

気候変動に伴う 衛生害虫への影響と適応策

はしもと ともゆき
橋本 知幸

一般財団法人 日本環境衛生センター
環境生物・住環境部 部長

1. はじめに

適応とは、端的には気候変動による悪影響をできるだけ軽減するための対応であるが、「気候変動による悪影響」という前提がない場合でも、生活環境の衛生の確保は不可欠である。現在の新型コロナウイルス感染症の世界的流行では、各国の公衆衛生に関する対応が耳目を集めているが、もし、こうした感染症が気候変動と関連するのであれば、気候変動における適応の重要性がさらに意識されることであろう。

「地方公共団体における廃棄物・リサイクル分野の気候変動適応策ガイドライン」(以下、適応GL)では、廃棄物・リサイクル分野における影響を把握し、その適応策の策定を促している。このなかでは、処理施設の強靱化や作業従事者の健康確保のためのステップを示している。円滑な廃棄物の処理自体が生活環境の保全に関わるもので、これを停止することはできない。廃棄物の適正処理を自然災害発生時や感染症流行時でも継続するための方策が必要であるが、この稿では衛生動物とそれに由来する感染症を中心に、廃棄物・リサイクル分野との関連が見出される部分をクローズアップする。

2. 気候変動による衛生動物や媒介性感染症への影響

春になると、ツバメの初飛来や桜の開花が、その時の気候と絡めてニュースになる。我々は、生物の活動が気候の影響によって変化することを当たり前のように納得してしまうが、そこには気候以外の要因も間接的・直接的に関与しているため、気候変動による影響を証明することは簡単ではない。生態学でも、発育ゼロ点(死亡しないが発育もしない温度)や有効積算温度(実際の環境温度から発育ゼロ点を差し引いた値の累積値)など、温度だけを取り出して特定の生物種の発育速度や発生予測に用いる手法があるが、その場合、栄養や天敵などの影響を一定にして想定するのが一般的である。気候の影響を受けた生物種による人への健康影響を考える場合には、人の密度、衛生状態、文化・習慣など様々な要因を考慮しなければならず、予測はさらに難しい。しかしながら、世界各地で危機的な観測結果や大規模な自然災害が発生するようになり、少しでも先回りしてリスクを評価し、その対応を打つことが提起されている。

米国疾病予防管理センター(CDC)では、気候変動によって人への健康影響の可能性

表1 環境の変化と人の健康への影響の例 (WHO)

(△増加、▼減少)

環境の変化	疾病・環境影響例	影響の予測
ダム、運河、灌漑	・住血吸虫症 ・マラリア ・土壌伝播蠕虫症 ・オンコセルカ症	△媒介貝類の生息域と人の接触機会 △媒介ハマダラカ類の生息域 △湿った土壌による蠕虫との接触機会 ▼媒介ブユ類の生息域
農業強化	・マラリア ・ベネズエラ出血熱	農薬の使用と△媒介ハマダラカ類の殺虫剤抵抗性 △媒介げっ歯類の発生と接触機会
都市化、都市部の混雑	・コレラ ・デング熱 ・皮膚リーシュマニア症	▼衛生状態の悪化と△水の汚染 水をため込んだゴミの発生、△媒介ヤブカ類の生息域 ▼媒介サシチョウバエ類との接触機会
森林喪失と新しい植生	・マラリア ・オロブーシェ熱 ・内臓リーシュマニア症	△媒介ハマダラカ類の生息域、感受性の高い人の入植 △媒介ヌカカ類の生息域と人との接触機会 △媒介サシチョウバエ類との接触機会
再森林化	ライム病	△媒介マダニ類の増加と屋外での暴露
海洋温暖化	赤潮	△有害藻類の発生
降水量の増加	・リフトバレー熱 ・ハンタウイルス肺症候群	△媒介蚊類の生息水域 △媒介げっ歯類の餌、生息域

[文献2より改変]

