第一白卵 (*w-1*) のカイコ幼虫の明暗順応による走光性の符号転換

清水 勇

京都大学理学部

Change of Phototactic Sign with Light- and Dark-Adaptation in an Ommochrome-Less Mutant (*w-1*) of the Silkworm Larvae *Bombyx mori*. Isamu SHIMIZU (Research Section of Environmental Biology, Laboratory for Plant Ecological Studies, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **34**: 29–36 (1990)

Phototactic response of an ommochrome pigment-less mutant (*w-1*) of the silkworm, *Bombyx mori*, was investigated. The light intensity response curves varied with light- and dark-adaptive stages of the newly-hatched larvae. After light-adaptation the larvae showed a positive phototaxis at low intensities of the yellow test-light, but a negative phototaxis at high intensities. After dark-adaptation they showed negative phototactic responses to all intensities of test light. The half-times of the sign reversion in the response by light- or dark-adaptation were 20–30 min. Green light (500–560 nm) was effective in both positive and negative responses. After light-adaptation, mature *w-1* larvae moved toward a light source with a klinotactic behavior, but dark-adapted larvae moved away from it. The results of crosses between *w-1* and other positive-phototactic races showed that the genetic factor determining the characteristics of phototactic response of *w-1* is completely recessive.

緒 言

カイコの幼虫が光に向かって行く走光性について、筆者らはさまざまな視点から研究を進めており、その適応的意味 (清水, 1981)、発育にともなう行動パターンの変動 (清水・道之前, 1981)、栄養環境の影響 (SHIMIZU et al., 1976, 1981)、食草 (桑) の化学物質による走光性の抑制現象 (SHIMIZU and KATO, 1978; 清水・加藤, 1985) や色彩感覚の有無 (KITABATAKE et al., 1983) などについて報告を行った。本報においては、オンモクロム色素を欠如した代謝突然変異種である第一白卵 (*white-1*, 以下 *w-1*) の白竜白卵という系統が、その経験した明暗順応条件や走光性を検定する光強度によって、走光性の符号転換をおこすことを見いだしたので報告する。

このミュータントは生化学的にはキヌレニンをおキシキヌレニンに変換する代謝段階が欠損しているためにオンモクロム系色素を生合成できず、表現型としては成虫や幼虫の眼は白く、本来着色すべき休眠卵や神経球も着色しない (KIKKAWA, 1953)。ショウジョウバエでは視覚系に突然変異をおこすと光に対する行動が野生型に比較

して異常となるものが知られているが (HEISENBERG, 1979)、カイコでも受容器レベルで変異を起こした幼虫の走光性が他の系統と比較して異なっていることが示された。この系統の幼虫で観察された符号転換の時間経過や、正の走光性と負の走光性の波長特異性、熟蚕の行動パターン、交雑実験などで得られた結果をもとにこの *w-1* に特異な走光性の特徴について論議する。

本稿の作成にあたり多くの有益な助言をいただいた蛭木 理博士 (蚕糸・昆虫農業技術研究所) に深く感謝いたします。

材料および方法

1. 供試材料

材料のカイコ突然変異種・白竜白卵 (No. 715*w-1*)、大造および支 501 (C-501) は山梨県小沢沢町の蚕糸試験場 (現蚕糸・昆虫農業技術研究所) で系統保存されているものを分譲してもらい、使用した。また正の走光性を強く表す実用品種として会津蚕種株式会社から購入した交雑種を用いた。卵はいずれも 25°C で 12L–12D の明暗サイクル下で催青した。明期の照度は蛍光灯 (東芝製

1989 年 5 月 12 日受領 (Received May 12, 1989)

1989 年 10 月 31 日登載決定 (Accepted October 31, 1989)

