

令和元年6月7日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07651

研究課題名(和文) アキアカネを利用したデング熱媒介蚊防除手法の開発

研究課題名(英文) Suppression of dengue vector-borne mosquito larvae populations using dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae)

研究代表者

神宮 寛 (Jinguji, Hiroshi)

宮城大学・食産業学群(部)・教授

研究者番号：10299779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：2014年に日本では162名のデング熱罹患者が確認された。気候変動とグローバル化に伴い、温帯地域である日本でもデング熱の流行のリスクが拡大している。本研究では、平時からデング熱媒介蚊を防除する技術として、アキアカネを利用した生物防除技術の開発を試みた。蚊の産卵を誘発するオビトラップにアキアカネ幼虫を放流することでヒトスジシマカ幼虫を制御することができた。アキアカネとノシメトンボ幼虫を放流したオビトラップでは、ポウフラの発生数がそれぞれ1.5個体と0.6個体となった。防除期間も41日と35日となった。本研究の成果は、アキアカネ幼虫とオビトラップがデング熱媒介蚊制御に有効であることを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

感染症媒介蚊に対して殺虫剤を用いた化学的防除やポウフラの発生する水たまりをなくす物理的防除は、それぞれ短所がある。例えば、化学的防除は散布後の人への健康被害である。物理的防除は管理労力の増大である。本研究成果は、この短所を補う防除手法として社会的意義がある。都市公園で行った実証研究では、ヒトスジシマカ成虫の発生数を抑制することが確認できた。アキアカネ幼虫とオビトラップを用いた防除方法は、安全性と簡便な防除方法として意義があるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop a method for using dragonflies as biocontrol agents for mosquito control. A field study was conducted to determine whether dragonfly larvae could suppress populations of *Ae. albopictus* larvae. Specifically, eighth instar larvae of *Sympetrum frequens* were released into an ovitrap in which they preyed upon mosquitos. Compared to the control treatment, mosquito larvae decreased significantly in ovitraps containing *S. frequens* and *S. infuscatum*. The mean number of mosquito larvae remaining in *S. frequens* and *S. infuscatum* ovitraps was 1.5 ± 4.6 (mean \pm SD) and 0.6 ± 1.1 , respectively. The results showed that *S. frequens* and *S. infuscatum* preyed on 410 to 710 and 339 to 592 mosquito larvae per ovitrap at each site. Suppression effects of *S. frequens* and *S. infuscatum* lasted 41 ± 13 and 35 ± 13 days, respectively. The obtained results suggest that *S. frequens* in ovitraps is effective for regulating larval populations of mosquito vectors.

研究分野：農業農村工学

キーワード：アキアカネ 生物的防除 デング熱 オビトラップ ヒトスジシマカ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水田は鳥類、魚類、両生類、昆虫類などの多様な生物が生息する場であると同時に、病気を媒介する蚊の生息場所でもある。世界の熱帯地域では、「水田 = 蚊の発生源」と捉えられ、蚊媒介病対策を講じた稲作が続けられている。日本では1940年代にヒトスジシマカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカを媒介とした Dengue 熱、日本脳炎、マラリアが大流行した。この時、主要な発生源である水田に有機リン系殺虫剤を散布することでボウフラの個体数制御に成功した。

現在、克服したはずの蚊媒介病が急速な勢いで広がっている。2014年8月27日、17都道府県で142人もの Dengue 熱罹患者が確認された。罹患者の確認は、約70年ぶりとなる。温暖化にともなう環境変化が進行する中、世界中で人や物の移動が可能となり、日本でも熱帯性病原菌の脅威が拡大している。若者や幼児が Dengue 熱に感染・重症化すると死に至る。しかし、ワクチンや効果的な治療法は存在しない。「蚊を制御し蚊に刺されない」ことだけが Dengue 熱に対抗する有効な手段である。

2. 研究の目的

申請者は、農業農村工学の立場から Dengue 熱感染者の減少に貢献することを目指した。具体的には、水田生態系を代表する赤とんぼ（アキアカネ幼虫）を利用し、Dengue 熱媒介蚊の個体数を抑制する手法を開発することを目的とした。

