

# 不思議生物ウミホタル 発光の謎に挑む

加藤学園暁秀中学校・高等学校 科学部生物班

高校1年 加藤琴巳 堤香琳 宮崎葵衣

中学2年 加藤伶音 関いおん 藤吉美宇

## 1 動機

中学1年生の時、初めてウミホタルを扱う実験を行った。乾燥したウミホタルに水を垂らしてすり鉢ですりつぶすと美しく青白く発光した。その美しさに魅了され、興味を持った。発光の実験を行っていくうちに、乾燥ウミホタルは生育環境の水温 15℃～25℃とは全く異なる 4℃で強く発光することが確認された。なぜウミホタルは氷水で光るのだろうか、生きているウミホタルも氷水で光るのだろうか、そもそもなぜウミホタルは光るのだろうか。これらを解明したいと思い、ウミホタルを採集、飼育し、研究を行った。

## 2 目的

- ① 乾燥ウミホタルの発光と温度の関係を照度計によって数値化し、確認する
- ② ウミホタルの採集器を作成し、生きたウミホタルを採集、飼育する
- ③ 生きたウミホタルの発光条件を探る
- ④ 仮説「ウミホタルは身に危険が迫ると発光する」を検証する

## 3 方法 以下8種類の実験を行った

実験① 乾燥ウミホタルの発光強度と水温との関係の確認

実験② 生きたウミホタルの採集と飼育

実験③ 生きたウミホタルの発光強度と水温との関係の確認（目視）

実験④ 生きたウミホタルの発光強度と電気刺激の関係の確認（目視）

実験⑤ 生きたウミホタルの発光強度と水温との関係の確認（照度計による数値化）

《⑥～⑧は産業技術総合研究所 近江谷克裕教授よりシングルチューブルミノメータをお借りした》

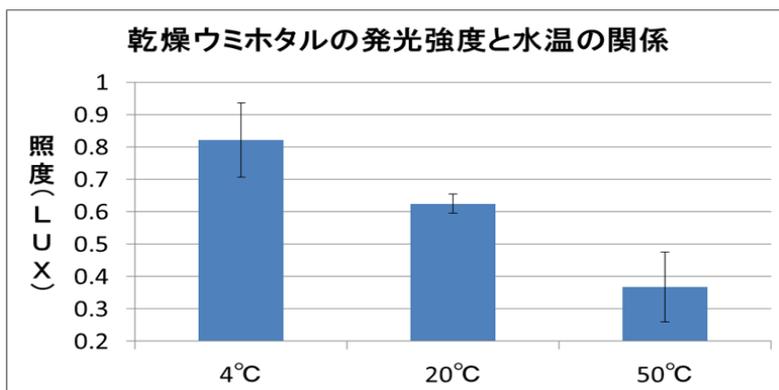
実験⑥ 生きたウミホタルの発光強度と水温と関係の確認（ルミノメータによる数値化）

実験⑦ 生きたウミホタルの発光強度と塩分濃度の関係の確認（ルミノメータによる数値化）

実験⑧ 生きたウミホタルの発光強度とpHの関係の確認（ルミノメータによる数値化）

## 4 結果

実験① 乾燥ウミホタルの発光強度と水温との関係の確認



乾燥ウミホタル（株式会社シータスク）をすりつぶし、葉さじ一杯分試験管に入れ 4℃、20℃、50℃の水を注ぎ、試験管を 3 回振った後、照度計（TENMARS 社製）を用いて明るさを測定した。

グラフより乾燥ウミホタルは 4℃で最も明るく光ることが確認された。

実験② 生きたウミホタルの採集と飼育



蓋つきの瓶などを用いた採集器（写真左）を10個作成した。

2017年6月24日、下田市鍋田浜にて18時頃沈め、21時頃引き上げた。すると100匹以上のウミホタルを採集することができた。半年以上飼育することができている。

実験③ 生きたウミホタルの発光強度と水温との関係の確認（目視）

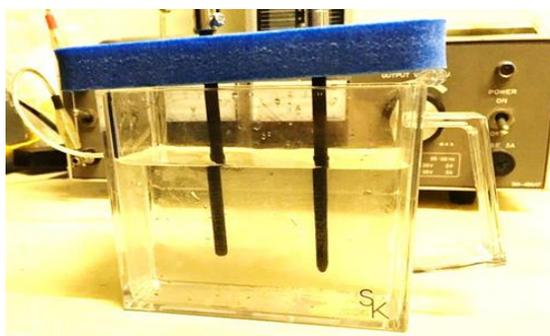
ビーカーA(4℃) ビーカーB(27.5℃)