がある項目のなかに、アレルギー、媒介性感染症、食品および水媒介性感染症などの生物に起因する例を示している。例えばアレルギーについては、温暖化に伴う降霜日数の減少や、開花期間の長期化に伴って、アレルギー性を有する花粉の増加や、飛散期間が長期化し、人の感作・発症リスクが増大することを示している。媒介性感染症に関しては、現在は米国本土で発生していないチクングニア熱、シャーガス病、リフトバレー熱の脅威があるとしている¹⁾。世界保健機関 (WHO) も同様に、気候変動に伴って様々な環境の変化が生じた場合の、感染症やその媒介生物 (ベクター) の発生量の増減の可能性を示している (表1)²⁾。CDCやWHOが指摘している感染症のいくつかは、蚊、マダニ、サシチョウバエ、サシガメ、ネズミなどによって媒介されるもので、気候変動によってベクター

の分布が変化し、人との接触機会が多くなる可能性が指摘されている。

一方、日本では、蚊媒介性感染症の国内発生や流行のリスクが指摘されている。その代表的なものが、ヒトスジシマカの分布の北上とそれに伴う蚊媒介性感染症の国内発生である。2014年に代々木公園を中心に、約70年ぶりの国内流行となったデング熱は、2019年の国内報告数が450例を超えた³⁾。デング熱の日本でのベクターがヒトスジシマカであり、国立感染症研究所が実施している調査では、その北限が本州北端まで到達していることが示されている (図1)⁴⁾。分布が広がるということは、蚊に刺される機会が増えるだけでなく、蚊媒介性感染症のリスクが増えることも意味する。現在、デング熱の国内報告数の大半は輸入症例で、国内に生息するヒトスジシマカがデング熱ウイルスを保有する割合は限

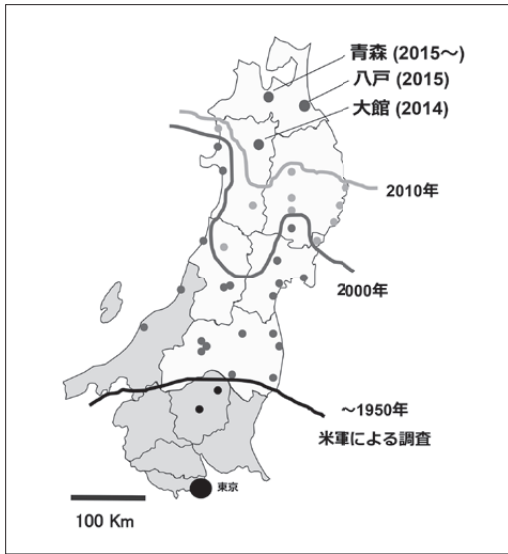


図1 東北地方におけるヒトスジシマカの北限の推移(2018年)⁴⁾

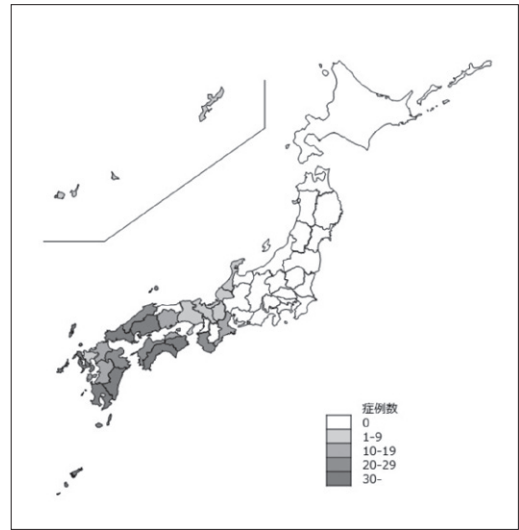


図2 重症熱性血小板減少症候群(SFTS)症例の推定感染地域(n=498;2020.1.29.現在)[文献7より改変]

りなくゼロに近いと考えられている。しかし、2019年には関西地方への修学旅行生が、旅行先でウイルス保有蚊に刺されて感染したとみられる事例も発生している。なぜそこにウイルス保有蚊がいたのかは明らかになっていないが、輸入症例の増加と相まって、ウイルスを保有する人からヒトスジシマカが吸血する機会が増加する可能性は高くなるであろう。なお、ヒトスジシマカは年平均気温が11℃以上で定着できると考えられている⁵⁾が、温度条件が満たされたからといって、成虫になって何kmも飛んで分布を拡大するわけではない。ヒトスジシマカに産卵された古タイヤや器物などが、人によって移動され、新天地で越冬が可能であれば、その土地に定着していくもので、人為的な影響も大きい。

