

令和 4 年度 公益社団法人日本獣医学会市民公開講座
(公益財団法人伊藤記念財団助成事業)

「ジビエにおける食品衛生上の問題点 -寄生虫汚染を中心に-

【講演内容配布資料】

日 時:令和 5 年 2 月 4 日(土)13:00～17:00

場 所:東京大学 弥生講堂

現地+Zoom ライブ配信によるハイブリッド開催

公益社団法人日本獣医学会市民公開講座

「ジビエにおける食品衛生上の問題点-寄生虫汚染を中心に-」

座長 森田 幸雄(麻布大学)

座長 伊藤 直人(岐阜大学)

プログラム

1. 開会挨拶 猪熊 壽(公益社団法人 日本獣医学会 理事長) 1
2. 講演1 イノシシの肺吸虫症 2
演者 入江 隆夫(宮崎大学 農学部獣医学科 獣医寄生虫病学研究室
宮崎大学 産業動物防疫リサーチセンター・准教授)
3. 講演2 シカの肺吸虫症 6
演者 松尾 加代子(熊本県 阿蘇保健所 衛生環境課
岐阜大学 応用生物科学部・客員獣医系教授)
4. 講演3 シカにおける住肉胞子虫の保有状況10
山崎 朗子(岩手大学 農学部共同獣医学科 獣医公衆衛生学研究室・助教)
5. 講演4 野生鳥獣における病原細菌保有状況15
壁谷 英則(日本大学 生物資源科学部獣医学科 獣医食品衛生学研究室・教授)
6. 総合討論
7. 閉会挨拶 伊藤直人(公益社団法人 日本獣医学会 公衆衛生学分科会会長)

理事長挨拶

本学会主催の市民公開講座「ジビエにおける食品衛生上の問題点-寄生虫汚染を中心に-」を開催するにあたりまして、ひとことご挨拶を申し上げます。本日は土曜日にもかかわらず、たくさんの方のご登録・ご出席をいただきまして、誠にありがとうございます。

この市民公開講座と申しますのは、獣医学会会員の日頃の研究成果を公開することで、獣医学研究の意義と目的を広く皆様にご理解いただきたいという趣旨で、数年前から実施しているものです。この市民公開講座の開催にあたりましては、公益財団法人伊藤記念財団様より、学会助成事業という形でご支援をいただいております。この場をお借りしまして厚く御礼申し上げます。

さて、2019年12月初旬に中華人民共和国、湖北省、武漢市で初めて検出された新型コロナウイルスの世界的流行によって、私たちの生活は変化しました。思い起こせば、2020年1月15日に日本で初の確定診断の後、流行は今なお継続しており、新型コロナウイルス感染症の第8波が来ています。ただ、流行ウイルス株の病原性の変異等により、昨年より社会活動も再開することが多く、コロナ禍以前の生活に戻りつつあります。

今日の市民公開講座は、参加人数を120名と抑えた現地での対面開催と380名のWebでのオンライン開催の計500名参加のハイブリッド開催といたしました。遠方の方も、Webにて気軽に参加できるようになったとは、コロナ禍の数少ない利点であると思っております。

今回の市民講座のテーマは、最近、飲食店でよくみかける「ジビエ」、つまり野生動物の肉、の衛生に関したものです。我が国の高齢化や産業構造の変化により、農業就業者が減少しています。離農の結果、野生動物が増え、さらに農産物被害が深刻化しています。政府は野生動物の駆除とともに、駆除した野生動物の利活用を推進しています。利活用のひとつとして、ジビエが市場に出回ることが多くなりました。スーパーマーケット等では牛肉や豚肉の隣に、イノシシ肉やシカ肉もみかけるようになりました。牛肉や豚肉は「と畜場法」という法律の下で、1頭ごとに獣医師であると畜検査員による検査が行われています。食肉の衛生確保も獣医学の大きな役割であり、多くの公衆衛生獣医師が、食肉衛生分野で働いています。しかし、イノシシやシカは、と畜検査は行われていません。また、野生動物と寄生虫は共存関係にあり、ほぼすべての野生動物の体内には寄生虫が生育しています。寄生虫は加熱すれば死滅しますが、未だに、「新鮮であれば動物の肉は生でたべられる」ことを信じている人がおり、少なからず食中毒が発生しています。

今日は、日本獣医学会の4名の会員からジビエの寄生虫に関する研究成果を説明していただきます。本日の講演により、市民の方々に、「科学的な獣医学データ」の基礎とした生活をしていただきたいと思います。そして、少しでも獣医学に関心・理解いただき、このような食肉の衛生確保に多くの獣医師が携わり、研究をしていることを周知いただければ幸いです。

公益社団法人 日本獣医学会

理事長 猪熊 壽

【講演1】 イノシシの肺吸虫

入江 隆夫

宮崎大学 農学部獣医学科 獣医寄生虫病学区研究室

宮崎大学 産業動物防疫リサーチセンター

1. はじめに

肺吸虫症という寄生虫感染症をご存知でしょうか？かつては「肺ジストマ症」と呼ばれ、国内で30-50万人もの人が感染していたともされる国民病でした（横川、1958; Kawanaka *et al.*, 1999）。その後、集団検診・集団駆虫により患者数は激減しましたが、近年でも、年間50例ほどの肺吸虫症例がかつての流行地域を中心に散見されています（Uchiyama *et al.*, 1999; Nakamura-Uchiyama *et al.*, 2003; 丸山・名和、2007; 杉山、2010; Nagayasu *et al.*, 2015）。2001年から2012年には443例が記録されており、そのうち281例（63.4%）が九州地方、特に鹿児島県（79例）、福岡県（71例）、宮崎県（56例）での発生が目立ちます（Nagayasu *et al.*, 2015）。

ヒトが肺吸虫に感染すると、感染後3~4週間ほどで胸膜炎による胸水貯留や気胸による胸痛などが現れます。その後、肺実質に侵入した虫体が虫嚢を形成して産卵を開始するところになると、発咳や血痰などといった呼吸器症状が現れます。これらの症状が肺吸虫症のみに特異的ではないこと（喘息や結核に似る）や、また画像検査での所見も虫嚢の状態によっては不明瞭であることから、診断に際しては肺結核や肺癌との鑑別が必要となります。このような肺吸虫症の鑑別において、とても重要な情報となるのが患者さんの「食歴」です。

