フォーラム理科教育　No.3　2001

ミズワラビを用いた生活史の教材化と実践報告

長谷川　真[1)]、園山　博[2)]、坂東 忠司[3)]

1)　広島大学大学院教育学研究科　hasehase@hiroshima-u.ac.

2)　京都府立南陽高等学校　toryohand@nyc.odn.ne.jp

3)　京都教育大学 理学科　bando@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：ミズワラビ、生活史、教材化

（受付け：2001 年 5 月 14 日）

Ⅰ．はじめに

しだ植物は配偶体の有性世代と胞子体の無性世代がそれぞれ独立しており、多様性に富む維管束植物である。一般的にしだ植物は多年生であり、成長が遅い。モンスーン地帯で湿度の高い日本には、400 種にのぼるしだ植物が自生している。そのなかには、農耕の盛んな日本の水田に古くから自生するアカウキクサやデンジソウ、サンショウモ、ミズワラビなどの水生しだがある。ミズワラビも水田という人工的な環境に適応し、生き残っている一年生の水生しだの一種である。

現在、中学校理科や高等学校生物ⅠB において、しだ植物の体のつくりや生活史が扱われている。イヌワラビやゼンマイといったしだ植物の前葉体は 25℃前後で光、水が十分にあれば、比較的簡単に培養できる。しかし、しだ植物の多くは多年生であるため成長が遅く、教材として一般的に紹介されているイヌワラビでさえ、前葉体の成熟だけで 3 ヶ月という長い期間を必要とする。したがって、短期間でひとつの「生活環」を追い、内容を帰結させるのは学校現場の現実としては困難である。また、培養条件や種によっては、前葉体が造卵器や造精器をつけない場合もある。

そこで、ミズワラビの短期間で世代交代を行う「一年生」という特徴や、その多様性に富み観察しやすい生活史に注目し、ミズワラビの生活史･特徴を明らかにすると同時に教材化を試みた。

Ⅱ．材料および方法

１．ミズワラビについて

ミズワラビ【*Ceratopteris thalictroides*（L.）Brongn.】は、ミズワラビ科ミズワラビ属に属する一年生の中型水生シダ植物である。同属には本種を含め４種が報告されており、主として熱帯･亜熱帯に分布している。日本にはミズワラビのみが分布し、本州（北陸・関東以西）・四国・九州・沖縄の主に水田や湿地に生育する。胞子体は地中に根を下ろし、ロゼッタ状の裸葉（栄養葉）と直立した胞子嚢をつける実葉（胞子葉）を展開する。水中では、時に浮葉状になる（益山, 1984; 岩槻, 1999）。近年、水田の生態系の変化とともに自生地が減少しており、環境省の準絶滅危惧種（NT）にも指定されている（環境庁, 1997）。同属 4 種は混同して、ウォータースプライト、アメリカンスプライトなどの俗名で扱われ、熱帯魚水槽用の水草として広く市場に出て

いる。この 4 種は亜種化、園芸品種化が進んでおり、種を特定するのが困難である。

巨椋池干拓地（京都市、宇治市、久御山町にまたがる）では、4〜6 月に前葉体を形成し、7〜9 月に胞子体が生長する。9〜11 月に細長い実葉を展開する。実葉には多数の胞子嚢が形成される。草丈 10〜15 cm の株が多いが、生長のよい株は 40 cm にも達する。胞子体は霜が降りるとともに枯れ、胞子の状態で越冬する。本研究では、1999 年晩秋に巨椋池干拓地で採集し、冷凍保存していた胞子を使用した。

2. 培養方法

培地は市販の液体肥料（Hyponex 5-10-5）を 1000 倍に希釈し、液体培地、あるいは 1%寒天平板培地として用いた。前葉体の培養は、直径 90 mm ふたつきペトリ皿の寒天平板培地を用いた。胞子体の培養は、液体培地または培養土（滅菌済み）を用い、プラスチック製の水槽で行った。培養土は水田の土を一度乾燥させ、滅菌したものを用いた。無性芽の培養は、90 mm ふたつきペトリ皿の液体培地を用いた。培養は 25±2℃、明暗周期 16：8、蛍光灯照射は 2000 lux の条件下で行った。

