

日本鹿研究

第15号

(2024年7月)

目次

一般社団法人全日本鹿協会発足のご挨拶	橋爪秀一	1
【特集】		
シンポジウム解題「森と鹿、そして人間」	小林信一	2
日本の森林の現状と課題	吉岡拓如	6
森林とシカの関係を考える	鵜飼一博	14
林業家から見たシカ問題	竹川将樹	18
シンポジウム「森と鹿、そして人間」総合討論		22
【論文】		
長野県産シカ肉における8, 11-オクタデカジエン酸の検出と脂質の抗老化作用	小木曾加奈、大西実佑、村野耕平	28
【研究ノート】		
緑茶染料を利用した鹿革の染色についての検討	安本知世	36
【海外報告】		
仏ランブイエに棲むニホンジカを訪ねて	石井陽子	42
【調査報告】		
ホンシュウジカ (<i>Cervus nippon centralis</i>) の頭胴長推定式	片倉景道	46
【解説】		
ニホンジカの分類分布、枝角サイクルと「日本薬局方外生薬規格 2018」について	大泰司紀之、永田純子、太子夕佳、伊吾田宏正	49
北海道エゾシカの有効利用—鹿茸、鹿角の調査を中心に—	若命浩二	56
人獣共通感染症のベクターとしてのマダニ	木村俊也	61
クマの被害と認証の必要性	押田敏雄	68
お詫びと訂正		72
編集後記		73

一般社団法人全日本鹿協会発足のご挨拶

橋爪 秀一
(一社) 全日本鹿協会 理事長

いよいよ、2024年度が始まり、皆様に於かれましては良いスタートをお切りになられましたこと、心よりお慶び申し上げます。

さて、任意団体であった全日本鹿協会は、本年2月15日付けで法人化され、**一般社団法人全日本鹿協会**を発足させることができました。法人化に際しましては、顧問の安藤均先生の多大なご指導・ご協力を頂きましたので、この場をお借りして、深く感謝申し上げます。

ところで、法人化のメリットと致しましては、先ず、第一に信頼度が高まることが期待できます。他機関との連携もこれまで以上にスムーズに、より深い連携の共同作業、意見交換も行えるものと考えており、活発な協会活動を行うために大いに活用して参りたいと考えています。また、公的な補助金申請もより広範囲に行える資格を得ましたので、協会の力量を考慮し世の中の信頼を裏切ることがないように配慮しつつ、補助事業にもチャレンジを行いたいと考えています。

今後、更なる活発な活動を行うためには、会員を増やし、自己資金も豊かにする必要があります。そのためには、我々自身がより活発で魅力的な活動を行い、協会としての価値を高める必要があります。会員の皆様には、本協会の活動に積極的にご参加を頂き、大いにご活躍頂くよう、お願いしたいと思います。

将来に向かい、更なる鹿資源利用を発展させるためには、これまでのような鹿をより良く知るための研修、セミナー、展示会、試食会などを地道に実施することに加えて、独創的な差別化を行う必要があります。例えば、鹿は全身の各部位が様々な機能性を有しており、地域の違いにより機能性に差異が生ずる可能性があります。我々は、この機能性の違いを利用し、高機能鹿資源を利用した地域毎の特産物を開発することにも挑戦したいと考えています。

新たなことに挑戦する、皆様に愛される一般社団法人全日本鹿協会としたいと考えており、皆様のご指導・ご協力を心よりお願い申し上げます。

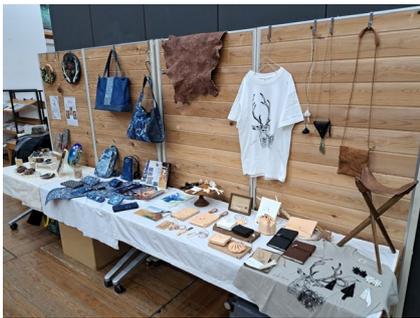
特集 シンポジウム 「森と鹿、そして人間」

2024年1月27日（土）、28日（日）に東京都港区立エコプラザにおいて、シンポジウム・ワークショップ・展示会および総会を行いました。昨年度のシンポジウムでは「縄文時代の森と鹿」をテーマに、私たちのご先祖様の鹿とのかかわり、森とのかかわりについて考えました。今年度は現代の私たちの鹿及び森とのかかわりについて考察しました。鹿などの野生鳥獣問題は、農村部だけではなく、都市の問題になっています。深刻化する野生鳥獣問題解決のカギは、「森」であると考え、森と鹿の関係、そして人間との関係を考える中で、三者のよりよい関係を探りました。シンポジウムはオンラインとの併用で、80名を超える参加者がありました。

【シンポジウム内容】

- 10:00～10:05 挨拶：橋爪全日本鹿協会会長
- 10:05～10:15 趣旨説明：小林信一全日本鹿協会事務局長
- 10:15～10:45 日本の森林の現状と課題：吉岡拓如東大准教授
- 10:45～11:15 森林とシカ：鶴飼一博静岡県立農専大准教授
- 11:15～11:45 林業家から見たシカ問題：竹川将樹ふもとつばら社長
- 11:45～12:15 総合討論/質疑応答（全登壇者参加）

吉岡先生は、急病のため欠席となったため、小林が吉岡先生のパワーポイントを使い、鶴飼先生や竹川社長の助けを借りながら、報告しました。本誌には、吉岡先生と鶴飼先生には新たに執筆をお願いし、小林と竹川社長および総合討論についてはテープ起こしを基に、原稿としました。（小林記）



展示会の様子



ワークショップ

特 集

シンポジウム解題「森と鹿、そして人間」

小林 信一

(一社) 全日本鹿協会 副理事長・事務局長

おはようございます。私は全日本鹿協会の事務局長をやっております小林と申します。私から協会の紹介と本日のシンポジウムの解題をさせていただきます。協会は1990年に設立され、鹿の保護管理と、資源としての持続的活用を図ることによって鹿と人間の共生を目指すということを目的としております。具体的な活動内容としましては、鹿と養鹿に関する調査研究、情報収集あるいは、資源的利用についての様々な研究普及、それに関連する講習会や研究会の開催、国際交流あるいは、国際的な海外研修といったことも行っております。印刷物として毎年「日本鹿研究」という研究会誌をこれまで14号出版しております。それ以外に「養鹿マニュアル」ですとか、「鹿皮なめしマニュアル」といったものも出版しております。

本日はシンポジウムのタイトルとして、「森と鹿、そして人間」ということで、12時15分までさせていただきます。昨年は「縄文の森と鹿」ということで、我々のご先祖様がいかに鹿に関わり、そして、森にかかってきたかということを取り上げましたが、今年はその集大成として現代の森と鹿あるいは、我々人間との関わりということについて焦点を当て議論していきたいと思っております。ご存知のように今鹿を始めとした野生鳥獣問題は、農村部だけの問題ではなくして都市の問題としてクローズアップされています。最近街の中にも熊が出てきたり、鹿やイノシシが出てきたりということで、アーバンベアやアーバンディアといった表現も、割と一般的になってきたのではないのでしょうか。かつては遠い農村の森の中の問題ということだったのが、都市に住む我々の身近の存在として野生動物があるということです。深刻化する野生鳥獣問題の鍵は、私は森ではないかと思っております。その森ということ、今回は森と鹿、そして人間との関係を考える中で、3者のより良い関係を考えたい。我々の活動の1つ

として鹿の棲める森作りがあります。今でも鹿は森に棲んでいるんじゃないかとおっしゃる方もいらっしゃると思いますが、より良い形で、森と鹿と人間が共生できるような、そういう森とはどうものなのかを考えていると思います。今日少しでも深めていけたらと思っております。私の趣旨説明のあとに10時15分から東京大学の吉岡先生に日本の森林の現状と課題をご報告いただく予定だったのですが、残念ながら先生が網膜はく離の緊急手術ということで、今日のご報告いただけないということになりました。これはもう仕方ないことで、先生のご回復をお祈りするばかりです。それで大変恐縮ですが、私が先生のパワーポイントを紹介させていただいて、他の報告者の林業専門家の鶴飼先生や林業家の竹川社長にも、逐次コメントをいただくという形で進めさせていただきたいと思っております。最後に全員に登壇していただいて、総合討論ということで、フロアの皆様を含めた討議ができればと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

簡単に鹿問題とはということをお話しさせていただきます。現在は農産物被害だけで156億円に達しており、このほぼ半分近くが鹿によって占められています。その他はイノシシ、サル、カラスなどです。これが原因で耕作放棄ですとか離農が増加しています。それから、森林面積についても国の統計ですと、被害面積は約6,000ヘクタールと言われており、こちらは鹿による被害は約7割となっています。森林の中で鹿が下層植生を食い荒らすため根がむき出しになったり、木の皮を剥いたりしてしまうために木が枯れています。そうすると土壌を掴む力がなくなってしまいますので、集中豪雨があると土砂崩れ、山崩れが起きてしまうという状況が、今日本の各地で起こっています。それが都市災害の一因になっているということも、鳥獣問題が農村の問題だけでなく都市の問題でもあるというこ

との一端であります。それから、希少植物の食害などの生態系の破壊問題、市街地に出没して交通事故や人身被害を起こしているという問題があります。鹿の増加要因についてよく言われるのは、ニホンオオカミが絶滅したから鹿が増えたという説がありますが、これは正しくない。ニホカミが絶滅したのは100年以上前で、鹿が増加したのはこの30年ぐらいです。30年ぐらいでシカの頭数は約10倍になっています。ですからタイムラグがあるということで、オオカミの絶滅は最近の鹿の増加には関係ないと思っています。むしろ先程見たように鹿が棲む森林の中には餌となる下草や、針葉樹林になっているので、シカが好きなどぐりはなりません。本当に鹿ですとかイノシシはどنگりが大好きですね。そうであれば森の中に餌はないので飢えて死ぬしかないのですが、一旦森から外に出ますと人間が作った美味しい餌—農産物がたくさんある。それでそちらに引き寄せられて、農産物を食べて繁殖していく。これが、人間と鹿との緊張関係が今非常に高まっていることの要因だと思います。ですから、元を辿れば森をどうするかということが大きな問題になっていると思います。概念的になぜ鹿が、大きな問題になっているかを示した図ですが、森林から言うと、

落やそれによる農業所得の低下によって過疎高齢化が進んでいく。農家の営農意欲が低下して耕作放棄地が増えていく。そうすると放棄地を伝ってイノシシや鹿が、農地に侵入していく。被害を受けると農家は営農意欲がまた低下する。こうした悪循環が、今起こっているわけです。ですから鳥獣問題の解決には農業・農村の衰退に歯止めをかけることが必要ではないかと思うのです。単にシカを殺せばよいという話ではないのです。

国は鳥獣被害の対策の三本柱として個体群管理、つまり殺すということですね。今鹿だけでも年間71万頭を個体調整という形で、そのうち約8割が国とかが助成金を出して殺してもらっているのです。もう1つは侵入防止対策ということで、柵を巡らして、鹿やイノシシが集落に入らないようにするという事です。3つ目の柱としては、生息域環境管理ということ。これは刈払いによる餌場や隠れ場の管理ということで、例えば放任果樹—最近取らなくなった柿や夏みかんなどがあちこち見られますが、こういうものを伐採するという事で、なるべく集落に鹿やイノシシが、入らないようにすることです。実は生息環境管理として、もっと重要だと思われるのが森林管理ではないかと思

っています。森林の中で、鹿がある程度生活できるように森林をしていくことが、生息環境管理の一つの大きな柱になるべきではないかというのが私の考えです。

今、シーラックグループから助成金をいただいて、「世界遺産富士山を未来へ」というプロジェクトをやり、この3月で2年間の活動を終了

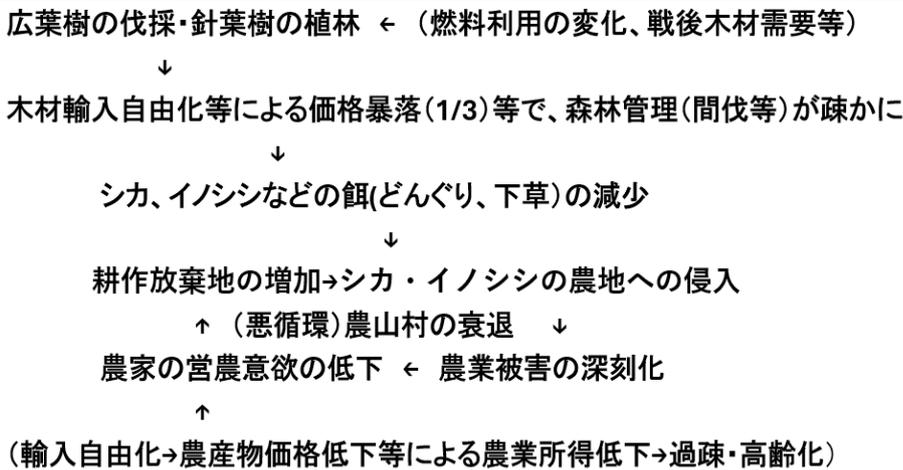


図 農林業の衰退と野生鳥獣害激化の悪循環

戦後の復興需要から広葉樹を伐採して、針葉樹を植林した。しかし、間もなく輸入自由化などがあって木材価格が暴落してしまった。すると林業家は採算が取れないため、森林管理がおろそかになっていったという背景があるのではないかと。先程のように森の中に餌がなくなる状況がある一方で、農村では農産物価格の下

するのですけれども、害獣を宝に、シカ資源利活用プロジェクトということで、この後で富士山の竹川社長から詳しく富士山西麓の状況もお話いただけますが、こうした鹿と共生できる森づくりということを行っています。富士山の西麓が、鹿の生息頭数で静岡県では伊豆に次いで多い所です。環境省では平方キ

ロメートル当たり3から5頭が適正規模だと言われているのが、最近でも20頭以上です。先日伊豆に行ってきましたが、ひどいところは100頭ぐらいになっているそうですが、それに次いで、富士山周辺は鹿が非常に生息密度の濃い所です。富士宮の朝霧高原は、約700ヘクタールの牧草地を抱える静岡県では一大酪農地帯ですが、その牧草被害調査をこの10年ぐらい行っていますが、ひどい時は、酪農家が一生懸命作った牧草のほとんどを鹿に食べられてしまうという状況でした。センサーカメラで映すと昼も夜も鹿が牧草地を闊歩している状況がわかります。今酪農家は飼料価格の高騰で非常に経営的に厳しい状況になっているのですが、それにプラスして、自分たちで一生懸命作った自給飼料を鹿に食べられてしまうというダブルの痛手を負っている状況にあります。

私達の森林整備活動は、森のたねの井戸理事を中心に年に10回程度行っています。それから、環境教育として、エコツアーの開催などもやっています。鹿皮鞆しやシカ製品作成ワークショップなどは、熱海や京都、鎌倉、埼玉などでも行っています。それから、富士宮の商店街の方達と一緒に商品開発なども行っております。今年は鹿革をお茶によって染色するという事兵庫の専門家の会員が研究されています。今日の展示会では長野のプロジェクトによる藍染めの鹿革製品を展示させていただいています。以上のような私達の活動にもご興味いただければ、ありがたいと思います。

特集

日本の森林の現状と課題

吉岡 拓如

東京大学大学院農学生命科学研究科

はじめに

筆者は林道や林業機械、作業システム、労働科学を対象とする森林利用学を専門分野としており、森林科学のなかでも第一次産業としての林業の素材生産に関わる領域の教育・研究に携わっています。本稿では、主に技術的側面から日本の森林・林業の現状を紹介するとともに、今後の課題を考えたいと思います。

日本の森林・林業の現状

森林利用学分野において、筆者はエネルギー利用を目的とした未利用森林バイオマス資源の収穫と輸送について、コストやエネルギー収支、温室効果ガス排出量の点から評価する研究に取り組んでいます。日本にとって森林資源は、燃料革命が起こる昭和30年頃までは貴重なエネルギー源でした(図1)。最近の森林伐採量が年間5,000万m³前後であるのに対し、戦中の昭和18年には1億m³を超え、その6割が薪や炭として燃料利用されていました。

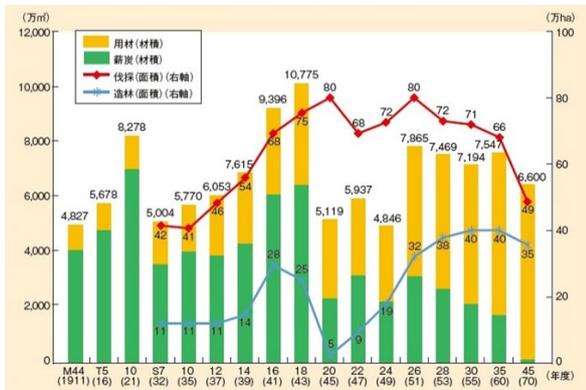


図1 戦前・戦中・戦後の木材伐採量の推移

加えて戦後の復興のために大量の木材が必要となり、昭和20年代には山から木が伐り出されました。

これを受け林野庁は、拡大造林政策という、単位面積あたりの成長速度の遅い天然林を伐採し、そこにまっすぐ伸びて成長の早いスギや柱材としての価値が高いヒノキ、寒さに強いカラマツを植えることで、全国各地に人工林を造成する林種転換を昭和30年代より実行しました。実は現在に至るまで日本の森林の総面積は増えても減ってもおらず、天然林が減り人工林が増えるという傾向で推移しています(図2)。



図2 森林面積の推移

戦中・戦後の集中的な伐採により疲弊した日本の森林が、拡大造林などを経て回復していく一方で、経済成長とともに林業の採算性が悪化し、山村から人が離れ、木材自給率は低下の一途をたどることになります。次第に造林への意欲が失われていった結果、人工林の年齢構成がバランスの悪いものとなってしまっているのが現状です(図3)。最終的な収穫を意味する主伐の時期を迎えた高齢級の人工林の面積が、大半を占めています。図3を一見すると、正規分布に似た美しいグラフに勘違いしてしまいがちですが、これを90度回転させて人口ピラミッドと

考えれば、これがいかにいびつな状態であるか、つまり壮齢期の人工林（中年と老人）が多く若齢期（子どもと若者）が少ない、ということがご理解いただけるかと思えます。

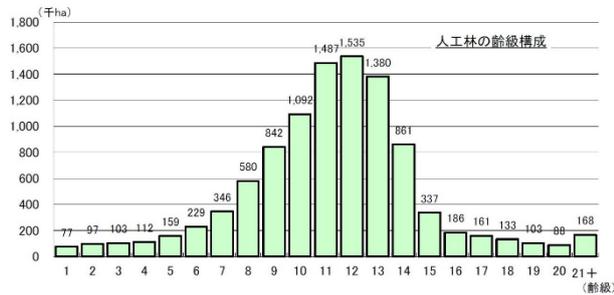


図3 人工林の齢級構成

齢級の1分期が5年間（1齢級は1～5年生）を表している。

木材自給率の下落については、拡大造林によって植えた木が十分な大きさに育つ前に、昭和39年の木材（丸太）輸入の完全自由化、変動相場制への移行（昭和48年）、プラザ合意（昭和60年）などによって、海外から安い木材を輸入できるようになったことがその要因として挙げられます（図4）。しかし平成期は、平成14年の18.8%を底に回復基調にあります。人工林資源の成熟にともない素材生産量が増加しつつある一方で、昭和末期から平成初期にかけてのバブル経済の頃には年間1億 m^3 を超えていた木材需要が、バブル崩壊後の長期にわたる経済不況で住宅着工戸数が減少する等の理由で減少傾向にあり、輸入材が減少して相対的に国産材の割合が高まったことによるものです。令和2年には木材自給率が41.8%と、およそ半世紀ぶりに4割の水準にまで回復しました。

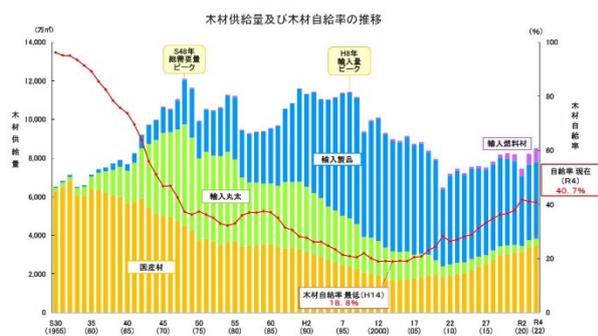


図4 木材自給率の推移

少し昭和期に戻って、当時の林業の就業環境を見てみましょう。スギ1 m^3 で雇用できる伐木作業員数のグラフ（図5）は、林地に生えた状態でのスギの幹材積1 m^3 あたりの価格を意味する山元立木価格を、木材伐出業の1日あたり賃金で割った値の推移を表しています。昭和36年にはスギ1 m^3 で10人以上を雇える計算であったことから、かつては労働集約的な作業が可能であった様子がうかがえます。自給率は下がりながらも、まだ山にある木の価値が高かった時代に、国有林を中心に白ろう病と呼ばれる労働災害が広がり社会問題となったこともあり、林業では生産性よりも安全性が重視されていたという見方もあります。その間も、木の価値は下がり人件費が高くなり続けたために、平成以降は1 m^3 で1人分の給料すら払えなくなってしまいました。

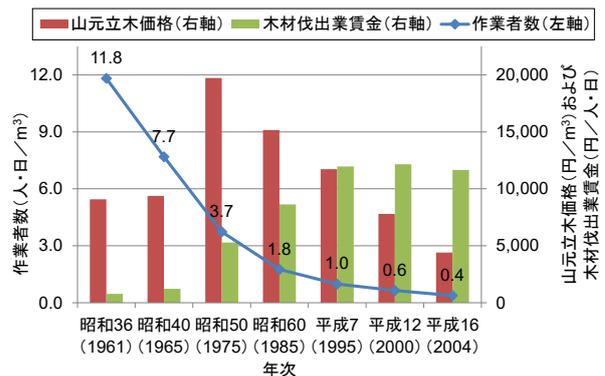


図5 スギ1 m^3 で雇用できる伐木作業員数

林業従事者数は、拡大造林の頃までは豊富であった労働力が、若者を中心に収入源を失った山村から都市へと流出した結果、昭和55年からの40年間でおよそ10万人減少するとともに、65歳以上の従事者数の割合を示す高齢化率も、全産業と比べて高い状態にあります（図6）。

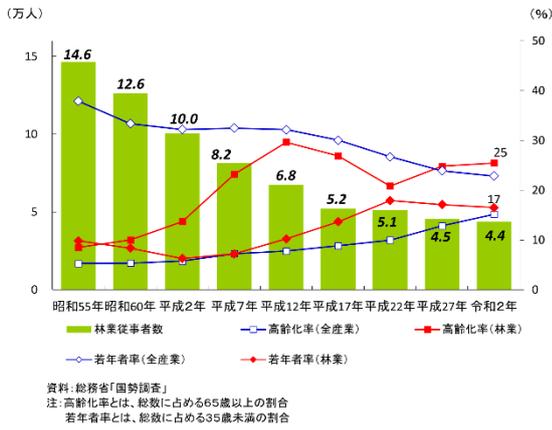


図6 林業従事者数の推移

高性能林業機械の導入・普及 (平成期)

図6における35歳未満の従事者数の割合を示す若年者率に関して、全ての産業で低下するなか林業だけは上昇傾向にあります。このことには、自然を相手にする仕事、環境を保全する仕事はすばらしいといった精神的な理由だけでなく、実務面で機械化によって重労働から解放されつつあることも寄与していると考えられます。

林野庁は、昭和63年度より「高性能林業機械」と呼ばれる大型機械による機械化を、当初は海外から輸入する形でスタートしました。現在では1万台以上が導入され、高性能林業機械による素材生産量が全体の8割を占めるまでに至っています。機種別では車両系集材機械のフォワーダが最も普及していますが、機能別に見ると、伐り倒された状態の1本の木の枝を払い(枝払い)、適切な長さの丸太に切断(玉切り)する造材機能を備えたハーベスタとプロセッサが最も多く保有されています(図7)。

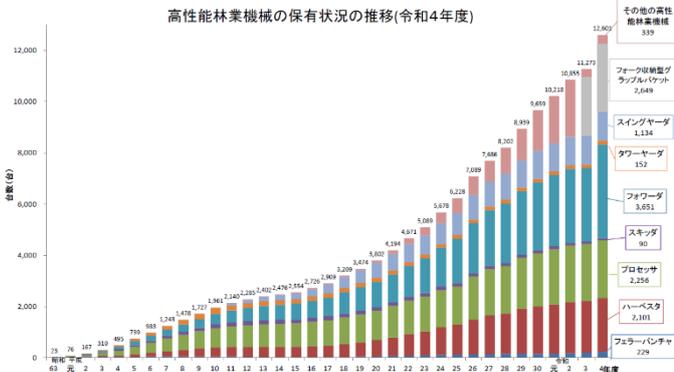


図7 高性能林業機械の保有台数の推移

林野庁は、図7のとおり高性能林業機械を9種類に区分していますが、世界的に見ると普及する機種には地域性があると考えられます。本稿では、代表的な作業システムとして北米、北欧、オーストリアの事例を紹介します。

北米方式(図8)は、アメリカとカナダで主に採用されている作業システムで、フェラーバンチャで立木を伐倒した後、グラップルスキッドが全木集材を行います。林道脇の土場と呼ばれる作業スペースで枝払いされた長い状態の全幹材を大型トレーラで運材する方式が一般的です。



図8 北米方式

スウェーデンとフィンランドで発展した北欧方式(図9)は、ハーベスタによる伐倒・造材とフォワーダによる集材でシステムが構成されます。平坦な地形で伐倒から集材まで2台の機械による効率的な作業を実現していますが、さらなる低コスト化を目指し、ハーベスタとフォワーダの機能を1台にまとめたハーワーダという機械も開発されています。



図9 北欧方式

オーストリアの山岳地では、伐倒作業はチェーンソーで行いますが、ワイヤーロープで材を集める架線系集材機械のタワーヤードで林道脇へ全木集材した後、プロセッサで造材するのが一般的です。近年では両者を組み合わせたコンビマシンが普及し、1台の機械で集材と造材の2つの作業を効率的に行っています(図10)。



図10 タワーヤードとプロセッサのコンビマシン

ここで素材生産の労働生産性と生産費について、日本とスウェーデン、オーストリアを比較してみます(表1)。日本と林業先進国とされる両国との間には開きがあり、実際のところ日本はスウェーデンやオーストリアからも木材を輸入しています。

表1 素材生産の労働生産性と生産費

国名	労働生産性(m ³ /人・日)	生産費(円/m ³)
日本	主伐:4.00	主伐:6,342
	間伐:3.45	間伐:9,333
スウェーデン	30	主伐:1,300 間伐:2,400
オーストリア	7~43	3,200~5,500

高い労働生産性の要因として、スウェーデンは緩やかな地形に恵まれ、農業と同じような感覚で林業が営まれていることが挙げられます。またオーストリアの場合は、木材価格が比較的高かった1960年代から路網(林道、作業道などからなる道路のネットワーク)への投資が重点的に行われ、その後、材価が低迷し人件費が上昇するなか、機械化による生産性の向上を実現したといわれています。急傾斜地という共通項のあるオーストリアをお手本とすることの多い日本からすれば、機械が現場まで入っていくことのできる道路をいかに整備していくか、ということになるのですが、両国の林内路網密度(森林1haあたりの道路延長)を比較すると、日本の森林にはオーストリアの4分の1にも満たない量の道路しか整備されていないことがわかります(図11)。図11は、林道と作業道(図12)の密度を足し合わせたものです。

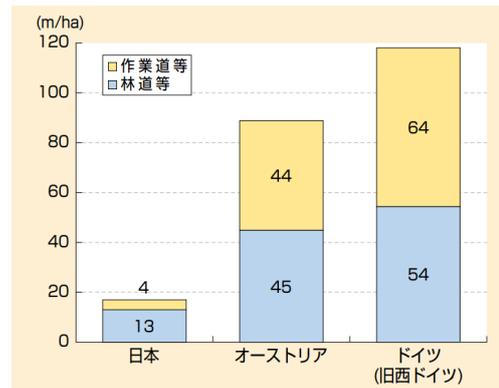


図11 林内路網密度の諸外国との比較(2009年)
日本はその後10年間で19.7 m/haに増加している。



図12 林道と作業道

日本の典型的な機械化作業システム(図13)は、やはりオーストリアに似ています。近年は、タワーヤードがより簡易なスイングヤードに置き換わった現場が多くなっています。スイングヤード、プロセッサ、フォワーダの「三点セット」が日本の林業の現場で最もよく見られる大型機械の組み合わせです。オーストリアのシステムに似てはいるものの、建設コストが高い林道の不足分を作業道で補完しているのが現状です。本当はプロセッサが稼働している土場まで林道が届いていればもっと安くできるのに、そうではないために止むを得ず作業道をつくり、仕方なくフォワーダで運び出している、という表現が適当ではないでしょうか。日本の人工林資源がようやく充実期を迎え、1haあたりの森林蓄積はオーストリアと同水準にまで達しています。すなわち日本の木が大きくなっていることの表れであり、機械化と路網整備による素材生産体制さえ整えば、林業先進国と同等の生産性を期待できる素地があるとも解釈できるだけに、もどかしい状況にあるといえます。

