

# 高校生物Ⅱにおける自然環境に関する 課題研究の指導法の開発

高垣マユミ (児童学部・教授)

降旗 節夫 (教育学部・教授)

小柳まゆみ (中高等部・教諭)

中澤 彩子 (中高等部・教諭)

## Development of the Method of Guidance for Theme Study on Natural Environments in High School Biology II Class

Takagaki Mayumi

Furihata Setsuo

Koyanagi Mayumi

Nakazawa Ayako

### Summary

In the present study, educational guidance of six hours was developed to induce an interest in the natural environment around them and acquire techniques and attitudes for exploring biological issues as part of "Theme study on natural environment", in high school Biology II class.

The educational guidance examined in the present study is novel and significant in the following ways:

1. In Biology II, "Theme study on natural environment", one-unit "Instructional guide for teachers" was developed.
2. A technique for measuring soil in the natural environment was developed and measurement tools were prepared using familiar materials.
3. By focusing on soil as a research objective, more convenient sampling and investigational methods were developed to allow students to examine familiar environments on their own.

### Keyword :

- i. high school Biology II
- ii. theme study
- iii. soil
- iv. development of educational guidance, teaching materials and tools

キーワード：高校生物Ⅱ、課題研究、土壌、指導案・教材・ツールの開発

## 1. 本研究の背景

「高等学校学習指導要領(2009)」の生物分野においては、「(4) 課題研究」の項が設定されており、そこでは、「生物についての発展的、継続的な課題を設定し、観察、実験などを通して研究を行い、生物学的に探究する方法や問題解決の能力を身に付けさせる。一ア. 特定の生物や生物現象に関する研究、イ. 自然環境についての調査」が目的として記載されている。

さらに、「3. 内容の取扱い (1) 内容の構成及びその取扱い」においては、「課題研究については、ア. 及びイ. の中から一つ以上の適切な課題を設けて適切な時期に研究を行うものとし、創意ある研究報告書の作成や研究発表を行わせること。研究を行うに当たっては、課題や仮説の設定、実験の計画、情報の収集、対照実験、調査、測定、数的処理、分類、データの解釈、推論など探究の方法を習得させること。その際、解決すべき課題についての情報の収集・検索、結果の集計・処理などに、適宜コンピュータなどを活用させること」と示されている。

このような課題研究が提示された背景の一つとして、これまでに、生徒たちは、「生物Ⅰ」や「生物Ⅱ」でいろいろな生物や生物現象について学習してきているが、その大部分は教科書を通じた「知識」や「理解」の学習に偏りがちで、これでは本当に「科学の学習」をしたことにはならないことが危惧されていることが挙げられる(塩川、2007)。生物などの自然科学の分野では、「知識」や「理解」の学習だけではなく、身のまわりの自然環境に対して興味や疑問を抱き、その解決のために、生物学的に探求する態度や調査方法を身につけることが必要である。こうした点を鑑みて課題研究が導入されたことが窺われる。

翻って教育現場においては、生徒たちは、自然環境についての調査研究を行うには、取り立てて特別な条件が必要であると思こんでしまっているため、自主的に自然環境を調査する手だてを考えさせたり、目的意識を持って計画を立てさせたりすることは容易ではない、という現状にある。このような現状から、課題研究を進めるにあつ

ては、どのような「課題」を選定するかが重要になってくると思われる。

上述した問題を改善するために、本研究では、「課題」をより身近なところに求め、生徒が行う採取作業や調査活動をより簡便なものにし、生徒が日常的に慣れ親しんでいる環境に触れさせることで、自然環境を調査する目的意識を高めさせながら、「課題研究」に取り組ませることを目指す。

## 2. 本研究の意義

本研究では、「課題」をより身近なところに求めるために、「土壌」を取り上げる。土壌はどこでも採取でき、教室にも持ち込めるため調査研究が進めやすく、身近な環境に目を向けさせたことが可能であり、教材として適していると考えたからである。

