

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24790403

研究課題名(和文) ネットアイシマカにおける亜種特異的産卵場所選好性の崩壊：同所的分布による行動変化

研究課題名(英文) Preference of oviposition sites of two subspecies of *Aedes aegypti*.

研究代表者

二見 恭子 (FUTAMI, Kyoko)

長崎大学・熱帯医学研究所・助教

研究者番号：30432983

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、西ケニアにおけるネットアイシマカの2亜種(森林型/都市型)の産卵場所選好性を明らかにする事を目的とした。野外調査により、生息環境には亜種間で明確な差があり、森林型は多様な環境に広く生息するが、都市型は人口密集地周辺にのみ限定的に生息することが示された。一方で野外調査と室内実験で、亜種間や地域間で産卵容器選好性に差がないことを示した。両亜種は生息環境に豊富にある容器を選択しているのだろう。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to reveal preference of oviposition sites of two subspecies (forest type/ domestic type) of *Aedes aegypti* in Western Kenya. Field research indicated that forest type distributed generally in various environment, while domestic type distributed specifically around populated area. However, the two subspecies did not differ in container type for oviposition. Both subspecies may be able to use every habitat and may select abundant type at the environment.

研究分野：行動生態学、進化生態学、昆虫学、病害動物学

キーワード：ネットアイシマカ 亜種構成 環境要因 産卵場所選好性 国際研究者交流 ケニア

1. 研究開始当初の背景

ネッタイシマカはアフリカを含む熱帯地域に広く分布し、デング熱などを媒介する重要な媒介蚊として知られている。この蚊はアフリカ起源の種で、奴隷貿易や世界大戦による人の移動に伴って、アジアや中南米に分布を広げたと考えられている。本種には2亜種が含まれ、一方は都市環境に適した「都市型 (*Aedes aegypti aegypti*, Aaa)」と呼ばれ、もう一方は森林環境に適した「森林型 (*Ae. aegypti formosus*, Aaf)」と呼ばれる。アフリカには両亜種が分布するが、アフリカ以外の地域に分布するのは都市型(Aaa)のみである。これら2亜種は生息環境だけでなく形態が異なるため成虫で同定可能であり、幼虫(ボウフラ)の発生場所も異なるとされる。さらにこれら2亜種はデング熱ウイルス(DENV)への感受性が異なり、AaaはDENVに感染しやすく、森林型(Aaf)は感染しにくい。アジアや中南米でデング熱が流行する一方、アフリカ大陸では流行が限定的な理由は、これら亜種の分布が関わるのかもしれない。そのため、これら2亜種の分布や生態を解明することは重要である。

申請者のケニアにおける先行研究で、成虫形態で分けられる両亜種の生息場所が、これまで言われていたような都市部・森林地帯と単純には分かれず、混じり合っている可能性を認めた。さらにボウフラの発生場所も、Aaa = 人工容器、Aaf = 自然容器という従来の基準とは異なっていた。つまり両者の特徴が混じり合っており、成虫の形態とそれぞれの生態が一致しないことになる。これは成虫形態から2亜種の分布を明らかにしてもウイルス感受性と一致しない可能性を生むため、ウイルス感染症伝播予測モデルを混乱させる。従って、両亜種が同所的に分布する地域での形態と生態の一致がまずは急務である。また、これらの生態の混乱は、両亜種が混じり合って分布する地域でより顕著であると予想される。なぜなら、両亜種が交配することでお互いの生態と形態が混じり合う可能性があるからである。

2. 研究の目的

ネッタイシマカは長距離の移動をしないため、幼虫の発生場所周辺が成虫の生息場所(=ウイルス感染症に感染しやすい場所)である。そのため、「成虫がどこに産卵するか(産卵場所選好性)」は一つの重要な生態である。そこで本研究では成虫の産卵場所選好性に対象を絞り、両亜種の分布の重なりが行動の変化にもたらす影響を明らかにすることを目的とした。まず本研究では、『都市型と森林型は形態と相関して産卵場所選好性が異なる。しかし、両亜種が混じり合って分布する地域ではそれらの中間型が存在し、形態および産卵場所選好性が変化しているのではないか。』という仮説を立てた。

この仮説を検証するため、野外実験と室内

実験により、西ケニアの都市部(キスム)、森林地帯(ウンゴイ)、その中間環境(ビタ)における都市型と森林型の発生状況と発生環境の調査、メスの産卵場所と子の形質の関係と、子の形質のばらつきの調査、3地域から採集された両亜種のメスの産卵場所選択実験、を試みた。