また、春から秋の温暖な時期であれば、水槽などに十分に水分を含ませた土を入れ、胞子を播き、北側の窓辺に設置するだけでも前葉体･胞子体の培養が可能である。

Ⅲ. 結果および考察

胞子を播いて約 1 週間で 90%以上の胞子が発芽した。発芽後約 3 週間で 3〜5 mm に成長し、造卵器･造精器を形成した。霧吹き等で水をかけ受精させると、胞子体が形成され、その後胞子体が成長し、発芽後約 2 ヵ月で、細長い実葉では胞子嚢が成熟し、胞子の採取が可能となった。ミズワラビは約 2 ヵ月という短期間で生活史を帰結できるという特異なしだ植物である。ミズワラビの胞子、有性生殖器官、前葉体および胞子体の写真を図１に示した。

室内などで培養を継続すれば年間を通じて胞子の採取が可能である。胞子は乾燥させれば常温暗所で１年以上、冷凍庫で数年以上の保存が可能（白岩, 2000； 長谷川, 2001）で、材料の長期保存にも適している。上記の結果からもわかるように、ミズワラビが一年生であるという特性は、短期間での培養を可能とするものである。また、その培養も容易であるため、教材生物としての利用価値は高いと考えられる。

胞子をよほど高密度に播かない限り、ハート型の両性前葉体を形成する上、同質の個体を大量に得ることができる。ミズワラビの培養は誰にでも取り組め、短期間で成長が見えるので、興味や関心を持続させる効果も期待できる。また、「育てる」ことを通して積極的に楽しく取り組むことができるので、生殖や生活史などの内容理解においても効果が期待できる。

1. 教材としての利用

「ミズワラビは短期間で生活史を帰結する」のは前述の通りである。ミズワラビを気温 25℃、明暗周期 16：8、照度 2000 lux の条件下で培養したときの生活史を図２にまとめた。このように短期間で、容易に生活史の各ステージを観察できることからも、生徒実験に用いる材料として適していると考えられる。しかし、既知の通り、平成 15

