

# シダ植物とコケ植物の教材化資料を用いた 「種子をつくらない植物の仲間」の授業実践

正 元 和 盛<sup>\*1</sup>・川 内 淳 奈<sup>\*1</sup>・楠 本 功 一<sup>\*2</sup>

Science Class Instruction for a Learning Unit of Non-seed  
Plants Based on Teaching Materials of Pteridophytes and Bryophytes

Kazumori MASAMOTO, Jyun-na KAWAUCHI and Kouichi KUSUMOTO

## I. はじめに

新学習指導要領<sup>1)</sup>では、生命領域が「生物の構造と機能」「生物の多様性と共通性」「生命の連続性」「生物と環境のかかわり」の4領域になり、現行の学習指導要領と比べ、生物の多様性と共通性や生命の連続性が重要視されるようになった。また、現行の学習指導要領では、花のさかない植物（以前の学習指導要領ではシダ植物、コケ植物、藻類の体のつくりや胞子で増えることを学習していた）が省略されている<sup>2)</sup>。しかし、今回の改訂により、植物の仲間の単元に従来の種子植物の仲間に加え、種子をつくらない植物として、シダ植物やコケ植物を学習することになった<sup>1)</sup>。種子をつくらない植物の単元で、シダ植物やコケ植物が種子ではなく胞子で増えることを学習することで、生物の多様性に着目し、また湿った場所で生育することは生物と環境のかかわりにつながると考える。生殖において、シダ植物やコケ植物は受精のときに精子が泳ぐための水が必要だが、種子をつくる植物は、胚珠の中に水（水分）があるために、まわりに水がなくても受精できるという観点から、生命の連続性を知ることができると考える。

本研究では、シダ植物やコケ植物を教材として扱うときに必要な基礎データを集めるために、気孔などや光合成の実験観察を行い、その資料を作製した。新しい学習指導要領では、1年生の2分野1章「植物の生活と種類」の単元で種子をつくらない植物の

なかま（シダ植物やコケ植物が胞子をつくること）の学習が付加される<sup>1)</sup>。それらは平成21年度の移行期間から指導される内容であるが、本研究で作製した資料の一部を用いて、先行的に発展的な学習として実践を試みた。

今回の実践授業の中での学習では、「種子をつくらない植物」としてシダ植物、コケ植物の気孔などの形状の違いや生育環境に目を向けさせ、植物が子孫を残すために環境に適応しながら進化してきたことについて、生徒たちが意見交換しながら考えを深めていく授業の展開を図った。

## II. 材料と方法

### 1. 用いたシダ植物

#### (1) ホシダ（ヒメシダ科）*Thelypteris acuminata*

木の影やあまり、日が当たらないところに生息していた。葉柄の長さは35cmぐらいで、葉身は1回羽状複葉で、羽片は中裂する。包膜は円状で、裂片に2列で規則正しく並んでいる。乾燥すると丸い包膜が外側から縮み、胞子囊が出てくる。成熟する前の胞子は薄い黄色なので、胞子囊は薄い黄色に見える。黒色の粒は胞子で、黒色の胞子囊は成熟した胞子が入っている。胞子囊は円盤状で、側面に厚い細胞壁を持った細胞（環帯）で囲まれ、柄が付いている（図1-3）。

#### (2) イヌワラビ（イワデンダ科）*Athyrium niponicum*

葉柄の長さは30cmぐらいで、葉身は2回羽状複葉で、羽片は下方の1対を除いて、互生する。包膜は縦長の楕円状で、小羽片に2列で八の字状に、規則正しく並んでいる。ホシダと同様に胞子囊は円盤状で、側面に厚い細胞壁（環帯）を持った細胞で囲まれ、柄が付いている。乾燥すると楕円形の包膜が外側から縮み、胞子囊が出てくる。成熟する前の胞子

\*1 熊本大学教育学部理科教育生物  
〒860-8555 熊本市黒髪2-40-1

\*1 Laboratory of Biology, Department of Natural Science,  
Faculty of Education, Kumamoto University, Kurokami  
2-40-1, 850-8555, Japan

\*2 熊本大学教育学部附属中学校

は薄い黄色なので、孢子嚢は薄い黄色に見える。黒色の粒は孢子で、黒色の孢子嚢は成熟した孢子が入っている（図4-7）。

- (3) カニクサ（フサシダ科）*Lygodium japonicum*  
つる性のシダ植物で、地下に根・茎があり、地上に出ているものは全て、1枚の葉となっている。孢子ができて始めると、葉の縁に切り込みが入り、葉の一部が偽包膜になる。孢子嚢はラグビーボール状で、1つの偽包膜に1個の孢子嚢が入っている。稀に2個の孢子嚢が入っている。孢子嚢は成熟する前は薄い緑色で、乾燥すると、葉の先から偽包膜が縮み、成熟した茶色の孢子嚢が出てくる。孢子嚢は少し色の薄い尖った部分から割れて、薄い黄色の孢子が出てきた。上部の羽片の方が孢子はつきやすく、孢子がついている葉と孢子がついていない葉は、見た目が異なる。ホシダやイヌワラビに比べ、孢子嚢や孢子が大きい（図8-12）。

- (4) アマクサシダ（イノモトソウ科）*Pteris dispar*  
大学外で採取したものをを用いた。孢子嚢が始めると、羽片の縁が丸まり、偽包膜ができる。孢子嚢は円盤状で、側面に厚い細胞壁（環帯）を持った細胞で囲まれ、柄が付いている（図13-16）。

## 2. 用いたコケ植物

- (1) トサノゼニゴケ（ゼニゴケ目ゼニゴケ科）*Marchantia emarginata* subsp. *tosana*

理科棟の周りの日の当たらない暗い場所で採取した。葉状体は長さ2cmぐらいで、葉状体の背面（表面）には、白い粒のような気室孔が点在している。表面が厚い。腹面の腹鱗片は紅紫色で内側のものは半月形、付属物は卵形である。配偶体の時期が過ぎていたので、双眼実体顕微鏡を使い、腹鱗片の色や無性芽器（杯状体）の外側に、小乳頭がなく、平滑だったことで同定した。無性芽器（杯状体）は、縁が重鋸歯になっており、円盤上で両側が凹み、中に無性芽がある（図17-19）。

- (2) ケゼニゴケ（ゼニゴケ目アズマゼニゴケ科）*Dumortiera hirsuta*

理科棟の周りの日の当たらない暗い場所で採取した。トサノゼニゴケの葉状体と重なって生息しているものもあった。葉状体は長さ3~15cmで、葉状体の背面（表面）には気室孔がなく、クモの糸のような毛があり網目が見られた。微小な乳頭が密生している。表面が薄く、ワカメのように見える。雄器托は葉状体の先端につき、雄器床は円盤形で周囲にたくさんの毛があった。腹面の腹鱗片は小さいため、確認できなかった（図20, 21）。

