

今どきなぜ東京にデング熱が

国立感染症研究所昆虫医科学部 小林 睦生

はじめに

ヒトスジシマカはデング熱やチクングニアの重要な媒介蚊である。もともと東南アジアを起源とするヤブカで、九州以北に分布するヒトスジシマカは卵のステージで越冬することができる。ヒトスジシマカがいつの時代に我が国に侵入したかは明らかでないが、明治時代にはすでに分布していたと考えられている。ヒトスジシマカは種々の環境に適応する能力に優れ、吸血源動物も、爬虫類から鳥類、人を含む哺乳動物と幅広い。新たに侵入した地域の年平均気温が11℃以上で、幼虫の発生源である人工的な容器が存在し、吸血源となる動物が周辺に生息していれば容易に定着することができる。近年の物資の大量輸送、特に、古タイヤの輸出入によって米国、中南米、オセアニア、ヨーロッパ等に分布が広がっている。米国では1984年にヒューストンで始めて確認されたが、その後生息域を米国の北東部に拡大し、25州911郡に定着が確認されている。

1. ヒトスジシマカの分布と気象条件

ヒトスジシマカの分布がどのような気象条件と関係するのか種々の角度から解析を試みた。最寒月(1月または2月)の月平均気温が0℃以下になる地域では分布が認められないとの説があったが、札幌、北上、立山(美女平)などの冬期の最低気温が-2~-15℃になる地域でヒトスジシマカの卵を野外に放置し、翌春に回収して孵化率を調べた実験では、回収された卵の生存率は80%以上を示した(Hanson, 1995)。一方、東北地方での蚊の分布調査の結果をもとに、1 km メッシュ気候値を用いて、東北地方の年平均気温(10~12℃の範囲)の分布を地図上に示し、実際の蚊の分布地図と比較した(Nihei & Kobayashi, 2001)。その結果、分布が確認された地域の年平均気温は11.0℃以上で、それ以下の地域では確認されることがメッシュ気候図を用いた解析によって明らかになった(Kobayashi *et al.*, 2002)。年平均

気温11℃以上の条件とヒトスジシマカの分布との因果関係は明かでないが、年平均気温が高いとその地域での1年間の世代数が増加することが示唆された。地球規模での温暖化が進行し、平均気温が2~3℃上昇した場合を想定し、MIROC (K-1)のシナリオを用いて2035年、2100年の温度分布の予測を行ったところ、2035年には青森県の平地すべてにヒトスジシマカの分布が可能なこと、2100年には北海道南端部から札幌にかけて同蚊が侵入・定着する可能性が示された(Kobayashi *et al.*, 2008)。年平均気温11℃以上の条件がヒトスジシマカの分布に関係するとの仮説は、2009年に出版されたヨーロッパCDCの「Development of *Aedes albopictus* risk Maps」によって検証され、ヨーロッパおよび米国での現在のヒトスジシマカの分布地域の98%以上が同様の気象条件であることが示された。

2. ヒトスジシマカが関わるデング熱の世界的な流行状況

デング熱は東南アジア、中南米、南太平洋諸国を中心に毎年のように流行が起こっている。この場合の媒介蚊は主にネッタイシマカ (*Aedes aegypti*) である。しかし、第二次世界大戦中(1942年)に大阪、神戸、長崎などの軍港を中心に流行したデング熱では20万人以上の患者が発生したと言われており(堀田, 1998)、媒介蚊はヒトスジシマカであった。ハワイ(2001-2002年)でも同蚊が関係するデング熱の流行が起こり、約120人の患者が報告された。2014年に中国の広州市周辺でデング熱の大きな流行が起こっており、患者がすでに4万人を超えている。この流行もヒトスジシマカが媒介している。

台湾では2002年には台湾南部で5,000人を超すデング熱患者が発生したが、2014年は既に1万3千人を超す多くの患者が発生している。台湾南部での媒介蚊はネッタイシマカである。世界的には、大きなデング熱の流行はネッタイシマカが媒介して起こっており、媒介能力もネッタイシマカがヒトスジシマカより高いと考えられてきた。しかし、広州、日本でのデング熱の流行を考えると、ヒトスジシマカも重要な媒介蚊となっている。ウイルスまたは媒介蚊に何等かの変異が起こった可能性も考えられ、今後の解明すべき大きな課題である。

我が国でのデング熱・デング出血熱の輸入症例は、2009年まではほぼ100人以下を推移していたが、2010年に急激に増加し、244人が報告された。その後、2011年は113人であったが、それ以降200人以上を示し、輸入症例の急激な増加が報告されている。患者の渡航先はイン

