

ビドールカカトアルキ *Karoophasma biedouwensis* Klass *et al.*

(昆虫綱：カカトアルキ目) の採集と飼育

内船俊樹\*

Collection and rearing of a South African heel-walker, *Karoophasma biedouwensis* Klass *et al.* (Insecta: Mantophasmatodea)

UCHIFUNE Toshiki\*

キーワード：カカトアルキ、南アフリカ、採集、飼育、卵

Key Words: Mantophasmatodea, South Africa, collection, rearing, eggs

カカトアルキ目の発生学的研究に向けた飼育系の開発を目指し、南アフリカ共和国における調査・採集をおこない、ビドールカカトアルキ *Karoophasma biedouwensis* を雌 56 個体、雄 8 個体採集した。また、条件を整えることで、現地ならびに日本の実験室内において、3 週間にわたって飼育することに成功した。さらに、本種の産卵は一日のうちで最も低温・高湿度となる朝に集中することを明らかにし、38 個体の雌成虫から 69 卵塊を得ることに成功した。これらの卵のインキュベートを、成虫の飼育と同条件で行なったものの、卵休眠を打破することはできなかった。しかし、開発した飼育系は、本種の日本における発生学的研究の基盤となる重要な成果である。

To develop a rearing technique of Mantophasmatodea aiming at their embryological study, the biological and meteorological surveys were conducted in the Republic of South Africa. Fifty-six adult females and eight adult males of *Karoophasma biedouwensis* were collected. They could be reared not only in the ambient condition of their habitat, but in the laboratory in Japan for three weeks. Their oviposition predominantly occurred in the morning when it was the lowest in temperature and the highest in humidity in a day. Reproducing the condition corresponding to that in the habitat, the females laid their eggs in the laboratory, and 69 egg pods could be obtained from 38 females. Under the condition in the laboratory, however, the diapause or the egg dormancy has failed to be broken, and the eggs have not developed beyond the blastoderm stage. [Permission Number, CapeNature: AAA-004-00049-0035]

---

\* 横須賀市自然・人文博物館 〒238-0016 横須賀市深田台95  
原稿受理 2007年12月1日 横須賀市博物館業績 614号.

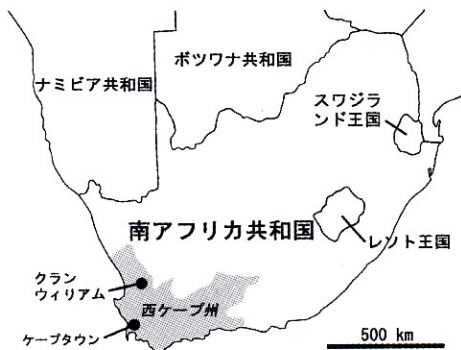
## はじめに

## 方法・結果・考察

カカトアルキ目は2002年、アフリカ大陸南部で発見され、昆虫綱の新目として世界的に脚光を浴びたグループである。本目は体長約2 cm、翅を完全に退化させている。歩行の際、各肢の跗節を鉤状に曲げ、いわば「つま先」を持ち上げて「かかと」で歩き、その姿はまさに「カカトアルキ（踵行目）」と呼ぶにふさわしい(Klass *et al.*, 2002; アディスら, 2003; 東城・町田, 2003; 町田・東城, 2003; 町田, 2005; 東城, 2007)。

本目は、バッタ目やナナフシ目、カマキリ目、ガロアムシ目などいわゆる「直翅系昆虫群」から構成される多新翅上目に位置づけられる(Boudreaux, 1979; Klass *et al.*, 2002)。昆虫綱全目の1/3を占めている本上目は、昆虫綱の多様性や系統進化を理解する上で欠かせない分類群であるが、各目間の類縁関係は不確定のままである(Kristensen, 1991; Beutel and Gorb, 2006)。ここにあって、カカトアルキ目は、多新翅上目各目の形態学的特徴を合わせもつことが指摘されており(Klass *et al.*, 2002; Tilgner, 2002)、多新翅上目の系統学的議論を進展させる上で非常に興味深いグループである。

