

高等学校理科総合B「生物の多様性」の学習において種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する研究

－ワカメを用いた教材開発を中心に－

岩手県立花巻農業高等学校 教諭 小野寺 浩詩

I 研究目的

高等学校理科総合Bの「生物の多様性」の学習においては、地球には様々な動物や植物が存在すること及びそれらがそれぞれの環境の下で多様な生活の仕方をしていることを具体的な例をとおして扱い、その際、種子をつくらない植物を含めて扱うことが求められている。そのためには、身近な生物を取り上げ、観察や実験をとおして理解させていくことが大切である。

しかし、種子をつくらない植物の観察・実験教材として、コケ植物やシダ植物を扱ったものは見られるが、海洋性の藻類を扱ったものはほとんど見られない。そのため、多様な植物が様々な環境に適応して生活していることが深く理解されない状況にあると考える。

このような状況を改善するためには、身近で観察・実験が容易な海洋性の藻類を用いた教材の開発が必要である。中でもワカメは、生徒が日頃食する機会も多い身近な藻類であり、また、条件を整えることで、飼育や配偶体の保存も可能な材料であることから、体の仕組みと生活について、陸上植物と比較しながら理解を深められる教材になり得ると考える。

そこで、この研究は、「生物の多様性」の学習において、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めるため、ワカメを用いた教材の開発を行い、授業実践をとおしてその有効性を明らかにし、高等学校理科総合Bの学習指導の改善に役立てようとするものである。

II 研究仮説

高等学校理科総合B「生物の多様性」の学習において、身近な海洋性の藻類であるワカメを用いた教材を開発し、陸上植物と比較した学習活動を展開すれば、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について、生徒は理解を深めることができるであろう。

III 研究の内容と方法

1 研究の内容

- (1) 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する基本構想の立案
- (2) 基本構想に基づく手だての試案の作成
- (3) 基本構想に基づく生物教材の開発

(4) 授業実践及び実践結果の分析と考察

(5) 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する研究のまとめ

2 研究の方法

(1) 文献法 (2) 質問紙法 (3) テスト法 (4) 授業実践

3 授業実践の対象

岩手県立花巻農業高等学校 食品化学科3年 (男子10名 女子27名 計37名)

IV 研究結果の分析と考察

1 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する基本構想

(1) 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めることの基本的な考え方

ア 種子をつくらない植物の扱いについて

高等学校理科総合Bにおいて、種子をつくらない植物として例示されているのは、藻類、コケ植物、シダ植物である。しかし、観察・実験教材の大半はコケ植物やシダ植物であり、藻類、中でも海洋性のものを扱ったものはほとんど見られない。また、それぞれの植物が羅列的な扱いとなっているため、植物間のつながり（系統性）がなおざりになりがちである。

イ 生徒の実態

上述アの状況から、生徒たちの種子をつくらない植物への理解が浅いものとなっている。さらに、生徒は生活環（生活の様子）の概念をとらえられず、種子植物と種子をつくらない植物を、種子を「つくる」、「つくらない」という観点からしか見ることができない傾向が強い。そのため、植物の仲間としての共通した特徴を理解できず、相違点のみが強調された認識となっている。

ウ 学習上重要な事柄と理解の深まりについて

体の仕組みと生活環に着目すると、海洋性の藻類、コケ植物、シダ植物、種子植物ともに植物の仲間として共通した特徴をもっている。体の仕組みでは、多細胞生物であり、クロロフィルをもっているという点、生活環では、それぞれの植物が基本的には同じ有性世代と無性世代をもっているという点である。これらのことが理解できてはじめて「理解が深まった」ことになる。この研究では、「植物の体の仕組みと生活」について、『体制』、『同化色素』、『生活環』という内容に焦点をあて、これらについて海洋性の藻類、コケ植物、シダ植物、ならびに種子植物を比較、検討していくことで理解を深めることとした。

(2) 海洋性の藻類（ワカメ）を用いた教材を取り入れる意義

ア 海洋性の藻類（ワカメ）を用いた教材開発の意義

種子植物と種子をつくらない植物の『体制』、『同化色素』、『生活環』の比較、検討において、海洋性の藻類（ワカメ）を扱うことの意義を以下にまとめる。

(ア) 陸上植物とは異なった体の仕組みや生活を知ることができること。

(イ) ワカメは生徒にとって身近な食材であることから、興味・関心を引くことができること。

(ウ) 乾燥・塩蔵ワカメは一年中、どの地域でも入手可能で、同化色素や体制の学習に使用できること。

(エ) 配偶体の保存培養により、季節を問わず生活環の各時期の観察ができること。

イ 海洋性の藻類（ワカメ）を用いた観察・実験の教材開発上の問題点

これまで、海洋性藻類（ワカメ）を用いた観察や実験がほとんど行われてこなかった原因として考えられる点を以下にまとめる。

- (ア) 内陸部では生きた海藻の入手が難しいと考えられている。（海藻入手の点）
- (イ) 内陸部では海水の入手が困難なため、飼育できないと思われがちである。（海水入手の点）
- (ウ) 一般的な実験室での培養法が確立されていない。（実験室培養法の点）
- (エ) 授業での具体的活用例がほとんどない。（活用例の点）

