

話題の感染症

わが国におけるダニ媒介性感染症の現状と今後の課題

かわばたひろき さとうおおくほこずえ
 川端寛樹：佐藤(大久保)梢
 Hiroki KAWABATA Kozeu SATO-OKUBO

I. ダニ媒介性感染症とは

感染症とは、ウイルスや細菌などが体内に侵入し、宿主の機能が障害を受けている状態(=病気)を示す。これら原因物質(=病原体)の感染は、食材や飲料水を介する場合、野生動物などの自然宿主から直接的・間接的に起こる場合、あるいはヒトからヒトへ直接感染する場合など多彩である。病原体の一

部は、ダニや蚊などの刺咬・吸血によっても伝播されることがあり、このような感染様式をとる感染症を総称して「節足動物媒介性感染症」と呼ぶ。節足動物媒介性感染症のうち、ダニ類(つつが虫、マダニ、ヒメダニなど)によって媒介される感染症が「ダニ媒介性感染症」である。世界ではつつが虫病、ライム病、ウイルス性出血熱といった公衆衛生上重要な疾患がダニ類によって媒介されることから(表1)、マラリアやデング熱などの蚊媒介性感染症

表1 ダニ媒介性感染症起因病原体とその推定される媒介ダニ

疾患名	病原体	推定媒介ダニ	国内での主な患者報告地
細菌			
リケッチア症(日本紅斑熱、極東紅斑熱)	<i>Rickettsia</i> 属	<i>Haemaphysalis</i> 属など	関東以西、新潟県、宮城県、青森県
つつが虫病	<i>Orientia tsutsugamushi</i>	<i>Leptotrombidium</i> 属	北海道を除く全国
アナプラズマ症	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Haemaphysalis</i> 属、 <i>Ixodes</i> 属	高知県、静岡県、岡山県
野兔病*1	<i>Francisella</i> 属	<i>Haemaphysalis</i> 属など	東北地方を中心にほぼ全国的
ライム病	<i>Borrelia</i> 属(ライム病群ボレリア)	<i>Ixodes</i> 属	北海道、中部地方など
新興回帰熱	<i>Borrelia miyamotoi</i>	<i>Ixodes</i> 属	北海道*2
回帰熱(シラミ媒介性をのぞく)	<i>Borrelia</i> 属(回帰熱群ボレリア)	<i>Ornithodoros</i> 属	報告例なし
エーリキア症	<i>Ehrlichia</i> 属	<i>Amblyomma</i> 属	報告例なし
リケッチア痘	<i>Rickettsia akari</i>	<i>Liponyssoides</i> 属	報告例なし
ネオエーリキア感染症	<i>Candidatus Neoehrlichia mikurensis</i>	<i>Ixodes</i> 属	報告例なし
ウイルス			
重症熱性血小板減少症候群(SFTS)	SFTS ウイルス*4	<i>Haemaphysalis</i> 属など	中部以西、千葉県
ダニ媒介性脳炎(TBE)	TBE ウイルス	<i>Ixodes</i> 属	北海道
エゾウイルス感染症	Yezoウイルス	<i>Haemaphysalis</i> 属、 <i>Ixodes</i> 属	北海道
クリミア-コンゴ出血熱(CCHF)	CCHFウイルス	<i>Hyalomma</i> 属など	報告例なし
キャサヌル森林病	Kyasanur forest disease ウイルス	<i>Haemaphysalis</i> 属	報告例なし
オムスク出血熱	Omsk hemorrhagic fever ウイルス	<i>Dermacentor</i> 属、 <i>Ixodes</i> 属	報告例なし
ハートランドウイルス感染症	Heartlandウイルス	<i>Amblyomma</i> 属	報告例なし
ポワッサン脳炎	Powassanウイルス	<i>Ixodes</i> 属	報告例なし
コロラドダニ熱	Colorado tick fever ウイルス	<i>Dermacentor andersoni</i>	報告例なし
アルハムラ出血熱	Alkhumra ウイルス	<i>Ornithodoros savignyi</i>	報告例なし
バーボンウイルス感染症	Bourbonウイルス	<i>Amblyomma</i> 属	報告例なし
タムディウイルス感染症	Tamdy ウイルス	<i>Hyalomma asiatica</i>	報告例なし
ソンリンウイルス感染症	Songlingウイルス	<i>Haemaphysalis</i> 属、 <i>Ixodes</i> 属	報告例なし
原虫			
バベシア症	<i>Babesia</i> 属原虫	<i>Ixodes</i> 属など	兵庫県(1例)*3

*1: 主な感染経路は汚染源(感染動物等)との接触によるものと考えられている。

*2: 抗体陽性例はほぼ全国的に存在する(Sato et al., 2018)。

*3: 国内では輸血による感染事例のみ報告されている(Matsui et al., 2000)。

*4: *Huaiyangshan banyangvirus*に改称予定(https://talk.ictvonline.org/taxonomy/p/taxonomy-history?taxnode_id=20170166)

と並んで、ダニ媒介性感染症が重視されている。わが国においても感染症法により、一部のダニ媒介性感染症のサーベイランスが行われ、各々の発生動向がモニタリングされている（図1）。

