

# アルテミアの走光性の研究—I 光集合の作用スペクトル

矢 島 エイ子・水納谷 民太郎

（昭和55年4月25日受理）

## Studies on the phototaxis of *Artemia salina* — I Action spectrum for photoaccumulation

Eiko YAJIMA and Tamitaro MIZUNOYA

### Abstract

Three-day-old metanauplius larvae of *Artemia salina* show positive phototactic response after dark adaptation. The accumulation of the larvae into light flux from dark region was linear to the initial period of irradiation. The maximum response was resulted from the irradiation of monochromatic light at 420 nm. The action spectrum in visible region is similar to the absorption spectra of hemoproteins. This result suggests that the photoreceptor pigment may be one of the hemoproteins.

### 緒 論

*Artemia salina*（以下単にアルテミアという）は鰓脚亜綱（*Branchiopoda*）、無甲目（*Anostraca*）、ホウネンエビモドキ科（*Branchinectidae*）に属し、通称 Brine shrimp と呼ばれる鹹水産の下等甲殻類である。ノープリウス幼生のときは単眼のみを有し、体長は約1mm以下であるが、孵化後1週間もするとノープリウス眼とともに複眼を備えるようになる。そして成体は体長10～15mmで、複眼で光を感じて腹を光の方に向けて泳ぐ。成体に室内の照度より強い光線が当たると一般に光から逃げる負の走光性を示す。甲殻類の走光性に関しては、多くの研究が古くからなされており、特にアルテミアについては R. Seifert の詳細な論文<sup>(1)</sup>がある。最近では広木がアルテミアの走光性行動の性差と集団効果を調べて、幼生・成体いずれの場合も、照度2ルクスから33,000ルクスまでの範囲内で、負の走光性が解発されることを観察しているし、<sup>(2)</sup>また広木・越田は、アルテミアの走光性行動におけるノープリウス眼の役割を検討して、ノープリウス眼のみをもつ幼生およびノープリウス眼の他に複眼の発達した成体は、いずれも負の走光性を示すが、複眼を切除すると走光性を示さなくなることから、成体のノープリウス眼は走光性の解発に重要な役割を果していないと結論している。<sup>(3)</sup>

一方、われわれは、アルテミアのメタノープリウス幼生の集団に光を照射するとき、その多くの個体が光の方に集合する、いわゆる正の走向性を示すことを観察した。勿論このとき、

Seifert も述べているように、<sup>[1]</sup>光の入射側と反対の側にも、若干の個体が集合する。一般に走光性は環境条件や発生段階によってその正負が逆転することが知られており、このことはアルテミアに限らず他の多くの生物にも見られる。たとえば、一時性プランクトン (Mero-plankton) は生長初期に正、後期に負の走光性を示すのが通常のパターンである。<sup>[4]</sup>フジツボ *Balanus balanoides* の幼生も空腹状態では正、摂餌後は負の走光性を示す。<sup>[4]</sup>また海底に生息する無脊椎動物について、幼生は通常は正の走光性を示すが塩濃度の減少に出会うと負の走光性に転換するものが11種、<sup>[4]</sup>また一時性プランクトンについて、温度上昇によって走光性が正から負に変化を示すものが14種見出されている。<sup>[4]</sup>アルテミアも生育過程において走光性が逆転することが観察される。すなわち、孵化後3～5日以内のものでは光に対してほとんどのものが正の走光性を示す。それが成体になると大部分負の走光性を示すようになる。このような走光性逆転の現象が発生段階のうちの何時、どのようにして生起するのか大変興味深い点である。この原因を探るための一端として先ず単眼のみを有する幼生時に正の走光性を示すのは、どのような光受容物質によるのか調べることにした。その結果、420 nm に極大値を有する作用スペクトルが得られたので、こゝに報告する。