ウ 問題点の改善

上述イの問題点を次のように改善した。

- (ア) （海藻入手の点）について：先入観から、生きたメカブ（胞子葉）やワカメの入手は困難であると思われがちであるが、鮮魚店等に問い合わせたところ、ほとんどの場合入手可能であることが分かった。
- (イ) （海水入手の点）について：人工海水を用いて実験したところ、海水と同様の結果が得られ、代用できることが分かった。
- (ウ) （実験室培養法の点）について：岩手県水産技術センターの指導を受けたワカメの養殖技術を基に、一般的な（高校に標準的にある）実験室で培養法を工夫・改善したところ、安定した培養が可能になった。
- (エ) （活用例の点）について：乾燥・塩蔵ワカメは、同化色素や体制の学習に、培養個体は、生活環の学習で活用することとした。

(3) 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める指導の進め方

『体制』、『同化色素』、『生活環』を三つの観点とし、観点と各植物毎の留意事項を【表1】にまとめた。指導に当たっては、この留意事項を基に、それぞれの植物の相違点を挙げ、認識させることから始め、様々な観察・実験等を通じて、それぞれの植物が共通した特徴をもっていることを理解させる。このことにより、多様な植物が存在

【表1】種子植物と種子をつくらない植物の留意事項

観点	植物の種類	種子植物 (イネ)	種子をつくらない植物		
			シダ植物 (ワラビ)	コケ植物 (スギゴケ)	藻類 (ワカメ)
体制(多細胞生物の形態)	葉、根、茎の別	区別あり	区別あり	区別なし(仮根を持つ)	区別なし(仮根を持つ)
	維管束	あり	あり	なし	なし
同化色素	クロロフィル	a、bを持つ	a、bを持つ	a、bを持つ	a、cを持つ
	体色	緑色	緑色	緑色	褐色
生活環	胞子体	イネ	ワラビ	配偶体に寄生	ワカメ
	胞子形成器官	胚珠、やく	胞子のう	胞子のう	遊走子のう
	胞子	胚のう細胞、花粉細胞	胞子	胞子	遊走子
	配偶体	胚のう、花粉管	前葉体	雌株、雄株	雌性配偶体 雄性配偶体
	造卵・造精器	退化的	造卵器、造精器	造卵器、造精器	造卵器、造精器
	配偶子	卵細胞、精細胞	卵、精子	卵、精子	卵、精子
	接合子	受精卵	受精卵	受精卵	

することに気付かせ、最終的に、同じ生活環をもつ「植物」であることを理解させる。

以上の指導過程により、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解が深まっていくと考える。

(4) 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する基本構想図

種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する基本構想図を次頁【図1】のように作成した。

2 基本構想に基づく手だての試案の作成

(1) 手だての試案の概要

ア 指導目標

海洋性の藻類であるワカメを用いた教材を開発し、授業で陸上植物と比較しながら活用することにより、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めさせる。