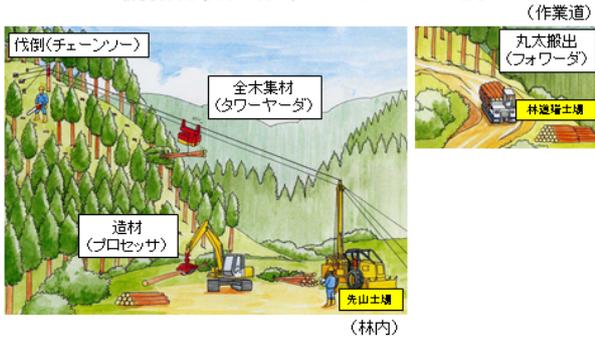


図 13 日本の典型的な機械化作業システム

最近の技術開発の動向

令和元年度に市町村による森林整備等の新たな財源である森林環境譲与税の譲与がはじまり、令和6年度には総計600億円が、私有林人工林面積と林業就業者数、人口に応じて全国の市町村と都道府県に譲与されることになっています。また、令和2年に政府が2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言したことを受け、二酸化炭素吸収源としての森林や、炭素の貯蔵源としての国産材利用に対する期待が高まっています。さらに令和5年には、花粉症対策として、発生源となるスギ人工林の伐採や花粉の少ない品種への植え替えを重点的に進める地域が設定されるなど、現在、日本林業に(猛烈な)追い風が吹いているような状態です。

そのようななかで林野庁は、近年その進化が目覚ましい情報通信技術 (ICT) や UAV (ドローン)、三次元レーザースキャナなどを活用した「スマート林業」を(農業に追随する形ではありますが)推進しています。この背景には、中間マージンが多く発生し、旧来のアナログ的な商慣行が続いてきたために高コスト構造から脱却できない林業や木材流通の領域に、デジタル技術の導入によってイノベーションを起こすことで、サプライチェーンを合理化するねらいがあるものと考えられます。

機械開発については、「自動化・無人化」が世界的なトレンドとなっています。経済性の面では「人員を減らす」、安全性の面では「人を林内に入らせない」ことが重要であり、日本では、たとえば前者の視点では自律的に走行する自動走行フォワーダ (図 14)、後者の視点では遠隔で操作する伐倒機械であるラジ

コン式フェラーバンチャ (図 15) の開発などによる「新しい林業」の姿が模索されています。



図 14 自動走行フォワーダ



図 15 ラジコン式フェラーバンチャ

傾斜地への対応に関しても、海外の事例を参考に取り組まれています。これまでは架線による集材が主流でしたが、ワイヤーロープに吊るされた搬器に林内で木材をくくりつける作業は人間が行う必要があります。この作業を、搬器に装着したグラップルと呼ばれる木材を把持する機構により遠隔操作で行う「架線式グラップル」の開発が進められています (図 16)。さらに、オーストリアの山岳地ですら架線集材ではなく、車両系機械による作業をワイヤーロープでサポートしながら行うウインチアシストシステムの普及が進み (図 17)、日本でも導入が検討されています。



図 16 架線式グラップル



図17 ウインチアシストシステム

ハーベスタ(左)は尾根からロープで支えられ、運材車(右)は造材された丸太をロープ伝いに無人でピストン輸送している。

スウェーデンでは、たとえば製材工場の需要情報に基づいて、採材寸法(丸太を玉切る長さ)を造材機械に指示したり、丸太の配送先を決めたりするシステムが、インターネットなどの通信網の整備によって確立されています。日本の森林総合研究所は、造材と同時に三次元スキャナによって丸太の品質に関する情報を、スウェーデン発の世界標準のデータ形式で取得することが可能なICTハーベスタの開発を進めています。先に紹介したラジコン式の機械も、いずれは現場ではなくコントロールセンターのようなところから遠隔操作できるようになるのが理想です。また、日本の大手通信会社もこの分野への進出に積極的であり、苗木の植栽や下刈りといった育林作業の機械化が検討されています(図18)。



図18 育林機械の開発

以上に示した開発中の機械が実用化されることなどによって、林野庁は「新しい林業」において、1haあたり450万円程度の経費に対して560万円の収入が期待でき、森林所有者に収益を還元できるようになると試算しています。しかし、実は収入には収益とほぼ同額の補助金が含まれており、補助金投入分しか儲からない「新しい林業」をイノベーションと呼んでよいのか、疑問が残るところではあります(個人の感想です)。しかも植栽から素材生産までしか考

えられておらず、そこではどのような品質の材をいつまでにどのくらい生産するか、ということが考慮されているようには見えません。筆者の専門分野の森林利用学も同類で、労働生産性($\text{m}^3/\text{人日}$)が上がったとか生産コスト($\text{円}/\text{m}^3$)が下がったとかで一喜一憂していますが、川上にある山を「在庫」と位置づけ、川中(木材加工業と流通業)や川下(建設業と消費者)へ適切に供給できる体制を整えるためにいかに森林資源情報を整備し、機械化を進め、路網を配置するかという視点も大切です。

川中・川下への材の供給に関する最近のトピックを1つ紹介します。コロナ禍やウクライナ情勢が緊迫した令和3年は、世界的に木材供給がひっ迫した状態にありました(業界では「第三次ウッドショック」と呼ばれています)。日本も海外からの輸入が滞ったことで、国産材の利用を拡大する絶好の機会が訪れましたが、結果的に(たとえば径級のそろった丸太を大量かつ安定的に供給する能力が国内には十分に存在しないというような)大型製材工場などへの国産材供給体制の脆弱さがかえって浮き彫りになってしまいました。また、住宅用構造材のうち家屋の梁となる横架材の輸入材への依存度がとくに高いのですが(図19)、これは建築基準法で定められた強度を国産材製品がクリアするにはハードルが高いためといわれています。自給率が下がり続けていた平成7年に発生した阪神淡路大震災を契機に、木造住宅の構造に関する要件を定めた建築基準法や木材の品質に関する要件を定めたJAS規格が強化されていきました。林業に比べて産業としての規模が圧倒的に大きく、輸入材利用が中心であった木材加工業や建設業に主導権を握られ、国産材が置いてけぼりにされてしまったと解釈できなくもありません。国産材の使用割合向上のための技術開発や環境整備が不可欠です。また林業サイドには、無駄を少なく、最も売れるように採材するという視点から、その時々需要に対応できるよう、製材工場と連携した生産・加工体制づくりが求められます。

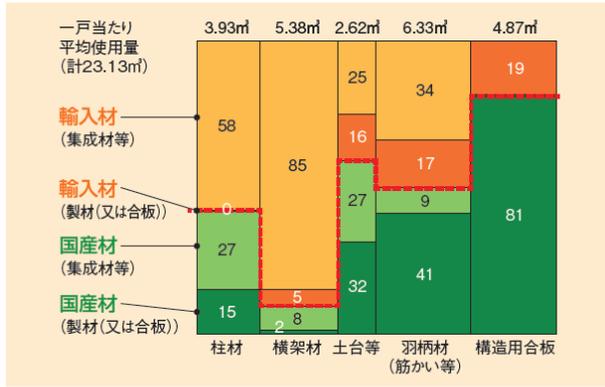


図19 木造軸組住宅の部位別木材使用割合

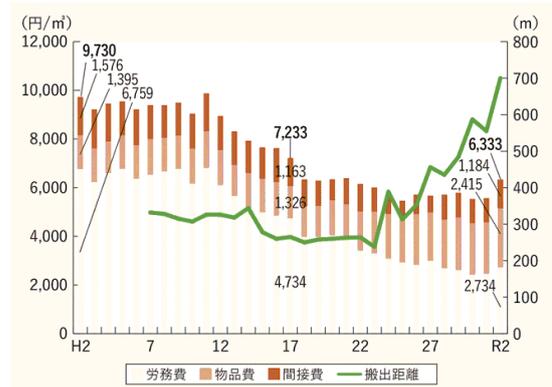


図20 素材生産費と搬出距離の推移

今後の課題

おわりに「日本林業のイノベーション」と「木材生産林として管理可能な人工林面積」の2つの視点から、本稿をまとめたいと思います。

先に示した北米、北欧、オーストリアの山岳地の作業システムは、いずれも工程数が2つか3つとシンプルであり、北欧やオーストリアでは機械開発と情報技術の活用によってさらなる工程数や人員の削減が検討されていました。翻って日本の場合、三点セットにチェーンソー伐倒を加えれば4工程となりますが、工程の多さは如実に生産性の低下につながってしまうので、工程数を減らすことができるようなイノベーションを起こしたいところです。

日本の作業システムのなかで、筆者はフォワーダによる搬出の工程に問題があると考えます。というのは、これまで機械化によって素材生産費は下がってきていたのですが、ここに来て搬出距離が延びて素材生産費が下げ止まりを見せているのです(図20)。これは、これまででは林道から近い、条件の良い場所を伐採できていたけれども、伐採地が徐々に奥地化していることを意味しています。車両系機械で搬出することについては、もともと日本の森林の所有形態が零細であったために、簡易な道をつくって小型車両で運搬するやり方が多かったという背景があるのですが、それだけに「フォワーダによる作業道上の搬出」を抜本的に見直さなければ、イノベーションは到来しないのではないのでしょうか。

フォワーダの普及台数を見る限り、そう簡単に実現できることでないことは承知していますが、1つの可能性のヒントが北米方式にあるように思います。枝払いした全幹材を輸送する北米方式は、山で丸太を仕分ける手間が省けるとともに、製材工場が必要に応じて採材できるため、無駄な部分を少なくして歩留まりや売り上げを高められるメリットがあります。一方で、長い材をトレーラで運ぶため、高規格の自動車道が不可欠です。最近では、山で40フィート(約12m)に玉切りする現場が増えていますが、日本でも(道路交通法等のハードルをクリアして)12mの長材を運ぶことができれば、製材工場での採材時に2m、3m、4m、6mと融通を利かせることができます。従来とは全く異なるやり方を実行するのはなかなか難しいですが、たとえば令和2年に施行された樹木採取権制度の活用を期待が持てます。この制度は、民間事業者の事業量を安定化させることを目的として、国有林の伐採権を取得して、一定区域の立木を一定期間、安定的に伐採できるものであり、国産材の需要拡大に向けて川上と川中・川下の需要者との連携強化を図ることが謳われています。林道をなかなかつけれないので架線系機械によって林道脇まで全木集材を行い、土場で枝払い(と最低限の玉切りを)したうえで長材を輸送する先は、製材工場だけでなく集成材工場や合板工場、発電所、乾燥施設への熱供給等が一体化した木材コンビナートを形成するようなモデル事業による成功例を示すことができれば、認知されていくのではないかと(あくまで個人的に)思っています。

本稿は、日本の素材生産の現状と課題を中心に述

べましたが、そもそも先人が一生懸命に植えてきた1,000万haの人工林(図2参照)のうち、どのくらいをこの先も木材生産林として維持していくことができるのでしょうか。林野庁が森林・林業施策の基本的な方針等を定めた「森林・林業基本計画」では、将来的に木材等生産機能の発揮がとくに期待されるなど、育成単層林として整備する森林面積が660万ha、残りは公益的機能重視の育成複層林や天然生林へ誘導するとされています。しかし、「伐ったら植える」が基本の人工林施業において再造林が重要となるところ、令和3年度の再造林面積は3.4万haであり、伐期(伐採のサイクル)を80年としても、270万ha程度の人工林しか回していくことができません。また、東京大学名誉教授の白石則彦先生は、林業労働者1人が持続的に循環させることが可能な人工林面積を年間80haと提示されており、4.4万人の林業労働者(図6参照)で循環可能な面積は約350万haと計算されます(筆者らの研究グループも、この値に近い結果を得ています)。したがって現実的に木材生産林として管理可能な人工林面積は、最大でも人工林全体の4分の1から3分の1程度、日本の森林面積の1割強にしかならないこととなります。

すると日本の9割の森林は、木材生産以外の機能を主な目的として管理していかなければなりません。もちろん林道でアクセス可能な場所は木材生産林として活用しますが、たとえば人里に近い森林は里山の保全や再生、活用、人里から離れた奥山は自然林の再生、のような地理的条件などに応じたゾーニングが有効であり、すでに国レベルでも都道府県レベルでも実践されています。そこでは当然、多様な生き物との共生を目的としたエリアも重要な区分に位置づけられています。昨今の深刻化する獣害問題を鑑みれば、筆者も今後は「林業・木材産業の成長産業化」と同じかそれ以上に、シカをはじめとする野生動物との共存について、みなさまと一緒に考えていきたいということで、本稿を締め括りたいと思います。

東京大学農学部プレスリリース

地域の限られた林業労働力で持続可能な森林経営を行うには

(ご興味のあるかたはこちらから→)



特 集

森林とシカの関係を考える

鵜飼 一博

静岡県立農林環境専門職大学短期大学部

I. はじめに

近年、ニホンジカ（以下、「シカ」と言う。）は人間にとって身近な動物になってきている。一時は、中山間地域でも出会うことが難しいくらい生息数が減少したにも関わらず、現在は都市部である東京都の荒川河川敷に出没するなど、分布範囲が全国に広がっている。シカの生息場所を「奥高里低」から「奥低里高」と転じているとの記載も見られる¹⁾。

しかし、いまだ都市で目撃することは極めてまれだろう。そのため、奈良公園のシカや、アニメのパンビなど可愛いシカしか知らない人も多い。一方で、農業や林業が営まれる地域では害獣と扱われることが多い。また、狩猟者から見れば狩猟対象であり、貴重な食料として見られている。

シカに対して、その関わり具合によって、可愛い対象であったり、害獣として敵対したりすることになる。人の感情が大きく左右される動物であることが、時としてその関わりに影響をもたらすことがある。

II. シカの生息数

シカの増加、つまり生息数の増加及び生息範囲の拡大の要因は、一般論として次のように言われる。①猟師の減少・高齢化、②雌シカの捕獲禁止（2007年解禁）、③地球温暖化に伴う豪雪の減少、④天敵（オオカミ）の絶滅、⑤農山村の過疎化、⑥道路法面の緑化に伴う餌場の増大、⑦森林環境の変化（奥地林伐採と拡大造林）。

環境省によると、シカの生息数については、平成26年度をピークに減少傾向が継続していると考え

られるが、依然として個体数は高い水準にあるため捕獲が必要であると考えられている²⁾。

生息範囲については、昭和53年度から平成30年度の40年間で約2.7倍に拡大している。これまでシカが生息していなかったか、又は生息範囲が限られていた東北、北陸、中国地方の地域でも、シカの生息が確認されるようになっており、その区域は国土の約7割まで拡大したと推定されている³⁾。

生息密度は、長野県、山梨県、滋賀県、京都府、兵庫県及び九州地方等の一部地域において、2014年度当初中央値で50頭/km²を超えている⁴⁾。また、23の国立公園のうち、14公園では自然植生に影響が出ると言われる生息密度5頭/km²を超えており、秩父奥多摩、南アルプス、山陰海岸、屋久島国立公園に至っては、30頭/km²以上と推定されている⁵⁾。このままの高密度の生息状況が続けば、植生が衰退し、さらに景観や生物多様性に影響が及ぶことが予想される。

近年、GPS付首輪やセンサーカメラ等の機器の発達もあり、シカの生態などに関する調査研究が進んでいる。興味深い研究を2つ紹介する。

Iijima et alは、シカの過去10万年の個体数増減について、調査研究を進めた結果、次のことを解明している。①シカの歴史的な増減を推定した結果、現在のシカは過去10万年で最大あるいはそれに近い水準まで増加している。②増加の要因は、気候変動や上位捕食者の絶滅よりも、人間による捕獲圧が低下したことによる可能性が高い。③これらの結果は、シカによる影響を許容範囲に収めるためには、人間による継続的な管理が必要であることを示唆している⁶⁾。

揚妻らは、屋久島のヤクシカの生息数について、長期間モニタリングした結果、捕獲圧がかかっていない地域において、ヤクシカの生息数が減少しており、この事例は非常に稀であり、自然生態系がシカの数でコントロールしている可能性がある」と報告している⁷⁾。

Ⅲ. 南アルプスの亜高山帯・高山帯におけるシカの影響

シカが自然植生に及ぼしている事例として、南アルプスの静岡県側について紹介する。

南アルプスの亜高山帯・高山帯は、国立公園に指定されており、氷河期からの遺存種や固有種が生育していることが特徴の一つである。

シカの生息密度については、国立公園の中でも極めて高密度と推定されている⁵⁾。南アルプスの山小屋関係者によると、シカは、かなり昔から南アルプスには生息していたようである。しかし、かつてはお花畑が成立してことから、亜高山帯や高山帯にはシカが進出せずに低標高域で生活したか、亜高山帯や高山帯には長期間滞在していなかったと考えられる。登山者が気付かないうちに、お花畑が消失したため、シカが亜高山帯や高山帯にいつごろから侵出したのか、はっきりとしていない。平成5(1993)年には、聖平のニッコウキスゲ群落において、ニッコウキスゲの開花が見られなくなったと言われていることから、1990年代頃より南アルプスの南部の亜高山帯や高山帯にシカが侵出し始めたと考えられている⁸⁾。

南アルプスの高山植物は、シカにとってほとんど嗜好植物だったようで、有名なお花畑のうち多くはシカの採食を受けている。既に、嗜好植物が減少した場所は、これまで不嗜好植物として生き残ってきた植物までも採食対象となっている。特に、シカの採食影響が大きい熊ノ平、北荒川岳、本谷山では、不嗜好植物の代表種であったバイケイソウ、マルバダケブキ等すらも食べつくされ、わずかに低茎草本が残る植生(写真1)又はその状態にタカネコウリンカが点在する植生に変わってしまった⁹⁾。現在の

南アルプスのお花畑は、高茎草本から低茎群落に変化した箇所が多く、高茎草本群落が残る箇所は極めて少ない。

南アルプスのお花畑の回復又は復元を試みる方法として、防鹿柵の設置が環境省や静岡県を中心に広がっている¹⁰⁾。

三伏峠は、かつて南アルプスを代表する高茎草本からなるお花畑であった。しかし、シカが進出するようになり、いつの間にかゴルフ場のグリーンのように刈り込まれた草原に変わった。矮性化して花をつける個体もあったが、多くの個体は花をつけるまで成長することがない状態が続いていた。そこで、平成19～20(2007～2008)年の2年間で、登山道に東側と西側それぞれを金属製の支柱と金網で囲った(柵高1.8m)。防鹿柵は、年1回程度のペース



写真1 北荒川岳の植生変化

上: 嗜好植物が食べつくされ、不嗜好植物のマルバダケブキが優占する群落に変化(2008年)

下: マルバダケブキも採食され、低茎草本だけが残っている(2022年)

で積雪により傾倒した支柱や金網の垂れ下がりを補修した。その結果、西側はほぼ回復したといってよいほど、優占種であったミヤマシシウド、シナノキンバイ、ミヤマキンポウゲ等の草丈が回復し、開花している。一方、東側は近年簡易的な補修しかでき



写真2 三伏峠の防鹿柵内の現在の状況

上：三伏峠のお花畑の全景（2023年）

中：植生が回復した西側の防鹿柵内の様子（2021年）

下：ゴルフ場のグリーンのような状況の東側の防鹿柵内の様子（2023年）

ない時期において、シカの侵入を許したことも有り、回復傾向にあったものの、再びゴルフ場のグリーンのような状況に戻っている（写真2）。

高山植物群落の回復・復元については、展葉期から開花・種子散布に至る期間、シカが侵入できない構造の柵を管理し続けなければならない。

IV. 造林地におけるシカの影響

シカによる農林業被害のうち、林業に与える影響を紹介する。

静岡県磐田市内の造林地において、当時この地域ではまだシカ対策が普及していなかったため、造林地を柵で囲ったり（防鹿柵）、植栽木1本1本を筒状の資材で保護（単木保護）をしなかった。その結果、採食圧を受けて枯死する植栽木が多い。かろうじて枯死は免れても、先端を採食されているため、高さ



写真3 シカに採食された造林地

上：造林地全景

下：シカに採食され盆栽状に成長している植栽木

1 m程度の盆栽状となっている。斜面勾配が急なところでは、枯死する植栽木も多く、樹冠が発達しないため、雨滴が直接地面を打撃する。また地表水が流れやすくなっていることから、表土は浸食され、土砂の流出が起こっている。

このままの状態を放置した場合、樹高成長が見込めず、丸太を生産するための経済林としては、価値が見いだせない。また、広葉樹の稚樹も見当たらず、自然林として成林する見込みも低い。今後、長期間シカの餌場として利用され、表層崩壊の危険性が高まることが予想される。

V. おわりに

森林総合研究所は、2050年には全国の約9割の地域にシカが分布している可能性があるとして推定している¹¹⁾。近年、各地域で積極的にシカを捕獲しているにも関わらず、その生息地は拡大傾向にある。

自然植生、農作物や植栽木をシカから守るためには、柵が有効であるが、適切な構造の柵を設置すること、そして維持管理が重要である。

しかし、シカ対策については、これだけでは不十分であるとして、シカによる農林業被害対策や自然植生への影響を低減するため、個体数調整が行われている。一方で人が積極的にシカの個体数に関わらないよう自然調整（ナチュラルレギュレーション）を選択すべきとの意見もある。シカとの関わりの度合いや自然観の違いなどから、シカに対する感情が異なるため、個体数調整の是非をめぐっては、時折衝突が起こる。

シカの個体数増大には人間の経済活動も全く関係がないというわけではないため、一方的にシカを悪者にすることはできないが、これまで影響を及ぼさなかった奥地等の自然環境や農林業といった経済活動にまで影響を与える以上、シカの個体数調整に人がどのように関与すべきか問われている。

VI. 引用文献

- 1) 朝日新聞 (2020) 天声人語 2020. 6. 17
- 2) 環境省 (2023) 全国のシカ及びイノシシの個体数推定等の結果について. 環境省報道発表 2023. 4. 4.
- 3) 環境省 (2021) 全国のシカ及びイノシシ個体数推定及び生息分布調査の結果について. 環境省報道発表 2021. 3. 2
- 4) 環境省 (2015) 改正鳥獣法に基づく指定管理鳥獣捕獲等事業の推進に向けた全国のニホンジカの密度分布図の作成について (お知らせ). 環境省報道発表. 2015. 10. 9
- 5) 環境省 (2019) シカに係る生態系維持回復事業計画策定ガイドライン ver. 1. 0
- 6) Hayato Iijima・Junco Nagata・Ayako Izuno・Kentaro Uchiyama・Nobuhiro Akashi・Daisuke Fujiki・Takeo Kuriyama (2023) Current sika deer effective population size is near to reaching its historically highest level in the Japanese archipelago by release from hunting rather than climate change and top predator extinction. The Holocene 095968362311570-095968362311570. journals. sagepub. com
- 7) 揚妻直樹・揚妻-柳原芳美・杉浦秀樹 (2021) 捕獲圧のない地域におけるヤクシカ密度指標の18年間の増減-屋久島世界遺産地域・照葉樹林の事例-. 保全生態学研究 26(1):87-100
- 8) 鶴飼一博 (2007) 高山性草本植物群落の保全と復元. 「南アルプスの自然 (増沢武弘編著)」. 135-168. 静岡県環境森林部自然保護課
- 9) 鶴飼一博 (2022) 南アルプスの亜高山帯における植生変化. 第69回日本生態学会大会
- 10) 鶴飼一博 (2010) 南アルプスお花畑における防鹿柵の設置. 植生情報 14:21-27
- 11) 飯島勇人・永田純子・岡輝樹・相川拓也・高橋裕史・八千田千鶴・近藤洋史・寺田行一・諸澤崇裕・川本朋慶・荒木良太・石田朗・釜田淳志・狩場晴也 (2021) ニホンジカは2050年までにその勢力を全国に拡大すると予測されます. 森林総合研究所 令和3年版研究成果選集 2021

特集

林業家から見たシカ問題

竹川 将樹

株式会社ふもとつばら 代表取締役

こんにちは。私は静岡県富士宮市朝霧高原から来ました竹川と申します。林業を40年間やってきて、キャンプ場の方は18年ぐらいですね。鹿の勉強は大体やはり18年ぐらいやってきました。場所は見ていただいた通り、富士山の西麓に位置しています。ですから富士山の東側に雲がある時には、朝焼けが起きます。富士山から日の出が上がるという場所です。



この朝霧高原は、先ほど小林先生がお話した通り、酪農地帯ですね。牧草が非常に多いということで、餌がたくさんあるので鹿も非常に増えました。感覚的にやはり20年、25年ほど前から非常に鹿が増えてきた状況です。苗木を父親と一緒に植えて育ててきて20年ちょっと経った頃の春に、一晩にして鹿が皮を剥いてしまうんです。樹皮のところにでんぷん質ができる。このでんぷん質が甘いので、これを春先に食べるんです。このようにされると、せつかく20数年かけて育てた木が、一晩にしてだめになってしまうんですね。これほど悲しいことはないんです。それでなんとか鹿をやっつけようと思いました。ここはほぼ海拔1,000メートルです。この森も鹿あるいは酸性雨で壊滅的なダメージを受けてます。鹿は群れになってきます。ふもとつばらの中の草原に群れとして3群れぐらいがいたことがあり

ます。この群をなんとかやっつけたいという思いで、いろんなことを試みましたが、なかなか難しいですね。鹿を捕獲するのは非常に難しいです。



これが18年ほど前の状況です。これは鹿の日本の分布です。これは森林被害ですね。ずっと捕獲をしている割にはあまり減ってこないですね。鹿の生命力ってやっぱりすごいなと思います。取っても取っても、次から次へと入ってきます。近年キャンプ場でも、この寒い冬でも熊の目撃情報があります。熊は非常に困ったものですね。



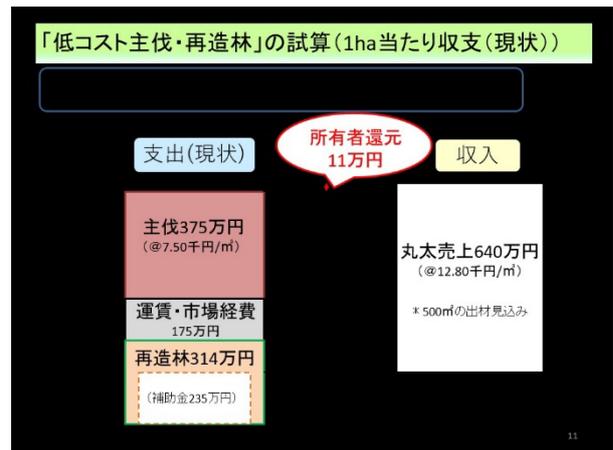
鹿に関しては山ビルとかダニを持ち込むということで、キャンプ場としても致命的です。私の住んでるとこ

るですけども、ヘクタール当たり 100 頭以上も鹿がいるという地域になります。

伊豆と、それから毛無山系一帯もですね。非常に鹿の多い場所ですね。鹿の捕獲がしづらい場所です。生産と管理をしているんですけども、なかなかこれがうまく回っていないという状況です。鹿の増え方がまだまだ収まっていない。収まっていない理由として、鹿を取るにあたって通年通して取れるわけじゃなく、猟期は当たり前に取れますけども猟期以外のほとんどの期間は、駆除申請を出さなければ鹿が取れないということで、本当の猟期はほんとうに少ないので、常に駆除申請を市の方に出しながら、鹿を捕獲している状況です。これはうちの従業員が、鉄砲を持って鹿のことをちょっと面白がって作った画像ですけども、彼も鉄砲の免許、罠の免許もありますけども、銃の免許を流してしまいました。警察側としてもなるべく銃を持たせたくないという意向があるようです。罠の方へとシフトしてるようですけども、こういう大きな鹿を止めさし、とどめを刺す時にやっぱりこの角が怖いので銃の所持は必要なんですけども、警察は、なるべくなら持たせたくないというのが現実です。

これは低コストで主伐をしながら、林業をやっていけばというようなことを静岡県でも主伐再造林を進めて、年間 50 万立法を切れというようなことでやってます。木材の売上から主伐のコスト、運賃、再造林の費用を考えると、所有者さんのとこへ戻るお金はわずかですね。

鹿柵は金属柵をメインにやっていますのでコストがかかる。しかし鹿柵がないとほとんど鹿にやられてしまっただけで再造林ができないという状況になる。これは伐採した跡地に鉄柵を付けているところです。これも補助金が若干あるからいいようなものですが、非常にコストがかかっています。何のために木を切るのかというような状況ですね。