また、ダニ媒介感染症としてはマダニ類によって媒介される日本紅斑熱や重症熱性血小板減少症候群(SFTS)や、ツツガムシ類がベクターとなるつつが虫病が注目される。マダニもツツガムシも、その生息には本来の宿主(ツツガムシは幼虫期のみ寄生)である野生動物の生息が必要条件で、

都市部ではヒトスジシマカほどリスクは高くないと考えられる。しかし、日本紅斑熱、SFTS、つつが虫病の報告数は、いずれも季節性があり、特に前者2者は夏季に増加し、西日本・南日本での発生が多い傾向にある(図2)。マダニ類は積雪上では活動できないものの、温暖な地域では冬季でも多数の個体が捕獲される(図3)⁶⁾。マダニ媒介性感染症の病原体は、野生動物→マダニ→人のステップで伝播するのが基本で、冬季に感染例が少なくなるのには色々な要因が考えられるが、気候条件によって動物の分布、マダニの活動性、ひいては感染症発症にどのように影響するのかが調査が待たれる⁷⁾。

媒介害虫以外で、気候変動の影響を受けられる可能性のある衛生害虫としては、ゴケゲモ類やヒアリ類がある。これらの生息には降雨・乾燥の要因もあるが、温度については、セアカゴケゲモもヒアリも0℃程度の気温では死滅しないことが示唆されている^{8~10)}。在来の有毒の害虫であるスズメバチ類やドクガ類などに対する注意も必要であるが、ゴケゲモ類やヒアリ類は被害状況