イ 指導計画の位置付け

高等学校理科総合B「生物の多様性」の「多様な植物」の学習として位置付ける。

(2) 指導の展開

ア 手だての試案

基本構想に基づく手だての試案を【表2】に示す。

イ 観察・実験資料の作成

基本構想に基づく手だての試案から、各授業において生徒が使用する「学習プリント」、「実験参考プリント」ならびに「レポート用紙」を作成する。

(3) 検証計画

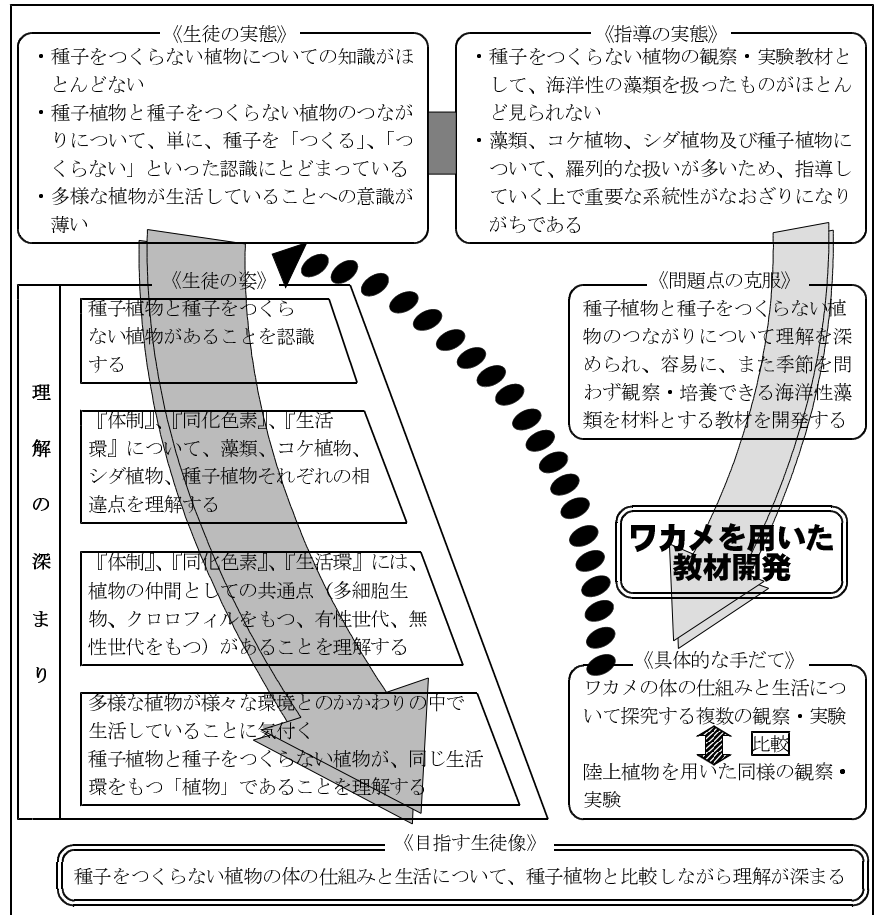
次頁【表3】に検証計画の概要を示す。

3 基本構想に基づく生物教材の開発

(1) ワカメの概要

ワカメは、コンブ目コンブ科ワカメ属に属する一年生の藻類で、長さは100~200cm、幅は40~50cmである。

1~3月頃、メカブと呼ばれる孢子葉が葉体下部に形成され、春~夏にかけ遊走子(孢子)を放出させる。放出された遊走子は西洋ナシ型で、長さ8~9μm、幅5~6μmほどである。体の側面に二本の鞭毛を持ち、移動しながら適当な基質に達すると鞭毛を消失し球形になる(固着)。この球形の細胞が雌雄の配偶体



【図1】種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する基本構想図

【表2】基本構想に基づく手だての試案

時	学習活動(波線は手だてによる活動)	指導上の留意点
1	植物の体制 ・種子植物、種子をつくらない植物の植物体を観察する ・特徴(相違点)を発表する	・各植物の特徴(相違点)をとらえさせる ・各植物が生活している環境と生活の様子を考えさせる
2 ・ 3	植物の体制 ・ワカメと陸上植物の組織を顕微鏡で観察する ・植物体及び顕微鏡の映像を見ながら、葉、根、茎の有無を確認する(パソコン、液晶プロジェクター、スクリーン使用)	・各植物の内部構造の特徴(維管束の有無)をとらえさせる ・葉、根、茎が維管束の存在とかわかることを理解させる ・養分や水分の吸収の仕方について理解させる ・多細胞生物であるという共通点を理解させる
4 ・ 5	同化色素 ・ワカメの湯通し実験に取り組む ・色素分離実験に取り組む(薄層クロマトグラフィ法) ・海洋性藻類(ワカメ)と陸上植物の色の違いの要因を考察する	・植物がもっている色素の組み合わせにより、体色に変化していることと、クロロフィル以外にも同化色素があることを理解させる ・色素と生活環境のつながりを理解させる ・クロロフィルをもつという共通点を理解させる
6	生活環 ・ワカメの培養方法を理解する ・無基質採苗に取り組む	・遊走子が配偶体まで成長する過程を理解させる ・無基質採苗の方法と手順を理解させる
7	生活環 ・培養中の配偶体を観察する ・生活環の概要を理解する ・ワカメの生活環を映像等を通じ理解する(パソコン、液晶プロジェクター、スクリーン使用)	・配偶体の成長の様子を確認させる ・植物の生活環について、各時期の概要を理解させる ・ワカメの生活環を理解させ、各時期の区別がつくようにさせる
8	生活環 ・陸上植物の生活環を学習資料を通じて理解する ・ワカメの生活環と陸上植物の生活環を比較する ・扱ってきた植物を種子植物と種子をつくらない植物に分ける	・各植物の生活環を比較させ、共通点と相違点をとらえさせる。また、相違の要因について考察させる ・各植物の植物体等が生活環のどの時期のものか理解させる ・イネだけが種子植物であることを理解させる
9	生活環と多様な植物 ・各植物の生活環における相違の要因について発表する ・種子植物と種子をつくらない植物の相違点と共通点を再確認する ・種子をつくらない植物の体の仕組みと生活の特徴をまとめる	・生活環と生活環境とのつながりを理解させる ・有性世代と無性世代をもつという共通点を理解させる ・多様な植物が様々な環境とのかかわりの中で生活していることを理解させる ・同じ生活環をもつ「植物」であることを理解させる