アキアカネ幼虫は、マラリアを媒介するシナハマダラカ幼虫の天敵となることが1980年代に実証されている（浦辺ら、1986a,b）。Dengue 熱を媒介するヒトスジシマカの発消長は、シナハマダラカと同様である。したがって、ヒトスジシマカもアキアカネの天敵であることが予想されるが、捕食実態を検証した研究はない。申請者の研究成果から、アキアカネ卵の孵化は斉一的であり、幼虫は成長過程で大量の餌資源を消費することが判明している。これがアキアカネの天敵としての評価が高い要因であり、複数種の蚊に対して捕食性を示すと考えられる。また、アキアカネ卵と幼虫は、保管と飼育が容易である。したがって、天敵として人為的な操作（野外への放流）が可能である。しかし、応用昆虫学的な実証研究は国内には存在しない。国外ではインドにおいて、ヒトスジシマカの個体数抑制を試みた研究がある。この研究では、熱帯魚のグッピーを天敵として用いている。そして、水田や都市域のボウフラの発生する水域にグッピーを放流し効果が認められている。しかし、外来種のグッピーが自然環境へ拡散する問題点が指摘されている。その点、本研究で用いるアカネ属幼虫は、在来種なので自然環境に放流しても問題ない。そして、羽化時期に成虫となって水域から離れるので、成虫個体数を増やすことにつながる。

3. 研究の方法

(1) 仙台市内のヒトスジシマカの季節的消長の把握 ヒトスジシマカの季節的消長を把握する目的で、オビトラップを用いた産卵数調査を実施した。オビトラップとは、蚊の産卵場所となる人工容器をいう。容器は透明な円筒状のプラスチック製であり、大きさは高さ8.5cm、口径6cmとなっている。この内部に黒色画用紙を円筒状に装着し、活性炭濾過した水道水300ccと産卵板を入れた。産卵板はベニヤ板（3cm×12cm、厚さ3mm）を用いた。

ヒトスジシマカなどのヤブカ属の蚊は、この産卵板に卵を産み付ける。この産卵板を1週間ごとに交換した。そして回収した産卵板の付着卵数を実体顕微鏡を用いて数えた。その後、産卵板を水の入ったプラスチックトレーに浸し、4齢幼虫あるいは成虫まで飼育し、種類を同定した。

(2) オビトラップの設置場所 設置場所は、宮城大学太白キャンパス内（仙台市太白区旗立）とした。宮城大学太白キャンパスは宮城県内陸部に位置し、標高126mで太白山のふもとにある。大学周辺は住宅地であり、大学構内には圃場や山林、畜舎が存在する。予備調査として行ったオビトラップ調査で、蚊の産卵数が多い場所を学内に5か所選定した。いずれの設置場所も学生の通行が多い個所あるいはその付近である。それぞれの設置場所にオビトラップを3つ

設置した。設置期間は2015年6月3日から2015年11月5日までとした。

(3) アキアカネを用いたボウフラ捕食能力の推定 アキアカネ幼虫のボウフラ駆除効果を検証する目的で、オビトラップを用いた実験を行った。この実験では、オビトラップ内にアキアカネ幼虫を投入し、その後のボウフラ発生数を数えた。化学的防除方法と比較するために、昆虫成長制御剤(脱皮阻害剤)を入れたオビトラップも用意した。ボウフラを捕食するトンボ類の幼虫には、アキアカネに加えノシメトンボ幼虫も用いた。両種の卵は、2015年9月から10月にかけて採取し、実験室内で飼育した。この卵を5月上旬に孵化させ、9齢幼虫まで飼育した個体を供試個体として用いた。

(4) ヤゴの捕食能力の推定方法

ヤゴの捕食能力を推定するために、以下の4つの条件のオビトラップを用意した。

アキアカネ9齢幼虫1個体投入

ノシメトンボ9齢幼虫1個体投入

昆虫成長制御剤投入

コントロール

アキアカネとノシメトンボ9齢幼虫は、オビトラップ容器と同じ条件下で24時間の順化を行ってから用いた。昆虫成長制御剤は、ピリプロキシフェンを有効成分とする発砲錠を用いた。この昆虫成長制御剤を活性炭濾過した水道水に溶かし0.015ppm濃度の水溶液を作成した。この溶液を各オビトラップに300cc入れた。なお、上記の4条件のトラップ内の溶液に対して、蒸発などにより不足した量は、10日毎に注水した。この4条件×3反復のオビトラップを大学内の5か所に設置した。オビトラップは合計で60個用いた。実験は2015年7月8日から開始し、1週間ごとにすべてのオビトラップ内のボウフラと蛹の数を数えた。ボウフラの計測にあたっては、容器内の水をスポイトで100cc採取し、これをバットに空けてボウフラの齢数と個体数を数えた。蛹の数は、容器内に生息する個体を目視で確認して採取し、個体数を数えた。計測の終わったボウフラおよび蛹は、再びオビトラップに戻した。

