中学校
83

熊本県教育委員会賞

プラナリアの電場における特性
～細胞の効果的再生を目指して～

合志市立西合志南中学校３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、細胞の効果的再生を目標にプラナリアの研究を進めてきた。電場による外部刺激の検証では、プラナリアの反応に負の走行性が確認され、プラナリアの生息する環境水と生活用水では走行の再現性に違いがあることがわかった。今年は水質調査のデータを基にプラナリアの反応から影響する物質を読み解くことを試みる。また、細胞の効果的再生を検証として、電場中の外部刺激におけるプラナリアの再生能力について調べる。

予備実験：プラナリアの水中を流れる電流量

一般に水中ではほとんど電気は流れないことは知られている。これまでの検証で電圧印加による電気刺激を行なってきたが、プラナリアのいる水中ではどのくらいの電流が流れ、プラナリアに刺激が伝わっているのだろうか。直流電源装置と電流計を用い、プラナリアの生息地(江津湖)の水(50ml)に流れる電流値を調べる。

実験方法

これまでの検証で使用した、3V、6V、9Vの電圧条件において、炭素棒の電極に電圧を印加し、直径8.6mmのシャーレ内に流れる電流を電流計で読み取る。

実験結果と考察

電流計は図1のように指し示した。

図1　プラナリアの生息地(江津湖)の水におけるシャーレ内を流れる電流(電流値)

電流計から読み取った電流値は、3V印加時:0.1mA、6V印加時:0.8mA、9V印加時:1.3mAとなった(図1)。人体では1mA程度はピリッと感じる量の電流である。1.3mAはプラナリアとってかなり苦痛を覚える量ではないかと考える。検証において、3Vの電圧印加条件は刺激の条件として最適ではないかと考える。

実験１：負の走行性と水質の関係

昨年までの検証でプラナリアには生息地の水と生活用水では負の走行性に違いがあることを確認し、水質調査の試験項目からその違いに影響しそうな物質の推定まで行った。

１-１　電場中の水質に対する特性

（これまでの検証結果）

電場中のプラナリアの負の走行性は、江津湖の水と合志市の水道水ではみられ、川西市(兵庫県)の水道水ではみられなかった(図2)。生息地の水である環境水と水道水である生活用水の水質が負の走行性に影響していることが示唆された。

図2　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

本実験では、新たに別の都道府県から採取した水道水を用い、合志市と川西市の水道水でみられた負の走行性の違いが再現するか、調べる。

実験方法

3Vの電圧(直流電源装置)を印加し、電圧印加10分後とその後、導線を繋ぎ変えて極性反転させ、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する。この作業を伊丹市(兵庫県)の水道水、福岡市(福岡県)の水道水、合志市の水道水(各50ml)の場合で行う。

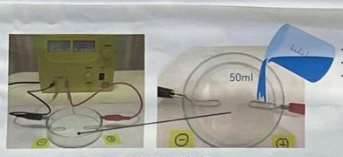


図3　電気刺激の実験装置

実験結果と考察

図4は4匹の個体を電極間に配置し、電圧印加10分後のシャーレ内のプラナリアの様子を示したものである。合志市の水道水では負の走行性が再現し、伊丹市や福岡市の水道水では川西市の水道水と同様、負の走行性は再現しなかった。極性を反転させても同様の結果が得られた。これらの現象から、川西市、伊丹市、福岡市の水道水には負の走行性を阻害する物質が含まれているのではないかと考える。

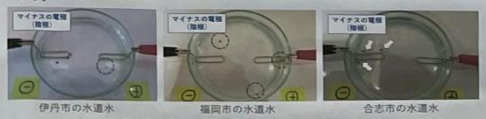


図4　電場中の水導水の水を移動するプラナリアの様子

１-２　走行性に影響する物質の特定

（これまでの検証結果）

実験で使用したゼムクリップの電極において陰極から水素、陽極では鉄の溶解がみられた。江津湖の水においても電気分解が起きており、水素や酸素の関与は考えにくい。水質調査データの試験項目から硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素や鉄など、負の走行性と含有量に相関のある化学物質がみつかった(表1)。

表1　平成21年度　水質調査データ（一般公開データ）

(単位:mg/L) 項目	採水地点	川西市	合志市	江津湖
病原生物	大腸菌(MPN/100ml)	0	0	3600
無機物/重金属	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 *1	0.6	3.4	3.7
	フッ素及びその化合物	0.16	0.37	0.14
	ホウ素及びその化合物	0.1	0.59	
一般有機物	塩素酸	0.6	0.06未満	
臭色	鉄及びその化合物	0.03未満	0.03未満	0.14
味	ナトリウム及びその化合物	21.6	39	13
	塩化物イオン	22	20未満	10
味	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	68.2	77	19、8.6 (3号:5.0)
	蒸発残留物	162	270	

（表1の補足説明）
赤色/黄色塗り:走行性に関連する物質(推定)、黄色塗り:水道水で多く含まれる、赤字:生息地の水で顕著に多く含まれる。
*1：化学肥料や畜産堆肥物が流れ込んだ湧水などで数値が高い。

川西市の水道水では硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、江津湖の水では水道水に含まれるNa、Mg、Mn、塩化物イオン(Cl-)などの含有が極端に少ない。

１-２-１　江津湖の水の負の走行性への作用

川西市の水道水には負の走行性が再現しない。そこで、江津湖の水を混合することにより、負の走行性が現れるのか、調べる。

実験方法

江津湖の水では硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が川西市の水道水の6倍程度含まれることを参考に川西市の水道水(60ml)、江津湖の水(10ml)の混合水を準備する。3Vの電圧(直流電源装置)を印加し、電圧印加10分後とその後、導線を繋ぎ変えて極性反転させ、10分経過後それぞれで電極からプラナリアの位置を観察する。