昼間堂々と群れで道路横断している鹿です。これは罠にかかったんですね。平ですから捕獲できる場所ですけども、こんな罠で鹿を取っています。取った後はトラックに乗って、鹿処理場まで運びます。鹿処理場について鹿は容器に入れて、解体処理に入ります。オープンから 4 年になりましたけども、ジビエ加工処理施設を作らせてもらいました。この施設を作るにあたって、農林水産省から補助金が 1,000 万円、富士宮市の補助金が 1,000 万円、自己資金が 500 万円でした。富士宮市もよく 1,000 万円も出してくれたなと思うんですけども、富士宮市の場合も車との衝突被害、森林被害を非常に問題視しているということですね。これは鹿を吊して加工して、4 日ほど吊して熟成させて、その後加工してソーセージとかにしています。捕獲、処理、加工、調理、販売までやってます。



販売については、ふもとつばらに来るキャンプのお客さんをメインターゲットに年間 25 万人ぐらいのお客さんが見えるので、静岡県の加工指針に則って生産したものを販売する、あるいはレストランでバーガーとして販売するというようなことを行っています。これは

鹿の背ロースのステーキですけども、東京からイタリアンのシェフが3年ほど前に来てくれて、肉を焼くにはそれなりのテクニックがいるということで、彼女は肉を焼くのが非常に上手なんです。

駆除だけでなく鹿肉の利用にも取り組んでいます。これは外注でソーセージも作っていただいています。鹿の肉だけで作るとどうして脂付けが足りないので、放牧豚の脂の部分を4割、鹿肉6割で、ソーセージを作ってもらって、販売したりレストランで食べてもらったりしています。こういうものをお肉屋さんでは売ってないので、キャンプのお客さんが自分で調理して食べてもらっています。背ロースは貴重な部分なので、ほとんど売り切れてしまいます。



これは鹿のジャーキーですね。利用率は人が食べる部分だけだと2割程度しかいかないのですが、犬用の鹿ジャーキーにすることによって利用率を8割まで高めています。積極的に販売していくことを考えております。これは鹿の加工施設を見学してもらっている林業の研修生です。研修生は木を伐採する研修だけでなく、鹿の罨免許を取ったり、そんなことも静岡県の中では林業研修生の育成プログラムに入っているのです。

年間250頭ぐらいの鹿の処理を、ほとんど彼女1人がさばいてくれます。ただやはり1人だけでなく、鹿肉をさばいてくれる人材、あるいは猟師さんも高齢化しているので、それも含めてですね、猟師さんの若返りということも非常に大事なことになっています。これは農業をやっているところをドローンで上から撮ったものです。この農地に関して全部ぐるっと鉄柵を回さないと作物ができないというような状況ですね。

そんな状況で農業をやってますけども、やはり1番の問題は鹿対策です。ここでできた商品もキャンプ場に来た方に食してもらったり、農業の現場の収穫体験をしてもらってということもしています。これもこのキャンプ場が目指すものですね。キャンプ場を訪れるかたの大体6、7割ぐらいの人が都会暮らししています。そこで田舎と都会のプラットホームになっていくことがキャンプ場の存在意義だと思います。実際に鹿の問題あるいは農業の問題、林業の問題を感じ取っていただくことをやっています。

これは、デンマークの方が来て農業体験をしているところですけども、やっぱりヨーロッパの人達は自然が大好きですね。自然の中でいろんなことを学びながら育っていくということで、デンマークの街の中からわざわざ田舎にまで行って、田舎のことを学びながら田舎の料理を食べるということがデンマークでは非常に流行っているということです。

これはレストランで料理を提供しているところです。鹿肉と豚の脂身を合わせたバーガーで、非常に人気なメニューです。皆さんよく食べていただきます。このパンに挟むバンズは手作りです。一旦外注したんですけど、なかなか手作りじゃないとこの肉の食感、特に鹿の肉の食感が消されてしまうので、非常に時間はかかるんですけども厨房のメンバーが手作りでバンズを作ってくれています。これは背ロース、それから竜田揚げですね。これもここでしか食べられないということです。250頭取った分はレストランではけてしまいます。これも同じようなものですね。

<p>鹿のたつた揚げ</p>  <p>ふもとつばら鹿の鹿もち肉を 特製ダレで漬け込んだ カリカリジューシーな、たつた揚げです。</p> <p>500円</p>	<p>鹿ステーキ</p>  <p>最高級背ロースを 炭火でレアに焼き上げます。</p> <p>100g/800円 200g/1500円</p>
---	--

野菜については自社で作った野菜と朝霧高原は牛乳の産地ですので、ここで作ったヨーグルトと一緒にこ

んなものを提供しています。これも竜田揚げですね。どうしても鹿の肉は脂身が少ないので、このような竜田揚げにすると非常に美味しく食べられます。これは鹿肉のカレーですね。これも非常に喜んで食べてもらっています。これは毎年肉フェスということで、今年も3月の後半に肉フェスをやりますけども、富士宮は牛肉あるいは豚肉、鶏肉が非常にいいものがあるということで、弊社においては鹿肉を出そうということで毎年1回地元で取れた野菜と一緒にこんなフェスをやっています。



これは鹿革の製品ですね。こういうものを専門に作る定年退職されたOBの方がいらっしゃるんで、金土日曜日に作ってもらっています。これは自社で作った檜と鹿の革のツールです。これはあまり売れてませんが、キャンプに来たお客さんにちょっと座る場所として使っていただきたいというこちらのメッセージです。林業をやってますと、やはりヨーロッパの人と比べて日本人は森と人の距離が非常に遠くなってしまったため森のこともよくわからない。森へもなかなか来なくなってしまうということ、一方ヨーロッパの人たちは大体週末になると金曜日に出て土日は山に行ってキャンプとか、週末は自然の中で暮らすということを目にしまして、弊社においては是非そんな都会人と森の距離を少しでも近づけようということで、様々な試みをしています。



人と森林をもっと身近なものに。。。

その一環として鹿のことも理解していただこうと、全ての商品にこんなデザインをつけて鹿と林業を支援しようとしています。このデザインの左側は元々この地に金山があった時の金山のクラッシャーで、4本の線は太陽、土、水と空気です。4本線の真ん中の山は毛無山です。駿河湾から見ますと山頂は、平らな稜線の山ですけれども、山梨県の方から見るとコウモリ山というようにコウモリが羽を広げたような格好しています。うちの従業員に話したところデザインの好きな従業員がこんなデザインをしまして、これを弊社のマークとしました。このマークを全ての商品につけております。今では、このマークをつければ商品がよく売れます。以上で終わります。ありがとうございました。



特 集

シンポジウム「森と鹿、そして人間」総合討論

小林: それでは、これからあと 30 分ほどですが、総合討論として、色々議論したいと思います。まずフロアの方から何かお 2 人からのご報告に質問があればと思いますが、いかがでしょうか。特によろしいですか。

今日の議論のポイントとして私が最初に申し上げたのは、まずどのような森づくりをしたら良いかということであり、それぞれ皆さんからの話もありましたけれども、もう少しその辺を深めていければと思っております。それで吉岡先生の最後のところで、日本の森林面積 2,400 から 2,500 万ヘクタールぐらいのうちの半分ぐらいが人工林で、それが今主伐期を迎えている。国も皆伐という方向に政策的に展開していると理解しております。ところが皆伐後に植林ができていないのが約 3 割しかない。伐採後に植林ができていないというのが大きな問題ではないか。それからもう 1 つは、長期的な戦略としてどのぐらいの人工林を木材生産の場として残していくのかという点で、吉岡先生からは、森林面積 2,500 万ヘクタールの約 1 割ではないかというお話がありました。これは現在伐採を行っている面積と、労働力 4.4 万人ということを基礎にして、このくらいだというお話ですね。実際の問題として労働力はもっと減っていくだろうと思います。それを機械化でどうカバーしていくのかという問題があります。もう 1 つは木材事業として、あるいは木材以外にもバイオマスとしてなどの活用の問題。たまたま隣のブースで森林総合研究所の研究成果として、木からお酒を作るという研究成果を発表していました。味わってみたいものですが、様々な木の使用方法があるものだと思います。実際に人工林として活用する面積をどのぐらいのターゲットで定めたらいいのか、あるいはできるのかという点です。それからその残りの 9 割をどうしていったらよいの

か。鶴飼先生のお話で言うと、高山植物を含めて自然に任せるという考えもあるだろうが、自然に任せるといったような問題があるのかということも考えていかなければならない。まず、1 割という話は、その通りだとお考えなのか、あるいはそれちょっと違うんじゃないかというお考えなのか、まずお 2 人と今日はシカと森のエキスパートの京都大学の高柳先生が見えているので、高柳先生からもお話を伺いたいと思います。

鶴飼: 森林技術者を養成する教員の立場からしますと、立場的にどこまで話してよいか分かりませんが、森林技術者の数は、今後大きく伸びることやはないと思っております。うちの大学からは毎年 3 人から 5 人ぐらい、林業事業体や森林組合に就職しています。私も立場上はそういうところに行って欲しいとは言いますが、それぞれ人生があるので、無理に行かせることはしていません。先ほどの造林面積の話と、1 人当たりの森林管理の最大値から出されたのが、270 万から 350 万ぐらいという東大の成果に対し、もしかするとこれよりも少ない可能性の方が高いと思っております。5 年先や 10 年先で、遠隔でゲームのように操作することで、山の木を切って出してくることは、まだ難しいでしょう。1 つの問題としてフォワーダという丸太の運搬用の機械ですが、最大時速が 20km ですが、実際には時速 10km ぐらいしか出ていません。そうすると道路から遠い奥地に行けば行くほど、1 日に 3 往復しかできない現場もあるのです。1 回に積めるのが 10t ダンプの数分の 1 だったりするので、実は 1 番経費がかかっていて、効率が悪いのはこの運搬作業になります。さきほど、このフォワーダのところでイノベーションができれば、まさにもう本当にその通りです。かといって、森林内の道がいきなりオーストリアとかドイツと同

じぐらい、日本は現在ヘクタールあたり 20m ぐらいですが、ヘクタール当たり 100m になるなんていうのは何十年先だという話の中で考えてくと、本当に頑張っても東大の出した値が上限値だと思います。逆に言うのできる面積をきちんとやってくれる方が、良いと思います。

小林：はい。ありがとうございました。竹川さん。

竹川：あの私のところで管理している森林が大体 700 ヘクタールぐらいございます。その中で人工林率は 3 割ぐらいです。あと 7 割は広葉樹林です。今針葉樹と広葉樹林のお話がありましたけども、広葉樹も切らなければいけないところは切らなければならぬし、先人たちは広葉樹も大体 35 年あるいは 50 年の間で切って、エネルギーとして使ってきました。天然更新ですが、広葉樹は切ると萌芽更新により芽を吹くんですけども萌芽更新で 1 番適期は、35 年から 50 年以内で伐採するのがベストです。先人たちはよく知っていて薪とか炭に全部それを使ってきたという歴史があって、私の持っている山でも川沿いでどんどん大きくなりすぎて、岩山もあるもんでどんどん川の中にこう木が倒れて落ちてくるんですね。これでも上の大きさに耐切れずに広葉樹が倒れてくるんですね。川をふさいで災害になるんですね。そういうのも含めて針葉樹も広葉樹も切って使わないと、山を維持できないってのは本当に実感として感じるとこなんです。もう 1 つは、作業路林道の問題もありますけども、やたら道を開きすぎてもヨーロッパとかは雨が少ないのでそれはそれでいいんでしょうけど、日本のような雨が多いところでは、やたらもう崩れる林道を作ると、だだっこを大勢抱えるようなもんで、あっちも崩れたりこっちも崩れたり大変なことになってしまうんですね。ですから本当に崩れない林道を作るってことが大事ですね。公共事業で作ってる林道も結構崩れてます。多分崩れない林道を本当に作れる人は、日本の中では 3 人から 5 人ぐらいしかいないと思うんです。崩れない、災害に強い林道網をちゃんと作らないと大

変なことになる。我々も若いときから雨が降ると山に行くことはしませんでしたけども、最近雨降ったら山に行けと、山に行くと水の流れをよく見ると、水の流れをどうコントロールするかっていうのは非常に大事なところですね。林道網と労働力の問題も抱える問題はたくさんありすぎて、一方で海外の労働力、他業種では海外の労働力に頼るということで技能研修制度もありますけども、林業の場合はまだ技能研修制度がありません。弊社は旅館業で 3 年前から技能研修制度がよくなったので、受け入れてトレーニングしてきました。機械化も去ることながら、労働力の減少ですね。特に近年は東京の方へと労働力がものすごく流れていって、田舎の方では本当に雇用の確保が大変な状況になっている。まして林業は賃金の問題も含め、大変なことが予想されるんじゃないかなと思ってます。それから考えるとトータルして本当に人工林を維持できる面積はまあ 1 割なのかなとつくづく思ってしまうたりしますね。

小林：はいありがとうございました。1 割も難しい、精一杯という状況だということですね。1 つは労働力の問題、林業労働は非常に危険性も高いという問題もあります。農業では海外労働者に頼っている面があり、実は今日のニュースで、特定技能実習生のカテゴリーに林業と木材生産を新たに入れるという話がありました。技能実習にはないので、技能実習と特定技能が繋がらないという問題、これはようやくこの間技能実習生制度の見直しがあって、ある程度解消する見通しが立ったのですが、林業ではそうした問題が生まれるのではないかと。その前にまず本当に海外の労働力に依存できるのかという問題もあると思うのです。それでは高柳先生お願いできますか。

高柳：どうも初めまして、京都大学の高柳と申します。シカの問題について関西の方で取り組んでいます。あまり情報発信はしてきていません。シカの問題については、東日本の発信が多く、そういう意識の方が強いと思うんですが、私はずいぶん違

う考え方をしています。その話をし出すと一日あってもたりないので、今は簡単に人ー森林ー動物の関係について少しお話しようと思います。今の被害問題には、どうしても現場が抱えている課題から入って行くことが多いですが、そうではなくて我々がどんな自然と人間との関係を築きたいのかということから入ってかないとダメだと私は思っています。つまりどれぐらいスギ、ヒノキの人工林が必要で、あと石油が高いなら薪と炭でやろうよとかですね、そういうようなことを考えてどういう森林にしたいかということからやっていくということが必要です。また、人手が足りない問題も指摘されていますが、まだ大正時代よりはるかに多くの人がいるわけです。つまり人口減少問題を考えた時、何が問題かというが高齢化です。高齢化とともに都会化も進んで、旅行以外で山に行く人が減っていることが大きな問題で、もう若い学生でもそうで、近くの山を100mも登ったら「しんどい」と言う学生がいます。それぐらいどんどん自然から離れていってしまっているのがすごく問題で、やはり若い頃から、コロナとかで土に触れるのが怖いとかなくなって、どんどん自然から離れてしまう。そうじゃなくてどんどん自然に入ることがとても大事で、そんな中で自然資源の素晴らしさと自然資源を利用することの素晴らしさ、それを伝えていかないと、この話は全て基礎が崩れてしまうので、まずやはりそこをしっかりとしないと、いくら保全とか言ってもダメかもしれないです。私は日本の最大の資源は人と自然、人の素晴らしさと自然の豊かさだと思っているので、その人と自然をどう生かすのか、そこを考えてからこっちを組み立てる、つまり被害問題に取り組みないと、被害問題の解決から入ってしまうと、ちょっとぐちゃぐちゃになっちゃうんじゃないかなというのが私の感想です。

小林：人と自然をどう生かすのかから考えていくべきという先生のお考えは分かるのですが、神奈川県の構想が出ていますが、どういう森を作るの

かという点について先生のお考えを聞かせていただけますか。現在すでに人工林が半分あって伐期を迎えて、それをどうしたらいいのかということも含めて、どういう山を作ったらいいのかということについて聞かせてください。

高柳：今、京都でも盛んに伐採しています。現在の齢級構成が戦後造林の30~40年に非常に多くて歪んでいるという話があって、それを今後、100年かけてならして全ての林齢が万遍なくあって、同じような木材生産が毎年できるようにしようというのが、林野庁の考えで、その偏って多い林齢の林をたくさん伐ってどんどん植えましようとしているのですが、植えたところの多くでシカの食害が見られるのが現状です。これから先、スギやヒノキを植えても管理できない場所では、広葉樹を植えているところも多く見られます。しかし、日本の木材需要を考えるとスギ、ヒノキは住宅用として重要なので、やはりその需要を見ながら、大型機械を使って取り出せるような近くのところはスギ、ヒノキの人工林にしなから、遠くの山は広葉樹林に返していくことになると思います。広葉樹林でも、自然に返すか、あるいは薪炭などに利用するかなど取り扱い方に違いがあります。実は、日本の薪炭林というのは、今は薪や炭だけの利用ですが、昔はいろいろな使い方をしていました。農用林や林間放牧など森林資源の多様な使い方をしてたのですが、その薪炭林施業の研究は1950年代から行われていません。それぐらい昔に終わってもう研究されてなくて、みんなその森の使い方すらも分からなくなっています。そこを見直して、我々と森との豊かな関係を再構築してかないといけないと思います。今、言ったように木材資源に関しては、大型機械が入るところを中心に残していきながら、そうでない標高が高いところなどでは、自然に返していくとかいうことが必要です。先ほどの南アルプスの話ですが、私はやはりシカを捕獲することが必要だと思います。ニホンオオカミが絶滅してしまって、高山帯でシカの数をコントロールする動物がいないのでシカ

が高山帯に上がったんだろうと考えられていますが、高山帯でなんでシカの被害が起きてるのかについてはよく分かっていません。そのプロセスを科学的に解明するのはとても難しいと私は思っていますが、簡単なプロセスとして、ああいう見通しのいいところではオオカミが怖いのでシカはあまり行かないから植生が残ったと考えることもできます。そう考えると、オオカミがいない現在、我々がシカを捕獲することがとても重要です。「国立公園でシカを捕獲するのはおかしい」というのではなくて、人間がオオカミの役割をどうやって果たすのかということを科学者が言わなければならないと思います。捕獲をしながら、捕獲だけでは植生を守れない場合は柵をして守らなければなりません。京都大学の芦生研究林では13ヘクタールという大きな面積を私の設計した柵で囲っています。柵の中を5年間はシカから完全に守って、植生がすごく回復しました。でその後、シカの行動が変わって柵を破って柵の中に入られるようになったんですが、それでも今でも豊かな植生が見られます。例えば13ヘクタールに2頭のシカが入ると、個体数密度は平方キロあたり15頭になりますが、それぐらい高密度になっても10年以上、15年近く経ってもまだ柵の外に比べればはるかに豊かな植生があります。つまり、植物の生産力がある程度、回復してきたところにシカが入って、柵の中では我々が研究調査でよく入るので、シカも落ち着いて食べられてないんだと思います。そういう状態になれば、森とシカとの関係も正常化してくるということが考えられます。植生を劣化させないためには、シカの密度は平方キロあたり5頭以下じゃないといけないという指標も、すごく貧弱な森林と動物と人間との関係から出された数字だと、私は考えています。植物の生産力と人間の捕獲圧がもっとアクティブになれば、あの数字が変わってくると思ってます。というのも、ドイツの森林面積は日本の約4割です。しかしシカの捕獲数は、日本で最も多かった2014年の最大捕獲頭数に近い値をずっと維持しています。それでも植生衰退が大きな問題に

はなっていません。人間と森林と動物のそのような関係もありうるということで、我々はやはりそこから辺から見直してゆかないと、な足元ばかり見ていると失敗してしまうんじゃないかなと思っています。

小林：はいありがとうございました。私も神奈川県伊勢原で森林の中でどのくらいの鹿を飼えるのかという試験を行って、下層植生の量の計測を大学院生と一緒にやったのですが、間伐をきちっとすると、下草の牧養力が結構あるという結果が出ました。ですからそういう森林を作っていくというのは、1つの方向と思うのですが、高柳先生の京大の実習林ではどういう森林を作られているんですか。樹種というか。

高柳：総面積約4200ヘクタールのうちに人工林化したのはわずか250ヘクタールしかありません。あとは天然林として残されていますが、その天然林では、下層植生がシカによって食べられて、シカが食べない植物以外は、ほとんどなくなって来ていて、おそらく南アルプスよりもどこよりも芦生が一番植生衰退がひどいだろうと思っています。芦生ではシカの個体数密度は高くありません。それでも植生が劣化しているのは、餌となる植物が減って、年間成長する植物の量に対してシカが多すぎるからで、シカが減ったからといって植物が回復するわけではありません。現状ではシカが減っても植物が減っていくので、やはり人間がシカの個体数をコントロールすることが必要です。植物がたくさんある状態ならば、管理の仕方の選択肢の幅が広がります。植物が減ってきてしまったら、もう柵をしてがっちり守るしかありません。芦生研究林で言えば、全域を柵で囲むわけには行かないので、まあ20年ぐらいシカが絶滅したような状態にならないと植物が回復しないんじゃないかと真面目に考えています。その状態になれば、シカが戻ってきてもその管理がしやすくなります。芦生研究林の森林の下層には植物がほとんどな

いので、天然林だけれども、とにかく今はシカがいない方がいいという考え方が強いです。

小林：はい。ふもとつばらについても、7割は天然林、混交林化もしてるということですか。人工林、針葉樹林は少なくしているということですか。あるいは元からそのくらいということなんですか。

竹川：先人が植えたところは植林してます。一方で戦後の製紙会社は、工場を広くする代わりに国策として山へもみを植えたんですね。高いところへ。そのもみが山の高いところで問題になってまして、今計画しているのは、そのもみを切って広葉樹林化しようとしています。山が非常に高いとこなので、どうやって伐採木を出そうかなって考えて、距離が長いのでヨーロッパ並みにタワーヤードを使いながら架線を張って出すことができたらいいかなってようなことを考えています。山の奥の管理ができないようなところに植えてしまった針葉樹は、やっぱり広葉樹林に戻すべきだと思って、そのような方向に今進んでるところであります。

小林：現実問題として昔かなり頑張って相当奥山まで植林して、それが今非常に切り出しが難しくなっているという状況がある。そこで広葉樹林化することは1つの方法ではあると思うのですが、大変ですよ、これも。どういう風に広葉樹林化するのか、広葉樹林化したら良いのか、あるいはそもそもできるのでしょうか。

竹川：植えてしまったのは、その頃は製紙会社と契約して土地を貸したわけで、55年契約で、5、6年前に戻してくれたんですね製紙会社が。植えたままで、植えたままでさあどうしようって、私の責任じゃないんだけど、結局山を持つ地主の責任として管理しなきゃなんないから、さあどうしよう。その部分のもみ林は補助金もないんですね。だからその部分についてはやっぱり切って出して、なんとかしようということを考えてまして、その後はもみがなければ日本の山は雨が多いのでそこ

そこ、広葉樹林化していくので、それはそれほど問題にならないと考えてます。でももみっていうのは、根っこが浅いので倒れると大変なんです。山の土壌侵食も含めて崩れやすいので。ですから当時はもみ林を製紙会社は一生懸命植えましたけれども、まあ余分なことしてくれたな、結構それが40ヘクタールぐらいありますんで、大変な作業だなと思わざるを得ません。

小林：今植えてしまっているところ、それも林道から遠いところの木をどうしたらいいのか。切るのも大変なコストがかかる。じゃあほっとけばいいのかという話もあって、ほっとくと、どうなるのですかね。

鶴飼：ほっとくとですよ。まだ経験がないのでね、どうなるかなと思いますけれども。例えば、苗が、差し木なのか、実生なのかで、ちょっと違うところがありまして、挿し木のようなクローンだと、全部遺伝子が同じなため自然に枯れていきにくい、それに対して実生苗は個性があるものですから、ちょっとずつ弱い木から枯れてきます。かつて、苗が足らなかった頃に、どこの苗でもいいからって植えたところもあるのですが、そこは植栽木に個性があって、うまい具合に適度に枯れて、ギャップができて広葉樹が入ってるような森林になっていたりします。私が、静岡県庁で働いていた時に、標高800m前後の杉と檜の成長の悪い奥地を今後どうするんだという課題をもらった時、ゴールを自然林とした場合、ではどうしたら自然林に持って行けるかが大きな課題で、当時その頃は針広混交林化ができないというのが一般的だったと思います。強度間伐しても難しい。最近では、ある先生によると、針広混交林化ができるっていう研究論文も出てきています。各地にあったやり方が見いだせればと思います。秋田杉の天然林を見に行った時に思ったのですが、巨木林と呼ばれるところの林分構造を調査して、そこから巨木林、自然林への誘導ができるのではないかと考えます。つまり、ヘクタールあたりの成立本数から、求め

ていけばいいのではないかと考えています。先ほどの鹿の問題もあって、表土がほとんどなくなっているようなところでは、果たしてそれやっついのかっていうのはありますが、鹿の生息密度が低かったり、侵入されても影響が小さいところであれば、ある程度伐採をして、人工的なギャップを作って、そこに植栽をするのか、天然更新を促すのかは、少し置いといたとしても、ある程度木を切って新たな森林にこう創造してくってことは可能ではないかなという風に思ってます。

小林：はい。今切るということ自体が非常に大変だということなんですけどね。

鶴飼：静岡県は『森林（もり）づくり県民税』という制度があり、県民から400円を徴収していますが、それをもとに森林整備事業やっています。このような自然林づくりは、税金で対応しかないかなと思います。

小林：はい、橋爪会長。

橋爪：森林の在り方について、先生方は色々とアイデアを持っておられる。それを如何に活用するかが、課題です。

ところで、私も身近な課題を持っています。例えば、私の弟も道路のすぐ傍に杉林を持っており、それも50年経て切り出す時期ですが、道路の傍でも切り出せないんです。ドイツに行った時に、家の周りに薪が積んであって、あれを見て、いい景色だなと思い、感激したことを思い出します。また、中学の時には長野県では昔は植林をしに、1週間くらい山に行きました。梨の袋がけもやりました。それで、それらの労働が何になったかと言いますと、図書になりました。このように、身近な課題、材木の活用方法、生徒の森林の管理に寄与する方法もあります。更には、国策により、杉を植えたことにより、このまま行くと花粉症が国民病になるんじゃないかという危惧があります。こ

のように、様々な課題もあり、それに対する色々なアイデア・意見があります。

私が思うのはそういう意見をまとめあげる場がないように思います。森林の在り方にしても鹿との共生にしても、皆さんが、素晴らしいご意見をお持ちなんです、それらをまとめる組織がないと感じています。最近、議論を真面目にやらないとか、建設的なディスカッションがどこの国でも何の事項についてでも行われぬ、それが非常に問題じゃないかと考えます。

ですから、様々なアイデア・意見をまとめる、国なのか地方なのか学会なのか分かりませんが、是非そういう意見を議論し、まとめる場を設けて頂けたら、今よりもずっと効果的に課題が解決されるんじゃないかと思った次第です。

小林：はい。ありがとうございました。この問題は日本の森林をどのようにすべきかという大きな問題で、本日は入り口の議論しかできませんでしたが、今後引き続き議論を深めていくと同時に、実際に我々もその森林作りに関わっていきたくております。今日はありがとうございました。それではこれで総合討論を終わりたいと思います。

論文

長野県産シカ肉における 8, 11-オクタデカジエン酸の検出と脂質の抗老化作用

小木曾 加奈¹⁾、大西 実佑¹⁾、村野 耕平²⁾

¹⁾ 長野県立大学 健康発達学部、²⁾ 長野県工業技術総合センター材料技術部門 材料化学部門

¹⁾ 〒380-8525 長野県長野市三輪 8-49-7, ²⁾ 〒380-0928 長野県長野市若里 1-18-1

Detection of 8, 11-Octadecadienoic Acid and Anti-aging Effects of Lipids in Venison from Nagano Prefecture

Kana Kogiso¹⁾, Miyuu Ohnishi¹⁾, Kohei Murano²⁾

¹⁾ The Faculty of Health and Human development, The University of Nagano, ²⁾ Nagano Prefecture General Industrial Technology Center,

¹⁾ 8-49-7 Miwa, Nagano-shi, 380-8525 Japan, ²⁾ 1-18-1 Wakasato, Nagano-shi, 380-0928 Japan

要旨

近年、捕獲後の野生動物は処分するのではなく地域資源として有効活用されるようになってきた。本研究では、シカの幼獣の肉や脂肪に含まれる共役リノール酸のうち、(9Z, 11E)-9, 11-Octadecadienoic acid (ルーメン酸) に着目し、部位差や成獣との比較をガスクロマトグラフィーで検討した。その結果、ルーメン酸は検出には至らず、その異性体である 8, 11-オクタデカジエン酸が検出された。8, 11-オクタデカジエン酸について検討したところ幼獣の部位差や、成獣との差は見られなかったものの、幼獣にはある程度の含量が含まれていることが示された。脂質として幼獣、成獣、ウシについて線虫を用いた寿命実験を行ったところ、各脂質混合培地で育てた線虫が有意に寿命を延長し、特にシカ脂質で顕著だった。また、シカ脂質は線虫のミトコンドリア膜電位にも影響し、抗老化作用が示唆された。以上から、シカ脂質が寿命延長などの効果に関与している可能性が考えられ、廃棄されがちな幼獣シカについて、その肉や脂質の有効利用が期待できることが示された。