ドネシア、フィリピン、タイ、インドの順に多く、現地での流行状況がある程度輸入症例の報告数に反映されていると考えられる。

3. 2013年に来日したドイツ人のデング熱症例

51歳のドイツ人女性が日本への旅行から帰国後、2013年9月9日にベルリンの病院を受診した。患者は9月3日以降40度の発熱と吐き気があり、その後発疹が認められた。患者のフライトはフランクフルト国際空港から成田国際空港への直行便で、帰国時も同様のルートであった。臨床症状からデングが疑われ、発病後7日目に採取された血清は、デングウイルスに対するIgMとIgG抗体が間接蛍光抗体法で陽性であった。また、デングウイルスのNS1抗原もELISA法で陽性を示し、急性期のデング熱であると診断された。一部の専門家は当初、患者が利用した飛行機がどこかの時点でデング熱の流行地に立ち寄り、その時に感染蚊が飛行機内に侵入した特異な例ではないかと考えた。しかし、航空会社から入手した飛行記録では、過去数週間にデング熱流行国の飛行場に立ち寄った記録はなく、もっぱら成田とフランクフルトを往復していたことが明らかとなった。筆者は、ここ数年の輸入症例数の急激な増加傾向、デング熱が流行している諸外国からの観光客の増加、都市部でのヒトスジシマカの生息密度の異常な高さから、デング熱の国内感染がすでに起こっている可能性を指摘していた。しかし、日本人が高熱を発生し病院を受診した場合、海外渡航歴の有無を確認した医師はデング熱の可能性を否定することになる。このようなことが今までにいろいろな医療機関で起こっていたのではな

今どきなぜ東京にデング熱が

いだろうか。ドイツの医療機関では、ある意味でごく当然にデング熱の可能性を考えたと思像される。急ぎよドイツ人が訪れた5か所の都市でのヒトスジシマカの生息密度に関して、可能な限りCDCトラップおよび8分間人囮法による捕集結果をまとめた。結果として、どの地域もヒトスジシマカの生息密度は高く、京都の寺院での人囮法では8分間で平均15頭を越す蚊が捕集されていることが明らかとなった(図1)(Kobayashi *et al.* 2014)。また、訪問先の5都市の年平均気温は、ヒトスジシマカがより安定した分布を可能にする温度条件である年平均気温が12℃以上であった。

2014年の東京で起こったデング熱の流行において、このドイツ人の症例は非常に重要な意味を持っており、医療関係者の頭の中に、日本においてもデング熱に感染する可能性があるとの事実がインプットされたと思われる。

4. 2014年都内の公園を中心に流行したデング熱



(膝から下の部分を飛び回る場合が多い)

図1 8分間人囮法によるヒトスジシマカの生息密度調査

2014年8月27日及び28日、国内でデング熱に感染したと考えられた症例3例が厚生労働省に報告された。感染の可能性のある共通した訪問場所は代々木公園であった。その後9月5日までに計66例が確認されている。これらの症例は、すべて海外渡航歴がなく、北海道、青森県、茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、大阪府、愛媛県に居住している。また、66例全員が東京都渋谷区の都立代々木公園及びその周辺への訪問歴があった。最初の患者は、代々木公園の渋谷門近くでダンスの練習をしており、そこで蚊に刺されたと考えられた。東京都は8月28日に急遽代々木公園の渋谷門周辺での殺虫剤による成虫防除を行うことを決定し、東京都ペストコントロール協会に防除を依頼した。デング熱の感染が疑われた場所でのヒトスジシマカの密度を急遽調べるため、東京都の許可をもらい、散布直前の現地で8分間人囮法によって12か所の調査を行った。その結果、平均捕集数は2.9頭であったが、捕集場所によっては密度が高い場所も存在した。防除対象地域は、感染推定場所を中心に75mの範囲に限定して行われた。その後、東京都の調査で、ウイルスを保有するヒトスジシマカが公園内の広範な場所で見つかったことから、防除対象地域を選定する目的で、公園全体での媒介蚊の生息密度の調査が国立感染症研究所昆虫医科学部によって行われた。その結果、平均捕集数は10頭を越え、ある場所では50頭を越す地点も確認された。結果として、公園全体でヒトスジシマカの密度が相当高いことが明らかとなった。今までいろいろな地域でヒトスジシマカの密度調査を行っているが、8分間で捕集数が10頭を越す密度は京都、西宮、大阪、