年 4 月の新入生からは新学習指導要領に基づく教育が実施される（文部省、1999）。

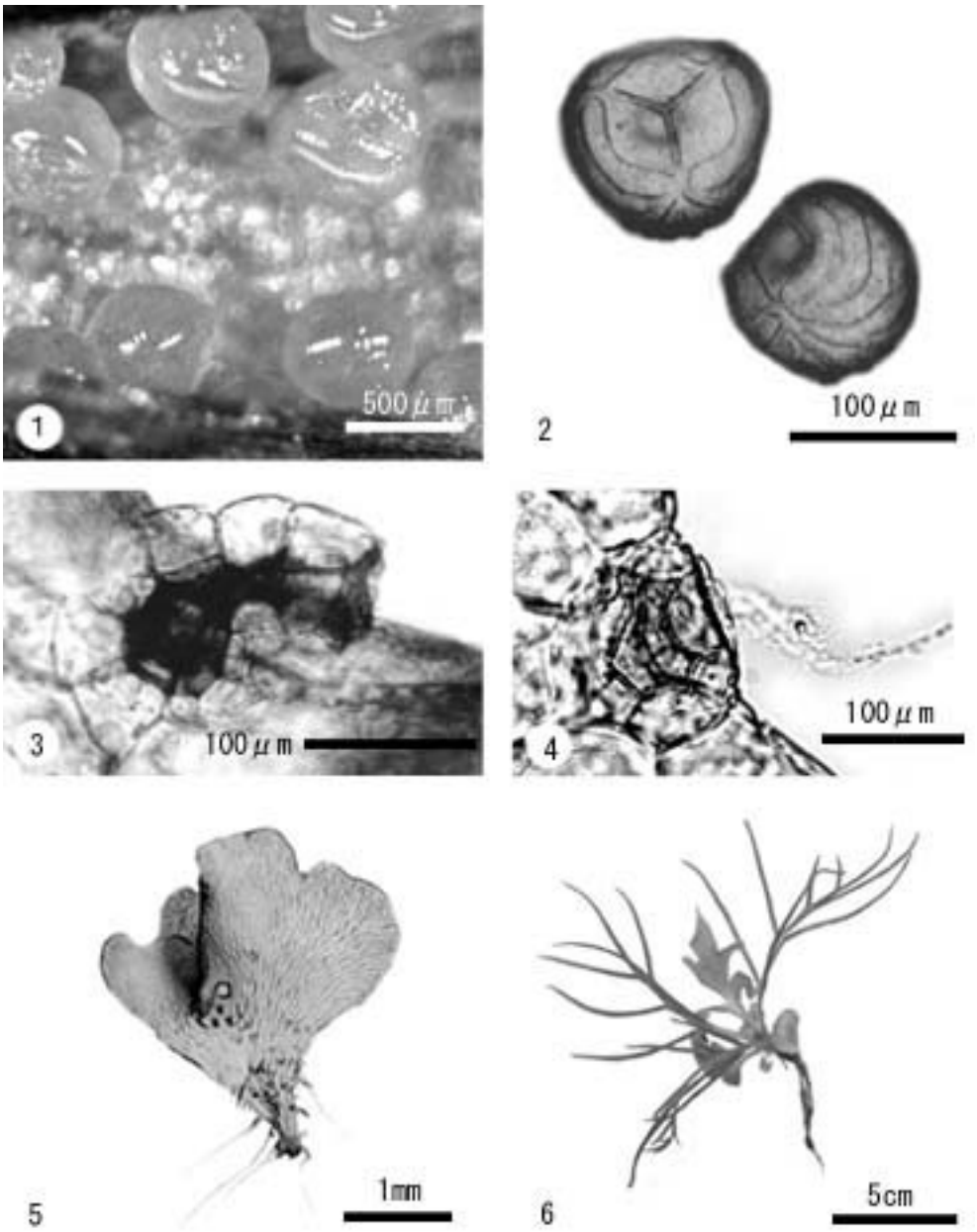

図 1　ミズワラビの各器官の特徴

1. 多数形成される胞子嚢には 32 個の胞子がつまっている
2. 胞子には幾何学的な模様がある
3. 造卵器には 1 個の卵がある
4. 前葉体の周辺部には造精器がある
5. 前葉体の中央部付近に造卵器が、周辺部に造精器が複数形成される
6. 幅広の裸葉と鹿の角のような実葉をもつ胞子体

それによると、現在扱われている生活史の単元は生物ⅠBから削除されることになる。しかし、ミズワラビは単に生活史を追うだけのものででなく、特徴的な各ステージをはっきりと観察できることから、他の単元での利用も可能である。

ミズワラビの「多単元的な教材」としての側面に注目し、利用できる項目を表１にまとめた。顕微鏡の扱いの練習から生殖に関すること、特に植物が精子を形成するという事実は、眼で確認することで認識が高まるものと考えられる。

次章で、ミズワラビを用いた観察実験の実践について報告する。

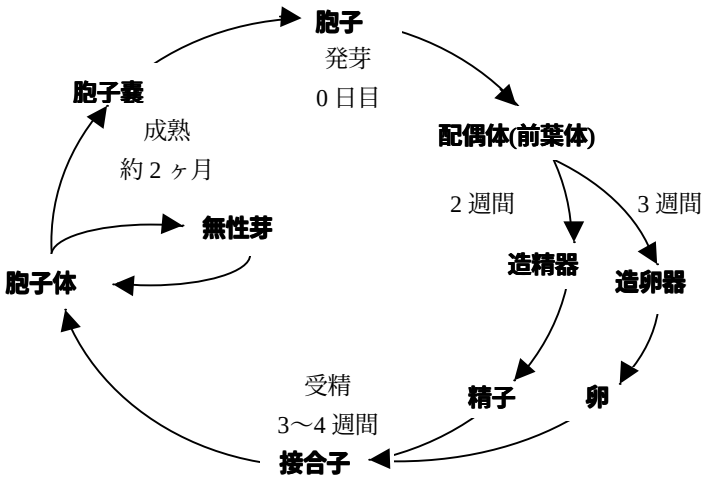

図 2　ミズワラビの生活史

室温 25℃、明暗周期 16：8 で 2000lux の蛍光灯照射下でのミズワラビの生育進度

表1　ミズワラビの利用項目

項　目	単　元	主な準備物	備　　考
ミクロメーターの使用	生物Ⅰ(細胞)	接眼、対物ミクロメーター、ミズワラビの胞子	ミズワラビの胞子は、保存しておけば周年利用が可能。ミクロメーターで大きさを測定させ、ミクロメーターの使用方法を練習できる。
胞子生殖	生物Ⅰ(生殖と発生)	ミズワラビの胞子、培地	培地に胞子を播き、ミズワラビの生長を確認する。胞子が形成される際、種子植物のように受精が伴うのではないことに注目させる。無性的に増殖する例として利用可能。
造卵器・造精器の観察	生物Ⅰ(生殖と発生)	ミズワラビの前葉体	前葉体は、胞子を播き適条件におくと3週間ほどで造卵器・造精器を形成する
植物の分類	生物Ⅱ(生物の分類と系統)	ミズワラビの胞子体	維管束の観察など特徴をとらえる。中学校では「花の咲かない植物」は割愛される。
課題研究	生物Ⅱ(課題研究)	ミズワラビ	生徒の興味にまかせて、発芽条件や播胞密度の差による造精器数の変化など、様々なテーマを扱える。