2. 肺吸虫の感染サイクル

肺吸虫症は *Paragonimus* 属に分類される肺吸虫によりおこる「食品媒介寄生虫症」のひとつです。現在までに40種を超える肺吸虫種が記載されており、このうち人へ感染する種として7種が知られています（Blair *et al.*, 1999, 2007）。近年の世界の肺吸虫症患者は約20万人と試算されており、その90%以上はアジアにおけるウエステルマン肺吸虫によるものとされています（Toscano *et al.*, 1995）。日本には3種の肺吸虫種、すなわちウエステルマン肺吸虫（*P. westermanii*、終宿主体内で有性生殖を行う2倍体、および精子を造らず無性生殖を行う3倍体）、宮崎肺吸虫（*P. skrjabini miyazakii*）および大平肺吸虫（*P. ohirai*）が分布しており（西田、1989）、イヌを含む様々な雑食および肉食性の動物が終宿主（体内に成虫が寄生する宿主）となることが知られています（Blair *et al.*, 1999）。また、ウエステルマン肺吸虫もですが、宮崎肺吸虫もまたヒトと動物を終宿主とする人獣共通寄生虫です。

肺吸虫は、次世代を残すために、終宿主のほかに最低2つの宿主を渡り歩く必要があります。幼虫が寄生する宿主のことを中間宿主といい、第一中間宿主として淡水産の巻貝、第二中間宿主として淡水産のカニが関与します。ヒトはイヌなどと同じ終宿主となる生物であるため、淡水産カニを摂食する際にその体内の幼虫（メタセルカリア：図1）を取り込んでしまうことで感染が occurs。人獣共通寄生虫であるウエステルマン肺吸虫ならびに宮崎肺吸虫の幼虫を宿すカニとして両

種ともにサワガニを利用するほか、ウエステルマン肺吸虫についてはモクズガニ(地方名として山太郎ガニやツガニなど様々: 図2)も重要な宿主となるため、このような淡水産カニを食する文化とともに肺吸虫症の流行がかつて維持されていました(横川、1961)。

近年では、このような淡水産カニを介した感染に加えて、本発表の主題であるイノシシを介したウエステルマン肺吸虫の感染が問題となっています。ウエステルマン肺吸虫の生活環においてイノシシは待機宿主という役割を担います。第二中間宿主を介してメタセルカリアが待機宿主に摂取されると、幼若虫(図1)が筋肉へと移行し、未成熟なままで長期に渡り筋肉内にとどまることが知られています(Miyazaki and Habe、1976; Miyazaki and Hirose、1976)。そして、イノシシ肉とともに未成熟虫がヒトなど終宿主に摂取されると、その宿主体内で発育を再開、体内を移行し、最終的には肺で成熟をむかえることになります(Miyazaki *et al.*、1978)。

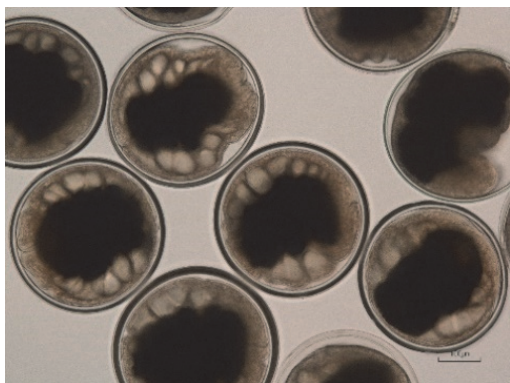


図1 モクズガニから得たウエステルマン肺吸虫3倍体のメタセルカリア。直径でも0.3 mm ほどであるため肉眼での観察はかなり困難である。



図2 モクズガニ

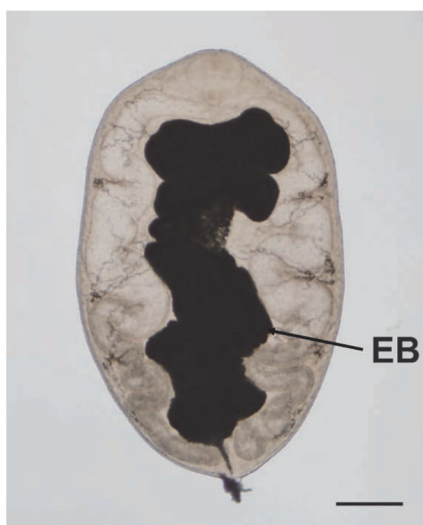


図3 イノシシから検出されたウエステルマン肺吸虫3倍体の幼若虫(スケールは0.2 mm)
(Sugiyama *et al.*、2015 より引用)

3. イノシシを介したヒトの肺吸虫症

上述の通り、ヒトやイヌなど終宿主への感染は、第二中間宿主体内のメタセルカリア、もしくは待機宿主であるイノシシ体内の幼若虫の経口摂取によりおこります。特にイノシシについては、狩猟および有害捕獲による捕獲頭数が年々増加しており、令和3年度は、イノシシの感染症（豚熱）の影響もありやや減少に転じましたが、年間53万頭ものイノシシが捕獲され（農林水産省、2022: 図4）、このうち一部は食用流通しています。そして、このような食用として販売されていた九州産イノシシ肉の33%（15/45）から、実際にウエステルマン肺吸虫の幼虫が検出されています（杉山ら、2017: 表1）。血清学的にも、九州産のイノシシの74.6%（44/59）が抗ウエステルマン肺吸虫抗体陽性だったという報告もあることから（Kawanaka *et al.*, 1999）、イノシシが肺吸虫メタセルカリアを有した淡水産カニを摂食する機会はかなり多いことが伺え、イノシシ肉を介した肺吸虫感染のリスクに注意が必要であることは明かです。