横浜、川崎、上田などいろいろな地域で確認されており、調査地点によっては媒介蚊の密度が相当高い。これは、公園、道路、公共施設、神社仏閣等の管理者である自治体が蚊の生息調査および防除対策をほとんど何も行っていないことと関係している。公園内の道路、市道、区道、都道、国道などそれぞれ管理者が異なるが、道路側溝に多数存在する雨水ますには、高率に蚊の幼虫が発生しており、ヒトスジシマカおよびアカイエカの格好な幼虫発生源となっている。

その後、デング熱の患者数は急激に増加し、10月中旬に160名に達した。患者の多くが代々木公園を訪問しているが、少数の患者は数キロ離れた新宿中央公園、神宮外苑、隅田公園、目黒公園など代々木公園以外で感染した患者が存在する。なぜ感染蚊が数キロ離れた場所に生息していたのか不明であるが、少なくともヒトスジシマカの飛翔行動では説明できない。代々木公園で感染した人が、潜伏期間の後半から発症後に別の公園を訪れ、その場所で蚊に刺されたとしか考えられない。都内の公園間を移動するある種の集団の関与が強く疑われているが、詳細は今後の血清疫学的な解析などの結果を待たねばならない。代々木公園で感染した患者から検出されたウイルスはすべてI型のデングウイルスで、遺伝子解析の結果すべてウイルスの配列がほぼ一致した。しかし、静岡県患者からは遺伝的に明らかに異なるI型のデングウイルスが検出されたことから、異なる感染者由来の2種類のウイルスが同時期に我が国で活動していたこととなる。

10月1日に兵庫県西宮市でデング熱の患者の発生が報告された。ウイルスの遺伝子解析の結果から代々木公園のウイルスと同じ配列が

確認され、国内で感染したことが明らかとなった。本人は代々木公園を訪れておらず、東京にも行っていなかった。なぜ、代々木公園と同じウイルスをもった蚊が兵庫県の西宮市に生息していたのだろうか？ 代々木公園と同じウイルスに感染した患者が西宮に居住しているか、一時的に市内に滞在し、ヒトスジシマカに刺され感染蚊が生産されたと考えられ、二次感染の貴重な症例となった。市の環境衛生課は患者が蚊に刺された患者居住地周辺でウイルスを持った蚊を防除するために、周辺住民へ防除作業に関して丁寧な説明を行い、防除対象地区での媒介蚊の生息密度の調査を行い、その後ピレスロイド系の殺虫剤による成虫防除を行った。また、散布前に捕集された69頭の蚊からのウイルス検出を兵庫県立健康生活科学研究所に依頼したが、迅速検査の結果全て陰性であった。我々は過去10年間ほどヒトスジシマカの調査、防除に関して基本的な調査研究を西宮市と共同で行ってきたが、このような経験が今回のデング熱患者の発生日例に生かされたと考えられる。地方都市においても、平常時から蚊媒介性感染症の対策を意識して媒介蚊の調査、防除を実施することの重要性が再確認された。

5. 媒介蚊の密度調査の重要性

蚊の生息密度を調査する方法は、幼虫では発生源の水を柄杓で掬い取り、幼虫の有無や採集数を数える方法がある。雨水ますの場合、理想的には4隅から幼虫を採集するが、柄杓で掬うと幼虫が水底に潜り込むので、数分間待つて採集を繰り返す必要がある。

