

ヒマサン複眼におけるメラニン色素の光合成説について*

小山 長 雄

Nagao KOYAMA : Revision on the Photosynthesis Theory of Melanin
Pigments in the Compound Eye of the Eri-Silkworm Moth,
Philosamia cynthia ricini BOISDUVAL.

(1958年9月20日受理)

はじめに

ヒマサン複眼の黒色メラニン色素は光合成されるものであるという結論を与えた研究がある¹⁾。これはひとりヒマサンにかぎらず昆虫全般の複眼色素の形成に関してきわめて重要な見解といわなければならない。この見解が発表されたのは1952年であるが、それ以来これに関係した論著は見当らず、一応全面的に容認のかたちとなっている。しかしながらこの説が正鵠をえたものであるとすれば、昆虫の複眼色素またはこれと同起源の神経系統の色素は、暗黒中に虫体が保護されたばあいは、すべて無着色になるはずである。はたしてそうであろうか？私はこれをいささか疑問視せざるをえない。少なくとも私のカイコガにおける実験では光合成説は支持されなかつた²⁾。そこで私は同じ材料および同属のシンジュサンを用いて実験をくりかえしてみたのであるが、実験の結果はやはりその見解を全面的には容認する線に到達しえなかつた。それでここではおもに光合成説掲出にいたつた経過上の疑問点を明らかにし、私の考えを卒直に述べて、大方の批判をあおぎたいと考える。

光合成説のあらまし

ヒマ蚕 *Samia ricini* Bsd. の複眼の中央部には黒色点が存在し、いずれの角度から観察しても、中央部に移動してみえる。このメラニン色素の形成を、ヒマ蚕蛹を明暗両状態(温度25°C)に保護し、それから羽化した蛾の複眼でしらべた。

1. 明状態に保護された蛹から羽化した蛾の複眼は、中央部に黒色メラニン色素が生成されていたが、暗状態

のものでは、まったくそれが生成されず、白銀色に輝いていた。これを明状態に移すと1日ぐらゐの間にいくぶんのメラニン色素の生成がみられた。

2. 切片を作つてみたところ、明区のもはメラニン色素が複眼の基底膜 basement membrane 附近に存在したが、暗区のもはそれがまったくみられなかつた。

以上の結果から“昆虫複眼の色素は光によつて移動する反応しかしられていないが、ヒマ蚕の複眼のメラニン色素は光合成という新しい型のものであることがわかつた。と同時にこのメラニン生成機構はチロシナーゼというような酵素系だけでは説明不十分で、おそらくメラニン生成の過程において、その中間物質がメラニンまたはその前駆物質 precursor に変化するために、該組織の螢光物質の協力のもとにおこなわれる光化学酸化作用に多分に依存するものであることが、螢光物質の存在からも容易に推定される。”

以上が要旨である¹⁾。表現方法・内容もなるべく著者のものを崩さぬように紹介したつもりである。

私の実験と比較したときの問題点

私はヒマサンとシンジュサンの蛹を温度25°C(温度約65%)の条件で、明(100 lux)と暗の状態において、蛹の時代と羽化後のものについて観察をおこなつた。ところが蛹の複眼にも(図1)成虫のそれにも赤褐色の虹彩色素 iris pigment, 褐紫色の網膜色素 reticular pigment 基底色素 basal pigment の3種が観察された^{16~24, 24)}。ただ明区のものにおいては反射盤 tapetum が淡紅色を呈するのに反し、暗区のもの多くは白色を呈するの違いがみとめられたにすぎなかつた。光合成説を疑問視する管見の生じたゆえんである。このような相反する結果

* 信州大学繊維学部生物学昆虫学教室研究業績第40号。本報告の要旨は1957年日本蚕糸学会中部支部大会において発表した。

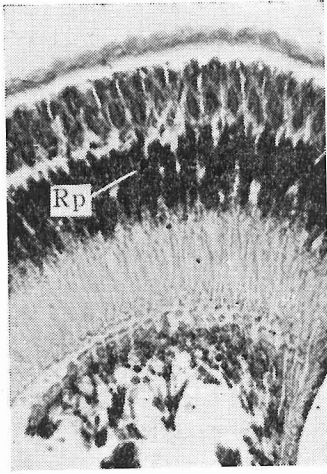


図1 蛹化後10日目のヒマサン複眼縦断。この蛹は暗黒中に保護されたが、明らかに多量の網膜色素 (Rp) が存在している。

は、とうぜんその原因が奈辺にあるかの究明を要求するわけである。以下提唱者の実験経過を追って、いささか比較と考察を加えてみたい。

1. 実験材料は同じであったか？

実験に供せられた材料はヒマ蚕 *Samia ricini* BSD. と記載されている。

日本でヒマサン (またはエリサン) と称するものの学名は、属名を *Samia* または *Philosamia* とされているが、小泉・柴田・窪田らの研究によれば、*Philosamia* の subspecies とし、*Philosamia cynthia ricini* を用いるのがもつとも妥当であるとされる¹⁵⁾。このばあいには *Samia ricini* が使用され、種のとりあつかいをうけているが、もちろんこの学名を用いるものもあるので間違いとはいえない。ただほんとうのヒマサン (*Ph. c. ricini*) であるかどうかは問題である。しかしそれが *Ph. c. ricini*、つまり私の用いたヒマサンと同じ材料であることは、疑う余地がない。私は同属のシンジュサン *Ph. c. pryeri* も供試しているので材料上の相違はないものと考えてよさそう。そのうえ明状態における複眼において、著者のいう“黒点”がみえるのは、Saturniidae のなかでは、ヒマサンにかぎり、ほかのものではほとんどみとめられないので¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁹⁾、この点からも *Ph. c. ricini* が供試されたと断定される。