## 3. 孢子嚢と孢子の観察

- (1) 植物種について

熊大教育学部理科棟周辺で採取したコケ植物は、SUMP法で気室孔を観察したとき、トサノゼニゴケの気室孔とは違い小さく、個数も多く見られたので、採取場所を詳しく観察してみると、2種類のコケがあることが分かった。種の同定は、双眼実体顕微鏡（LEICA S8APO）を用いて、葉状体の腹面にある腹鱗片や表面の様子を観察し、図鑑<sup>3)4)5)</sup>などで確認した。観察したシダ植物はホシダ、イヌワラビ、カニクサ、アマクサシダ、またコケ植物はトサノゼニゴケ、ケゼニゴケである。図鑑を用いて同定した<sup>3)4)5)</sup>。

- (2) 写真映像について

シダ植物の羽片の裏や孢子嚢群の写真は、顕微鏡デジタルシステムMonticam 2000（島津理化機器）を双眼実体顕微鏡（三眼タイプLEICA S8APO）に取り付けて撮った。撮影した写真はMotic Images Plus 2.0ML（Motic）ソフトを使い、USBケーブルにより直接ノートパソコン（VAIO VGN FS91PSY；SONY）に取り込んだ。

## 4. 表皮（気孔、気室孔）の観察

- (1) 気孔の撮影

- (1)-A プレパラートの作製

SUMP法を用いてプレパラートを作製した<sup>6)</sup>。葉の裏面に液状絆創膏（エキバンA；タイヘイ薬品株式会社）を薄く塗布し、表皮の型をうつしとる。5分後、乾燥した液状絆創膏をピンセットで、はがしとり、スライドガラスにのせ、水を一滴入れカバーガラスをかける（シダ植物に適用）。または、セロハンテープで液体絆創膏を剥がしとり、スライドガラスに直接貼る（コケ植物に適用）。

- (1)-B 気孔などの写真

作成したプレパラートを顕微鏡（双目光学顕微鏡FHT-533；OLYMPAS光学工業）で対物レンズ10倍と40倍で観察し、デジタルカメラ（CAMEDIA C-4040 ZOOM；OLYMPUS光学工業）で撮影した。撮影したシダ植物はホシダ、イヌワラビ、カニクサ、コケ植物はトサノゼニゴケ、ケゼニゴケである。

- (2) 気孔の密度と大きさ

対物マイクロメーターを用いて、視野の面積を求め、視野中の気孔の密度、気孔の大きさを算出した。密度は双目光学顕微鏡の対物レンズ40倍で、視野中に観察された気孔の数（各サンプル3カ所の視野で観察された気孔の数の平均）を $1\text{mm}^2$ あたりの気孔の数に換算した（表2）。気孔の大きさは、双目光学顕微鏡の対物レンズ40倍で、デジタルカメラ

(CAMEDIA C-4040 ZOOM) で撮影した気孔 (3 ヶ所の気孔の大きさの平均) を測定した (表 3)。

## 5. たたき染めと実験

### (1) デンプンの有無を確かめる実験<sup>7)</sup>

(a)葉をポリエチレン製のお茶パックに入れ、5分間煮る。;(b)水気を十分にとったあと、11cmろ紙を半分に折ったものに挟む。;(c)(b)にビニール袋をのせ、葉の形がきちんと見えるようになるまで、木づちでたたく。;(d)お茶パックごと葉を取り去り、ろ紙をヨウ素液 (1/10希釈) につける。;(e)水を入れたシャーレの中でヨウ素を洗う。

### (2) 光合成に光が必要なことを調べる実験

羽片の基部に近い部分に、幅 1 cm のアルミホイルを巻き、1日後、2日後、3日後それぞれ、たたき染めを行った。また、日陰のホシダと日向のホシダでは、ヨウ素染色に違いがあるかどうか調べた。

## 6. 前葉体の培養<sup>8)9)</sup>

### (1) 胞子の発芽

(a)成熟した胞子囊がついたホシダの羽片を 2~3 枚封筒に入れ、風通しのよい場所に、1日間放置する。;(b)250mlの水にハイポネックス (液体の化学肥料) 0.5mlを加えて、培養液をつくる。;(c)プレートに培養液を入れ、封筒から取り出した胞子を少なめにまく。(250mlでプレートが 7 枚作ることができる。)

### (2) 培養環境条件

(a)3枚のプレートは恒温器 (30℃設定) の中に半日放置し、日当たりのよい場所に取り出し、蛍光灯下で培養した。

(b)4枚のプレートは日当たりのよい場所に放置し、蛍光灯下で培養した。

## Ⅲ. 基礎資料の結果と考察

### 1. 胞子囊と胞子

ホシダの胞子は薄い黄色で熟すと黒色になる。また、胞子は羽片の下の部分から、徐々に熟しているようだった。胞子囊は乾燥すると、円状の下部分から口をあけるように少しずつ開いて、胞子が飛び散ると、大きく開いていた側面の厚い細胞壁の細胞列 (環帯) が円状に戻った。胞子囊を温め、乾燥させることで、胞子が飛び出す様子を観察させることは生徒の興味を引くと考える。カニクサの胞子囊は少し色の薄い尖った部分から割れて、胞子が飛び出していた。ホシダやイヌワラビは 1 つの包膜に多くの胞子囊が入っているが、カニクサは 1 個の胞子囊

が入っていた。また、カニクサの胞子囊は、ホシダやイヌワラビと比べ、4 倍ほど大きく、胞子もカニクサの方が、2 倍ほど大きかった (表 1)。カニクサは成熟しても、胞子の色はあまり変わらず、胞子囊の色が茶色に変わった。

### 2. 気孔の基礎データ

液体絆創膏はできるだけ薄く塗ることで、観察しやすくなる。また、剥がす大きさは一辺 3 mm 程度あれば十分だった。

シダ植物やコケ植物のSUMP法を行う場合、セロハンテープを使い、液体絆創膏を剥がし、顕微鏡で観察すると、空気やセロハンテープにしわが入り全体的に視野が暗くなるので、観察しにくくなる。また、シダ植物などの葉が柔らかく複葉の羽片のサイズが小さいため、セロハンテープでは、葉肉まで剥がれてしまった部分もあった。しかし、セロハンテープの方が葉から液体絆創膏をととても剥がしやすくなり、スライドガラスに貼るだけなので、作業も簡単になる。また、コケ植物の場合は気室孔が穴であるため、液体絆創膏を水で封じた時に気室孔の中に水が入ってしまい、気室孔の輪郭が黒くなり泡と区別しにくくなる。そこで、中学校の授業でSUMP法を用いるときは、作業も簡単になるため、セロハンテープで剥がした方が適していると考えた。