実験結果と考察

電圧印加10分後と極性を反転させて10分後において、プラナリアがマイナス極に移動する様子はなく、負の走行性はみられなかった(図5)。江津湖の水には水道水に比べ、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、鉄、大腸菌などを多く含んでいることから、負の走行性の出現を期待したが、その作用はなかった。

図5　川西市の水道水･江津湖の水の混合水(6:1)の電場中を泳動するプラナリアの様子

江津湖の水や合志市の水には共通して、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が多く含まれ、負の走行性も再現する。やはり、この物質の存在が気にかかる。一方、プラナリアのいる水中では電場による電気分解が起きており、その影響は否定できない。

１-２-２　電気分解の負の走行性への作用

川西市の水道水や合志市の水道水には江津湖の水に比べ、電解質を多く含んでいる(表1)。電解質となる化学物質の割合、濃度が電気分解の作用により、負の走行性を生むのではないかと考えた。江津湖の水に電解質となる物質を加えることで負の走行性が解消するのか、調べる。

実験方法

プラナリアは淡水の生物のため、食塩の代わりに硝酸ナトリウムを準備する(図6)。川西市、合志市の水道水の濃度と同等となるよう、江津湖の水(75ml)には硝酸ナトリウム2mg(江津湖の水のナトリウム約2倍)を溶解する。3Vの電圧(直流電源装置)を印加し、電圧印加10分後に、硝酸ナトリウムを溶解し、再び電圧印加10分経過後の電極からプラナリアの位置を観察する。

図6　硝酸ナトリウム

実験結果と考察

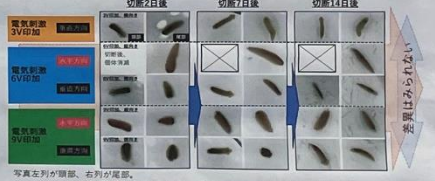
電圧印加10分後、プラナリアにみられた負の走行性は、硝酸ナトリウムを溶解し、電圧印加10分後には解消していた(図7)。電気分解により、ナトリウムイオンや亜硝酸イオンなどに対する**化学走性**が影響する可能性が出てきた。これは新たな発見であり、今後、再現実験と文献調査を進め、真相を確かめる。

図7　電場中の硝酸ナトリウム溶解前後の江津湖の水を泳動するプラナリアの様子

実験２：電場による外部刺激における再生能力

（これまでの検証結果）

一昨年の研究では電場による刺激を与えたプラナリアの再生能力を検証した。縦方向および横方向に泳動を制限したプラナリアを電圧印加3Vの群、6Vの群、9Vの群に個体を分け、電場の刺激を3日間繰り返し行った。その後、切断を行ない、再生の経過を観察したところ、刺激の方向、電場の段階に関係なく、再生能力に差異はみられなかった(図8)。本研究では「細胞の効果的再生」を目指すことを目的としており、更なる検証として、切断前に電場の刺激を与えるのではなく、電場の刺激を与えながら再生状況を確認することで、効果性を検証する。

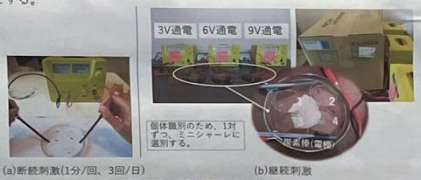


写真左列が頭部、右列が尾部。

図8 電場の刺激を与えたプラナリアの切断後の再生の様子

実験方法

プラナリアを頭部・尾部に切断し、電場の刺激の段階を電圧印加3V、6V、9Vの群に頭部・尾部を対にして個体を分ける(1つの群に4対)。電場の刺激を（1）1分/回を毎日、3回繰り返す(断続刺激)(図9(a))、（2）常に電場を与え続ける(継続刺激)(図9(b)))の方法で加え、それぞれの再生状況を観察する。なお、(1)の刺激以外の時、(2)の環境では光が再生の妨げとならないよう、段ボールで囲い、暗所にして再生を待つ。また、効果の確認として、電場の刺激を与えない個体を比較の対象とする。



(a)断続刺激(1分/回、3回/日)　(b)継続刺激

図9 電気刺激の実験装置と刺激の方法

実験結果と考察

図10は切断後、断続刺激および継続刺激による電場の刺激を与えたプラナリアの個体群のうち、1対の再生の様子を示したものである。それぞれの個体群の中では再生のばらつきはあったが、再生の兆候として表れる「再生芽」や尾部では頭部にあたる「耳葉」は同じ時期に形成され、その後の経過においても電場の刺激による再生に有意差はみられなかった。検証の電圧条件(mAオーダー)ではプラナリアに電気に対する耐性がつき、効果を発揮しなかったと考える。

図10 切断後、電気刺激を与えた場合の再生の様子

まとめ

- これまでの研究で実証してきた水質の違いによる負の走行性は、本研究において、電気分解における電解質が影響した化学走性による可能性がでてきた。再現性の検証、文献調査を行ない、探究していきたい。
- 電場の刺激による再生実験では、使用した電圧条件において、その効果は得られなかった。プラナリアに流れた電流量が大き過ぎ、再生を促進する弊害となった可能性がある。電流量を基にした電場の刺激条件を見極めていきたい。
- 筋肉の疲労回復には電流を流すことで傷ついた細胞の回復を促進する効果がある ことが知られている。但し、それは微弱な電流である。細胞の効果的再生を目標に、電流制御を踏まえた最適条件を見つけ、次のステップに進めていきたい。