また、「生物」の対象とする自然は、土から上の自然であることが多く、土壌を意識することは少ない。しかし、私たちが踏みしめている地面の下では、ミミズ、クモ、トビムシ、ダニ、双翅類、甲虫類などの土壌動物が作った腐食が、砂や粘土の粒子をくっつけて団粒構造を形成している。それらが積もって層が年々厚くなっていき、地層を調べることで生物進化等の地球の歴史を知らしめるのである。さらに、分解されていない枝葉、分解途中の落ち葉や茎、根などが、土の恒常性を高めている。このように、地下に目を向けることによって、生徒たちの自然環境についての意識を高めることができる。

しかしながら従来、土壌が教材に適していることは指摘されてはいるが(青木、1989; 青木、1995; 渡辺、2002)、これまでに、土壌を調べる学習活動はあまり行われてきていない。

以上の点を踏まえ、本研究の意義は、生物Ⅱの分野における「自然環境についての課題研究」の単元において、生徒たちが身のまわりの自然環境に対して興味や疑問を持ち、生物学的に探求する態度や方法を身につけることを目的とした学習指導案を立案することにある。課題として「土壌」を取り上げることで、より身近な環境に生徒たちの目を向けさせる。その際、生徒自身が意欲的に

取り組むことができるよう、より簡便な採取作業・調査方法の開発も併せて行う。

### 3. 土壌を用いた学習指導案の開発

#### 自然環境の課題研究—土壌の性質（学校農園を活用して）—

##### ①生徒の実態

「自然環境についての課題研究」の単元は、生物学的な知識を身につけるだけでなく、実際に課題を設定して研究を行い、生物学的な探求の方法や科学的に探究する態度や能力を身につけることを目標としている。これまでに、鎌倉女子大学高等部3年生の生物Ⅱの受講者（選抜理系クラス・標準理系クラス）は、生物Ⅰ（2.3年）や生物Ⅱ（3年）の机上の授業の中で、生物全般に関する知識を教科書を通して学んできてはいるが、自ら考えた科学的な探求の手法を駆使して、継続的に観察・実験をして結果を出し、考察をすることとは行っていない。今年度の生物Ⅱにおいては、昨年に引き続き学校農園を利用して土に触れながら植物を栽培する時間がとれるので、この農園での実習を通して、課題研究の問題解決にあたる態度や能力を身につけることを目指す。

なお、高等部3年生の生物Ⅱの受講者は、管理栄養士や農業関係を目指すなど生物が進路に必要である、または将来必要となる科目であるという理由で選択しているため、生物への興味が随所に見られる。今年度は学校農園ができて2年目であるが、鎌倉市より堆肥8トンを無料で配当され、土作りという点で改良を試みたり、無農薬やハーブとの混植法、植物抽出液を用いた根菜類の栽培を、昨年同様試行錯誤しながら取り組んできた。この結果、これまでにラディッシュ、シュンギク、シトウ、ミニトマト、オクラ、ジャガイモ、ニンジン、サツマイモなどを収穫することができた。また収穫した作物は家庭科教諭の協力を得て調理実習をして食することもできた。生徒たちは、農園実習には大変意欲的であり、栽培・収穫等を通して貴重な経験を積んでいる。このことは土に触れ、作物を作る機会がいかにかに生徒にとって新鮮なものであったかを示している。また自分たちの手

で育てたものを食することまでできたことは食育につながる学習になっているとも考えられる。

##### ②単元の目標

本単元においては、学校農園の畑の土、堆肥、砂を比較して土の性質を調べる。この内容をテーマに選んだ理由は、鎌倉市から配当された約8トンの堆肥を農園の土に混ぜてサツマイモを栽培した結果、堆肥を投入した畝だけサツマイモの葉ばかりが茂る「ツルボケ現象」が出て、収穫量が減ったことと、堆肥が温かいことや堆肥中に甲虫の幼虫などが多く存在することに生徒自身が気づいたことがあげられる。

