

細胞の効果的再生を目指して ～プラナリアの外部刺激に対する反応～

おごう ゆり
合志市立西合志南中学校1年 小河 百合

研究の動機と目的

小学校4年生の時に体をどんなに切られても、再生できる「プラナリア」に興味を持ち、調べてみた。すると再生能力だけでなく、電気や光の刺激による再生時の学習能力があることがわかった。小学校5年生から条件に当てはまる生息地を探し、1年間かけてプラナリアの生息地を見つけることができた。ここでは、プラナリアに電場や磁場による外部刺激を与え、その反応について検証する。

実験1：プラナリアと再生能力

プラナリアは体表がぜん毛におおわれたウズムシ目に属する。図1左上はプラナリアのイラストで、2つの目がある頭部ととがった尾部を持つ。プラナリアの生体を調査するため、プラナリアをメスで切断して再生実験を行った。切断し、2日後、6日後、12日後の再生状態を観察した。図1の写真a、b、cは12日後の再生状態である。

実験方法と結果

(1)上下に切断(図1の写真a、bは頭部と尾部)
切断後の断面から白い部分(再生初期の細胞で「再生芽」と呼ばれる)が形成されることを確認した。
写真bでは眼の再生が始まっていた。

(2)左右に切断

図1の写真cは左半身である。頭部と眼が観察され、既に右半身が再生されていた。また、常に身体を右に曲げ、時間経過後常に直進せず右に回転しながら移動する様子が観察された。この理由については不明であり、今後研究したい。

なお、右半身は切断2日後には消滅していた。この実験で、プラナリアの再生能力を確認できた。

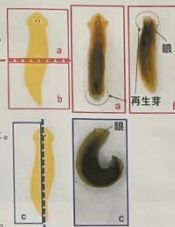


図1 切断後12日経過時の再生状態

実験2：磁場による外部刺激の反応

せん毛虫のゾウムシには磁性に対する走行性が報告されており、磁場に対し平行に泳ぎ、磁場の強い方向に集まる。プラナリアもせん毛を持っているが磁場における報告はみつからなかった。

実験方法と結果

ネオジム磁石(強磁性)とフェライト磁石のそれぞれで検証を行った。シャーレの縁の対向に磁石を1個ずつ配置し、プラナリアを入れ、15分後、30分後、1時間後、7時間後、14時間後のプラナリアの位置および動きを観察した。

図2(a)はネオジム磁石、(b)はフェライト磁石における30分後のプラナリアのシャーレ内での位置である。

いずれの時間経過においても両磁石共に磁石付近に集まる様子はなく、自由に移動し、方向性なども観察されなかった。また、時間経過途中にプラナリアを磁石付近やシャーレ中央に移動させ、その後の移動の方向や位置を観察したが傾向のある様子は観察されなかった。

帯びる磁性が刺激に至らなかった事も考えられ、今後、シャーレや磁石の大きさを替え、観察したい。

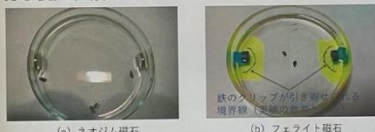


図2 磁石を使用した外部刺激時のプラナリアの様子(刺激後、30分経過)

実験3：電場による外部刺激の反応

3-1 段階的電場刺激に対する反応

プラナリアの反応を観察するため、3Vの電圧(単3電池を直列接続)において実験を行ったところ、印加直後および解除後、個体に収縮反応が観察された。しかし、個体ごと、刺激ごとに反応にばらつきがあり、収縮しない事もあった。そこで個体数を増やし、複数の電圧で実験を行うことにした。

実験方法

・実験装置材料：シャーレ、導線、乾電池(1.5V、9V)、発泡スチロール

・方法

- 発泡スチロールに溝を彫り、シャーレ内にプラナリアを配置し(図3)、乾電池を直列接続して3V、6Vおよび9Vの電圧で電気刺激を与えた。各刺激でプラナリアは電圧ごとに縦向き、横向きで別々4個体ずつ用意した。
- 刺激の時間は4秒とし、方向はプラナリアに対して縦方向(図3①縦線)と横方向(図3②破線)で、それぞれに3回繰り返して刺激を与えた。
- 実験は3日間行い、各個体の刺激に対する収縮反応を観察し、収縮した個体数を数えた。
- 実験したそれぞれの個体を頭部と尾部に切断し、再生能力に違いがあるか経過観察を行った。



図3 電気刺激の実験装置

実験結果

表1は縦向き、横向きそれぞれの回数ごとの収縮反応した個体数で、図4は縦向き、横向きそれぞれの1日ごとの平均反応個体数である。

プラナリアの向きにおいて差がみられ、縦方向への刺激に対してより反応を示す傾向があり、電圧が高いほどその差は明らかであった。

切断後の各個体の再生状態を図5に示す。電圧やプラナリアの方向性に反応の違いがみられたことから、再生能力にも差があると予想したが再生速度の違いはみられなかった。切断後も続けて電気刺激を与えることで個体の再生に違いがみえないか、新たに実験を進めた。

表1 電圧に対する反応個体数(上段:1日目,中段:2日目,下段:3日目)