20W) 下で 300 lux であった。この明暗サイクル下では、いずれの系統も明期の点灯刺激にともない孵化がおこるので明順応は孵化後そのまま約 24 時間、光 (3,000 lux) を孵化幼虫集団に与えつづけることにより行った。また点灯 2 時間後に孵化幼虫を暗黒下に移し約 24 時間放置した幼虫集団を暗順応集団として用いた。明順応にともなう走光性応答の経時的变化をみるために、暗順応した幼虫を取り出し、約 3,000 lux の光を上から与えた。*w-1* の熟蚕は全齢にわたり桑葉飼育して得た。走光性のはっきりと表れるワンダリング期 (清水・道之前, 1981) の幼虫を約 3 時間暗黒下においたものおよび約 4 時間光にさらしたものを、それぞれ暗順応熟蚕、明順応熟蚕として用いた。

2. 蟻蚕の走光性応答の測定法

孵化後の幼虫の走光性を検定する装置は前報 (清水, 1981) で報告したものを用いた。光源には 200 W レフランプ (東芝製) を用い、光は水槽を通して熱線を吸収し検定箱の側面に設けた小さな窓 (3 cm 角) に張り付けたロ紙のスクリーンに水平方向から投射した。内側を黒く塗り、外から光が入らないようにした検定箱のスタートゾーン (スクリーンから 5 cm) に幼虫集団を置き、スクリーンを透過してきた光に対する反応を調べた。とくにことわらない限り、紫外線遮断フィルター (東芝硝子製・L-39) と 560 nm に最大透過率をもつ東芝干渉フィルター (KL-56) を透過させて得た黄緑光に対する応答を調べた。光強度の調節は中性フィルターを組み合わせることにより行い、スクリーン部で測定した。スタートゾーンの光の強さはスクリーン部位の 30~32% であった。また走光性の可視領域の波長特異性を調べるときは、可視部用の干渉フィルター (東芝硝子製) を用い、正の走光性応答をみるときは光強度を $0.12 \mu \text{ Einstein/m}^2 \cdot \text{sec}$ に、負の走光性をみるときは $1.2 \mu \text{ Einstein/m}^2 \cdot \text{sec}$ に調節した。可視光の光子数の測定には Lambda 製のホトメーター (LI-185) を用いた。近紫外線に対する応答をみるときは、光源を水銀ランプ (東芝製 SHLS-1002B 型) とし、360 nm 付近に最大透過率をもつ干渉フィルター (東芝硝子・KL-357) を用いて単色光を得た。

走光性検定箱 (14×15 cm) の底面に黒いケント紙を敷き、光のあたるスクリーンから 0.5 cm ごとに、平行に線を引いて区画を作った。幼虫を置くスタートゾーンの区画を 0 として、光方向に +1~+7 (+7 はスクリーン部)、それと反対方向に -1~-7 の区画を作った。走光性の強さや正負の符号を調べるために、1 回の試験で約 30 頭の蟻蚕をスタートゾーンに置き、検定箱内に光

を投射して 10 分後の各区画における分布を記録した。幼虫の集団としての走光性の強さは、走光性得点 (phototactic score) $= \sum x_i n_i / N$ で表した。ただし、 N は一回の実験の供試虫数、 n_i は区画 x_i (+7~-7) に見いだされた幼虫の数を表している。これは幼虫集団の全体の分布の重心を表したものであり、同一強度の光にたいして 3 回の検定で得た走光性得点の平均値を計算した。以後、この平均走光性得点のことを走光性得点 (P.S.) と呼ぶ。さらに幼虫集団の走光性の正負を表す指標として走光性符号指数 (phototactic sign index: P. I.) $= \frac{p-n}{p+n}$ を計算した。ここで p は+側に移動した幼虫の頭数、 n は-側に移動した幼虫の頭数をそれぞれ表す。孵化幼虫の個体間相互作用によって正あるいは負の走光性が影響されないことは、一頭ずつの検定によって確かめてある。