本単元の目標を以下に述べる。第一に、3種類の土を採取し地温やpHを測定したり感触を確かめたりしたうえで、土壌含有物と動物類、鉱石などの成分を顕微鏡で調べ比較する。このことから土の恒常性維持のために存在すべき必要なものや土壌生物の役割を考え、輪作などの意味につなげられるようにする。第二に、農園の土を乾燥させて間隙率を計算し、団粒構造を比較する。これらの値を比較することで、土の粒子が団粒を形成し、微小な間隙から大きな間隙まで様々な大きさの間隙が不均一に分布していることが、土の間隙率を大きくしているとともに、植物にとっての水はけ・水もちのよさにも関係していることに関連づけられるようにする。第三に、結果や測定値は全員でディスカッションし、その上で各自が本実験の目的・方法・結果・考察のすべてを自分の言葉でまとめ、レポート作成につなげられるように指導する。さらに興味のある者には学校農園の土壌についてより深く知るための実験を提示し、考察させる。第四に、それぞれのクラスとも少人数であることを最大限活かして、個別に実験を進めることができるよう、作業や実験の手順等も工夫できるような幅をもたせ、結果が導けるよう指導したい。第五に、管理栄養士をめざす生徒もいるので、自分たちの手で取り組んだ野菜作りを通して、食育の大切さを考えさせる。なお、指導は2名の教員で、T・Tの形態で行う。

## ③学習指導案

本研究で立案した計6時間の学習指導案を以下

に示す(表1~3)。今後、実際に授業を実践して、当該指導案の有効性を明らかにする予定である。

表1 学習指導案(1・2時間目)〈土とは何か?〉

| 指導のねらいと生徒の活動                              | 教師の支援   | ツールおよび教材                     |
|---|---|------------------------------|
| ①「土とは何か?」をこれまでの学校農園での作業を通して感じてきたことをあげてみる。 | はじめに持っている「土」のイメージを確認させる。その上で地球の歴史に関する資料としてミラーの化学進化実験や、マグマオーシャンの存在を説明し、さらに岩石の風化や土の中の生物が作った腐食の形成が砂や粘土の粒子をくっつけて団粒構造を形成すること及び生物進化等の地球の歴史を知らせる。  |                              |
| ②「土」の比較対象物として挙げられるものを考える。                 | 「土」の比較対象物となりうる「堆肥・砂」を提示する。ここで砂・土・堆肥を五感を使って視覚的、嗅覚的、触覚的にその違いを比較させ、生徒の興味関心が高まるようにする。   | 砂サンプル 土サンプル<br>堆肥サンプル        |
| ③「砂・土・堆肥」の比較のために必要な調査項目を考える。              | 土の性質を決定する要因について説明し、実際に行う実験内容との関係や方法を説明する。生徒より生物相の豊かさを示す生物学的要因、養分やpHからわかる化学的要因、保水性・排水性・間隙率を示す物理的要因、鉱物種類などの地学的要因の中でいくつかを引き出せるようにヒントを与えながら進める。 |                              |
| ④3種類を採取する。(南グラウンドへ移動)                     | 実験の準備を行う。   | シャベル、バケツ、軍手、ビニール             |
| ⑤(実験室に戻る)・pH検査の下準備。・乾燥前の土の重さを計測し乾燥準備をする。  | 実験の手順を指示。3種類の土壌それぞれを水と混ぜよく振って沈殿させるとともに、3種類の土壌はバットにあげて完全に乾燥させる。  | じょうご(土用)、空のペットボトル、紙コップ、電子天びん |
| ⑥授業のまとめ                                   | 次回の実験の確認。生物学的に土壌内に生息している小動物の種類・個体数を調べること、化学的に土壌内温度やpHを測定すること、物理的に土壌の間隙率を計算で求めること等を予告する。   |                              |