キーワード：シカ肉、脂質、共役リノール酸、8, 11-オクタデカジエン酸、抗老化作用

Keywords : *venison, lipids, conjugated linoleic acid, 8, 11-octadecadienoic acid, anti-aging*

I. 目的および背景

日本において、農林水産業に対する鳥獣の被害は年間約 155 億円に上ることが報告されており、特に北海道、長野県、福岡県などで顕著である¹⁾。被害の大部分はシカによるものが最も多く、次いでイノシシ、サルによる被害が全体の約 70% を占めている¹⁾。近年では捕獲されたシカやイノシシなどのジビエ利用率は、平成 28 年度と比較して 1.7 倍に増加している²⁾。しかしながら、幼獣のシカは肉量が少ないため利活用が難しく、しばしば廃棄されることが多いのが現状である。一方、健康志向の高まりと共に、機能性脂質への期待が拡大しており、脂

肪酸成分に注目が集まっている。反芻動物の肉や関連する食肉加工品、乳製品には共役リノール酸が含まれており³⁾、この共役リノール酸には多くの生理活性^{4,5)}があることが近年指摘されている。特に、反芻動物の幼獣の脂肪酸組成は哺乳の影響を受けているとされる^{6,7)}。シカ類の乳成分はヒト (4.5%) やウシ (3.9%) よりも 5.5% と脂質量が多く⁸⁾、共役リノール酸を含む有益な脂肪酸が哺乳により移行することで、哺乳期やそれに近い幼獣に多く含まれている可能性がある。幼獣については、肉量が少なく、捕獲されてもしばしば廃棄されるが、脂質中の共役リノール酸が成獣よりも多い場合、機能性の面で

有利であり、かつ希少な肉としての有効活用が可能であると考えられる。本研究の当初の目的では、健康への有益性が知られている共役リノール酸として代表的な(9Z, 11E)-9, 11-Octadecadienoic acid (以後、ルーメン酸と略記)⁹⁾に焦点を当て、幼獣と成獣のシカ肉中含有量の差異や部位差について検討することであった。しかしながら、予備試験の結果、ルーメン酸は検出には至らず、代わりに、予期せぬ脂肪酸である 8, 11-オクタデカジエン酸 (18:2 n-7) が検出された。8, 11-オクタデカジエン酸 (18:2 n-7) は、一般的にはポリエン酸の一種だがこれまでこの脂肪酸についての機能性における情報はない。一方、n-7 系の不飽和脂肪酸は、先に説明したルーメン酸のほか、パルミトレイン酸やバクセン酸などがあり、n-7 系脂肪酸は細胞保護効果を示す¹⁰⁾ほか、インスリン感受性を改善させることが示されており、n-7 系脂肪酸を多く含む食事と糖尿病発症数の低下との相関がある¹¹⁾という報告もある。8, 11-オクタデカジエン酸もこれらの多価不飽和脂肪酸と同じように健康効果に寄与する可能性がある。そこで本研究では、まず 8, 11-オクタデカジエン酸の幼獣



写真1. 移譲された幼獣シカ肉

表1. シカ肉の種類と部位

シカの種類	性別	部位
幼獣1	メス	ロース、カタ、バラ、外モモ
幼獣2	メス	ロース、カタ、バラ、外モモ
幼獣3	メス	ロース、カタ、バラ、外モモ
幼獣4	メス	ロース、カタ、外モモ、内モモ
成獣	不明	ロース

と成獣、部位の差について検討を行った。これまで我々の研究では、鹿茸と角に抗老化作用があると報告している¹²⁾。そのため、8, 11-オクタデカジエン酸を含むシカ肉

の脂質にも同様の機能性が期待されると考え、抗老化作用に関する検討を行った。

II. 方法

(1) サンプルと脂質抽出方法

長野市森林いのしか対策課内の長野市ジビエ加工センターより提供された幼獣シカの肉 (ロース、カタ、バラ、外モモ、内モモ) 4 頭分 (2022 年 5~6 月に捕獲) と、成獣のシカ肉 (ロース) 1 頭分 (市販品: 捕獲時期不明) を使用した (表1)。写真1はそのパッケージを示している。サンプルは 5 mm 角に切断し、使用時まで -80°C で保存した。

1) 脂質の抽出

Folch 法¹³⁾の変法に従って脂質を抽出した。三角フラスコに各サンプル 10 g を入れ、クロロホルム・メタノール混液 (2:1 V/V) 100 mL を加えた後、24 時間攪拌した。その後、溶媒を硫酸ナトリウムで脱水した。その混液をエバポレーターで濃縮し 24 時間冷凍風乾し、脂質量を計量し、 -20°C で保管した。

2) 脂質の脂肪酸メチルエステルの調製

抽出した脂質は大部分がトリアシルグリセロールである。これを脂肪酸メチルエステルに変換するため、塩基性触媒を用いたメチルエステル化を行った^{14,15)}。各サンプルから抽出した脂質を 30 mg ずつ量りとり、*n*-ヘキサン 2 mL、2 M 水酸化カリウムメタノール溶液 (純正化学株式会社) 0.2 mL を駒込ピペットで加え、ボルテックスミキサーで常温にて 2 分間攪拌し、メタノリシスを完了させた。上層 (ヘキサン層) を窒素ガス発生装置で窒素風乾し濃縮しガスクロマトグラフィ (GC) で計測した。

(2) 脂肪酸の分析

脂肪酸メチルエステルの GC 分析およびガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) 分析を実施した^{16,17)}。GC 分析の使用機器はジーエルサイエンス株式会社 GC-4000 を用いた。分析条件は以下の通りである。InertCap Pure WAX カラム (長さ 30 m、内径 0.25 mm、膜厚 0.25 μm) を用い、He をキャリアガスとして 1 mL/min の流速で分

析を行った。温度条件は40°C (5 min 保持)、以後+5°C/min のち、240°C (4 min 保持)、サンプル注入量は1 µL とした。このうち、検出されたエリア値を 8,11-オクタデカジエン酸とした。GC-MS 分析では横河アナリティカルシステムズ株式会社 HP6890/HP5973 を用いた。使用カラムは HP5-MS (長さ 30 m、内径 0.25 mm、膜厚 0.25 µm)、キャリアガスは He (1 mL/min)、温度条件は 40°C (5 min 保持)、以後+5°C/min のち、240°C (4 min 保持)、サンプル注入量は 1 µL とした。この極性カラムを使用した GC-MS 解析が有用であり、不飽和位置を正確に決定することができる¹⁸⁾。なお、不飽和脂肪酸の同定においては、脂肪酸の TIC (total ion chromatogram) のピークについて Wiley のマススペクトルライブラリを使用して行った。

(3) 線虫の寿命計測

ミネソタ大学の *C. elegans* Genetic Center (CGC) から購入した *C. elegans* var. *Bristol* (N2 株、野生型、以後、線虫と略記) を使用し、線虫の寿命を計測した。線虫の飼育には、同じく CGC から入手した大腸菌 OP50 株を食餌として使用し、Nematode Growth Medium (NGM) プレート上で飼育した。飼育温度は 20°C とした。線虫の培養等に用いる試薬・培地等の調製方法は、原則として、Brenner の方法に従った¹⁹⁾。発生段階の同期化のため、成虫線虫を次亜塩素酸で処理し、破碎後、虫卵のみを回収し、S-basal で 18 時間培養した。幼虫の混入を防ぐために、DNA 合成阻害剤 FUdR を使用し、線虫を同期させた。実験サンプルには、幼獣および成獣のシカ肉から抽出した 8,11-オクタデカジエン酸含有量が最も高い部位 (幼獣 4 ロース) の脂質を使用した。対照群として、市販の牛脂 (酒井商事株式会社) を使用した。これらの脂質は、超音波懸濁技術を用いて水中に完全に懸濁させた。超音波懸濁とは、超音波を用いて液体中に微粒子や分子を均一に分散させる技術である。一般的に油性のものを懸濁させるには乳化剤が必要になるが、低濃度であればこの方法により懸濁が可能となる²⁰⁾。懸濁サンプルの濃度を、0、0.03、0.3 および 3 mg/10 mL に調製した。24 ウェルプレートに寒天培地 0.5 mL、線虫 (1 ウェルあたり約 14 匹)、大腸菌 OP50 (1.2×10^9 菌/mL) 100 µL、およびサンプル 400 µL を加え、72~96 時間培養した。寿命測定は 96 時間培養後、2~3 日毎に生存個体数を測定し、生存期間 30 日

まで観察を行った。観察には Wraymer 製倒立顕微鏡を用い、振動や青色光などの刺激に反応する線虫を生存と判断し、反応しないものを死亡とした。

(4) 線虫のミトコンドリア膜電位の測定

ミトコンドリアは、ATP などのエネルギー産生において中心的な役割を果たす細胞小器官であり、老化および健康に及ぼす影響を理解する上で、特に中年期以降のミトコンドリアの機能状態を評価することが重要である。そこで、その指標としてエネルギー産生に伴い生じる膜電位²¹⁾ 差を蛍光評価する²²⁾ ことでその抗老化作用について検討を行った。培地に 3 mg/10 mL の脂質を播種し、同期化された線虫のうち、生存している 16 日目のものについて膜電位の測定に用いた。16 日目の線虫を使用する理由は、野生型の線虫は 15 日を超えたところで高齢とみなされる²³⁾ ためである。ミトコンドリア膜電位の測定には、MT-1 MitoMP Detection Kit (Dojindo 社製) を使用し、キットのプロトコルに従って実験を行った。固定のため、線虫が培養されているウェルに 4%パラホルムアルデヒド 20 µL を加えた。蛍光観察は、Wraymer 製の倒立顕微鏡を使用し、530–560 nm の励起波長 (Ex) および 570–640 nm の蛍光波長 (Em) で行った。各培地 (水: コントロール、牛脂、幼獣シカ脂質、成獣シカ脂質) から 3 匹ずつの線虫を観察し、背景の暗さに対する蛍光強度の差を評価した。この差分はプログラミング言語の Python を用いて各画像を計算した。画像の前処理として、色の影響を排除するためにグレースケール変換と閾値処理²⁴⁾ を行った。輝度差の計算として線虫とその周囲の背景との間の平均輝度の差を計算した。閾値画像 (バイナリ画像) 処理の結果から線虫と背景を分離し、線虫の平均輝度から背景の輝度の差を出力させ、背景の暗さに対するその蛍光強度を測定、統計処理することで、個々のミトコンドリア膜電位の指標とした。具体的にはより明るく線虫が蛍光発色すると、抗老化作用があるとみなした。

(5) 統計の計算方法

統計手法には、EZR(EasyR)v1.61 を用いた²⁵⁾。GCの結果で得られたエリア値について、一元配置分散分析を行った。また寿命計測実験にはカプランマイヤー法²⁶⁾を適用し、介入が寿命に有意な影響を与えるかどうかを評価した。ミトコンドリア膜電位の変化については、蛍光強度のデータを用いて、コントロール群と比較して、Dunnettの多重比較検定を実施した。なお、統計検定において有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

(1) 脂肪酸の検出

長野県産シカ肉(幼獣および成獣)に含まれる脂肪酸を分析した結果、パルミチン酸メチルエステル、オレイン酸メチルエステル、ステアリン酸メチルエステル、およびミリスチン酸メチルエステル(グラフ外:33分)が検出された。これらの脂肪酸は牛脂にも普遍的に見られる脂肪酸である。しかし幼獣と成獣のどちらもルーメン酸の検出には至らず、代わりにその異性体の8,11-オクタ

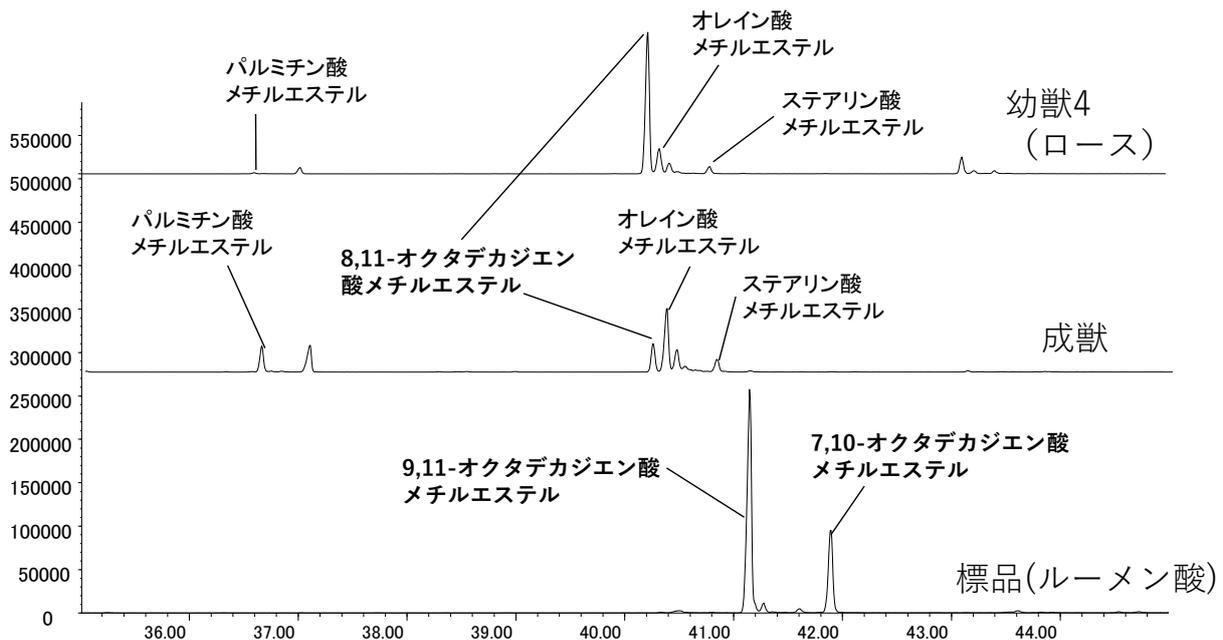


図1. マスクロマトグラム (m/z=67) の比較 (保持時間35~45分拡大)

(上部: 幼獣シカ4 ロース、中部: 成獣 ロース 下部: 標品)

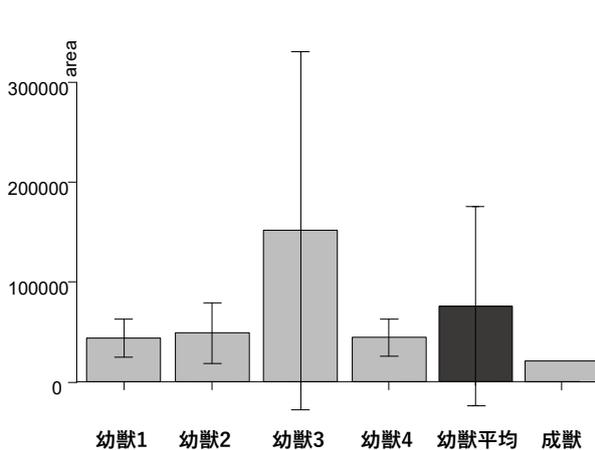


図2. 幼獣と成獣の8,11-オクタデカジエン酸量 (area 値)

(幼獣 N=4 成獣 N=1, Error bars: ±SD)

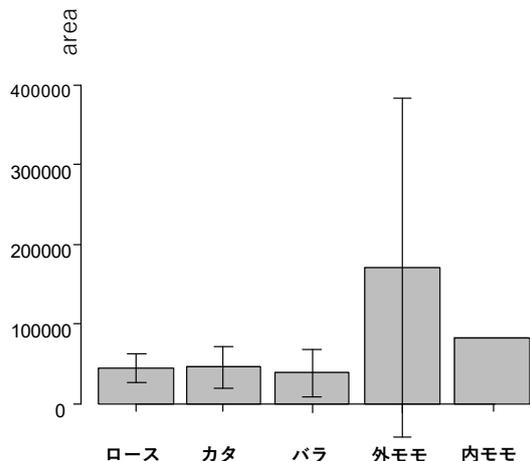


図3. 部位毎の8,11-オクタデカジエン酸量 (area 値)

(内モモ N=1 そのほかは N=4, Error bars: ±SD)

デカジエン酸メチルエステル（一致率 99%、CAS 番号: 056599-58-7、分子量: 294.26、分子式: C₁₉H₃₄O₂）が存在していることが示唆された（図1）。8, 11-オクタデカジエン酸の構造は GC-MS のマススペクトルに対してライブラリ検索を行うことで化合物同定を行い、保持時間からルーメン酸とは明らかに異なっていた。幼獣および成獣間、および異なる部位間で 8, 11-オクタデカジエン酸の含有量に有意な差は認められなかった（図2 および図3）。ただし幼獣シカ肉における 8, 11-オクタデカジエン酸の総脂肪酸に対する割合は、成獣（3.3%）に比べて高かった（9.0±6.7%）。

2) 線虫の寿命

モデル生物 *C. elegans* を使用した寿命実験では、コントロール群の生存期間中央値は 13 日であり、脂質濃度が 3mg/10mL の条件下では、牛脂を摂取した群の生存期間中央値は 15 日、幼獣シカ群は 18 日、成獣シカ群は 15 日であった（表2）。コントロール群と比較して、牛脂の最高濃度で生存期間が有意に延長されたが、低濃度では

表2. 各脂質濃度の線虫生存期間

添加物	濃度 (mg/10ml)	サンプル数	生存期間中央値	95%信頼区間	有意差
水 (コントロール)	0.00	48	13	13-13	-
牛脂	0.03	63	13	13-13	n.s.
牛脂	0.30	51	13	13-15	n.s.
牛脂	3.00	49	15	15-18	***
幼獣4(ロース)	0.03	62	13	13-13	n.s.
幼獣4(ロース)	0.30	64	15	13-15	***
幼獣4(ロース)	3.00	58	18	18-18	***
成獣	0.03	61	13	13-13	*
成獣	0.30	45	13	13-13	**
成獣	3.00	57	15	13-15	***

n.s., Not Significant, ***, p<0.001, **, p<0.01, *, p<0.05

その効果は認められなかった。一方、幼獣シカおよび成獣シカの脂質を摂取した群では、低濃度でも線虫の寿命が有意に延長されることが観察された。

3) 線虫のミトコンドリア膜電位

線虫のミトコンドリア膜電位の変化を蛍光発色により評価した。線虫の発色を図4に示す。コントロール群と

比較して、成獣シカの脂質を摂取した群では、線虫の蛍光発色の有意な増加が確認された。

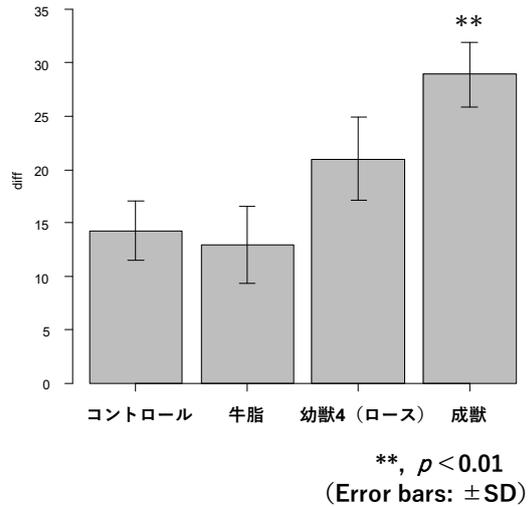


図4. 各サンプルの線虫の発光（背景との差分）

IV. 考察

本研究では、長野県産のシカ肉における 8, 11-オクタデカジエン酸の存在について幼獣、成獣と部位について調査した。なお、長野県産のシカ肉において、幼獣、成獣ともにルーメン酸の検出には至らなかった。ルーメン酸は牧草を摂取する動物種で多く見られ、その生成には第一胃の微生物叢が関与しているとされる²⁷⁾。ルーメン酸が検出されなかった理由として、長野県に生息するホンシュウジカの摂取している餌のタンニン含有量が関与している可能性が示唆される。植物中のタンニン量で第一胃微生物の発酵のパターンが異なり、共役リノール酸の量が変化するという報告²⁸⁾がある。タンニンを補充すると、C18:0（ステアリン酸）の阻害によって共役リノール酸生産が向上し、逆にタンニンの少ない餌では共役リノール酸の量が減少する。そのためタンニン量の少ない餌を摂取することなどでルーメン酸が少ない可能性がある。今回、幼獣は5～6月に捕獲されており、タンニンの少ない若草を食べていることでタンニン量の少ない餌になっていた可能性がある。2つ目は解析した肉の部位によって脂肪酸組成が異なる場合があることである。ニホンジカにおいて眼窩前腺でルーメン酸を検出した例²⁹⁾があるが、今回解析した部分はルーメン酸蓄積量が少ない部位だった可能性がある。

一方で、8, 11-オクタデカジエン酸はシカ肉の全脂質中

に存在し、幼獣と成獣間で含有量に有意差は認められなかったが、幼獣の総脂質中の割合が高いことが観察された。8, 11-オクタデカジエン酸の検出について、植物由来の可能性と、シカ体内で代謝された2種類が考えられる。植物由来の場合、長野県では野草地での家畜の放牧が多く、家畜はササ、ススキなどを摂取することが多い³⁰⁾。シカも同様に野草を食べている可能性が高いと考えられる。8, 11-オクタデカジエン酸は植物に存在し³¹⁾、これまでマグワ³²⁾ やカラスムギ³³⁾、ナス³⁴⁾ などに含まれているという報告がある。このためこれらの植物体を摂取したことによる移行が考えられる。実際、マグワ、カラスムギは長野市近隣に自生しており^{35, 36)}、ナスは栽培されている。また、8, 11-オクタデカジエン酸の生成メカニズムに関して、リノール酸系列の代謝物としての可能性が考えられる。リノール酸が初めにルーメン酸まで代謝された後、ルーメン酸の9位に存在する二重結合がポリエン脂肪酸イソメラーゼなどの異性化酵素により異性化され、結果として8, 11-オクタデカジエン酸が生成される可能性が示唆される。シカ属を含む野生動物における脂肪酸の代謝機構については、現在までに解明されていない部分が多く、食性と体内脂肪酸組成の関連性について系統的に分析した研究は限られている。したがって、本研究で検出された8, 11-オクタデカジエン酸は、野生動物およびその腸内細菌による脂質代謝の解明および特有の脂肪酸成分の同定に貢献する可能性がある。8, 11-オクタデカジエン酸の具体的な生産過程については未だ不明であり、さらなる研究が必要である。なお、今回は脂肪酸のメチルエステル化処理においてKOHを用いている。このようなアルカリ処理のうち140°C30分で、リノール酸が共役リノール酸に異性化するという報告³⁷⁾ はあるものの、今回のようなマイルドな状況(常温2分間)では、これらの脂肪酸はほぼ異性化しないと考えられる。

8, 11-オクタデカジエン酸の筋肉内含有量に関して、様々な部位や幼獣と成獣間で有意な差異は認められなかった。しかしながら、全脂質に占める8, 11-オクタデカジエン酸の比率は幼獣で成獣に比べて高かったことが示された。この結果は、幼獣の脂質から8, 11-オクタデカジエン酸をより容易に抽出できることを意味し、将来的な応用可能性への道を開くと考えられる。

牛脂およびシカ脂質を添加した環境下での線虫の寿命

延長が観察された。両脂質に共通して含まれる主要な脂肪酸はミリスチン酸(飽和脂肪酸)、パルミチン酸(飽和脂肪酸)、ステアリン酸(飽和脂肪酸)、オレイン酸(モノ不飽和脂肪酸)などである³⁸⁾。これらの脂肪酸は細胞膜の構成成分であり、細胞の機能やシグナル伝達に影響を与えると考えられる。牛脂で寿命が延びたのは上記脂肪酸のほか、ルーメン酸の存在や、酸化抑制の目的でビタミンEが添加されているためであると考えられる。一方、シカ脂質では比較的高い割合を占める8, 11-オクタデカジエン酸が、細胞の代謝や生理的プロセスに独特な影響を与え、寿命延長に寄与している可能性が示唆される。この脂肪酸が抗酸化作用、エネルギー代謝の改善、またはその他の生命維持プロセスにおいて役割を果たしている可能性があるが、具体的な作用機序や寿命延長への寄与については、さらなる研究が必要である。

牛脂とシカ脂質を添加した場合の線虫の膜電位変化に関する実験では、牛脂がミトコンドリア膜電位に有意な影響を与えないことが示された。一方で、シカ脂質は線虫のミトコンドリア膜電位に顕著な影響を与え、特に成獣シカ脂質の効果は統計的に有意であった($p < 0.01$)。これは、シカ脂質が線虫の寿命延長において牛脂とは異なる経路を介して作用する可能性を示唆している。幼獣シカ脂質による線虫の蛍光発色に有意差は認められなかったが、これはサンプルサイズが $N=3$ と小さく、研究結果の解釈には注意が必要である。シカ脂質の成分や作用機序に関するさらなる詳細な研究が求められるが、シカ脂質の成分が抗老化プロセスに影響を与える可能性がある。16日目の線虫は人間でいうと中年期以降の高齢期を示している。このときの線虫の代謝状態は確実に老化していると考えられ、播種した脂質が影響を与えている可能性がある。実際、我々の先行研究では、鹿茸抽出物でも線虫の寿命が延長することが示されており¹²⁾、これらの結果は互いに矛盾しない。鹿茸の場合も微量に含まれる脂質が関係している可能性がある。

以上のことから廃棄されがちな幼獣シカについて成獣より8, 11-オクタデカジエン酸の含まれる割合が高いことでその脂質の有効利用が期待できることが示された。なお、今回の研究で用いたシカは野生動物であり、また幼獣は成獣と比較するとコストパフォーマンスが劣るため、猟師が捕獲することが少なくサンプル収集の制約が

大きかった。このことから今後サンプル数などを増やして更なる検討が必要である。

V. 結論

長野県産のシカ肉には、ルーメン酸の異性体である 8, 11-オクタデカジエン酸が検出された。8, 11-オクタデカジエン酸の含有量について、幼獣シカと成獣シカ、シカ肉の部位間で有意な差は見られなかった。牛脂およびシカ脂質を線虫の飼育培地に添加すると、線虫の寿命が有意に延長した。特にシカ脂質の効果が高かった。シカ脂質は線虫のミトコンドリア膜電位に正の影響を与え、エネルギー代謝の改善などに関与している可能性が示唆された。シカ肉中に含まれる 8, 11-オクタデカジエン酸が、細胞レベルで抗酸化作用等を示し、結果として寿命延長効果をもたらしている可能性が考えられた。

以上から、シカ肉中の脂質成分に抗老化作用がある可能性が示唆された。

VI. 謝辞

長野市から「ジビエの栄養素に着目した開発料理によるジビエ普及促進及び長野市産シカ肉の油脂の機能性検討業務」として受託研究を受けたものであり、試料をご提供いただきました。改めて御礼申し上げます。

VII. 引用文献

- 1) 農林水産省 農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課 鳥獣対策室; 令和4年度野生鳥獣による農作物被害に係る全国の状況 令和5年(2023年)11月(閲覧 令和6年(2024年)2月22日)
https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/hogai_zyoukyou/attach/pdf/index-33.pdf
- 2) 農林水産省 農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課 鳥獣対策室; 捕獲鳥獣のジビエ利用を巡る最近の状況 令和5年(2023年)12月(閲覧 令和(2024)年1月5日)
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/gibier/attach/pdf/suishin-69.pdf>
- 3) 山内清, 河原聡; 反芻家畜由来乳肉脂肪中の神秘的な生理活性共役リノール酸, 西日本畜産学会報. 47, 11-19 (2004)