2つのビーカーを用意し、一方に4℃に冷やした飼育水（ビーカーA）、27.5℃の飼育水（ビーカーB）を入れた。5匹のウミホタルを一度に駒込ピペットで吸い取り、それぞれのビーカーに勢いよく入れ、発光の強さを確認した。

左の写真のように、4℃と27.5℃を比較すると、4℃に入れられたウミホタルのほうが強く発光することが分かった。

実験④ 生きたウミホタルの発光強度と電気刺激の関係の確認（目視）

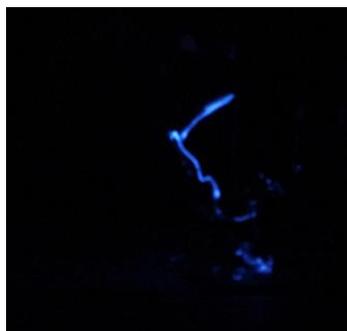


左の写真のように、透明な薄いケースに大きめのウミホタル10匹と海水を入れ、炭素電極棒2本を差し込んだ。炭素電極棒はリード線によって電源装置(Max25V)とつないだ。

与えた電圧は5V~13V。

5V~7Vを与えたときは発光しなかった。

13V



10V



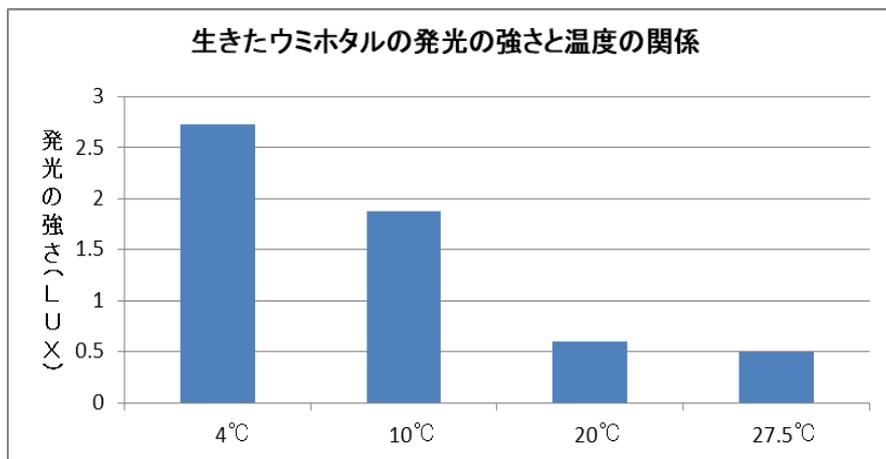
9V



ウミホタルは常温でも9V~13Vの電気刺激を1秒間与えれば光ることが確認できた。ウミホタルの数が多いため、肉眼でもその違い確認することができた。

今後の実験ではウミホタルへの負担を考え、9Vの刺激を与えることにする。

#### 実験⑤ 生きたウミホタルの発光強度と水温との関係の確認（照度計による数値化）



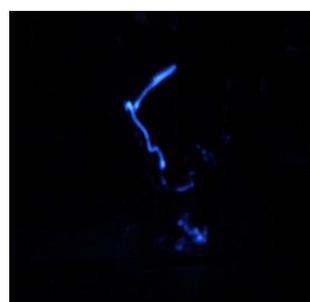
実験④の電気刺激装置を4つ準備し、それぞれ異なる温度の海水と生きているウミホタル30匹を入れた。使用した海水は、4°C、10°C、20°C、27.5°C（飼育水）。1種類の水温について、3秒ごとに電気刺激（9V）を6回与え、照度計を用いて発光の強度を測定した。

4°C

10°C

20°C

27.5°C



#### 実験中、実験後のウミホタルの様子や生死について

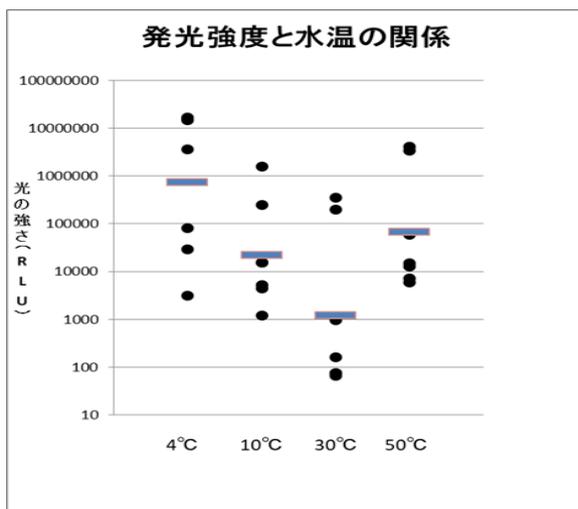
水温	ウミホタルの生死	様子
4°C	およそ半分が死亡 ×	4°Cの海水に入れたとたん沈んで元気をなくすものがあった。相変わらず元気に動くものもいた 電気刺激を与えた後さらに弱り、動かなくなった
10°C	実験中弱っていたが 実験後は回復 ○	10°Cに入れたとたん元気をなくしたのは3, 4匹だった 電気刺激を与えると弱った
20°C	○	20°Cに入れてもウミホタルの動きに大きな変化はなかった 電気刺激を与えても、特に様子は変化しなかった
27.5°C	○	20°Cと同様に、電気刺激前も電気刺激後も特にウミホタルの活動の様子に変化は見られなかった

