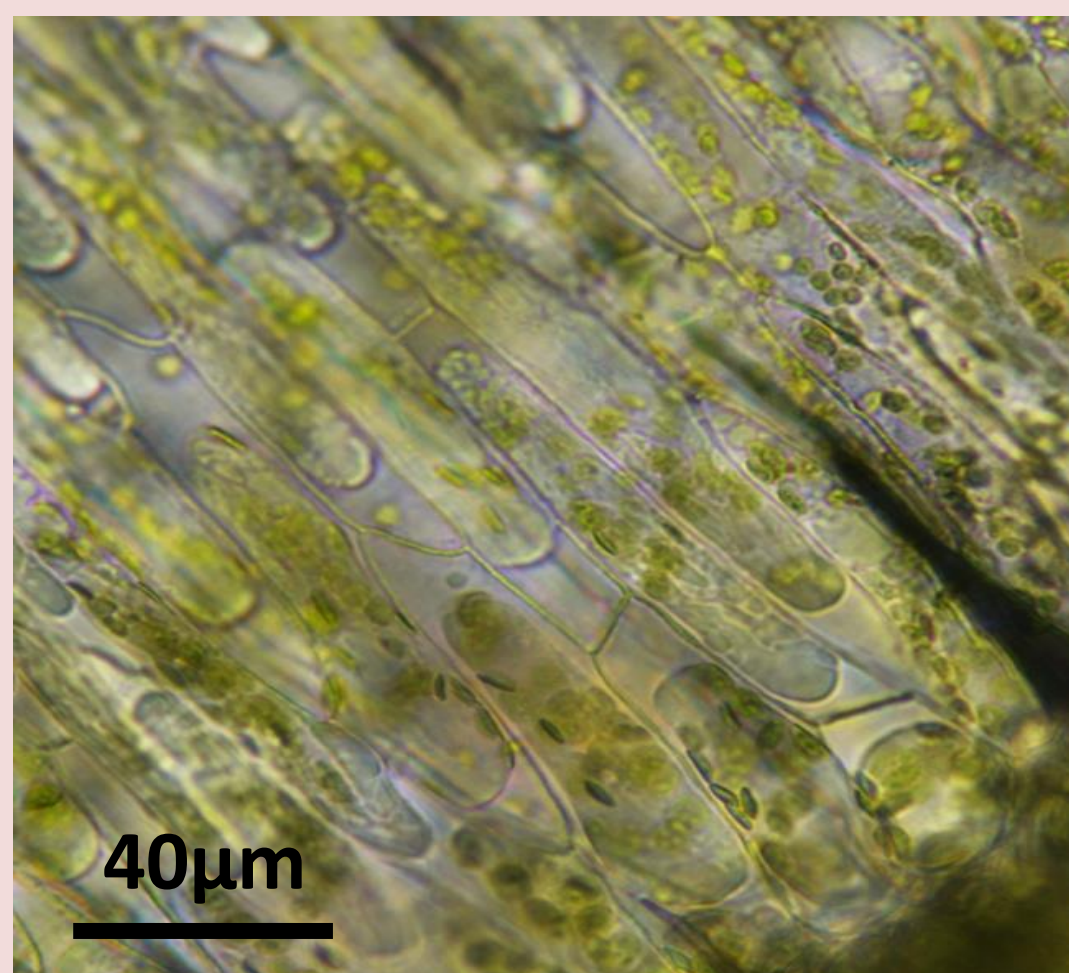
観察3 閉合運動の最小単位の検討

輪生葉、捕虫葉+葉柄、捕虫葉のみのどれの時も閉合運動は起きた。そこで、その後の実験では、切り出した捕虫葉の実を使って、観察・実験を進めることにした。

