

論文内容要旨

動物は外界からの刺激に反応して運動様式を変化させる。この結果、動物は刺激源に近づいたり遠ざかったりする、いわゆる走性行動を示すことになる。古くからゾウリムシも種々の走性行動を示すことが知られている。ゾウリムシの刺激受容、刺激情報の統合のしくみは、高等多細胞動物の受容体や、中枢神経系のニューロンにおける統合と同様に、膜電気現象を介するものであり、また作動体である繊毛運動の膜電気現象による制御のしくみは、高等多細胞動物における神経による筋収縮の制御のしくみと根本的に同じである。したがってゾウリムシの走性行動のしくみの研究は、ヒトも含めた高等多細胞生物の行動のしくみの研究のモデルになるものと考えられる。

生物をとりまく環境要因の中で温度は極めて一般的で重要な要因の一つである。ゾウリムシの温度感受性については、走熱性行動として古くから研究されて来た。しかしながら、ゾウリムシの温度感受性、走熱性に関して、その機構の統一的な説明はなされていない。

これまでなされてきた走熱性の研究において、実験上の問題点を指摘できる。例えば、実験槽内の温度勾配の直線性、ゾウリムシの生理的条件(培養条件、飢餓状態の程度)等に対して十分に考慮がなされていない等の点である。そこで著者は、まずこれらの技術上の問題点をできるだけ解決して、再現性の良い実験条件を検討し、その条件下で走熱性の発現の機構や、温度感受性に関する問題解決のための実験を行った。

まず、実験槽下部に多数の熱源を配置し、実験槽内に任意の温度勾配や、温度部域を作ることのできる装置を製作した。この装置により、実験槽内に二つの異なる温度部域をとなり合わせに設ける方法で、二つの温度の境界において温度が急激に変化する(ステップ状、あるいは直角的に変化する)温度場を作成した。

このステップ状温度場における走熱性を調べた結果、次の3点に要約される結果を得た。

1) 適温の温度部域にゾウリムシが集合する場合、その温度部域の面積がせまいと、集合の程度が悪くなる「温度場の面積効果」が見られる。また、この現象は、集合温度以外の温度部域に泳ぎだす「機会」の多少により変化する。すなわち、ゾウリムシの走熱性は、各温度の部域における、他の温度部域との境界面への到達率と、その境界の通過率によって説明できる。

2) ゾウリムシの走熱性は、培養液中で実験を行うと、culture age(最終給餌, final feedingからの培養期間)により変化する。この変化は、走熱性の発現が、外液のイオン組成により変化する事、ゾウリムシの温度感受性が culture ageにより変化する事の2点の原因が重なり合うことにより起こっている。すなわち、外液のイオン組成は、 $[K^+]/\sqrt{[Ca^{++}]}$ 比(Ja 値)が2以下の場合は走熱性が発現しない。また、culture ageが進むと、低温部域から離散しなくなる。このとき高温部域からは離散可能であることから、対低温、対高温に対してそれぞれ別の温度受容機構があるものと考えられる。

3) 培養温度を変化させても、集合温度自体は変化しない(25°C)。すなわち、従来、ゾウリムシが集合するいわゆる最適温度は、培養温度に近く、培養温度を変化させると最適温度も変わると言われてきたが、このようなことは本実験では観察されなかった。したがって、培養温度を変化させても、変化することのない特定の温度に対する受容機構の存在が示唆される。

論文審査の結果の要旨

鵜川の研究は独自に開発した30チャンネルの温度勾配装置を用いゾウリムシ細胞集団の走熱性を解析したものである。

先ず2.5°C差のステップ場温度場を作り、細胞が培養温度に集合する機構を解析し、集合の原因が遊泳速度と回避反応の頻度の外に温度場の広さが滞留時間との関係で重要であるが、順応は関係がないことを明らかにした。次に、培養温度と、培養エイジが走熱性にどう関係するかを詳細に調べ、走熱性は培養温度を「記憶」することによって生ずるのではなく、細胞集団が集合する適温が存在すること。この適温への集合の反応性は培養エイジ及び適温に接する温度場の温度によって異なることを明らかにした。

さらに、ゾウリムシの自発的回避反応の頻度が外液の Ja 値 ($[K^+]/\sqrt{[Ca^{++}]}$) に依存する事実をもとに、培養液の培養エイジの違いとその Ja 値を調べ、培養エイジの違いによる細胞の走熱性の違いは、培養液のエイジによる pH の差が Ja 値の差として細胞の反応性に差を生じさせることが原因であることを明らかにした。

以上の研究は、ゾウリムシの走熱性に関するこれまでの研究の矛盾点の原因に明快な解答を与えるものであり、鵜川が自立して研究を行うのに十分な研究能力と学識を有していることを示している。よって理学博士の学位論文として合格と認める。