成虫に関しては、種々のトラップで捕集する方法があるが、蚊の種類によっては、ほとん

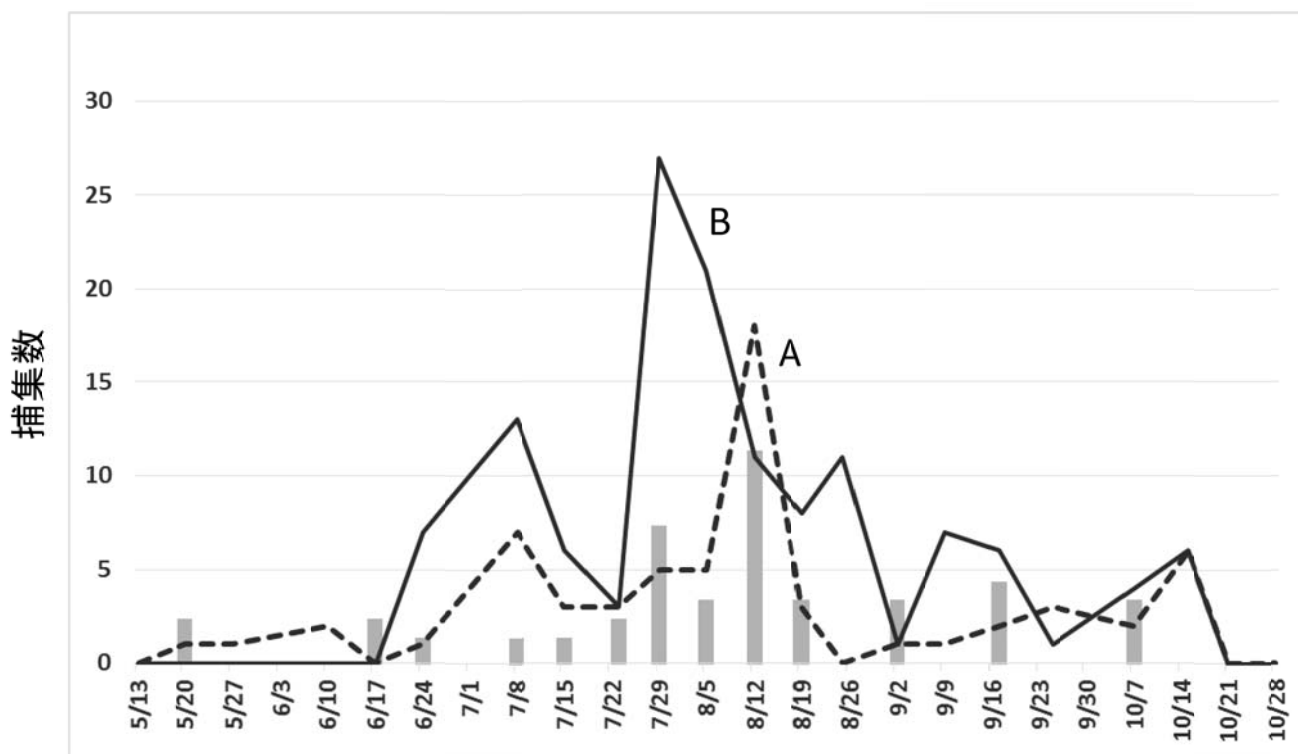
今どきなせ東京にデング熱が

ど捕集されない場合がある。たとえば、CDCトラップでは、ハマダラカ類やトウゴウヤブカはほとんど捕集されない。また、ヤブカ類も、捕集効率が低いと考えられている。一方、アカイエカやコガタアカイエカなどのイエカ類はCDCトラップで多数捕集されることが知られている。ヒトスジシマカの成虫密度を評価する場合、CDCトラップより捕虫網を用い、8分間吸血飛来してくる蚊を捕集する人囀法(図1)の方が効率が良いと言われている。兵庫県西宮市で行ったトラップ法と人囀法の捕集数の比較では、19公園で5月から10月まで週1回行った(総計22回)。その結果、明らかに人囀法の捕集数がトラップの捕集数より多い傾向が認められた(図2)。また、トラップでの捕集数が0の週でも人囀法では捕集される頻度が高く、媒介蚊の密度が低い場合には特に人囀法

の捕集数が多い傾向があり、ヒトスジシマカの生息密度調査にCDCトラップは適さないと考えている。また、デング熱の患者が確認され、防除対象地域の特定のために緊急に媒介蚊の密度を調べる場合、1か所8分間で調査が完了する人囀法の効率が良く、異なった地点を数人で一斉に行った場合には、半日程度で相当広い公園の調査が可能となる。

6. まとめ

近年の地球規模での温暖化傾向は、我が国の疾病媒介蚊の分布域を明らかに拡大させており、一部の地域での媒介蚊の密度を上昇させている可能性がある。また、近年の夏期の異常な高温がヒトスジシマカ体内でのウイルスの増殖活性を高めた可能性がある。実際、ウイルスを感染させた蚊を種々の温度(26～



A, B:人囀法(2地点) ■、CDCトラップ

図2 8分間人囀法とCDCトラップによるヒトスジシマカの捕集数の比較

32℃)で飼育した場合、高温の方がウイルスの増殖が早く起こり、ウイルスのタイター(量)も高いことが知られている(図3)。7月中旬から8月下旬にかけての我が国の異常な高温がデング熱の流行に関係している可能性は否定できない。

2013年8月に、日本で感染したドイツ人のデング熱患者の発生は、媒介蚊対策に問題意識の低い行政関係者に警鐘を鳴らした。今年、東京を中心にデング熱が流行した背景を考察すると、2010年以降急激にデング熱の輸入症例数が増加しており、デング熱の流行地を含む諸外国からの観光客が年間1千万人を超した。また、場所によって媒介蚊の生息密度が異常に高く、夏季の異常高温などの頻度が高いなどの条件が整っていたと考えるべきである。

ヒトスジシマカの生息密度を8分間人囀法を用いて台湾(台北)、シンガポールの公園で調べたことがあるが、日本の公園の方がはるかに高い生息密度であった。来年以降もデング熱の国内感染が起こる可能性は否定できない。

