

クラゲの走光性行動に関する研究 ～光源の色と種による反応の違いを探る～

宮城県仙台第三高等学校 理数科

近年、クラゲによる漁業被害が発生し、問題になっている。我々は、クラゲの持つ走光性を利用した装置によって被害低減に貢献できるのではないかと考えている。しかし、この性質についての研究論文は少なく、走光性を利用した装置の設計・開発は実現に至っていない。予備実験により、クラゲの種類や照射する光源の色によって反応が異なることが考察された。我々は未だ解明されていないクラゲの光に対する反応について、様々なクラゲの種類や光の色に関して実験を行った。その結果、クラゲの反応の違いは、クラゲの遺伝子系統や生息水深の違いが要因となっている可能性が示唆された。

1 背景

我々仙台第三高等学校 61 回生理数科 10 班は、本校で開催された「探究の日」に先輩方が発表していたクラゲの GFP の研究⁽¹⁾について知ったこときっかけに、クラゲの生態に興味を持った。そこで 2024 年 5 月 18 日、宮城県七ヶ浜町菖蒲田浜でクラゲの採集を行った。その結果、エダアシクラゲ(ヒドロ虫綱、花水母目、エダアシクラゲ科)、カギノテクラゲ(ヒドロ虫綱、淡水水母目、ハナガサクラゲ科)、オオタマウミヒドラ(ヒドロ虫綱、花水母目、オオタマウミヒドラ科)の 3 種のクラゲを得ることができた。我々はこれらのクラゲを本校へ持ち帰り飼育と観察を行った。我々がクラゲの餌として用いたアルテミアは光走性をもつ生物である⁽²⁾。クラゲにアルテミアを与えるために光を当てて集めていたところ、その光がオオタマウミヒドラにも当たり、その方向へ集まる反応が見られた。これらの生物が持つ走光性とは、光の方向へ向かって泳ぐ性質である。

我々はこの性質に興味を持ち、クラゲの光に対する反応について、クラゲの種類と光源の色の観点から実験・考察を行った。

Fig.1. 宮城県七ヶ浜市菖蒲田浜⁽³⁾



Fig.2. 宮城県七ヶ浜市菖蒲田浜



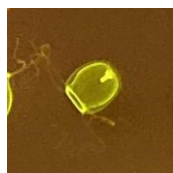
Fig.3. エダアシクラゲ成体



Fig.4. カギノテクラゲ成体



Fig.5. オオタマウミヒドラ成体



2 目的

近年、クラゲの大量発生によって火力発電や漁業に被害が及んでいる。火力発電においては、冷却に用いる海水の取水口にクラゲが侵入し、冷却水の取水が困難になることや、除塵装置に負担がかかり損傷・故障の原因となることが問題になっている。

漁業においては、クラゲが漁具に大量に侵入したり、クラゲの刺胞細胞が漁獲物に刺さり、鮮度が下がったりすることで被害が発生している。このような被害を防ぐことを目的として、東京海洋大学ではクラゲの光刺激による運動を制御し、クラゲと人の棲み分けにつながる技術の開発が試みられた⁽⁴⁾。しかし、有効な技術の開発の成功には至っていない。クラゲの走光性についての先行研究は少なく、この性質は完全には明らかにされていない。そのため我々は、クラゲの種や照射する色による反応の違いやその要因を明らかにすることで、クラゲとヒトの活動区域を分離し、火力発電や漁業への被害を軽減させることを目的として研究を行った。

3 予備実験・仮説

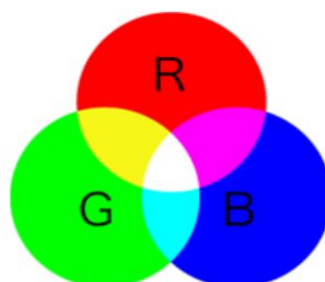
採集で得たエダアシクラゲ、カギノテクラゲ、オオタマウミヒドラにそれぞれスマートフォンの白色光（5269lx）、赤色光と青色光の植物育成用 LED ライトを照射して反応を観察したところ、エダアシクラゲとカギノテクラゲは 3 色のどの色にも反応を示さなかった。オオタマウミヒドラは白色光にのみ走光性を示した。白色光は赤、