本目発見の年、2002年に、カカトアルキ目の総合的理解を目指し、「カカトアルキ目国際研究プロジェクト」が立ち上がり、私たち日本グループは発生学分野として参画してきた(町田, 2005)。そして、断片的な段階ではあるが、これまでの私たちの発生学的研究は、本目とガロアムシ目との間に、卵膜構造と胚運動に関して、共有派生形質とすべき共通点を見いだした(Machida *et al.*, 2004; Tsutsumi *et al.*, 2004; 町田ら, 2005; Uchifune and Machida, 2005, 2006; 内船・町田, 2005)。本プロジェクトにおいては、さらなる発生学的解明が望まれるのであるが、アフリカ大陸南部の乾燥地域にのみ生息する本目の発生学的研究は容易ではない。そこで、本目の発生学的研究に十分な試料の確保を目指し、採集・調査を行うとともに飼育・採卵系の開発を試みた。

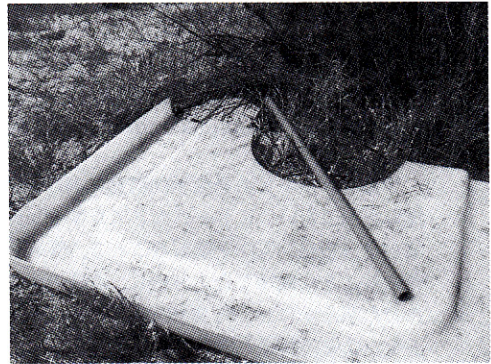


第1図 採集地クラウンウィリアムの位置。

## 採集

2006年8月29日から9月16日に、南アフリカ共和国西ケープ州クラウンウィリアム郊外(南緯32度4分: 東経19度4分)(第1図)において、材料の調査・採集を行った。採集方法は見つけ採りおよびビーティング法を用い、後者の方法では長さ約1 mの棒と約1×0.5 mの樹脂製の受け皿を使用した(第2図)。

上記の結果、ビドーカカトアルキ *Karooophasma biedouwensis* の雌成虫56個体、雄成虫8個体を得た(第3図)。なお、幼虫も多数見出したが、採集はしなかった。

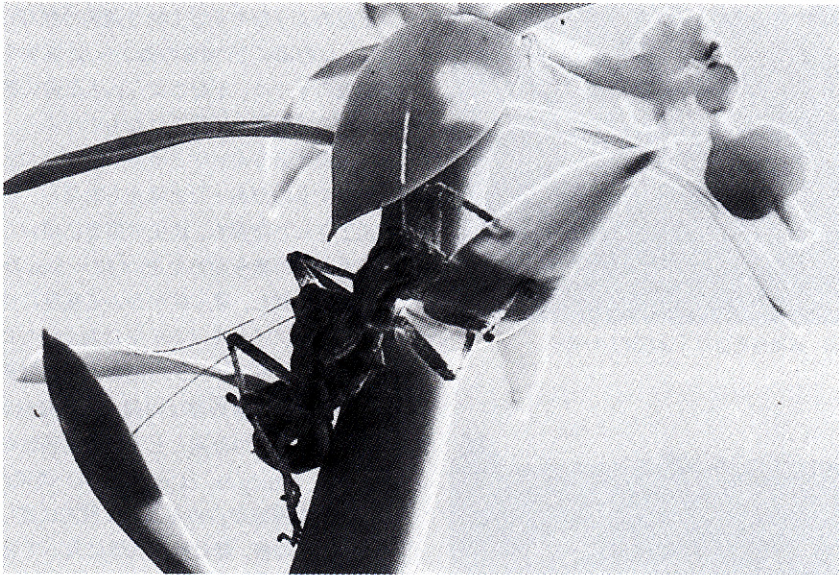


第2図 ビーティング採集に使用した道具。

## 採集地の環境

西ケープ州は半砂漠地帯で、気候は雨期(6月~8月)と乾期(9月~翌年5月)に分かれる(Tojo *et al.*, 2004)。調査期間中(2006年8月29日~9月16日)の平均的な日の出は現地時間で約6時30分、日の入りは約18時30分であった。調査期間中の平均的な最高・最低気温は、それぞれ約10℃と約25℃であったが、明け方に霧が降りるくらいに冷え込んだ日や、一日を通して小雨が降り続き15℃前後と気温変化の小さい日もあった。湿度は午前7時くらいが一日で最も高く、この時間帯の平均湿度は66%、最高で80%に達し、低温・高湿度となるため、しばしば結露した。晴れの日には日中の湿度が急速に減少し、25%前後になった。