II. ダニ類における病原体維持・伝播サイクル

ダニ類は成長、脱皮、産卵などのために吸血行動を行うが、その吸血時にダニ類は病原体保有動物から病原体に感染する場合がある。ダニ類は脱皮により成長するが、それら過程において病原体感染が維持された場合に、はじめて病原体を保有した状態と

なる（経ステージ感染と呼ぶ）。経ステージ感染は、ほとんどのダニ媒介性病原体において成立する。保有された病原体はダニ類の体内で増殖後、その唾液腺組織内に侵入し、ダニ類の刺咬・吸血時に唾液とともに吸血源動物体内へ注入される。また、マダニの一部は、吸血時に集合ホルモンを発生し、これによって誘引された他の個体が吸血源動物体表で“side-by-side”で吸血を行うことが報告されている¹⁾。この時に、病原体の皮内水平伝播（Co-feeding transmission もしくは Non-systemic transmission と呼ばれている）が起こることがある²⁾。この他、一部の病原体（リケッチアなど）はダニ類の卵に感染し、次世代へ移行する（介卵感染もしくは経卵感染と呼

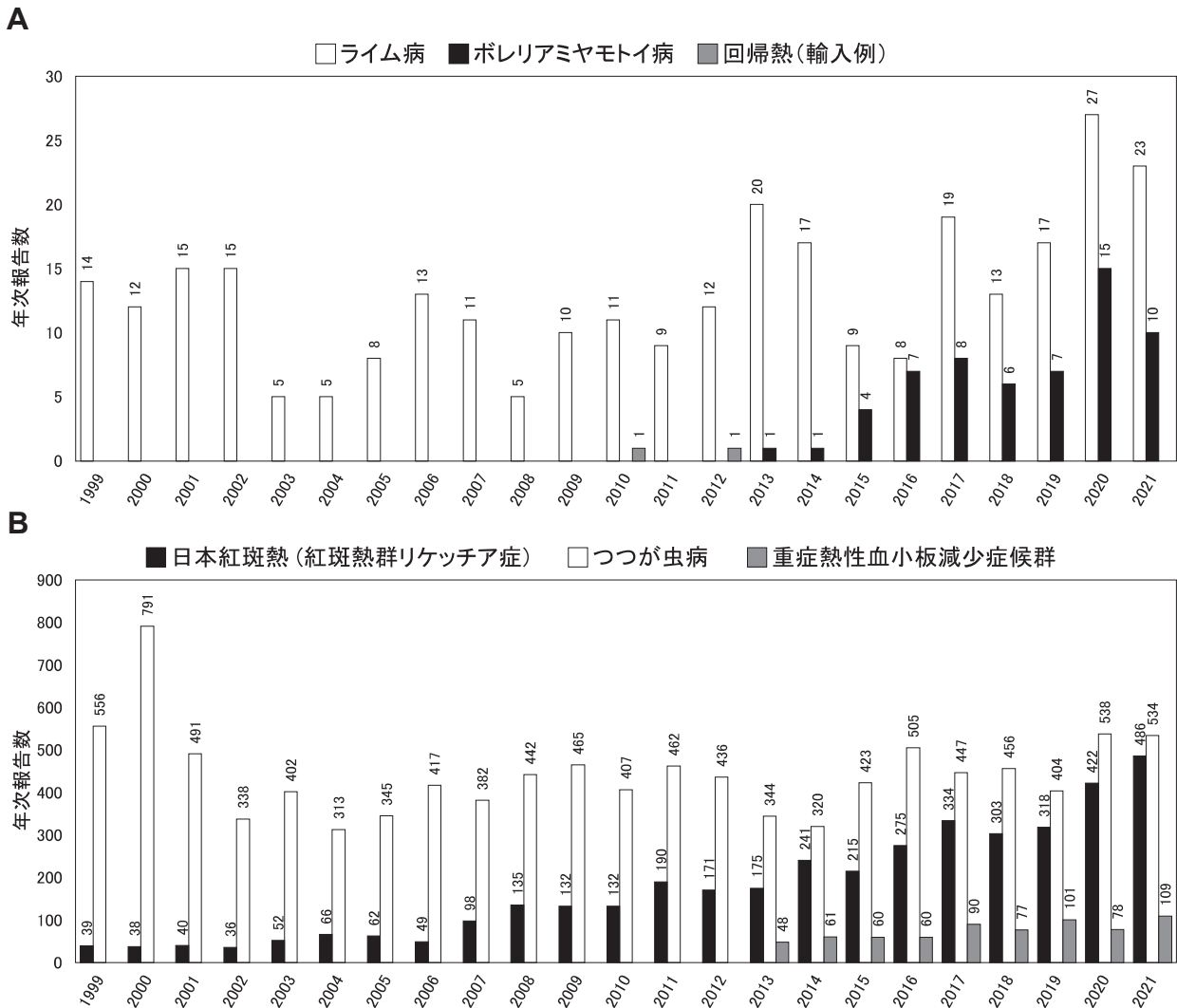


図1 感染症法に指定されている主要なダニ媒介性感染症の患者届出数(1999-2021年、都道府県別)