- 4) Caballero, B.; Trugo, L.C.; Finglas, P.M. Encyclopedia of Food Sciences & Nutrition, 2nd ed.; Elsevier/Academic Press: Amsterdam, 3812-3817 (2003).
- 5) Sara, B., Liu, Y., Gao, M., Li, Z., Xu, C., Ahmed, M.A., Irma, A., Lopes, B., Mota, M., Mendoza, J.-E., Moreno, M.-R., Wu, X., Anadón, A., Mateo, M.-A.; Conjugated linoleic acid (CLA) as a functional food: Is it beneficial or not?, Food Research International, 172, 113158 (2023)
- 6) Junkuszew, A., Nazar, P., Milerski, M., Margetin, M., Brodzki, P., Bazewicz, K.; Chemical composition and fatty acid content in lamb and adult sheep meat; Arch Anim Breed, 63 (2), 261-268 (2020)
- 7) Ripoll, G., Alcalde, M.J., Argüello, A., Córdoba, M.G., Panca, B.; Effect of Rearing System on the Straight and Branched Fatty Acids of Goat Milk and Meat of Suckling Kids; Foods, 9 (4), 471 (2020)
- 8) 上野宏; 乳由来糖脂質の組成および栄養機能. 応用糖質科学, 4 (4), 302-307 (2014)
- 9) Kramer, J.K.G., Parodi, P.W., Jensen, R.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Adlof, R.O.; Rumenic acid: A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products, Lipids, 33 (8), 835 (1998)
- 10) Noel G. M., Shalinee D.; Unsaturated fatty acids as cytoprotective agents in the pancreatic beta-cell, Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids, 82 (4-6), 231-236 (2010)
- 11) Mozaffarian, D., Cao, H., King, I.B., Lemaitre, R.N., Song, X., Siscovick, D.S., Hotamisligil, G.S.; Trans-palmitoleic acid, metabolic risk factors, and new-onset diabetes in U.S. adults: a cohort study, Annals of Internal Medicine, 153 (12), 790-799 (2010)
- 12) 小木曾加奈; 長野県産野生鹿鹿茸の機能性成分 (IGF-1) の検出とその作用, 日本鹿研究, 13, 10-16 (2022)
- 13) Folch, J., Lees, M., Sloane S. G.H.; A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J. Biol. Chem. 226 (1), 497-509 (1957)
- 14) Ichihara, K., Shibahara A, Yamamoto K, Nakayama. T.; An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids, Lipids. 31, 535-539 (1996)
- 15) Ichihara, K., Shibahara A, Yamamoto K, Nakayama. T.; An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids, Lipids. 31, 889 正誤表. (1996)
- 16) Eder, K. J.; Gas Chromatographic Analysis of Fatty Acid Methyl Esters., Chromatogr., B. 671, 113-131 (1995)

- 17) 小松智彦, 庄司則章, 遠藤秀雄, 鈴木啓一; 黒毛和種筋間脂肪中の脂肪酸組成の遺伝的パラメータ推定における近赤外分光法とガスクロマトグラフ法の比較, 日畜会報. 92 (1), 41-45 (2021)
- 18) 内藤裕一, 山口保彦, 力石嘉人, 大河内直彦; 不飽和脂肪酸の極性カラムを用いた GC/MS 解析, Res. Org. Geochem. 26, 139-145 (2010)
- 19) Lewis, J.A.; Fleming, J.T. *Caenorhabditis elegans*, Modern Biological Analysis of an Organism; Academic Press: New York, 13-29 (1995)
- 20) 酒井俊郎; エマルションの安定化のための新しい調製技術と評価, 株式会社エヌ・ティー・エス, 第1章 エマルション安定化の基礎理論「3 節 エマルション中の液滴の粒子径・分布から考えるエマルションの分散安定性」 ISBN: 978-4-86104-900-2 (2022)
- 21) Samuel C., David R., Simon W.; Comprehensive Medicinal Chemistry III; Mitochondrial Membrane Potential. "Loss of mitochondrial membrane potential is a signal of bioenergetic stress and may result in the release of apoptotic factors leading to cell death", Elsevier: Amsterdam, ISBN: 978-0-12803-200-8 (2017)
- 22) Inoe, R., Tsuno, T., Togashi, Y., Okuyama, T., Sato, A., Nishiyama, K., Kyohara, M., Li, J., Fukushima, S., Kin, T. *et al.*; Uncoupling protein 2 and aldolase B impact insulin release by modulating mitochondrial function and Ca²⁺ release from the ER. *iScience* (2022)
- 23) Restif, C., Ibez-Ventoso, C., Vora, M.M., Guo, S., Metaxas, D., Driscoll, M.; CeleST: computer vision software for quantitative analysis of *C. elegans* swim behavior reveals novel features of locomotion, *PLoS Comput. Biol.*, 10: e1003702. (2014)
- 24) Sezgin, M., Sankur, B.; Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, *Journal of Electronic Imaging*, 13 (1), 146-165 (2004)
- 25) Kanda, Y.; Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics, *Bone Marrow Transplantation*, 48, 452-458 (2012)
- 26) Kaplan, E.L., Meier, P.; Nonparametric Estimation from Incomplete Observations, *Journal of the American Statistical Association*. 53 (282), 457-481 (1958)
- 27) 山内清, 河原聡, 竹之山慎一; 共役リノール酸に関する研究動向: 牛乳・乳製品, *ミルクサイエンス*, 52 (1), 17-31 (2003)
- 28) R.A.P., Purba, P., Paengkoum, S., Paengkoum; The links between supplementary tannin levels and conjugated linoleic acid (CLA) formation in ruminants: A systematic review and meta-analysis, *PLoS One*, 15 (3), : e0216187. P, doi: 10.1371/journal.pone.0216187, (2020)
- 29) Wood, W.F.; Straight and branched-chain fatty acids in preorbital glands of sika deer, *Cervus nippon*, *J Chem Ecol*, 30, 479-482 (2004)
- 30) 辻井弘忠; 長野県における放牧の現状, *Shinshu Univ. AFC*, 4, 91-95 (2006)
- 31) Zhang, H., Han, C., Wang, M., Yang, Q.; Fatty Acid Components in the Oil from Seeds of *Datura stramonium L.*, *Xibei Zhiwu Xuebao*, 28 (12), 2538-2542 (2008)
- 32) Fu, H., Wang, Q., Zhou, Z.; GC-MS analysis on the Fatty Acids in the Seed Oil of *Microula sikkimensis (C.B. Clarke) Hemsl.* in Tianzhu, *Acta Agrestia Sinica*, 5 (3), 205-209 (1997)
- 33) Luo, Z., Ang, R., Yang, Y., Xiao, H., Li, W., Sheng, C., Cui, G.; Analysis of fatty acids composition in ramie seed oil and amino acid composition in its meal, *China Oils and Fats*, 32 (5), 72-74 (2007)
- 34) Sun, L., Tao, J., Luo, W., Hai, C., Li, T.; Analysis of Fatty Acids in Seed of Eggplant by GC-MS, *Journal of Anshan noemal university*, 12 (2), 20-22 (2010)
- 35) 藤原陸夫, 中村恭子, 横澤邦子; 長野県自然保護研究所紀要 6, 1-22 (2003)
- 36) 青木政晴, 長野県の水田輪作体系における外来雑草の総合防除対策の確立と普及, *雑草研究* 64 (3), 100-105 (2019)
- 37) Shayanmehr, M.-R., Elhamirad, A.-H., Armin, M.; Different Conditions for Alkaline Isomerization and the Production of Conjugated Linoleic Acid (CLA) from Linoleic Acid, *J Biochem Tech, Special Issue (2)*: 1-8 (2018)
- 38) 石田光晴, 小田島恵美, 池田昭七, 武田武雄; 鹿肉と牛肉中のコレステロール含量および脂肪酸組成の比較, *日本食品科学工学会誌*, 48 (1), 20-26 (2001)

研究ノート

緑茶染料を利用した鹿革の染色についての検討

安本 知世

武庫川女子大学 生活環境学部 生活環境学科
(〒663-8558 兵庫県西宮市池開町 6-46)

Green tea dyeing of deerskin

Tomoyo Yasumoto

Living Environment, Mukogawa Women's University
6-46 Ikebirakicho, Nishinomiya-shi, Hyogo prefecture, 663-8558 JAPAN

要旨

農林業への鹿被害が深刻になっており、害獣として駆除する頭数も毎年全国で 50 万頭以上になっている。その中でも駆除鹿の資源利用は発展しつつあるが、食肉の利用がほとんどで皮や角の利用はほんの一部である。今回、静岡県ふじの国未来財団の助成を得て、静岡の特産品としての鹿革の開発を行うために、鹿革を緑茶で染色する試みを行った。

抹茶色に染められている革製品は既に存在しており、抗菌性も実証された機能性商品が開発、製品化されている。しかし緑味の色を表現するために合成染料が使用されていることがほとんどである。本研究では、天然の色素のみを使用した染色で、より濃色な緑色の表現の実現に向けた実験を行った。その結果、銀面はアルミ媒染を行った試料が、未媒染のものに比べ、鮮やかに染まっていることが確認された。また肉面では、革の組織的な関係から、濃い緑に染めることが可能であり、理想とする抹茶色に近い色となった。これには革の組織的な違いがあるのではないかと考察する。さらに、染色した試料の高圧水銀灯による加速試験では、8.5 時間処理した試料が b*軸に接近し鈍い赤味を示し退色した。

キーワード：天然染料、緑茶、抹茶、シカ、鹿革、染色

Keyword : Natural dye, Green Tea, Matcha, Deer, Deer skin, Dyeing

I. 緒言

農林業への鹿被害が全国で深刻になっており、害獣として駆除する頭数も毎年 50 万頭以上になっている。こうした駆除鹿の資源活用も進展しつつあるが、その内容は食肉としての利用がほとんどで、皮や角の利用はほんの一部にとどまっている¹⁾。今回、静岡県ふじの国未来財団の助成を得て、静岡県の特産品としての鹿革の開発を行うために、「自然界で鹿と人間が共生しながら豊かに暮らしていく」をコンセプトとし、鹿革を緑茶で染色する試みを行った。

抹茶色に表現されている革製品は既に存在しており、抗菌性も実証された機能性商品が開発、製品化されている²⁾⁷⁾。しかし、緑味の色を表現するために合成染料が使用されている。本研究では、抗菌性には着目せず、天然の色素のみを使用した染色で、より濃色な緑色の表現の実現に向けた実験を行った。また、染色して得られた試料の測色を行い、色を数値化することで抹茶が持つ緑色と実際に染色された革の色とを数値化し、感覚評価を客観的に示し、考察した。さらに紫外線による耐光性試験を行い、今回得られた試料の性能を検証し、商品化へ向けた試行も行った。

II. 試料と試薬

試料は、北海道の野生エゾシカを姫路製革所オールマイティにて製革し 1.0~1.2mm の厚みに漉いた白鞣し革を 2×2 cm各に裁断し、腹部と背部の2か所より採取したものを各実験で用いた。同部位の中でも個体差が激しく、染色した試料の色味にばらつきがみられたが、今回の実験では個体差について深く言及していない。

染料は、クサギ(臭木)と呼ばれるクマツヅラ科の青い実(奈良県津風呂湖周辺にて採集し1年半冷凍したもの)を解凍し乳鉢ですりつぶしたもの、「緑の緑茶微粒ペースト(以下、緑茶ペースト)」工房カワイ株式会社から提供いただいたものを用いた。

試薬は、クサギの抽出に、くえん酸(ナカライテスク株式会社)、媒染剤として、酢酸アルミニウム(ナカライテスク株式会社)を用いた。

III. 実験方法

1. 染色、媒染方法

(1) 緑茶ペーストのみの検討(短時間)

染液は、乾燥状態の試料重量(以下、試料重量)に対して15倍量の緑茶ペーストと、そこへ試料重量に対して20倍量の水を加えたものを使用した。媒染液には、酢酸アルミニウムを5.0g/Lに水で調製したものを使用し、浴比は1:100とした。染色と媒染ともに50±3℃、媒染30分、染色30分を1セットとし4、6、8セットを繰り返すことで各々2、3、4時間の先媒染を行った。

染色時はマグネチックスターラーを使用し、染液を攪拌しながら染色を行った。媒染時には10分に1度媒染液を攪拌した。

(2) 緑茶ペーストとクサギの重ね染め

本項での実験は、緑茶ペースト染色のみ、緑茶ペーストとクサギの重ね染め、クサギ染色のみ、の順に大きく3種類の染色実験を行った。

緑茶ペーストの染液は、試料重量の15倍量と20倍量の緑茶ペースト、またそこへ各試料重量に対して20倍量の水を加えたものを使用した。媒染液には、酢酸アルミニウムを5.0g/Lに水で調製したものを使用し、

浴比は1:100とした。染色と媒染ともに50±3℃、媒染30分、染色30分を1セットとし4セットを繰り返すことで各々2時間の先媒染を行った。

クサギの実は試料重量の10倍量を用いた。抽出は80℃を5分(10分昇温、5分抽出)実施した。染色浴比は1:50で50±3℃、1時間染色を行った。

(3) 緑茶ペーストのみの検討(長時間)

染液は、試料重量の10倍量の緑茶ペーストと、そこへ試料重量に対して20倍量の水を加えたものを染液とした。媒染液には、酢酸アルミニウム水溶液を5.0g/Lに調製したものを用い、浴比は1:100とした。媒染、染色ともに50±3℃、媒染1時間、染色1時間を1セットとし7セットと、8セット目を媒染1.5時間、染色1.5時間を行うことで媒染、染色を各々8.5時間までの先媒染を行った。長時間での染色条件のため、作業時間を4日に分けて行った。染液のみ冷暗所にて保管した。染色と媒染はマグネチックスターラーを使用した。

また(1)~(3)について各染色後、各試料は常温水道水(西宮市 武庫川女子大学生生活環境学科の実験室内)にて10秒ほどもみ洗いを行った。

2. 測色

測色用測定機器にはコニカミノルタジャパン株式会社の分光光度計CM-2600dを用いた。尚、測色はD65、10°視野、正反射光込み(SCI)の条件で行った。試料の銀面と肉面を各4回ずつ測定しそれらの平均値を用いた。耐光性試験での試料は銀面のみ測色した。また、データの比較として緑茶ペースト本体の数値を以下の要領で測色した。チャック袋に5mm厚の緑茶ペーストを入れチャック袋の上から測色し、正反射光除去(SCE)の条件を用いた。比較として、緑茶ペーストの色数値(L*27.66, a*-6.36, b*20.14, C*21.12)も測定した^注。尚、各色度図は-60≤a*≤+60、-60≤b*≤+60のL*a*b*色空間色度図で示した。

3. 高圧水銀灯照射による耐光性試験

試料は1-(3)で記述した長時間染色のうち、8.5時間染色したものを別途用意し、未染色の白鞣し革も同時に試験した。試験は銀面のみとした。緑茶ペースト

で染色した試料の紫外線による退色変化を確認するため、理工科学産業株式会社高圧水銀灯の照射による加速試験を1、2、3、4、6時間の順で段階的に処理を行った。各退色後に色の数値を360~740nmの範囲で10nm間隔ごとに反射率の測色(測色要領は2. 測色に記載)を行い、そこからK/S値に換算した。尚、K/S値は(1)式を用いて、1~6時間処理の5種類のデータについて計算した。Rは染色した試料の反射率、R'は染色前の未染色試料の反射率をそれぞれ表している。

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R')^2}{2R'} \dots (1)$$

また測定の際にはT&D おんどとり TR-74Uiを用いて合計6時間紫外線量(mW/cm²)を測定し、(2)式を用いてUV積算照射量⁸⁾を求めた。6時間照射時のUV積算照射量は325.82mJ/c m²であった。

$$\text{積算光量 (mJ/c m}^2\text{)} = \text{UV 照度 (mW/cm}^2\text{)} \times \text{照射時間 (秒)} \dots (2)$$

落ちて濃く見えているのではないかと推測される。さらに、緑茶ペーストのデータを図2に入れた。

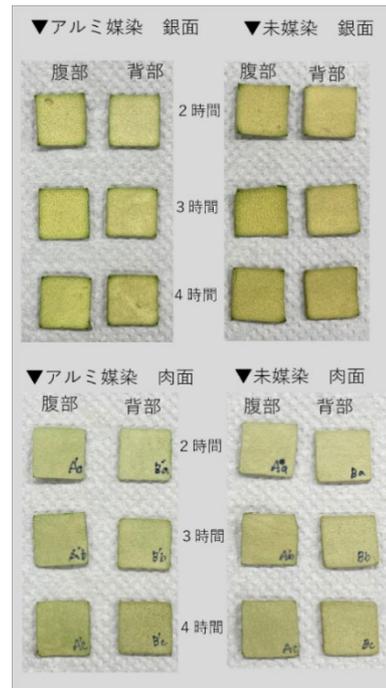


図1 緑茶ペーストで2、3、4時間媒染、染色した試料 銀面、肉面

IV. 結果と考察

1. 染色と媒染で得られた試料と測色の結果、考察

(1) 緑茶ペーストの染色(短時間)

この実験で得られた試料を図1に配置した。左列よりアルミ媒染の腹部背部、未媒染の腹部背部、また上中下段の順に媒染、染色2、3、4時間を、さらに図の上部に銀面を、下部に肉面を配置した。図2には各試料の測色データの色度図を示した。尚、色度図にはアルミ媒染を施したものに印を記した。

図1から銀面、肉面では腹部と背部ともにアルミ媒染した試料の方が鮮やかに染まった。また図2からアルミ媒染の試料が未媒染より-a*方向に位置していた。以上のことからアルミ媒染の効果が確認された。また図1から銀面の腹部のアルミ媒染では背部のアルミ媒染に比べ、少し緑味を帯びた色に染まっていた。これは、背部に比べて、腹部の繊維質が緩いため、染料が腹部の緩んだ繊維組織に多く染着したのではないかと考察する。また、肉面の腹部と背部が他の銀面と肉面よりも緑味が若干強く出ていると見受けられた。肉面は銀面に比べて起毛になっているため、長さの異なる起毛繊維に媒染剤と染料が多く組織に染着し、反射率が

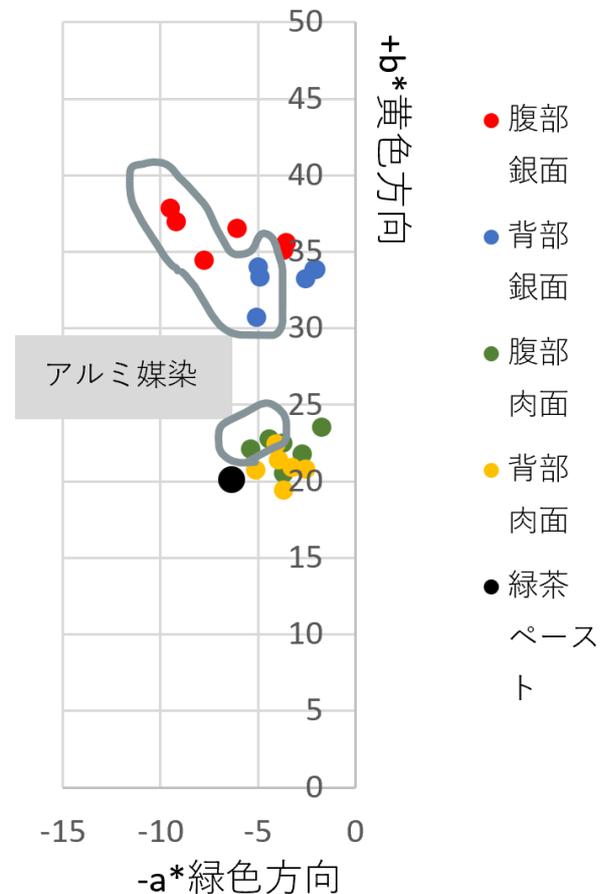


図2 緑茶ペーストで2、3、4時間媒染、染色した試料の測色データ銀面、肉面(n=24)と緑茶ペーストのみの色(n=1)

これはL* (明度) 情報が含まれないため、肉面のデータと近似しているように見えるが実際はL*27.66と明度が低い。この実験での肉面の明度は4時間染色を除いてすべてL*70台であった。L*数値を下げるにはさらに染料の染着が必要になるだろう。

この節での染色実験では銀面が黄味をおびていることから、IV-1-(2)では黄味を帯びた試料にクサギの青色素を重ね、抹茶の緑色を表現することを狙った。

(2) 重ね染めの染色結果

この実験で得られた試料を図3に配置した。左列より緑茶ペーストのみの10倍量、15倍量、重ね染めの10倍量、15倍量、クサギのみを、また上部から銀面の腹部、背部、肉面も同様に配置した。

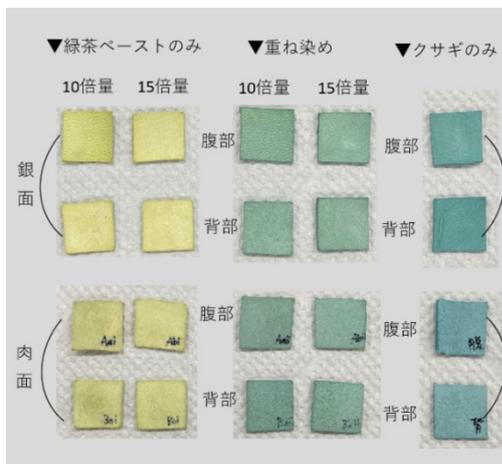


図3 緑茶ペースト、緑茶ペーストとクサギの重ね染め、クサギのみで媒染、染色した試料 銀面、肉面

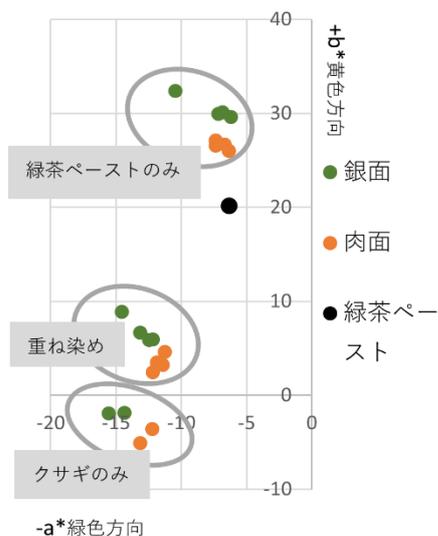


図4 緑茶ペースト、緑茶ペーストとクサギの重ね染め、クサギのみで媒染、染色した試料の測色データ銀面、肉面 (n=20) と緑茶ペーストのみの色 (n=1)

図4には図3各試料の測色データの色度図を示した。尚、色度図には染料種別を印で記した。

緑茶ペーストのみで染色した試料の結果は黄味を帯びているが、肉面は少し緑味に寄っていた。重ね染めした試料の色は、図3の目視では青色寄りの緑に染まっていた。また図4の重ね染め試料はクサギのみの試料に近いb*寄り、青色方向に位置しており、緑茶ペースト本体の色データからは離れた位置に分布していた。緑茶ペーストでの染色時間を延ばすことで、青味を帯びた緑色は改善できると予測される。クサギのみで染色した試料では鮮やかな青色に染まっていた。試料重量に対して10倍量と15倍量の緑茶ペーストのみの染色では、あまり大きな色の変化が見られなかった。

図1にて、アルミ媒染と未媒染の両方の結果で各試料四角が濃い緑色を呈していた。また(2)の染色結果から、染料濃度よりも染色時間を重視するとさらに色が濃くなるのではないかと考えた。(3)では長時間の染色を行うため、染料の濃度を下げて緑茶ペーストによる長時間の媒染と染色を試みた。

(3) 緑茶ペーストの染色結果 (長時間)

この実験で得られた試料を図5に示した。左列よりアルミ媒染の腹部、背部、未媒染の腹部と背部、また最上段より媒染、染色2、4、6、8.5時間を、さらに図の上部には銀面を、下部には肉面を同様に配置した。また図6には、図5の測色データの色度図を配置した。

図5では全体的にアルミ媒染の試料が未媒染の試料よりも鮮やかであった。図6からも未媒染の試料よりアルミ媒染の試料が-a*とb*方向に分布していた(灰色印)。また図6から、銀面より肉面の方が鈍い色を呈している傾向にあるということが確認できた。これには

(1)でも同様の考察の通り、繊維の緩みや引き締まり、繊維方向が関係しているのではないかと推察する。さらに、図5から銀面に比べて肉面の方が濃く染まっており、中でも特に図6背部アルミ媒染の8.5時間(A点:L*57.31、a*-10.77、b*28.07)が深い緑色を呈していた。一方で、本実験で使用している緑茶ペースト本体の色(L*27.66、a*-6.36、b*20.14)と比較すると、A点の肉面、アルミ媒染での試料の方が鮮やかであることが示された。試料にアルミ媒染と染色を長時間

行うことで彩度が上昇傾向となった。緑茶を利用して染色を行う場合、媒染剤が重要な染色材であり、また長時間の染色と適切な濃度が抹茶の色に近づけるためのカギといえるだろう。

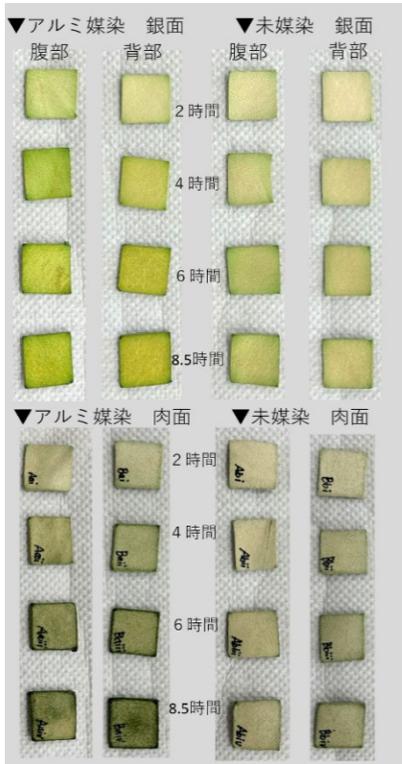


図5 緑茶ペーストで2、4、6、8.5時間媒染、染色した試料銀面、肉面

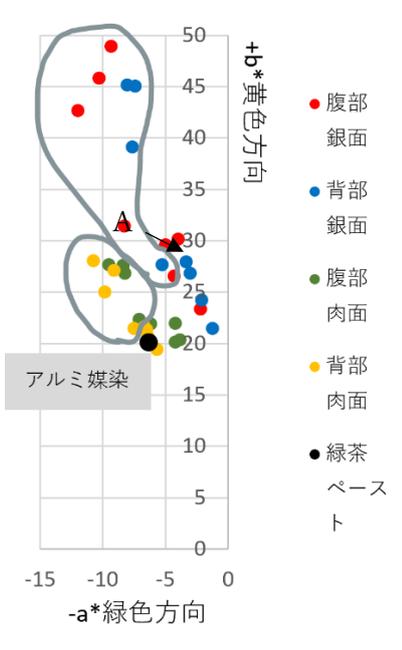


図6 緑茶ペーストで2、4、6、8.5時間媒染、染色した試料の測色データ銀面、肉面 (n=24) と緑茶ペーストのみの色 (n=1)

2. 高圧水銀灯照射による加速試験

高圧水銀灯照射による加速試験で段階的に処理をし得られた結果を図7に反射率曲線のK/S値曲線で、また図8に図7の試料の色度図を示した。

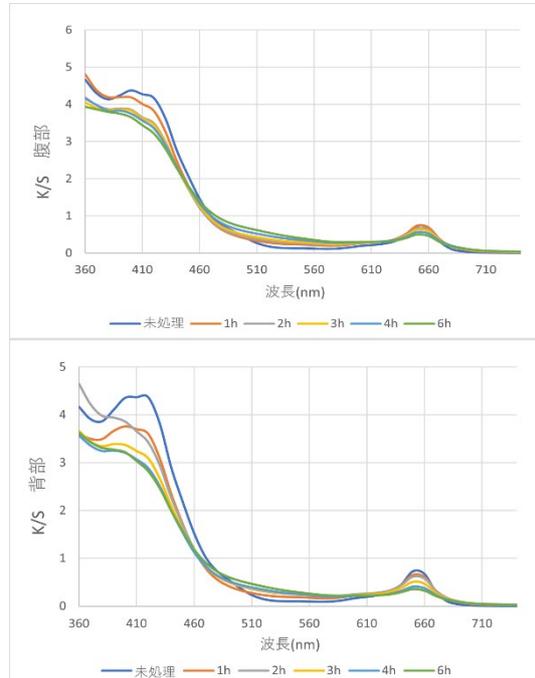


図7 高圧水銀灯照射で処理した試料のK/S値曲線 上：腹部 下：背部

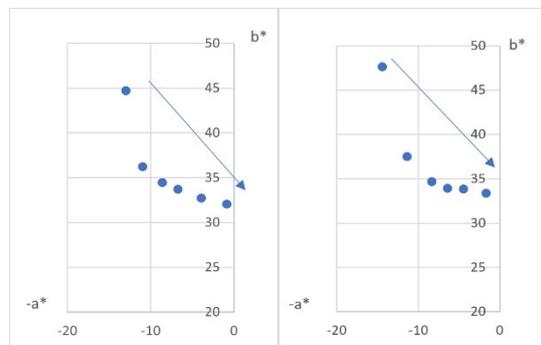


図8 高圧水銀灯照射で処理した試料の色度図 左：腹部 右：背部

図7からK/S値曲線の波長650nm付近にピークがみられた。これは650nm付近の赤色の光が吸収することによって、緑色の光が反射して表れており、これは緑茶に含まれるクロロフィルの一つの特徴である。このピークが未処理から6時間染色にかけて徐々に低くなっていることが両図から確認された。また、図8の色度図にて、未処理から6時間まで徐々にb*軸付近まで接近しており、元の黄緑色から鈍い赤味を帯びた色に