クラウンウィリアム郊外ではところどころに砂地や岩、高さ1 m前後のトウダイグサ科などの植物からなるブッシュがあり、背の低いキク科やハマミズナ科などの植物が「お花畑」を作っていた(第4図)。その一方で、灌漑設備の調った大規模な牧草地や農地も見られる(第5図)。



第3図 トウダイグサ科 *Euphorbia* 属の枝上におけるビドーカトアルキ *Karoophasma biedouwensis* の交尾の様子。雄（左）が雌（右）の背中につかまる。

カトアルキ類は後者のような農地周辺で多く採集された。

#### 採集地における飼育

採集したビドーカトアルキは、共食いを避けるため個別の容器に分けて飼育した。飼育容器には直径7 cm、高さ8 cmのディスプレイ試料保存容器（第6図手前）や、直径10 cm、高さ4.5 cmの試料カップ（第6図奥）を用い、十分に水気を含ませた砂を深さ2-3 cmに押し固めた後、表層を乾燥させ、さらに乾いた砂を薄く敷いて使用した。容器には直径1 mmの穴を3-5個設け、外気の湿度変化を容器内にも取り込めるようにした。

一日に2回、容器の移動と餌・水の補給を行なった。すなわち、日没から翌朝の8時頃までは野外に置き、それ以外の時間は風通しの良い室内に移し、餌と水の補給および容器内の掃除を行った。餌として、同所的に採集できるチャタテムシ類やカスミカメムシ類といった体長5 mm以下の小型の昆虫のほか、バッタ類やハバチ類幼虫など体長20 mm前後の大型のものを適宜与えた。これらの餌を、前肢と中肢でしっかりと掴んで食べていた。雄に比べ雌の食欲は旺盛で、雄が一日に上記の小型の昆虫を1-2匹食べるのに対し、雌は小型の昆虫を4-6匹、もしくは大型のものをほぼ1匹食べた。水は容器の壁面に

水滴の状態で置くようにしたが、ビドーカトアルキはそこから直接、水分を摂取する様子が観察された。飼育下における水分摂取の様子から、野外でも結露より水分を経口摂取している可能性が考えられるが、野外調査では観察できなかった。

交尾のため、ペアを同一容器で飼育した。その結果、全てのペアで交尾行動が観察できた。雄は交尾に先立って、容器の壁面にとまって約1秒間、腹部後端を痙攣させるように震わせながら容器を素早く打ちつけるドラミングを時々行う(Tojo *et al.*, 2004)。交尾は雄が雌の背中に乗った状態で行われ、数時間から半日、長いものでは一日中続く(第3図)。その間、雌はゆっくりと移動し、また摂食を行うこともあるが、雄は対照的に雌につかまったまま交尾に専念している様子である。その後、雌は容器内を歩き回りながら腹端で産卵に好適な場所を探ったのち、腹部を地面に数mm程、やや斜め下後方に挿入して粘液を出しながら産卵し、粘液と砂粒で固められた卵塊が作られる(Tojo *et al.*, 2004; 東城, 2007)(第7図)。卵塊は29個体の雌より37個得られた。卵塊のサイズは産卵の時々で異なり、最初に挿入した腹部によってできた空間のみを埋めるように形成される小型のものから(第8図A)、前方への移動をとまって形成される約1.5 cm程の大型のものもあった(第8図B)。



第4図 採集地周辺の「お花畑」の様子。



第5図 採集地の風景。

卵塊中の卵数は卵塊によって異なり、小型の卵塊では数個、大型の卵塊では十数個であった。また、多くの産卵が夜明け後2時間以内、つまり午前7-8時に行われた。興味深いことに、この時間帯は一日のうち最も低温・高湿度となる時間帯である（前述「採集地の環境」参照）。

#### 日本での飼育・卵インキュベート

採集したビドーカカトアルキを国内に持ち帰り、飼育を試みた。上記の試料カップ（第6図奥）を使用し、底には採集地から持ち帰った砂を敷いた。水は上記と同様に与え、ミルワームを千切ったものをピンセットで直接与えたところ、前肢と中肢でこれを掴んで食べた。カカトアルキ類は生きた昆虫のみを餌とすると思われていたが、このような昆虫断片の「手渡し」での給餌も可能であることが分った。

