

第44回日本小児感染症学会教育講演

地球温暖化と熱帯感染症*

橋爪真弘**

はじめに

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の最新の報告によると、陸域と海上を合わせた世界の平均地上気温は、過去約 130 年の間に 0.85°C 上昇した。今後、温室効果ガスの排出が最も多いシナリオ通りになった場合、今世紀末には気温が平均 3.7°C (可能性の高い範囲 2.6~4.8°C) 上昇するとされた¹⁾(図)。

また地球温暖化の進行に伴い、地域によって熱波や大雨、干ばつなどの異常気象の頻度または強度が増すと予測されている。地球温暖化により、暑さによる直接的健康影響 (熱中症や熱ストレスによる死亡など) の他に節足動物媒介感染症 (マラリア、デング熱など) や水系 (水媒介性) および食物媒介性などの感染症による健康影響が生じる可能性がある。本稿では熱帯地域を中心に罹患患者数が多く、健康負荷の大きいマラリア、デング熱、コレラおよびその他の下痢症について、これまでの知見を基に温暖化影響の可能性について述べる。

1. マラリア

マラリアは世界で年間約 2 億 1,000 万人が罹患し、63 万人が死亡する最も重要な感染症の一つである²⁾。マラリアを媒介するハマダラカが生息するためには最低気温が一定以上であることが必要

であり、そのため世界のマラリア分布は、社会インフラが整備された地域を除き、気候条件によってほぼ規定されている。温暖化により冬の気温が上昇すると、マラリア流行地域の辺縁地域でハマダラカが生息できるようになり、マラリア流行地域が拡大する可能性がある。マラリアの低流行地域であった東アフリカ高地では、1990 年代にマラリアが大流行するようになった^{3,4)}。これは温暖化によりハマダラカの生息域が拡大したことが一因と考えられている (マラリア原虫の薬剤耐性や土地利用変化、流行地域との間の人口移動、インド洋の大気海洋現象による影響などの可能性も議論されている)⁵⁾。またエルニーニョ現象により南アジアや南米、アフリカではマラリア流行のリスクが高まることが明らかとなっている⁶⁾。

将来の温暖化予測に基づいて数理モデルを用いた研究では、2080 年には世界の総人口 80 億人のうち 2 億 6,000 万~3 億 2,000 万人がマラリア流行地域に居住すると推定されている。これは現在に比べてマラリア感染のリスクがある人口が 2~4% 増加することを意味する⁷⁾。別の研究では、現在マラリアが流行する多くの途上国、特にサハラ砂漠以南アフリカでは、温暖化により 2100 年までにマラリアのリスク人口が 5~7% 増加し、その多くは現在非流行地域である高地であると予測されている⁸⁾。また現在マラリアの流行する多くの地域で流行期間が長くなり、媒介蚊と接触する機

* Climate change and tropical infectious diseases

Key words : 地球温暖化, 気候変動, 熱帯感染症, 適応策

** 長崎大学熱帯医学研究所小児感染症学分野 Masahiro Hashizume
[〒 852-8523 長崎市坂本 1-12-4]

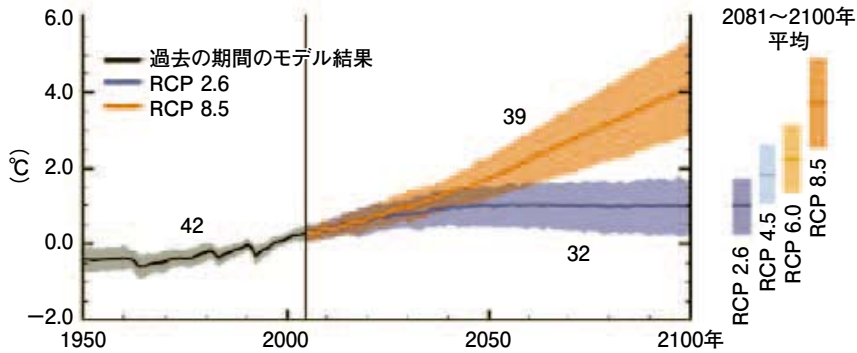


図 世界平均地上気温の変化 (1986~2005 年平均からの偏差)

