TOMBO, **63**: 55–57. Jun. 1, 2021

短 報

アルビノを伴うアオハダトンボ形成異常卵の報告

詫間 由一 [1)*]・二橋 亮 [2)]

[1)] 福岡県福岡市　e-mail: info@yagopedia.com

[2)] 産業技術総合研究所（茨城県つくば市）　e-mail: ryo-futahashi@aist.go.jp

* 責任著者

Report of a malformed egg of *Calopteryx japonica* (Selys, 1869) with an albino phenotype

Yuichi TAKUMA and Ryo FUTAHASHI

筆者らは，色素異常と複眼の形成異常が見られるアオハダトンボ *Calopteryx japonica* (Selys, 1869) 卵を発見した。過去に類似の報告は見つからなかったので，主に色素異常に関してその要因を考察した。

採集記録

アオハダトンボ卵（Figs. 1 & 2），福岡県筑紫郡那珂川市，4- Ⅵ -2009，詫間由一 採集.

正常な体色のアオハダトンボ♀が産卵した生体植物を採集し，そこから数卵を取り出した（Fig. 1）。発生したのは 1 卵のみだったため，残りの卵は記録を残さずに処分した。発生した 1 卵は産卵後 6 日には Fig. 2 のように着色阻害の特徴が明らかとなった。Figs. 3 & 4 に正常なアオハダトンボ卵を示す。正常な卵と比べて，以下の相違点が確認された。１）全体的な色素の欠乏，２）複眼が赤く色素沈着しサイズが大きい。個眼はサイズが小さく数が多い，３）植物から取り出した際の変形が目立ち，また胚成長に伴う卵幅の増加もないことからクチクラの硬化不良が疑われる。アオハダトンボの正常卵は 11 ～ 19 日で孵化するとされるが（吉田，2014），今回の卵は 7 ～ 8 日で孵化した。幼虫の動きは正常で，孵化後も複眼が赤く，体の色素沈着は確認されなかった。なお，孵化後の撮影は行わなかった。孵化時間は記録できなかったが，孵化後 18 時間以内には死亡していた。

今回の卵は着色異常と複眼形態の異常が見られたので，その要因について，色素合成の面を中心に考察する。脊椎動物では，メラニン合成異常に伴う白化個体に対してアルビノという用語が用いられるが（梅鉢，2000），昆虫の論文では色素の種類によらず白化した個体（系統）に対してアルビノが用いられている。昆虫におけるアルビノの報告は稀で，トノサマバッタ（田中，2001〔色素がどのように変化しているかは具体的に報告されていない〕）やカイコ（Fujii *et al.*, 2013〔メラニン合成酵素の補因子の産生に異常があり，劣性ホモ個体は 1 齢幼虫で致死〕）にアルビノ系統が存在する以外は，一部の洞窟性昆虫や，人為的に作成されたものに限られている。トンボに関しては，筆者らが検索し得た範囲では野外で発見されたアルビノの報告は見つからなかった。Dunkle（2000）は，“Tenerals could be mistaken for albinos, but no true albino dragonflies have been found.” と述べている。実際に，インターネットで検索して見つかるトンボやゴキブリなどのアルビノとされる画像はテネラルを見誤ったものに見える。胚～ 1 齢に限定されてはいるものの，トンボでアルビノ形質を示したケースとして本報告は貴重と思われる。なお，トンボでは人為的な部分的アルビノの例として，昆虫のメラニン合成に必須である *MCO2*（*multicopper oxidase 2*）遺伝子の機能阻害でパッチ状の白斑を示したハッチョウトンボ *Nannophya pygmaea* (Rambur, 1842)，アオモンイトトンボ *Ischnura senegalensis* (Rambur, 1842)，コシアキトンボ *Pseudothemis zonata* (Burmeister, 1839) の成虫が報告されている（Okude *et al.*, 2017; Okude & Futahashi, 2021; Okude *et al.*, 2021）。トンボの場合，体色には以下で述べるように，３種類の色素が複雑に影響を与えており（Okude & Futahashi, 2021），野外で完全なアルビノが発見される可能性は低そうだが，部分的なアルビノ個体の発見については余地があると思われる。

昆虫の色素は８つのグループに大別され，トンボの場合はメラニン（表皮，翅），オモクローム系色素（複眼，表皮），プテリジン系色素（表皮）の３つが主に体色に関与している（二橋・二橋，2015；Okude & Futahashi,

Fig. 1. アオハダトンボ．形成異常卵初期（4-VI-2009，詫間由一 採集，4-VI-2009，詫間由一 撮影）.