に生育し、精子と卵が作られる。やがて受精によって生じた受精卵は、細胞分裂を行い、約一か月で肉眼視できるサイズの幼芽（幼葉）となり、その後成葉へ成長していく。

(2) ワカメを用いた観察・実験教材の開発
ア 開発のねらい

【表3】検証計画の概要

検証項目	検証内容	検証方法	処理・解釈の方法
知識・理解の状況について	・種子をつくらない植物の体の仕組み（体制、同化色素）と生活（生活環）についての理解 ・多様な植物が生活していることについての理解	テスト法 質問紙法 レポート 及び感想文	・テストは、100点満点でt検定及び有効度指数により分析・考察を行う ・アンケート、感想文などは知識・理解にかかわる内容を分析・考察する
学習に関する意識の変容について	・生物の学習に関する意識 ・観察・実験を行うことへの意識	質問紙法	・事前・事後テスト、事前・事後のアンケートを分析・考察する
教材の有用性	・学習内容の理解を深める教材としてのワカメの有用性（教材への興味・関心）	質問紙法 レポート 及び感想文	・観察・実験レポートの感想及び事前・事後のアンケートと感想文を分析・考察する

「植物の多様性」の学習で身近な海洋性の藻類であるワカメを用い、生徒たちの興味・関心を引き、さらに、『体制』、『同化色素』、『生活環』について、陸上植物と比較した学習をすることをねらいとした。開発したワカメを用いた観察・実験について、使用した（使用可能な）材料及び内容を観点毎に【表4】に示す。

【表4】ワカメを用いた観察・実験

観 点	材 料	観 察 ・ 実 験 内 容
体 制	植物体（胞子体）または標本 生ワカメまたは、乾燥・塩蔵ワカメ	植物体、外観の観察 内部構造の観察（維管束の有無の確認）
同化色素	生ワカメ（冷凍でもよい） 生ワカメ（冷凍でもよい）または、乾燥・塩蔵ワカメ	色の変化の観察（褐色→緑色） 薄層クロマトグラフィー法による色素分離実験
生活環	生メカブ 無基質（配偶体）	無基質培養、促成採苗、遊走子の観察 無基質採苗、生活環の各時期の観察

注 無基質、無基質培養、促成採苗、無基質採苗については下記イを参照。

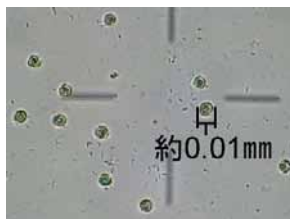
イ 人工採苗技術を基本としたワカメの培養

『生活環』の学習において、一年中、どの地域でもワカメの生活環が観察できるように、ワカメの養殖技術の一つである人工採苗技術を基本とした実験室での三つの培養法（促成採苗、無基質培養、無基質採苗）を開発した。開発の概要及び観察・実験に活用可能な例を下に示す。

(ア) 促成採苗

メカブから放出される遊走子をクレモナ糸等に直接付け培養する技術である。

- ① メカブのひだを5 cmほどに切り、滅菌海水（人工海水を滅菌したもの）を入れたビーカー内で洗い、清潔な布（キムワイブ®など）でよく拭く。これを三回ほど繰り返す。
- ② 新聞紙に包み風通しの良い場所で一晩干す。（新聞紙に小分けにし、冷蔵庫に入れておくとある程度保存が効く。）
- ③ 滅菌海水が入ったビーカーに②を一、二枚入れ、遊走子を放出させる（【図2】）。（20分ほど）
- ④ メカブ片を取り除き、クレモナ糸（ビニロン）とアルミの針金で作った採苗器（【図3】）を③に浸し、遊走子（【図4】）を固着させる。（40分：20分後に反転）
- ⑤ 人工海水の入った水槽に④の採苗器を入れた後、市販の海藻用栄養剤を入れ（人工海水1ℓに対して2mlほど）、ラップをかける（【図5】）。



- ⑥ 18℃程度の恒温、2,000 lx（ルクス）以上の照明下で培養する。人工気象器または恒温器にスタンドを入れ、タイマーで調節したものを使用する（次頁【図6】）。培養開始時は、環境に馴染まず意味で一週間ほど遮光しておいた方がよい。また、日長条件は夕