4°Cは強くウミホタルが光ったが、同時にウミホタルが死ぬことが分かった。ここから「ウミホタルは危険が迫ると発光する」という仮説を立てた。

実験⑤でウミホタルの大量死を招いたため、産業総合技術研究所近江谷克裕先生よりシングルチューブルミノメーターをお借りして実験⑥~⑧を行った。

グラフでの黒い点は各温度における1個体が発した光量の測定値を表す。青いバーは各温度の測定値の相乗平均値を表す。

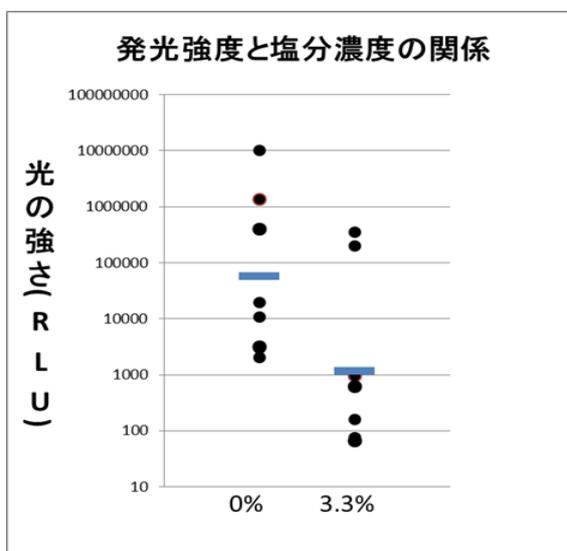
実験⑥ 生きたウミホタルの発光強度と水温と関係の確認 (ルミノメーターによる数値化)



テストチューブに温度の異なる海水 4°C、10°C、30°C、50°Cを 2ml ずつそれぞれ入れ、その中に生きたウミホタルを 1 匹投入した。それらをルミノメーターの測定部に差し込み、10 秒間にウミホタルが出した光量を測定した (各 7 回)。4°C、50°C、10°C、30°Cの順に強く光る傾向がみられた。T検定の結果 4°Cと 30°Cとは有意差あり (p= 0.00694, p<0.05 で有意差あり)、50°Cと 30°Cも有意差あり (p=0.0440) であった。

4°Cと 50°Cはウミホタルにとっての危険な温度と考えた。

実験⑦ 生きたウミホタルの発光強度と塩分濃度の関係の確認 (ルミノメーターによる数値化)

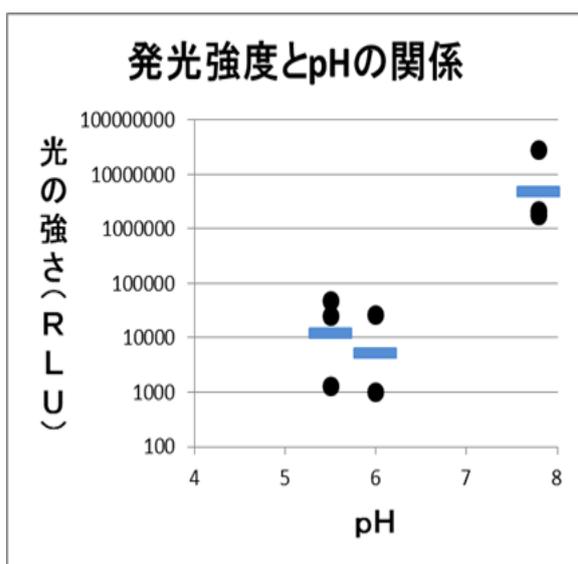


実験⑥と同様の方法で塩分濃度と発光の関係調べた。テストチューブに入れた液体は井戸水 (0.0%) と飼育水 (3.3%) で、ともに水温は 25°Cであった。

塩分濃度が 0.0%のほうが、3.3%の時よりも発光の強度の相乗平均値が大きかった。T検定の結果、0%と 3.3%は有意差があった (p=0.019)。

ウミホタルは汽水域に生息しないことが知られている。0%はウミホタルにとって危険な濃度だと考えられる。

実験⑧ 生きたウミホタルの発光強度とpHの関係の確認 (ルミノメーターによる数値化)