電圧(V)	縦向き(反応個体数)	横向き(反応個体数)
3.0	0	0
6.0	4	2
9.0	4	4

電圧(V)	縦向き(反応個体数)	横向き(反応個体数)
3.0	0	0
6.0	3	2
9.0	4	4

電圧(V)	縦向き(反応個体数)	横向き(反応個体数)
3.0	0	0
6.0	3	3
9.0	4	4

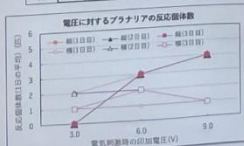


図4 電圧に対するプラナリアの反応個体数の推移

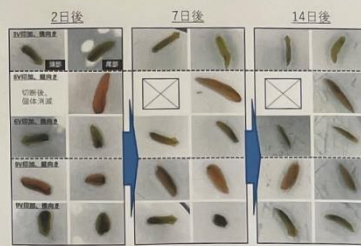


図5 電気刺激を与えた個体の切断後の再生の様子

3-2 一定電場に対する走行性

3-2-1 電場に対する特性

ゾウムシで報告されている電気刺激における負の走行性(陰極へ移動する)に対し、プラナリアでの報告は見当たらなかった。一般に細胞は負に帯電していることから同じ電気走性を示すかどうかの実験を行った。

(1)実験方法

シャーレに鉄製ゼムクリップを電極として配置し(図7a)、3Vの電圧(乾電池を直列接続)を印加し、印加後5分から30分までを抜き取りでマイナスの電極(陰極)から各個体までの距離を計測した。

また、30分経過後、スイッチにより電極を切り替え、極性を反転させて同じように計測して実験の再現性を確認した。

(2)実験結果

図6は6匹の個体を電極間の中央に配置し、電圧印加後の時間経過ごとの電極と個体の距離を電圧切り替え前後それぞれに示したものである。図7(b)、(c)のプラナリアの位置でもわかるように、時間経過を過ごすごとにマイナス電極へ移動し、プラナリアにも負の電気走性があることがわかった。当初、同じ実験を水道水の水で行ったが1時間経過しても自由に動き回り、移動の位置も点にしていた場合があった。

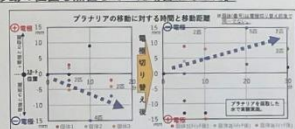


図6 電圧印加後の時間経過における移動距離の推移(電圧印加3V時)



図7 電場中のプラナリア生息地の水を移動するプラナリアの様子

3-2-2 水質に対する特性

電場中のプラナリアの動きにおいて、生息地の水と水道水で走行性に違いがみられたことから、生息地の水、合志市の水道水と他県の水道水(以下、水道水Aとする)でそれぞれ電圧を印加し、水の違いによる走行性の観察を行った。

(1)実験方法

3Vの電圧(乾電池を直列接続)を印加し、印加10分後とその後の、スイッチにより電極を切り替えて極性を反転させ、10分経過後それぞれでプラナリアと電極との位置を観察した。

(2)実験結果

図8は6匹の個体を電極間の中央に配置し、電圧印加10分後、極性反転後10分経過後それぞれのシャーレ内のプラナリアの様子を示したものである。生息地の水は負の走行性の再現性が確認でき、水道水では違いがみられ、合志市の水では負の走行性があるものの、水道水Aでは負の走行性はなかった。

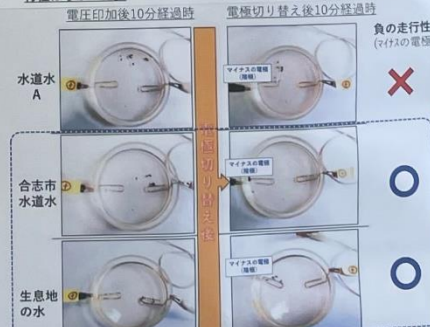


図8 電場中のプラナリア生息地の水、水道水の水を移動するプラナリアの様子

・電圧印加中の水道水A、生息地の水におけるマイナスの電極(陰極)付近を観察していたところ、図9より、電極には気泡の付着がみられ、特に水道水Aでは多いように見えた。また、水を変え、実験を重ねる毎に電極が溶け出し、最後に行なった生息地の水ではさび(鉄)が電極付近の水に混ざり始めていた。

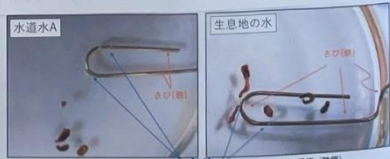


図9 電圧印加中の水道水A、プラナリア生息地の水におけるマイナスの電極(陰極)付近の様子

まとめと考察

- ・実験1において、再生途中の細胞の形成を確認することができた。
- ・実験2および実験3では磁場における走行性はみられ、電場に対し、負の走行性があることがわかった。プラナリアにおける負の電気走性に関する報告は調査した中に見当たらなかった。新たな発見であると思われる。
- ・実験3-2において、負の走行性には水質が影響していると考えられる。ただし、実験環境の影響も含まれるため、更に調査していく。
- ・実験3-1のプラナリアの向きにおける反応の違いにヒントを得て、電気刺激による再生速度について検証の予定である。その結果は導電性テープ等による皮膚の早期再生など再生医療への応用が期待されると考える。

【参考文献】宮崎武史：プラナリアって何だろう？。幻冬舎ルネッサンス