RCP2.6 (青) と RCP8.5 (赤) は代表的濃度経路 (RCP) という大気中の温室効果ガス濃度に対応した排出シナリオに基づく。RCP に続く数値が大きいほど 2100 年における温暖化効果大きい。予測と不確実性の幅 (陰影) を示す。黒 (と灰色の陰影) はモデルにより再現した過去の推移。図右側色つきの縦棒は 2081~2100 年における平均値と不確実性の幅を各シナリオについて示す。数値は、マルチモデル平均を算出するために使用した CMIP5 という新しい気候モデルシミュレーションのモデルの数を示す。(IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 気候変動 2013: 自然科学的根拠 政策決定者向け要約 気象庁暫定訳 (2013 年 10 月 17 日版) より引用)

会が増えるとの予想もある。一方、西アフリカ地域ではマラリア流行は降雨量の変化の影響が大きく、同地域においては将来的な温暖化によってそれほどマラリアは増えないだろうと予測する研究もある⁹⁾。また、マラリア制圧策が導入される以前の 1900 年頃と比べると、この 100 年間で平均気温が上昇しているにもかかわらず、熱帯熱マラリアの流行地域と患者数は減少しており、温暖化による影響は経済成長やマラリア制圧活動の効果に比べて非常に小さいという指摘もある¹⁰⁾。社会インフラが整備され、現在マラリア患者の国内発生のない国では、温暖化に伴う新たなマラリア流行のリスクは小さいと考えられる。しかし、根拠となる疫学情報が少ないために、正確に将来のリスクを推定することは非常に難しい。温暖化によるマラリアへの影響は、現在の流行状況、都市化やライフスタイルに大きく依存するので、地域ごとの検討が必要である。

わが国では温暖化に伴うマラリア流行の可能性はあるだろうか？ 現在わが国ではマラリア感染者数は年間 50 例あまりであるが、海外で感染して日本に帰国してから発症する輸入症例である。過去には主として三日熱マラリアが流行し、八重山諸島と宮古島では熱帯熱マラリアの流行があっ

た。現在、マラリア媒介蚊のうちシナハマダラカは全国に分布し、コガタハマダラカは八重山諸島と宮古島で生息が確認されている¹¹⁾。コガタハマダラカは温暖化が進めば分布域が北上し、沖縄本島や九州南部に生息域が広がる可能性があるが、都市化によりハマダラカの生息に適した環境が制限され、エアコンや網戸などが普及した住宅環境では、温暖化により夜行性のハマダラカの生息域が広がり活動期間が延びたととしても、ヒトが多数の蚊に吸血される機会は多くない。感染源となり得るマラリア輸入例が今後増加したとしても、大規模な自然災害や何らかの要因によってこのような条件が阻害されない限り、国内でマラリアが流行する可能性は高くはないと考えられる。

II. デング熱

デング熱はネッタシマカとヒトスジシマカを主な媒介蚊とするデングウイルス感染症である。これらの媒介蚊は切り株など自然にできる小さい水たまりのほか、プラスチック容器や古タイヤなどの人工容器にたまった雨水に産卵するので、比較的ヒトの生活圏に近い場所に生息する。最近数十年で熱帯地域の都市部での流行が増え、大きな問題となっている。日本では、第二次世界大戦中

にヒトスジシマカを媒介蚊とする流行が起きていた。最近では年間 100~200 例前後¹²⁾で、全例輸入例であるが年々増加傾向にある。一般的には気温が高いほど蚊体内でのウイルス複製が高まるほか、媒介蚊の増殖および吸血頻度が増加し、感染のリスクが高まる。また患者発生数は雨季に多く、降雨により媒介蚊の繁殖地が増えることによると考えられるが、大雨により媒介蚊の幼虫が流され患者数が減少することもある¹³⁾。アジアや南米、太平洋諸島などでは、エルニーニョ現象とデング熱流行の関連が示唆されている⁶⁾。台湾南部では 2000 年代に入り大きな流行がみられるようになったが、この理由として温暖化によりネッタイシマカが生息するようになったことが一因と考えられている。