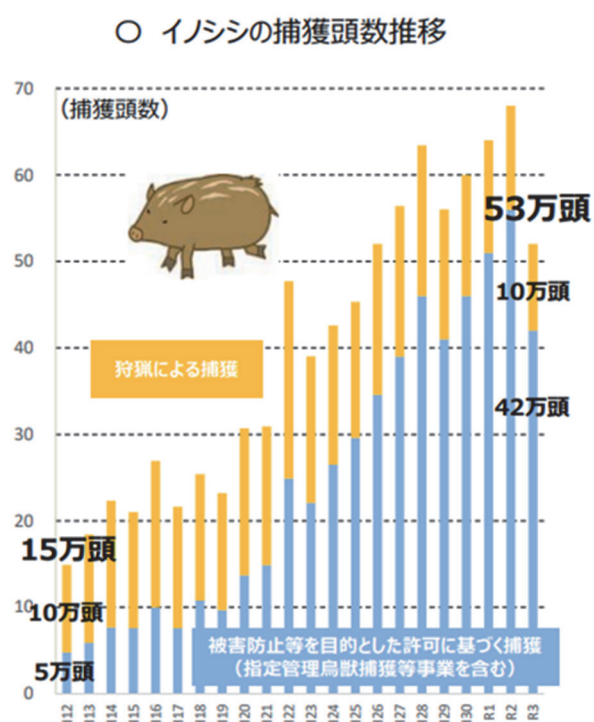


図4 イノシシの捕獲頭数（農林水産省、2022「捕獲鳥獣のジビエ利用を巡る最近の状況」より引用）

表1 イノシシ肉からのウエステルマン肺吸虫幼若虫の検出状況（杉山ら、2017より抜粋）

調査地	検査数	陽性数（検出率）	検出虫体数（合計）	倍数体
鹿児島	31	9 (29%)	24	3 倍体
大分	14	6 (43%)	18	2 倍体

近年の国内のヒトの肺吸虫症例において、このようなイノシシ肉を非加熱もしくは加熱不十分な状態で摂食したことが原因となる例の増加が指摘されています (Uchiyama *et al.*, 1999; Nakamura-Uchiyama *et al.*, 2002; Nawa and Nakamura-Uchiyama, 2005; Nagayasu *et al.*, 2015)。実際、宮崎大学において肺吸虫症と診断された 567 症例のうち、食歴の調査が可能であった 380 例の半数 (190 例) がイノシシ肉を摂食したことがあると回答していました (一部の患者は淡水産カニの食歴もあり) (Yoshida *et al.*, 2016)。また、国立感染症研究所の調査によると、肺吸虫症の発生の傾向として、関東地方では外国籍の女性での発生が多く、淡水産カニを非加熱調理する母国料理 (例えばタイのソムタムなど) に日本産のサワガニを用いてしまったことで宮崎肺吸虫に感染しており、一方九州地方では、日本人、特に男性 (主にイノシシ猟師やその関係者) がイノシシ肉を原因食としてウエステルマン肺吸虫に感染していると推察しています (杉山ら、2017)。同様の傾向は宮崎大学の調査によっても示されており (Yoshida *et al.*, 2016: 図5)、それぞれの伝統的な食文化を反映した感染状況がみえてきます。

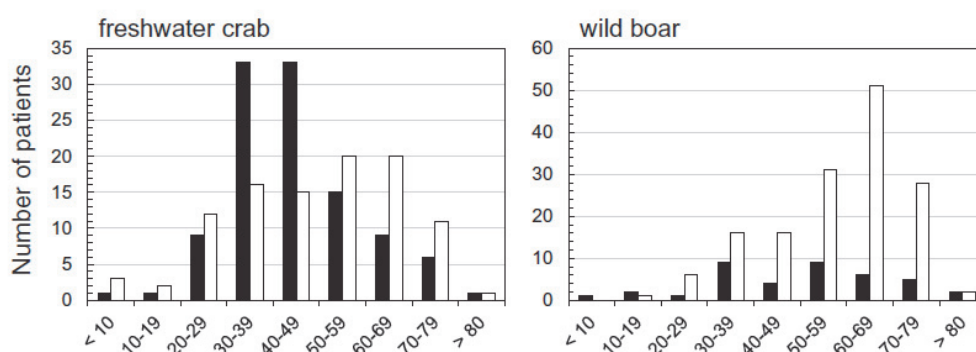


図5 推定感染源ごとの肺吸虫症患者の年齢と性別の分布 (■女性、□男性) (Yoshida *et al.*, 2016 より引用)

4. おわりに

近年、イノシシ肉を含むジビエは、市場やインターネット通信販売を通じて広く流通するようになり、消費者が比較的手軽に入手できる状況にあります。そのため、イノシシ肉におけるウエステルマン肺吸虫感染のリスクについて十分に周知し、摂食に際しては、冷凍処理 (カニの場合は -18°C で2時間以上) もしくは加熱調理 (中心温度 75°C 、1 分間) を徹底することで、消費者自身でも予防に努める必要があると考えられます。また、もし肺吸虫に感染してしまった場合には、投薬による治療が可能です。淡水産カニやジビエを食した2か月程度のち、呼吸器に異常を感じた際には、かかりつけ医に症状とともに「食歴」を忘れずにお伝えください。

【講演2】 シカの肺吸虫症

松尾 加代子

熊本県 阿蘇保健所 衛生環境課

岐阜大学 応用生物科学部・客員獣医系教授

昔から猟師仲間やその家族、知り合いが限局した地域で食べていた野生鳥獣肉が、最近では「ジビエ」という小洒落た名前でも一般にも流通するようになって来ました。背景として増え過ぎた野生鳥獣(図1)の有効活用が挙げられ、農林水産省をはじめ全国各地でジビエの推進が行われています。そのためには安全性にも気を配らないといけません。家畜や家禽では食肉として流通する前に法律に則って1頭、1羽ずつ公的な検査が行われています。しかし、どんな環境で何を食べて育ってきたかわからない野生動物には様々なリスクがあるにも関わらず、食肉にする際の検査の義務はありません。リスク軽減のため、厚生労働省や各自治体などがジビエ(主にイノシシ、シカ)を衛生的に取り扱うための指針(ガイドライン)を出しています。これは、捕獲時に内臓を傷つけて中の細菌で肉を汚染しないことや、その後も衛生的に皮を剥いで、内臓を抜き、体の表面や腸管の中にいる食中毒菌が肉に付着しないよう、増えないようにするためのものです。しかし、いくら衛生的に取り扱っても、そもそも肉の中に病原体が潜んでいたら、どうでしょうか。寄生虫にはそれが可能なのです。



図1 箱罠で捕獲されたシカ

寄生虫と言ってもどのくらいの種類がいるか、考えたことはあるでしょうか。アメーバのような単細胞のもの(図2)、蚊やダニ(これ自体も外部寄生虫と呼ばれます)の吸血時に侵入し血液中に寄生するもの、幼虫が皮膚を食い破って侵入したり(図3)、体内を這い回ってから消化管で成長するもの、目黒寄生虫館に飾ってあるような何メートルもあるようなサナダムシなど実に様々な寄生虫がいます。単細胞のものは医学・獣医学的には原虫と呼ばれています。多細胞のものを蠕虫(ぜんちゅう)と呼び、この中には回虫や蟯虫(ぎょうちゅう)のような線虫、サナダムシと呼ばれる条虫、口とお腹に吸盤を持つ吸虫(ジストマとも呼ばれます)などがいます。それぞれの寄生虫たちは宿主(しゅくしゅ:寄生虫の虫かごとなり、餌になる生き物のことです)に入り込んで、成長し、卵を産んだり、幼虫のまま食物連鎖を利用して次の宿主へ移動したりします。幼虫が利用する宿主を中間宿主と呼びます。いくつもの中間宿主を経て成虫になるものでは、最初の宿主を第1中間宿主、次の宿主を第2中間宿主と言い、発育に伴い幼虫のステージ(ゲームのキャラクターのよ