シダ植物の種類によって、気孔の形や大きさは様々だった (表 2, 3; 図 23-34)。また、トサノゼニゴケは孔辺細胞がなく、穴があいていた (図 35, 36)。他のシダ植物の気孔と異なり、アマクサシダの気孔の周りは、細胞が取り囲んでいる (図 34)。コケ植物は、孔辺細胞や根・茎・葉の区別がないために体の水分を保つのは難しい。そこで、体全体で水を吸収し水を常に保つために、より地面に近い湿った場所に生息しているコケ植物の観察を通して、環境との関係性を、生徒自ら考えやすくなるのではないかとと思われる。また、シダの種類によって気孔の形や大きさが違うことや、同じ胞子で繁殖するシダ植物やコケ植物でも体のつくりが異なることは、生徒の興味を引くのではないかと考える。シダ植物の気孔とコケ植物の気室孔を観察することで、シダ植物の方が乾燥に耐えられる体のつくりになっていることに気づきやすくなると考える。

### 3. 気室孔の基礎データ<sup>4)5)</sup>

トサノゼニゴケは、背面につやがありクチクラ層が発達しているので、気室孔がないと二酸化炭素や水蒸気などの気体のガス交換の効率が悪くなるのではないかと考えられる。また、ケゼニゴケは葉状体

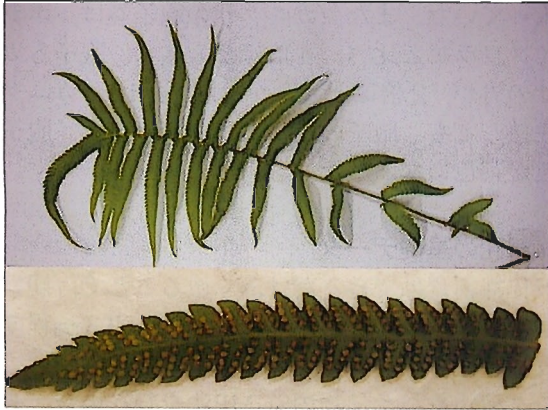


図1 ホシダ複葉と羽片の裏



図5 イヌワラビの羽片の裏 (バー2.0mm)

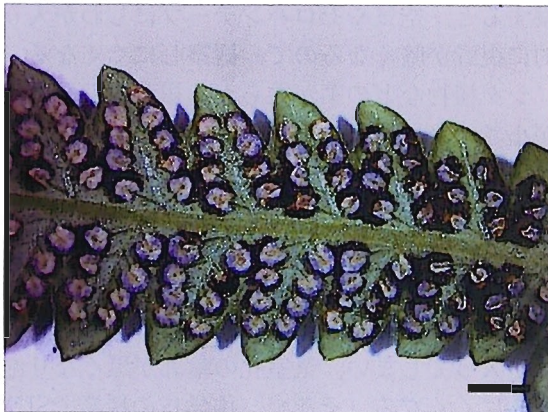


図2 ホシダ羽片の裏 (バー2.0mm)

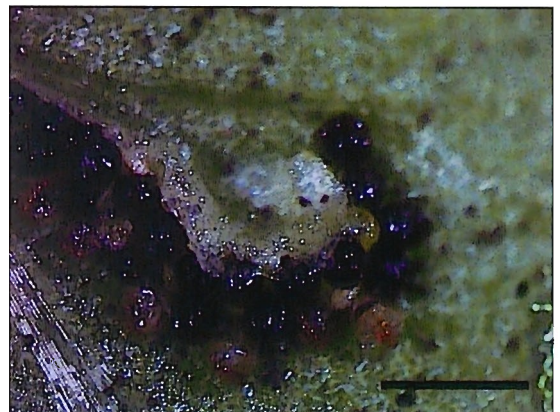


図6 イヌワラビの孢子囊群と孢子 (バー0.5mm)



図3 ホシダ孢子囊群と孢子 (バー0.5mm)



図7 イヌワラビの孢子が飛び出した孢子囊 (バー0.5mm)



図4 イヌワラビ複葉と羽片の裏



図8 孢子がついていないカニクサ



図9 孢子がついているカニクサ



図13 アマクサシダの複葉



図10 カニクサの羽片の裏 (バー2.0mm)



図14 アマクサシダの羽片の裏 (バー2.0mm)



図11 カニクサの偽包膜と孢子嚢 (バー0.5mm)

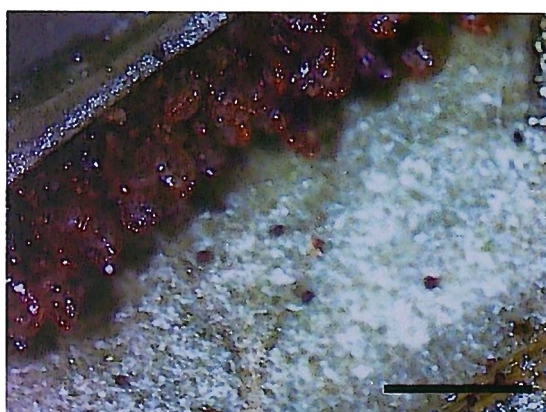


図15 アマクサシダの孢子嚢群 (バー0.5mm)



図12 カニクサの孢子嚢と孢子 (バー0.5mm)



図16 アマクサシダの孢子 (バー0.5mm)



図17 トサノゼニゴケ

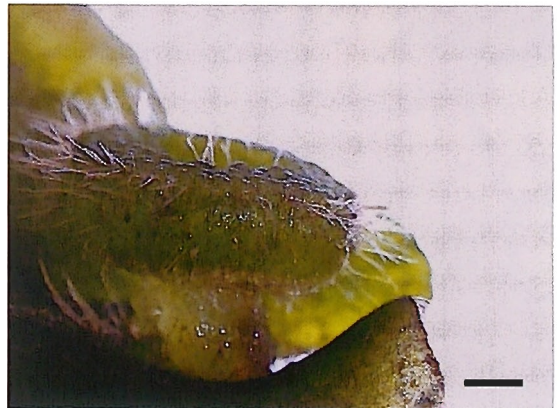


図21 ケゼニゴケの雄器托 (バー2.0mm)

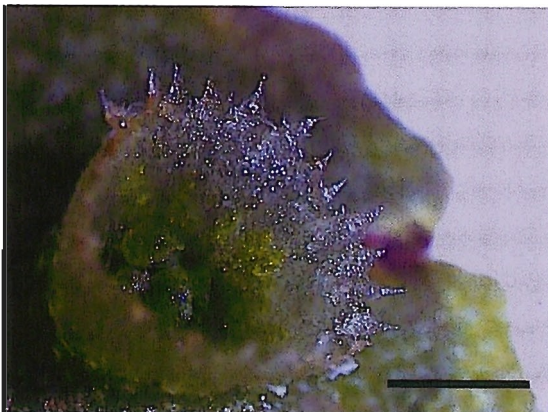


図18 トサノゼニゴケの杯状体と無性芽 (バー1.0mm)