3. 熟蚕の走光性の観察

熟蚕の走光性の運動パターンを観察する方法は前報 (清水・道之前, 1981) で述べたものを少し改良した。内側を黒く塗った木製の箱 (20×35×10 cm) の側面 (幅 20 cm) に 3 cm 四方の光の通る窓を開け、緑色光を出す化学蛍光発光剤を入れたガラス容器を置き、これを光源とした。この化学蛍光発光剤の光学的特性についてはすでに詳しく述べたが (SHIMIZU and HASEGAWA, 1988), これを今回用いたのは光源の熱の影響によって幼虫の行動を乱さないためである。行動観察は暗室内でおこない、光の入る窓から 5 cm 離れたところに幼虫の頭が光源を向くように置き、一頭ずつ頭部の軌跡をトレースした。光の強度は光源部の窓のところで 120 lux, スタート地点で 15 lux に調節した。

結 果

1. 光強度と走光性応答との関係

Fig. 1 は明あるいは暗順応した正常眼色幼虫 (A) と *w-1* ミュータント (B) の光強度-走光性応答曲線を示す。この図で縦軸の正の値は幼虫が集団として正の走光性を示し、負の値は光源をさける負の走光性を示したことを意味している。図から明らかなように正常眼色の幼虫は、明暗の順応条件にかかわらず正の走光性を示した (Fig. 1A)。明順応すると暗順応した幼虫よりも光感受性は見かけ上低下し、曲線は右にほぼ対数ユニット平行移動したが、最大応答 (P.S. として約 +4.5) はほとんど変化しなかった。一方、*w-1* ミュータントの走光性応答は幼虫がその前に経験した明暗順応条件や、テスト光の強さにより顕著に変化した (Fig. 1B)。すなわち明暗順応した *w-1* はターゲットの光強度が 1~10 lux の

Fig. 1. Light intensity-phototactic response curve of hatched larvae of a normally-pigmented silkworm (A) and *w-1* (B). The phototactic response was represented as a mean phototactic score. The abscissae represent logarithm of intensities ($\log I=0$, $I=1.0$ lux) of irradiated light. Open symbols and closed symbols represent light- and dark-adapted larvae, respectively. The vertical bars denote S.D. of three replicates with different batches of eggs.

Fig. 2. Distributions of light-(A) and dark-adapted (B) newly hatched *w-1* larvae in the test box after 10 min irradiation. Open and closed histograms represent the number of larvae which showed positive and negative phototactic response, respectively. Intensities of the test light were 10 lux (upper panels) and 1,000 lux (lower panels).

間では正の走光性を示したが、さらにそれを増加させると走光性応答は低下し、1,000 lux で検定した集団はほとんどが負の走光性を示した。一方、暗順応した幼虫は比較的弱いテスト光でも負の走光性を示し、光強度を上昇させると負の走光性応答がさらに強く表れるようになった。

2. 明暗順応後の幼虫の走光性検定箱内での分布

明あるいは暗順応した後の *w-1* 幼虫の検定箱内での分布を Fig. 2 に示した。比較的弱い光強度 (10 lux) のテスト光を用いて明順応した蛾蚕の分布をみると (Fig. 2A), 16%の幼虫がスクリーンに集まり、約 50%の個体が光方向に向かった。しかし、約 40%の幼虫は明らかに光方向とは反対側に分散しているのが観察された。次に光強度を 1,000 lux まで上げると光方向に向かって来る幼虫はほとんどなく、大部分が負の走光性を示して光源とは反対方向に分散しているのが観察された。暗順応後の *w-1* 幼虫 (Fig. 2B) は、検定光 10 lux では 20%が光方向に、63%が光源と反対方向に分布していた。光強度 1,000 lux では、明順応した場合と同様に約 90%が負の走光性を示しているのが観察された。