A: ライム病、ボレリアミアモイト病(新興回帰熱)、および輸入回帰熱の患者届出数。

B: 日本紅斑熱(紅斑熱群リケッチア症)、つつが虫病、および重症熱性血小板減少症候群の患者届出数。

ぶ)。このため、孵化した幼虫は病原体保有状態であり、ダニ幼虫も病原体を伝播しうることになる。

また、病原体の種類によって、病原体保有ダニからヒトを含む吸血源動物へ感染が成立するタイミングも様々である。回帰熱とライム病は同じボレリア属細菌による感染症であるが、アフリカやアメリカで報告される回帰熱ボレリアは、ダニ刺咬開始から数分～数十分以内に吸血源動物へ感染が起こる。他方、ライム病ボレリアは、報告によって幅はあるが、ダニ刺咬開始から24時間以内の感染率は10%未満であるとされている³⁾。*Amblyomma aureolatum*を用いた紅斑熱群リケッチアの一種 *Rickettsia rickettsii* の伝播実験では、実験的に保菌させた未吸血ダニ(若虫、雌成虫)の刺咬開始後、12～14時間以降に病原体が体内へ侵入したとされている⁴⁾。チマダニの一種 *Haemaphysalis longicornis* は重症熱性血小板減少症候群 (Severe Fever Thrombocytopenia Syndrome, SFTS) の起因ウイルスを伝播することが実験的に示されているが、その伝達に必要な時間など、詳細は不明である^{5,6)}。

Ⅲ. ダニ媒介性病原微生物の性質

節足動物媒介性、内在性微生物と宿主節足動物の長期にわたる共進化関係は、ダニや蚊などの生理的差異に適合した微生物叢の形成を促進したと考えられている。ダニによって媒介される病原体のほとんどが、ダニの腸管に感染した後、ダニ体腔内へ侵入し、さらに体液循環でダニに全身感染を起こした後、ダニの唾液腺組織へ侵入・定着する。また、ダニ腸管壁は基底膜と上皮細胞から構成され、通常、微生物は腸管壁を突破できず腸管内にとどまるが、一部の微生物は、腸管壁を通過し、ダニ体腔内へ侵入できる性質を有する。偶発的にダニ体腔内に非病原性の微生物が侵入することもあるが、多くの場合はダニが備えている自然免疫機構によってこれら微生物は排除される。一方、病原微生物の多くは、ダニの自然免疫に対する何らかの抵抗性を備えており、ダニ体液中に一定時間維持された後、唾液腺などのダニ臓器へ侵入・定着する。ダニ唾液腺に侵入・定着した病原微生物は、ダニの吸血行動中に分泌される唾液とともに、ヒトなどの吸血源動物へ吐出される。ダニ唾液腺組織は基底膜に覆われた分泌組織で、多

くの生理活性物質を産生するとともに、吸血中にはこれらを吸血源動物へ注入し、その吸血行動を促進する。ダニが吐出する主な生理活性物質は、ダニ口器が皮膚から抜けられないよう固定する物質の他、刺咬中の痛みを押さえる物質、吸血時に皮下にできる血液溜まり構造を形成・維持するための物質、血液凝固抑制物質、吸血源動物の免疫を抑制する物質など、多種多様であるが、病原体のいくつかは、これら生理活性物質を用いて、感染を促進することが明らかにされている。

Ⅳ. 主なダニ媒介性感染症

1. ライム病：

わが国においては、*Ixodes persulcatus* が媒介する *Borrelia bavariensis* (旧称 *B. garinii* ST-B) が患者分離株の約80%を占有する⁷⁾。わが国では、患者病変部位からの分離、検出がなされることでヒトへの病原性が確認された *B. afzelii*, *B. garinii* および *B. bavariensis* 以外に、非病原性もしくは弱病原性と推定される *B. japonica*, *B. turdi*, *B. tanukii*, *B. yangtzensis* などがマダニや野生げっ歯類などから分離されている。ヒトへの病原性が確認された *Borrelia* は、わが国では *I. persulcatus* や *I. pavlovskiy* 等のマダニから分離・検出されている⁸⁾。また、韓国では *I. nipponensis* から *B. afzelii* が分離されている⁹⁾。これら *Borrelia* のマダニでの維持・伝播について、*I. persulcatus* は1) *B. garinii* を維持・伝播する能力がある一方で、2) *B. burgdorferi* を経段階的に維持できるが、伝播させる能力はないこと、また、*B. japonica* の transmission vector と考えられる *I. ovatus* は *B. garinii* を経代的に維持できないことが実験的に示されている。また、Johns らは、1) ライム病ボレリアの compatible vector (適合宿主) である *I. scapularis* より伝播される *B. burgdorferi* は、その体腔内で生存可能であるが、incompatible vector (非適合宿主) である *Dermacentor variabilis* の体腔内では速やかに排除されること、2) *D. variabilis* の体腔内液にはボレリア殺菌性の lysozyme 様物質が含まれており、これへの感受性が宿主適合性と関係している可能性を推測している^{10,11)}。この物質は、おそらく Arthropod defensin の一種であり、マダニ体液中

への細菌侵入に即応して granulocyte 様細胞から放出されることが推定されている。これまでに、ライム病ボレリアの Vectorial capacity に関与する複数のボレリア遺伝子が同定されている。一方で、上記、Johns らが報告した宿主適合性を説明できる遺伝子は未だ同定されていない。