2. 複眼中央部が白銀色に輝くのは内部に色素が生成されないためか？

夜間活動性昆虫を暗状態におくと、複眼に光瞳孔 glow の生ずることは周知の事実である⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹¹⁻²⁵⁻²⁷⁻²⁹⁻³¹⁻³²⁻³³⁾。これは複眼内網膜色素が暗状態では、晶子体 crystalline cone の側方に上昇し、複眼内部に通過した光線が、反射層で反射されて起る現象である。Bombycidae や Saturniidae もその例外ではない¹⁸⁻¹⁹⁾。したがって網膜色素があつても、暗状態のときは複眼中央部にオレンジまたは白色の glow を現出するのがいづばんである。もし虹彩色素や網膜色素が存在しなければ、逆に複眼の中央には glow が現出せず、全体が白色にみえるにすぎない (たとえばカイコの白眼系統 w_1 , w_2 など)¹⁸⁾ から、中央に白色のスポットがみえたことは、複眼内部に色素が生成されない理由にはならない。

3. 複眼中央部に黒点が見えれば内部に色素が生成されたことになるか？

前項とは反対に複眼が光をうければ、晶子体側方にあつた網膜色素は下降して、網膜部に広くひろがり、そのために投入光線が吸収されてこんどは黒色の偽瞳孔 pseudopupil が複眼中央部に現われることも既知の事実である¹⁻⁹⁻¹²⁻¹³⁻¹⁶⁻¹⁹⁻²⁶⁻³⁴⁾。したがって複眼の中央に pseudopupil がみえても、光によつて色素が生成され

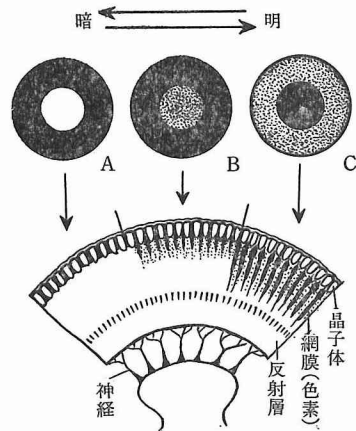


図2 蛾類複眼における網膜色素の移動と外観上の変化たと即断できない。前から存在していた色素が移動したにすぎないからである。その証拠には内部に色素が現存して glow を現出している個体を光にあてれば、glow はしだいに消失して、ついに pseudopupil を現わすようになるし、切片によつてその組織をみれば、色素下降像がよくみとめられるのである(図2)。そのうえこうし

た両状態の複眼内色素の量にはほとんど変化がみとめられない。

以上の諸観点から、メラニン光合成とみえた現象はたんなる網膜色素の移動を誤認したのではないかの疑いが生ずるわけである。

実験上の不備な点

光合成を考えるならば、結論導入までにやらねばならない実験がいくつか残されている。ここではそのうちもつとも緊要なもので省略された事項について指摘しておきたい。

1. もし暗状態に保護したものの成虫複眼に色素が生成されていないとすれば、蛹の時代にも色素が皆無でなければならぬ。しかも蛹の時代では色素の明暗適応現象がみとめられず、色素は網膜部に広く分布されているから、蛹の複眼を観察することがもつともたいせつな、しかも適確な証明方法である。しかるにこの実験がおこなわれなかつた。

2. もしも光による色素の移動で複眼色に変化するのではないと断ずるならば、暗状態から明状態に移す実験の反証として、明状態から暗状態に移す実験もおこなわれねばならぬ。明状態で色素が光合成されたならば、著者の考えにしたがえば、暗状態においてもいぜんとして複眼に黒点がみいだされるはずである。また光合成の時間的推移も究明の必要がある。しかるにいずれの実験も試みられなかつた。

3. もしも複眼中央部のみが白色(暗状態)または黒色(明状態)となるならば、中央部だけに色素が生成されるとみななければならぬ。しかるに部分的な色素の生成については観察もなく、かつ疑義もいだかれていない。

4. もしもヒマサンでこの現象がみとめられるならば、少なくとも同じ Saturniidae の数種でも同様なことがみとめられてよいであろう。したがってヒマサンのみが“新しい型の色素合成”をやるとするのは少し飛躍的な結論である。他のものたとえば近縁のシンジュサンなどと比較したうえでなければ“新しい型”とは断定できない。

ま と め

上に述べたように、この説の実証過程にはいろいろと不備な点がある。しかしながら私は、たとえこの不備を補う実験をおこなつても、すべてを光合成なる結論にむすびつけることはできないものとする。