青、緑の三原色で構成されている。我々は観察の結果や光の三原色から、緑色の光の成分にクラゲの走光性の反応が関係しているのではないかと考察した。今後の実験にあたって、「クラゲは緑色光に反応する。」という仮説を立て、検証を行った。

Table 1. 種と光源の色による走光性の有無

	赤	青	白
カギノテクラゲ(ヒドロ虫綱淡水クラゲ目、ハナガサクラゲ科)	×	×	×
エダアシクラゲ(ヒドロ虫綱、花水母目、エダアシクラゲ科)	×	×	×
オオタマウミヒドラ(ヒドロ虫綱、花水母目、オオタマウミヒドラ科)	×	×	○

Fig.6. 光の三原色⁽⁵⁾



4 実験

反応を示したオオタマウミヒドラが死滅し、入手が困難になったため実験に用いることができなかった。そのため宮城教育大学出口研究室様から頂いたサルシアクラゲ(ヒドロ虫綱、花水母目タマウミヒドラ科)、エダアシクラゲ(ヒドロ虫綱、花水母目、エダアシクラゲ科)のポリプ(クラゲの生活史における段階の一つで、サルシアクラゲ、エダアシクラゲともに地面に根を張っている状態)を遊離させ、幼体の状態の 2 種類を用いて実験を行った。

また、今回の実験では光源をスマートフォンのライトで統一し、干渉フィルターを

用いて光源の色を変化させた。白色光に干渉フィルターを通すことで、特定の波長のみを照射し、他の波長は遮断した。本実験では、赤色に 640nm、緑色に 550nm、青色に 480nm の波長を取り出すフィルターを用いた。

材料はエダアシクラゲ、サルシアクラゲ、スマートフォン(撮影用と光源用で計 2 台)、干渉フィルター、三脚、暗幕、ピペット、海水、容器である。

まず暗幕で太陽光や実験室の蛍光灯を遮断し、その中に動画撮影用のスマートフォンを三脚で固定した。また、海水の入った容器を入れ、角から光源を照射した。撮影開始後、クラゲをピペットを用いて容器の中央から入れ、2 分間様子を観察した。クラゲは各種一回の実験ごとに 15 匹ずつ無作為に抽出して取り出し、クラゲの種類と光源の色ごとに 3 回ずつ実験を行った。

また、動画を用いて、クラゲの容器に光源がある角から対角線に線を引き、その線に垂直になるような線で容器を 2 つの空間に区切った。光源に近い方の空間①に集まったクラゲの個体数から光源に遠い方の空間②に集まったクラゲの個体数を引くことで、クラゲの走光性の度合いを数値化した。