表2 学習指導案（3・4時間目）〈土の生物・化学・物理学的条件〉

| 指導のねらいと生徒の活動                               | 教師の支援   | ツールおよび教材  |
|--|---|---|
| <p>①(南グラウンドに移動)「砂・土・堆肥」の含有物、土壌内生物を調べる。</p> | <p>土の条件を作る生物学的条件を比較させる。特にミミズ、クモ、トビムシ、ダニ、双翅類の幼虫、甲虫類の幼虫、線虫等に分類し、土壌動物の種類や数を比較させる。さらに分解されていない枝葉、分解途中の落ち葉や茎、根なども分類し、未分解の生物遺体や生物そのものが存在することが、土の恒常性を高めていることにも気づかせる。</p>        | <p>シャベル、バケツ、軍手、ビニール、解剖皿、ピンセット、ルーペ、レジャーシート</p>  <p>図1 野外観察</p> |
| <p>②「砂・土・堆肥」の温度を調べる。</p>                   | <p>土の条件を作る化学的条件を比較させる1つめの要因として、土壌内温度を測定させ、昨年度に行ったデータも比較提示し、温度に明らかに差が生じた場合はその理由を①の結果と合わせて考えさせる。</p>  | <p>温度計</p>  <p>図2 土の温度測定</p>                                  |
| <p>③(実験室に戻る)「砂・土・堆肥」のpHを調べる。</p>           | <p>土の条件を作る化学的条件を比較させる。pHをpHメーターで測定させ、冬季に行ったデータも比較提示する。</p>  | <p>pHメーター</p>  <p>図3 pH測定</p>                               |
| <p>④間隙率計算のための実験を行い、間隙率を求める。</p>            | <p>土の条件を作る物理的条件を比較させる。間隙率<math>V_p = [(V - V_A) / V] \times 100\%</math>で計算した値を表に記入し、比較させる。V：全体の体積 VA：間隙を含まない土の体積 (mL) 特に学校農園の土について、間隙率の高い火山灰土の値と比較してどうかという点に注意させる。</p> | <p>メスシリンダー、電子天秤、紙コップ、葉さじ</p>  |
| <p>⑤授業のまとめ</p>                             | <p>砂・土・堆肥についての観察・実験結果を確認し、それぞれの構成成分に違いがあることに気づかせ、生態系の中の分解者のはたらき、土の中の構造に触れ、次回の確認をする。</p>   |   |



表3 学習指導案（5・6時間目）〈土の地学的条件と生物〉


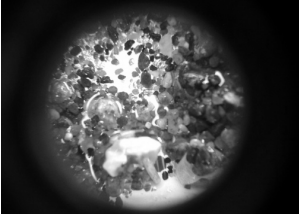
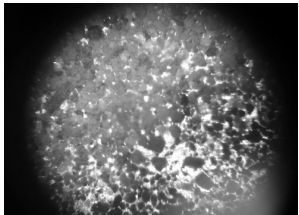
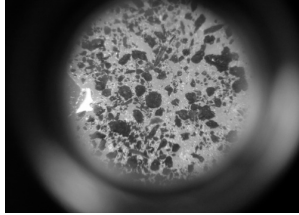
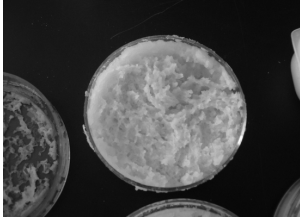
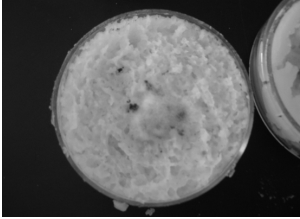
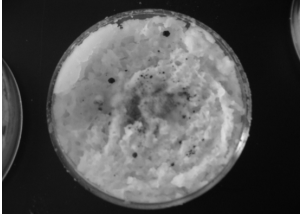
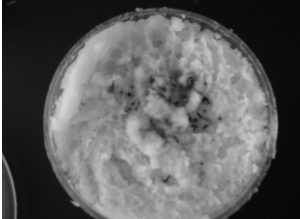
| 指導のねらいと生徒の活動                                   | 教師の支援  | ツールおよび教材   |
|--|--|--|
| ①(農園に移動)「砂・土・堆肥」で育てたラディッシュの成長の違いを収穫しながら確認する。   | この時期にあわせラディッシュを栽培する。運動場の砂、学校農園の土のみを入れたプランターと、堆肥を加えた農園の土を入れたプランターにそれぞれラディッシュを栽培し、その成長の差を比較させる。明らかに堆肥を加えて育てたラディッシュの方が、土、砂だけで育てたものと比べ葉が大きく肉厚で大きく丸々としていることを確認させる。        | 軍手   |
| ②①のラディッシュの球径、質量を測定し、「砂・土・堆肥」による違いを調べる。(実験室に戻る) | 実験の手順を指示。電子天秤で質量を、麻ひもと定規で球径を測定させ、数字での明確な違いを記録させる。そして堆肥を加えて育てた方がすべての点で優れていた理由として堆肥が微生物により分解され、無機養分としてラディッシュの根から吸収され、成長を促進したことを考えさせる。また堆肥が土を軟らかい状態に保つ役割を果たしていることにもふれる。 | 麻ひも、定規、電子天秤<br>  |
| ③「砂・土・堆肥」内の鉱物の量や種類を比較する。                       | 土の条件を作る地学的条件を考えさせる。土と水をビンに入れ、よくふってかき混ぜた後、上澄みをザルにあける操作を3回繰り返しバットにあけて観察させる。鉱物については詳しく判定することが難しい場合は色などの目立った特徴や気づいたことを鉱物図鑑をもとにし、中学校の理科第2分野で学んだ鉱物の種類程度に判定させる。             | ルーペ、実体顕微鏡、乳鉢、乳棒、鉱物図鑑<br><br><br> |