2. 新興回帰熱：

わが国では、感染症法施行後、海外での古典型回帰熱感染例が2例報告されているほか、2011年に初めて報告された *B. miyamotoi* 感染による新興回帰熱の存在が知られている。*B. miyamotoi* は1995年にわが国で発見・同定されたボレリアで、発見当時はその病原性は不明であったが、2011年のロシアでの感染例を皮切りに、アメリカ、オランダ、ドイツ、日本¹²⁾、中国などで患者が相次いで報告された。国内では北海道を中心に患者の報告がなされている。

3. 紅斑熱群リケッチア感染症：

リケッチア感染症は世界に広く分布する。リケッチア感染症はその臨床症状などにより、つつが虫病（後述）の他、紅斑熱群リケッチア症、発疹チフス群リケッチア症、弱毒型紅斑熱群リケッチア症、リケッチア痘などに分けられるが、その病原体の多くがダニ媒介性である¹³⁾。リンパ節の腫脹等を伴う DEBONEL/TIBOLA 型リケッチア症の報告もあるが、その詳細は明らかになっていない。南北アメリカ大陸にみられるロッキー山紅斑熱、地中海沿岸からアフリカ大陸、インド西部に分布する地中海紅斑熱、わが国で流行している日本紅斑熱はいずれも紅斑熱群リケッチアによる感染である。日本紅斑熱の病原体である *R. japonica* の媒介マダニ種は未確定であるが、植生から採取されたマダニからのリケッチア分離・検出成績からチマダニ属、マダニ属、カクマダニ属のダニが媒介マダニの候補として挙げられている。*H. hystricis* や *D. taiwanensis* は本州や四国の南岸地域、九州など温暖な地域に棲息し、かつ、わが国の患者発生地域は媒介マダニ分布域と概ね一致する。一方、これまでに *H. flava*, *H. longicornis*, *I. ovatus* からも *R. japonica* が分離・検出された報告があるが^{14, 15)}、これらマダニの分布域と患者の発生地域は一致性が低く、その媒介能については検証が必要であろう。

宮城県で報告された極東紅斑熱の病原体 *R. heilongjiangensis* は、*R. japonica* と同じく紅斑熱群リケッチアである。患者の推定感染地の宮城県で採取された *H. concina* から本リケッチアが分離されているが¹⁶⁾、本マダニ種が生息する北海道道東部では、本病原体は分離、検出されていない。国内に生息する *A. testudinarius* が媒介する *R. tamurae* のヒト感染例は報告されているものの、その病原性は日本紅斑熱リケッチアと比較して弱毒であると推定されている。

これまでにマダニから分離された紅斑熱群リケッチアは、保菌マダニ種に特異的であることが経験的に知られてきた¹⁷⁾。これは宿主であるマダニの中で、リケッチアは垂直伝播（介卵維持）によって維持されるために、進化の早いリケッチアが宿主マダニへ適合進化し、より維持されやすい形質のリケッチアが自然選択されたためと推測されている。一方で、近年の研究から、*R. japonica* は、国内に生息する複数のマダニ種から分離・検出されるにもかかわらず、遺伝学的に clonal であることが明らかとなった¹⁸⁾。加えて、*R. rickettsii* を保菌させた媒介マダニを異種マダニと co-feeding（同所的に刺咬マダニが吸血している状態）させた場合、本リケッチアが異種マダニへ取込まれ、維持される現象が報告されている。これらの報告から、1) リケッチアにはマダニ宿主への特異性が高い種と低い種が存在する可能性、もしくは2) 宿主マダニ-リケッチア間の competency は低い、自然界での維持が垂直感染のみで行われる種と、*R. rickettsii* のように、吸血源動物の皮膚内水平伝播などにより、マダニ間で移動しやすい種が存在する可能性が考えられるが、結論は出ていない。

4. つつが虫病（オリエンチア感染症）：

つつが虫病（Tsutsugamushi Disease, Scrub typhus）は、リケッチア科に属するグラム陰性の偏性細胞内寄生細菌 *Orientia tsutsugamushi* を有する *Leptotrombidium* 属ツツガムシの刺咬後、発疹を伴う急性の発熱性疾患として発症する。また、ツツガムシの刺し口が特徴的な黒色痂皮（Eschar）を形成する。

ツツガムシは、本総説で述べられている多くのマダニと、その形態や生態が大きく異なっている。ツツガムシは、その一生の大半を地中で過ごす。マダニは幼虫、若虫、成虫の各ステージで、脱皮や産卵

