

# グリーンヒドラの行動と光の関係

愛媛県立松山南高等学校 ヒドラ班

阿部時弥 田村佳典 藤野恵多 本田丈征 指導教員 山崎涼

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景と目的

グリーンヒドラ *Hydra viridissima*(図1)には、体内にクロレラ(緑藻類)が共生しているという興味深い特徴があり、光合成を行う動物として研究されている。

共生クロレラは光合成産物である炭水化物をグリーンヒドラに供給し、グリーンヒドラは窒素源などの栄養を共生クロレラに与えている。そのため、グリーンヒドラでは窒素代謝に重要な遺伝子発現が上昇し、共生クロレラでは硝酸同化にかかわる遺伝子が失われていることが分かっている(文献1)。このように、グリーンヒドラと共生クロレラとの共生メカニズムについては研究が進んでいるが、クロレラとの共生によって、グリーンヒドラの環境応答にどのような影響が出たのかについての研究は進んでいない。

そこで、本研究は、グリーンヒドラの光刺激への応答を調べることを目的とした。実験1では、光の有無によってグリーンヒドラの行動の活発さが変化するかを調べた。グリーンヒドラの移動距離が大きいほど行動の活発さが大きいと解釈し、明条件区では共生クロレラの光合成に必要な光が十分に存在するため、グリーンヒドラの行動は活発化せず、暗条件区では光合成に必要な光を求めて活発化すると仮説を立てて実験を行った。

ヒドラには緑色光を受容する物質が存在すると示唆される(文献2)一方で、クロレラは光合成のために赤色光と青色光を吸収し、光合成以外の用途としても、クロレラが属する緑藻類には、まだ発見されてはいないが赤色光と青色光を吸収する光受容体がそれぞれ存在すると考えられている(文献3)。そこで、実験2では、グリーンヒドラが最も活発化する光の色を調べることから、グリーンヒドラの光刺激の受容において、グリーンヒドラと共生クロレラのどちらが光刺激を受容したのかを調べた。光刺激を受容したのは共生クロレラであり、共生クロレラから輸送された何らかの物質によってグリーンヒドラの行動が活発化したと仮説を立てて実験を行った。

### (2) グリーンヒドラの形態と移動方法

グリーンヒドラは淡水産の刺胞動物で、クロレラとの共生によって体色は緑色であり、伸長時の体長は5mm程度である。触手に接触したミジンコなどのプランクトンを検知し、刺胞によって対象の動きを止めて体内に取り込むことによって捕食を行う。

グリーンヒドラは足盤という器官を用いて固着生活を送る。移動する際は、体を伸び縮みさせながら、足盤と触手の両方を用いる。この方法とはんぼがえりと呼ばれる(図2)。

### (3) 飼育条件

水温 22℃、明暗周期 13 時間(630lx) : 11 時間とした。一週間に2回程度、給餌(ブラインシュリンプ)と換水(ミネラルウォーター)を行った。

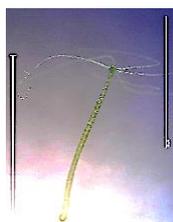


図1 グリーンヒドラ

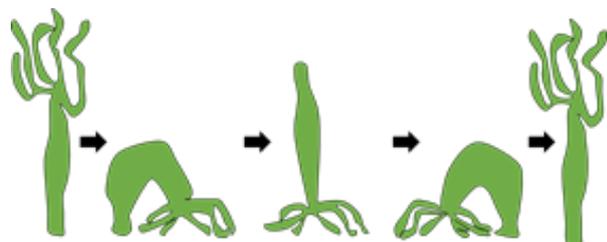


図2 とんぼがえり

## 2. 研究方法

### 2.1 実験1：光の有無による行動の活発さの変化

ミネラルウォーターをプラスチックシャーレ(直径 8.9cm)の壁面の高さの 8割程度まで入れ、プラスチックシャーレ 1 枚につきグリーンヒドラを 1 体ずつ入れてそれらを各光条件のインキュベータ(水温約 22°C)内で 1 時間放置した(図 3)。グリーンヒドラの初期位置と放置後の位置をプロットし、2 点間の直線距離を移動距離として物差しで計測した。移動距離が大きいほど行動の活発化が大きいと解釈した。光条件は明条件 (630lx)、明条件(630lx)から切り替えた直後の暗条件、その直後の暗条件とした。