表3 続き

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>④全実験の結果の確認をする。</p>  | <p>昨年度の結果をあわせて知らせていく。</p>   |   |
| <p>⑤全実験の結果をあわせ、・植物が砂で育ちにくい理由・堆肥を与えた作物の生育が良好だった理由・「砂・土・堆肥」の関係を考察する。</p> | <p>期待された結果と実際の結果を比較しながらまとめる。</p>  |   |
| <p>⑥土とは何かを自分の言葉で説明する。</p>  | <p>土と生き物の関係を確認するために3種類それぞれの中の微生物を同条件で培養したマッシュポテト培地のサンプルを提示する。良好な土の条件を挙げながら「砂・土・堆肥」の3種類について違いを明確にし、土の起源にまで話題を広げる。ここまでのまとめとして、土とは岩石がけずれた結果できる砂と有機物が入り混じってできると予測されることを生徒から導き出す。そして土の中に生物が存在することで糞などの排泄物が増え、それを分解する微生物も同時に増えていき土の中に生態系が生じ、この循環系が存在していることが新鮮な土を更新していく上で重要であるため、土には堆肥のような有機物が不可欠といえることまで、発展させる。</p> |  <p>図8 対象培地</p>  <p>図9 砂中微生物</p>  <p>図10 土中微生物</p>  <p>図11 堆肥中微生物</p> |

#### 4. 引用文献

- 青木淳一 1989 土壤動物を指標とした自然の豊かさの評価. 都市化・工業化の動植物影響調査法マニュアル. 千葉県環境部環境調整課. pp.127-143.
- 青木淳一 1995 土壤動物を用いた環境診断—自然環境への影響予測. 千葉県環境部環境調整課. pp.197-271.
- 高等学校学習指導要領(理科編) 2009 文部科学省 [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/1282000.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1282000.htm).
- 塩川光一郎 2007 改訂版 高等学校 生物Ⅱ.
- 渡辺弘之 2002 土壤動物の世界. 東海大学出版会.

#### 要 約

本研究では、生物Ⅱの分野における「自然環境についての課題研究」の単元において、生徒たちが身のまわりの自然環境に対して興味や疑問を持ち、生物学的に探求する態度や方法を身につけることを目的とした、計6時間の学習指導案を立案した。本研究で立案した学習指導案は、以下の点において新規性・有用性があると考えられる。

1. 生物Ⅱ「自然環境についての課題研究」において、一単元の「教師用の指導用ガイド」を作成した。
2. 自然環境の「土壌」を測定する手法を開発し、身近な材料を用いた測定ツールを製作した。
3. 調査対象に「土壌」を取り上げることで、より身近な環境に目を向けさせるとともに、生徒自身で取り組むことができる、より簡便な採取作業・調査方法を提示した。

(2009.9.30.受稿)