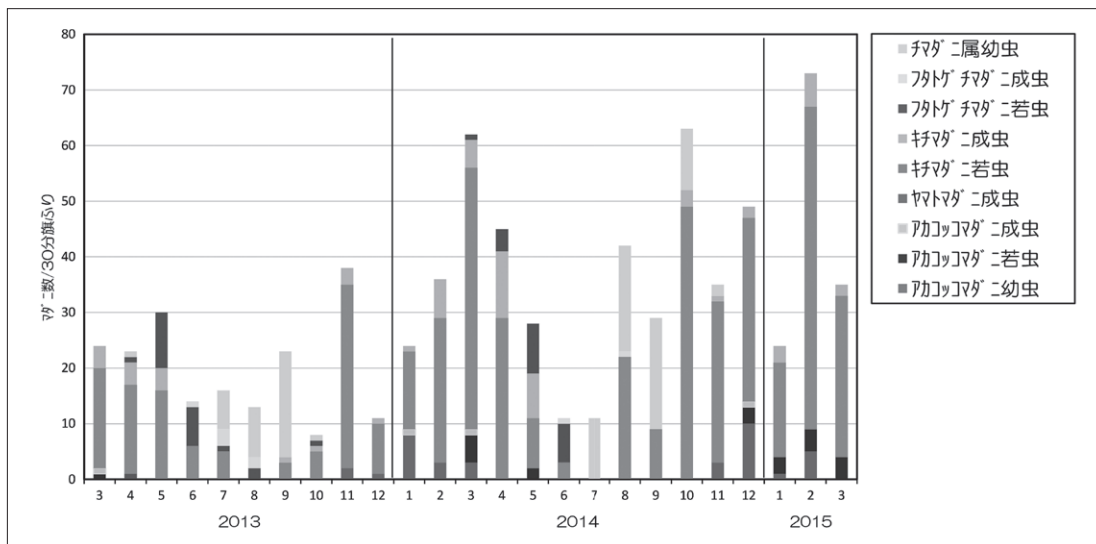


図3 定点旗ふり法によるマダニ捕獲数の推移（神奈川県小田原市）⁶⁾

が不明な部分も多く、今後、分布が拡大する懸念があり、注視する必要がある。

3. 感染症発生とBCP

いま、多くの企業が災害時等の事業継続計画（BCP）の策定に取り組んでいる。そのなかには、感染症に対するBCPもある。今般のコロナ禍でも大きな問題となっているが、感染症がパンデミックのフェーズに入った場合には、様々な事業活動が停止する可能性が出てくる。こうした事態では、まずは事業継続よりも感染の抑止が優先されるべきであるが、ライフラインに関わる社会機能維持者は、業務を継続していかなければならない点で、そのBCPは社会的にも重要なものである。適応GLでは各所に自然災害発生時の対応に関する事例が掲載されているが、気候変動との関連が明らかにされていないものが多いものの、感染症に対するBCPも念頭に置いておくことは必要であろう。もちろん、感染経路によって対応が異なる部分もあるので、まずは対応が共通する骨格になる部分と、現場対応等で調整を要する部分を切り分けて考えるこ

とも必要であろう。

厚生労働省では平成19年に『水道事業者等における新型インフルエンザ対策ガイドライン』を策定（平成21年に改訂）し、安定的に水を供給していくための指針を示している¹¹⁾。このガイドラインでは、表2のとおり、新型インフルエンザの発生段階別の具体的な対応が整理されている。

また、環境省においても平成21年に『廃棄物処理における新型インフルエンザ対策ガイドライン』が策定され、処理事業者等が国民の最低限の生活を維持するために不可欠なサービスを着実に継続するために取るべき措置を示している¹²⁾。環境省の策定したガイドラインにもBCP策定の参考となる事項が示されており、例えば、従業員の4割が数週間にわたって欠勤するケースなどを想定し、重要業務を検討することも例示している（表3）。

気候変動に対する適応には、自然災害に備えた施設・設備などの整備や強靱化などのハード面と、設備の運営、人や物資の確保や配置などのソフト面の2つの側面がある。感染症の種類によって感染経路は異なるが、感染症の流行はハード面への被害よ

表2 新型インフルエンザの発生段階別の対応（概要）¹¹⁾

項目	新型インフルエンザ未発生期	新型インフルエンザ海外発生期	新型インフルエンザ国内発生期	新型インフルエンザ流行期	新型インフルエンザ小康期	
情報連絡体制等	対策本部の設置	対策本部設置に向けた準備	→	対策本部の設置	→	
	情報連絡体制の整備	情報連絡体制の整備に向けた準備	情報連絡体制の構築	→	→	
	情報収集等	情報収集	→	→	→	
事業継続計画	計画全般	計画策定	(再確認等) →	計画実行	→ (これまでの対策の評価)	
	優先業務の選定	優先業務の検討	(再確認等) →	○優先業務の絞り込み ○浄水場における水質監視体制等の強化 ○不要不急の外出等の中止 ○窓口業務の縮小、等	→	(縮小・中止していた業務再開に向けた検討) →
	要員の確保	要員リストの作成	(再確認等) →	要員確保の開始	ライフライン機能維持のための要員確保	要員の再検討
	委託業者等との連携	委託業者等との連携体制整備	(再確認等) →	委託業者等との連携(情報提供・注意喚起等)	→	→
	必要な物資の確保	○浄水施設における物資の確認・確保 ○マスク等の備蓄	必要な物資の確保	(他の水道事業者等と連携) →	(他の水道事業者等と連携) →	→
	利用者への情報提供	○利用者への情報提供の準備 ○想定問答の作成	→	水道水の安全性に関する情報提供・問合せ対応	→	→
職員の感染予防措置等	感染予防措置	職員に対する教育・普及啓発	○職員への情報提供 ○咳エチケットの徹底 ○海外渡航の中止等	○職員の相談窓口の設置 ○マスク等の装着等義務付け 等	→	→
	職員が罹患した場合の対応	関係関係の整理	(関係関係の再確認等) →	○職員への指導等 ○関係関係の対応	→	→