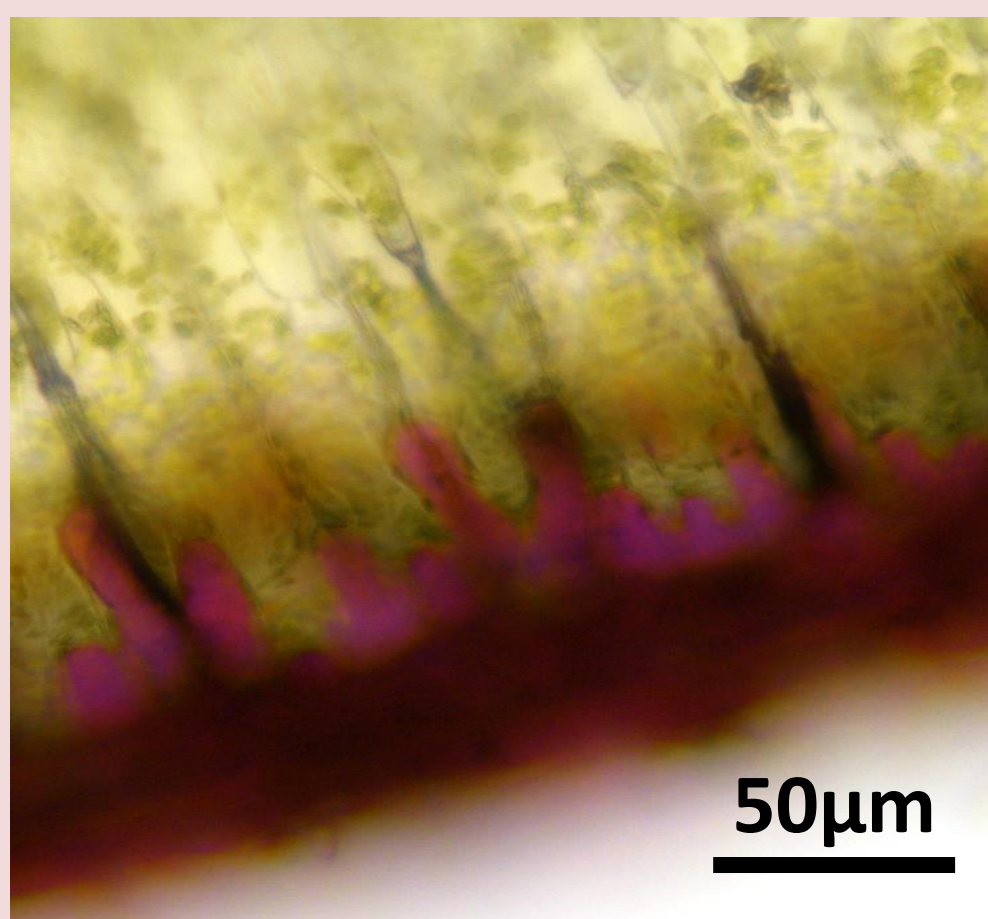
観察4 浸透圧を変化させて捕虫葉を観察



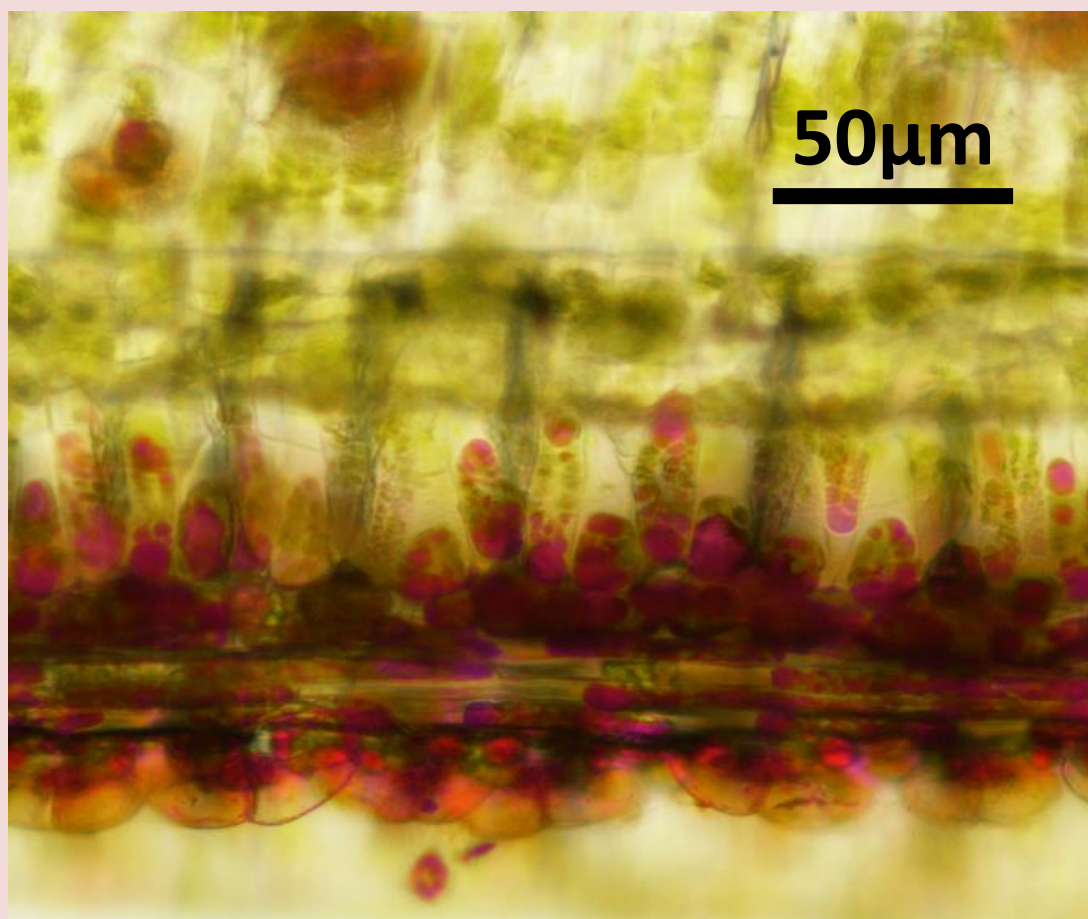
【図6】やや高張(0.15mol/l)