のための栄養源獲得のために、動物から吸血を行うが、ツツガムシはそのライフサイクルの中で唯一、幼虫期に動物を刺咬して、その体液を成長のために用いる。幼虫の活動期に *O. tsutsugamushi* を保有する幼虫に刺咬されたヒトが感染すると、患者が発生する。ツツガムシの生活環で *O. tsutsugamushi* は垂直感染する。日本では、初夏に孵化するアカツツガムシ *L. akamushi* 媒介のつつが虫病は夏季に発生する。フトゲツツガムシ *L. pallidum* やタテツツガムシ *L. scutellare* は初秋に孵化し、これらが媒介するものは秋から初冬に多発する。また、フトゲツツガムシ幼虫は低温に強く、寒冷地では一部が越冬して春に活動を再開するため、春先にも患者が発生することがある。患者の発生パターンはツツガムシの分布に大きく影響される。一般的に、北日本では春先～初夏、西日本では秋口～初冬の患者発生が多いとされるが、地域によって必ずしもこのパターンがあてはまらないこともある。タテツツガムシは山形以南から奄美大島、韓国、台湾、中国、東南アジアまで分布する。フトゲツツガムシは、日本国内では北海道から九州、そして極東ロシア、韓国、中国南部まで広く分布する。なお、東北～北陸の一部の地域（秋田、山形、新潟県）以外にも、明治期から知られていたが、現在は見られなくなったホッパン熱（高知県）、馬宿病（香川県）などもつつが虫病であったとされるが、その媒介ツツガムシと媒介された *O. tsutsugamushi* の血清型など詳細については明らかにされていない。

つつが虫病は、明治期以降の近代医学史のはるか以前より、日本や中国などの書籍に記載されている。日本では、東北地方の風土病として河川域で、夏季に発生する地域性の強い重篤な熱性疾患として知られてきたが、1960年代までに急速に減少した。その後、春～初夏、秋～初冬の二つの季節性ピークを示す患者発生が全国で確認され、近年は年間400～500例の患者報告で推移している。わが国では、*Orientia* を媒介するツツガムシの種類、分布域とその活動時期が多様である。このため、患者発生パターンが複雑になっている。*O. tsutsugamushi* は複数の血清型（日本国内では Karp, Gilliam, Kato, Irie/Kawasaki, Hirano/Kuroki, Shimokoshi など）がある。ヒゲツツガムシ *L. palpale* が Shimokoshi 型を保有するとの報告があり、沖縄ではデリーツツガムシ *L. de-*

liense が媒介ツツガムシと考えられている。これまで、アカツツガムシ（媒介 *Orientia* 血清型：Kato）、フトゲツツガムシ（同：Karp, Gilliam）、タテツツガムシ（同：Irie/Kawasaki, Hirano/Kuroki）などが主なベクターとして報告されているが、タテツツガムシから血清型 Hirano/Kuroki の直接的証明はされておらず、患者発生地域での分布種などからの推測にとどまっている。また、わが国で分離された血清型 Karp ならびに血清型 Gilliam の *O. tsutsugamushi* 株は、国外で分離された標準株とその血清反応性や一部の遺伝子配列をもとにした型別がやや異なる。これらを用いた血清学的手法による実験室診断には大きな影響はないものの、標準株と区別する上で、「Japanese Karp」や「Japanese Gilliam」と記されることもある¹⁹⁾。

5. 重症熱性血小板症候群 (Severe fever thrombocytopenia syndrome, SFTS) :

SFTS は 2011 年に中国で初めて患者が報告された Huaiyangshan virus (通称：SFTS virus) 感染に起因する新興感染症である²⁰⁾。本疾患の最初の記載は、2008 年に報告された家族内感染事例である。当時は SFTS virus が未知であったことから、アナプラズマ症として報告されたが、アナプラズマ症の病原体である *Anaplasma phagocytophilum* は、輸血などを除き、体液感染は起らないため、発表当初よりその病原体の同定が疑問視されていた。2012 年に検証結果が発表され、本事例が、SFTS virus 感染によるものであったことが確認された。わが国では、2012 年に Takahashi らによって、初めて本疾患が報告された²¹⁾。その後、現在まで西日本で年間数十名の患者の報告が続いている。SFTS virus はマダニによって伝播されるが、その他にもヒトを含む感染動物の体液からの直接的な感染も起こりうる。近年、わが国では愛玩動物や展示動物（特にネコ科動物）の SFTS virus 感染と、これらの動物からのヒト感染の可能性が注視されている²²⁾。動物からのヒト感染についての調査研究は始まったばかりであるが、海外では愛玩動物のマダニ寄生を予防することは飼育者の健康リスクを低下させるとの報告もあることから、衛生動物学的視点から、わが国においても飼育者や獣医師の感染のリスク評価は重要と考えられる。中国では、SFTS virus を媒介するマダニ

は *H. longicornis* と同定された。本マダニは鳥類や家畜にも外部寄生することが知られている。このため、野鳥や家畜の移動に伴って、病原体もしくは病原体保有マダニが拡散している可能性が指摘されている⁶⁾。わが国における SFTS virus の媒介マダニは *Haemaphysalis* 属ダニや *Amblyomma* 属ダニと考えられているが、そのウイルス伝播能に関して、未だ実験的な検証はなされていない。

6. ダニ媒介性脳炎

(Tick borne encephalitis, TBE) :