### 材料および方法

材料：材料として用いたアルテミア *Artemia salina* は市販の乾燥卵 (Longlife Aquarium Products Division of Sterneo Industries Inc., Ontario, Canada) を実験室内で孵化させて得た。アルテミアの孵化および飼育には人工海水 (ハイマリン=大阪化学餌料研究所製) を用いた。鹹度は31‰である。なお飼育水槽の水温は恒温 ( $25.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ) に保ち、飼育水には絶えず通気して、また照明は特に行わず自然照明のまゝにした。

実験に用いた幼生は孵化後3日目のメタノープリウスで、体長約 0.7mm、ノープリウス眼のみを有し、複眼はまだ形成されていない。

実験装置：暗室内に設置した実験装置の概略は図1に示したとおりである。アクリル樹脂製の透明な側板からなる直方形の水槽の中に浸した1ℓ用ビーカーに人工海水 700ml を入れて、アルテミアを泳がせ、側面から平行光束を照射した。光源としてハロゲンランプ (ウシオ電機, JC 24V, 150W) を備えた平行光束照射装置 (ウシオUI-100) を用いた。平行光束の直径は2cm である。単色光を得るために光源用平行光束照射装置と水槽の間に、東芝製の干渉フィルターと色ガラスフィルターを挿入した。両者の組合わせおよび干渉フィルターの単色光純度は表1に示す通りである。

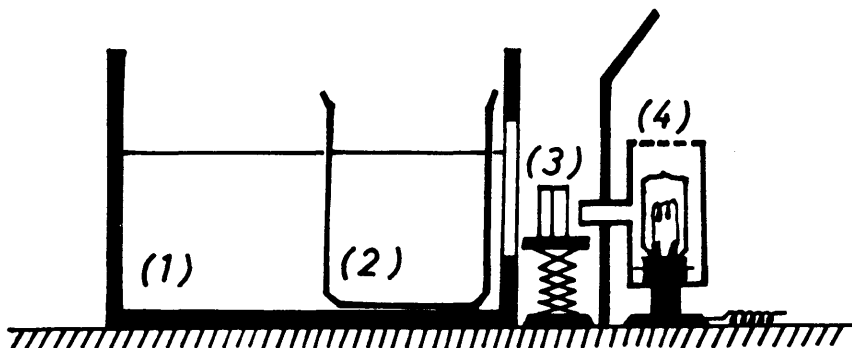


Fig. 1. The irradiation apparatus. (1) distilled water, (2) artificial marine water, (3) interference and cut-off glass filters, (4) light source.

Table 1. Spectroscopic characters of interference filter combined with cut-off glass filter.

Cut-off glass filter			Interference filter		
no.	$\lambda_{50}^*$ (nm)		no.	$\lambda_{\max}^{**}$ (nm)	half-width (nm)
(1)	UV-39	390	KL-40	399.6	17.5
(2)	UV-39	390	KL-42	415.2	17.0
(3)	V-Y42	420	KL-44	439.0	14.0
(4)	V-Y44	440	KL-46	462.2	17.0
(5)	V-Y48	480	KL-50	497.0	12.5
(6)	V-O54	540	KL-56	558.2	12.0

\* The wavelength at which the filter has 50% transmittance.

\*\* The wavelength at which the filter has maximum transmittance.

光強度の測定：恒温水槽中のピーカー壁面に相当する位置に、補償型サーモパイル（Kipp & Zonen, Delft, Holland）の入射用窓をおき、直流マイクロ電圧計（東亜電波PM-14A型）を用いて光強度を測定した。

実験方法：飼育水槽中のアルテミアを篩絹（NBC工業, XX 13）で作製した網で集め、混入した卵殻と排泄物を洗浄除去するために、2ℓの海水中に入れ静かにガラス棒で攪拌してから再び同じ篩絹製の網で集める。この洗浄操作を2回くり返したのち、恒温水槽（25.0±1.0℃）の中に入れたピーカーの人工海水 700ml 中にアルテミアを泳がせて15分間暗順応させた。このときのアルテミアの全尾数は約3000～4000尾である。光照射を開始してから5分おきに水槽内ピーカーの光入射壁面のすぐ近くの光束中より、海水と共に集まったアルテミアを駒込ビペットで2ml採取し、濾紙上に拡げてその数を数えた。一度採取したアルテミアはもとにもどさなかった。