変化した。以上のことにより、染色した緑茶染色の銀面は紫外線に弱いという結果が示された。

V. 結論

耐光性試験による紫外線で退色が見られたが、銀面ではアルミ媒染を施すことで鮮やかな緑色に染められることが明らかとなった。またアルミ媒染の肉面では、革の組織的な関係から、濃い緑に染めることが可能であるということが図 1、3、5 の試料と図 2、4、6 の色データの二方面からのアプローチで判明した。今後も銀面で抹茶色に近づけるため、緑茶ペーストのさらなる長時間媒染と染色、また媒染、染色間隔の縮小を行い、銀面と肉面ともに抹茶色の表現の実現を目標としたい。また、紫外線に対するさらなる強化の工夫に加えて、JIS で規定されている染色堅ろう度試験も視野に入れ、製品化の実現に向け、取り組んでいきたい。

VI. 謝辞

本研究にて、緑茶ペーストをご提供くださいました、カワイ工房株式会社の河合社長、緒言や体裁の添削、ご助言をいただきました全日本鹿協会副会長・事務局長の小林先生、耐光性試験の方法やグラフの表現方法についてご相談に乗ってくださった武庫川女子大学生活環境学部生活環境学科古濱先生に深く御礼申し上げます。

注、引用、参考文献

注) $L^*a^*b^*$ 色空間は、XYZ 軸の 3 次元で表すことができる。 L^* は明度を、 a^*b^* は色相と彩度を意味し、 L^* (Z 軸) が大きいほど明るい色、小さいほど暗い色を示し、 a^*b^* (X 軸、Y 軸) が放射状に大きくなるほど鮮やか、原点方向に小さくなるほど鈍い色を意味する。また結果と考察で図示した a^* と b^* について、 $+a^*$ 方向に赤色を、 $+b^*$ 方向に黄色を、 $-a^*$ 方向に緑色を、 $-b^*$ 方向に青色をそれぞれ示す。

- 1) 農林水産省野生鳥獣資源利用実態調査 HP <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/jibie/> (2023/12/29)
- 2) 「静岡県牧之原三織物/日本製 緑茶染め織物 弁当袋」<https://revolla.fashionstore.jp/items/48682277> (2023/12/10)
- 3) 「kissora」HP https://kissora.jp/anniversary_10/ (2023/12/10)
- 4) 「株式会社エルブ」<https://erubu.co.jp/greentea> (2023/12/10)
- 5) 「くらしの genten genten+ITOEN」<https://genten-life.kuipo.co.jp/contents/837> (2023/12/10)
- 6) 「Artisan T 豊岡鞆 Official Online Store」<https://shop.artisan-atelier.net/c/special/lezzabotanica> (2023/12/10)
- 7) 伊藤園「お茶由来の茶殻染色剤を開発」<https://www.itoen.co.jp/news/article/20364/> (2023/12/10)
- 8) UV 積算照射量 https://www.m-n-w.com/from_index1b.htm (2023/12/29)

海外報告

仏ランブイエに棲むニホンジカを訪ねて

石井 陽子

京都芸術大学大学院写真映像領域修士課程、鹿写真家

I. はじめに:

2022年12月24日、私は同年11月に春日大社着到殿で写真展《一天四海鹿参集》を開催させていただいた報告と御礼を兼ねて、春日大社権禰宜の中野和正氏を訪ねた。鹿を神の使いとして大切にしている春日大社に奉職されている中野氏は鹿への造詣が深く、お会いすると鹿談義に花が咲く。この日、同氏が見せてくださった書籍『ふらんすはいつもおもしろい』に「フランスに渡った奈良の鹿たちのその後」という章がある。そこには、明治天皇からサディ・カルノー仏大統領に、奈良の雄鹿一頭と雌鹿三頭が贈られ、今もその子孫がランブイエ城の大庭園に棲んでいると記されていた¹⁾。「私はこの鹿たちに会いたいです」との中野氏の言葉に、私は「是非、行きましょう」と二つ返事で答えた。こうして、民俗学の観点から奈良の鹿を研究している東城義則氏を加えた三人で、ランブイエ城の森に棲む奈良の鹿の末裔に会いに行くプロジェクトが始まった。

当初は雲をつかむような話に思えたプロジェクトも、RAMBOUILLET TERRITOIRES という都市コミュニティのWEBサイトに全く同じ情報が掲載されているのを見つけてから大きく動き出した²⁾。この団体に問い合わせをしてみると、Le parc des Chasses du domaine national de Rambouillet (国有ランブイエ狩猟公園)に奈良の鹿の子孫たちが棲んでいるという返信があり、連絡先も教えていただいた。

そして、国有ランブイエ狩猟公園にeメールを出すと、その日のうちに携帯に電話がかかってきて、訪問を歓迎するとの温かい言葉をいただいた。

そこで、私たちはドライバーを務める石井貢を加えた4名でフランスに赴くことにした。

II. ランブイエ狩猟公園 第1回訪問

ランブイエはパリ南西50キロのイヴリーヌ県にある人口約27,000人の街で、13,712haの広大なランブイエの森に囲まれている。街の中心にあるランブイエ城で、第1回先進国首脳会議(ランブイエ・サミット)が1975年に開催され、国際的に知られるようになった。城内のダイニングルームには当時の食卓が再現されている。



ランブイエ城



ランブイエの観光案内所ののぼりや街中の標識などあちこちに鹿が描かれている。これまでフランスで数多くの街を訪れたが、これほど鹿推しな街は珍しい。観光案内所の係員は、周囲の森に鹿がいるから昔から親近感があるのだという。

奈良の鹿の末裔が棲むという国有ランブイエ狩猟公園は、ランブイエ城のすぐ近くにある。16世紀前半にフランスを治めたフランソワ1世から18世紀のルイ16世まで歴代の王がランブイエ城に滞在し、この森で狩りを楽しんだ。共和制になってからは大統領の御狩場となり、2007年に国有ランブイエ狩猟公園として限られた招待者のみが狩りを行う場となった³⁾。



(左) ギョーマ氏、(右) ボンジボー氏

8月23日に現地で私たちを迎えてくれたのは、ランブイエ狩猟公園とシャンボール領地の森林狩猟部長で中佐でもあるエチエンヌ・ギョーマ氏と、レンジャーのアラン・ボンジボー氏のお二人だ。まず、応接間に招かれ、狩猟公園の概要を話していただいたが、壁に掛けられたトロフィーと頭骨付きの角に圧倒された。



ここに棲む鹿たちは、ニホンジカとノロジカの2種で大きさなどが異なるため、混淆することはないという。また、高さ2mの塀で囲まれているため、狩猟公園外に棲む野生のアカシカやダマジカとも隔離されている。

さて、いよいよ奈良の鹿の末裔を探しに行くことになった。1880年に明治天皇からカルノー大統領に贈られた1頭の雄と3頭の雌はイヴリーヌ県のマルリー＝ル＝ロワ公園に放されたが、1898年に当時は大統領の御狩場だったこの公園に移された⁴⁾。その末裔180頭のニホンジカが周囲14kmを囲う塀で仕切られた800haの敷地内で暮らしている。奈良のように鹿せんべいなどで餌付けをしているわけではなく、頭数管理のために定期的に狩りを行っているので、ランブイエの鹿に

とって人間は怖い存在だ。この日は、はるかかなたで逃げ去る姿を見かけたが、写真撮影には至らなかった。

夜、ギョーマ氏とボンジボー氏と小さな宴を設けてくださり奈良とランブイエの鹿事情について話に花が咲いた。お二人から「なぜ奈良の鹿が神の使いとされているのか」と聞かれ、「鹿島神宮の神様が白鹿に乗って春日大社に降臨されたから」という話に興味津々の様子だった。

翌8月24日朝5時に狩猟公園に入れていただき、ミラドルと呼ばれる見張り台に上って、ニホンジカの出現を待った。この見張り台は、猟期にハンターたちが獲物を狙う場である。そしてようやく、遠方の草原をゆっくり歩いていく鹿の姿を見ることができた。黒い毛で縁取られた大きな白い尻斑があるのでニホンジカと判定してよいだろう。



ランブイエ狩猟公園のニホンジカ

Ⅲ. CEA カダラッシュ訪問

レンタカーでランブイエからパリ・シャルルドゴール空港に戻った私たちは、南仏マルセイユまで飛び、再び車を借りて北80km先のカダラッシュに向かった。というのも、春日大社の社報「春日」第93号に奈良の鹿がカダラッシュにも棲んでいるという記載があったからだ⁵⁾。さらに調べるとカダラッシュにある核融合実験炉ITARのWEBサイトに、明治天皇から贈られた奈良の鹿が頭数調整のためにランブイエから各地に分配され、カダラッシュにも1928年に雄雌1頭ずつ2度にわたってやってきたという⁴⁾。

IATR に問い合わせのメールを出してみると、現在、ニホンジカが棲んでいるのはフランスの原子力センターCEA カダラッシュの敷地内だという。非常に機密性の高い施設でもあり、調査に訪れるのは難しいかと思いきや、春日大社の神職と、奈良の鹿の研究者と、鹿写真家の訪問を快く受け入れてくれた。



左) テリアン氏、右) フォジア氏

鹿探しのスタート時間は日の出前の朝 5 時。厳重なセキュリティチェックを受けたうえで入構すると、CEA の広報担当のフレデリック・テリアン氏と、マイリス・フォジア氏とともに車で移動しながら鹿を探した。ランブイエよりは比較的簡単にニホンジカを見つけることができ、ムフロン（羊の原種）、イノシシなども見ることができた。建造物が写りこまないようにするという条件付きで写真も撮影させていただけた。

ここでも頭数を適正に保つために、ライトセンサスを実施し、一定数のニホンジカを捕獲しているという。



CEA カダラッシュのニホンジカ

IV. ランブイエ狩猟公園 第2回訪問

奈良の鹿が繫いだ縁を深めていきたいと思っていた 2023 年末、ランブイエ狩猟公園のギョーマ氏から 2024

年 3 月から 4 月にかけてライトセンサスを 4 回実施するとの連絡が来た。そこで、奈良の鹿を生態学の観点から 30 年以上調査している立澤史郎氏と、ドライバー役の石井貢と 3 人で渡仏した。



ライトセンサスを行うランブイエ狩猟公園チーム

ライトセンサスとは、夜、光が当たると鹿の眼が光る性質を利用して行う頭数調査だ。いつも同じルートを通り、サーモカメラも併用して鹿を数える。一回の調査で同行できるのは 1 名とのことで、3 月 26 日に石井、3 月 28 日に立澤氏がジョンディアの四輪駆動のバギーに乗せてもらった。ランブイエ領地の責任者であるピエール・リヴィエール氏がルートや光を向ける方向などを指示し、上に乗った二人がライトを当て見つけた動物を報告すると、リヴィエール氏はニホンジカの雄・雌・子、ノロジカの雄・雌・子と分類して記録していく。

こうして鹿の数を把握し、次の狩猟シーズンに捕獲する鹿の数を雄・雌・子の構成比を考慮しながら決める。狩猟時はこのプランに基づき、どの鹿を撃つかレンジャーが判断し、ハンターが仕留める。



ランブイエ狩猟公園の夜の鹿

閉鎖空間ながら、鹿の頭数を適正に管理するシステムができていることは大変印象的だった。

V. エスパス・ランブイエ訪問

ランブイエには、エスパス・ランブイエという動物公園がある。ここには、鹿の森、鷲の森、羊の森、野生の森、見えない世界の森（昆虫コーナー）などがあり、遊歩道を散策しながら動物を観察することができる。ランブイエ狩猟公園でニホンジカを探すのに苦労した私たちは、間近でアカシカやダマジカの群れを見ることができて大いに楽しんだ。



アカシカ



ダマジカ

エスパス・ランブイエで印象的だったのは、大人も子供も楽しみながら動物の生態や生物多様性などについて学べるコーナーが充実していることだ。



アルチュール・アストリー氏

2023年8月にエスパス・ランブイエを初めて訪問した時は一般客として入場した。2024年3月にはアポイントをお願いしたところ、マーケティング・コミュニ

ケーション責任者のブリジット・タンチュリエ氏の計らいで、閉園中にもかかわらず訪問をアレンジしていただいた。ご案内いただいたアルチュール・アストリー氏にも感謝している。

VI. おわりに

ランブイエでもカダラッシュでも奈良の鹿の子孫たちに会えたことは大変嬉しいことだったが、さらに感動したのはメールで問い合わせただけの見ず知らずの私たちを歓待してくれたことだ。明治天皇から贈られた神の使いである奈良の鹿という歴史が140年以上にわたってフランスで受け継がれていることを実感した。

謝辞

本調査は、立澤史郎氏（北海道大学）、東城義則氏（佛教大学宗教文化ミュージアム 学芸員）、中野和正氏（春日大社 権禰宜）と協働でおこなった。また本稿内容について、立澤氏、東城氏よりコメントをいただいた。ご協力いただいた方々に、お礼申し上げます。

付記

写真はすべて筆者が撮影したものである。

引用文献

- 1) 小野吉郎『ふらんすはいつもおもしろい』奈良日仏文化交流協会、2001年
- 2) ” Le cerf Sika (Rambouillet) ニホンジカ（ランブイエ） ” RAMBOUILLET TERRITOIRES
<https://www.rt78.fr/le-cerf-sika-rambouillet>
- 3) “Le parc des Chasses du domaine national de Rambouillet” 、Domaine national de Rambouillet
- 4) Robert Arnoux “THE EMPEROR’S DEER”
<https://www.iter.org/newsline/212/1082>
- 5) 杉浦寛子「ILTM カンヌへの出展」 『春日』 第93号、2015年

調査報告

ホンシュウジカ (*Cervus nippon centralis*) の頭胴長推定式

片倉 景道

武蔵高等学校中学校二年

(〒176-8535 東京都練馬区豊玉上 1-26-1)

I. はじめに

近年野生動物による農林業被害が深刻な問題となっており、ニホンジカ (*Cervus nippon*) の個体数削減やジビエ利用に注目が集まっている (農林水産省 2023, 2024; 宇野ら 2007)。森の中ではニホンジカの死体や骨が見つかることが多く、彼らが生息していることは明らかであるものの個体数や移動ルート等の情報は少ない (三浦 1974; 梶ら 1998; 浅田と落合 2007)。考古学の分野ではヒトの四肢骨から身長を求める方法が確立している (平本 1972; 佐宗と埴原 1998) が、野生動物における算出方法は見当たらない。一部の骨の長さや体高や体長の間に関連があれば死体や骨から動物の身体的特徴を推定することができ、生息する動物の個体数や個体群の移動の特徴等を調べる一助とできる可能性があることから、大腿骨の長さをもとに頭胴長推定式を作成した。佐宗と埴原 (1998) によるとヒトの場合は大腿骨生理長や大腿骨全長に比べて大腿骨最大長と身長との間に強い相関がみられる。また、平本 (1972) によると、大腿骨最大長は大腿骨骨頭の最高点と内側顆あるいは外側顆の最下点との直線距離であると示されている。しかし、大腿骨の骨頭の最高点と内側顆または外側顆の間の直線距離を巻き尺で測るのは難しく、誤差が大きくなると懸念されたため、大腿骨大転子と大腿骨外側顆の間の長さを採用し、頭胴長との関係を調べた。

II. 方法

1. 資料

使用した資料は国立科学博物館所蔵のホンシュウジカ (*Cervus nippon centralis*) (オス 2 体、メス 2 体、

不明 1 体) の標本合計 5 個体分である。この標本は国立科学博物館の川田伸一郎氏のご厚意により、使用させていただいた。標本の詳細情報を表 1 に記載した。また、以下の条件であるものを選んだ。

- ・ホンシュウジカの骨であること
- ・骨幹と骨端が融合しているもの

表 1 標本の詳細情報

標本番号	採集年月	採集場所	性別
M16065	1932/4/14	西公園	メス
M38814	2011/6/30	埼玉こども動物園	メス
M47090	2014/9/22	塩尻市猟友会	オス
M79996	2022/10/7	埼玉こども動物園	オス
M47163	不明	不明	不明

2. 大腿骨長と体長の計測

大腿骨の長さや体長は巻き尺によって測定した。その際頭骨と脊椎、寛骨は写真 1 のように配置し、平面でも測定誤差が出ないようにした。脊椎は毛布の上で固定した。頭胴長は「頭が左側の状態で横向きに寝かせ、頭骨の左端から寛骨の右端の直線距離」とした。

また、大腿骨の長さは、写真 2 のように大腿骨大転子と大腿骨外側顆の長さ (便宜上、F とする) を採用した。



写真 1 頭胴長計測の様子



写真2 大腿骨の長さ (F) の測定部位

3. 頭胴長推定式の作成

まず、大腿骨の長さ F の値 (便宜上、以下計測値 F) と頭胴長の値 (便宜上、以下計測値 B1) との相関関係を調べるにあたり、相関があると仮定できるか否かを検討するため、計測値 F と計測値 B1 の相関係数を求めた (前野と三國 2004)。その結果を鑑みて、本資料に基づき最小二乗法 (Least Square) により直線回帰式を求め、得られた頭胴長推定式について誤差の平均と範囲を求めた。また、計測した頭胴長に対する誤差の割合を

$$|\text{誤差}| \div \text{計測頭胴長} \times 100$$

で求めた。

頭胴長における誤差の割合が 5%以上だった場合、その誤差の原因を重回帰分析によって導いた。

4. 死体の骨からの頭胴長推定

武蔵学園の赤城青山寮 (群馬県前橋市富士見町) の敷地内 (赤城山) で 2023 年 7 月 18 日に拾得したホンシュウジカ (メス) の死体から骨を採取し、大腿骨の長さ F を巻き尺で計測した。この計測値 F を作成した直線回帰式に代入して推定頭胴長を算出した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 頭胴長推定式の作成

計測値 F と計測値 B1 の値を表 2 で示した。また、参考として計測値 F と計測値 B1 の分布を図 1 で示した。計測値 F と計測値 B1 の相関係数を求めた結果、0.9884 となり、とても強い正の相関が認められた。計測における大きな誤差は確認されなかったとみなし、直線回帰式を作成した。直線回帰式を作成すると

$$Y = 2.9X + 61.5$$

X : 大腿骨の長さ (cm)

Y : 頭胴長 (cm)

という結果が得られた。この式に計測値 F を当てはめて得られる推定頭胴長と計測値 B1 との間の誤差の最大値が 1.29 で平均が 0.98 cm になった。また、計測した頭胴長に対する誤差の割合の最大値が 0.96% で平均値が 0.74% になった。このことから、この直線回帰式はとても精度が高いと推測される。

表 2 計測値 F、計測値 B1 と推定頭胴長

標本番号	大腿骨長 計測値 F (cm)	頭胴長 計測値 B1 (cm)	推定 頭胴長 (cm)	誤差 (cm)	誤差の 割合 (%)
M16065	21.5	125.0	123.85	1.15	0.93
M38814	23.4	128.5	129.36	0.86	0.66
M47090	25.1	133.0	134.29	1.29	0.96
M79996	28.0	143.0	142.70	0.30	0.21
M47163	26.8	140.5	139.22	1.28	0.92
平均	25.0	134.0	133.88	0.98	0.74

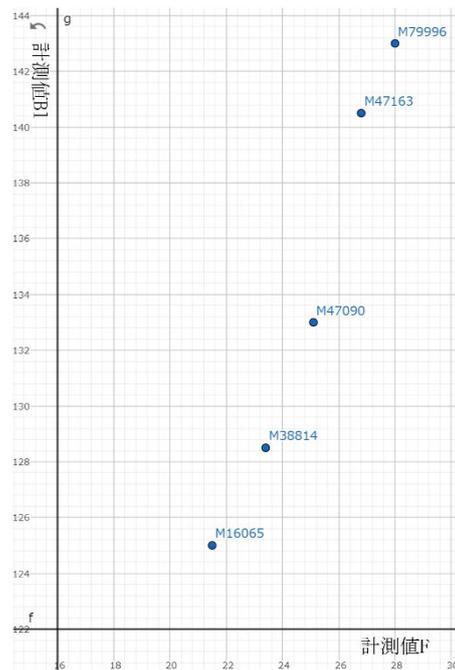


図 1 計測値 F と計測値 B1 の分布

2. 死体の骨からの頭胴長推定

赤城山で拾得したホンシュウジカの大腿骨の計測値 F は 23.5cm であった。作成した直線回帰式にこの値を代入すると頭胴長が 130.0cm という結果が得られた。奥ら (2024) によると、群馬県太田市において 2021 年

と2022年に発見または有害捕獲されたホンシュウジカのうち体重や体長を計測されたメス3頭の体長は頭胴長と尾長を合わせて120~170cmであったことが報告されている。一般的なニホンジカの尾長が8~13cm(小宮2023)であることから、頭胴長は107~157cmであったと考えられる。赤城山産メスホンシュウジカの推定頭胴長は130.0cmであり、奥ら(2024)の個体の範囲内にあることから、この推定式を用いたホンシュウジカ頭胴長の推定は妥当であると考えられる。

IV. 今後の展望

この度メスとオスのデータを合わせて推定式を作成したがデータに性差がある可能性があるため、データ量を増やし、メスとオスの個々の回帰式を作る必要がある。また、動物の身体的特徴をより正確に推定するためには体高推定式の作成も必要とされる。

V. 謝辞

今回の研究で不可欠な標本を貸していただき、測定もさせてくださった国立科学博物館の川田伸一郎先生、シカの骨格についてや原稿の修正について相談させていただいた東京農業大学の林田まき先生、日本鹿研究への原稿の執筆を勧めてくださった全日本鹿協会の小林信一先生、研究をサポートしてくださった武蔵高等学校中学校の白井亮久先生、内田春響君、松本佳積君、村野健人君、大澤正陽君、平田悠仁君、酒井凜太郎君、長谷川歩君、誠にありがとうございました。

VI. 引用文献

浅田正彦, 落合啓二(2007) 千葉県房総半島のニホンジカの個体数推定法と将来予測. 哺乳類科学 47 巻 P45-53

宇野裕之, 横山真弓, 坂田宏志, 日本哺乳類学会シカ保護管理検討作業部会(2007) ニホンジカ個体群の保全管理の現状と課題. 哺乳類科学 47 巻 P25-38

奥浩之, 片山豪, 正田修一, 木村信太郎, 小島幹夫,

橋本吉弘, 浜田弘樹, 小林孝之(2024) 群馬県太田市において2022年秋から2023年初夏にかけてニホンジカ(*Cervus nippon*)が多く観察されたことについて. 群馬県立自然史博物館研究報告 28 巻 P187-202

梶光一, 松田裕之, 宇野裕之, 平川浩文, 玉田克巳, 齋藤隆(1998) 日本各地域におけるシカ管理の現状, エゾシカ個体群の管理方法とその課題. 哺乳類科学 38 巻 2 号 P301-313

小宮輝之(2023) くらべてわかる哺乳類. 山と溪谷社 P72

佐宗亜衣子, 埴原恒彦(1998) 日本人女性の新しい身長推定式. 人類学雑誌 106 巻 P55-66

農林水産省農村振興局(2023) 捕獲鳥獣のジビエ利用を巡る最近の状況

農林水産省農村振興局(2024) 鳥獣被害の現状と対策
平本嘉助(1972) 縄文時代から現代に至る関東地人身長の時代的变化. 人類学雑誌 80 巻 P221-236

前野昌弘, 三國彰(2004) 図解でわかる統計解析: データの見方・取り方から回帰分析・多変量解析まで. 日本実業出版

三浦慎悟(1974) 丹沢山塊檜洞丸におけるシカ個体群の生息域の季節的变化. 哺乳動物学雑誌 6 巻 2 号 P51-66

解説

ニホンジカの分類分布、枝角サイクルと
「日本薬局方外生薬規格 2018」について大泰司 紀之¹、永田 純子²、太子 夕佳³、伊吾田 宏正⁴¹北海道大学獣医学研究院（〒060-0818 北海道札幌市北区北 18 条西 9 丁目）²国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所（〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1）³遊佐町教育委員会（〒999-8301 山形県飽海郡遊佐町遊佐字舞鶴 202 番地）⁴酪農学園大学（〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582 番地）

はじめに

シカ類のオスの角は毎年生え変わり、成長中の角（幼角）は袋角と呼ばれ、漢方薬「鹿茸」（ロクジョウ）として知られている。日本において、ロクジョウは、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律〔略称は薬機法。旧称は薬事法（昭和 35 年法律第 145 号）であったが、平成 25 年 11 月 27 日公布の薬事法等の一部を改正する法律（平成 25 年法律第 84 号）の施行により現在の題名に改められた〕の第 3 類医薬品のうち、生薬及び動植物成分として登録されている。厚生労働省 医薬・生活衛生局長発の通知文書「無承認無許可医薬品の指導取締りについて（昭和 46 年 6 月 1 日薬発第 476 号）」の「専ら医薬品として使用される成分本質（原材料）リスト」中の「2. 動物由来物等」には、ロクジョウ原材料の基原動物としてシベリアジカ、マンシュウジカ、マンシュウアカジカ、ワピチというシカ類名のみ記載であった。そのため、リストに記載されていなかった日本産ニホンジカに関しては、その袋角を薬品として流通させることは認められていなかった。2018 年に通知された日本薬局方外生薬規格（略称「局外生規 2018」）には、ニホンジカの学名である *Cervus nippon* が明記されたため、日本産ニホンジカの袋角も生薬ロクジョウとして、ついに使用可能となった。

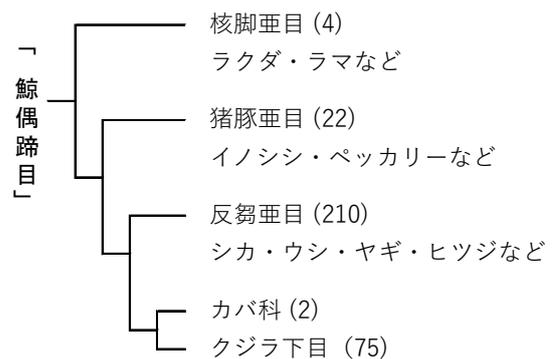
しかし、この通知には理解困難な部分があり、問題点を含めて理解するためには、ニホンジカの分類と分布および枝角サイクルについての知識が必要である。それらについて解説を試みたい。

1. シカ属の系統分類と鹿茸

1) 反芻獣の繁栄

反芻胃を持つ草食獣（食植獣）は、主として森林棲のシカ科（Cervidae）と草原棲のウシ科（Bovidae）に大別される。共に現在最も繁栄している草食獣であり、共に偶蹄目に属していた。分子系統学的に鯨目が偶蹄目のカバ科と近縁であることが分かったため、共に鯨偶蹄目とされた¹⁾。

図 1 は鯨偶蹄目の系統樹で、各亜目の種数も示している。一般に繁栄している分類群ほど種数が多く、反芻亜目は 210 種で、そのうちシカ科は 51 種、ウシ科は 143 種が生息している²⁾。



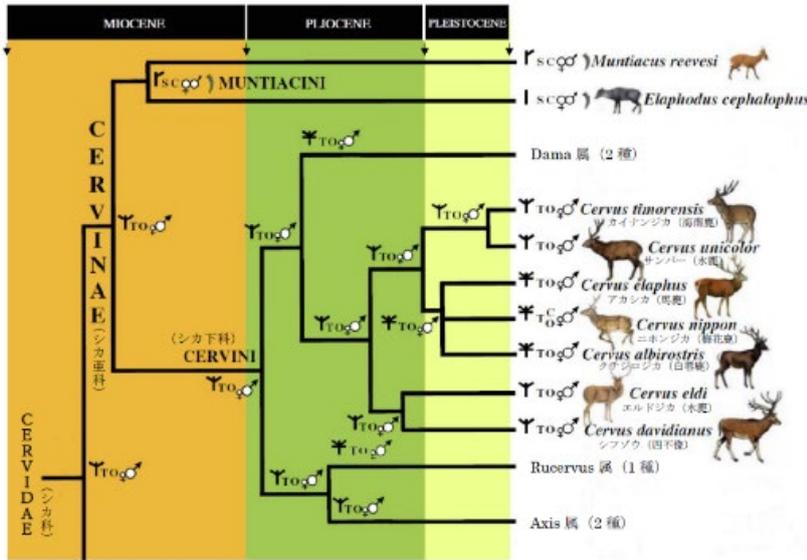


図2 シカ亜科の系統樹、♣印は四尖、♣印は三尖の枝角を持つ (Gilbert³⁾ より)