わが国では、北海道でダニ媒介性脳炎ウイルス感染例が報告されている。最も古い記録は1997年に Takashima らによって報告された、北海道・道南地域での感染例である²³⁾。その後、2015年まで患者の報告はなかったが、2016年以降、北海道内での感染事例が続いている(2016年:1例、2017年:2例、2018年:1例)。わが国では20年あまりTBE例の報告がなかったが、これは患者の発生がなかった訳ではなく、疾患として見過ごされていた可能性が高いと考えられている²⁴⁾。わが国におけるTBE virusの媒介マダニは *I. persulcatus*, *I. ovatus* であると考えられている。TBEは東アジア諸国でも発生している。中国では黒龍江省、吉林省、内モンゴル自治区および新疆ウイグル自治区で患者が好発する。これら地域では *I. persulcatus* に加え、*H. concinna*, *H. japonica*, *D. silvarum* が媒介マダニと考えられている。また、中国南部の雲南地方では *I. ovatus* がTBEウイルスを保有することが報告されているが、この地方に生息する *I. ovatus* は遺伝学的にはわが国の *I. ovatus* とは異なる種であり、TBE virusの媒介能についてさらなる検討が必要であろう。韓国では、*I. nipponensis*, *H. flava*, *H. longicornis* が媒介マダニと推定されている。

7. その他のダニ媒介性感染症 :

わが国では疾患報告数が少ないため、その感染実態が不明の疾患がいくつかある。北米で患者が多発している *A. phagocytophylum* 感染症がわが国でも存在することが2013年に報告された²⁵⁾。バベシア症もわが国では、輸血による感染が1例のみ報告されている。その後の症例報告はないが、流行国である米国で検出される遺伝型の *Babesia* 原虫が国内でも

検出されていることから、わが国でも潜在的な感染リスクはあると考えられる²⁶⁾。野兎病 (*Francisella* 感染症) は、国外ではよく知られた感染症である。野兎病は、そのほとんどが感染動物もしくは感染動物の斃死体との接触、もしくは汚染食品を経口摂取したヒトで感染が起これと考えられているが、米国ではマダニが *Francisella* 細菌を媒介する可能性が示されている。Yezo ウイルス感染症は新たに確認されたヒトに病原性を示すウイルスの一種で、*I. persulcatus*, *I. ovatus* の他 *H. megaspinosa* からウイルスゲノムRNAが検出された²⁷⁾。また、*A. testudinarium* が保有・伝播すると考えられている *Orthomyxoviridae* の一種 Oz virus やチマダニ属ダニから検出される *Phenuiviridae* の一種、Kabuto Mountain virus に対する中和抗体が西日本に在住するヒトの一部から検出されたことから、ヒトに対する新たな病原ウイルスである可能性が示されている^{28, 29)}。

V. 野生動物とダニ媒介性感染症

マダニ種は幼虫から若虫、若虫から成虫へ脱皮成長するために、またメス成虫は産卵のために必要な栄養・エネルギーを動物血もしくは体液から得る。このことから、マダニ生息数と生息域は、吸血源動物の生息状況と密接にリンクする。米国では年間30,000人以上のライム病患者が発生することから、ライム病に対するワクチン開発などと併せて、ダニの生息数を減少させるためのいくつかの取り組みがなされている。コネチカット州では、*Ixodes scapularis* の生息数を増加させる野生シカの管理捕獲、殺ダニ剤の散布、市街地や家屋の敷地内へのシカ侵入を防ぐための柵の設置などを行ってきた。この取り組みの中で、シカの生息数を減数させると、およそ2年のタイムラグを経て、単位面積あたりのマダニ生息数が減少したとの報告がある。わが国においても同様の取り組みが島根県の日本紅斑熱流行地域で実施され、野生シカの生息数減少と日本紅斑熱の患者数の減少の間に有意な相関が見られたことが報告されている³⁰⁾。また松山ら³¹⁾は人為的にシカ排除区域を設定し、2年間にわたって区域内のマダニ生息数を調べた結果、排除区域内に限ってシカを吸血源とするチマダニ種が大幅に減少することを見出した。これは、*H. megaspinosa* ならびに *H. japonica*

の幼虫数が顕著であったことから、シカを主な吸血源とする成虫の吸血源が断たれ、成メスマダニが産卵に必要な吸血ができなかったためと推定されている。

わが国における大型野生獣（シカ、イノシシ）の個体数などは環境省などの調査によって推計されている。大型野生獣の個体数は、2014年をピークにやや減少傾向を示した一方で、2020年の調査では、1978年の調査と比較して、ニホンジカならびにイノシシの分布域は各々約2.7倍ならびに1.9倍に拡大したことが報告されている。特にニホンジカの生息域拡大は顕著で、青森県、秋田県などの東北地方北部、栃木県、福島県の北関東～東北南部、新潟県から石川県に至る北陸地方、鳥取県から山口県に至る山陰地方、東海地方では市街地周辺での生息域の拡大が見られている。イノシシは石川県能登地方、茨城県に加え、これまでイノシシの生息域北限とされていた新潟～宮城県ラインを大きく超え、東北地方全域にその生息域が拡大しつつある。これと連動するかのよう、関東北部の医療機関からも、イノシシに寄生する *A. testudinarium* の人体寄生例が報告されるようになった³²⁾。これらの地域にもこれらの動物の移動によって、野生獣を吸血源とするマダニが侵入した可能性がある。特に東北北部を除くニホンジカの生息域が拡大している地域では、2017年以降に新たな日本紅斑熱患者発生の届出がなされている。上記の地域については、今後も日本紅斑熱やSFTSなどのダニ媒介性感染症の発生動向などにも注視しておく必要があるだろう。野生獣の生息域拡大と病原体媒介マダニの生息域の変化については、マダニの分布拡大を定量化するためのマダニの集団遺伝学的解析や、それぞれの地域における野生獣寄生マダニの詳細な調査、マダニの耐候性などの生理学的解析などを積み重ねることで、より正確な評価が行える可能性がある。