うに発育過程によって形も呼び名も変わっていきます。例えば、吸虫の基本形は虫卵→ミラシジウム→スポロシスト→レジア→セルカリア→メタセルカリア→成虫)を変えていきます。食べられてもその中で幼虫のステージが変わらない宿主を待機宿主と呼びます。そして、食物連鎖などを利用して好みの宿主に入り込む機会を待つのです。成虫が住む宿主を終宿主と呼び、この中で次世代の寄生虫が生み出されていきます。蚊やダニなどの吸血性の節足動物を利用するものでは、吸血の時に人や次の動物に寄生虫が受け渡されます。食べ物を介して口から感染する寄生虫でも、素直に消化管などの最終的な寄生部位(これも寄生虫によって好みがあります)に行って成虫になるものは少なく、体内を巡ってから最終的な寄生部位に定着するものの方が多いです(理由は謎のままです)。ただ、どんな動物にでも寄生できるかというそうではなく、寄生虫は結構好みがあるようで、この宿主じゃないと成虫になれないという宿主特異性を持っています(この理由も解明されていません)。好みの宿主域(ストライクゾーン)の厳密さは寄生虫によっても違いますが、全然違う宿主に入ってしまった寄生虫は免疫を逃れるためか、いつもの寄生部位が見つからなくてパニックになるのか体内を這い回り、結局変なところに入り込んでしまうことがあります(異所寄生と言います)。宿主の方も慣れた寄生虫ではないので、免疫が過剰になってひどい症状が出ることもあります。このように、まだまだ謎が多い上に複雑な寄生虫の世界ですが、何となく色々な寄生虫がいることはご理解いただけたでしょうか。寄生虫の数については、宿主よりも遥かに多いとも言われており、日々新種も報告されていることから地球上にどのくらいいるかは不明なままです。ただ、膨大な数の寄生虫が今なお私たちを狙っているのは間違いありません。



図2 肉に寄生する住肉胞子虫。筋肉の中の袋とその中のバナナ型をした沢山の原虫本体



図3 幼虫の入りこんだ跡のミミズ腫れ

さて、ここからが本題の肺吸虫についてです。肺吸虫はその名のとおりに、肺に寄生する丸っこい豆のような形をした吸虫です。大きさは成虫で1cmくらいです。これが肺に寄生すると、症状としては胸の痛み、息苦しさや茶色っぽい血液まじりの痰が出たりして、レントゲンで肺に影が写るので肺がんや結核と間違えられたりします。肺にいてくれればまだ良いのですが、ついいうっかり脳などに入り込むと大変です。入り込んだ場所によって痙攣や嘔吐、麻痺、視覚障害などの症状が出たりするので、開頭手術によって脳に入り込んだ虫体の摘出が必要になることもあります。人はメタ

セルカリアと呼ばれる形態の幼虫が寄生したサワガニやモクズガニなどを生で食べたり、感染カニを食べたイノシシなどの筋肉に潜んだ幼虫を食べることで感染します(図4)。イノシシは好んでサワガニを食べるので、肉に幼虫がいることがよくあるのですが、シカ肉を食べて肺吸虫に感染したという患者さんが20年くらい前から何人も報告されてきました。草食であるシカがサワガニを食べたとは考えにくいの

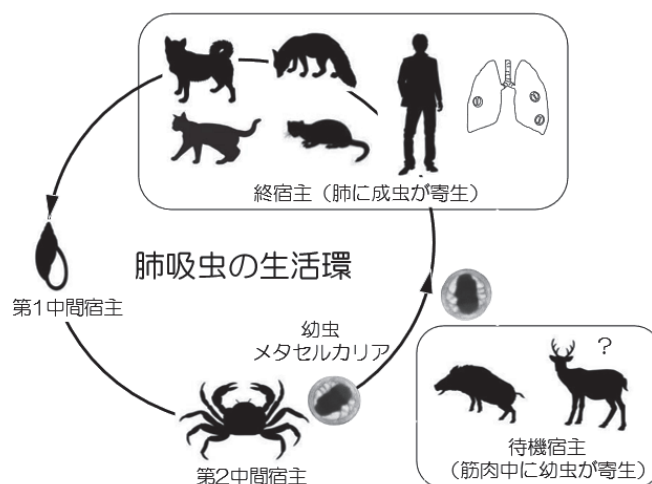


図4 肺吸虫の生活環

で、これまでは、「シカ肉しか食べてないなんて言っているけど、生焼けのイノシシ肉やらサワガニも一緒に食べてたんじゃないの。どーせ酔っぱらってて覚えてないんでしょ。」などと疑われていました。その後、宮崎大学が行ったシカ肉しか食べていない肺吸虫患者さんの居住地調査により、どうも地域性があることがわかってきました。その中には当時私たちがジビエの寄生虫調査を行っていた岐阜県も含まれていました。そして、宮崎大学と共同で岐阜県内のシカ148頭の血液を調べたところ、特定の地域の4頭(2.7%)から肺吸虫に感染した証拠である抗体が確認されたのです。その地域でサワガニを捕まえてみるとやはり肺吸虫の幼虫がいました(図5)。では、シカはサワガニを食べているのでしょうか。シカの胃袋はウシと同じで4つに分かれており、ウシよりは小さいとはいえ、胃の中身は何キロもあります(図6)。とても全部を調べてはいられません(少なくとも私は嫌でした)。そこで、食品用のアレルギー物質検査キットを使うことにしました。カニはアレルギー物質として食品表示が義務付けられていますので、こういった便利なキットが販売されている



図5 サワガニと検出された肺吸虫のメタセルカリア



図6 シカの第1胃

のです。これを使って、岐阜県内で捕れたシカの胃袋の中身を調べてみたところ、肺吸虫の抗体陽性シカが生息する地域の1頭からカニ成分が検出されました。さらに、その胃袋の中身からサワガニと思われる足のかげらが見つかったのです。そのかけらがサワガニかどうかはコロナでおなじみになった PCR という技術を使って調べました。結果、間違いなくサワガニがシカの胃袋に入っていたことが証明されました。そんな調査を続けている最中、九州で捕獲されたシカの肉から肺吸虫の幼虫が見つかったのです。証拠は揃いました。シカ肉は確かに肺吸虫の感染源になるのです。インターネットで検索してみると、シカが肉を食べていたとか鳥を食べたとかいう動画や画像がいくつも出て来ます。草食動物は草しか食べない、だから感染源になるはずがない、そういう思い込みを一回捨てる必要があるかも知れません。

いずれにせよ、今日ではシカ肉も肺吸虫の感染源になることがわかってきました。寄生虫に限らず、ウイルスや細菌に関しても感染予防には生で食べないことが一番です。十分な加熱調理をしてから食べるようにしてください。自己責任なら生で食べても構わないだろうと言う人がいます。どうぞと言いたいところですが、生死に関わるような状態になって病院を受診した場合、自己責任の範疇を超えてしまいます。そして、重症化しやすい子供や妊婦さん、高齢者には生や生焼けは絶対に勧めないでください。他人の健康も自己責任ではカバーできません。野生動物には、我々の知らない寄生虫やその他の病原体がまだまだ沢山いる可能性があるのです。