図22 左:ケゼニゴケ 右:トサノゼニゴケ (バー1.0cm)

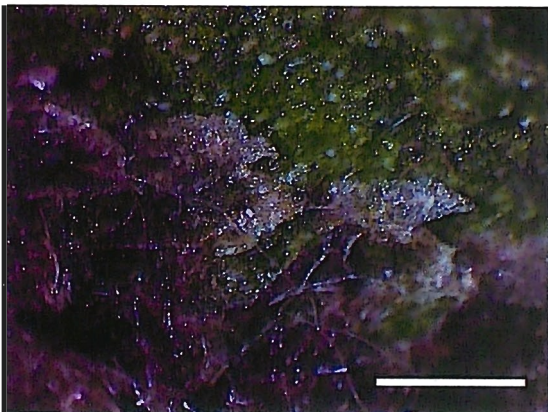


図19 トサノゼニゴケの腹鱗片 (バー0.5mm)



図20 ケゼニゴケ

が薄く、クチクラ層が発達していないように見えるので、気室孔が無くても体全体で十分にガス交換を行うことができるのではないかと考えられる。

SUMP法で気室孔の観察をする場合、ケゼニゴケには気室孔はないが、葉状体の背面に微小な乳頭が多く点在しているため、SUMP法ではその微小な乳頭を気室孔と見間違ふ可能性がある。このように、コケ植物にも気室孔を持たないものがあるので、コケ植物の気室孔を観察する授業を行う場合は、そのコケ植物に気室孔があるかどうか、確認しておく必要がある。トサノゼニゴケとケゼニゴケの場合、肉眼でよく観察すれば、上記の特徴の違いがあるので、区別はできる (図22)。

#### 4. たたき染め実験

新学習指導要領<sup>1)</sup>によって新しく、種子をつくらぬ植物の学習が加わることになった。種子をつくらぬシダ植物やコケ植物のたたき染めを行い、デンプン反応を見ることで、種子をつくる植物と共通する部分があることを理解できる。その上で、植物体のつくりや胞子を観察することによって、種子植物とは違う部分により注目しやすくなるのではないかと考え、ホシダ、イヌワラビ、カニクサ、トサノ

表1 胞子嚢と胞子の大きさ(長径)

種名	包膜 (mm)	胞子嚢 (mm)	胞子 (mm)
ホシダ	0.90	0.15	0.030
イヌワラビ	1.9±0.4	0.15	0.030
カニクサ	0.75	0.60	0.075
アマクサシダ		0.20	0.042

表2 気孔の分布密度

種名	表	裏 (個)	個/mm <sup>2</sup>
ホシダ	なし	×400 20±2.5	125
イヌワラビ	なし	×100 190±8.1	75
		×400 12±0.6	75
カニクサ	なし	×400 25±4.4	156
アマクサシダ	なし	×400 11±0.6	69

表3 気孔の大きさ(長径)

種名	大きさ (μm)
ホシダ	32±3
イヌワラビ	50±5
カニクサ	38±3
アマクサシダ	38±3

ゼニゴケでたたき染めを行った(図37-40)。

日陰と日向のホシダでは、ヨウ素反応から見て、光合成量にあまり違いはなかった。日向のホシダは日陰のホシダに比べ、十分に水を与えた状態でも乾燥し、葉が枯れやすく、すぐに胞子が成熟しているように見えた。葉に水分が少なく乾いているものは、たたき染めの前処理としての煮る時間を長く調整することで、プリントしやすくなった。また、叩き過ぎるとプリントに葉肉が多く残り、濃い緑色の部分ではヨウ素染色の青紫色が分かりにくかった。そこで、きれいにプリントするためには、叩く強さや叩く場所は均一になるようにした方がよい。

ヨウ素染色では、日陰も日向も同様に、1日目ではあまり変化は見られなかったが、2日目でははっきりとアルミホイルを巻いた部分とそうでない部分の違いが分かった(図37)。2日目と3日目には違いは見られなかった。カニクサは羽片が複雑でアルミホイルを巻きにくかったので、何もしない状態でたたき染めとヨウ素染色を行った(図39)。トサノゼニゴケもたたき染めとヨウ素染色によって、光合成を確かめることができた(図40)。

お茶パックなしで、煮なかったホシダ(柔らかく、若い葉)をたたき染めた場合、ろ紙には、きれいにプリントできたが、お茶パックで煮た葉のプリントに比べヨウ素染色での青紫色があまりでなかった。作業を簡単にするために、煮る作業を省けるか検討したが、葉は煮ないとあまりデンプン反応が見られないと考えられる。

## 5. 前葉体の培養

1枚の恒温器処理したプレートの中の胞子が2日目まで発芽し始めた(図41)。8日後、恒温器処理したプレートは全て発芽したが、恒温器処理していないプレートは1枚だけ発芽した。胞子が発芽すると、8日ほどでプレートの液面が緑色になった。また、発芽した胞子をセルロース寒天で培養しようとした。しかし、2週間目で、培養液とセルロース寒天にカビが生えてきたので、これ以上の成長はあまり期待できないように思われた。8日ほどで、文献資料等で見られる原糸体の写真のように、顕微鏡で観察することができた。また、原糸体の細胞が大きいと、葉緑体もよく観察できた(図42)。

## IV. シダ植物コケ植物の教材としての可能性

### 1. シダ植物とコケ植物の特徴

これらの植物はともに胞子でふえるが、シダ植物は根、茎、葉の区別があり、維管束がある。しかし茎はほとんどの場合地下にある。また、羽片の裏側に気孔がある。コケ植物は根、茎、葉の区別がなく、維管束もない。

### 2. たたき染めと実験

従来の教科書<sup>10)</sup>では、葉の色が緑色だからという理由で、シダ植物やコケ植物の葉の細胞にも種子植物と同じように葉緑体があり、光合成によってデンプンなどの養分をつくって生活しているということ

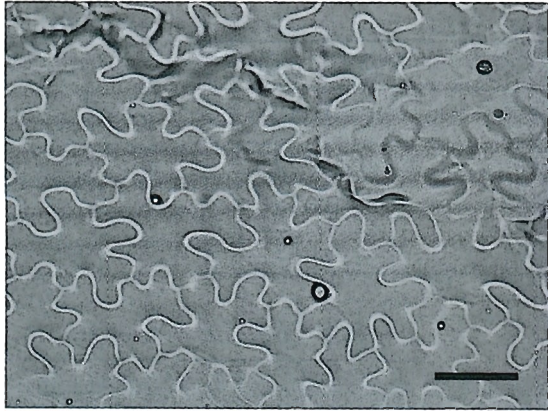


図23 ホシダ羽片の表 (バー0.05mm)