おわりに

わが国におけるSFTSの流行やエズウイルス感染症、アナプラズマ症、新興回帰熱などの新興感染症の発見からわれわれが学んだことは、医療が高度に発達した現代においても見過ごされている感染症があり、かつその感染が「ダニ刺咬」という身近な現

象に起因する、ということであった。感染症検査技術の進歩は目覚ましいものがあり、ゲノム解読手法の応用による感染病原体の網羅的な検出も身近なものになりつつある。今後はこれら技術の普及などにより、既知・未知の感染症を見逃さず検出できる体制の構築が進むことが期待される。また近年、欧州では、気候変動などによる感染症リスクの変化が指摘されるようになっており、ダニ媒介性病原体に対する感染リスクが上昇している可能性も考えられる。わが国においては、病原体を媒介するマダニを運ぶ大型野生動物の増加と生息域の変化が環境省の共同調査により報告されており、わが国におけるダニ媒介性感染症の量的・質的变化は、これら環境や生態系の変化に起因している可能性もあることから、今後の推移に注視していきたい。

吸血動物であるダニとこれが保有する微生物叢は長い時間をかけて形成されてきた。これら微生物叢の一部は、ダニの内部共生微生物 Endosymbiont へと進化した一方で、動物やヒトに病害をもたらす病原微生物へ進化したとも考えられる。微生物が Endosymbiont 化することは、宿主内に安定した「住処」を獲得できる点で、生物種としての生存戦略にかなっている。一方で、宿主が自然界から何らかの原因で消失した時には、Endosymbiont は絶滅してしまう危険性もある。このため、現在の宿主から新しい宿主へ移住するような進化 (host-switching や病原性の獲得など) も自然界での生存戦略としては必要なイベントであるとも考えることもできる。一部の病原微生物やこれを媒介する節足動物に関する調査や研究が先行することは、ヒトや動物の安全を守るために必要なことではあるが、これに加えて、病原微生物や共生微生物が出現した過程の解析や、これが維持される環境・生態系に関する調査研究も、今後、節足動物媒介性感染症を理解する上で重要である。また、ダニによる微生物伝播メカニズムの解明が進むことで、新たなダニ媒介性感染症の予防法が発見されるかもしれない。今後のダニ媒介性感染症のマネジメントにおいて、医学や獣医学、臨床検査学、昆虫生理学などと合わせ、野生動物管理学や気候変動などを予測する分野等との包括的な研究の重要性はより増していくものと思われる。