Fig. 2. アオハダトンボ．形成異常卵孵化直前（10-VI-2009，詫間由一撮影）．A. 全体図；B. 複眼３倍拡大図.

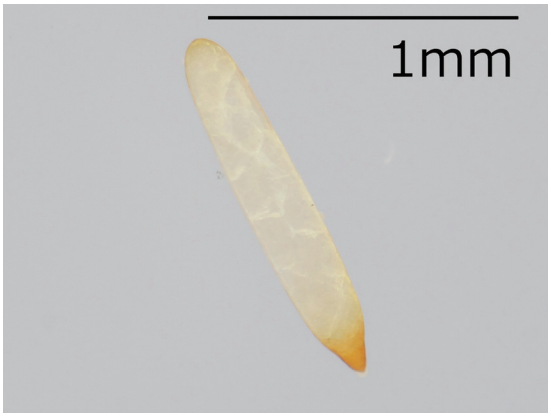

Fig. 3. アオハダトンボ．正常卵初期（4-VI-2017，詫間由一 採集，7-VI-2017，詫間由一 撮影）.

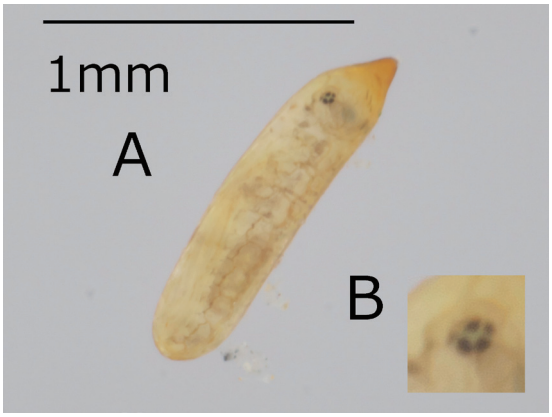

Fig. 4. アオハダトンボ．正常卵孵化直前（21-VI-2017，詫間由一 撮影）．A. 全体図；B. 複眼３倍拡大図.

2021）。昆虫のメラニンは，脊椎動物のドーパキノン由来のメラニンとは異なり，ドーパミン由来が主成分でクチクラ硬化の役割も果たす色素である（二橋・二橋，2015；Arakane *et al*., 2016；Okude & Futahashi, 2021）。また，黒色～褐色の濃色メラニンだけでなく，ほぼ無色や黄色などの淡色メラニンも知られている（二橋・二橋，2015；Arakane *et al*., 2016；Okude & Futahashi, 2021）。今回の形成異常卵は着色だけでなくクチクラ硬化不全と思われる特徴が見られたことから，メラニン合成経路に異常を持つ可能性が高いと考えられた。

一方，複眼の色はオモクローム系色素によるため今回の卵はその合成異常も見られる。オモクローム系色素はトリプトファンから合成され，トンボ以外の昆虫の複眼にも存在しており，赤色，茶色，橙色，黄色，紫色を呈する（二橋・二橋，2015）。オモクローム系色素の中でも紫色のオミンと呼ばれる色素に異常があると，カイコガにおいて，野生型では黒色の複眼が，赤く着色する例が知られており（Osanai-Futahashi *et al*., 2012），今回の卵と類似する。

なお，複眼の形態形成に重要な役割を果たす遺伝子が色素合成にも関わる例として，ホメオボックス型転写因子（発生における形態形成の際などに，DNA に結合して多くの遺伝子の発現を調節する蛋白質）をコードする遺伝子のひとつ *optix* が，タテハチョウ科の翅のオモクローム系色素の合成に関与する例（Reed *et al*., 2011）や，別のホメオボックス型転写因子をコードする *BarH-1* 遺伝子が，モンキチョウの翅のプテリジン系色素の合成に関与