イマーで調節し、配偶体を成長させたいときには明期を長く（14h前後）、孢子体の形成を促すときには明期を短く（10前後）するとよい（【図7】）。

⑦ 40日ほどで肉眼で確認できる幼葉になる。水替えは、最低二週間に一度は行った方がよい。また、幼葉（【図8】）になる頃には通気（エアレーション）した方がよい。

以上、促成採苗の簡単なモデル図を【図9】に示す。



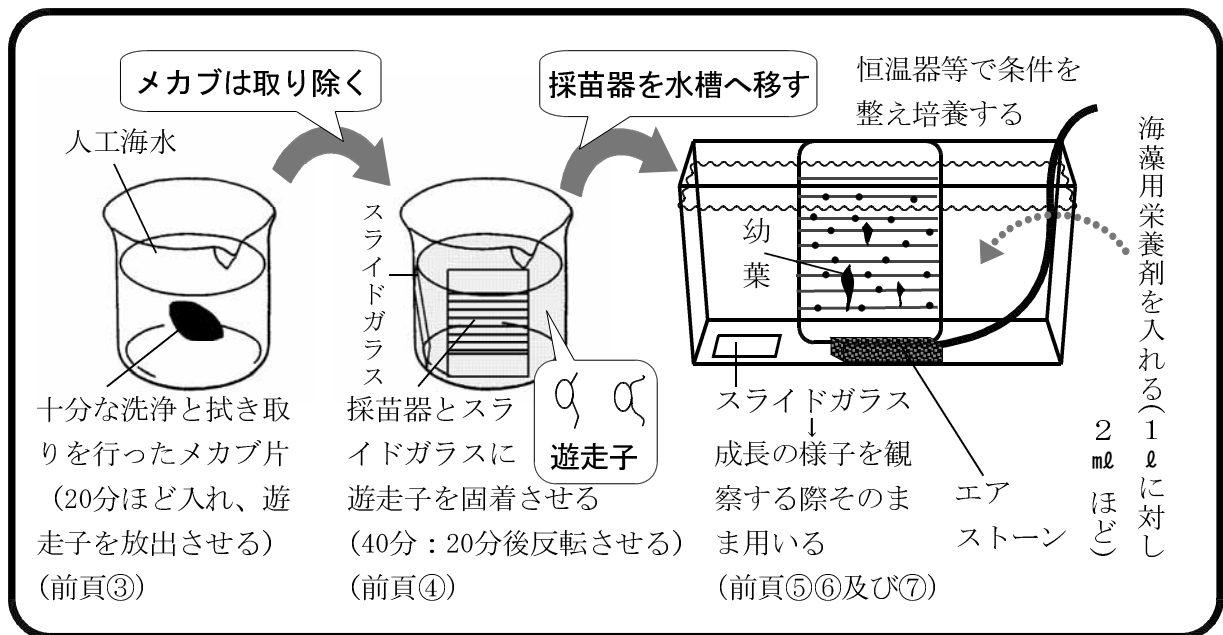
【図6】 恒温器での培養の様子



【図7】 成長した幼芽



【図8】 7mm程に成長した幼葉



【図9】 促成採苗のモデル図

〈観察・実験例〉 配偶体、造卵・造精器及び卵、精子、受精卵の観察、植物体の体制の観察、芽胞体の観察、同化色素の抽出

(イ) 無基質培養

メカブから放出される遊走子をフラスコ中の滅菌海水に植え、22～23℃、2,000 1x程度の条件で培養し、配偶体を成長、増殖させてから採苗に用いる技術である。フラスコに付着した遊走子が配偶体になり、成長していく過程で付着基質であるガラス面からはがれて浮遊状態になることから、「無基質」と呼ばれている（【図10】）。無基質培養された配偶体は、22～23℃、2,000 1x程度の条件で培養を続けると半永久的



【図10】 無基質

に増え続けるので、適正な管理で同じ形質のものをいつでも作り出すことが可能である。また、保存が効くため、実験時期に合わせて使用できるという利点がある。恒温器等がない場合も夏場、暗室で発泡スチロール容器などに水を入れ、水温の上昇を防ぐことで保存できる（【図11】）。



【図11】 培養の様子

〈観察・実験例〉 配偶体、造卵・造精器及び卵、精子、受精卵の観察

(ウ) **無基質採苗**

培養していた無基質を次の手順で採苗し、条件を変え培養する技術である。

- ① 無基質培養した配偶体を15℃で10日ほど培養し、成熟させる。
 - ② ミキサーにかけ5分ほど処理し、配偶体を粉砕する。(5細胞ほどにする)
 - ③ クレモナ糸とアルミの針金で作った採苗器を②の懸濁液に浸し、配偶体を固着させる。
- 以下、(ア)促成採苗④以降と同様。

(エ) **注意事項**

- ① 雑藻(ケイ藻や藍藻)の発生が心配されるので、メカブは念入りに拭き取る。なお、使用する器具類と人工海水は滅菌したものを使用する。また、ピンセットやビーカーは多めに準備し、使用した都度交換するとよい。雑藻が発生すると培養は難しい。
- ② 遊走子の発生状況、固着状況、生育状況はこまめに顕微鏡で観察する。スライドガラスを水槽に入れておき、そのまま観察する方法も有効である。

(オ) **開発教材の材料**

教材に使用した材料及び器具類は次のとおりである。

生メカブ、培養配偶体、水槽(15cm×8cm×9cm)、人工海水、海藻用栄養剤、針金(アルミ)、クレモナ糸(φ3mm)、ビニール管、水温計、エアストーン、タイマー、比重計(人工海水から比重計までホームセンターで購入)、ハサミ、かくはん棒、ピンセット、スタンド、ミキサー、光学顕微鏡、発泡スチロール容器、キムワイプ®(メカブの拭き取りと遮光用に使用)