2. 実践報告

2000 年 11 月から実施された京都府立南陽高等学校普通科 2 年 5 組生物選択者（男子 11 名、女子 7 名）講座において、ミズワラビを材料とした観察実験を行った。展開計画の概略を表 2 に示す。

表2 授業展開の計画

時間	項目	準備物	留意点
1	培地への播胞 胞子嚢の観察	胞子、培地 検鏡用具、ルーペ、カミソリ	培地の全体に胞子を播く 切片作りでのけがに注意
	胞子の観察	検鏡用具	表面模様の確認、ミクロメーターを併用することで大きさの確認をする
2	発芽の確認	播胞した培地 検鏡用具	胞子から原糸体が出ていることに注目させる
3	前葉体の観察	検鏡用具	全体の形に注目させる
	造卵器の観察	検鏡用具	前葉体の切れこみ部分の内部にあり、濃い色をしていることを指示
	造精器の観察	検鏡用具	前葉体の周縁部にあることを指示

ミズワラビは生育が速く比較的短期間で生活史の各ステージを確認することができるので、授業の中に取り組むことが可能であると判断し、実践した。生徒は既に、しだ植物の生活史を学習しており、前葉体・胞子体等の用語を用いて説明しても十分に理解することができる。しかし、実物を用いて確認したことはないので、大きさや形などを十分に把握しているとは思えない。

寒天培地はあらかじめ用意しておき、生徒の活動は胞子を播くところからはじめた。薄くまんべんなく播くように注意したが、結果として胞子が一箇所に集中してしまった生徒も多くいた。後々の結果にもかかわることなので、繰り返して注意を促すとともに、播き方の工夫も必要であった。胞子を播く密度が高いと造卵器をつけない雄性配偶体が形成されることがわかっているので、シャーレあたり 100 個以下が望ましい。

胞子嚢の形態確認には、切片を作りルーペおよび光学顕微鏡で観察した。切片作りはカミソリで直接切る方法で行ったが、ある程度の大きさがあり、硬さも適当であるので比較的容易に行うことができた。実葉（胞子葉）内に胞子嚢が詰まっている様子などはルーペで容易に観察できた。全てにおいて顕微鏡を使用しないと観察できないミクロの世界と思いがちな生徒にとって、肉眼で見る大きさと顕微鏡下の大きさとの関連を理解する上での橋渡しになると考えられる。

胞子を観察するにあたっては、表面の美しい幾何学的な模様が特徴的なので、じっくり観察できる時間配分が必要であろう。発芽する際に割れるＹ字型の条溝（発芽口）もはっきりと確認できるので、観察ポイントとして指示しておいた方がよい。発芽時のメカニズムを理解しやすくするためである。ミクロメーターを併用すれば、胞子間に個体差があることの理解やミクロメーターの使用の慣れにもつながるものと思われるが、今回は時間の都合上行わなかった。