りも、作業従事者への影響による人員不足とそれに伴う作業の遅延といった影響が大きく、感染症に対するBCPは適応におけるソフト面での対策と類似した部分がある。また、こうしたマニュアルを準備しておくだけで、災害時等の避難所でうまく運用できなかったという事例も散見されることから、平常時に被害を想定した訓練をしておくことが望まれる。

気候変動と感染症の関係も実証することは難しいが、こうした感染症対策としての取り組みが適応策に位置付けられる可能性がある。なお、当センターにおいても清掃工場等のBCPや、そうした場所を活用した避難所運営に関するコンサルティング業務を請負っているのご相談頂きたい。

表3 廃棄物処理事業における重要業務例¹²⁾

区分	重要業務例
一般廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・不燃ごみや粗大ごみ、資源ごみの処理よりも、腐敗等の変質が生じやすい可燃ごみの処理を優先する ・内勤の業務や立入指導等の業務よりも処理の実務を優先する ・通常の収集業務に加えて独自の取組を行っている場合は、これらの取組よりも通常のごみ収集業務を優先する
産業廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・国内流行期における排出者の事業継続の状況を考慮し、医療機関から排出される感染性廃棄物等、国内流行期においても排出され続ける廃棄物の処理を優先する ・安定型産業廃棄物よりも腐敗等の変質が生じやすい管理型産業廃棄物の処理を優先する ・営業部門や内勤の業務よりも処理の実務を優先する

4. 廃棄物・リサイクル分野で想定される衛生動物による影響と適応策

気候変動と感染症・衛生動物の関連性は実証しにくいと前述したが、廃棄物・リサイクル分野での影響についても、いくつかの仮定や過程を経て想定していくことにな

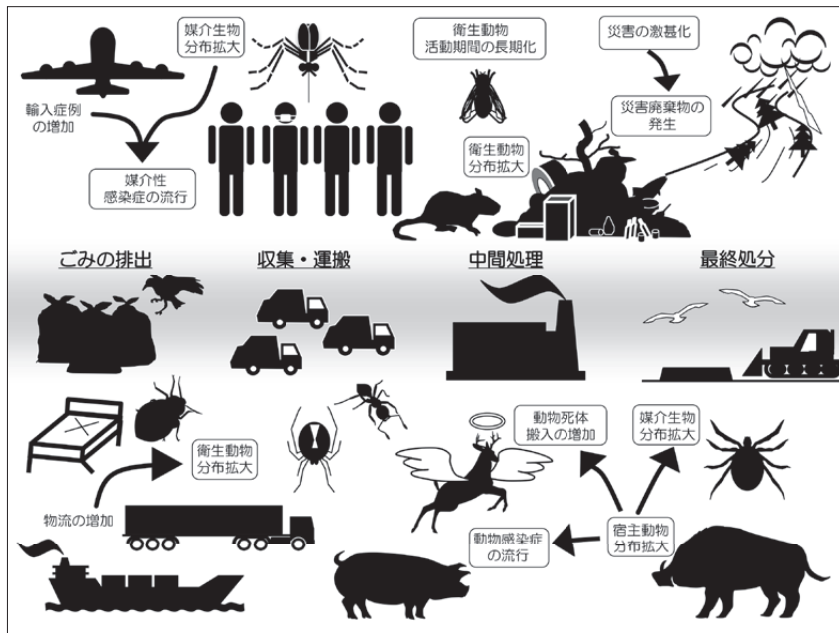


図4 廃棄物処理を取り巻く気候変動による衛生害虫・感染症の影響
(囲み文字は気候変動が一要因となりうる影響)

る。適応GLの第3部資料編では、「ごみの排出」、「収集・運搬」「中間処理」「最終処分」「自然災害」の工程ごとに具体的な影響と適応策の例が示されている（図4）。

例えば気温の上昇は、屋外におけるハエ、ゴキブリ、ネズミの活動の長期化や分布の拡大を助長し、有機物への誘引を招いたり、増殖が速まるリスクが生じる。このため、排出～収集・運搬時の対策としては、ごみ滞留時間の短縮化、蓋つき回収ボックスの利用、車両や中間処理施設では、清掃や殺虫・殺そ対策の実施などが考えられる。また、特定外来生物であるゴケグモ類やヒアリ類は基本的には駆除されているが、一部の地域で定着しつつある。ゴケグモ類は廃棄物とはあまり関係がないように見えるが、道路脇のグレーチングやコンクリートブロックの隙間などに営巣し、ごみステーションなどに営巣する可能性もある。ヒアリ類は現在、港湾地区やそこから運搬されるコンテナなどに潜伏して発見される事例が多く、そこから拡散して収集運搬時など

