

ゾウリムシの化学受容に対する環境因子の効果

小林 和真 (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)

<導入>

生物は外界の様々な環境と相互作用をして生きている。生物の刺激応答性を理解することは生命現象を解明する上で重要である。ゾウリムシは体表の繊毛を用いて遊泳する単細胞生物である。ゾウリムシは単純な体制だが、外界の様々な環境要因を刺激として受容し、それに対して行動反応を示す。例えば、遊泳中のゾウリムシが前方の物理的障害物にぶつかると、回避行動と呼ばれる一連の行動反応をとり、これを回避する。また、ゾウリムシは様々な化学物質に対しても、行動反応を示すことが知られている。

私は、動物の刺激応答性のうち、化学受容に興味をもった。身近な例では、人の味覚は化学受容に依存している。味覚は食物摂取や毒物の忌避、塩分摂取に対応し、動物の生存にとって重要である。ヒトでは、「さめたスープはまずい」といわれるように、温度により同じ化学物質に対する感覚が異なることがある。これは、化学受容に温度刺激が影響した結果であると考えられる。このような味覚でみられる複雑さが、単純な体制のゾウリムシで存在するのか、また、どの様な形で発現するかについて調べることをこの実験の目的とした。

ゾウリムシに存在する化学刺激受容系は直接、人の味覚とは対応づけられていないが、この実験では、ヒトに対する基本味5種類のうち、ゾウリムシが特に顕著に反応を示す塩味と苦味に着目し、ゾウリムシの化学受容が温度変化によりどのように変化するかを調べる実験を行った。

<方法>

ゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) はコムギの抽出液を用いて20°Cで培養した。実験に用いた標準溶液の組成は1 mM KCl、1 mM CaCl₂、1 mM Tris-HCl (pH7.4)である。ゾウリムシは標準溶液で3回洗い、30分以上放置した後、実験に用いた。刺激を与える際、ゾウリムシを小さいピペットで一つの溶液から別の溶液に移した。刺激のない溶液でこの操作を行っても、ゾウリムシは通常の遊泳と同じ前進遊泳を続けた。今回の実験で、化学刺激には、塩化物であるKClと苦み物質であるキニーネ塩酸塩二水和物(塩酸キニーネ)を用いた。温度刺激には、15°C、20°C、25°Cを設定し、それぞれの温度に保ったインキュベーターを用いて溶液の温度を調節した。異なる温度に移した溶液の温度変化は3分以内であれば1°C以内に治まったため、実験は3分以内に行った。ゾウリムシの行動反応は実体顕微鏡下で観察した。

<結果>

初めに、ゾウリムシに温度変化を与えたときの行動反応を調べた。溶液の化学組成は一定とした。ゾウリムシを20°Cの標準溶液から15°Cの標準溶液に移すと約1分間、前進遊泳と後退遊泳を交互に行う反応を示し、その後20°Cのときと変わらない前進遊泳に戻った。20°Cから25°Cに移したときも、基本的な行動反応は同様であった。

次に化学刺激を与えたときのゾウリムシの行動反応を調べた。温度変化を与えずに、ゾウリムシをKCl濃度の高い刺激液(K刺激液)に移すと、ゾウリムシは一過性の後退遊泳を示した。この後退遊泳の速度は徐々に低下し、やがて一か所で、お尻側を軸にして回転を始めた。この回転のあと、ゾウリムシは前進遊泳に戻った。

次にK刺激液に対するゾウリムシの行動反応を温度を変えて調べた。20°Cの標準溶液から15°CのK刺激液にゾウリムシを移すと、温度変化のないときと同様の行動反応を示したが、後退遊泳の持続時間、回転運動の持続時間が短くなった。

逆に20°Cの標準溶液から25°CのK刺激液に移したときも一連の行動反応の様子は同様であったが、後退遊泳の持続時間と回転運動の持続時間が長くなった。

次に、キニーネに対するゾウリムシの行動を観察した。キニーネ単独の刺激に対するゾウリムシの行動を観察するために、温度を変えずに0.5 mM 塩酸キニーネを含む刺激液(キニーネ溶液)に移すと、ゾウリムシは激しく前進遊泳と後退遊泳を繰り返した。後退遊泳の頻度は時間とともに低下した。

ゾウリムシにキニーネと温度の両方の刺激を与えた。ゾウリムシは20°Cの標準液から15°Cのキニーネ溶液に移すと、前進遊泳と後退遊泳を交互に繰り返した。後退遊泳の頻度を測定すると、同じ温度で刺激したときよりも、低くなっていた。ゾウリムシを25°Cのキニーネ溶液に移すと、前進と後退を繰り返す行動反応の様子は変らなかったが、後退遊泳の頻度は若干増加した。

<考察>

今回の実験結果から、ゾウリムシは受容する刺激物質によって異なる行動反応をすることが確認された。ゾウリムシのKClに対する反応は、人の塩受容に対応するものであると考えられる。無機塩類に対する受容系は、人の体液の恒常性維持に重要であるだけでなく、直接外液の化学組成の変化にさらされる単細胞生物にとっても重要であると考えられる。一方、キニーネは人にとって苦み物質として知られるが、ゾウリムシもこの物質に対して顕著な行動反応を示し、負の化学集合を見せることが知られている。この物質は、mM オーダーでゾウリムシに対する毒性が観察された。

今回の実験で、これらの塩と苦味に対する行動反応が、温度変化を同時に与えることで変化するかどうか調べたところ、どちらも、与えた温度変化に依存して変化することが明らかとなった。

今回の実験でみられたゾウリムシの化学受容に対する温度変化の効果が、特上のスープが冷めた時に、大変味が落ちることと対応するかどうかは定かではないが、単純な体制の生物においても、異種刺激の存在が刺激に対する応答性の変化をもたらすことが明らかとなった。

今後の研究の課題としては、何がゾウリムシの化学受容の感受性を増加させたのかを特定することであると考えている。