4 授業実践及び実践結果の分析と考察

(1) 授業実践の概要

- ア 対象 岩手県立花巻農業高等学校 食品化学科3年 37名
 イ 実施期間 平成15年8月25日～9月18日
 ウ 学習内容及び実施形態

手だての試案に基づき授業実践を行った。なお、観察・実験は化学実験室で行い、「実験参考プリント」、「レポート用紙」、「実験参考プリント」を使用した。班は四人編成とした。

(2) 手だての試案に基づく観察・実験内容

各観察・実験の主な内容を観点毎に【表5】に示す。

【表5】主な観察・実験内容

観点	観察・実験名	観察・実験内容	材料・薬品 主な器具
体制	植物体の観察(第1時)	ア 各植物(ワカメ、コケ、ワラビ、イネ)の植物体を一班で一種類観察する イ 観察結果を班で話し合い、まとめる	各植物体
	植物の組織の観察(第2・3時)	ア 各植物(ワカメ、コケ、ワラビ、イネ)の切片を一人一種類作る イ 切片をプレパラートにする ウ 顕微鏡で観察、スケッチする	各植物体、ピスリ、シャーレ、カミソリ、光学顕微鏡
同化色素	ワカメ湯通し実験(第4時)	ア 適当な大きさに切った生ワカメをビーカーに入れる イ 湯を静かに注いでワカメの色の変化を見る	生ワカメ、湯、ビーカー、ハサミ
	薄層クロマトグラフィーによる同化色素の分離・観察(第4・5時)	ア 同化色素の抽出 (ア) 材料をあらかじめハサミなどで細かく切っておく (イ) シリカゲル粒を乳鉢に入れ、乳棒でパウダー状になるまですりつぶす(材料2gに対してシリカゲル5gの分量) (ウ) (イ)に、あらかじめ切っておいた材料を加え、形がなくなるまですりつぶす (エ) スクリューびんに(ウ)の試料をすべて入れ、エチルエーテル30mlを加え、密栓した後よく振って攪拌する (オ) 数分待ち、上澄みを抽出液とする イ 抽出液のスポットと色素の展開 (ア) あらかじめ100mm×20mmの短冊状に切ったTLCシートの端から、20mmのところに鉛筆で軽く横に線を描く。さらに線の中心に×印をつける (イ) 抽出液を毛細管にとり、×印に三回乾かしながら点をつける (ウ) 展開液が入った管びんに、ゴム栓にさしてあるクリップでとめたTLCシートをすばやく入れ、密栓する (エ) 10分ほど(展開液がシートの上端に届く前に)したらTLCシートを取り出す (オ) 展開された色素をスケッチし、特徴を記録する	生ワカメ、ワラビ、コケ、イネ、スクリューびん、管びん、ゴム栓、ゼムクリップ、乳鉢、乳棒、ピペット、毛細管、シリカゲル、TLCシート、抽出液(エチルエーテル)、展開液(石油エーテル7:アセトン3)

生活環	ワカメの無基質採苗（第6時）	ア 人工海水（各班500ml）の作成 (ア) 500mlビーカーに滅菌水を約480mlとり、そこへ人工海水約20gを入れる (イ) よく攪拌した後、比重計で1.020～1.023（24℃）の値に調整する (ウ) 培養液として市販の海藻用栄養剤を約1ml入れる イ 採苗器の作成 (ア) 培養に使用する200mlビーカーに合うように、針金で7cm×5cm程の枠を作る (イ) 針金の枠にクレモナ糸を巻き付けていく。端はほどけないように結ぶ ウ 配偶体の吸着 (ア) 保存培養していた配偶体をミキサーにかけ、配偶体を粉砕する（5細胞ほどにする） (イ) バット（採苗器が浸る容器なら何でもよい）に人工海水を200～300mlほど入れておき、そこへ粉砕した配偶体を流し込む (ウ) 採苗器を(イ)の中に浸し、配偶体を固着させる エ 培養 (ア) 上記ウ(ウ)を、人工海水の入った200mlビーカーへしずかに移す (イ) (ア)にラップをかけ18℃程度の恒温、2,000 lx以上の照明下で培養する	メカブ、培養配偶体、水槽、針金（アルミ）、クレモナ糸、ミキサー、人工海水、比重計、海藻用栄養剤、光学顕微鏡

(3) 実践結果の分析と考察

ア 知識・理解の状況について

(ア) 事前・事後テストによる調査結果と分析

種子をつくらない植物の体の仕組みと生活についての理解状況を調査するため、事前・事後テストを実施し、t検定（平均の差の検定）を用いた分析結果が【表6】である。なお、「生物IB」の一期末考査の順位を基に、能力群（上位群14人、下位群14人）を設け分析した。分析の結果、テスト全体及び上位群、下位群のすべてに有意差が認められた。