に刺される可能性がある。こうした有害な害虫類については、できるだけ新しい分布情報を作業従事者の間で共有しておくこと、可能であれば殺虫エアゾール等を携帯して対応することも有効であろう。

近年、トコジラミは様々な施設で問題になっているが、その対策でトコジラミに汚染されたベッド、家具、書籍などが適切に廃棄されずに、中古リサイクルなどに持ち込まれたりすると、分散する恐れがある。トコジラミはもともと飢餓や環境変化に強く、廃棄物として野外に放置されていても生きながらえる可能性がある。これも気候変動との関連はいくつかの過程のうえでの想定であるが、米国ニューヨーク州では、トコジラミに汚染された家具等の廃棄手順についてガイドラインを示している¹³⁾。

また、シカやイノシシは衛生動物ではないが、気候変動によって増えてきたという見方がある¹⁴⁾。人への影響としては農作物への被害、養豚業への豚コレラ感染被害の他、人や車両との事故、さらには体外に寄

生するマダニやヤマビル等の拡散を助長することなどが挙げられる。廃棄物・リサイクル分野における影響としては、駆除やロードキル（自動車との衝突死や轢死）等があった場合には、死体の運搬やその後の対応が必要となる。持ち込まれる動物が増加すれば、その一時保管や専用の処分施設などが必要となる可能性もある。また野生動物の体表には多数のダニ類やシラミ類が寄生・徘徊していることも珍しくなく、落下したマダニ類（写真1）が収集運搬や解体作業時に作業従事者に咬着し、最悪の場合、病原体を伝播される恐れもある。根本的には、野生動物の密度管理が必要であるが、適応策となりうる具体的な方法が2019年に『有害鳥獣の捕獲後の適正処理に関するガイドブック』¹⁵⁾にあるので、参考にされたい。

こうした平常時に想定される衛生動物に対する適応策の実施例はまだ少ないものとみられるが、このところ毎年のように発生する大規模災害では、衛生害虫対応が求められることが多くなっている。水害等により農作物・畜産飼料、藁床畳、動物死骸、水の混ざった汚水だまりなどの有機物が大量に発生することがあるが、発災直後の災害廃棄物は無機物と有機物が混ざり合って分別は困難である。災害廃棄物の発生から衛生害虫発生までは、ある程度の猶予があるものの、春から秋にかけては、まず、処理が遅れた有機腐敗物にハエ類が産卵にやってくる。その発生は、餌となる有機物が存在する限り継続する。

2011年の東日本大震災の際には、水産加工工場や沿岸の飼料工場から海産物や穀類などが街中に流出し、広範囲でのハエ類の大発生が問題となった。筆者らの石巻市での調査ではこのハエ類の大発生は7月下旬まで続いた¹⁶⁾。2019年の台風19号被災地でもゴミ袋内のわずかな腐敗物からクロバエが発生し、袋が破れて成虫が周囲に飛来する



写真1 飽血落下したフタトゲチマダニの産卵



写真2 災害廃棄物仮置場での粘着トラップによる害虫モニタリング

状況が観察されている。これらのハエ類は避難所に住民が避難している状況では、トイレや廃棄物仮置場等を往来するので、消化器系感染症の機械的伝搬者となりうる。また湿気のある有機物や汚水が溜まってしまった状況では、フンコバエ、ノミバエ、チョウバエ等が発生する。災害廃棄物処理が2カ月以上に長期化する場合には、雨水のたまった廃棄物から蚊類が発生する可能性もある。

