

ゾウリムシの圧力変化に対する行動反応

大川奈都美 (筑波大学 生物学類)

指導教員：大網一則 (筑波大学 生命環境系)

1. 緒言

淡水に生息する単細胞生物ゾウリムシは、体表に多数の繊毛をもち活発な遊泳を示す。ゾウリムシは他の生物同様、外界の各種刺激を受容する能力をもち、それら刺激に対応して行動反応を示す。物理的障害物や有害な化学物質に対する回避反応はその一例である。

外界の圧力は生物に作用する物理的な環境要因のひとつである。これまでに生物の外界の圧力刺激に対する反応の研究は他の刺激に対する研究に比べ、あまり行われていない。私はゾウリムシを例にとり、生物が外界の圧力を受容することができるのか、また、圧力受容の結果、どのような反応が生じるのかに興味をもった。この実験は、圧力変化刺激に対するゾウリムシの行動反応を調べることを目的とする。

2. 材料と試験方法

実験に用いたゾウリムシ(*Paramecium caudatum*)はバクテリアを植え付けた麦藁の抽出液を用いて 20°C で培養した。培養したゾウリムシは標準溶液(1 mM CaCl₂, 1 mM KCl, 1 mM Tris-HCl, pH 7.4)で 3 回洗い、その液に 1 時間順応させた後実験に用いた。ゾウリムシに実験的に圧力変化を与えるには 2 通りの方法を用いた。ひとつは、シリンジを用いて密閉した実験容器全体の体積を変化させる方法であり、もうひとつは水を満たしたガラス管を実験容器に接続し、その水面の高さの差を用いて圧力変化を与える方法である。比較的大きな圧力変化を与える場合にはシリンジを、微小な圧力変化を与える実験には、水面差の方法を用いた。

ゾウリムシの遊泳行動は実体顕微鏡下(Leica, MZ8 型)で観察した。また、一部の実験ではデジタルカメラを用いて、ビデオ画像として記録した。今回の測定では、主に、ゾウリムシの遊泳速度を中心に測定した。遊泳速度は、5 個体の平均値として表した。すべての実験は室温(18°C~22°C)で行った。

3. 実験結果

3.1 ゾウリムシの遊泳行動に対する加圧の効果

はじめに、遊泳するゾウリムシにシリンジを用いて加圧を行った時の行動変化を調べた。ゾウリムシを入れた実験容器に圧力変化を与えると、速やかにゾウリムシの遊泳速度の減少が観察された。このとき、自発性の遊泳方向の変化や後退遊泳はほとんど観察されなかった。ゾウリムシの遊泳速度の減少は加圧中続き、加圧を終えると元に戻った(1.11 気圧の時の遊泳速度は、加圧前; 1.43 mm/s、加圧開始後 0-5 分; 0.94 mm/s、5-10 分; 0.86 mm/s、10-15 分; 0.95 mm/s、加圧終了後; 1.42 mm/s)。

次に与える圧力変化の強さの効果を調べる目的で、加える圧力を 1.43 気圧、2 気圧に増して同様の実験を行った。これらの圧力変化に対するゾウリムシの遊泳行動は、1.11 気圧の刺激で述べたものと同様であり、速度減少の程度も同じ傾向が見られた。

ゾウリムシの加圧に対する行動反応の程度は、ここまで調べた刺激の範囲では、ほぼ一定であったが、その原因を明らかにする

目的で、ゾウリムシに微弱な圧力変化を与え、中間的な応答が得られるかどうかを検討した。

水面差を用いてゾウリムシに比較的小さい圧力変化(1.002 気圧から 1.05 気圧)を与えると、シリンジで比較的強い圧力変化を与えたときと同様に、遊泳速度の減少が認められた。与える圧力を変化させて実験を行い、加圧開始後 0-5 分の遊泳速度を比較すると、1.002 気圧で 1.09 mm/s、1.005 気圧で 1.06 mm/s、1.01 気圧で 0.86 mm/s、1.02 気圧で 0.90 mm/s、1.05 気圧で 0.90 mm/s であった。これらの結果は、この圧力範囲では、ゾウリムシの行動反応は刺激の強度に伴って顕著になってゆくことを示している。従って、ゾウリムシの圧力変化に対する速度減少反応は、全か無かの的ではなく、刺激の強さに応じて反応が強くなる性質を持つことが明らかとなった。

3.2 ゾウリムシの遊泳行動に対する減圧の効果

次に、ゾウリムシに対する減圧の効果がどのようなものかを検討した。シリンジを用いて 0.83 気圧に減圧するとゾウリムシの遊泳速度は低下した(減圧前; 1.43 mm/s、減圧後 0-5 分; 0.94 mm/s、5-10 分; 0.86 mm/s、10-15 分; 0.95 mm/s、減圧終了後; 1.42 mm/s)。与える減圧の程度を増して(0.71 気圧から 0.50 気圧)同様の実験を行うと、ゾウリムシは先の減圧時と同様に遊泳速度を減少させ、その程度も同様であった。次に、水面差を用いて微弱な減圧を行うと、ゾウリムシは微小な減圧(0.995、0.99、0.95 気圧)に対しても、遊泳速度の減少を示したが、その程度は刺激の強さに応じて顕著になった(0.995 気圧で 1.25 mm/s、0.99 気圧で 1.0 mm/s、0.95 気圧で 0.98 mm/s)。

4. 考察

生物は様々な環境因子を刺激として受容し、それに適切に対応して生きている。これまでに、外界の圧力を感知する受容系の報告は多くはないが、状態異常としての高山病や潜水病等は良く知られており、これ以外にもポンプ作用を有する心臓の拍動調節にかかわる圧受容系の報告も見られる。

今回の実験で得られた結果より、ゾウリムシは加圧下、減圧下共に圧力変化を感知して遊泳速度を減少させることがわかった。ゾウリムシの示す圧力変化に対する行動反応の感受性は非常に高い。ゾウリムシが自然条件で経験する圧力変化の原因のひとつに水深の違いが挙げられるが、ゾウリムシは少なくとも 1.002 気圧で反応していることから、2 cm の水深差を感知できることになる。従って、ゾウリムシは自然界での遊泳中に圧受容系を利用して水深を調節している可能性が示唆される。

ゾウリムシの遊泳速度は繊毛の有効打の向きと繊毛打の頻度により決まる。今回の実験で得られた結果から、ゾウリムシは圧力を受容し、繊毛の有効打の向きを変化させて遊泳速度を減少させる機能を有していることが示された。圧受容系の実体やゾウリムシが圧力変化により繊毛打を変化させるメカニズムに関しては今後の課題である。