日本国内ではネッタイシマカの生息は確認されていないが、ヒトスジシマカは広く分布している。国立感染症研究所の調査では、分布域の北限が 1950 年代は北関東であったが、年々北上し現在では北部東北地方で定着が認められている¹⁴⁾。2001~2002 年にかけて起こったハワイでの 60 年ぶりのデング熱流行は、輸入症例を感染源として元々生息していたヒトスジシマカが媒介となり起こっていることから、わが国でも同様のことが起こり得ることを示唆している。

ある研究では、世界人口の約 30% がデング熱の伝播に適した気象地域に住んでおり、温暖化がないと仮定した場合、2085 年のデング熱のリスク人口が 35 億人であるのに対し、温暖化を仮定した場合リスク人口は 52 億人になるという推定がある¹⁵⁾。しかし、過去のデータを用いてこれまでに起こった温暖化によるデング熱発生リスクを評価した研究は非常に少なく、エビデンスは限られている¹³⁾。気象因子以外に媒介蚊の発生に関与する社会環境変化の影響を含めた過去の温暖化の影響、および将来の温暖化によるデング熱発生予測などの研究が望まれる。

III. コレラおよびその他の下痢症

下痢症など水系感染症は病原微生物に汚染された飲料水や遊泳用水にヒトが曝露することにより感染する。豪雨により環境中のクリプトスポリジ

ウム、ジアルジア、大腸菌など下痢の病原体が飲料水源に流入することが知られている。米国では過去 50 年間のデータを調べた研究で、豪雨と水系感染症アウトブレイクの関連が認められた¹⁶⁾。一方で、気温は環境中の微生物の増殖と生存期間に影響を及ぼす。南米ペルーではエルニーニョ現象の影響で気温が上昇した結果、下痢症患者数が増加したことが知られている¹⁷⁾。コレラの流行地域であるバングラデシュでは、1998 年の洪水時にコレラ患者数が通常の約 6 倍に増加した¹⁸⁾。また同国では雨量とコレラ患者数の相関や、ベンガル湾の海面温度が上昇するとコレラ患者数が増加することも報告されている^{19,20)}。これは、海面温度上昇によりコレラ菌が付着するプランクトンが海水中で増殖するためと考えられている²¹⁾。

IV. 感染症への適応策

今後温室効果ガス排出削減に努めても、その効果が現れるためには一定程度時間がかかる。よって、排出削減対策により温暖化の緩和を図ると同時に、温暖化に対する適応策を実施することが重要となる。感染症に対する適応策の一つとして、世界保健機関 (WHO) は気象データを用いた早期警報システム (Climate-based Early Warning System) の構築をあげている。早期警報システムを構築するためには、対象となる感染症サーベイランスシステムと気象予測システム、それに流行のリスク因子 (媒介動物の分布、集団免疫、薬剤耐性など) のモニタリングシステムが必要である。しかし、多くの開発途上国ではこれらのモニタリングシステムを十分に維持管理することが困難であるため、実際に早期警報システムが稼働しているケースは非常に限られているのが現状である。この他、行政レベルの適応策として媒介動物の駆除や上下水道の整備など衛生対策、殺虫剤浸漬蚊帳の配布、ワクチンの存在する疾患は予防接種導入・強化などがあげられる。いずれもすでに実存する感染症対策であり、温暖化に対する特異的なものではないが、温暖化への適応策としてその重要性が増すと見える。

さいごに

温暖化に伴う健康影響に関する最新の知見をまとめた IPCC の第 5 次評価報告書第 2 作業部会報告書は、2014 年 3 月に横浜で開かれる総会にて各国政府の承認を得て正式に発行される予定である。評価報告書は世界中の科学者が参加し、執筆、レビュー、改訂作業を繰り返して完成するものであり、その知見は最も信頼に足るものであるが、温暖化の影響によりこれら感染症が将来どのように分布するようになるかを正確に予測するのは大変難しい。さらに科学的知見の正確性を高めるためには、現在特にエビデンスが限られている発展途上国からの知見を増やすことが必須である。筆者らの研究は、まさにそこに貢献するために実施している次第である。