3. 明暗順応の時間と *w-1* の走光性の符号転換

明暗順応にともなって、この *w-1* の走光性の符号転換がどのような時間経過でおこるかを Fig. 3 に示した。孵化後、約 20 時間明順応しておいた正の走光性を示す蛾蚕の集団を、暗順応条件に移し光をあてないように注意しながら、経時的に約 30 頭ずつ幼虫を取り出して走光性を測定した (Fig. 3A)。その結果、暗順応約 30 分で P.S. はほぼ 0 となり、2 時間で -2 に、3 時間後には -3 となった。このときの符号転換現象におけるハーフタイム (この場合、正の最大応答値 +3.5 と負の最大応答値 -3.3 の差の 50% レベル、すなわちおよそ 0 に走光性得点が低下するまでの暗順応時間) はこの図から約 30 分

Fig. 3. Change of sign in the phototactic response induced by dark-adaptation (closed circles) and light-adaptation (open circles) in light-adapted (A) and dark-adapted (B) *w-1* larvae. The ordinates represent phototactic score and the abscissae indicate the time after the light-off (A) and the light-on (B).

と計算された。暗順応後2時間経過した幼虫集団の一部に光を与えて明順応させると、正の走光性が1時間以内に回復した。

つぎに、約24時間暗順応させた負の走光性をしめす *w-1* を明順応させて走光性の変化をみた (Fig. 3B)。このときは1時間で正の走光性の最大応答を示した。明順応1時間後再び暗条件に移すと走光性は低下し、2時間後には負の走性を示すようになった。これらの観察は、この白眼ミュータントの走光性の符号転換現象が比較的短時間で起こり、かつ可逆的な現象であることを示している。

4. *w-1* の走光性に及ぼす光波長の影響

次に明順応後の正の走光性と暗順応後の負の走光性に及ぼす光波長の影響をそれぞれ調べた (Fig. 4)。この図では縦軸の+側が明順応後の、-側が暗順応後の *w-1* の平均走光性得点を表す。この結果が示すように正と負の走光性の波長スペクトルは、ほぼ鏡像的關係にあり530~560 nmの黄緑光がどちらの反応にも有効で、600 nm 付近の赤色光や450 nm 以下の光は正負いずれの走光性にもあまり有効ではなかった。この事実は *w-1* ミュータントが正の走光性を示すときも負の走光性を示すときも、同一の視物質によって光が受容されていることを示唆するものである。正常眼の正の走光性だけを示す品種はいずれも可視光だけではなく、近紫外光にたいし

Fig. 4. Spectral sensitivities of positive and negative phototactic response of *w-1* larvae. After light-adaptation the text light-intensities were adjusted to $0.12 \mu\text{Einstein}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ in order to measure the positive phototactic response (upper panel) and after dark-adaptation to $1.2 \mu\text{Einstein}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ to measure the negative response (lower panel). The vertical bars represent S. D. of three replicates.

でも誘引されることが報告されている (KITABATAKE et al., 1983)。この白眼のミュータントは360 nm 付近の近紫外光に対しては、明暗順応後それぞれ正 (P.S., +2.5; P.I., +0.44), あるいは負の走光性 (P.S., -2.1; P.I., -0.30) を示すことが観察された。しかし、このときの紫外線の正確な光強度 (光子数) の測定ができなかったため、可視光に対する応答との比較検討はできなかった。

5. *w-1* の熟蚕の走光性

カイコは最終齢 (5 齢) の盛食期には光に反応しないが、熟蚕期に入るとはっきりと正の走光性行動を示すことが報告されている (清水・道之前, 1981)。そこで *w-1* の熟蚕の走光性が明暗順応によって、どのように変化するかを調べた結果を Fig. 5 に示した。

明順応を十分に行った熟蚕は12頭中、10頭が光の方向に進み光の出るスクリーン部分に到達した (Fig. 5A, B)。その大部分は頭部の頻繁な屈曲運動を繰り返しながら前進したが (A) 比較的少ない幼虫もいた (B)。ほかの2頭は最初、光方向に向かったが途中で斜めにそれて前進した (C)。つぎに、暗順応した *w-1* 熟蚕の行動を観察した。13頭調べたうち10頭は光とは反対方向に向かう負の走光性を示し、3頭は、最初に幼虫を置いたスタート位置からまったく動かないか、その周辺をジグザグに動き回るだけで光に対するはっきりとした走性は見られなかった。暗順応後負の走光性を示す幼虫のほとんど