【表6】種子をつくらない植物の体の仕組みと生活についての理解状況 n=31

学級・群	テスト	平均点	標準偏差	相関係数	tの値	有意差
学級 (31人)	事前	40.6	13.58	0.23	8.28	*
	事後	74.2	20.93			
上位群 (14人)	事前	44.1	7.29	0.18	11.42	*
	事後	80.3	10.21			
下位群 (14人)	事前	36.4	7.55	-0.49	6.61	*
	事後	67.2	11.77			

注 1 事前テストは、8月27日、事後テストは9月18日に実施した
2 上位、下位の群間3名、欠席者（公欠者）6名は除いた
3 テストは100点満点で実施した
4 有意差の欄の*は、t検定において有意水準5%で有意差があることを示している
5 t検定に用いた公式は次のとおりである
$$t = \frac{X_2 - X_1}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 - 2rS_1S_2}{n-1}}}$$

X₁, X₂: 事前・事後テストの平均点
S₁, S₂: 事前・事後テストの標準偏差
r: 相関係数 n: 人数

次に、事前・事後テストの結果から、正答率及び有効度指数で分析した結果を【表7】に示す。なお、知識・理解の状況を細分化してみるため、学習内容に沿って四項目に分け、分析した。分析の結果、テスト全体、四項目すべてにおいて有効度【表7】正答率及び有効度指数による分析結果 n=31 指数の値が50以上を示した。

学級	テスト項目	実施時期	結果	
			正答率(%)	有効度指数
学級全体 (31人)	テスト全体	事前	42.3	56
		事後	74.8	
	体制	事前	67.2	69
		事後	89.8	
	同化色素	事前	60.2	76
		事後	90.3	
	生活環	事前	8.3	51
		事後	54.6	
	多様な植物	事前	40.3	50
		事後	70.3	

注 1 正答率は、テストの解答項目数とその正答数から算出している。なお、実施時期などは【表6】注に同じである
2 有効度指数算出に用いた公式は次のとおりである
$$\text{有効度指数} = \frac{(\text{事後テストの正答率}) - (\text{事前テストの正答率})}{100 - (\text{事前テストの正答率})} \times 100$$

以上、事前・事後テストの分析結果から、手だての試案に基づく授業実践は、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めるために効果があったと考える。

(イ) 観察・実験レポートの感想、テストの記述及び実践後の感想文による分析

『体制』、『同化色素』、『生活環』、『多様な植物』に関して、理解が深まったと考えられる感想及び記述を次に示す。

- コケとワカメは仮根を持ち、維管束がないということを知りました。(体制)
- ワカメが何で茶色から緑色になるのか不思議だったけど、ワカメはもともと緑色の色素をもっているからということを知れてよかった。(同化色素)
- 今まで知らなかったこと、例えば、植物には無性世代と有性世代があることや、ワラビは種子植物ではなかったことを知ることができよかったと思った。(生活環)
- それぞれの環境に適応した体制をもっていることにより、子孫を残せる確率を高くしている。(多様な生物)

このことから、レポートの感想、テストの記述及び実践後の感想文の結果においても、ワカメを用

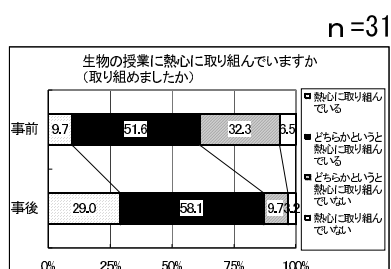
いた教材を開発し、陸上植物と比較した学習活動が、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めるために有効であったことが確かめられた。

イ 学習に関する意識の変容について

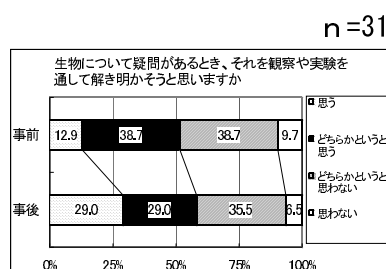
(ア) 事前・事後アンケートによる調査結果と分析

学習に関する意識の変容について、事前・事後アンケートの集計結果から分析した。

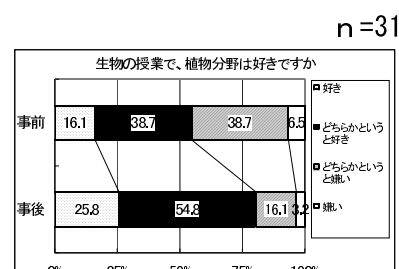
【図12】【図13】【図14】は、生物の授業への取り組み状況、観察・実験及び植物分野への意識の変化について聞いたことをまとめたものである。すべての質問事項において、事後では「熱心に取り組めた」、「思う」、「好き」と答えた生徒数が増加しており、「生物の学習」、「観察・実験」、「植物分野」への意識が高まったことが窺える。このことから、ワカメを用いた教材を開発し、陸上植物と比較した学習活動を展開したことで、生物の学習に対する意識、及び観察・実験を行うことへの意識を高められたことが確かめられた。