文 献

- 1) IPCC : Summary for Policymakers. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker TF, Qin D, Plattner GK, et al eds). Cambridge University Press, Cambridge, 2013
- 2) World Health Organization : World Malaria Report 2013 ; 2013
- 3) Garnham PCC : The incidence of malaria at high altitudes. *J Natl Malaria Soc* 7 : 275-284, 1928
- 4) Roberts JM : The control of epidemic malaria in the highlands of western Kenya. I. before the campaign. *The Journal of tropical medicine and hygiene* 67 : 161-168, 1964
- 5) Chaves LF, Koenraadt CJ : Climate change and highland malaria : fresh air for a hot debate. *Q Rev Biol* 85 (1) : 27-55, 2010
- 6) Kovats RS, Bouma MJ, Hajat S, et al : El Nino and health. *Lancet* 362 (9394) : 1481-1489, 2003
- 7) Martens WJM KR, Nijhof S, de Vries P, et al : Climate change and future populations at risk of malaria. *Global Environmental Change* 9 suppl : S89-107, 1999
- 8) Tanser FC, Sharp B, le Sueur D : Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa. *Lancet* 362 (9398) : 1792-1798, 2003
- 9) Yamana TK, Eltahir EA : Projected impacts of climate change on environmental suitability for malaria transmission in West Africa. *Environ Health Perspect* 121 (10) : 1179-1186, 2013
- 10) Gething PW, Smith DL, Patil AP, et al : Climate change and the global malaria recession. *Nature* 465 : 342-345, 2010
- 11) Toma T, Miyagi I : The mosquito fauna of the Ryukyu Archipelago with identification keys, pupal descriptions and notes on biology, medical importance and distribution. *Mosquito Systematics* 18 (1) : 1-109, 1986
- 12) 国立感染症研究所 : 感染症発生動向調査年別報告数一覧 (cited 2014 January 5 ; Available from : <http://www.nih.go.jp/niid/ja/all-surveillance/2085-idwr/ydata/3222-report-ja2013.html>.)
- 13) Banu S, Hu W, Hurst C, et al : Dengue transmission in the Asia-Pacific region : impact of climate change and socio-environmental factors. *Trop Med Int Health* 16 (5) : 598-607, 2011
- 14) 国立感染症研究所 : 病原微生物検出情報 Vol. 32 No. 6 デング熱・デング出血熱とチクングニア熱輸入症例. 2011
- 15) Hales S, de Wet N, Maindonald J, et al : Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever : an empirical model. *Lancet* 360 (9336) : 830-834, 2002
- 16) Curriero FC, Patz JA, Rose JB, et al : The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Am J Public Health* 91 (8) : 1194-1199, 2001
- 17) Checkley W, Epstein LD, Gilman RH, et al : Effect of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet* 355 (9202) : 442-450, 2000
- 18) Hashizume M, Wagatsuma Y, Faruque AS, et al : Factors determining vulnerability to diarrhoea during and after severe floods in Bangladesh. *J Water Health* 6 (3) : 323-332, 2008
- 19) Hashizume M, Armstrong B, Hajat S, et al : The effect of rainfall on the incidence of cholera in Bangladesh. *Epidemiology* 19 (1) : 103-110, 2008
- 20) Hashizume M, Faruque AS, Terao T, et al : The Indian Ocean dipole and cholera incidence in Bang-

- ladesh : a time-series analysis. Environ Health Perspect 119 (2) : 239-244, 2011
- 21) Lobitz B, Beck L, Huq A, et al : Climate and infectious disease : use of remote sensing for detection of *Vibrio cholerae* by indirect measurement. Proc Natl Acad Sci USA 97 (4) : 1438-1443, 2000
- 22) World Health Organization : Using climate to predict infectious disease epidemics. Geneva : World Health Organization ; 2005

* * *