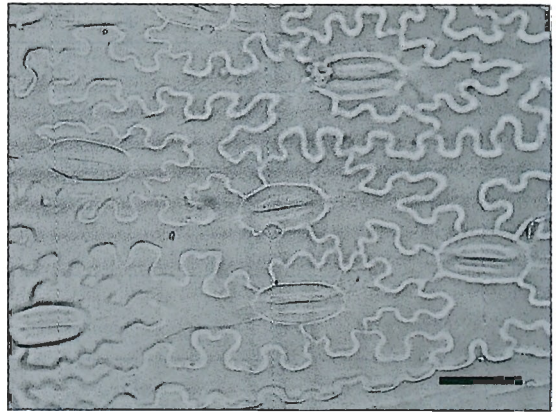


図27 イヌワラビ羽片の裏 (バー0.05mm)

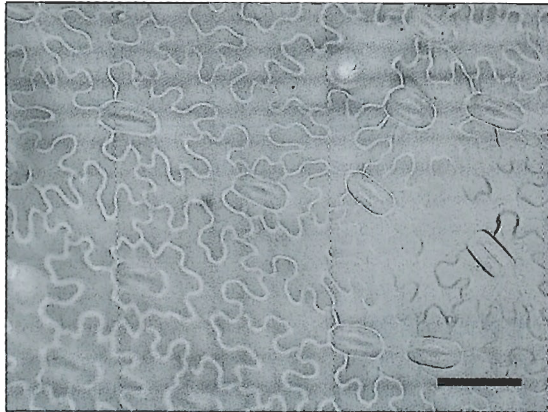


図24 ホシダ羽片の裏 (バー0.05mm)



図28 イヌワラビの気孔 (バー0.05mm)

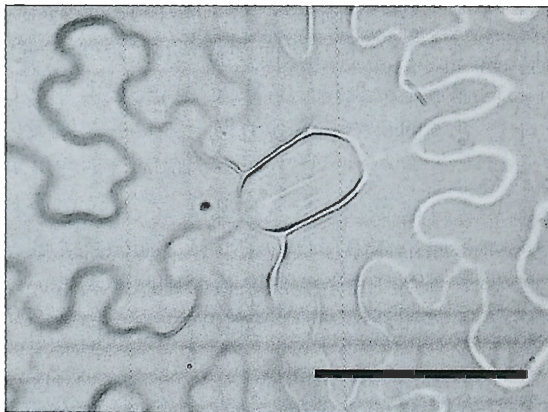


図25 ホシダの気孔 (バー0.05mm)

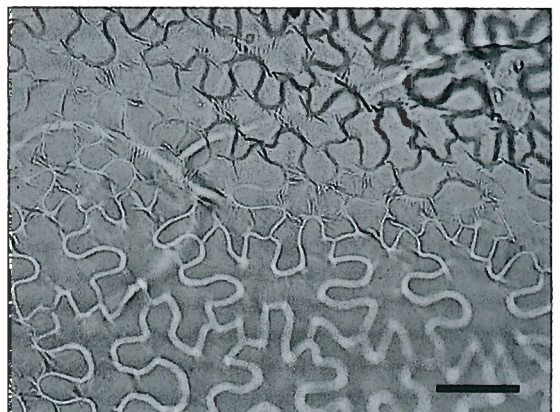


図29 カニクサ羽片の表 (バー0.05mm)

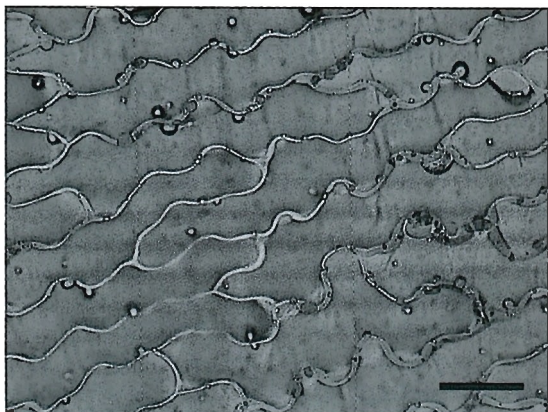


図26 イヌワラビ羽片の表 (バー0.05mm)

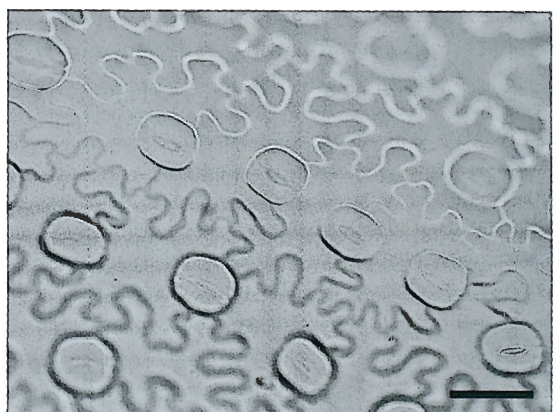


図30 カニクサ羽片の裏 (バー0.05mm)



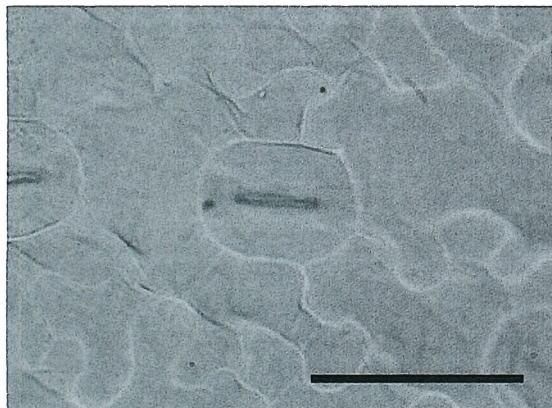


図31 カニクサの気孔 (バー0.05mm)

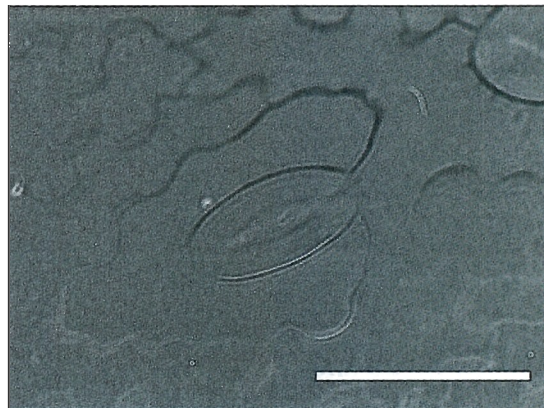


図34 アマクサシダの気孔 (バー0.05mm)