Fig. 5. Typical traces of the positive and negative phototactic movements of the mature light-adapted (A-C) and dark-adapted (D-G) *w-I* larvae. The arrows indicate the direction of the light irradiated. In figures of A-C the outline of the test box was omitted, and only the movement near the light-target was drawn. In these traces solid lines indicate that the larvae moved toward the light source and dotted lines indicate that they moved away from the light source.

Table 1. Phototactic score (P.S.) and sign-index (P.I.) of *w-I*, Daizo, C-501 races and hybrides between *w-I* and other races

Race name	Light-adapted		Dark-adapted	
	P.S.	P.I.	P.S.	P.I.
<i>w-I</i>	+2.3	+0.44	-2.0	-0.56
Daizo	+1.3	+0.82	+1.7	+0.80
C-501	+3.7	+0.70	+3.5	+0.66
<i>w-I</i> × C-501	+4.0	+0.80	+3.3	+0.66
C-501 × <i>w-I</i>	+3.8	+0.86	+3.9	+0.96
<i>w-I</i> × Daizo: F ₁	+2.6	+0.76	+3.3	+0.68
(<i>w-I</i> × Daizo): F ₂	+1.9	+0.75	+2.0	+0.78

The intensity of the test light was 10 lux. Each value represents a mean obtained from three different batches of eggs.

(10頭中9頭)が同じ行動パターンを示した (Fig. 5D~F)。この図では、幼虫が光の来る方向に向く体勢にあるときは幼虫の動きを実線で表し、反対向きになっているときは点線で表してある。これからもわかるように、幼虫の頭が光源方向に向くようにスタート位置におくと、ただちに体を反転して頭部の屈曲運動を短時間行い、つ

いて再び体を反転させ光源方向に頭が向くように定位した。このあと幼虫は、頭を左右前後に振る屈曲運動をたんに繰り返して、反転するや光から遠ざかるように歩き始めた。すなわちこの観察は、負の走光性が光源に対する単純な忌避運動ではなく、歩行に移る前の頭部の走査運動による空間の丹念な調査・認知をともなった行動であることを示している。試験した熟蚕のうち、他の1頭だけは最初の反転・再反転なしにただちに負の走光性を示し光源から遠ざかった (Fig. 5G)。

6. *w-I* と他の品種との交雑実験

w-I でみられる異常な走光性の遺伝的特性について調べるために、眼色が正常で正の走光性を示す系統との交雑実験を行った (Table 1)。明暗条件にかかわらず正の走光性を示す品種 (C-501) と *w-I* の交雑で得られた F₁ 蚕の光に対する反応をみると、いずれを母蛾にした場合も暗順応後、正の走光性を示した。この事實は、*w-I* でみられる暗順応後の負の走光性を示すという行動が遺伝的に劣性であることを意味している。さらに品種・大造との交雑実験 (F₁) でも同様の結果が得られた。

また $w-1$ (♀) と大造 (♂) を掛け合わせて得られた F_2 の蟻蚕も明暗順応条件によらず、ほとんどの幼虫が正の走光性応答を示すことが観察された。

考 察

シヨウジョウバエを材料とした集団遺伝学的研究によると、正の走光性や負の走光性を支配する遺伝子はポリジーンとして集団の中に保存され、選抜実験によってそれぞれの行動形質を強く示す系統を分離することができるとされている。昆虫は一般に光に向かう正の走光性だけではなく、光から遠ざかる負の走光性行動をその環境や生理的条件に応じて示す (MENZEL, 1979; SWIFT and FORWARD, 1980; SLEHIELDS and WYMAN, 1984)。それゆえに、カイコの大部分の系統は生活史のどの時期にも正の走光性を行動の表現型として示すが、負の走光性を支配する遺伝子が保存されていても不思議ではない。実際、神徳と村上 (1975) は国立遺伝学研究所で維持されている保存品種の中から負の走光性を示す 2 系統を見だし、これと正の走光性を示す系統との交雑実験によってカイコの走光性はポリジーンによって支配されており、負の走光性のポリジーンのほうが優性であると報告している。しかし、上で述べたように $w-1$ の負の走光性は交雑実験の結果からも完全劣性であるので、このような負の走光性を支配するポリジーンのみが、この現象に関与しているとは考えにくい。