災害時の衛生害虫対応としては、できるだけ早く有機腐敗物を撤去するということに尽きるが、適応策としては衛生害虫対策が迅速に実施できるよう、自治体とペストコントロール業界の間で災害時対応の業務提携しておくことや、災害廃棄物仮置き場での害虫のモニタリングの実施（写真2）などが考えられる。

5. 最後に

WHOは世界の熱帯～亜熱帯地域で流行する「顧みられない熱帯病」として、18の疾患を指定している。熱帯病というと気候変動と関連があり、温暖化が進行すれば、日本でも流行する可能性があるのではと考えてしまうだろう。指定されている疾患のなかには、デング熱やシャーガス病など、温帯地域での発生が危惧されている感染症もあるが、これらの流行の要因としては、気候変動以外に、貧困による劣悪な衛生環境、戦争による難民の発生や人の移動、不十分な医療体制などの要因もあり、どれが主要因なのか特定しにくい。

要因を整理して対策を講じていくことは適応GLにも示され、大切なことである。ただし、感染症や衛生動物に関しては、人や物の移動がグローバル化している現状では、気候変動の影響だけを想定して対応していくだけでは不十分な場合もあり、多面的、総合的に対処していくことが望まれる。

謝辞

本稿作成にあたり、国立感染症研究所・沢辺京子博士に貴重な情報をご提供いただきました。末筆ながらここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- Centers for Disease Control and Prevention (2019) Climate effects on Health. [https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm] (2020.4.5.確認)
- Wilson, M.L. (2001) Ecology and infectious disease, in Ecosystem Change and Public Health: A Global Perspective, [J.L. Aron and J.A. Patz, Editors.] Johns Hopkins University Press: Baltimore. p283-324.
- 国立感染症研究所 (2020) 感染所発生動向調査週報 [https://www.niid.go.jp/niid/ja/data/9289-idwr-sokuho-data-j-1952.html] (2020.4.5.確認)
- 前川芳秀、山内繁、駒形修、比嘉由紀子、津田良夫、沢辺京子 (2019) 2018年ヒトスジシマカの分布北限調査. 第71回日本衛生動物学会大会特集. p47.
- 佐藤卓、松本文雄、安部隆司、二瓶直子、小林陸生 (2012) 岩手県におけるヒトスジシマカの分布とGISを用いた生息条件の解析. 衛生動物63 (3) : 195-204.
- 橋本知幸、沢辺京子 (2015) 神奈川県および山梨県におけるマダニの発生消長調査事例. 第67回日本衛生動物学会大会特集. p61.
- 国立感染症研究所 (2017) つつが虫病・日本紅斑熱2007～2016年. 病原微生物検出情報 (IASR). 38 (6) :109-112. [https://www.niid.go.jp/niid/ja/allarticles/surveillance/2408-iasr/related-articles/related-articles-448/7334-448r09.html] (2020.4.5.確認)
- 上村清 (2013) セアカゴケグモの耐寒性と毒作用. 環境管理技術31 (5) : 184-194.
- 益尾実希、山崎亜弓、新田千穂、上尾一之 (2018) セアカゴケグモの耐寒性試験. 福岡市保環研報43 : 76-79.
- Korzukhin, M.D., S.D. Porter, L.C. Thompson and S. Wiley (2001) Modeling Temperature-Dependent Range Limits for the Fire Ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in the United States. Environ. Entomol. 30 (4) : 645-655.
- 厚生労働省 (2009) 水道事業者等における新型インフルエンザ対策ガイドライン (改訂版). 65pp.
- 環境省 (2009) 廃棄物処理における新型インフルエンザ対策ガイドライン. 30pp.
- The New York City Department of Health and Mental Hygiene (2020) Proper disposal of bed bug infested household items. [https://www1.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/bedbugs/bed-bugs-disposal.pdf] (2020.4.5.確認)
- 環境省 (2015) いま、獲らなければならない理由. 8pp.
- 国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター (2019) 有害鳥獣の捕獲後の適正処理に関するガイドブック. 42pp.
- 橋本知幸、武藤敦彦、渡辺登志也、小林陸生 (2012) 震災後の石巻市内におけるハエ類の捕獲成績. 衛生動物63 (1) : 55-58.