【図7】高張(0.6mol/l)



【図8】低張



【図9】低張→高張

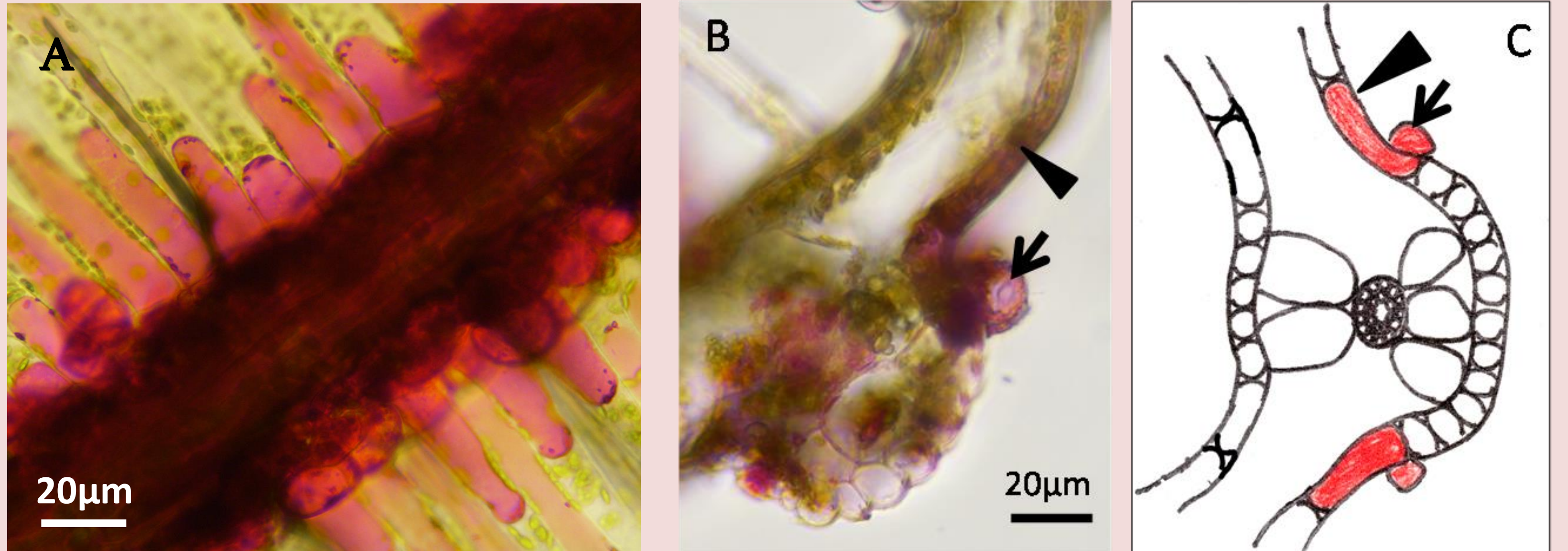
A(やや高張)赤く染まった液胞は見られず、原形質分離も起こっていなかった。【図6】