参考文献(どれもウェブで閲覧可能です)

- ・杉山広ら(2016):シカ肉を介したウエステルマン肺吸虫症の感染リスク. IASR Vol. 37:36
- ・松尾加代子ら(2018):シカ肉の生食による肺吸虫感染の可能性. 日本獣医師会雑誌 71: 449-453
- ・杉山広(2018):野生鳥獣肉に関わる寄生虫症. モダンメディア 64:37-44
- ・吉田彩子(2021):ジビエと寄生虫症～ニホンジカはカニが好き?～. 宮崎大学農学部のがく図鑑 <https://www.miyazaki-u.ac.jp/agr/books/book-vet/post-74.html>

【講演3】 シカにおける住肉胞子虫の保有状況

山崎 朗子

岩手大学 農学部共同獣医学科 獣医公衆衛生学研究室・助教

1. はじめに

近年、多くの地域で獣害対策のため野生鳥獣が個体数調整されており、これらの肉をジビエとして有効活用する地域振興事業が行われている。衛生管理下で肥育される家畜に比べ、野生鳥獣は成育環境が大きく異なるため、家畜では見られない病原微生物に暴露される可能性が大きい。事実、国内ではこれまでも野生獣肉の喫食による食中毒例が報告されており、その病原体は細菌、ウイルス、寄生虫と広範囲にわたっている。最近では、2011年に報告された馬刺の食中毒事例で新規性食中毒起因微生物として発見された住肉胞子虫 *Sarcocystis* sp. が野生ニホンジカにも寄生していることが分かり、2014年に馬刺同様シカ肉の生食で食中毒事例を起こした。

住肉胞子虫については、ウシに寄生する *S. cruzi*、ウマに寄生する *S. fayeri*、ブタに寄生する *S. mniescheriana* などが知られているが、諸外国では、ウシ、ブタに寄生する *Sarcocystis* sp. もヒトに感染すると規定している(図1)。野生動物であるニホンジカは、広範囲を行き来しながら複数の家畜生息域と接触することが考えられる。事実、国内でのシカによる被害に、放牧地での牧草の食害があげられていることから、既にウシとも接触していることが考えられる。このように、野生ニホンジカに寄生している住肉胞子虫はジビエ喫食時のリスクに加え、家畜への感染源、伝播源となる可能性も想定される。

しかし、これまでに報告された疫学研究は、調査地域の偏りや、検体数の数などの点からも十分でないうえに、実体顕微鏡および光学顕微鏡による形態的調査が主であり、寄生量についての調査は詳細に行われていなかった。住肉胞子虫の食中毒発症は摂取量に依存する可能性が無視できないため、これまでに行われてきた種同定に加えて、寄生量に関する調査研究も重要であると考えられる。

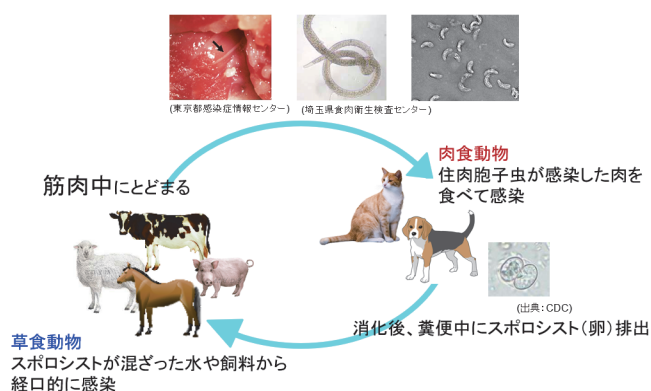


図1 住肉胞子虫の生活環

そこで本研究では、安全なジビエの生産および家畜への伝播防御を基とするジビエ産業振興への寄与を目的として、全国規模での野生ニホンジカにおける住肉胞子虫の寄生量に重点を置いた疫学調査を行った。

2. 研究方法

野生ニホンジカにおける住肉胞子虫の保有率を調査し、さらに、遺伝子を標的とした定量を行う。ジビエ生産量の多い地域を優先的に調査地とし、住肉胞子虫感染数に関わる因子として、地域、雌雄、年齢を例に統計的解析を行った。

本研究では鳥獣捕獲およびジビエ生産を積極的に行っている9都道府県 A～I の研究協力を得て、野生ニホンジカの骨格筋を採取した。試料には雌雄の偏りが無いよう配慮した。各試料 10g に対し 30ml のリン酸緩衝生理食塩水(PBS)を加えてエクセルオートホモジナイザー(日本精機製作所)を用いて乳液状になった試料から、DNeasy Blood & Tissue Kits(Quiagen)を用いて核酸を抽出した。検出の標的とする遺伝子は、18S リボソーム遺伝子(18SrRNA)とした。住肉胞子虫の 18SrRNA 特異的プライマーを用い、Takara EX-Taq の初期変性温度と加熱時間に従って、94℃、3 分間の後、94℃、30 秒間、60℃、1 分間、72℃、1 分間を1サイクルとし、40 サイクルの PCR 増幅を行った。増幅産物をアガロースゲル電気泳動にて泳動し、1,800 bp のバンドを確認した。

また、*Sarcocystis* 属の 18S rRNA 遺伝子共通領域を標的とした定量的リアルタイム PCR を行い、検量線を用いて試料 1g あたりの遺伝子コピー数を算出した。捕獲地域、性別、年齢について、各因子群間での遺伝子コピー数の差を、Kruskal-Wallis 検定、tukey、Steel-Dwass の多重検定、一元配置分散分析、student の t 検定等の統計法にて解析した。

3. 結果

国内ニホンジカ567サンプルについて、住肉胞子虫を保有していたシカの数、A:157頭中149頭、B:90頭中85頭、C:54頭中41頭、D:148頭中141頭、E:2頭中2頭、F:9頭中9頭、G:2頭中2頭、H:3頭中2頭であった。それぞれの陽性率(陽性頭数/調査頭数)は、94.9%、94.9%、75.9%、95.3%、100%、100%、100%、66.7%であった(表1)。

表 1 ニホンシカの住肉胞子虫陽性率(県別)

調査地	A	B	C	D	E	F	G	H
調査数	157	90	54	148	2	9	2	3
陽性数	149	85	41	141	2	9	2	2
陽性率 (%)	94.9	94.4	75.9	95.3	100	100	100	66.7