Fig.7. サルシアクラゲのポリプ

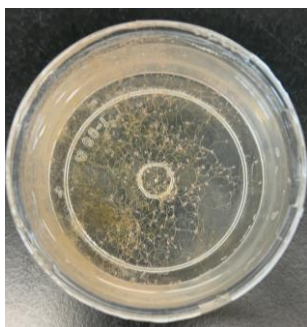


Fig.8. サルシアクラゲ幼体



Fig.9. エダアシクラゲのポリプ

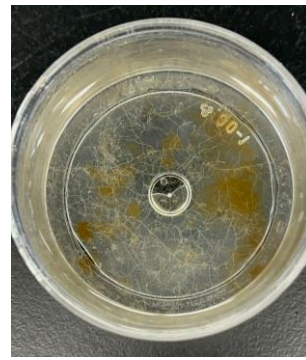


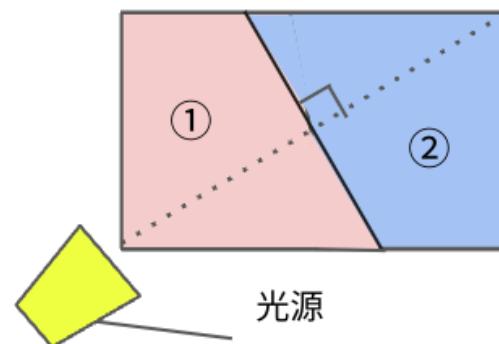
Fig.10. エダアシクラゲ幼体



Fig.11. 干渉フィルター



Fig.12. 走光性の定義

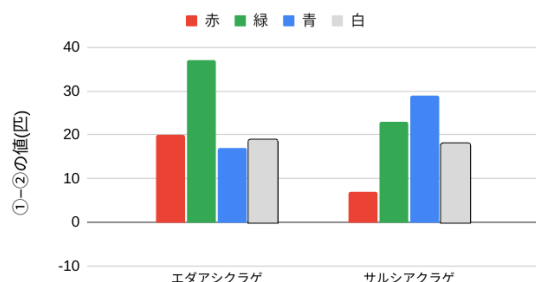


5 結果

実験の結果をもとにグラフを作成した。各種クラゲ、そして色ごとに 15 匹×3 回実験を行ったため、1 回毎の領域①-②の値を合計して縦軸の値を求めた。実験の結果、どのクラゲも正の走光性を示すことが確認できた。サルシアクラゲは緑色に、エダアシクラゲは青色に最も強い走光性の反応を示した。

Table 2. 走光性の度合い

走光性の度合い



6 考察

これらの実験結果から、クラゲは白色光と緑色光以外の光源でも走光性を示すことが確認できたので、「クラゲは緑色の光に正の走光性を示す」という仮説を棄却し、クラゲの反応とクラゲの種類・光源の波長の関係について考察した。

予備実験で、エダアシクラゲは三色のどの色にも反応を示さなかった。しかし本実験においてはエダアシクラゲは度合いに違いはあったが、どの色においても走光性を示した。予備実験で用いたエダアシクラゲは遊離してからある程度成長した個体であったのに対し、本実験で用いたエダアシクラゲはポリプから遊離直後の幼体を用いたので、走光性の性質はクラゲの成熟度によって異なることが示唆された。先行研究から、アルテミアや一時性プランクトンは成長段階によって持っている性質が正の走光性から負の走光性へと変化することが知られている⁽⁶⁾。

また、我々の実験で走光性を確認したオオタマウミヒドラ、エダアシクラゲ、サルしたクラゲはいずれもヒドロ虫綱花クラゲ目に属していた。クラゲの走光性には遺伝子が関係しており、花クラゲ目の他のクラゲも走光性の性質をもっている可能性がある。

クラゲの生息している水深も、クラゲの光に対する反応の違いの要因の一つとして挙げられる。波長の長い赤色光は海水に吸収されやすく水深の浅い部分までしか届か

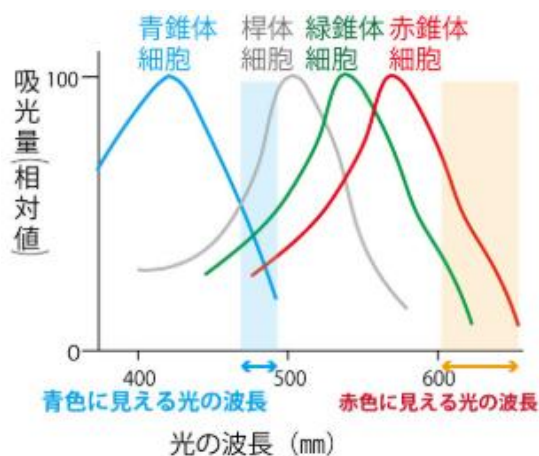
ないが、波長の短い青色は吸収されにくく、深部まで届くことがわかっている⁽⁷⁾。そのため、生息水深が浅いクラゲは赤色光を受け取ることができるが、生息水深の深いクラゲは赤色光を受け取りづらいといった特徴があることが推測できる。エダアシクラゲやサルシアクラゲの生息水深は参考文献によって様々であったため、これらのクラゲの色ごとの反応の違いによって、クラゲの生息水深を特定できる可能性がある。

また、本実験では白色光に対する反応が青や緑の光よりも弱かった。我々の仮説では、白色光は実験で用いた赤・青・緑の3色を混合させた光であるため、走光性の反応を引き起こす成分を含んでおり、反応の強い光源と同様の反応を示すと考えていた。このような結果になった原因として、強弱がクラゲの走光性の反応に違いを生むことが挙げられる。今回の実験では同じ光源から干渉フィルターを用いて赤、青、緑の光を取り出した。そのため白色光はその他の色の光源より光の強度が強く、反応が弱まった可能性がある。例えばミドリムシは、光強度の弱い光源には正の走光性を示し、光強度の強い光源には負の走光性を示す⁽⁸⁾。このようにクラゲにも正の走光性を示す適切な光強度があることが考えられる。