採集地での飼育の際に行っていた一日に2回の飼育環境の変化を、採集地の日周期に合わせて容器をインキュベータから出し入れすることにより再現した。すなわち、採集地における日没から朝8時までに対応する時間帯は、

遮光した約10℃のインキュベータに置き、それ以外の時間は室温約20℃の実験室内に置いた。

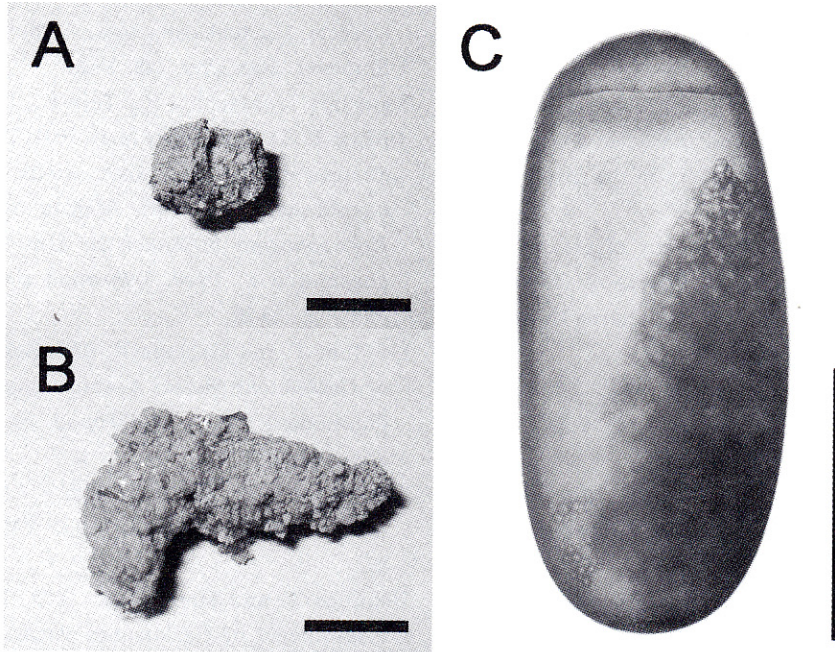
上記のようなやり方で約3週間の飼育に成功するとともに、この間に25個体の雌から32卵塊を得た。これらの卵塊の多くは、上記のように人工的に再現した条件での「朝の時間帯」に得られたものであり、このことは、上記の飼育条件がビドーカカトアルキにとって自然の産卵を促すものであったと考えられる。

産下された卵塊を、成虫の飼育に用いたものと同じ砂を厚さ1cmに敷き詰めた10×10×3cmの角形スチロールケースに移し、薄く砂がかぶる程度に埋めてインキュベートした。インキュベータにあたっては、成虫の飼育と同様、インキュベータの出し入れを継続して行うようにした。産下直後の卵は内部に卵黄顆粒が均質に詰まっていたが、日数の経過とともに卵黄顆粒が減少し、その代わりに Machida *et al.* (2004) の報告のように、卵内に大きな液泡が占めるような段階に達した（第8図C）。しかし、その後、卵は休眠状態に入っており、胚盤葉期初期以降のステージを得るには至っていない。



第6図 飼育容器。

第7図 ビドーカカトアルキ *Karoophasma biedouwensis* の産卵の様子。



第8図 ビドーカトアルキ *Karoophasma biedouwensis* の卵塊 (A: 小型の卵塊, B: 大型の卵塊) と卵 (C).  
(C: Machida *et al.* (2004) より). スケール=A, B: 5 mm, C: 1 mm

#### まとめ

上記のように、ビドーカトアルキの成虫を約三週間にわたって飼育することに成功し、自然状態における成虫の推定寿命を全うできたことになる。また、飼育下でも交尾させることができ、38個体の雌から69卵塊が得られた。光・温度・湿度の条件を整えることにより、採集地だけでなく日本においても、採卵が可能となった。これにより、日本の発生学研究室において、産卵直後の卵塊をすぐに発生学的研究に供することが可能となったわけであるが、卵のインキュベートに関しては、今後、その休眠の打破を含めたブレイクスルーが懸案である。