謝 辞

本原稿を執筆するにあたりご助言を賜りました、安藤秀二博士(国立感染症研究所)、高野愛博士(山口大学)に深謝いたします。

文 献

- 1) Norval, R.A., Andrew, H.R. and Yunker, C.E. 1989. Pheromone-mediation of host-selection in bont ticks (*Amblyomma hebraeum* koch). *Science*. **243**(4889): 364-365.
- 2) Levin, M.L., Zemtsova, G.E., Killmaster, L.F., et al. 2017. Vector competence of *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) for *Rickettsia rickettsii*. *Ticks Tick Borne Dis.* **8**(4): 615-622.
- 3) Cook, M.J. 2014. Lyme borreliosis: a review of data on transmission time after tick attachment. *Int. J. Gen. Med.* **8**: 1-8.
- 4) Saraiva, D.G., Soares, H.S., Soares, J.F. et al. 2014. Feeding Period Required by *Amblyomma aureolatum* Ticks for Transmission of *Rickettsia rickettsii* to Vertebrate Hosts. *Emerg. Infect. Dis.* **20**(9): 1504-1510.
- 5) Zhuang, L., Sun, Y., Cui, X.M., et al. 2018. Transmission of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome Virus by *Haemaphysalis longicornis* Ticks, China. *Emerg. Infect. Dis.* **24**(5): 868-871.
- 6) Zhang X., Zhao C., Cheng C., et al. 2022. Rapid Spread of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome Virus by Parthenogenetic Asian Longhorned Ticks. *Emerg Infect Dis.* **28**(2): 363-372.
- 7) Takano, A., Nakao, M., Masuzawa, T., et al. 2011. Multilocus sequence typing implicates rodents as the main reservoir host of human-pathogenic *Borrelia garinii* in Japan. *J. Clin. Microbiol.* **49**(5): 2035-2039.
- 8) Masuzawa, T. 2004. Terrestrial distribution of the Lyme borreliosis agent *Borrelia burgdorferi* sensu lato in East Asia. *Jpn J. Infect. Dis.* **57**(6): 229-235.
- 9) Lee, S.H., Jung, K.D., Lee, J.H., et al. 2002. Characterization of *Borrelia afzelii* isolated from *Ixodes nipponensis* and *Apodemus agrarius* in Chungju, Korea, by PCR-RFLP analyses of *ospC* gene and *rrf*(5S)-*rrl*(23S) intergenic spacer. *Microbiol. Immunol.* **46**(10): 677-683.
- 10) Johns, R., Sonenshine, D. E. and Hynes, W. L. 2000. Response of the tick *Dermacentor variabilis* (Acari: Ixodidae) to hemocoelic inoculation of *Borrelia burgdorferi* (Spirochetales). *J. Med. Entomol.* **7**(2): 265-270.
- 11) Johns, R., Ohnishi, J., Broadwater, A., et al. 2001. Contrasts in tick innate immune responses to *Borrelia burgdorferi* challenge: immunotolerance in *Ixodes scapularis* versus immunocompetence in *Dermacentor variabilis* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* **38**(1): 99-107.
- 12) Sato, K., Takano, A., Konnai, S., et al. 2014. Human infections with *Borrelia miyamotoi*, Japan. *Emerg. Infect. Dis.* **20**(8): 1391-1393.
- 13) Parola, P., Paddock, C.D., Socolovschi, C., et al. 2013. Update on tick-borne rickettsioses around the world: a geographic approach. *Clin. Microbiol. Rev.* **26**(4): 657-702.
- 14) 片山丘, 古屋由美子, 稲田貴嗣, 他. 2001. 神奈川県, 鳥根県及び高知県で採集されたダニ類からの紅斑熱群リケッチアDNAの検出. *感染症学雑誌*. **75**: 53-54.
- 15) Uchida, T., Yan, Y. and Kitaoka, S. 1995. Detection of *Rickettsia japonica* in *Haemaphysalis longicornis* ticks by restriction fragment length polymorphism of PCR product. *J. Clin. Microbiol.* **33**(4): 824-828.
- 16) Ando, S., Kurosawa, M., Sakata, A., et al. 2010. Human *Rickettsia heilongjiangensis* infection, Japan. *Emerg. Infect. Dis.* **16**(8): 1306-1308.
- 17) Ishikura, M., Fujita, H., Ando, S., et al. 2002. Phylogenetic analysis of spotted fever group *Rickettsiae* isolated from ticks in Japan. *Microbiol. Immunol.* **46**(4): 241-247.
- 18) Akter, A., Ooka, T., Gotoh, Y., et al. 2017. Extremely Low Genomic Diversity of *Rickettsia japonica* Distributed in Japan. *Genome Biol. Evol.* **9**(1): 124-133.
- 19) 多村憲. 1999. 恙虫病病原体 *Orientia tsutsugamushi* の微生物学. *日本細菌学雑誌*. **54**: 815-831.
- 20) Yu, X.J., Liang, M.F., Zhang, S.Y., et al. 2011. Fever with thrombocytopenia associated with a novel bunyavirus in China. *N. Engl. J. Med.* **364**(16): 1523-1532.
- 21) Takahashi T, Maeda K, Suzuki T, et al. 2014. The first identification and retrospective study of Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome in Japan. *J. Infect. Dis.* **209**(6): 816-827.
- 22) Matsuno, K., Nonoue, N., Noda, A., et al. 2018. Fatal Tick-borne Phlebovirus Infection in Captive Cheetahs, Japan. *Emerg. Infect. Dis.* **24**(9): 1726-1729.
- 23) Takashima, I., Morita, K., Chiba, M., et al. 1997. A case of tick-borne encephalitis in Japan and isolation of the the virus. *J. Clin. Microbiol.* **35**(8): 1943-1947.
- 24) Yoshii, K., Sato, K., Ishizuka, M., et al. 2018. Serologic Evidence of Tick-Borne Encephalitis Virus Infection in a Patient with Suspected Lyme Disease in Japan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **99**(1): 180-181.
- 25) Ohashi N, Gaowa, Wuritu, et al. 2013. Human granulocytic Anaplasmosis, Japan. *Emerg. Infect. Dis.* **19**(2): 289-292.
- 26) Zamoto-Niikura, A., Morikawa, S., Hanaki, K.I., et al. 2016. *Ixodes persulcatus* Ticks as Vectors for the *Babesia microti* U.S. Lineage in Japan. *Appl. Environ. Microbiol.* **82**(22): 6624-6632.
- 27) Kodama F., Yamaguchi H., Park E., et al. 2021. A novel nairovirus associated with acute febrile illness in Hokkaido, Japan. *Nat Commun.* **12**(1): 5539.
- 28) Tran N.T.B., Shimoda H., Ishijima K., et al. 2022a. Zoonotic Infection with Oz Virus, a novel Thogotovirus. *Emerg Infect Dis.* **28**(2): 436-439.
- 29) Tran, N.T.B., Shimoda H., Mizuno J., et al. 2022b. Epidemiological study of Kabuto Mountain virus, a novel uuku-

- virus, in Japan. J Vet Med Sci. **84**(1): 82-89.
- 30) 田原研司, 藤澤直輝, 山田直子, 他. 2019. 島根半島弥山山地におけるニホンジカ密度管理による日本紅斑熱発生リスクの減少. 衛生動物. **71**(2): 79-82.
- 31) 松山紘之, 揚妻直樹, 岡田あゆみ, 他. 2019. シカの排除がマダニ類へ及ぼす影響—シカ密度を操作した野外実験による検証—. 衛生動物. **70**(3): 153-158.
- 32) 島田瑞穂, 川端寛樹, 安藤秀二, 他. 2020. 栃木県足利赤十字病院における3年間(2017~2019年)のマダニ刺症72例の検討. 衛生動物. **71**(3): 219-223.