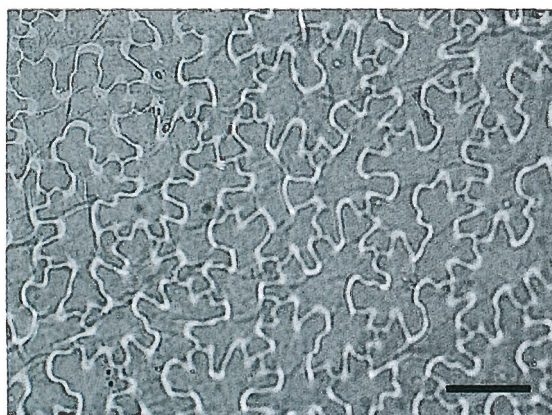


図32 アマクサシダ羽片の表 (バー0.05mm)

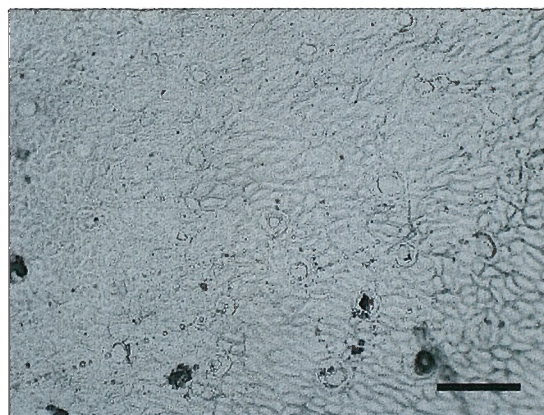


図35 トサノゼニゴケの葉状体の背面 (バー0.05mm)

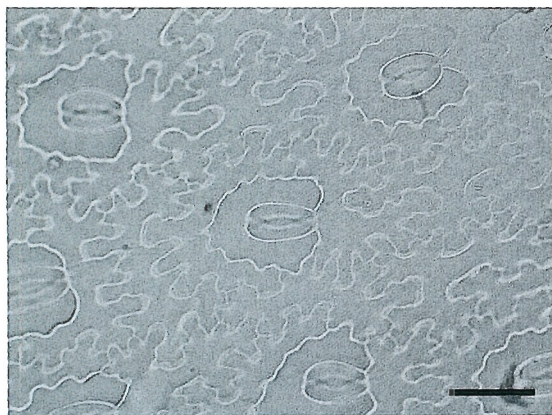


図33 アマクサシダの羽片の裏 (バー0.05mm)

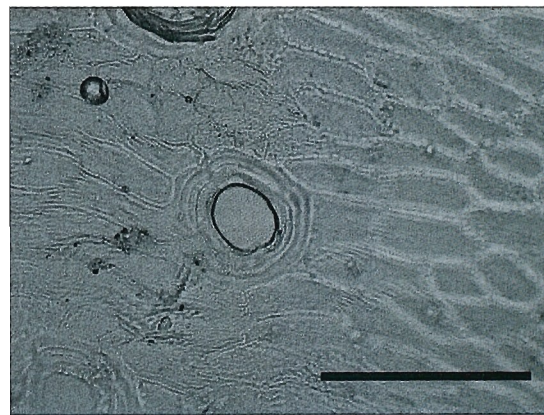


図36 トサノゼニゴケの気室孔 (バー0.05mm)

を学習している。本研究では、実際にたたき染めを行うことにより、シダ植物やコケ植物の葉が光合成を行っているという根拠をより明確に示すことで、理解しやすくなると思われる。また、共通点を理解することで、相違点に注目しやすくなると思われる。

### 3. 植物体のつくり

種子をつくらぬ植物のシダ植物やコケ植物の観察を通して、種子ではなく胞子でふえることや根、茎、葉、維管束などの体のつくりを学習する。そこで、胞子嚢を温め乾燥させることで、胞子が飛び出

す様子を観察することは、生徒の興味を引くと考えられる。また、この観察により胞子は乾燥に強いことを、より深く理解し、なぜ湿った場所に生息していることが多いのか考える時に、胞子が乾燥に弱いと考える生徒は減るのではないかとと思われる。

シダ植物が根、茎、葉の区別がはっきりし、根で吸い上げた水や栄養分を葉に送る管が集まった維管束をもつことを、茎の断面図の写真やイラストで確認することで理解しやすくなると思われる。