【図12】授業への取り組み



【図13】観察・実験について



【図14】植物分野について

ウ 教材の有用性について

教材の有用性について、事前・事後アンケートの結果、観察・実験レポートの感想及び実践後の感想文から分析した。

(ア) 事前・事後アンケートによる調査結果と分析

【図15】【図16】は、ワカメに関する知識の高まりと、教材の有用性についての事前・事後アンケートの集計結果である。事後において

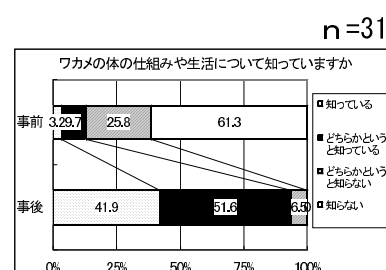
【図15】では、「ワカメの知識が高まった」、【図16】では、「ワカメが学習内容の理解に役立った」とそれぞれ9割以上の生徒が感じていることを示している。

(イ) 観察・実験レポートの感想と実践後の感想文による分析

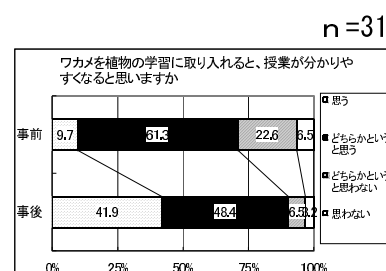
各観察・実験後に提出させたレポートの感想及び実践後に授業全体をとおして書かせた感想文から分析した。ワカメを取り入れたことで、学習内容の理解が深まり、教材への興味・関心が高まったと考えられる主な感想を次に示す。

○小さなワカメの配偶体を見る限りでは、あの大きなワカメに成長していくようすが想像できなかった。○ワカメにも精子とかあるのがびっくりした。ワカメの子孫の残し方が知れてよかった。○ワカメを作ったのが初めてだったので楽しかったです。これから大きくなるのが楽しみ。○体のつくりについて観察するとき、きれいに細かいところまで見れておもしろかった。○身近でよく食べているワカメだけど、知らないことがたくさんあって、少しでも知ることができてよかった。○ワカメについて、色々観察してみて、本当に不思議な植物だと思った。

以上、事前・事後アンケートの結果、観察・実験レポートの感想及び実践後の感想文から、ワカメを用いた教材が、生徒たちの興味・関心を高め、学習の理解を深めるために有効であったことが確かめられた。



【図15】ワカメについて



【図16】ワカメ教材について

5 種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発に関する研究のまとめ

種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めるために、身近な海洋性の藻類であるワカメを用いた教材を開発し、活用した本研究での成果と課題は以下のとおりである。

(1) 成果

ア 高等学校の教育現場では、前例のないワカメの培養に成功したこと。また、培養条件を整えることで一年中、生活環の各時期のワカメを観察・実験に供することを可能にしたこと。

イ 開発した教材を基に授業実践を行い、陸上植物だけでは難しかった種子植物と種子をつくらない植物の特徴をとらえさせることができたこと。その結果、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深めることができたこと。

ウ 身近な海洋性の藻類であるワカメを教材に用いたことでワカメに対する興味・関心を高め理解を深めたのはもとより、生物の学習への意識、植物分野への興味を高めることができたこと。

(2) 課題

開発した教材が、学習指導の中でさらに効果的になるような展開の工夫を図ること。

以上のことから、身近な海洋性の藻類であるワカメを用いた教材を取り入れた手だての試案は、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について生徒の理解を深めるのに妥当であったと考える。

V 研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

この研究は、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について理解を深める教材の開発を行い、授業実践をとおしてその有効性を明らかにし、高等学校理科総合Bの学習指導の改善に役立てようとしたものである。

そのため、陸上植物と比較した学習活動が展開できるものとして、身近な海洋性の藻類であるワカメを用いた教材開発を行い、その教材を中心に、基本構想に基づいた手だての試案を作成し、授業実践を行った。そして、授業実践により、種子をつくらない植物の体の仕組みと生活について生徒の理解が深まったか分析・考察を行い、仮説の有効性を検討してきた。その結果、仮説の有効性について見通しをもつことができた。

2 今後の課題

(1) 開発した教材を、生物の分類、系統、進化など他の単元で活用できるものに発展させること。

(2) ワカメの培養について、より確実な培養法の確立と培養操作の簡素化を図ること。

【参考文献 等】

岩手県水産技術センター <http://www.pref.iwate.jp/~hp5507/>

宮城県一水産技術センター—伝統的漁具漁法 海藻 <http://www.pref.miyagi.s.jp/suisan-resc/kensyu/dentokaiso.html>

岩槻邦男，馬渡峻輔 監修，千原光雄 編集，バイオダイバーシティシリーズ3，「藻類の多様性と系統」，裳華房，1999

有賀祐勝，井上勲，田中次郎，横濱康繼，吉田忠生，「藻類学 実験・実習」，講談社，2000