住肉胞子虫18S rRNA遺伝

子コピー数(寄生量)は、シカ肉1gあたり 10^3 /gから 10^8 /gコピーであった。統計解析に十分なサンプル数がある都道府県A～Dについて、Kruskal-Wallis検定にて県ごとの寄生量(rRNA遺伝子コピー数)の差を解析した結果、4都道府県間に有意差が認められた($p < 0.01$)。この4群について、Steel-Dwassの多重検定を行って、さらに詳細な都道府県間の差を求めた結果、A-B、A-C、A-D、B-C、B-D間に有意差を認めた($p < 0.05$)。Bの値が最も高く、A、C、Dの順に低下した(図2)。

各都道府県でのシカ肉中の住肉胞子虫寄生量について、student t検定を用いて性別間で解析した結果、性別間に寄生量の違いはなかった(図3)。

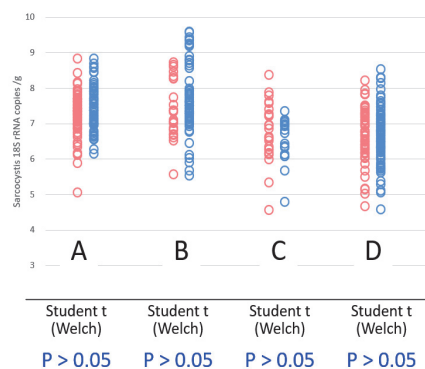
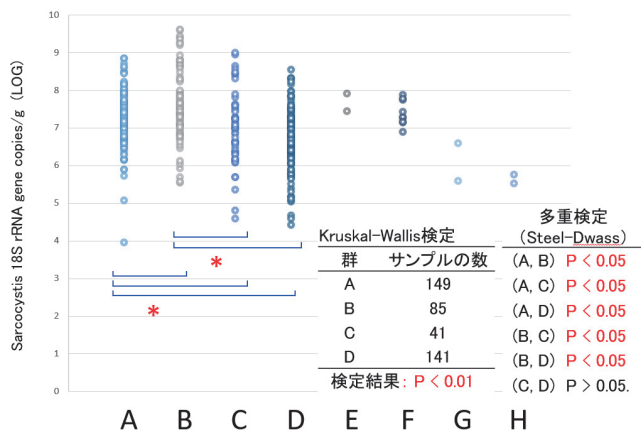
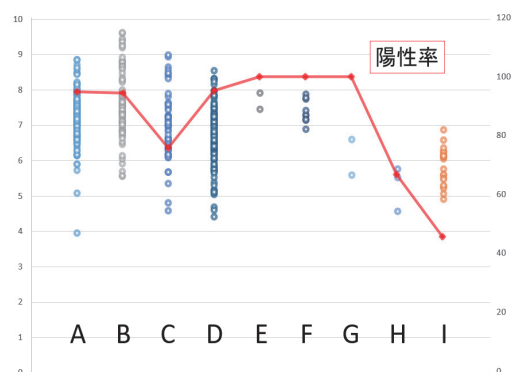
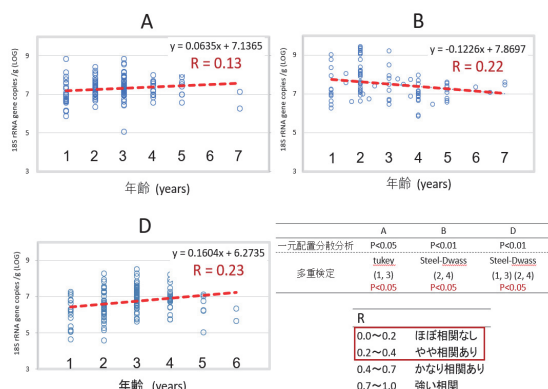


図2 ニホンジカ肉1gあたりの住肉胞子虫の寄生量(県別) 図3 1gあたりの寄生量(性別)

年齢別に寄生量を比較した結果、Aでは1歳と3歳の群に差が認められ、Bでは2歳と4歳の群に差があった。Cでは1歳と3歳、2歳と4歳の間に差が認められた。A、Dでは、年齢が上である3歳、4歳の群の寄生量が他方の群より多く見られたが、Bでは、4歳の群の方が2歳の群より寄生量が少なかった。また、加齢と寄生量の相関について、近似曲線と相関係数(R)を用いて解析した。Aでは $R=0.13$ で相関が認められなかったが、BとDではそれぞれ $R=0.22$ 、 0.23 と、相関係数の基準で査定するとやや相関があった。しかし、近似曲線の傾きは、Dでは加齢に伴い寄生量が上昇するものの、Bでは加齢に伴い減少傾向という真逆の方向であった(図4)。

これらのことからA、B、Dの3地域の結果をまとめると、加齢と寄生量には顕著な相関関係は認められないと考えられる。

新たに離島のニホンジカ46頭を追加調査した結果、陽性数は21頭であり、陽性率は45.7%であった。寄生量は 10^5 /gから 10^7 /gであり、他地域に比べて低かった(図5)。



4. 考察

住肉胞子虫の寄生数は性別や加齢でなく、生息地域に依存することが示唆された。国内に分布する野生ニホンジカは生息地特異的な亜種が存在する。エゾシカ(*Cervus. nippon. Yessoensis*)、ホンシュウジカ(*C. n. centralis*)、キュウシュウジカ(*C. n. nippon*)、ツシマジカ(*C. n. pulchellus*)、マゲシカ(*C. n. mageshimae*)、ヤクシカ(*C. n. yakushimae*)、ケラマジカ(*C. n. keramae*)である。主にジビエとして利用されるのは、北海道のエゾシカ、本州のホンシュウジカ、四国・九州のキュウシュウジカである。本研究ではジビエの主流である3亜種と離島の亜種をサンプリングし、調査した。

生息地間で認められた寄生量の相違は、宿主であるニホンジカの種類に依存するものか、シカの生息地に分布している住肉胞子虫の種類によるものか、複数の可能性がある。この差を決定づける因子を確定するためには、本研究で確認されたシカ肉に含有される住肉胞子虫遺伝子から種を同定すること、また、寄生種が単数であるか、複数であるか、複数の場合は各種それぞれの寄生量を定量することが重要である。離島のシカでの陽性率、寄生量が他地域と比較して大幅に少なかったことは、同離島に生息する動物種の少なさにも起因する可能性がある。住肉胞子虫は中間宿主と終宿主を必要とする二宿主性の原虫であり、さらに、宿主特異性が高くないことが報告されているため、接触する動物種が限られることは、住肉胞子虫の分布および生息数を狭める可能性が示唆される。