3. 研究の方法

(1)3地域における両亜種の発生状況と発生環境の調査

異なった環境で両亜種の発生に関わる要因を推測するため、上記3地域において、蚊の幼虫生息場所を探し、シマカ属の幼虫を採集した。同時に採集した容器の種類やサイズその他、家屋までの距離や家屋密度を記録した。その他、水質検査、被覆度の測定、インターネット上のデータバンクから周辺環境(植生等)の情報を得た。採集した幼虫はビタにある国際昆虫生理生態研究所(ICIPE)の実験室に持ち帰り、成虫に羽化させた後、形態から種を同定し、もしもネッタイシマカであった場合はさらに亜種を同定した。亜種の割合と、集めた容器、水質、環境等のデータの関係を解析した。

(2)メスの産卵場所とその子の形質の関係、および子の形質のばらつきの調査

1個体のメスが産む子の形態が、産卵場所とどのように関係しているかを明らかにするため、産卵場所にグラビッドトラップ(近づいた成虫を生きたまま捕まえる罠)を仕掛け、産卵前の成虫を採集した。これらのメスを個別に産卵させ、得られた卵から成虫を羽化させた。羽化した成虫の形態から亜種を同定した。

(3)3地域から採集されたメスの産卵場所選択実験

都市型と森林型の好む産卵場所が、3地域で異なるかどうかを調べるため、各地域で採集されたメスを利用して産卵場所選択実験を行った。各地で採集した幼虫を地域ごとにまとめて飼育し羽化させた後、地域集団内で交配、吸血させた。数日後、卵が成熟したメスを実験に利用した。プラスチックカップと木製カップをケージ内に置き、同量の水を入れた。このケージに先に卵を成熟させたメスを入れ、3日間、どちらの容器に産卵したかを確認し、産卵数を記録した。産卵した容器の種類と産卵数を、地域間で比較した。

4. 研究成果

(1)両亜種の発生状況と環境

シマカ属幼虫の採集された発生源は多岐に渡り、プラスチック容器、陶製容器、タイヤ、樹洞、植物の葉柄(バナナやクワズイモなど)から幼虫が採集された。シマカ属幼虫が発見された178個の発生源のうち(人工容器68%、自然容器32%)、141個の発生源(人

工容器 85.7%、自然容器 14.3%) からネットアイシマカが羽化した。発生したネットアイシマカ全体では 80%以上が Aaf であり、人工容器では 81.1%、自然容器では 88.4%が Aaf であった(図 1)。従って、西ケニアでは人工容器、自然容器に関わらず、Aaf の割合が高いと言える。この結果は、『Aaf が自然容器に多く、Aaa が人工容器に多い』というこれまでの定説とは異なる。

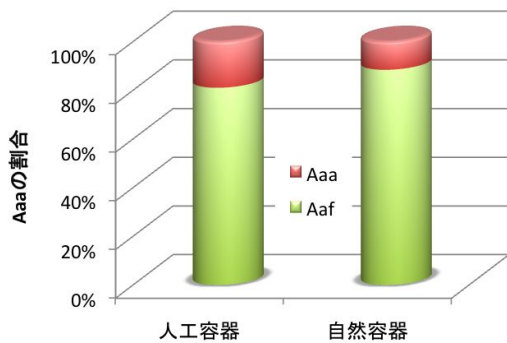


図1 容器ごとのAaaの発生割合

次に、都市部、中間環境、森林で亜種の割合を比較したところ、都市環境で有意に Aaa が多く、さらに家の密度が高いほど Aaa が多かった。これらの事から、従来言われていたとおり、都市部には Aaa が多く、森林環境には少ないように見えた。しかし実際は Aaf は 3 地域のどこからも同様の割合で発生しており、Aaa の発生頻度が中間環境、都市部と増加する事で、3つの環境の亜種構成は変わっていた(図 2)。また、人口密集地からの距離