(5) 都市公園に設置したオビトラップとアキアカネ幼虫

仙台市の榴岡公園内にアキアカネ幼虫を放流したオビトラップを設置した。オビトラップは直径7.5cm×高さ10cmのプラスチック容器の内部に黒画用紙を巻き、活性炭濾過した水道水450ccと産卵板を挿入したものである。産卵板はベニヤ板(3cm×12cm、厚さ3mm)を用いた。オビトラップ1個に対してアキアカネ幼虫4齢を1個体放流した。アキアカネ幼虫は、前年に人口採卵した卵を5月まで人工気象器内で保管し、人工的に孵化させ4例幼虫まで飼育した。

仙台市は平成27年~29年の3年間、市内の公園を対象にヒスジシマカ成虫個体の発生調査を行った。この調査結果から、榴岡公園が他の公園と比べ常にヒトスジシマ雌個体の発生数が多いことから、本研究での調査対象地に設定した。

オビトラップの設置場所は、現地踏査に基づき蚊の産卵しやすい日陰や風速の強くない場所等の条件に適した場所とした。設置にあたり、榴岡公園内を航空写真により50m×50mセルに区分けした。オビトラップを設置する場所は上空から見て左側に11セル、対照区としてオビトラップを設置しない11セル(右側)を選定した。オビトラップを設置したセルには、1セルあたり2個のオビトラップを設置した。なお、ヒトスジシマカの動態がその周辺環境に依存しているものではなく、オビトラップによる生物的防除の効果であることを立証するため、オビトラップ設置区と対照区の入替えを実施した。オビトラップの設置期間は、期:2017年5月23日~7月18日、期:2017年7月19日~8月22日とした。期と期でオビトラップ設置区と対照区を入れ替えた。

(6) 蚊成虫の採集

蚊の捕集方法は、8分間の人囿法を採用した。人囿法とは、オビトラップ設置範囲1m内で近寄ってきた蚊を捕獲する方法である。人囿法の実施時間は、9:00-10:00、16:00-17:00とした。捕獲した蚊は研究室に持ち帰り、冷凍保存後、個体数とともに雌雄と種の判別を行った。さらに、ヒトスジシマカの産卵数調査を実施した。ヒトスジシマカは、産卵板に卵を産み付ける。この産卵板を1週間ごとに交換した。そして回収した産卵板に付着した卵数を実体顕微鏡を使用して数えた。また、前期と後期の調査終了後にオビトラップ内の黒画用紙に付着した卵数も数えた。

4. 研究成果

(1) 蚊の産卵数の推移 設置場所によって産卵数に違いがみられたが、産卵数の動態は同じ傾向を示した。すなわち、6月上旬にはすでに産卵が行われ、7月8日から8月12日にかけて産卵数のピークを迎えていた。設置場所ごとの産卵数の最大値は、166(7月8日)、203(7月22日)、221(7月22日)、340(7月15日)、371(7月15日)を示した。9月に入って産卵数は減少するが、9月16日に産卵数が再び増加し10月28日まで50個体以下の産卵が行われていた。

(2) 蚊の種構成 宮城大学太白キャンパス内に設置したオビトラップから採集した卵の種構成を示した。なお、種構成は、回収した卵のうち4齢幼虫または成虫まで成育させ同定できた個体を示している。その結果、蚊の種類は、ヤマトヤブカ、ヒトスジシマカおよびキンパラナガハシカの3種となった。個体数(割合)の多い順にヤマトヤブカが4064(83%)、次いでヒトスジシマカが502(10%)、キンパラナガハシカの234(5%)を示した。いずれの種も小さな水たまりなどを生息地としている種である。