では種についても系統関係を示している。ケルプス属の種名は、和名と中国語名も記した。

中国で鹿茸の基原動物となるのは、ほとんどが梅花鹿(メイファールウ:ニホンジカ)と馬鹿(マールウ:アカシカ:*C. elaphus*)で、ほかに水鹿(シュイルウ:サンバー:*C. unicolor*)や白唇鹿(パイチュンルウ:クチジロジカ:*C. albirostris*)、などケルプス属のシカも用いられる⁴⁾。川田ほか²⁾による学名では、サンバーは *Rusaa unicolor*、クチジロジカは *Przewalskium albirostris* である。

3) ニホンジカ各亜種と分布

ニホンジカは、種名:*Cervus nippon* の和名である。和名は世界に分布する哺乳類の全種について、日本哺乳類学会によって定められている²⁾。種名は学名であり、ラテン語で属

名:*Cervus* と種名:*nippon* とがイタリアックで併記される。その日本語名=標準和名はカタカナで表記されニホンジカと定められている。漢字での“日本鹿”は使われない。

和名のニホンジカは、その種名:*nippon* からつけられたが、和名は分布する地域名が付けられることがあるため、ニホンジカは日本(列島)あるいは本州に分布するシカと誤解されることがある。

亜種名は主に分布や体の大きさなどに基つき命名されており、“使い勝手”が良いように用いられるこ

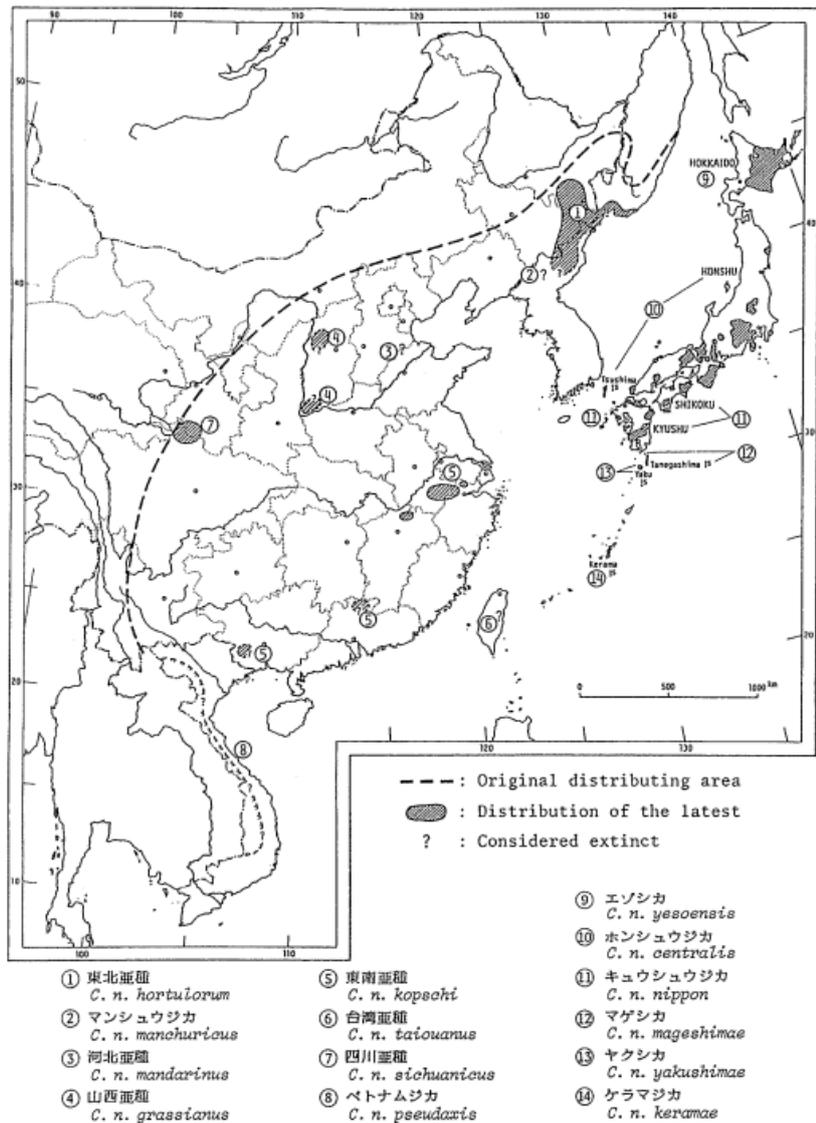


図3 ニホンジカ各亜種とその分布 (大森司⁶⁾ より)

とがある。

図3は、Whiteheadによる亜種の分類⁵⁾に、日本語の亜種名を付し、分布を示したものである⁶⁾。

中国大陸と台湾には絶滅亜種も含めて8亜種、日本には6亜種が分布している。

図4はニホンジカ亜種のミトコンドリアDNA分子系統図である⁷⁾。日本列島産6亜種も、大陸、台湾産亜種と共にクレードを形成したことから同一種であることが明らかである。

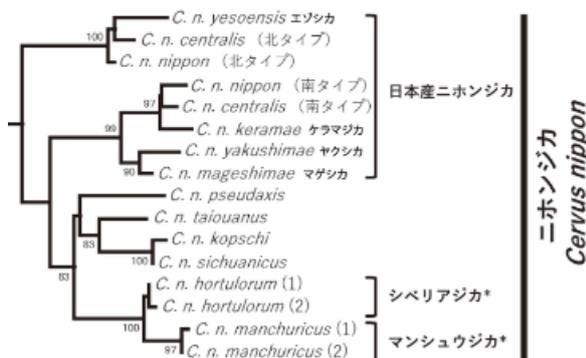


図4 ニホンジカの系統図(永田ほか⁷⁾より抜粋)

*C. nippon*の中国語名は梅花鹿であり⁸⁾、中国語で日本産亜種を表現する場合、北海道亜種、本州亜種、九州亜種…となり、まとめて示す場合は、梅花鹿日本の亜種となろうか。

中国人に対しても、種名の如く“日本鹿”と表現すると、梅花鹿とは別種であるかのごとき誤解を与えるので、日本産の梅花鹿と中国種名を使った方が無難だと思われる。

2. 枝角と枝角サイクル

1) 枝角

シカ科の角は枝分かれしているため枝角 (antler) とよばれ、トナカイ以外はオスにのみあり、毎年生え変わる。一方ウシ科の角は通常雌雄ともにあり、前頭骨角突起を皮膚が角質化した角鞘が包んだ空洞になっているため洞角 (horn) と呼ばれる。

図5に示すように、オスジカには前頭骨に角突起が生じ、満1歳の初夏から袋角 (ふくろづの) とよばれる軟骨が皮膚に覆われた角が生える。秋までには軟骨

は基部から化骨して枯角 (かれづの) となり、覆っていた皮膚 (袋) は脱落する。

枯角そのものが脱落 (落角) する時期は成獣では早く、4月ごろであるが、2、3歳の若いオスは4、5月の場合が多い。

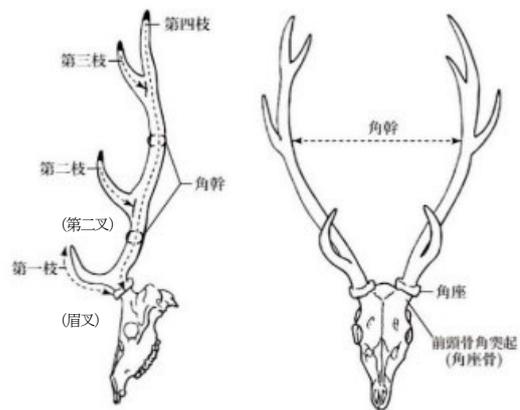


図5 枝角の名称(大森司ほか⁹⁾より)

図6の角の加齢変化はエゾシカの例を示す。エゾシカの高質個体群 (栄養条件などのよい、増加期型個体群) の場合、壮齢期 (6、7歳ごろ) にはアカシカ類の第二枝 (氷枝) や角冠に相当する小枝がみられ5~6尖になる場合がある。ホンシュウジカでは1歳は枝のない1本角、2歳で1又2尖、3歳で2又3尖、4~5歳で3又4尖となることが多い。ヤクシカや屋嘉比島のケラマジカなどは成獣でも2又3尖の個体が多い。シカ科の枝角は発展型ほど枝数が増える。サンバーの場合は2又3尖、アカシカでは4又5尖以上となる¹⁰⁾。



図6 ニホンジカ (エゾシカ) の枝角の加齢変化 (大森司ほか⁹⁾より)

2) 枝角サイクル

枝角は、図7で示すように、血中のテストステロン (男性ホルモン) の量の季節的変動に対応して年周期のサイクルを示す。春先に血中テストステロンが最低値になる直前に落角し (①)、次いで袋角が成長して (②~④)、角幹基部から化骨していく。秋の発情期が近づ

き、血中テストステロンが増加すると、袋角の血管は心筋梗塞のように詰まって閉塞し、袋（皮膚）は壊死して脱落し、いわゆる枯角となる（⑤～⑦）。

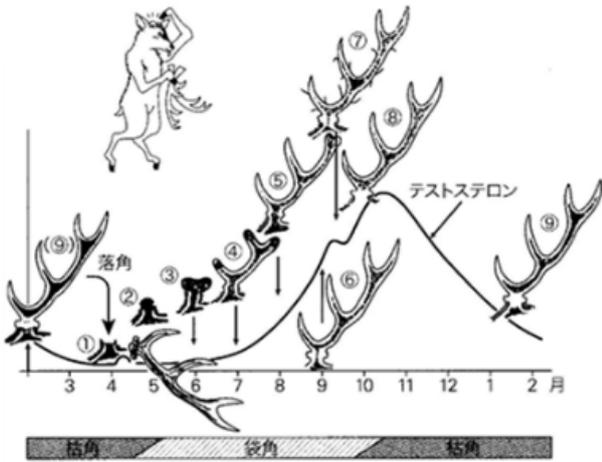


図7 ニホンジカの枝角の年周期サイクル（大森司ほか⁹⁾より）

3) 袋角（幼角）の組織構造

図8の落角直前の左角は、矢印で示した部分で角突起は周囲の皮膚から破骨細胞が中心に向かって破骨している。落角直後の右角突起の断面（P）には海綿質が表れている。

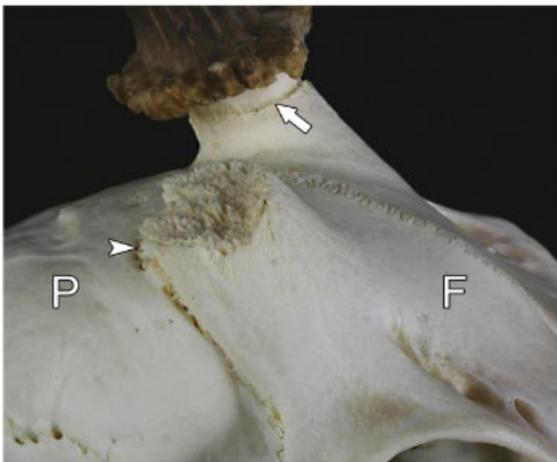


図8 右角は落角し、左角が落角直前のノロジカの角突起。矢印部分は骨が吸収されている。（Landete-Castillejos ほか¹¹⁾より）

図9は、造骨細胞を伴った皮膚が角突起断面を周囲から覆って袋角を形成する様子が示されている。

幼角は角座上部、角幹基部で切断される、幼角を採取された養鹿場のシカの場合、春から初夏の落角期に、図8左角の矢印の部分から角座が落ちる。この部分は中国では鹿角盤と呼ばれ、乳癌の治療などに用いられる¹⁶⁾。

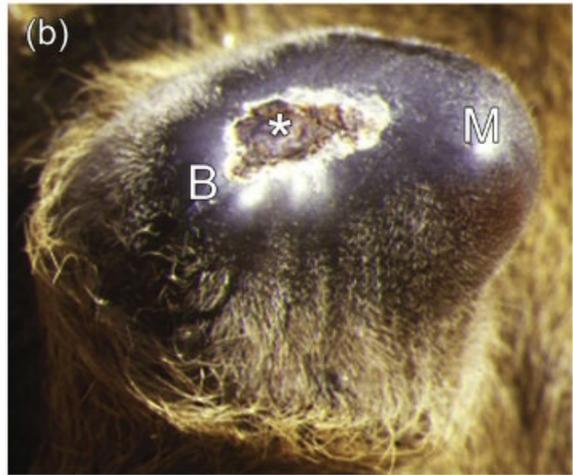


図9 角再生プロセス (a) 落角直後では皮膚（星印）が角突起を被おうとしている。(b) 星印部分を除いて皮膚が被ってきた状態。(c) 袋角が成長して眉枝 (B) と角幹 (M) に分かれる。（Landete-Castillejos ほか¹¹⁾より）

3. 「局外生規2018」に至る経緯とその問題点

1) 「薬事法」の不思議

中国で鹿茸に用いられるのはケルプス属のシカであり、そのうちニホンジカはわが国にも分布している。しかし薬機法では、日本産ニホンジカはロクジョウの基原動物として認められていなかった。社団法人エゾシカ協会（後に一般社団法人に移行）では、エゾシカ個体群管理の一環として、鹿肉の他鹿茸の活用も目指した¹²⁾。しかし法改正が必要であるため実現は困難を極めた。

そこで薬剤関係者と共に 2004 年に任意団体ロクジョウ研究会を立ち上げ、法改正に本格的に取り組むことにした。問題点を明らかにするために学会発表や論文を作成し⁷⁾、2006 年以来、それらの内容のメモを作成して当局に働きかけ続けた。

その結果、「局外生規 2018」へのロクジョウの新規収載にあたって、ニホンジカの学名が明記されることとなり、2021 年には「専ら医薬品として使用される成分本質(原材料)リスト」の記載も改正された(薬生監麻発 0512 第 1 号)。

問題点を指摘してから 20 年、本格的に取り組んでから 12 年を要したわけであるが、なぜ「薬事法」に日本産ニホンジカを含めなかったかは不思議である。

日本ではシカは神の使いとされているからだという説も出たが、先史時代からシカは狩猟対象とされ、弥生時代にはその様子が描かれた銅鐸もある。「日本書紀」には飛鳥時代(611、612、614 年)に薬猟(鹿茸を得るための鹿狩り)が行われたと記され¹³⁾、平安時代の書物「延喜式」にも各地から朝廷に献上された薬物のひとつとして鹿茸が挙げられており¹⁴⁾、古代にはすでに日本産の鹿茸が薬効のあるものとして認識されていることが分かる。

大正 3 (1914) 年に施行された売薬法では、薬効の科学的裏付けのある売薬として許可されているが、基原動物の種名等についての言及はされていない¹⁵⁾。

種名の表記については、明治から大正にかけての和漢関係書^{16, 17)}において、シカは「*Cervus sika* Tem.」とされており、現行の種名とは異なる表記である。昭和 20 年代には、鹿茸の基原動物とその分布は「マンシュウアカシカ：*Cervus (Cervus) canadensis xanthopygus* MILNE-EDWARDS (臺、鮮、満、華) / エゾアカシカ：*Cervus (Cervus) matsumotoi* KISHIDA (日、臺、華) / マレイサンバー：*Cervus (Rusa) unicolor equinus* LINNAEUS (日、臺、華) / スキロク：*Cervus (Rusa) unicolor* (臺、華) / サンバー、サンバージカ：*Cervus (Rusa) unicolor unicolor* LINNAEUS (臺、華) / シヤムシカ：*Cervus (Rusarvus) eldii siamensis* LYDEKKER (臺、満、華) / ウスリーシカ：*Cervus (Sika) hortulum hortulum* SWINHOE (臺、満、華) / マンシュウシカ：*Cervus (Sika) nippon manthurius* SWINHOE (臺、鮮、満、華) / シカ、

ニッポンシカ：*Cervus (Sika) nippon nippon* TEMMINCK (日、臺、華) / クワロク：*Cervus (Sika) nippon taiouanus* BLYTH (臺、華)」とされており¹⁸⁾、日本産のニホンジカも含まれていたが、昭和 40 年代になり、「マンシュウジカ(梅花鹿) *Cervus (sika) nippon mantchrius* SWINHOE またはマンシュウアカシカ(馬鹿) *Cervus elaphus xanthopygus* MILNE-EDWARDS 等の各種雄鹿(反芻亜目 Ruminantia シカ科, Cervidae) チベットおよび雲南省、その他の中央および東方アジアに産し、シベリアからも産出する。」との記載になっている¹⁹⁾。

「薬事法」における基原動物がシベリアジカ、マンシュウアカシカ、マンシュウジカ、ワピチとされていたのはこれを踏襲したためかとも考えられるが、種が限定された詳しい経緯は不明である。

2) 「局外生規 2018」の問題点と今後の課題

「局外生規 2018」は、厚生労働省医薬・生活衛生局医薬品審査管理課長名で通知された。

その中でロクジョウ(Antler Velvet、鹿茸)については、「本品は *Cervus nippon* Temminck, *Cervus elaphus* Linné, *Cervus canadensis* Erxleben 又はその他同属動物(*Cervidae*)の雄鹿の角化していない幼角である。」と記されている。

ここで問題となるのは“同属動物(*Cervidae*)”とシカ科の科名が記されていることである。同属動物(*Cervus*)であるならば納得できるが、シカ科であれば 51 種のシカ類全種が含まれることになる。

2022 年に「局外生規 2022」が通知されたが、ロクジョウの項目は「局外生規 2018」からの変更は無い。いずれにしても日本産ニホンジカがロクジョウの基原動物に含まれることは間違いない。しかしそれを実現するためには、幼角の収集や衛生的な処理方法の他、さらに法的な課題もある。

それらの課題、「局外生規 2018」および「局外生規 2022」の問題点対応に関しては、目下検討中である(伊吾田ほか²⁰⁾)。

4. 中国の鹿茸利用の実情と日本の養鹿

1) 1970 年代までの中国の実情

わが国の鹿茸活用を検討する場合、参考になるのは“本場”中国の実情である。中国の事情については、崔ほか²¹⁾、林²²⁾ および韓²³⁾ などによって紹介されている。筆者の大泰司は 1985 年から 2006 年にかけてチベット自治区、青海省、新疆自治区、黒竜江省でのクチジロジカ、アカシカ調査を実施した (Ohtaishi and Sheng²⁴⁾)。その折の見聞も含めて紹介したい。

中国の医薬品としての鹿茸使用の歴史は 3000 年に及ぶが、中華人民共和国建国 (1949 年) 以前は、高級品であるためその利用は富裕層の特権であり一般人の認知は限られていた²⁵⁾。鹿茸は野生のシカのものが非常に高価で買い取られるほか、豪商の広い庭園などで幼角採取と鑑賞を兼ねて梅花鹿が飼育されていた(大泰司聞き取り)。



図 10 上: クチジロジカ 59 頭が飼育されていた治多養鹿場。数年後にシカは放されて閉鎖。下: 購買所で買い付けられたクチジロジカの幼角。青海省にて、1987 年大泰司撮影。

中国の本格的な養鹿業は 1950 年代から国営によってスタートし、70 年代末には民間企業や個人の参入が許可されて大規模化した。90 年代末に鹿茸生産は年間

800 万トンに達し、輸出するに至った²²⁾。

1980 年代の青海省やチベット自治区では、地方政府によりクチジロジカやアカシカの数十頭から数百頭の小規模の養鹿場が運営されていた(図 10 上)。また、各地方政府の購買所では、狩猟された野生のクチジロジカ、アカシカの幼角が購入保管されており、調査に用いた(図 10 下)。

中国では 1988 年に「中華人民共和国野生動物保護法」が、翌年「国家重点保護野生動物リスト」が公布された。クチジロジカはリストのⅠ類、アカシカはⅡ類となり狩猟は禁止されたが、90 年代まで捕獲されていた。当時クチジロジカやタリムアカシカは絶滅寸前であったが、90 年代半ばには捕獲禁止が徹底されて、絶滅は食い止められた。

チベットや新疆でのシカ類調査は、道路の無い山岳地帯や半砂漠の草原で、馬に乗って実施した。もっぱら速歩で進み、馬体を両脚で挟んで長時間立ち続けるため疲労困憊する。対策として、12 年の調査期間、鹿茸を服用し続けたお陰で元気で調査を実施できたと思っている。

2) 1990 年代以降の中国の養鹿と日本の養鹿

中国では、1990 年代末から野生シカの鹿茸利用はなくなり、クチジロジカの養鹿場はほとんど廃業となり、飼育されていたシカの多くは野に放された。一方民間の養鹿場の規模は拡大されて、鹿茸の生産は増加していったが、そのほとんどすべては、ニホンシカおよびアカシカである。

わが国では、野生のシカは増加する一方で、捕獲努力にかかわらず、全国で 200 万頭、エゾシカで 70 万頭に達している。一方、養鹿場は、1990 年代前半時点で移入種の飼育も含め全国各地に 47 ヶ所に分布し約 4,000 頭が飼育されていた(浦山²⁵⁾)。その後 9,000 頭近くまで増加したが、いずれも経営が成り立たず、ほとんどが廃業した。

わが国の場合は、野生シカの個体数管理の一環としての鹿茸活用であるが、安定的に一定量の鹿茸を得るためには、養鹿も必要とする意見がある(小林²⁶⁾)。一方永田²⁷⁾ は、シカの移入による問題点を 7 項目挙げ、養鹿に否定的である。

これらの課題についても、今後関係者で検討を進めていきたい。

謝辞

鹿茸活用に関して意見交換をしてくださり、日本鹿研究に投稿をお勧めくださった、全日本鹿協会の小林信一副会長に篤く御礼申し上げます。ロクジョウ研究会、エゾシカ協会、および科研クチジロジカ・アカシカ調査グループの皆様にご心より御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 長谷川政美. 2023. 現代の哺乳類像. 日本の哺乳類学百年のあゆみ(日本哺乳類学会編)第6章, 115-124.
- 2) 川田伸一郎・岩佐真宏・福井 大・新宅勇太・天野雅男・下稲葉さやか・樽 創・姉崎智子・横畑泰志. 2018. 世界哺乳類標準と名目録. 哺乳類科学 58 (別冊) : 1-53.
- 3) C Gilbert, A Ropiquet, A Hassanin. 2006. Mitochondrial and nuclear phylogenies of Cervidae (Mammalia, Ruminantia): Systematics, morphology, and biogeography. *Molecular phylogenetics and evolution* 40 (1) : 101-117.
- 4) 江蘇新医学院 編. 1977. 中薬大辞典 第 2 卷. 2232-2234. 上海:上海科学技術出版社
- 5) Whitehead, G. K. 1993. The Encyclopedia of Deer : 226-233. Swann-Hill, Shrewsbury.
- 6) 大泰司紀之. 1986. ニホンジカにおける分類・分布・地理的変異の概要. 哺乳類科学 26:13-17.
- 7) 永田純子・大泰司紀之・太子夕佳・伊吾田宏正. 2019. ロクジョウ (鹿茸) 原材料種および亜種の再検討. *野生生物と社会* 7 (1) : 11-21.
- 8) 盛和林・大泰司紀之・陸厚基. 2000. 中国の野生哺乳動物. 北京:中国林業出版社. 297p.
- 9) 大泰司紀之・藤本知泰・太子夕佳. 2017. ニホンジカの全身骨格. 生物研究社. 7, 12-13.
- 10) 大泰司紀之. 1998. 哺乳類の生物学 2 形態. 東京:東京大学出版会. 163p.
- 11) T. Landete-Castillejos, et al. 2019. Antlers - Evolution, development, structure, composition, and biomechanics of an outstanding type of bone. *Bone* 128 : 1-20.
- 12) 大泰司紀之・本間浩昭. 1998. エゾシカを食卓へ - ヨーロッパに学ぶシカ類の有効活用. 東京:丸善プラネット. 215p.
- 13) 舎人親王 編. 1610. 日本書紀 22 豊御食炊屋姫天皇 推古天皇.
- 14) 藤原忠平等 編. 927. 諸国進年料雑葉. 延喜式 37 典葉寮 : 30-53.
- 15) 薬業の友社編集部 編. 1926. 賣薬配伍許否決定薬品表. 薬事法規 : 23-24.
- 16) 小泉栄次郎 編. 1893. 和漢薬考. 27-29. 朝香屋
- 17) 沖田秀秋. 1921. 薬用動物製造学. 113-114. 大倉書店
- 18) 木村康一・木島正夫・丹信実 共編. 1946. 和漢薬名彙. 202-203. 広川書店
- 19) 稲垣勲等 共編 1966. 生薬学. 227-228. 南江堂
- 20) 伊吾田宏正・永田純子・大泰司紀之・太子夕佳. 2023. 鹿茸利用の可能性 (予報). 「野生生物と社会」学会 つくば大会講演要旨集 (ポスター発表 P-17).
- 21) 崔松煥・張宇・楊福合. 2015. 中国における鹿茸及び鹿産物の加工利用. *日本鹿研究* 6 : 4-8.
- 22) 林仁堂. 2015. 中国における養鹿業発展の現状と展望. *日本鹿研究* 6 : 2-3.
- 23) 韓 歆勝. 2015. 鹿茸に関する国際講演会報告. *日本鹿研究* 14 : 49-50.
- 24) N. Ohtaishi and H. Sheng (ed.). 1993. Deer of China: Biology and Management. Proceedings of the International Symposium on Deer of China, Elsevier, xi, 418p.
- 25) 浦山佳恵. 1996. 養鹿からみた日本人とシカ. *地理* 41 (10) : 56-60.
- 26) 小林信一. 2015. 中国における養鹿業. *日本鹿研究* 6 : 9-12.
- 27) 永田純子. 2023. それ、A・KA・N! 日本列島、密かに進行する移入ジカ問題. *エゾシカ協会ニューズレター* 55 : 1-2.