さらに、光に対する反応には、ロドプシンの構造が関わっている可能性がある。ロドプシンとは、光の強弱を感知する桿体細胞に含まれる感光色素タンパク質の桿体細胞の視物質である。ヒトのロドプシンは、主に青から緑の波長を受容して光の強弱を感知している。また、名古屋工業大学の先行研究から、ハコクラゲが原始的な無脊椎動物でありながら、光受容機能を担う光受容タンパク質(クラゲロドプシン)を持ち、その機能が哺乳類などの脊椎動物の桿体細胞と似た光反応特性を持っていることがわかっている⁽⁹⁾。ハコクラゲもオオタマウミヒドラ等の実験で走光性を確認できたクラゲと同じ花水母目に属しており、実際

に強い正の走光性を示す動物である。これらのことから、本実験で走光性を示したクラゲの光受容タンパク質も、ハコクラゲと同様に哺乳類の桿体細胞に含まれるロドプシンと同様の光反応特性を持っている可能性がある。そして、エダアシクラゲやサルシアクラゲが主に青や緑に反応したのは、それぞれの種の光受容タンパク質の中にあるロドプシンが青や緑の波長を受容しやすかったからだと考えられる。

Fig.13. 視物質が吸光する光の波長⁽¹⁰⁾



7 結論・今後の展望

クラゲの反応の違いには遺伝子系統や生息域が要因となっていると示唆されたため、我々は新たに「クラゲは進化過程の構造の違いや生活している水深により、光に対する反応の違いが決定づけられている」と仮説を立てた。

今回の我々の実験では、各クラゲの反応の違いとなっている要因を完全に明らかにすることはできなかったが、有力な手がかりを得た。今後、別種のクラゲを用いて実験を行い、反応の結果とクラゲの特徴を比較し、反応の違いの要因を明らかにしたい。また、今回は実験に用いた光源の光度が均一でなかったため、今後は光度計で各波長の光度を計測して同様の実験を行いたい。

謝辞

宮城教育大学出口研究室様には、本研究の推敲に当たり多大なご助言・ご協力いただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1)宮城県仙台第三高等学校 59 回生理数科 12 班. "クラゲの GFP の光の強さの違い". 知の博物館.09 班 [12 クラゲの GFP の光の強さの違い.pdf](#)
- (2)矢島 エイ子,水納谷 民太郎. "アルテミアの走光性の研究-I 光集合の作用スペクトル". 長崎大学教養部紀要.1980,第 21 巻,第 1 号,29-33 p.(参照 2025-05-22)
- (3)国土地理院地図.菖蒲田浜
2025.<https://maps.gsi.go.jp/#12/38.304505/41.064701/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>(参照 2025-06-08)
- (4)馬場 涼."ミズクラゲのモード選択的運動制御とクラゲ被害対策への応用".研究成果報告書.2016.5p.<https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKEN-HI-PROJECT-25550080/25550080seika.pdf>(参照 2025-01-27)
- (5)キャノンサイエンスラボキッズ."光は RGB でできている".Canon Global.
https://global.canon/ja/technology/kids/mystery/m_04_02.html.(参照 2025-01-25)
- (6)矢島 エイ子・水納谷 民太郎. "アルテミアの走光性の研究-I 光集合の作用スペクトル". 長崎大学教養部紀要.1980,第 21 巻,第 1 号,p.30.(参照 2025-05-22)
- (7)SUGIPRO."光の吸収と散乱".ダイビング講座.<http://www.sugipro.co.jp/kouza/contents/hikarinokyusyutosanran.html>. (参照 2025-01-28)
- (8)川合 康夫, 三島 徹郎, 伊東 明俊."光による原生動物の行動制御に関する研究: 第 5 報: 青色レーザを使ったミドリムシ集団の行動制御における光強度の影響".日本機械学

会 第 16 回バイオエンジニアリング講演会
講演論文集.2004,p.325-326.(参照 2025-06-08)

(9)犬飼紫乃 "哺乳類とクラゲの視覚機能を担うタンパク質の光センシング機能の類似性を解明 ～赤外分光と AI を駆使し、目の中で光を受容するタンパク質の進化を追う～". 名古屋工業大学.2023.

<https://www.nitech.ac.jp/news/press/2023/10428.html>(参照 2023-5-25)

(10)朝倉幹晴 "2019 年大学入試センター試験「生物」第 3 問（生物の環境応答）問題・解答・解

説".<https://asakura.chiba.jp/archives/8139>(参照 2025-03-05)