(3) アキアカネを用いたボウフラ捕食能力の推定

ボウフラの発生数 コントロールと昆虫成長阻害剤の入ったオビトラップ内のボウフラ発生数の動態を示した。両条件とも実験開始の1週間後からボウフラが確認された。成長阻害剤を使用したオビトラップでは、コントロールと同様に蛹が確認された。これは、降雨の影響を受けて薬剤成分が希釈され、4齢から蛹に変態することを阻害する薬剤成分の効果が発現しなかったことを示している。一方、アキアカネとノシメトンボを投入したオビトラップでは、実験開始1週間後からヤゴが生存している間、ボウフラは全く確認されなかった。これは、ヤゴによってボウフラが捕食されたことが理由と考えられる。

ヤゴによる駆除の有効期間 ヤゴを投入したオビトラップ内ではボウフラの発生は全く確認されなかったが、効果の持続期間は種によって異なった。効果の持続期間は、ヤゴの生存期間あるいは羽化するまでの期間と考えることができる。実験の結果、オビトラップ内のヤゴ2種の平均生存日数は、アキアカネで41.3日 \pm 12.6($N=15$)、ノシメトンボでは35.3日 \pm 12.9($N=15$)を示した。アキアカネとノシメトンボ幼虫が斃死するまでにオビトラップ内に産み付けられた蚊の卵数は、それぞれ平均値で725個と456個となった。以上のことから、アキアカネ幼虫はノシメトンボ幼虫に比べて生存日数が6日間長く、ボウフラ駆除の効果の発現期間が長といえる。また、駆除できる幼虫数もノシメトンボに比べて多いと推察される。なお、今回の実験では羽化に至る個体はなく、すべてがオビトラップ内で斃死した。斃死の理由は、えさ不足によるものと考えている。

(4) 採集したヒトスジシマカ成虫数

ヒトスジシマカの発生は、一般に5月頃から10月下旬であり、15℃以上で行動を開始する。今回、研究を行った榴岡公園でも6月上旬から気温の上昇とともに、蚊の活動が活発になって

いくことが観察できた。特に最低気温が 20 以上の場合、より多くの蚊が発生する傾向となった。8 分間人囿法によるヒトスジシマカ成虫捕獲数はオビトラップ設置区と対照区の合計で 1278 個体、そのうち雌個体は 64%を占めた(図 3)。アキアカネ幼虫をオビトラップに放流した生物的防除効果の実験結果から、人囿法によるヒトスジシマカの平均捕集数は 1 期において設置区で 2.8 個体、対照区で 4.4 個体を示した。2 期は設置区で 7.1 個体、対照区で 21.9 個体を示した。オビトラップの設置により、蚊の生息数が減少したと推察される。

(5)オビトラップ内の産卵数と平均防除日数

設置したトラップ内に付着したヒトスジシマカの卵を調べた結果、トラップ 22 個(11 セル×2)の産卵数は平均 135 ± 30 卵(1 期)であった。産卵板の回収時にトラップ内のボウフラ発生状況を確認した結果、ヤゴが生存しているトラップではボウフラの発生は認められなかった。したがって、アキアカネ幼虫がトラップ内の卵から孵化したボウフラを捕食したことにより、成虫数が減少したと推察される。

2 期で用いたアキアカネ幼虫の平均持続効果日数は、 43 ± 16 日間(N=22)を示した。最短で 16 日間で斃死する個体が存在し、設置場所によりヤゴの生存期間に違いが認められた。これは設置場所によって効果の持続性が異なることを示している。トラップの設置場所による効果の持続日数が異なる要因は、今後検証する予定である。オビトラップを用いた蚊の駆除では、アキアカネ幼虫の生存日数を安定させることが重要となる。

<引用文献>

浦辺健一，池本孝也，会田忠次郎．水田におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する天敵としての役割に関する研究 2．実験室内における捕食能力．衛星動物 37.1986．213-220．

浦辺健一，池本孝也，武井伸一，会田忠次郎．水田におけるアキアカネ幼虫のシナハマダラカ幼虫に対する天敵としての役割に関する研究．水田内における捕食率の推定．日本応用動物昆虫学会誌 30.1986．129 - 135．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 神宮字寛. 都市公園を対象としたヒトスジシマカ駆除技術の実証的研究. 公衆衛生情報みやぎ. 査読無し. 483. 2018. 24-27.

2. 神宮字寛. アキアカネを利用した Dengue 熱媒介蚊の駆除手法の開発. 公衆衛生情報みやぎ. 査読無し. 460. 2016. 30-34.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。