図 3 実験の様子

### 2.2 実験2：光の波長による行動の活発さの変化

グリーンヒドラの行動が最も活発化する光の色を調べるために、赤色光、青色光、緑色光、赤色光+青色光の光を照射した後、実験 1 と同様にヒドラの移動距離を測定した。赤色光、青色光、緑色光は、それぞれ赤色、青色、緑色のセロファンでインキュベータ内の照明を覆うことによって得られた。赤色光+青色光は、赤色光のセロファンと青色光のセロファンを重ねたもので照明を覆うことによって得られた。移動距離は、明条件(白色光)から各光条件に切り替えた直後の 1 時間は馴化期間として計測せず、馴化期間直後の 1 時間に計測した。

## 3. 結果

### 3.1 実験 1

実験 1 における光の有無による移動距離の変化を図 4 に示した。横軸は光条件、縦軸は移動距離(mm)、エラーバーは標準誤差を示す。各光条件の移動距離の平均は、①2.9mm、②1.5mm、③0.48mm で、①・②間での t 検定を行ったところ、1%水準の有意差がみられた。

### 3.2 実験 2

実験 2 における光の波長による移動距離の変化を図 5 に示した。横軸、縦軸およびエラーバーは実験 1 と同様に示す。すべての色で 1 mm 以上動いた。最も長距離を移動したのは赤色光+青色光区で、平均 2.8mm 移動した。全ての群の組み合わせで t 検定を行ったところ、赤色光区・赤色光+青色光区間と、緑色光区・赤色光区+青色光区間でそれぞれ 5%水準での有意差がみられた。

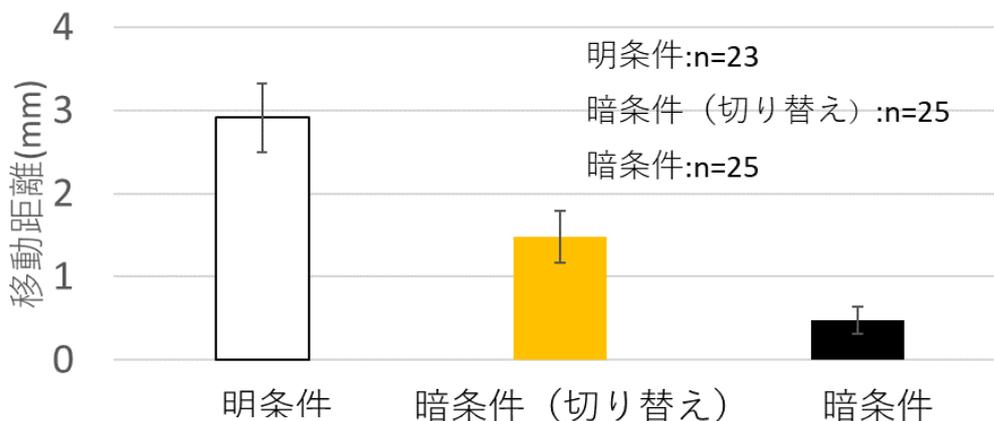


図 4 実験 1 の結果

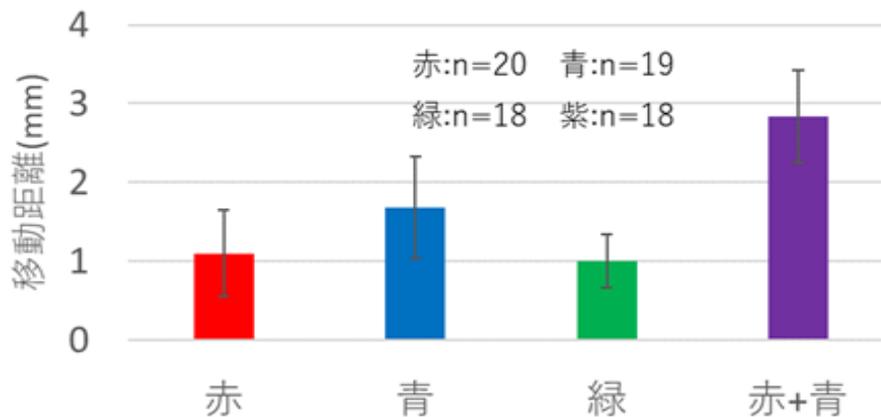


図5 実験2の結果

#### 4. 考察

##### 4.1 実験1

我々の仮説とは反対に、光刺激によってグリーンヒドラの行動が活発化することが示唆された。そのメカニズムとして、グリーンヒドラ自体の光刺激への反射的な応答によって活発化したか、共生クロレラから輸送された物質によって活発化できたかのいずれかが考えられる。暗条件区ではエネルギーの消費を避けるために移動しなかったか、エネルギーを使い果たしたために移動できなかったかのいずれかと考えられる。