上で述べた $w-1$ の走光性の異常に関して、その原因が $w-1$ 遺伝子単一によるのか、言い替えるならば走光性の異常が一遺伝子の変異によるプライオトロピックな多発現によるのか、あるいは他の遺伝的要因も関与しているのが問題となろう。これに対する答えは交雑による遺伝学的実験によって得られると思われるが、現時点では F_2 までの結果しか得られておらず結論には達していない。ここで、 F_2 の眼色については幼虫、成虫とも黒眼 (正常眼) と白眼が 3:1 に分離するはずである。しかし、この白卵形質は母性遺伝であり、孵化後の蟻蚕では母性効果により母蛾から取り込まれたオキシヌレニンによって眼は正常に着色していると考えられる。筆者の観察でも F_2 の休眠卵は 100% 着色していた。 F_2 の蟻蚕集団で負の走光性を示す幼虫がいなかったのは、このアミノ酸が供給されたために 4 分の 1 の幼虫に起こるべき行動異常がマスクされたためか、あるいはほかの遺伝的背景によるのかは、それゆえに不明である。今後、さまざまな交配実験を組み合わせて遺伝子解析を進める予定である。

INOKO ら (1983) はカイコの変異種 $os; so$ (伴性油蚕; 煤蚕) が負の走光性をしめすことを発見した。彼等は遺伝的解析の結果により、 so 遺伝子または so 遺伝子に非常に近傍の遺伝子が、この系統の負の走光性行動の発現に関与していると結論した。さらに卵の過冷却法により得たモザイク個体の行動解析により、この負の走光性の第一次発現部位は脳であると報告している。この系統は明暗順応条件によらず 0.5~100 lux のテスト光で負の走光性を示すとされているので、ここで報告した $w-1$ の負の走光性の特性とはまったく異なっている。

INOKO ら (1983) は 21 品種の中から 1 品種 (so : 煤蚕) が、筆者は約 30 品種 (小淵沢蚕糸試験場保存) のうち、ここで報告した $w-1$ のみが負の走光性を示すことを見いだした。ほかの大部分の品種は正の走光性を示した。どうして so や $w-1$ などの系統に負の走光性の行動形質が選抜、保存されてきたのかは興味ある問題である。 so は幼虫の皮膚が代謝異常で変色したものであり、 $w-1$ はオンモクロム色素が欠如したものである。これらのミュータントでは強い光にさらされると身体の中で致命的な光化学反応が起こり、結果として負の走光性の系統が選抜されてきたのかもしれない。

$w-1$ の幼虫が負の走光性を示す仕組みもいまのところ不明である。動物は一般に過剰に強い光にたいしては、これを避けようとする傾向がある。 $w-1$ の幼虫の単眼には遮蔽色素であるオンモクロム色素がないために比較的少ない光量の刺激光によって、このような *dazzling* 効果が負の走光性行動として表れたと考えることができる。しかし、正常眼のカイコ幼虫は非常に強い光量の照射光に対して、斜めにそれて前進するだけで決して光方向と反対に移動したりしないことを筆者は観察している。また他の白眼系統の $w-2$ (褐 H) の走光性は明暗順応条件やテスト光の強度によらず正の走光性を示した (未発表)。それゆえに $w-1$ の走光性の特性を単眼の色素の欠如だけで説明することはできないように思える。