#### 謝辞

筑波大学生命環境科学研究科・菅平高原実験センターの町田龍一郎准教授には、一連の研究にわたって御教示、

ご援助をいただいた。信州大学理学部生物科学科の東城幸治助教には、調査・採集場所について細やかなご指示をいただいた。ケープタウン大学動物学研究室のマイク・D・ピッカー教授には、関係機関とのコーディネートおよび採集方法や飼育方法について御指導いただいた。長野県上田市の町田千雪氏ならびに筑波大学生命環境科学研究科の神通芳江氏には材料の飼育に際して補助いただいた。ここに心から御礼を申し上げる。尚、材料の採集にあたっては、南アフリカ西ケープ自然保護局の許可を受けた (CapeNature: AAA-004-00049-0035)。

#### 引用文献

- アデイス J.・ゾンプロ O.・ムーンボロ=ゴアゴセス E.・マレ E. 2003. 88年ぶりの大発見。砂漠に生きていた新昆虫。日経サイエンス, 33: 44-49.  
Beutel R.G. and Gorb S.N. 2006. A revised inter-

- pretation of the evolution of attachment structures in Hexapoda (Arthropoda): with special emphasis on Mantophasmatodea. *Arthropod. Syst. Phyl.*, **64**: 3-25.
- Boudreaux H.B. 1979. *Arthropod phylogeny with special reference to insects*. 320pp. John Wiley & Sons.
- Klass K.-D., Zompro O., Kristensen N.P. and Adis J. 2002. Mantophasmatodea: a new insect order with extant members in the Afrotropics. *Science*, **296**: 1456-1459.
- Kristensen N.P. 1991. Phylogeny of extant hexapods. In CSIRO ed. *The Insects of Australia*, (1) [2nd edition]: 125-140. Melbourne University Press.
- 町田龍一郎 2005. 特集:新昆虫目はどこまでわかったか?—発見から3年,カカトアルキの生物学—。特集にあたって。生物科学, **57**: 2-5.
- 町田龍一郎・東城幸治 2003. 新昆虫・カカトアルキ(踵行目 Mantophasmatodea)。昆虫と自然, **38**: 26-31.
- 町田龍一郎・東城幸治・塘 忠顕・内船俊樹 2005. カカトアルキ目の胚発生と系統。生物科学, **57**: 29-34.
- Machida R., Tojo K., Tsutsumi T., Uchifune T., Klass K.-D. Picker M.D. and Pretorius L. 2004. Embryonic development of heel-walkers: reference to some prerevolutionary stages (Insecta: Mantophasmatodea). *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, **39**: 31-39.
- Tilgner E. 2002. Mantophasmatodea: a new insect order? *Science*, **297**: 731.
- 東城幸治 2007. カカトアルキのなぜ(町田龍一郎監修)。32ページ。新日本出版社。
- 東城幸治・町田龍一郎 2003. 南アフリカの砂漠にマントファスマを求めて。日経サイエンス, **33**: 50-54.
- Tojo K., Machida R., Klass K.-D. and Picker M.D. 2004. Biology of South African heel-walkers, with special reference to reproductive biology (Insecta: Mantophasmatodea). *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, **39**: 15-21.
- Tsutsumi T., Machida R., Tojo K., Uchifune T., Klass K.-D. and Picker M.D. 2004. Transmission electron microscopic observations of the egg membranes of a South African heel-walker, *Karoophasma biedouwensis* (Insecta: Mantophasmatodea). *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, **39**: 23-29.
- Uchifune T. and Machida R. 2005. Egg membranes of *Galloisiana yuasai* Asahina (Insecta: Grylloblattodea). *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, **40**: 9-14.
- 内船俊樹・町田龍一郎 2005. カカトアルキ目との類縁性が示唆される「ガロアムシ目」。生物科学, **57**: 35-39.
- Uchifune T. and Machida R. 2005. Embryonic development of *Galloisiana yuasai* Asahina, with special reference to external morphology (Insecta: Grylloblattodea). *J. Morphol.*, **266**: 182-207.
- Uchifune T. and Machida R. 2006. Chorion of a South African heel-walker, *Karoophasma biedouwensis* Klass et al.: SEM observations (Insecta: Mantophasmatodea). *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, **41**: 29-35.
- Walker E.M. 1937. *Grylloblatta*, a living fossil. *Trans. R. Soc. Can. Sec. V Ser. III*, **26**: 1-10.