近年地球温暖化が進み、海の酸性度が高くなってきている。ウミホタルなどのカルシウムで構成された体を持つ生物への影響が懸念されている。pHが低い状態も危険な状態だと考え、pHの違いと発光の強度の関係調べた。

実験は実験⑥と同様の手順で行った。テストチューブに入れた海水の酸性度は pH=7.8 (飼育水) と、pH=6.0、pH=5.5 の 3 種類である。T検定の結果 pH7.8 と pH6 は、有意差があった (p=0.0266)。ウミホタルは酸性度が高くなると発光量が少なくなる傾向が見られた。

## 5 研究のまとめ

乾燥ウミホタルは4℃で強く発光することを知ったことから始まったこの研究は、数多くの疑問を明らかにした。生きたウミホタルも乾燥ウミホタルと同様に4℃で強く光ということが確認されたことは大きなことであった。そしてさらに生きているウミホタルは、乾燥したウミホタルと異なり、50℃でも強く光ることも大きな発見であり、そこから私たちは「ウミホタルは危険を感知して、強く光る」という仮説を立てた。そして仮説通り、ウミホタルは低い塩分濃度を感知し、強く発光する現象を発見することができた。電気刺激によって光ることも確認できたが、これも電気刺激がウミホタルにとって感知できる刺激であり、電気刺激はウミホタルにとって危険だから光るのだと考えた。しかしpHに関しては、予想に反してpHが低下してもと発光強度は大きくならなかった。このことから、ウミホタルはすべての危険を感知して、光るわけではないと考えた。pHが低下すると発光強度が低下するのは、酵素ルシフェラーゼの活性が低下するためだと考えられる。また、ウミホタルはその活性の低下を補うほどルシフェリンやルシフェラーゼを分泌しないことから、ウミホタルは酸性度の低下を感知するセンサーを持たず、pHが低下しても（身に危険が迫っても）強く発光しないと考え、必ずしも全ての危険によって発光するわけではないと考えた。

私たちは、危険な状況にさらされたときウミホタルが強く発光するのは周囲のウミホタルへ危険を知らせるためではないかと考えている。今後はこの仮説を調べるために、あるウミホタルが発光したとき、他のウミホタルがその光を見て逃避行動をとるのか、弱い青い光のランプを水中に入れるとそれを見てウミホタルは逃避行動を取るのか、というウミホタルの視覚の研究につなげたい。また、感度の高い近江谷教授にお借りしているシグナルチューブルミノメーターに代わるような照度計も作成する予定である。

## 6 感想

ウミホタルという近年希少となった生物を身近に感じる研究となった。愛情を注いで飼育することで生命の大切さを学ぶことができた。赤ちゃんが生まれたのを見つけた時のうれしさ、死んでしまった時の悲しさなど、たくさんの感情が現れた。これからも愛情を注いで飼育していきたい。また、近江谷克裕教授の特別講演を学校で設けたいいただき、ウミホタル以外の発光生物をたくさん知ることができたのもとてもよい経験だった。

最後になりましたが、研究の助言や相談に応じてくださり、シグナルチューブルミノメーターをお貸しくださった国立産業技術総合研究所近江谷克裕教授、ウミホタルの写真をいただいたオリンパス株式会社の小江克典博士、そして、研究助成金をくださった公益財団法人山崎自然科学教育振興会様（静岡県）にこの場をお借りして心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

## 7 参考文献

- ・入江春彦 ウミボタル *Cypridina hilgendorffii* G. W. MUELLER の生態に関する 2.3 の実験  
長崎大学水産学部研究報告, v. 1, pp. 10-13; 1953
- ・近江谷克裕 『発光生物の不思議』サイエンアイ新書 2009年2月
- ・近江谷克裕 ウミホタルの光が教えてくれる進化の道、細胞内の道  
季刊科学雑誌ミクروسコピア 24巻3号 2007年
- ・小江克典 ウミホタルの採集と観察 化学と教育 vol. 64(2016) No. 8 p380-383
- ・小坂那緒子 実験教材としてのウミホタル 東京書籍ニューサポート高校「理科」vol. 24 秋号  
<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/detail/87455/>
- ・中村中六 (1954) ウミホタル *Cypridina hilgendorffii* G. W. Müller の生態に関する研究  
日本水産学会編, 水産学の概観. pp 108-127
- ・J. Ruttimann, Sick Seas, Nature, Vol. 442(978-980) 31 August 2006