

24 ウミホタルの発光

目的 効果器の一つである発光器を持つウミホタルを用い、発光現象を観察する。

準備

材料 乾燥ウミホタル

器具 試験管 3 本, 試験管立て, ガラス棒, ビーカー, 駒込ピペット, 乳鉢, 実体顕微鏡

方法

1. 乾燥させたウミホタルを実体顕微鏡で観察し、スケッチをする。
2. 試験管 A, B, C を以下のように用意する。
試験管 A・・・乾燥ウミホタルをそのまま入れる。
試験管 B・・・乾燥ウミホタルを乳鉢ですりつぶしたものを入れる。
試験管 C・・・熱湯で 1 分程度煮たウミホタルを入れる。
3. ビーカーに水を用意しておく。

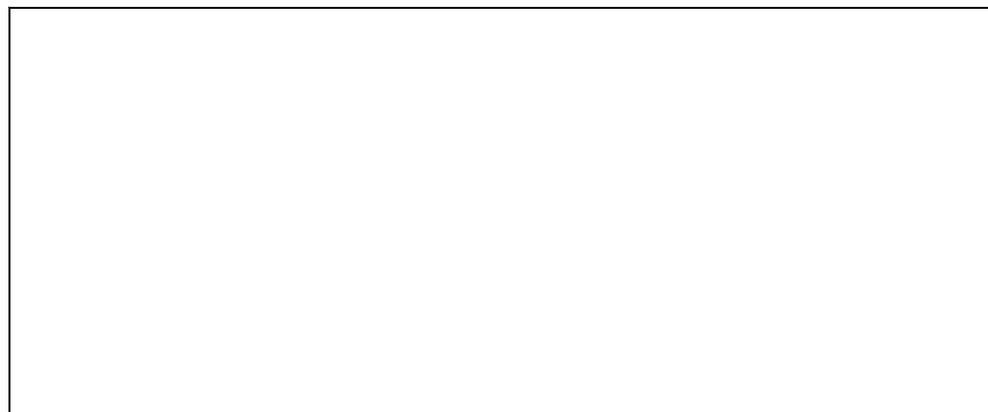
《全班一斉に次の手順に移ります。》

注意：一気に 3 本の操作をやってしまわずに、一本ずつ時間をかけて観察しよう。
発光がもう起こらないと確認できるまで、次の操作に移らないように！！

4. 消灯して真っ暗にする。
5. 試験管 A にビーカーの水を適量駒込ピペットで加え、発光の様子を観察する。発光が弱まったら弱またら、ガラス棒で丁寧にかき回し続ける。
6. 試験管 B にも水を加え、同様に様子を観察する。
7. 試験管 C にも水を加え、同様に様子を観察する。
＜観察のポイント＞ 各試験管での発光の様子の違いを詳しく観察しよう。
8. 試験管 B に C を加え、変化を観察する。
＜なぜそのような変化が起きるのか、理由を考えてみよう＞

結果

1. 実体顕微鏡で観察した乾燥させたウミホタル(方法 1)をスケッチせよ。



2. 試験管 A に水を加えると、どのような変化が観察されたか。

3. 試験管 B に水を加えると、どのような変化が観察されたか。

4. 試験管 C に水を加えると、どのような変化が観察されたか。

5. 試験管 B と C を混合させると、どのような変化が観察されたか。

考察

1. 試験管 B と C を混合させて得られた変化の理由を書け。
2. 試験管 A と B の観察結果の違いから、考えられることを書け。
3. 試験管 A と C の観察結果の違いから、考えられることを書け。
4. 発光現象は何のために行われているのだろうか。自分の考えをまとめてみよう。

実験の反省・感想



クラス _____ 番号 _____ 氏名 _____

◆◇◆ ウミホタルの発光について ◆◇◆

ウミホタル (*Vargula hilgendorffii*) は「ホタル」と名前が付いていますが、昆虫のホタルではなく、エビやカニと同じ節足動物門・甲殻亜門に属する日本近海特産の発光動物です。昼間はきれいな海底の砂地に隠れ、夜間遊泳して動物の死体などを摂取します。透明な二枚状の殻に包まれ一対の複眼と一個の単眼を有し、口唇のもとに発光液を噴出する腺があり、刺激を受けると美しい青紫色の発光液を噴出し、周囲の海水に美しく光る雲を作ります。