## 実験および考察

### 1) 光照射時間とアルテミアの光集合

図2は、460 nm の単色光を用いたときの照射時間と光束中に集まったアルテミアの数の関係を表している。光照射を始めて約20分でアルテミアの数は最高となり、その後は次第に減少してくる。これは2mlずつ採取したアルテミアをもとにもどさないで、全体の数が減るためか、あるいは光感受性の高い個体群の割合が減少してくるためと考えられる。このことは、5分おきの採取を行わずに、連続45分照射後に採取した2ml中の尾数が、440 nm の単色光を使用したとき、5分毎採取した場合の45分値の約3倍に達したことから明らかである。他の波長の単色光を用いた場合も同様な変化パターンを示すが、光集合したアルテミアの数は波長によって異っている。

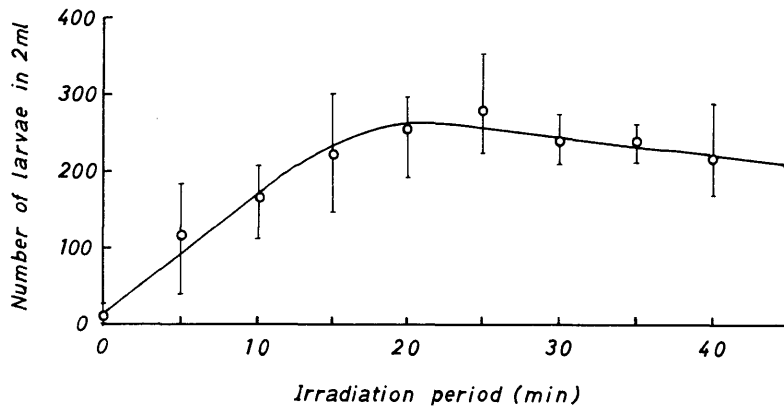


Fig. 2. Time-course of the photoaccumulation of *A. salina*. Three-day-old metanauplius larvae were irradiated with monochromatic light at 460 nm and its intensity was  $0.617 \text{ W/m}^2$ . Temperature :  $25.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ .

## 2) 光集合の波長依存性

アルテミアの光集合の度合が波長によって異なることは明らかになったので、光集合の初速度の波長依存性を比較した。初速度として、光照射開始から5分のちの光集合数をとった。

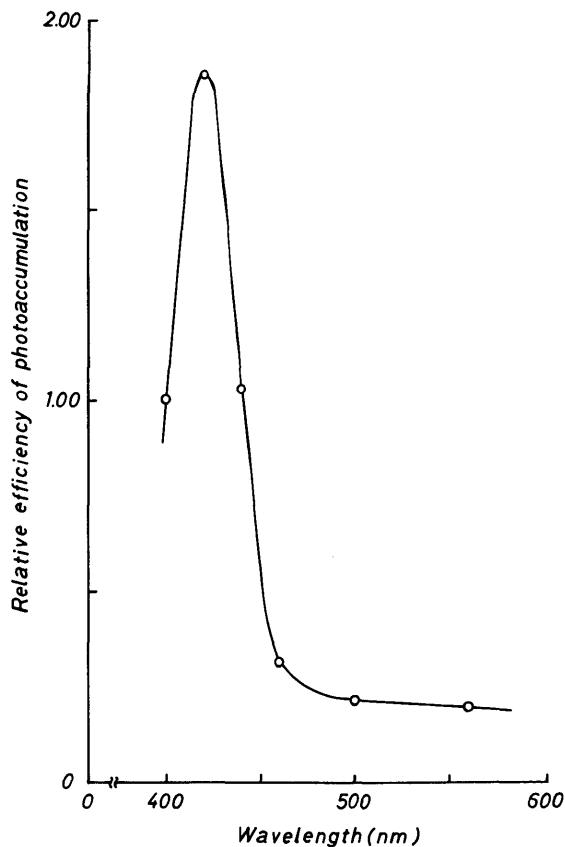


Fig. 3. Action spectrum for the photoaccumulation of *A. salina*. Three-day-old matanauplius larvae were irradiated for 5 minutes with monochromatic light at various wavelengths. Temperature :  $25.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ .

異なる波長の単色光を用いて、5 分間照射したときに、等しい光集合効果を生じる光強度の逆比をとって、相対効率とした。図 3 は、光集合の相対効率の波長依存性を表わしている。図から明らかなように、420 nm に顕著な極大値がみられる。

作用スペクトルと吸収スペクトルとの類似性から、光受容体を推定することができるが、420 nm に顕著な極大吸収を示す物質としては、まずヘムタンパク質が考えられる。ヘムタンパク質として、もっとも普遍的なものとしては呼吸酵素系のチトクローム群が考えられる。また甲殻類は通常ヘモグロビンをもたず、ヘモシアニンを含んでいると言われているが、アルテミアはヘモグロビンをもっていることが知られている。<sup>[5]</sup> アルテミアは環境水の溶存酸素濃度が低いときに、ヘモグロビン含量が増大し、体色が赤色を呈する。<sup>[6]</sup> ただし、ノープリウス幼生は孵化直後は赤色を呈しているが、生長につれて淡紅色、つづいて黄色になってくる。この幼生の赤色は、多量に含まれているカロチノイドのためで、ヘモグロビンに基づくものではないことが知られている。<sup>[7]</sup> 従って、光受容体色素がヘムタンパク質であるとしても、それがヘモグロビンである可能性は小さいと考えられる。またカロチノイドの吸収スペクトルは、ここに得られた作用スペクトルとは全く異っていて、カロチノイドが光受容体色素であるとは考えられない。

現在までに、ヘムタンパク質が走光性の光受容体色素として推定されている例は、細胞性粘菌 *Dictyostelium* についてだけであり、この場合はすでに、ミトコンドリア分画から光受容体色素タンパクの可溶化、精製が行われていて、チトクローム b および c とは別のヘムタンパク質であることが報告されている。<sup>[8]</sup> アルテミア幼生の場合も、あるいはそのような光受容性ヘムタンパク質が、チトクローム群以外に存在するのかもしれない。

粘菌 *Dictyostelium* の場合、光受容性色素タンパクは単離精製されても、まだこの色素タンパクがどのようにして走光性行動をひき起すのかは知られていない。アルテミアの場合も、かりにヘムタンパク質が光受容体色素であるとして、それがどのようにして、走光性行動を解発するに到るのかは興味ある今後の問題である。

## 謝 辞

アルテミア乾燥卵を分与して下さり、また種々御教示をいただいた生物学教室の三矢泰彦助教授に謝意を表します。

## 参 考 文 献

- (1) R. Seifert : Z. f. vergl. Physiol. **16**, 111 (1932)
- (2) 広木正紀 : 動物学雑誌 **83**, 83 (1974)
- (3) 広木正紀・越田豊 : 動物学雑誌 **85**, 78 (1976)
- (4) G. Thorson : Ophelia **1**, 167 (1964)
- (5) S. T. Bowen, H. G. Leberha, M. Poon, V. H. S. Chow and T. A. Griglatte : Comp. Biochem. Physiol. **31**, 737 (1969)
- (6) C. C. Hentschel and J. R. Tata : Trends Biochem. Sci., **1**, 97 (1976)
- (7) B. M. Gilchrist : Proc. Roy. Soc. London, B. **143**, 136 (1954)
- (8) K. L. Poff, W. F. Loomis, Jr. and W. L. Butler : J. Biol. Chem. **249**, 2164 (1974)