種子をつくる植物の単元で葉の裏に多くの気孔があることは学習しているので、シダ植物やコケ植物



図37 ホシダのたたき染め  
左；ヨウ素染色前 右；ヨウ素染色後（以下同じ）



図38 イヌワラビのたたき染め



図39 カニクサのたたき染め

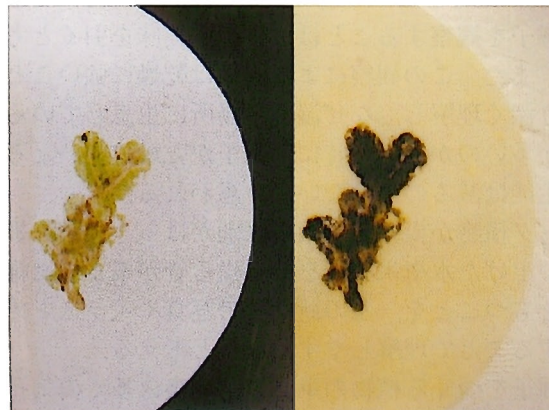


図40 トサノゼニゴケのたたき染め

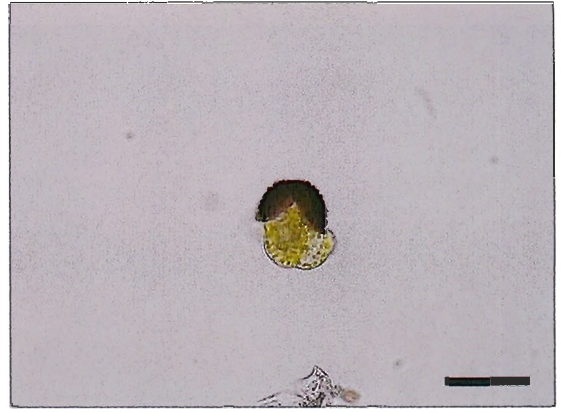


図41 ホシダ胞子の発芽（2日目）（バー0.05mm）



図42 ホシダ胞子の発芽（8日目）（バー0.05mm）

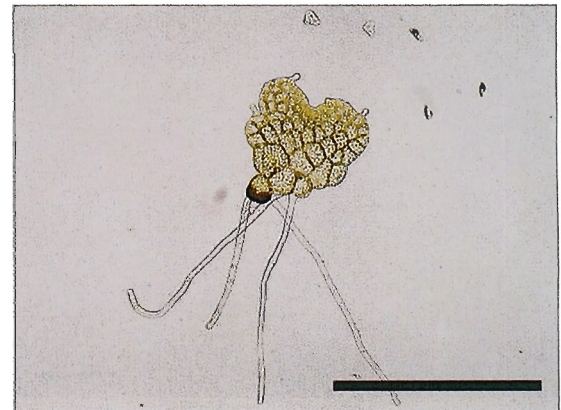


図43 ホシダ胞子の発芽（12日目）（バー0.5mm）

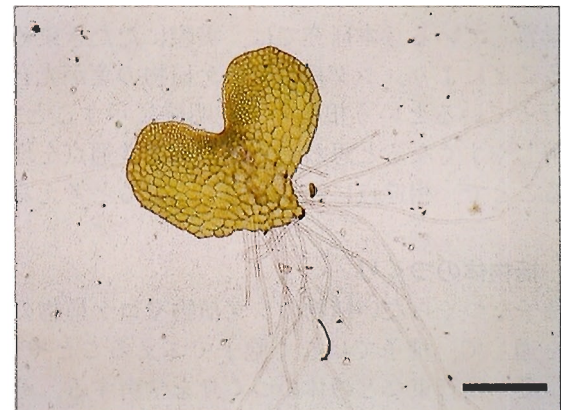


図44 ホシダ胞子の発芽（18日目）（バー0.5mm）

にもあるかどうか生徒に考えさせる。予想させる内容は、気孔があるかないかで十分だと思われる。そして、実際にSUMP法でイヌワラビやホシダなど2～3種類のシダ植物を観察させることで、気孔の形や大きさも様々であることに気づく。また、コケ植物は気孔と違い、穴があいているだけ（気室孔）ということも生徒の興味を引くのではないかと考える。

シダ植物やコケ植物が湿った場所に多く生息する理由として、胞子は湿った地面でないと発芽しないことや、造精器にできた精子が水の中を泳いで造卵器の中の卵細胞に達し、受精することなどが考えられる。また、コケ植物の場合は、維管束がないために水分を体の表面全体から取り入れるために湿った場所に生息していると考えられる。

ここで、なぜコケ植物が湿った場所に生息するかという課題の答えとして、受精のことまで学習することは、一年生の段階では難しいように思われる。そこで、一年生までに植物の体のしくみや根、茎、葉、維管束の区別のこと、胞子でふえること、SUMP法の実験で気孔や気室孔のことを学習する。その後三年生では、「生物の殖え方」の単元の中で、種子植物の受精の仕方を詳しく学習するので、一年生に学習したシダ植物やコケ植物が湿った場所に生息する理由は、実は、受精とも大きく関わっていることを話し、動画などを用いて、シダ植物やコケ植物の受精には精子が泳ぐために水が必要だが、種子植物の胚珠の中には水(水分)があるために、まわりに多くの水が無くても受精できることを学習する。これらの学習により、種子をつくる植物と種子をつくらない植物の環境との関連性や子孫を残すための進化を深く理解できるのではないかと考える。

#### 4. まとめ

シダ植物とコケ植物の教材化基礎資料として、身近に生育しているシダ植物やコケ植物の胞子嚢や胞子、また気孔（シダ植物）、気室孔（コケ植物）の顕微鏡写真を撮り、大きさ、分布密度を測定した。シダ植物の気孔は、表側ではなく裏側のみに存在し、気孔の形、大きさ、数はシダ植物の種類によって異なっていた。ケゼニゴケでは、気室孔は見られなかった。コケ植物は、気孔ではなく、背面に気室孔があった。

シダ植物やコケ植物のたたき染めを行うと、種子植物と同様に、葉にデンプンがあることを簡便に確かめることができる。

## V. 「種子をつくらない植物」の授業実践

### 1. 発展学習の進め方【2時間扱い】

#### <1時間目>

- (1) 種子植物の分類を整理しながら、種子でふえない植物（花の咲かない植物）について考える。
- (2) シダ植物、コケ植物、藻類、菌類、細菌類などの植物について確認する。
- (3) 課題を提示する。

「シダ植物について調べてみよう。」

- ① シダ植物は校庭のどんな場所で見られるか。
  - ② シダ植物のからだのつくりはどうなっているか。（根、茎、葉、維管束）
  - ③ シダ植物には気孔があるだろうか。
- (4) 課題を解決していく。

①、②は写真やイラストなどで確認し、③は、実際に液体絆創膏を使って気孔の有無を確認する。また、胞子嚢が胞子を飛ばす場面も映像で学習し、胞子でふえていくことを確認させておく。

#### <2時間目>（表4）

- (1) シダ植物の増え方、体のつくりを復習し、コケ植物（ゼニゴケ）について考えさせていく。
- (2) 課題1を提示する。  
「ゼニゴケとシダ植物では気孔のつくりにどんな違いがあるだろうか。」
- (3) 課題を解決していく。  
ゼニゴケ葉状体の表面を液体絆創膏を使って観察させる。表裏どちらにあると思うのか、根拠をもとに自分なりの仮説を立てて観察を行わせる。
- (4) ゼニゴケの気室孔（呼吸孔）の存在について確認する。
- (5) 課題2を提示する。  
「シダやコケが、日陰の湿り気の多いところに生育しているのはなぜだろうか？」
- (6) 課題について、個人でその理由について考察していく。
- (7) 個人の考えを持ち寄り、グループで討論していく中で、より科学的で多様な考え方があることを知る。
- (8) 全体の意見を聞いて、課題に対する考察を共有する。
- (9) シダ植物やコケ植物の受精の仕組みを確認し、増え方と水の関係について知り、自分の言葉でまとめ直す。