##### 4.2 実験2

仮説は立証され、すべての色の光でグリーンヒドラの行動が活発化したことから、行動の活発化にかかわる光の受容はグリーンヒドラと共生クロレラのどちらも行っていると考えられる。しかし、赤色光+青色光区で最も活発化し、その移動距離は実験1の明条件区と近似したことから、行動の活発化にかかわる光刺激の受容には、赤色光と青色光を吸収する光受容体を持った共生クロレラが関係していると考えられる。また、共生クロレラによってグリーンヒドラの行動が活発化したことから、共生クロレラから何らかの物質が輸送されたと考えられるが、グリーンヒドラの行動の活発化に関与したのは光合成産物でエネルギー源となる炭水化物か、その他の生理活性物質であるかという疑問が生じた。

#### 5. 結論

グリーンヒドラの行動は光刺激によって活発化し、行動の活発化に関わる光刺激の受容はグリーンヒドラ自体によっても行われるが、共生クロレラの光受容による影響が大きく、共生クロレラから輸送された何らかの物質がグリーンヒドラの行動を活発化したと考えられる。また、輸送された物質が、光合成産物でエネルギー源となる炭水化物か、光受容体に関わる反応によって生成された光合成産物以外の物質であるかという疑問が生じた。

#### 6. 今後の課題・展望

実験2では白色光をセロファンに透過させることによってそれぞれの色の光を作っていたが、それらの光の波長の正確な値は得られていないため、吸光光度計を使用するなどして実験2でグリーンヒドラに照射した光の波長を調べる。また、セロファンは特定の波長の光しか透過しないはずであるから、赤色のセロファンと青色のセロファンを重ねた赤色+青色がなぜ光を透過しているのかは疑問である。そこで、今回得られた赤色光+青色光区の結果の信頼性を高めるために、新たな実験方法として、セロフ

ファンを重ねるのではなく、インキュベータ内の照明の面積を2等分し、そこに赤色と青色のセロファンを半分ずつ貼ったものに白色光を透過させたものを照射することを計画している。

また、実験2では、グリーンヒドラの行動を活発化させた共生クロレラ由来の物質の正体を特定するという課題が生じた。グリーンヒドラは、共生クロレラ由来の光合成産物を利用するという栄養獲得経路と、自ら餌を捕食するという栄養獲得経路を併せ持つ。もし、グリーンヒドラの行動の活発化の原因が、単に共生クロレラ由来の光合成産物によってエネルギーを得たためであるならば、光照射後のグリーンヒドラの捕食行動は抑制されると我々は考える。そこで我々は、以下のような実験操作を計画している。一定数のグリーンヒドラを明条件(630lx)・給餌あり、明条件(630lx)・給餌なし、暗条件・給餌あり、暗条件・給餌なしの異なる4種類の光・栄養条件下で飼育する。その後、共通の暗条件下で一定数の餌(ブラインシュリンプ)をグリーンヒドラに与える。3時間放置した後で、各実験区のブラインシュリンプの生存数を計測することにより、光・栄養条件の違いによってグリーンヒドラの捕食行動に差が出るかどうかを確かめることができると考えている。この実験には、4種類の異なる光・栄養条件を設けることにより、グリーンヒドラにおけるそれぞれの栄養獲得経路の重要性を評価するねらいもある。

## 7. 参考文献

- ・動物と藻類の共生の謎を解明 ～ヒドラと共生クロレラの栄養相互作用と進化をゲノムから読み解く～:岡山大学、沖縄科学技術大学院大学、キール大学  
[https://www.okayama-u.ac.jp/up\\_load\\_files/press30/press-180726-2.pdf](https://www.okayama-u.ac.jp/up_load_files/press30/press-180726-2.pdf)
- ・ヒドラの行動の研究2 宮城県仙台二華高等学校 生物部  
<https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjrosft87TnAhUay4sBHQaUAq8QFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fnika.myswan.ed.jp%2Fwysiwyg%2Ffile%2Fdownload%2F1%2F119&usg=A0vVaw3FCuQqU7AsHte0CVR1mP93>
- ・日本光合成学会-光合成辞典-光受容体  
<https://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E5%85%89%E5%8F%97%E5%AE%B9%E4%BD%93>