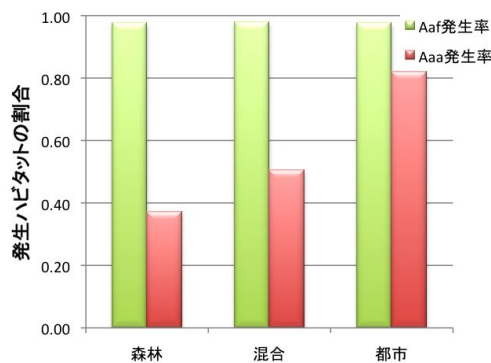


図2 地域ごとのAaa発生ハビタットの割合

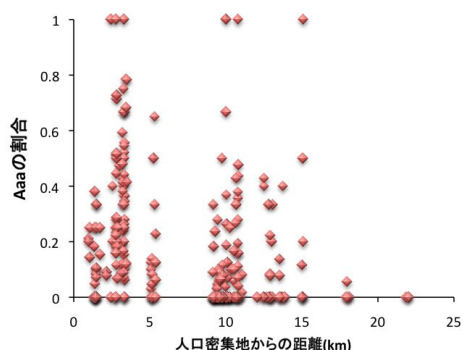


図3 人口密集地からの距離とAaaの発生割合

離と両亜種割合の関係を調べたところ、密集地からの距離が離れるほど、Aaa の割合が減少する事が示された。

さらにハビタット周辺の環境をインターネット上のデータバンクから取得し、地理情報システムを利用して解析したところ、人口密集地の近くであるほど Aaa の割合が高くなった。一方で、森林の存在は直接的には両亜種の割合に影響しなかった。これらの事から、『都市部に Aaa が多く、森林に Aaf が多い』というよりも、『Aaa は広く分布するが、Aaa は人口密集地に限定的に分布し、そこから離れるに従い減少する』と言える。Aaa はヒト嗜好性が高いというこれまでの説を裏付ける一方で、Aaf は都市、森林に関わらず分布していることは、本研究による新しい知見である。

水質については、Aaf は幅広い水質に生息していたが、Aaa はやや限定された水質で発生し、特に濁度、伝導率、色度は狭い範囲に収まった。濁度は Aaf で 0~2227 度、Aaa で 0.03~1667 度、伝導率は Aaf で 12.69~16583 μ S、Aaa で 23.53~3820 μ S、さらに色度は Aaf で 4.33~19400 度、Aaa で 7.17~15867 度であった。しかし、水質以外の要因(上記の環境要因の他、容器の種類やサイズなど)の影響が除かれた解析の結果では、溶存酸素量、濁度、色度、および pH が有意に両亜種の割合に関わる事が示された。色度の上昇に伴い Aaa の割合は減少し、溶存酸素量、濁度および pH の上昇は Aaa の割合を増加させた。これらの結果は Aaf と Aaa では異なった水質に適応している可能性を示唆する。それぞれの要因との関係を解釈するのは現時点では困難だが、色度および溶存酸素量との関係は、Aaa が微生物等の少ない環境に適応していることを示すのかもしれない。今後、実験室での操作実験を行うことで、Aaa と Aaf がどのように環境に適応しているかを明らかにする事が出来るだろう。

容器の種類に関わらず、Aaa は浅い容器でより多く発生していた。もともとネットアイシマカは少量の水源から発生するが、Aaa はさらに浅いハビタットが利用可能である事で、人家周辺の放置ゴミやビニール袋の表面に溜まった雨水からも発生しやすいのかもしれない。このような生態は、ヒトに依存した生息環境では有利に働くだろう。

(2)メスの産卵場所とその子の形質の関係、および子の形質のばらつきの調査

グラビッドトラップで採集されたメス 62 個体の内、22 個体のみが産卵した。得られた卵を孵化させ飼育したところ、成虫が得られたのは 9 個体のメスから得られた子のみであった。これらの子の形質を調べたところ、メス 1 個体が生む子には、Aaa の形質を持つ個体と Aaf の形質を持つ個体が混在しており、両亜種集団が遺伝的に分けられていない事が示された。Aaa と Aaf が混在している場合

のAaaの割合は3.3~75.0%と幅があり、ビタとキスムの間で差はなかった(図4)。また、産卵したメスを採集した容器はほとんどが人工容器であり、自然容器から発生したのは1個体のみだったので、容器間の比較はできなかった。