### 2. 学習のねらいと指導実践【指導案の一部を抜粋】 本時（2/2）の学習（表4）

表4 実践授業の展開

過程	配当	生徒の学習活動	授業のプロセス	教師の指導・支援	備考
導入	3分	1 前時に観察したシダ植物の気孔の形について思い出す。 1) シダ植物は、葉の裏側に種子植物と似た形の気孔があった。	一斉	○前時に観察したシダ植物の気孔の形や数、表裏のどちらにあったのか確認させる。	プレパラート 顕微鏡、 パソコン、 プロジェクタ
展開一	17分	2 課題を確認し、予想をたてる。 <b>課題 1</b> シダとゼニゴケでは気孔にどんな違いがあるだろうか？ 1) ゼニゴケの気孔について、根拠（自分なりの仮説）に基づいて予想する。 【予想される仮説】 ・数は少ないのでは？ ・簡単なつくりではないか？ 2) 予想したことを、根拠に基づいて発表したり、発表された意見に対して自分の考えを付け加えたりする。 3 観察を行う 1) プレパラートを作成する。 2) 観察を行い、気孔の有無、形体、数などを確認する。 3) 観察して得られたデータを記録する。 4) シダ植物とコケ植物の気孔の違いと原因について理解する。	試考の場 個人	○シダ植物との相違点について考えさせる。 ○気孔の違いの予想が、根拠に基づいていえるようにさせる。 ①表と裏のどちらにあるのか ②数は多いのか少ないのか ③形の違いはなぜ生じるのか ○予想したことを発表させる。必ず根拠を聞くようにする。 ○手際よく観察し、記録するようにさせる。 ○観察の結果を全体で確認し、データを共有化する。 ○気孔の違いと、その要因について考えさせ、意見を引き出しながらまとめていく。	課題カード 学習シート  (手立て2) 評価3 液体絆創膏、顕微鏡、ハサミ、ピンセット、実物投影機、テレビモニタなど
展開二	20分	4 観察の結果から次の課題に取り組む。 <b>課題 2</b> シダやコケが、日陰の湿り気の多いところに生育しているのはなぜだろうか？ 1) 課題に対して、これまでの学習などを参考にしながら自分の考えをまとめる。 2) 班で、それぞれが考えた意見を出し合い最も適当だと思われる考えを集約する。 3) 学習シートの班の意見欄に、各個人の意見を吟味、修正したものを記入する。 5 自分たちの班でまとめた考えを発表し、ほかの班の意見を科学的な視点から吟味する。	試考の場 個人 協働の場 班	○シダ植物とコケ植物の共通点について考えさせる。 ○花を咲かせる植物と比較させ、シダやコケ植物の生理や生活環に視点を持って考えさせる。 ○班でそれぞれが考えた意見を持ちよらせ、お互いの意見を吟味、修正しながら、班の考えとしてまとめ記入させる。 ※机間支援により、各班の議論が活発になるようにする。 ○発表のときには、必ず科学的な根拠を入れて発表するように伝える。 ○ほかの班の意見を科学的な視点から吟味させる。 ○科学的な視点に基づいた考えはしっかり評価する。	(手立て1) 課題カード  評価2  (手立て3) 簡易ホワイトボード、ペンなど
まとめ	10分	6 本時のまとめをする。 1) シダ植物やコケ植物のふえ方が水と関係していることを映像で確認する。 2) 再度課題2に返り、映像の内容を参考にしながら、シダ植物とコケ植物のふえ方と水との関係を自分の言葉でまとめなおす。 7 片づけを行う	一斉  個人	○シダ植物やコケ植物のふえ方について映像を使って確認させる。 ○シダ植物やコケ植物のふえ方を水と関連付けて、もう一度自分の言葉でまとめさせる。 ○協力して片づけを行わせる。	パソコン、 プロジェクタ  (手立て4) 評価4

(1) 目標

○シダ植物やコケ植物の観察を行い、体のつくりが環境と密接な関係があることを、根拠をもとに説明することができる。

○種子植物とシダ植物やコケ植物の子孫の残し方を比較し、シダ・コケ植物のふえ方は生育環境に深くかかわっていることを理解することができる。

(2) 評価

○正しい観察、実験により適切な情報を得ることができ、シダ植物やコケ植物の体のつくり(気孔の形)の違いについて考察し、根拠に基づいて説明することができる。

○シダ植物やコケ植物の生育環境とふえ方について、科学的な視点から自分の考えをまとめ発表することができる。

(3) 準備

<植物素材>シダ類：アジアントム、セイヨウタマシダ、カニクサ、イヌワラビなど コケ類：ゼニゴケ

<薬品等>液体絆創膏

<器具等>顕微鏡、スライドガラス、セロハンテープ、ハサミ、ピンセット

<その他>学習シート、課題カード、実物投影機、テレビモニター、パソコン、プロジェクタ、簡易ホワイトボード(ペン、ペン消し)

(4) 展開(表4参照)

3. 授業の考察と今後への課題

先行的に発展的な学習実践だったが、本来シダ植物、コケ植物が胞子で増えることを押さえることがねらいである<sup>1)</sup>。過去に行った実践では、胞子嚢を乾燥させ胞子が飛散する様子を見せることで種子ではなく胞子でふえていくことを理解させていた。しかし、今回は体のつくりを詳しく観察した後、コケやシダがなぜ湿り気があるところに生育するのかを受精と関連付けて捉えさせ、それを三年生の生殖の単元につなげていくこともねらいの一つとした。

実際に授業を行った結果、課題1の気孔(気室孔(呼吸孔))<sup>11)</sup>の形の違いについては、様々な考察が出され活発な意見交換が行われた。しかし、課題1から課題2へのつながりをうまく行うことができず、生徒の自然な思考の流れをつくることができなかった。また、課題2では一度簡単に生活史を押さえているにもかかわらず、なかなか受精をすること、

精子が卵にたどり着くために水を必要とすることに気づく生徒は少なく、教師側の支援、助言が必要だったり、補助的な発問をしたりしなければ考察できないことが明らかになった。

さらに、シダ植物やコケ植物が種子ではなく胞子でふえるということを発展させ、発芽した胞子が受精を行うまでの生活史をとらえさせることで、生育環境とのつながりや植物の進化についても気づかせたかったが、教師の側のものくろみが生徒に十分に伝わったのかという反省もある。今後は、実際に胞子を発芽・生育させ観察することで、視覚的、体験的に『胞子でふえていく』という実感を持たせられるような授業展開についても研究が必要であると考え

謝 辞

本研究は一部、文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号19500749、研究代表者正元和盛)によって行われた。

参考文献

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成20年9月)解説 一理科編」, p. 14, pp. 66-67 大日本図書
- 2) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成10年12月)解説 一理科編一」, pp. 62-63 大日本図書
- 3) 岩槻邦男編：「日本の野生植物 シダ」, 1992, 平凡社 p. 81, p. 137, p. 218, p. 239
- 4) 岩月善之助編：「日本の野生植物 コケ」, 1992, 平凡社 p. 310, p. 315
- 5) 岩月善之助・水谷正美：「原色日本蘇苔類図鑑」, 1972, p. 48, pp. 365-367
- 6) 戸田盛和ほか：「理科2分野上」, p. 134, 2005, 大日本図書
- 7) 福島恵美子、正元和盛：「たたき染め法での葉のでんぷん検出の改良の試み」, 熊本生物研究誌 37, 8-10, 2006
- 8) 「新 観察・実験大辞典」編集委員会：「新 観察・実験大辞典[生物編] ① 植物」, pp. 60-61, 2002, 東京書籍
- 9) 村田威夫・谷城勝弘：「野生観察ハンドブック シダ植物」, 2006, pp. 97-100, 全国農村教育協会
- 10) 赤羽寿夫ほか：「理科2分野上」, 1998, pp. 34-37, 啓林館
- 11) BotanyWeb : <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~algae/BotanyWEB/top.html>