B(高張)原形質分離を起こしていたが赤い液胞は見られなかった。ほとんどの細胞は上下ともに空洞が見られ細胞膜が完全に細胞壁から離れているが、葉軸と接触する細胞においては上部だけしか離れておらず葉軸と接触している方の細胞膜は離れていなかった。【図7】

C(低張)一時間ほど経った後で葉軸部謎の腺毛から赤く染まった液胞が見られるようになった。四時間ほど経つと染まり方がより濃く見えた。また、その染まり方は細胞壁と密着しているように見えた。【図8】

D(低張→高張)
予想では閉じた葉が再び開くと考えていたのだが、少し膨らんだだけで葉は開かなかった。顕微鏡での観察では赤く染まった液胞が見られ、その液胞は原形質分離をしていて、一部の液胞は分裂していた。C同様葉軸と接触する細胞においては上部だけしか離れておらず葉軸と接触している方の細胞膜は離れていなかった。【図9】

観察5 ニュートラルレッドによる葉軸付近の観察



【図10】捕虫葉閉合時の葉軸付近の液胞と腺毛の様子 (矢印: 謎の腺毛 三角印: 液胞)

観察4よりはっきりと謎の腺毛から飛び出るように赤く染まった液胞が並んでいるのを目撃することができた。【図10A-C】ただ観察4では細胞壁に沿ったところが染まっていたのに今回はどちらかというと細胞中心部が染まっていた。輪切りにすると捕虫葉の軸近くが二層になっており、二層構造の間には広い間隔があいていることが分かった【図10BC】。

全体の考察と今後の展望

観察結果から、捕虫葉外側にある細胞の液胞が水を吸収、それにより細胞が膨らみ外側が全体的に広がり、葉が内側に反ることで閉合運動が起こっているのではないかと考えることができる。謎の腺毛は給水に関係していると考えられ原形質分離時に葉軸と接する細胞の細胞膜が細胞壁から離れなかったのも同じく吸水に関してもおかしくはないだろう。観察4のDで低張液から高張液に移した捕虫葉が再び開かなかったのは、内側に給水器官がないこと、細胞壁は収縮しないことが考えられ、獲物を捕まえた後逃がさない仕組みであると思える。二層構造の間隔の広さも、反りの大きさを増幅させるためと考えれば納得がいく。しかし、膨張が起こるのに時間がかかっていて、液胞が赤く染まっているのを確認出来たのも一時間くらい置いた後であったので、直接閉合運動につながっているとは断言できない。

それならばどこが関わっているのだろうか？可能性が在る部分は中央域と縁辺域の間の部分である。その付近には葉軸にあったものと同じ物と思われる腺毛があり、その部分において葉軸にと近いところを調べてみた結果、その部分の細胞の細胞壁は蛇腹状に歪んでいて伸び縮みしやすい構造であると考えられること、蒸留水中で観察したものを高張(0.6mol/l)にして同じ細胞どうしを比較してみたところ、高張状態の方が細胞が収縮しているという事が分かった。逆の変化を観察していないので確かではないが、この部分が閉合運動に関係していてもおかしくない。

他にも気になることがある。1981年に書かれた、電気生理学的実験によるムジナモの閉合運動の論文【1】では、捕虫運動は内側の細胞の膨圧が減少することによるものと考察されていた。しかし、捕虫葉は高張液中では捕虫葉は開き、外側の細胞の少なくとも一部は収縮することを確認したので、低張液中で閉じるときには内側が収縮するというより、外側が膨張すると考える方が今回の観察結果にあっていると思う。

今回の実験によって閉合運動の仕組みに関わっていそうな器官や組織をいくつか発見することはできたが、本当に閉合運動に関係しているかは分からなかった。謎の腺毛の働きや蛇腹状の細胞の動きを調べ、過去の論文も参考にして、ムジナモの閉合運動の原理を解き明かしたいと思った。

参考文献 【1】飯島敏夫「ムジナモの捕虫運動」植物と自然15(12)19～24(1981年)