それはすでに私が

1. 不備な点としてあげた1項の実験をおこない、暗状態といえども蛹に色素が生成されたことを示した(図1),

2. 2項の明状態から暗状態に移す実験を試みて、複眼の黒点は pseudopupil でそれがまもなく glow (著者のいう白色点) になることを観察したし、

3. また3項のばあいは、複眼全体に色素が生成されるものであることが明らかであるし(図1),

4. かつシンジュサンでもヒマサンと一致した結果をえたし、

5. さらに明状態においても暗状態においても複眼内色素の量はほとんど変わらないので、それはたんなる明・暗適応による色素の移動現象を、光合成と誤認して説明したものであると推断せざるをえない。

このような重要なことがらが、そのままうけいられることは危険であるので、私は卒直な考察をくださったのであるが、結論として“昆虫の複眼においてメラニン色素の形成は多分に光合成に依存する”という見解は、少し牽強にすぎるので、全面的な容認はさけるべきであるとむすびたい。

さいごにこの論文をご校閲くださった八木誠政先生、ならびに材料を提供された長島栄一氏および勝野貞哉氏に厚くお礼を申しあげる。

引用文献

- 1) AST, F. : Zool. Jb. Anat., 41 : 411—458(1920)
- 2) COLLINS, D. L. : J. Exp. Zool., 69 : 165—185 (1934)
- 3) DAY, M. F. : Biol. Bull., 80 : 275—291(1941)
- 4) DEMOLL, R. : Arch. ges. Phys., 129 : 461—475 (1909)
- 5) — : Erg. Zool., 2 : 451—516(1910)
- 6) — : Zool. Jb. Abt. Allg. Zool. & Phys., 30 : 169—180(1911)
- 7) EL-TRINGHAM, H. : Trans. Ent. Soc. London, 1. 2(B) : 1—4(1919)
- 8) EXNER, S. : Ebenda, 8(3) : 143—151(1889)
- 9) — : Die Physiologie der Facetten Augen von Krebsen und Insekten, Leipzig & Wien (1891)
- 10) VON FRISCH, K. : Biol. Zbl., 28 : 662—671, 698—704(1908)

- 11) FRIZA, F. : *Zeit. f. vergl. Phys.*, 8 : 289—336 (1928)
- 12) HESSE, R. : *Vorl. Mitteil. Zool. Anz.* 24(1901)
- 13) JOHNAS, W. : *Zeitschr. wiss. Zool.*, 97 : 218—261(1911)
- 14) KATO, M. : *Kagaku*, 22 (10) : 546—547(1952)
- 15) KOIZUMI, K. : SHIBATA, K. & K. KUBOTA : *Print Agr. Soc. Formosa*, 6 : 1—253(1941)
- 16) KOYAMA, N. : *Res. Rep. Fac. Text. & Seric.*, Shinshu Univ., 2 : 47—50(1952)
- 17) — : *Lect. Meet. Seric. Cent. Branch.*, 5 : 28 (1953)
- 18) — : *J. Fac. Text. & Seric.*, Shinshu Univ. Ser. A, 4 : 15—62(1954)
- 19) — : *Ibid.* 5 : 1—53(1955)
- 20) — : *Lect. Meet. Seric. Cent. Branch.*, 10 : 4 (1955)
- 21) —, S. TANAKA : *J. Fac. Text. & Seric. Shinshu Univ. Ser. A*, 6 : 1—14(1956)
- 22) — : *Jap. J. Seric.*, 28(3) : 231(1957)
- 23) — : *Res. Rep. Fac. Text. & Seric.*, Shinshu Univ., 7 : 84—90(1957)
- 24) — : *Lect. Jap. Soc. Appl. Ent. & Zool.* : 18 (1957)
- 25) LEYDIG, F. : Cited from Aino's paper (*J. Appl. Zool.* 7(1) : 1—16, 1953) (1868)
- 26) MERKER, E. : *Biol. Zbl.*, 49 : 186—191(1929)
- 27) NOWIKOFF, M. : *Zeitschr. wiss. Zool.*, 138 : 1—67(1931)
- 28) PARKER, G. H. : *Ergeb. der Biol.*, 9 : 239—291(1932)
- 29) SUGIYAMA, S. : *Proc. Imp. Acad.*, 9(8) (1933)
- 30) UMBACH, W. : *Zeit. Morph. Ökol. Tiere.*, 28 : 561—594(1934)
- 31) WIGGLESWORTH, V. B. : *The principles of insect physiology*, London (1950)
- 32) YAGI, N. : *Proc. Imp. Acad.*, 17 : 158—159 (1941)
- 33) —, KOYAMA, N. & Y. FURUHATA : *New Ent.*, 5(12) : 1—3(1956)
- 34) —, — : *Ibid.*, 6(1) : 5—14(1957)

Summary

In this report the author has revised the opinion by KATO (1952) in which melanin pigments in the Eri-silkworm moth eye is wholly produced by photosynthesis, and reached to the conclusion that his opinion, being more or less far-fetched, should not entirely be admitted.