$w-1$ の走光性が明暗順応条件に依存していることが明らかとなったが、それまでに経験した光環境が昆虫の行動に影響を及ぼす例がシヨウジョウバエでもいくつか知られている。中嶋 (1983) は白眼、細剛毛で放射線感受性として保存されてきた系統 ($bw: st: ss$) が光の点滅刺激に反応し跳び上がる異常な行動を示す変異系統であり、この行動が羽化後の成虫の光条件により左右されることを発見し、これをピョコリ (*pyokori*) と名付けた。このピョコリ現象は複眼のラブドームの構造変化に関与する複雑な生理機構にもとづくらしい。蚕の $w-1$ では

走光性の符号転換はハーフタイムでいうと、20~30分の短時間で起こるので光受容系での組織的変化が関与しているとは考えにくい。また野生型のショウジョウバエを用いて、ハエがあらかじめどのような波長の光にさらされていたかによって、強いテスト光(黄色光)に対する走光性が正になったり負になったりすることから、受容器レベル(複眼)で行動を支配する光受容機能の分化が示唆されている(WILLMUND, 1979; WILLMUND and FISHBACH, 1977)。視覚変異のショウジョウバエ突然変異体($rdg-B^{K8222}$, ora , $nonA^{H2}$, apo)は光に対する行動が野生型に比べると異常であることが知られている(HEISENBERG, 1979)。 $w-1$ の符号転換現象でも、このような可能性が考えられるので順応光の波長特異性や単眼での電気生理応答などを今後明らかにする必要がある。

ICHIKAWAとTATEDA(1982)によるとカイコの単眼には近紫外光、青色、緑色をそれぞれ受容する3種類の光受容色素が存在するとされているが少なくともこのうちのグリーンレセプターが $w-1$ の正や負の走光性に関係しているものと推定される。また明順応後の光強度-応答曲線をみると、強度の小さい領域では正の走光性を示すものが多く光強度を上げると走光性応答は減少し、ついに全体として負の走光性をしめすようになった。波長特異性についての実験結果は、正の走光性と負の走光性に別々の視物質が関与している可能性については否定的であるので、走光性の正負が単一の視物質の量と光強度の二つの要因によっておこる生理的反応によって決定されていることを示唆している。

摘 要

1) 第一白卵($w-1$)系統のミュータント白竜白卵の蠶蚕は明暗順応条件と検定時の光強度に応じて走光性の符号を転換した。明順応後は弱い光に対しては正の走光性を、強い光に対しては負の走光性を示した。一方、暗順応後は光強度によらず負の走光性を示した。

2) 暗順応による集団としての正から負への走光性の変化は2~3時間で、明順応による負から正への変化は約1時間で完了した。変換のハーフタイムはいずれの場合も20~30分であった。