住肉胞子虫が食中毒を起こすことが馬肉の事例で明らかになっており、鹿肉によっても類似した食中毒症状が発生したことから、鹿肉に寄生する住肉胞子虫の毒性が危惧されている。しかし、ウマに寄生する住肉胞子虫とシカに寄生する住肉胞子虫は種が異なることが分かっているため、毒性についても異なることが予想される。毒性の差異は、強度、性質、作用機序など、多数の点での違いが想定されるため、毒性解明を目的とした比較毒性研究が期待される。毒性解明の結果を基にした、効果的な無毒および減弱化の処理法を構築することは、安全なジビエの流通に大きく貢献できる。

5. おわりに

野生動物が保有する病原性微生物についての調査報告は、これまで野生獣肉を食用とする文化が浸透していなかった背景もあり未だ少ない。なかでも住肉胞子虫は、これまでも家畜においてはよく知られた寄生虫であったが、ヒトに食中毒を起こす危害性微生物であることは2011年に生食用馬肉での食中毒事例が発生するまで国内外ともに知られていなかった。これは、これまで食肉による食中毒は細菌類かウイルス類に起因するものに二分されていたため原因解明が遅れ、これまでの食肉による食中毒概念を大きく変えた症例でもあった。また、獣肉の生食という日本固有の食文化が引き起こした事例でもあり、住肉胞子虫がヒトへの危害性を持つことが偶然に発見された経緯とも言える。

住肉胞子虫の家畜への感染については、これまでも知られてきたが、この住肉胞子虫が野生動物に非常に高率に感染していることが近年明らかになって来ており、今後のジビエ産業の振興には解決必須の問題であることは明白である。にも関わらず、野生シカ肉の生食または加熱不足

肉の喫食で住肉胞子虫による有症苦情事例が発生したことは、これまでの調査報告の不十分さと一般社会への注意喚起の欠如を表しており、ジビエに関する食肉衛生研究の迅速な進行と、研究成果から得られる情報を広く社会および国民に発信することが求められる。

本研究は、これらの問題解決の一助となり、ジビエの衛生管理に貢献することを目的として行われた。今後はさらに調査規模を拡大し、より正確な知見を多く得て安全なジビエの生産についてはジビエ産業の更なる振興に寄与したい。

謝 辞

本研究の成果は、「厚生労働科学研究費補助(食品の安全確保推進研究事業)」、「伊藤記念財団研究助成」の支援を受けて行われたものであり、全国の地方自治体、地方衛生研究所、都道府県鳥獣対策課、猟友会の研究協力により得られたものであります。全国の共同研究者、およびご協力頂きました全ての皆様に心より厚く感謝申し上げます。

【参考】

- (1) 平成25年度 厚生労働科学研究・野生鳥獣食肉の安全性確保に関する報告書
- (2) *Sarcocystis fayeri*感染馬肉による食中毒獣医疫学雑誌16.No.2 114-125
- (3) Human infection with *Sarcocystis* Species. Clin. Micro. Reviews Vol. 28 No.2
- (4) ヒラメ、馬肉の生食による下痢症に係わる寄生虫 東京都微生物検査情報 33. No.1
- (5) 牛肉における住肉胞子虫感染の現状 日獣会誌 66. 638-640
- (6) 野生ホンシュウジカおよびエゾシカにみられた住肉胞子虫 日獣会誌 51. 683-686
- (7) シカ肉中の *Sarcosystis*が原因として疑われた有症苦情 日本食品微生物学会雑誌 30. No. 1 28-32
- (8) Establishment of a novel molecular detection method for *Sarcocystis* in venison. Foodborne. Pathog. Dis. 18:104-113

【講演 4】 野生鳥獣における病原細菌保有状況

壁谷 英則

日本大学 生物資源科学部獣医学科 獣医食品衛生学研究室・教授

はじめに

現在わが国では一部の野生動物の生息数が増加し大きな社会問題となってる。特に鹿や猪による被害は深刻で、令和 3 年度の農林水産省の報告では、農作物への被害だけでも併せて 155 億円に達している。増えすぎた野生動物に対して、わが国では「鳥獣被害防止特措法」ならびに「鳥獣保護法」を改正し、積極的な駆除を推進しており、環境省の統計では、令和 3 年度には 72.5 万頭の鹿、52.9 万頭の猪が捕獲されている。その一方で、捕獲した鹿や猪の肉をジビエとして活用し、地域の新たな特産とする試みが多くの自治体で行われている。国としても「未来投資会議」における地域経済好循環システムの構築事業として、政府主導で「ジビエ捕獲鳥獣の肉の利活用促進」が進められ、全国に「ジビエ利用モデル地区」として 16 地区を選定し、さらなる野生鹿、猪の食用利用が推進されており、令和 2 年度における野生鳥獣のジビエ利用量は 1,810t で、前年度に比べ 15.8%増加している。このような背景から、野生鹿や猪と人が接触する機会は以前に比べ格段に増加しており、実際にジビエを原因とする様々な人獣共通感染症の事例も散発的に報告されている(表1)。しかしながら、鹿、猪などのジビエは、と畜場法によると畜検査の対象外であり、わが国の鹿、猪由来の各種人獣共通感染症に関するリスク評価ならびにリスク管理は、必ずしも十分行われていない。

表1に示すように、これまで報告されているジビエを原因とした人獣共通感染症事例は、その多くのものが加熱不十分な肉を喫食して発生している。しかしながら、平成 20 年、千葉県において野生ウサギの処理時に野兎病に感染した事例も含まれている。このように、野生鳥獣を原因とする野生鳥獣を食用として利活用する際の人への危害要因を整理するに

表1. わが国におけるジビエを原因として発生した人獣共通感染症事例

年	場所	原因食品	感染症	患者数	死者数
S56	三重	冷凍ツキノワグマの刺身	トリヒナ	172	0
H12	大分	シカ肉の琉球*	サルモネラ症	9	0
H13	大分	シカ肉の刺身	腸管出血性大腸菌	3	0
H15	兵庫	冷凍生シカ肉	E 型肝炎	4	0
H15	鳥取	野生イノシシの肝臓(生)	E 型肝炎	2	1
H17	福岡	野生イノシシの肉	E 型肝炎	1	0
H20	千葉	野生ウサギ(の処理)	野兎病	1	0
H21	茨城	シカの生肉	腸管出血性大腸菌	1	0
H21	神奈川	野生シカ肉(推定)	不明	5	0
H28	茨城	熊肉のロースト	トリヒナ	15	0

*琉球：大分県の家料理で、ブリやサバなどの刺身をしょうゆ、ショウガ、ごまを入れた漬け汁に浸ししばらく置いたもの。

ジビエを介した人獣共通感染症(食品安全委員会)より作成

は、2 つの場面でおこる感染経路を想定しておく必要がある。すなわち、①経口感染(食肉の喫食による感染)、②創傷感染、③ベクターによる感染、に分類される。今回の講演では、特に我々が研究を進めている鹿や猪を原因とする人獣共通感染症について、上記感染経路別に、疫学情報、ならびに感染事例を中心に概説したい。