発光はウミホタルの発光器内にある光の源となるルシフェリンと、発光を促す酵素ルシフェラーゼが水を加えたことにより、発光現象を生じたものです。

【実験指導上の注意点】

- ・暗幕が張れる実験室であること。暗くないと発光現象がよく観察できない。
- ・また、各班の進行がほぼ同じになるように進めさせて、一斉に暗くしてから水を加えるようにするなど、実験室を暗くするタイミングにも注意する。
- ・試験管・ガラス棒・乳鉢などは良く乾かしたものを使用する。水分が付いていると、発光が起きてしまうためである。
- ・発光はごく少量のウミホタル（2、3粒）でも十分に見ることが可能である。
- ・実体顕微鏡での観察で、発光器の位置に注目させておくとよい。上唇腺と呼ばれる部分には、光の源になる物質が黄色く透けて見えている。試験管 A の実験では、発光器の位置が光っているのを観察できる。
- ・乾燥ウミホタルについて
教材会社で「ウミホタルの発光実験セット」として販売されている。6,000円程度。
乾燥ウミホタルは吸湿すると発光してしまうので、湿気に注意して保存する必要がある。湿気を防ぐには乾燥材（シリカゲルなど）を使用してシリカゲルが白色を呈したら交換し、冷蔵保存するのが望ましい。市販の乾燥ウミホタルは上記の方法で保存すれば、数年間は保存が可能とのことである。
乾燥ウミホタルは生きたウミホタルを海で採集し、キッチンペーパーなどで水分を取った後、シリカゲルの入った容器に入れ、乾燥させてつくることも可能である。
- ・試験管 B（乾燥ウミホタルを乳鉢ですりつぶしたもの）に水を加えてルシフェリンをすべて発光させた後の液は酵素が残っている。試験管 C（乾燥ウミホタルを煮沸したもの）は酵素ルシフェラーゼが破壊されているが、光の源ルシフェリンは破壊されていない。そのため、試験管 B と C を混合すると発光させることができる。この実験で発光反応であるルシフェリン・ルシフェラーゼ反応を確認することができる。
- ・発光のしくみは以下のとおりである。



耐熱性のルシフェリン（発光物質）がルシフェラーゼ（酵素）の作用で酸化するとき、化学エネルギーが光エネルギーに変換される。

ルシフェリン及びルシフェラーゼは発光にかかわる物質を指す一般的な名称で、ホタルの発光作用に関わる同名の物質とは異なる物質である。一般にウミホタルルシフェリン (*Vargula luciferin*) と呼ばれる。

【実験のアレンジ・応用】

- ・試験管 C の操作は、すりつぶした乾燥ウミホタルに、少量ずつ熱湯を2・3回加えて冷ましたものを使用してもよい。発光酵素ルシフェラーゼは熱に弱く、42℃以上の熱を加えると破壊される。
 - ・生物 I 「刺激の受容と反応」や生物 II 「酵素」での実験として設定できるが、生物学習全体の導入としても有効であると思われる。顕微鏡観察・生命現象の観察・生化学的な実験といろいろな側面から学習可能である。
 - ・実験のアレンジとして、映像を一緒に見せることも可能。
- 例 NHK ミクロワールド「光を放つウミホタルの秘密」
サイエンスネット「ミクロの小宇宙 ウミホタル」 など。
 - ・ウミホタルとは異なる種類の物質であるが、ホタルのルシフェリンとルシフェラーゼは実験用の教材として市販されている（市販名「ホタライト」、1回分 2,000円程度）。これを使用してホタルの発光現象の再現と酵素の性質を調べることもできる。

ホタライトはホタルのルシフェラーゼ酵素を遺伝子組換え技術によって大腸菌に作らせ、抽出したもの（粉末A）とその基質であるルシフェリン（粉末B）をそれぞれ50mlの水に溶かし、混ぜ合わせることで簡単にホタルの発光現象を再現できる試薬である。温度やpHの条件を変えることで、発光強度や発光の色などが変化するため酵素の性質を調べる実験に最適である。

【参考資料】「ウミホタルとは？」

- ・学名 *Vargula hilgendorffii*
節足動物門 大顎亜門 甲殻上綱 貝形虫綱 ミオドコーパ亜綱 ミオドコーパ目
ミオドコーパ亜目 ウミホタル上科 ウミホタル科 ウミホタル属
 - ・分布
日本近海の青森県から沖縄県までの幅広い範囲に生息し、主に太平洋側の砂地の海底に生息しており、特に千葉県南房総や瀬戸内海岸では非常に多く生息している。
 - ・形態
2枚の透明な殻、背甲で楕円球状に全身が覆われ、大きさ約3 mm程度の米粒のような姿をしている。甲に覆われた軟体部には7対の付属肢がある。光を感じる組織として2個の複眼と、複眼のほかに中央眼と呼ばれる眼がある。心臓も存在し、血液は透明で血球様の顆粒が血管内を流れている。口の近くには上唇腺があり、ここでルシフェリンとルシフェラーゼが合成、蓄積されている。顕微鏡では黄色く色づいた部分として観察される。
 - ・生態
ウミホタルは夜行性で、昼間は砂の中に生活しているが、夜間おもに海底付近を遊泳し、餌を捕食していると考えられている。雑食性で、魚などの動物の死骸を食べているが、実験的には人間の食べるものならほとんど食べると報告されている。
- 発光の目的は外敵に対する威嚇である。捕食者に襲われた時にウミホタルは強く発光し、それに驚いた捕食者から捕食を逃れると同時に、周囲のウミホタルの逃避行動へとつながる。ウミホタルは負の走光性を持ち、仲間が発した強い発光に対しても負の走光性を示すため、ウミホタルの発光は仲間への危険信号にもなっていると考えられている。また、成体のオスは特定の発光パターンがあり、メスをおびき寄せ交尾を行う求愛の発光もあると考えられている。
- ・ウミホタルの採集方法
コーヒーなどの空き瓶を利用し、瓶のふたに穴を開ける（直径5mm～1cm程度）。中にエサを入れて採集瓶の用意をする。瓶を5分程度海中に入れ、引き上げると採集できる。網などで集めて、キッチンペーパーなどで水分を取り、シリカゲルを入れた容器に入れて乾燥させる。
エサは豚のレバーやチクワ・カマボコ・魚肉ソーセージなどがよく用いられる。