3) 正および負の走光性を引き起こす可視部での有効波長は、いずれも緑色光であった。

4) $w-1$ の熟蚕も明順応後は正の走光性を示し、暗順応後は負の走光性を示した。それぞれの行動を頭部の動きをトレースして記録した。

5) 交雑実験により、この $w-1$ の走光性の特性は完全劣性であることが明らかとなった。

引用文献

- HEISENBERG, M. (1979) Genetic approach to a visual system. In: Handbook of Sensory Physiology. VII/6A. (H. AUTRUM ed.), Berlin/Heidelberg/Newyork: Springer-Verlag, pp. 665—679.
- ICHIKAWA, T. and H. TATEDA (1982) Distribution of color receptors in the larval eyes of four species of Lepidoptera. J. Comp. Physiol. **149**: 317—324.
- INOKO, H., M. KATUKI and I. WATANABE (1983) Genetics and mosaic analysis of negative-phototactic behavior in silkworm larvae. Mol. Gen. Genet. **190**: 112—116.
- 神徳興甫・村上昭雄 (1975) カイコ幼虫期の走光性に関する系統間差異について. 生物環境調節 **13**: 95—103.
- KIKKAWA, H. (1953) Biochemical genetics of *Bombyx mori* (silkworm). Adv. Genet. **5**: 107—140.
- KITABATAKE, S., I. SHIMIZU and M. KATO (1983) Wavelength-dependent properties of phototaxis in larvae of *Bombyx mori*. Photo. Photo. **37**: 321—327.
- MENZEL, R. (1979) Vision in Invertebrates. In: Handbook of Sensory Physiology. VII/6A. (H. AUTRUM ed.), Berlin/Heidelberg/Newyork: Springer-Verlag, pp. 503—580.
- 中嶋英治 (1983) 視覚行動. 集団行動遺伝学研究・遺伝学実験講座7 (大島長造 編), 東京: 共立出版, pp. 251—283.
- 清水 勇 (1981) カイコの走光性行動に関する研究. I. 蠶蚕の走光性の適応の意味. 生物環境調節 **19**: 41—49.
- SHIMIZU, I., S. KITABATAKE and M. KATO (1976) Loss of phototactic behavior in silkworm larvae reared on synthetic diet. Proc. Jpn. Acad. **52**: 137—140.
- SHIMIZU, I. and M. KATO (1978) Loss of phototaxis in silkworm larva after smelling mulberry leaves and recovery after electroconvulsive shock. Nature **272**: 248—249.
- SHIMIZU, I., S. KITABATAKE and M. KATO (1981) Effect of carotenoid deficiency on photosensitivities of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Insect Physiol. **27**: 593—599.
- 清水 勇・道之前充直 (1981) カイコの走光性行動に関する研究. II. 熟蚕期の走光性 パターンの変化. 生物環境調節 **19**: 75—83.
- 清水 勇・加藤 勝 (1985) カイコの走光性行動に関する研究. III. 桑葉の揮発成分による幼虫の走光性の抑制. 生物環境調節 **23**: 89—97.
- SHIMIZU, I. and K. HASEGAWA (1988) Photoperiodic induction of diapause in the silkworm, *Bombyx mori*: location of the photoreceptor using a chemiluminescent paint. Physiol. Entomol. **13**: 81—88.

- SLEHIELDS, E.J. and J. WYMAN (1984) Responses of variegated cutworm (Lepidoptera: Nocturidae) to various light levels. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **77**: 152—154.
- SWIFT, M.C. and R.B. FORWARD (1980) Photoresponses of *Chaoborus* larvae. *J. Insect Physiol.* **26**: 365—371.
- WILLMUND, R. (1979) Light induced modification of phototactic behavior of *Drosophila melanogaster*. *J. Comp. Physiol.* **129**: 35—41.
- WILLMUND, R. and K.F. FISHBACH (1977) Light induced modification of phototactic behavior of *Drosophila melanogaster* wild type and some mutants in visual system. *J. Comp. Physiol.* **118**: 261—271.

時 報

第 19 回国際昆虫学会議のお知らせ

第 19 回国際昆虫学会議 (XIX International Congress of Entomology) は 1992 年 6 月 28 日～7 月 4 日、北京で開催されるが、今回そのファーストサーキュラーが発行された。次の分科会が予定されている。

分類・系統・動物地理学，形態学と微細構造，細胞生物学・生化学，遺伝学とバイオエンジニアリング，生態学と IPM，行動学と大量増殖，社会性昆虫と養蜂学，昆虫病理学，生物防除，農業昆虫学と害虫管理，森林昆虫学と害虫管理，医学およ

び家畜昆虫学，毒物学，殺虫剤：発展・管理・規制，貯蔵物害虫および都市昆虫学，養蚕学，昆虫資源と自然保護。

なお公用語は英語である。

中国の組織委員会は近い日本からの多数の参加を望んでいる。サーキュラー請求先は下記のとおり。

Prof. Z. I. Zhang, Secretary-General
XIX International Congress of Entomology
19 Zhongguancun Lu, Beijing 100080, China
Tel: (861) 2563011; Fax: (861) 2565689
Telex: 222337 ICCST CN