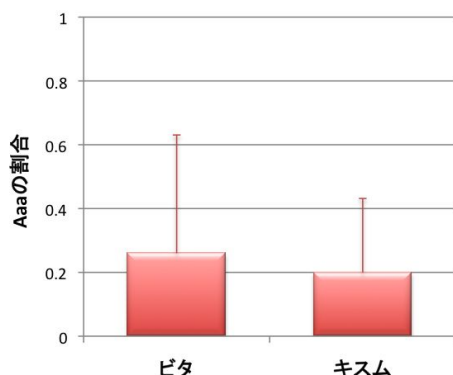


図4 一腹子のAaaの割合の地域間比較

羽化した全201個体内、性比はほぼ1:1であったが(オス50.2%)Aaaの形質を持つオスは1個体のみであった。メスのAaaの割合は44.6%で、同腹の子の形質のばらつきは、主にメスの形質がばらつく事で生じていた(図5)。

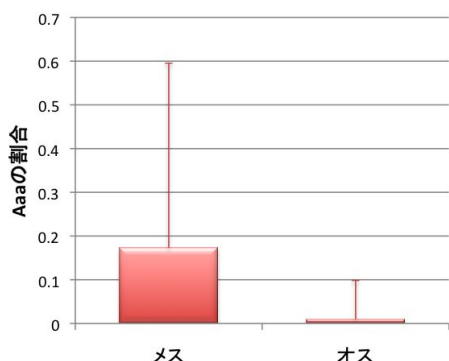


図5 一腹子のAaaの割合の雌雄間比較

同腹子にAaaとAafが混在している事は本研究による新しい知見である。また、これまで知られていた通り、メスの方がオスよりもAaaの割合が高いことも同腹内で示された。

(1)の環境要因の解析の結果から、亜種構成は容器タイプで同じである事が示されている。従って、亜種間に産卵容器に対する嗜好性はないと予想される。今後はサンプルサイズを増やして、引き続き検証する必要がある。

(3)3地域から採集されたメスの産卵場所選択実験

ビタ(中間環境)とキスム(都市環境)で採集した幼虫を羽化させ、産卵場所選択実験を行った。森林環境では十分な個体数が採れなかったため、実験は行っていない。

実験に供した234個体のメスのうち、キスムの人工容器由来のメス70個体とビタの人工容器由来のメス76個体が実験容器に産卵した。多くのメスは木製カップのみに産卵したが、一部は両方のカップに産卵

し、ビタ集団の1個体のみがプラスチックカップのみに産卵した(図6)。各容器に対する産卵嗜好性に明確な地域差はなかった。

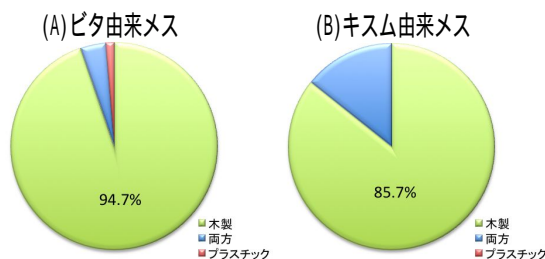


図6 産卵容器嗜好性実験

産卵メスのうち87個体の亜種を同定する事ができたため、各容器に対する産卵嗜好性を亜種間で比較したが、有意な差は認められなかった。

(4)まとめ

野外調査により、生息環境には亜種間で明確な差があり、Aafは広く分布するが、Aaaは人口密集地周辺にのみ限定的に分布することが示された。一方で野外調査、室内実験ともに、亜種間や地域間で産卵容器嗜好性に差がないことを示した。これらは従来言われていた生態とやや異なる。両亜種は、それぞれの環境に豊富にあるハビタットを利用していると考えられる。また、同腹子に両形態が認められる以上、亜種はすでに混じり合っている、あるいはもともと形態的差異で亜種を分ける事は出来ないことも考えられる。今後は吸血行動と形態が一致しているかどうかを明らかにしていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

Kyoko Futami, Peter Akweywa, Cassian Mwatele, Sammy Njenga, Noboru Minakawa, "Habitat Selection of Two Subspecies of *Aedes aegypti* in Western Kenya", Asia-Africa Research Forum on Emerging and Reemerging Infections (AARF) 2014. Sendai International Center (Miyagi prefecture, Sendai). 22-24 January, 2014.

二見 恭子, Gabriel Owino, Peter Lutiali, 「ネッタイシマカの発生場所と亜種構成」, 第64回日本衛生動物学会, 信州大学(長野県・上田)2012年3月29-31日

6. 研究組織

(1)研究代表者

二見 恭子 (FUTAMI, Kyoko)
長崎大学・熱帯医学研究所・助教
研究者番号: 30432983