

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：84202

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06402

研究課題名(和文) アフリカ大陸における海洋性双翅目昆虫の分散と進化

研究課題名(英文) Dispersal and evolution of marine dipterous insects in the continent of Africa

研究代表者

榎永 一宏 (MASUNAGA, Kazuhiro)

滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・総括学芸員

研究者番号：50344346

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：海洋性双翅目昆虫が、淡水から海水へ進出した起源地の可能性のあるアフリカ大陸のなかで、ケニア、タンザニア、モザンビーク、南アフリカ、ナミビアで野外調査を行った。その結果、ケニアとタンザニアからはCymatopus属の未記載種が各1種、モザンビークからはCymatopus属の2未記載種とAsydentus属の1未記載種、南アフリカからはC. griseatusとC. stuckenbergiの2既知種とCemocaratus属の3未記載種、Thinophilus属の2未記載種が採集された。特に、東アフリカから見つかったCymatopus属やAsydentus属については、今回の調査が初記録であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

双翅目昆虫のアシナガバエの淡水から汽水、海水に適応した生物進化の一連の過程が明らかにされる。これは従来、海水から陸上へ進化してきた陸上生物の進化史とは逆方向の過程であり、生物学的にたいへん興味深い問題である。また、本研究過程で未記載種の発見が相次ぎ、これらが命名記載されることで、いままで知られていなかった海岸における生物多様性の一端が明らかにされる。特に、東アフリカから見つかったCymatopus属やAsydentus属については、今回の調査が初記録であった。

研究成果の概要(英文)：Field surveys were conducted in Kenya, Tanzania, Mozambique, South Africa, and Namibia, on the African continent, where marine dipteran insects may have originated from freshwater to seawater. As a result, 1 undescribed species of the genus Cymatopus from Kenya, 1 undescribed species of the genus Cymatopus from Tanzania, 2 undescribed species of the genus Cymatopus and 1 undescribed species of the genus Asydentus from Mozambique, and 1 undescribed species of the genus Asydentus from South Africa. Two known species of rocky coastal C. griseatus and C. stuckenbergi, three undescribed species of the genus Cemocaratus, and two undescribed species of the genus Thinophilus inhabiting salt marshes were collected. In particular, this survey was the first record for the genera Cymatopus and Asydentus found in East Africa.

研究分野：昆虫系統分類学

キーワード：生物多様性 起源 分散 多様性 アフリカ大陸

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本来は陸生である昆虫類が淡水域に適応した例は見られるが、海洋環境に適応した例はほとんど見られない。水生双翅目昆虫のアシナガバエ科 *Hydrophorinae* 亜科は、淡水から海水にいたる様々な水辺環境への進出に成功した数少ない昆虫である。また、海洋性昆虫の分布域は線であり、分布域と系統関係が対応しやすく、海岸に到達してからの分散過程が捉えやすい。申請者はこの点に着目し、海洋性アシナガバエの海水適応の起源について研究を行ってきた。

その結果、島の成立年代が推定されている大洋島に分布する種を用いて、このグループにおけるミトコンドリア遺伝子 ND5 の分子時計 (0.01D=285 万年) を算出した (Masunaga et al, 2005)。さらに、世界各地での分布調査を実施し、分子系統解析の結果、海洋性アシナガバエ *Hydrophorinae* 亜科の海水適応のグループが単系統 (単一起源) であり、北大西洋地域に分布するグループが一番最初に分化し、その起原が最も古いことが示唆された (Masunaga, 2010)。そこで、全球レベルでの本グループの分散と進化を考える上で重要な地域であり、かつ未調査であるアフリカ大陸を調査地域として考えた。

### 2. 研究の目的

海洋性双翅目昆虫が、淡水から海水へ進出した起源地の可能性のあるアフリカ大陸に焦点を絞り、本グループの起源地、分散経路、種分化、多様性について解明する。全球レベルでの海洋性双翅目昆虫の分散と進化について解明する過程で、アフリカ大陸が未調査であり、分散経路を推定する上で欠かせない地域であるアフリカ大陸を対象とした。

双翅目昆虫のアシナガバエ科 *Hydrophorinae* 亜科は、淡水から海水にいたる様々な水辺環境への進出に成功した数少ない昆虫である。この特異な昆虫を用いて淡水域から海水域への系統進化について、分子系統学的及び生物地理学的手法を用いて以下のことを明らかにする。

#### ① 海洋性アシナガバエの起源

淡水、汽水、海水に生息するアシナガバエ亜科の全属について分子系統解析を行い、どの系統から海洋性のものが誕生したのかという系統の起源と、分岐図と分布域とを重ね合わせることで、地理的な起源と分散経路を明らかにする。

#### ② 環境による系統間の進化速度の差

海岸は紫外線の量が多く、突然変異が起きやすい環境である。このような厳しい環境で生活する海洋性の系統と、森林内の溪流などの他の環境で生活する系統との間で、進化速度に差があるのかどうかについて検討する。

### 3. 研究の方法

水生双翅目昆虫の海水環境への適応が、どのように進化し、どのような経路で全球的に広がったのかについて、分布調査と分子系統学的手法を用いて解析し、その系統進化過程 (系統の起源、地理的起源) を解明する。

#### ① アフリカ大陸に生息する海洋性アシナガバエの分布調査

アフリカ大陸では海洋性アシナガバエ相は調査されてこなかった。本申請研究期間内に、アフリカ大陸の本グループの分布を調べ、標本を収集する。分布調査は、ケニア、コモロ、タンザニ