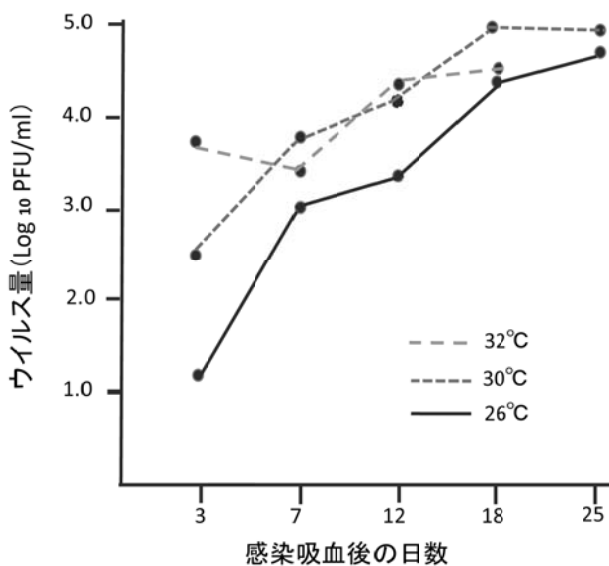


図3 異なる温度で飼育されたデングウイルス感染ネッタイシマカのウイルス増殖パターン

今後、ウイルス学の分野で明らかにすべきことは、軽症の患者や不顕性感染のデング熱感染者の血液にどの程度のウイルスが出現してくるかである。特別な症状が出現しない患者にもある程度の濃度でウイルスが出現するのであれば、2次感染、3次感染の可能性を防ぐことは非常に困難である。このような意味で、平常時から媒介蚊の生息密度を低く保つことが重要で、特に公園、神社・仏閣、学校などの公共施設、道路に存在する雨水ます等の幼虫防除対策を継続して行うことが強く望まれる。

デング熱ウイルスとは異なるが、2005～2006年にインド洋島嶼国、東南アジア、インドなどで大きな流行を起こしたチクングニア(chikungunya)が2013～2014年にカリブ海諸国で流行しており、推定患者数は80万人を超えている。このウイルスにはヒトスジシマカにより適応したウイルス変異株の存在が報告されており、ヒトスジシマカ体内での増殖が他のウイルスより早く起こることが知られており、今後デング熱と同様に注意が必要である。

7. 参考文献

Hanson, S. M. (1995) Field overwinter survivorship of *Aedes albopictus* eggs in Japan. *J. Am. Mosq. Cont. Associ.* 11 (3) :354-357

堀田 進(1998) デング熱媒介蚊に関する一考察:1942～1944年の日本内地のデング熱流行におけるヒトスジシマカ *Aedes albopictus* およびネッタイシマカ *Aedes aegypti* の意義について. *衛生動物* 49:267-274

Kurihara, T., Kobayashi, M. and Kosone,

今どきなぜ東京にデング熱が

T. (1997) The northward expansion of *Aedes albopictus* distribution in Japan. Med. Entomol. Zool. 48:73-77.

Kobayashi, M., Nihei, N. & Kurihara, T. (2002) Analysis of northern distribution of *Aedes albopictus* (Diptera:Culicidae) in Japan by geographical information system. Med. Entomol. 39 (1) :4-11.

Nihei, N. and Kobayashi, M. (2001) Application of GIS/RS for the analysis of the distribution of *Aedes albopictus* mosquito, a vector of dengue fever. Symposium Asia GIS 2001 7. (CD-ROM).

Kobayashi, M., Komagata, O. & Nihei N. (2008) Global warming and vector-borne infectious diseases. J. Dis. Res. 3 (2) :105-112.

Takasaki, T. (2011) Imported dengue fever/

dengue hemorrhagic fever cases in Japan. Trop. Med. Health. 39:13-15.

Schmidt-Chanasit, J., Emmerich, P., Tape, D., Gunther, S., Schmidet, S., Wolaff D. *et al.* (2014) Autochthonous dengue virus infection in Japan imported into Germany, September 2013. Euro Surveill. 19, pii:20681.

Kobayashi, M., Komagata, O., Yonejima, M., Maekawa, Y., Hirabayashi, K., Hayashi, T., Nihei, N., Yoshida, M., Tsuda, Y. and Sawabe, K. (2014) Retrospective search for dengue vector mosquito *Aedes albopictus* in areas visited by a German traveler who contracted dengue in Japan. Int. J. Inf. Dis., 26:135-137.

小林睦生 (2014) 2014年に突然流行したデング熱—媒介対策の重要性、生活と環境、59 (11) :44-48.