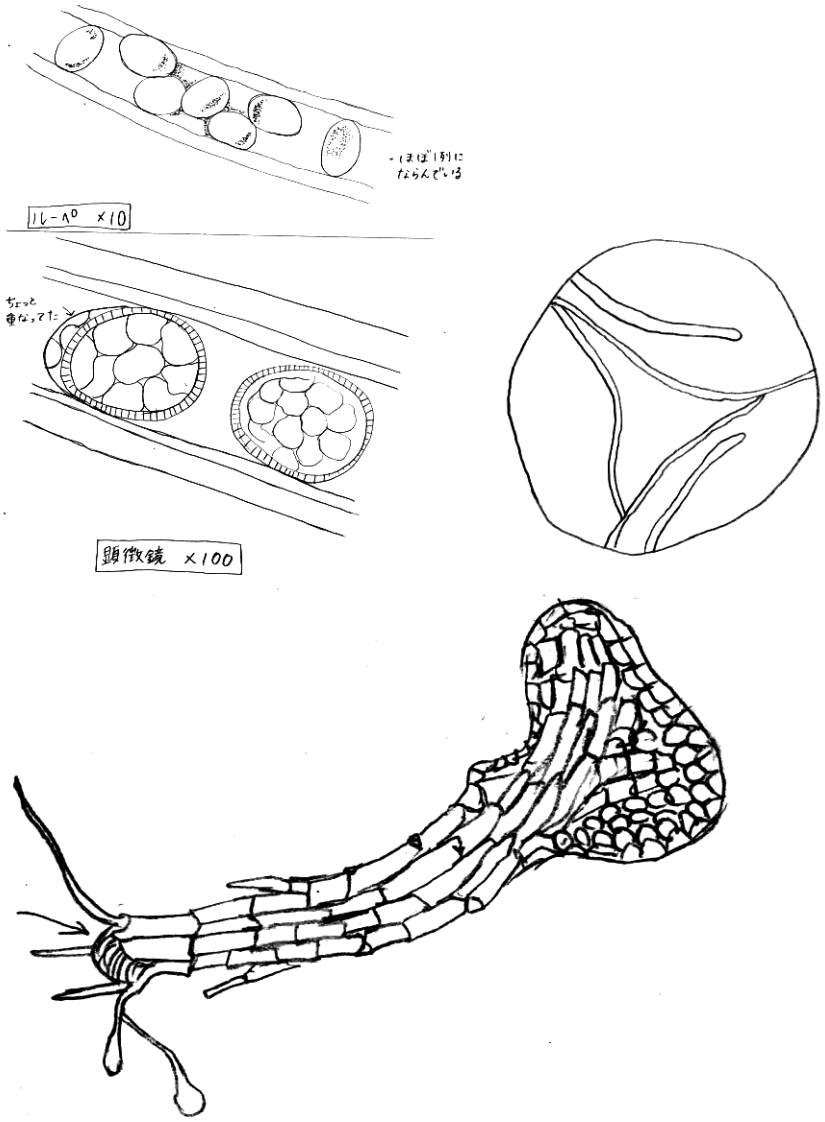

図3　生徒が描いたスケッチ

左上：　実葉に胞子のうがある様子をルーペを用いて観察したときのスケッチ。
右上：　胞子を顕微鏡観察したときのスケッチ。すじ状の模様が確認されている。
　下：　前葉体を顕微鏡で観察したときのスケッチ。

前葉体の観察においては、プレパラートを作るときに水を滴下するので、観察を続ける間におびただしい数の精子が回転しながら泳ぎ出してくる。生徒は興味深く観察にふけっていた。造卵器、造精器なども容易に確認できるので、生徒はスケッチしながら、すでに学習を終えているしだ植物の前葉体の構造をじっくりと復習することができたものと思われる。教科書や資料集の図版でも各部分の名称は確認できるだろうが、自分の目で観察しながらスケッチとしてあらわすことで、知識の定着が一層高まるものと考えられる。

実物の観察をとおして、生徒はそれぞれの形態やその特徴を十分に確認・理解したものと思われる。前頁に生徒のスケッチの一部を示した（図 3）。各スケッチは、特徴を十分に示しており、本材料が観察に適したものであったことがわかる。また、生徒の感想記事から、楽しみながら観察活動が行えたこともわかる。さらに、今回の実習においては、生徒一人一人が自分のペトリ皿栽培を持つことにした。それぞれの生長を連続的に観察していくことで、生物に対する愛着心を育てるとともに生物の営みを感じる教材となったことも大きな収穫であった。これまで、高校生の活動の中では生物を育てる取り組みはあまり実践されてこなかった。生き物が生長（成長）することを頭では理解していても、実際に直面すると感動するものである。このような経験が知識面だけでなく情緒面を育成する上でも効果があるのではないかと考える。

Ⅳ. まとめ

実践を通してミズワラビを教材として用いることの有効性が確かめられた。胞子の状態で長期間保存できる点や短期間で材料を準備できる点は大きな特長であり、学校現場で利用していく上で最良の材料の一つである。材料の大きさも適当であり、図３に示したように明確なスケッチを描きながら観察を深めていくこともできた。精子はよく動くために構造を確認しづらく、スケッチとして記録した生徒はいなかったが、多くの生徒がその存在に気づき興味深く観察を進めることができた。また、表 1 で示したように多単元教材としても有用であることがわかった。

これらの特長から、ミズワラビ教材は、自らの手で一生物を育てることを通して興味・関心を高め、同時に多単元で利用することで生物を身近に感じ、楽しく取り組める「多単元的生物教材」としての利用価値が非常に高いものであると考えられる。

文献

岩槻 邦男　1999．日本の野生植物シダ．　平凡社、　東京.

白岩 卓巳　2000．　水生シダは生きる．　自家本.

長谷川 真　2001．一年生しだ植物ミズワラビの教材化に関する研究．　京都教育大学教育学部卒業論文.

益山 樹生　1984．　シダ類の生殖．　豊饒書館、　東京.

文部省　1999．　高等学校学習指導要領解説　理科編・理数編．大日本図書、

環境庁　1997．レッドリスト・レッドデータブックについて　- 植物Ｉ（維管束植物）レッドリスト -．（URL: http://www.env.go.jp/nature/redlistS/index.html）