する例（Woronik *et al*., 2019）が知られている。

今回の卵は発生の際に複眼の形態異常に加え，メラニンとオモクローム系色素の合成異常を伴ったと考えられ，上記のホメオボックス型転写因子のような，色素合成酵素を含めた複数の蛋白質を調節する遺伝子の変異があったと考えられる。

引用文献

Arakane, Y., Noh, M.Y., Asano, T. & Kramer, K.J., 2016. Tyrosine Metabolism for Insect Cuticle Pigmentation and Sclerotization. pp. 165–220. *In*: Cohen, E., Moussian, B. (eds), *Extracellular Composite Matrices in Arthropods*. 712 pp., Springer International Publishing, Switzerland.

Dunkle, S. W., 2000. *Dragonflies Through Binoculars: A Field Guide to Dragonflies of North America*. viii + 266 pp., Oxford University Press, USA.

Fujii, T., Abe, H., Kawamoto, M., Katsuma, S., Banno, Y. & Shimada, T., 2013. Albino (al) is a tetrahydrobiopterin (BH4)-deficient mutant of the silkworm *Bombyx mori*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, **43**(7): 594–600.

二橋美瑞子・二橋 亮，2015. 昆虫の色素合成と紋様形成. pp. 172–191. *In*: 伊藤祥輔・柴原茂樹・錦織千佳子（編），色素細胞第 2 版．328 pp., 慶應義塾大学出版会，東京.

Okude, G., Futahashi, R., Kawahara-Miki, R., Yoshitake, K., Yajima, S. & Fukatsu, T., 2017. Electroporation-mediated RNA interference reveals a role of the multicopper oxidase 2 gene in dragonfly cuticular pigmentation. *Applied Entomology and Zoology*, **52**: 379–387.

Okude, G. & Futahashi, R., 2021. Pigmentation and color pattern diversity in Odonata. *Current Opinion in Genetics and Development*, **69**: 14–20.

Okude, G., Fukatsu, T. & Futahashi, R., 2021. Electroporation-mediated RNA interference method in Odonata. *Journal of Visualized Experiments*, **168**: e61952.

Osanai-Futahashi, M., Tatematsu, K.I., Yamamoto, K., Narukawa, J., Uchino, K., Kayukawa, T., Shinoda, T., Banno, Y., Tamura, T. & Sezutsu, H., 2012. Identification of the Bombyx red egg gene reveals involvement of a novel transporter family gene in late steps of the insect ommochrome biosynthesis pathway. *Journal of Biological Chemistry*, **287**(21): 17706-14.

Reed, R. D., Papa, R., Martin, A., Hines, H. M., Counterman, B. A., Pardo-Diaz, C., Jiggins, C. D., Chamberlain, N. L., Kronforst, M. R., Chen, R., Halder, G., Nijhout, H. F. & McMillan, W.O., 2011. *optix* drives the repeated convergent evolution of butterfly wing pattern mimicry. *Science*, **333**: 1137–1141.

田中誠二，2001. トノサマバッタの体色多型とホルモン制御．日本比較内分泌学会ニュース，(101): 3–12.

梅鉢幸重，2000. 動物の色素　多様な色彩の世界．373 pp., 内田老鶴圃，東京.

Woronik, A., Tunström, K., Perry, M. W., Neethiraj, R., Stefanescu, C., Celorio-Mancera, M. P., Brattström, O., Hill, J., Lehmann, P., Käkelä, R. & Wheat, C. W., 2019. A transposable element insertion is associated with an alternative life history strategy. *Nature Communications*, **10**(1): 5757.

吉田雅澄，2014. 飼育による日本産トンボの卵・幼虫期. *Aeschna*, (50):1–12.

Summary: The authors found a malformed egg of *Calopteryx japonica* (Selys, 1869) with abnormal compound eye formation and an albino phenotype. In addition, the mechanisms underlying pigment abnormalities are considered.

(Received 24. Jan. 2021/ Revised and accepted 7. Feb. 2021)