1. 経口感染経路

Campylobacter 属菌

わが国の鹿や猪から高率に *Campylobacter* 属菌を分離されており、分離株のほとんどが、従来、豚から分離される *C. hyointestinalis* である。*C. hyointestinalis* は、1983 年、増殖性腸炎を示した豚から初めて分離されている。*Campylobacter* 属菌は、「猪の生息密度」と「人工の水場の存在」に関連して高い保菌率を示す。猪は泥浴びをする習性があることが知られているが、*Campylobacter* の暴露機会も高まるものと考えられる (Carbonero et al., 2014)。

Salmonella 属菌

わが国の野生鹿 128 頭について検討した報告では、*Salmonella* 属菌は全く検出されていない。諸外国の報告でも多くは 1.0%未満と低率である。これに対し、わが国の猪の *Salmonella* 属菌保菌率は 7.4% (9/121) と、鹿に比べると高率である (Sasaki et al., 2013)。海外でもヨーロッパを中心に検討されており、猪の *Salmonella* 属菌保菌率は 5.5~22.1% と、比較的高率である (Paulsen et al., 2012)。近年欧米では、猪における *Salmonella enterica* Choleraesuis の特定の遺伝子型が流行し、周辺の飼育豚との間で伝播している可能性が示唆されている (Ernholm et al., 2022)。

志賀毒素産生大腸菌

志賀毒素産生大腸菌 (STEC) は、牛のみならず、鹿を含む反芻獣が自然宿主となる。鹿における STEC の分布状況については、わが国を含めて世界的にも報告は限られている。米国、スペイン、ベルギーの各種野生鹿を対象とした調査では、STEC のうち血清型 O157 の保菌率は、0~2.4% と牛に比べて低い (Sargeant et al., 1999, Dunn et al., 2004, Renter et al., 2001, Garcia-Sanchez et al., 2007)。わが国の調査では、平成 17~19 年、北海道 (阿寒国立公園内) で捕獲したエゾジカの直腸便 108 検体、平成 16~17 年にかけて、東京都奥多摩町の解体処理施設で処理された 120 頭の鹿の部分肉、平成 18 年度に長野県で捕獲された鹿 68 頭の糞便について、それぞれ O157 の検出を試みた結果、いずれも全て陰性であった。しかしながら、実際にわが国や諸外国では、鹿由来の O157 感染事例もあることから、今後、さらに広範囲に、また継続的な検討が必要である。

興味深いことに、野生鹿には血清型 O157 以外の STEC (non-O157 STEC) が 5.0~33.3% (Pierard et al., 1997, Sanchez et al., 2009) と、高率に保菌されていることが明らかとなっている。わが国でも Asakura ら (1998) は、1997 年 6~7 月にかけて北海道帯広市で採取した鹿の糞便 43 検体から、7 株の non-O157 STEC を分離している。分離された STEC は、志賀毒素を産生し、他の様々な病原性遺伝子を保有している株も含まれていた。実際に鹿が保菌する non-O157 STEC が人に対してどの程度病原性を示すか不明であるが、人の散発事例から検出される血清型も含まれていることから、早急にリスク評価をする必要がある (Kabeya et al., 2017)。

STEC を高率に保菌する鹿について、その保菌と関連する疫学要因を検討したところ、「家畜との接触機会の多いもの」ほど、また、「生息密度の高い地域で捕獲された個体」ほど、それぞれよ

り高率に STEC を保菌することを明らかとしている(Díaz-Sánchez et al., 2013)。

一方、猪は鹿と比べると低率ながら O157 STEC を含む様々血清型の STEC を保菌している。欧米で 1.5~5.0%の O157 STEC 陽性率、4~5.2%の non-O157 STEC 陽性率であった。「家畜との接触機会の多いもの」ほど、高率に STEC を保菌する。実際に、捕獲された鹿と同地域の牧場で飼育されている牛から、お互いに同一の遺伝子性状を示す株が分離されたことから、家畜と野生鹿との間で STEC が伝播している可能性が示唆されている。

2. ベクター媒介性感染、創傷・接触感染

豚丹毒

2014 年～2017 年に 41 府県で捕獲された猪から採取した血液検体、計 1,372 頭分について、豚丹毒菌に対する抗体陽性率を検討したところ、95.6%と、極めて効率に感染していることが報告されている(Shimoji et al., 2019)。この抗体陽性率は、欧州諸国で報告された陽性率(2.4%~17.5%)と比べても極めて高い。

Bartonella 属菌

Bartonella 属菌はノミやダニなどの吸血性節足動物により媒介され、哺乳類の赤血球内に寄生する細菌である。我々は、わが国の鹿における *Bartonella* 保菌状況を検討したところ、全体で 41.5%(34/82)と、高率であることを明らかにした(Sato et al., 2012)。分離株の遺伝子解析の結果、欧米の鹿からも分離される *B. capleori* が 29 頭の鹿から、21 頭(うち 8 頭は *B.*



図 1. 鹿に寄生している外部寄生虫 (シラミバエ)

2

capleori との混合感染)からは、異なる 2 種類の新種と考えられる *Bartonella* がそれぞれ分布することを明らかにした。鹿の保菌するこれらの *Bartonella* による人への病原性については、これまでのところ不明であるが、主にシカシラミバエ(図 2)によって伝播するものと考えられている(Sato et al., 2012)。

おわりに

捕獲された野生鳥獣を有効に活用するため、食肉に利用する試みが進められている。厚生労働省は「野生鳥獣肉の衛生管理に関するガイドライン」を策定、令和 2 年 5 月には一部改正し、野生鳥獣肉の衛生管理の徹底を推進している。一連の食肉処理工程における糞便や土壌からの細菌汚染防止のため、衛生的な処理方法を啓蒙していく必要がある。しかしながら、野生鳥獣の

場合、糞便、土壌汚染を完全に排除しても安心できない。野生鳥獣は、本シンポジウムで紹介されたように、様々な寄生虫が高率に感染している。このようなことから、野生鳥獣肉は十分な加熱が必須であることを改めて強調して、私の稿を閉じたい。

謝辞

本講演で紹介した研究成果の一部は、科学研究費補助金・基盤研究(C)「野生動物に分布する新規人獣共通感染 *Campylobacter* の生態解明と病原評価」(課題番号:21K05962; 令和3年度～令和5年度)、厚生労働科学研究費補助金(食品の安全確保推進研究事業)「野生鳥獣由来食肉の食中毒発生防止と衛生管理ガイドラインの改良に資する研究」(課題番号:21KA1003; 令和3年度～令和5年度)、の支援を受けて行われたものであります。多くの共同研究者および採材等にご協力頂きました皆様に改めて深謝いたします。