ア、モザンビーク、南アフリカ、ナミビアとする。アフリカ大陸に生息するアシナガバエの最盛期である1～3月にかけて採集を行えば、ほぼそこに生息する種の全てを採集することが出来る。事前調査により、生息に最適な採集場所を明確にしておけば、現生種の判明率が90%を超えるような徹底した分布調査は確実に出来る。これまで解明されてこなかったアフリカ大陸の海洋性アシナガバエ相の多様性を明らかにする。未記載種については、記載・命名する。

② アフリカ大陸も含め全球レベルでの海洋性アシナガバエについて DNA に基づいて系統関係を調べる

本申請研究で採集された種と、今までに採集してきた種を含めた世界の海洋性アシナガバエの系統関係を明らかにする。そのため、DNA塩基配列に基づき分子系統樹を構築する。所属機関が有する分子生物学的実験設備であるサーマルサイクラー (BIO RAD iCycler) やオートシーケンサー (ABI3130xl) などを使用し、分子系統解析に必要な PCR やシーケンスを行う。系統推定の信頼度を高めるために5つの遺伝子、つまりミトコンドリア遺伝子 ND5、CO1、核遺伝子の 28S rDNA, EF-1 $\alpha$ , wingless の部分領域計 3.7kbp 程度を決定し、系統樹を作成する。

③ 分布図と系統関係を重ね合わせ、起源と分散経路を明らかにする

得られた分子系統樹に基づく系統関係と分布調査による分布図を比較参照し、海洋性アシナガバエの系統の起源やその地理的起源を明らかにする。海洋を越えた分散経路についても解明する。

#### 4. 研究成果

平成30年度(2018年)11月にナミビアのウイントフックで開催された第9回国際双翅目会議に出席し、「Taxonomic study of rocky shore flies of the genus *Cemocarus* Meuffels & Grootaert (Dolichopodidae) from South Africa」について口頭発表を行った。双翅目昆虫アシナガバエ科は250属7000種から成る双翅類のなかでも大きな一群である。その中で、Hydrophorinae 亜科は淡水から海水にまでの環境に生息するグループである。この亜科のうち Aphrosylini 族は13属107種が記載されており、特に海水域環境への進出に成功したハエである。このうち、アフリカ大陸(南アフリカとナミビア)の固有属 *Cemocarus* について、新種3種を含む5種について、形態的特徴や分布状況について議論した。

国際会議の前後にナミビア国内で野外調査を実施し、*Cemocarus* 属の既知種2種と未記載種3種を採集した。

令和2年(2020年)2月8日(土)～4月26日(日)にかけてケニア、タンザニア、モザンビーク、南アフリカで野外調査を行った。

今回の野外調査により、ケニアから岩礁海岸性の *Cymatopus* 属の1未記載種が採集された。タンザニアからは *Cymatopus* 属の1未記載種が採集された。モザンビークからは *Cymatopus* 属の2未記載種と *Asydentus* 属の1未記載種が採集された。南アフリカからは岩礁海岸性の *Cemocarus griseatus* と *Cemocarus stuckenbergi* の2既知種と *Cemocarus* 属の3未記載種、塩性湿地に生息する *Thinophilus* 属の2未記載種が採集された。特に、東アフリカから見つかった *Cymatopus* 属や *Asydentus* 属については、今回の調査により初めての記録となるものであった。

今後、採集した標本について、解剖を行い詳細な形態の比較を行っていく予定である。標本は乾燥標本とDNA解析が可能なエタノールに浸けた形で保存している。

今回の調査により、ケニア、タンザニア、モザンビークでは初めて野外調査が行われた。ケニア、タンザニア、モザンビークからは *Cymatopus* 属 4 未記載種と *Asydentus* 属 1 未記載種が採集された。このうち *Cymatopus* 属はアフリカ大陸東岸での分布の確認は初めてである。南アフリカでの調査は 10 年ぶりであり、前回とは季節を変えたことと、未調査地域で行った結果、*Cemocarus* 属の既知種 2 種と未記載種 3 種、*Thinophilus* 属の 2 未記載種が採集された。本調査では未記載種が複数発見され、分類学的にも価値のある成果であった。これらの新種については記載を順次進めていきたい。

今回の調査期間中に新型コロナウイルス感染症が急速に広まった。アフリカ大陸では 3 月中旬まではそれほど拡大していなかった。離島の小国であるコモロは医療体制が十分ではないことから入国禁止となり調査はできなかった。今回の調査地であったケニア、タンザニア、モザンビークではコロナの影響はまったくなかったが、南アフリカでは調査中の 3 月 27 日よりナショナルロックダウンとなり、国際空港が閉鎖され帰国することができなくなった。そのため、南アフリカでは最後の調査地であったポートエリザベスでは調査ができなかったが、他の地域では予定通り調査することができた。今回の調査は全体としてはほぼ予定通り行え、成果も十分であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kazuhiro Masunaga
2. 発表標題 Taxonomic study of rocky shore flies of the genus Cemocarus Meuffels & Grootaert (Dolichopodidae) from South Africa
3. 学会等名 9th International Congress of Dipterology (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 川合 禎次、谷田 一三	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東海大学出版部	5. 総ページ数 1752
3. 書名 日本産水生昆虫 第二版	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------