解説

北海道エゾシカの有効利用ー鹿茸、鹿角の調査を中心にー

若命 浩二

北海道科学大学 薬学部 薬理学分野 教授
(006-8585 北海道札幌市手稲区前田7条15-4-1)

1. はじめに

自然の宝庫である北海道には本州とは異なるさまざまな野生生物が生息している。これらの野生生物の中で外来種ではなく、北海道固有種であるエゾシカは、明治初期には乱獲等により生息数が激減したが、その後には生息数、生息分布域が急速に拡大し、現在では深刻な食害、交通事故の原因となっている。これを受けて北海道ではエゾシカ対策のためのさまざまな取り組みがなされている。現状では、北海道の令和4年度の調査ではエゾシカの推定生息数が約72万頭で、農林業被害額が約48億円となっている。

2. 北海道とエゾシカ被害

明治時代初期(1870年代)に北海道の開拓がすすむにつれて、アイヌ文化の衰退とエゾシカの乱獲が始まった。捕獲されたエゾシカは肉、皮、角と利用されて輸出も行われ、年間で6~13万頭が乱獲されたとしている。さらに続く豪雪により、個体数が絶滅寸前まで激減し、その後の禁猟などの保護政策により生息数が増加するといった一途をたどる。

近年のエゾシカの被害は、農業、林業において深刻で、牧草、水稲、デントコーン、ビート、馬鈴薯などが食害にあっている。北海道の地域別では、釧路地方、上川地方、オホーツク地方の順で被害が広がっている。1) とくに農地への侵入防止として防鹿柵が北海道東部を中心に設置されており、その総延長は3,000Kmにも及び万里の長城をしのぐ規模となっている。また、エゾシカにより電車、自動車への交通事故は後を絶たず、当北海道科学大学においても「音によるエゾシカと車両の衝突回避に関する研究」が行われている。

このように、北海道におけるエゾシカ対策の歴史は古いものの、未だに抜本的な解決方法を見出すに至っていない。

3. エゾシカの有効利用

エゾシカの有効利用は、行政や民間企業がさまざまな取り組みを行っている。肉はジビエ、ペットフード、角はペットフード、工芸細工、脂は化粧品などである。我々も、産学連携によるこれまでのエゾシカ有効利用の取り組みの中で化粧品、レーザージャケットなどの製品化に取り組んでおり、阿寒町に専門ショップもオープンしている(図1、2、3)。



図1. エゾシカ皮を加工した製品



図2. エゾシカ油脂を添加した化粧品



図3. エゾシカ角を加工した工芸品と専門店
(<https://akan-leather.myshopify.com/>)

特にエゾシカの油脂はヒトの肌の主要な構成成分として知られているオレイン酸が豊富であり、かつ、抗酸化作用があり老化を防ぐビタミン E 量が馬油の約 5 倍、融点も薬 35°C とヒトの肌に近い温度で溶けることが分かっているので、化粧品原料として非常に有用性が高い (表 1)。

そもそもシカは、古くから漢方薬、民間薬の原料としても活用されており、角は「鹿茸 (ロクジョウ)」、「鹿角 (ロッカク)」、ペニス「鹿鞭 (ロクベン)」、皮からは「膠 (ニカワ)」を得ることができる。このうち、日本国内では鹿茸、鹿鞭は医薬品扱いとなるために加工、流通に注意を要する。

脂肪酸	特徴	人の肌	馬油	鹿脂
オレイン酸	皮膚構成成分	48.8%	36.9%	37.7%
パルミトリン酸	肌の老化防止	9.0%	9.4%	14.7%
リノール酸	アレルギー要因	11.0%	17.2%	1.2%

	馬油	鹿脂
ビタミンE(100g中)	0.9mg	5mg
融点	26.7°C	35.2°C

表 1. 鹿脂の成分

(財団法人日本分析センターにより分析)

近年ではシカの角の生理活性に関する興味深い論文が中国の学者らによってまとめられている。この論文によると、鹿 (ニホンシカ、アカシカ) の角の台座すなわち根元の部分は (角盤: Deer antler base) 漢方薬、健康食品として用いられ、2,000 年前の中国の医学書「神農本草経」に「腎を補い、脾を活性化し、骨と筋肉を強化し、血流を促進する。」と記載されている。このエキスは、ミネラル (カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛)、アミノ酸類、タンパク質、多糖類、脂質を

豊富に含む。細胞、動物を用いた薬理活性実験では、女性ホルモン分泌調節、免疫システム促進、抗腫瘍作用、抗疲労作用、骨代謝促進、抗菌、抗炎症、糖代謝促進、抗ストレス、抗酸化作用などが多数報告されている。2) 3) 4)

ヒトの臨床研究では、もっぱら注射剤として婦人科領域で用いられ、乳腺炎、初期の乳がん患者に対する良好な治療報告が散見される。5)

4. 鹿茸の研究

鹿茸は朝鮮人参に並ぶ滋養強壮薬として古来より漢方薬、近年では強壮ドリンクの原料として利用されている。これは、オスのシカが春になると硬化した角が抜けて、新しい角が袋状になって伸びてきたものを指す。成長過程の角の内部には血管が通っており、成長も非常に早く、まだ角袋が 10~15 センチくらいの時に切りとったものを鹿茸として用いる。鹿茸の薬効としては、虚弱、ノイローゼ、腰や手足の痛み、だるさ (腎虚)、排膿、止血、利尿作用など多くの疾患に有効であるとの報告がある。6)

近年の研究によると鹿茸からは多くの多糖体、ポリペプチドの存在が明らかとなっており、特にポリペプチドは免疫調節 (免疫強化、抗炎症)、抗酸化作用について遺伝子、タンパクレベルでの結果が詳細に報告されている。7) 8)

なかでも、Xiaoran Liu らは鹿茸由来のポリペプチドの抗老化作用をマウスレベルで検討し、認知症予防、腸内環境改善作用があることを報告している。9) 同様に Ying Liu らは鹿茸のメタノール抽出物がパーキンソン病モデルのマウスに対して、酸化ストレス、神経細胞炎症を抑制することによって改善させることを報告している。10) このように、鹿茸は古来からの滋養強壮作用以外に、近年の研究成果から、いわゆる抗老化 (アンチエイジング) によって脳機能の改善があることを示唆しており、これからの高齢化社会において重要な素材となりうる事が期待される。

5. 鹿角の研究

一方、鹿角は各種工芸品、ペットのおやつなどに広く利用されている。漢方的には、花鹿角（ニホンジカの角）、馬鹿角（アカシカの角）を5cm前後にノコギリで挽いて、鹿角が柔らかくなるまで長時間煎じ、その液を濃縮して膠状にしたものを「鹿角膠（ロッカクキョウ）」と呼び、これは鹿茸より若干弱いものの滋養強壮、精神安定、抗腫瘍作用などについて同様の薬効が期待できると言われている。

また過去の文献には、「鹿角膠は、鹿角の水に可溶性の成分を濃縮したものであるから、昔から鹿茸と同じようなものとされている。効力は鹿茸よりやや弱い。神農本草経にすでに収載されていて、傷中労絶、腰痛羸瘦、補中益気、婦人血閉無子を主治し、痛を止め、胎を安じ、久服すれば身を軽くし、年を延ぶと記してある。名医別録には吐血、下血、崩中不正を療す。この鹿角膠は水で煮て服用してもよいし、粉末にして酒で飲んでも良い。(原文ママ)」との記述がある。6) (図5)

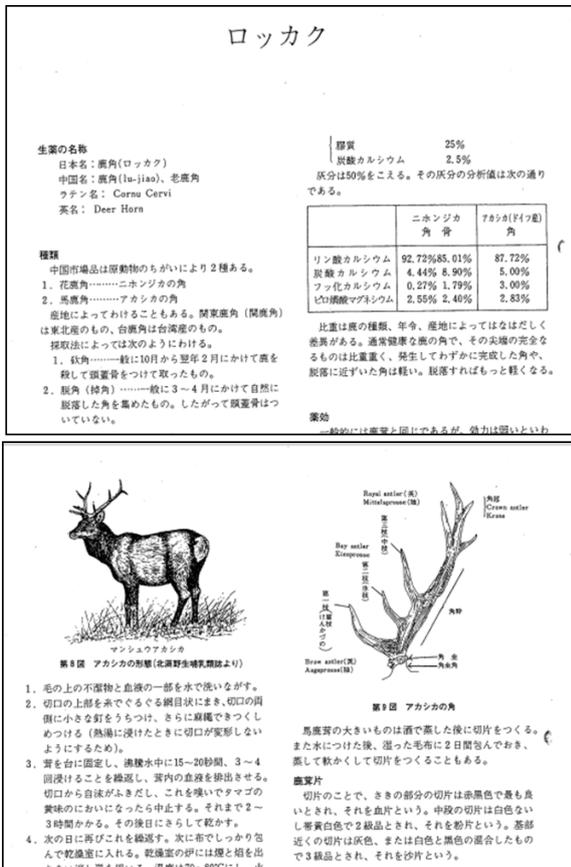


図5. 鹿角に関する著述文献 (世界の生薬 1977年5月号, 出版元不明)

さらに、この鹿角を水で長い時間煮て軟らかくもろくしたものを「鹿角霜（ロッカクソウ）」と呼び、その粉末は、リン酸カルシウム、炭酸カルシウムを多く含むので生薬原料の「竜骨（リュウコツ）」の代品として脾胃虚寒、反胃嘔逆に用いるとある。

今回、我々はこの鹿角がこのように古来より漢方原料として用いられてきたことに着目し、健康食品、ペットフード、化粧品の原料になりうるかどうかの研究に着手した (図6)。



図6. 鹿角粉末を添加したペットおやつ

まず、エゾシカ角を洗浄し、10センチ程度に裁断する。次に特殊な粉砕機によって平均粒度が100μmになるまで無菌的に粉砕した。さらに、この鹿角粉砕物を加熱、熱水、酸などの各種条件下によって反応させることによって抽出エキスを得た (図7)。

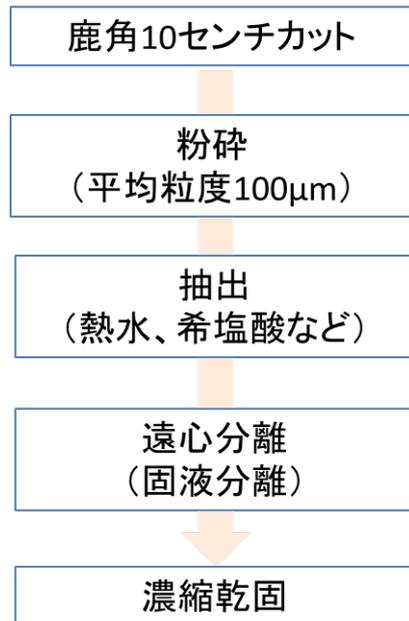


図7. 鹿角エキスの抽出工程の概要

この鹿角抽出物は、角由来のカルシウムをはじめとするミネラル類、膠が豊富に含まれていると考えられるため、鹿茸と同様の多糖体、ポリペプチドなどが含まれることが期待される（図8）。

この鹿角抽出物についての薬理効果研究は始まったばかりであり、現在当研究室において鋭意検証中である。

餌付け、より良い餌の確保が必要でありこの時点でのコストアップが懸念される。「解体処理はどこで誰が行うか」常に一定の高い品質を担保するためには、できるだけオンサイトで適切に処置できる施設と人材が必要となる。「法的に問題はないか」通年飼育によるいわゆる家畜化、食肉の加工に関する衛生管理など法に照らして問題がないかどうかの確認を要する。



図8. 10センチ角に裁断した鹿角（左）とその抽出エキス（右）

6. 養鹿事業について

これまで述べてきたエゾシカの有効利用について、一つの課題は「一定の品質の原料の安定確保」が挙げられる。そのためには、ハンターの育成、もしくはシカの捕獲・一時養鹿などが重要となる。

さらには、エゾシカを生きたまま捕獲し、飼育する「一時養鹿」、または通年飼育する「完全養鹿」についての議論もなされている。これを飼育、養鹿、家畜化などどのような言葉で定義するかは置いておいて、野生の鹿を捕獲し、人の手によって飼育して産業化することについては以下のような課題が挙げられる。1 1) 1 2)

「どのように捕獲するか」畏や追い込みによって、できるだけ傷を付けずに野生の鹿を捕獲するには、ハンターの養成と搬送インフラの整備が必要である。「飼育鹿の餌付けをどうするか」より良い製品を得るには、

一方で、養鹿事業はデメリットばかりではなく、高品質、高付加価値のある鹿関連事業の活性化、鹿関連の産業が活性化することによる、エゾシカへの関心度の高まりと問題意識の共有化など多くの利点が想定される。そのためには、産官学が協力して多面的にエゾシカの有効利用について議論し、前向きな取り組みが必要と考える。

7. おわりに

私は薬学の研究者として、エゾシカの薬効について興味を持っている。中国漢方の古書を紐解けば、シカのさまざまな部位はヒトの健康に役立つ可能性を秘めていることが明らかである。しかし、現状では、シカの多くの部位が未利用資源として廃棄されていることを鑑みれば、まだまだ健康産業分野でのエゾシカの有

効利用の研究開発の余地があることが明白である。

特に鹿角に関しては、従来は工芸品、ペットのおやつなどで利用が中心であったが、我々の調査によって、鹿角を適切に処理することによって健康食品、化粧品分野でもまだまだ利用価値があることの足掛かりが出来たことは意義がある。

今回は、鹿茸、鹿角の可能性について多少なりとも言及したが、将来的に膠、脂、ペニス、胎盤などエゾシカのあらゆる部位の有用性が現代科学によって明らかにされることを大いに期待する。

参考資料

- 1) 北海道庁「野生鳥獣による被害調査結果について (令和4年度分)

<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/higai.html>

- 2) エゾシカ幼角エキスが抗腫瘍活性に及ぼす影響、辻井弘忠ら、信州大学農学部 AFC 報告第3号、p23-31、2005
- 3) The Contribution of Deer Velvet Antler Research to the Modern Biological Medicine, HUO Yu-shu *et al.*, Chin J integr Med 20(10)p273-278,2014
- 4) Velvet antler polypeptide combined with calcium phosphate coating to protect peripheral nerve cells from oxidative stress, Renqun Mao *et al.*, Journal of Molecular Histology 53:p915-923,2022
- 5) Deer antler base as a traditional Chinese medicine: A review of its traditional uses, chemistry and pharmacology, Feifei Wu *et al.*, Journal of Ethnopharmacology 145,p403-415,2013
- 6) 世界の生薬 1977年5月号, 著者、出版元不明
- 7) Well-known polypeptides of deer antler velvet with key actives: modern pharmacological advances, He Sun *et al.*, Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology 397:p15-31,2024
- 8) Velvet antler water extract protects porcine oocytes from lipopolysaccharide-induced meiotic defects, Jingyue Chen *et al.*, Cell Prolif. 2023;56:e13392.2022
- 9) The anti-aging effect of velvet antler polypeptide

is dependent on modulation of the gut microbiota and regulation of the PPAR α /APOE4 pathway, Xiaoran Liu *et al.*, J Integr. Neurosci. 20(3), p573-583,2021

10) Velvet Antler Methanol Extracts Ameliorate Parkinson's Disease by Inhibiting Oxidative Stress and Neuroinflammation: From *C. elegans* to Mice, Ying Liu *et al.*, Oxidative Medicine and Cellular Longevity, Article ID 8864395, 13 pages,2021

11) ニューージーランドにおけるシカ産業の現状、松本悠貴ら、日本鹿研究第7号 p2、2016

12) 新たな動物資源からの生産物創出の可能性、増子孝義ら、熱帯農業研究 7(1)p11-15、2014

研究費

本研究は、北海道科学大学 2022 年度特別奨励研究 (研究課題名: 北海道産未利用資源である鹿角の健康素材としての利用探索) によって実施されている。

謝辞

本解説を執筆するにあたり、株式会社 Yuk Factory (札幌) より、学術情報、写真提供をいただいたことに謝意を表す。

解説

人獣共通感染症のベクターとしてのマダニ

木村 俊也

愛媛県保健福祉部健康衛生局薬務衛生課
(790-8570 愛媛県松山市一番町四丁目 4 番地 2)

I. はじめに

マダニはヒトや他の動物に様々な病原体を媒介する節足動物で、マダニが媒介するウイルスは新興・再興感染症の主要な病原体であるため公衆衛生上の懸念が大きく、2013年に重症熱性血小板減少症候群(SFTS)感染例が報告されて以来、マダニ媒介ウイルスのサーベイランスが強化され、様々なウイルス分類に属する複数の新規ウイルスが発見されています。

その1つが、2013年7月に愛媛県のSFTS患者周辺環境で採集したタカサゴキララマダニの若虫から2014年に国立感染症研究所・昆虫医科学部が分離し、2018年に報告したオズウイルス(OZV)です¹⁾。2022年初夏に心筋炎で死亡した茨城県在住の70代女性からOZVが検出され、2023年6月23日に世界初のヒト感染症例として報告されました²⁾。また、山口県の狩猟者24名中2名で抗OZV抗体が陽性であったとの報告もあり、野生動物の血清抗体調査からもOZVの感染歴があると考え

えられるニホンザル、ニホンイノシシ、ニホンジカが千葉県、岐阜県、三重県、和歌山県、山口県、大分県で確認されたとの報告もあります³⁾。

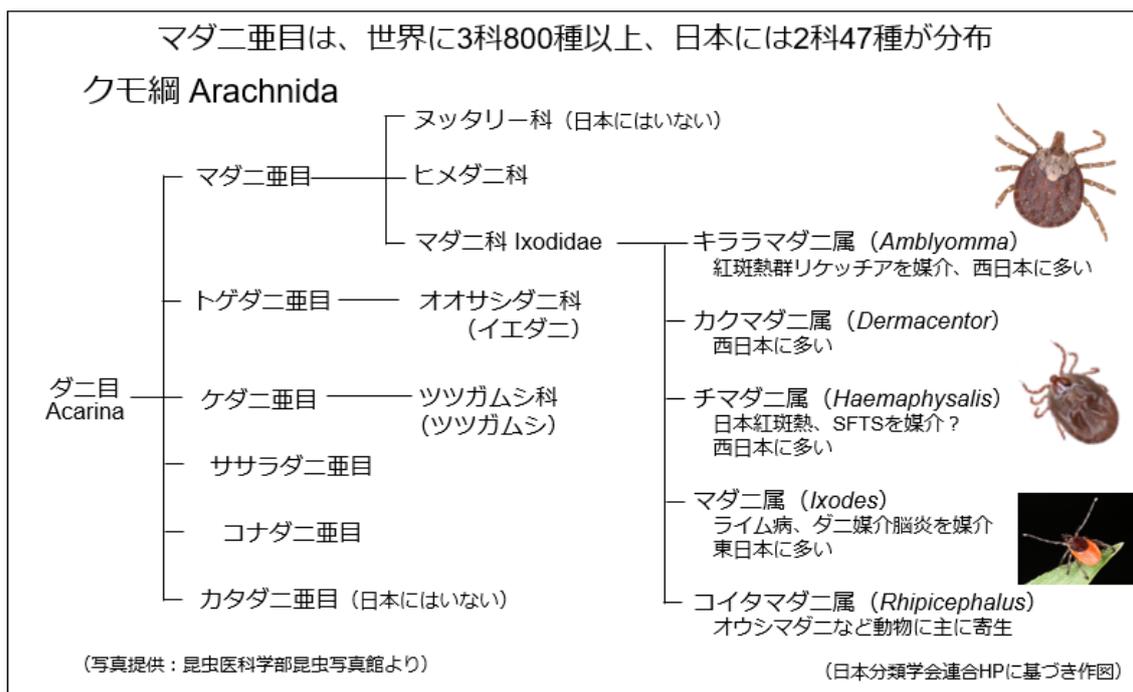
また、愛媛県の島しょ部で確認されたSFTS発症ネコの周辺環境で2019年6月から2020年5月の間に採集したマダニからSFTSウイルス(SFTSV)の他に新規ウイルス3種を含む6種のウイルスが検出されました。

ここでは、人獣共通感染症のベクターとしてのマダニと我々が愛媛県内を中心に調査・研究している内容について報告させていただきます。

II. マダニについて

1. マダニの分類と国内分布

一般的にマダニ類と言われているマダニ亜目は、世界に3科(ヌツタリー科、ヒメダニ科、マダニ科)800種以上、日本には2科(ヒメダニ科、マダニ科)47種が生



息しています。

2. マダニ媒介感染症の発生状況

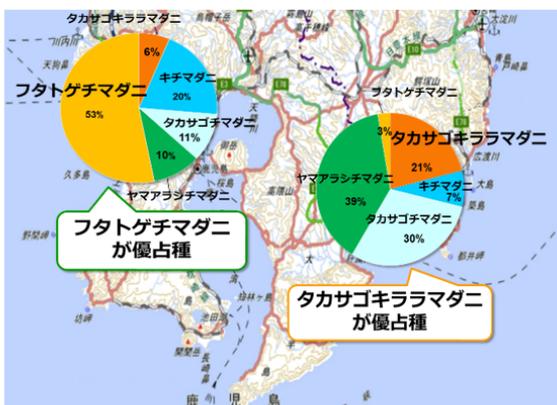
マダニ媒介感染症は感染症法の四類感染症に指定されており、国立感染症研究所の2022年感染症発生情報(集計前)では日本紅斑熱460人、SFTS118人、回帰熱23人、ライム病14人、ダニ媒介性脳炎0人、野兔病0人と報告されています。

3. マダニの国内分布

マダニは種により生息地域が異なります。例えばSFTSの遺伝子が検出されている種の高カサゴキララマダニは沖縄県から関東地方まで、フタトゲチマダニは沖縄県から福島県まで、キチマダニは日本全土で生息していることが確認されています。なお、イノシシの生息域が北へ広がるのに合わせ、イノシシを好んで寄生する種類のマダニ生息域も北への広がりが確認されています。

植生などの環境によっても優勢するマダニの種類は異なります。例えば、4月下旬から5月上旬に兵庫県で調査したところ、瀬戸内海側ではキチマダニが優勢し、日本海側ではフタトゲチマダニが優勢で、6月から8月にかけて鹿児島県で調査したところ、薩摩半島ではフタトゲチマダニが優勢し高カサゴキララマダニが少なく、大隅半島ではその逆で高カサゴキララマダニが優勢で、フタトゲチマダニが少なかったとの報告があります。

薩摩半島と大隅半島でのマダニ相の違い



【提供：国立感染症研究所 澤邊京子先生】

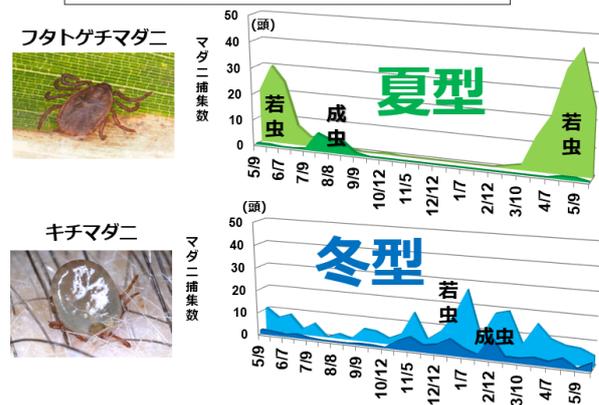
4. マダニの種類と宿主との関係

マダニは宿主動物と密接な関係をもちながら生活しています。例えば、イノシシやシカ等の哺乳類には高カサゴキララマダニが、コウモリにはコウモリマダニが、カメにはカメキララマダニが、トカゲやカナヘビ等の爬虫類にはタネガタマダニが、アカコッコ等の鳥類にはアカコッコマダニが好んで刺咬します。マダニは種により生息地域が異なることから、ヒトでは西日本で高カサゴキララマダニとフタトゲチマダニの、東日本でヤマトマダニの、北海道でシュルツェマダニの刺咬例が多くなっています。

5. マダニの季節的消長

SFTSや日本紅斑熱等のマダニ媒介感染症は、春から夏にかけて感染者が多く報告されていることから、マダニは春から夏にかけて活動すると思われがちですが、種類により活発に活動する時期が異なり、大きくは「夏型マダニ」と「冬型マダニ」に分けられます。例えば、フタトゲチマダニは夏型マダニ、キチマダニは冬型マダニで、鹿児島県日置市と愛媛県大洲市における調査でも、春から夏にかけて夏型のフタトゲチマダニを、秋から冬にかけて冬型のキチマダニを多く採集したとの報告があります。

マダニ季節消長(鹿児島県日置市の例)



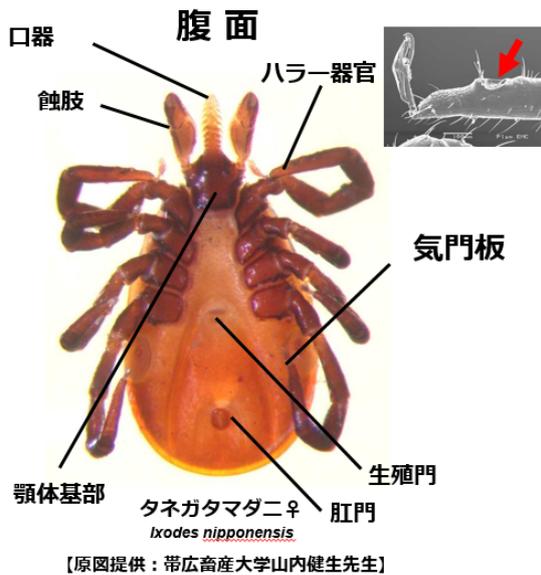
【提供：国立感染症研究所 澤邊京子先生】

なお、これまでの経験では、夏よりも秋から冬にかけての方が多く採集できており、最多採集記録は11月中旬に愛媛県の島しょ部において30分間で273頭でした。一方、2023年は酷暑が9月末まで続いた影響か、定点調査している愛媛県大洲市では、例年9月には30分間で40頭~50頭採集できていましたが、2023年9月は2時間で1頭も採集できませんでした。

6. マダニの形態

突然ですが、マダニは、「昆虫」と「クモ」のどちらの仲間だと思いますか？ 正解は「クモ」の仲間です。マダニは幼ダニの時期は脚が6本ですが、脱皮して若ダニになるとクモと同じ脚が8本になるからです。

マダニには昆虫の触覚がなく、第1脚の先端にある「ハラー器官」で動物が通過する際の体温、二酸化炭素、振動などを感知します。第1脚を大きく広げ回しながら動物を待ち構えています。マダニの呼吸器官である「気門板」は第4脚の後方あります。



マダニは種類によって大きさが違います。吸血前の成ダニの大きさは、小さなフタトゲチマダニやキチマダニで約3mm、最も大きなタカサゴキラマダニで約8mmですが、吸血後はそれぞれ約10mm、約20mmもの大きさになります。なぜマダニは吸血後に体全体が大きくなるかご存じですか？ 正解は通常の吸血動物は吸血した血液を消化管で消化しますが、マダニは細胞内に蓄え消化(細胞内消化)するので体全体が大きくなるのです。そのため、動物に咬着しておらずマダニ体内に血液成分もほとんど認められないマダニでも、吸血した動物の遺伝子が細胞内に残っていることから、Reverse Line Blot法で吸血源動物を探索することができます。新規OZVの感染環を調査するため、新規OZV保有マダニを採集した地点において、我々もこの方法を改良した方法を用いたマダニの吸血源動物の探索を行いました。その結果、アカネズミ、ヒミズ、アライグマを吸血していることが確認できたので、野ネズミを

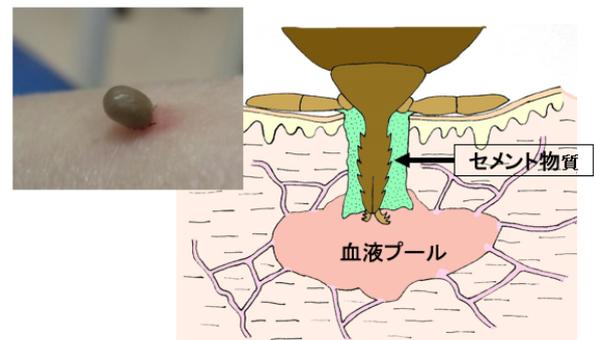
ターゲットとして捕獲し、宿主動物となっているのか調査を行っているところです。

7. マダニの吸血機序

マダニは生涯に3回吸血し、幼ダニ→(吸血・脱皮)→若虫→(吸血・脱皮)→成ダニ→(吸血)→産卵(メスのマダニ)と発育する3宿主性です。適度の温度と湿度があれば長期間の生存が可能で、種によっては1年間に1度の吸血チャンスだけでその生活環を維持している種や、海外では5年以上吸血をしないで生存が可能な種もいます。

マダニは管状の口器(鋏角・口下片)を動物の皮膚に刺しこんで吸血します。まず、唾液に含まれる酵素で皮膚を溶かしながら、鋏角と呼ばれる針状の構造物で皮膚にメスを入れます。次に鋏角の中にある口下片(吸血管)と呼ばれる突起物(ぎざぎざの歯)を差し込み、セメント様物質を注入し差し込んだ口下片を傷口に固定し、血液プールを作って効率よく数日から長いもので10日以上吸血します。唾液から酵素を出しているため、ヒトや動物は痛みもかゆみも感じません。

マダニの吸血機序



マダニからヒトや動物に病原体が伝播するタイミングは病原体の種類によって様々です。ライム病ボレリアでは、24時間以内のヒトへの感染率は10%未満であるとの報告⁴⁾やマダニ刺咬後48~72時間程度はマダニからヒトを含む吸血源動物へ移行しないとの報告もあります⁵⁾。一方、紅斑熱群リケッチアの伝播実験では吸血開始後12~24時間以内に病原体が移行したとの報告もあります⁶⁾。なお、SFTSについては伝播に必要な時間などは分かっていません。

Ⅲ. 調査・研究の報告

1. 愛媛県の野生動物及びイヌの SFTS 抗体保有調査

2013年に愛媛県で調査した野生動物(シカ・イノシシ)及びイヌの SFTS 抗体保有結果を表示します。SFTS 患者が報告されていない地域で捕獲されたイノシシは全て抗体検査陰性でした。なお、シカの生息域で SFTS 患者が報告されていない地域はありません。

動物における SFTS 抗体保有率

検体名	検体数	陽性検体数	陽性率
シカ(SFTS患者有地域)	20	4	20.0
イノシシ(SFTS患者有地域)	21	10	47.6
イノシシ(SFTS患者無地域)	19	0	0.0
野外飼養犬	33	3	9.1
動愛愛護センター収容犬	14	2	14.3

2. 愛媛県の SFTS ウイルス感染ネコの周辺環境におけるマダニ相とウイルス叢の調査

2019年5月に愛媛県の島しょ部においてネコの SFTSV 感染例(回復)が確認され、発症から約1ヶ月後に周辺環境で採集したタカサゴキララマダニの若虫から、感染ネコと1年前に隣地区で確認された患者から検出された SFTSV と同じ遺伝子型(本県初の韓国株)のウイルスが検出されました。また、遡り調査で感染ネコの隣家で飼育されている疑いネコも1年前に SFTSV に感染していたことが抗体検査で確認されました。

そこで、2019年7月から2020年6月の1年間、月1回程度、旗ずり法(注:旗ずり法とは、50cm×70cm 白い布(フランネル布)に柄をつけたものを草むらなどで引きずり、吸血しようとしているマダニ類が動物と間違えて布に飛びついたところを捕獲する方法)でマダニを採集し、マダニの同定及び保有ウイルスの解析を行いました。ウイルスの解析は国立感染症研究所において種・発育段階ごとに複数頭をプール検体とし、ウイルスの分離及び次世代シーケンサー等によりウイルスの解析を行ったところ、これまでに SFTSV 以外に次の新規ウイルス3種を含む6種のウイルスが検出されました。

(1) 新規 Toyo virus

タカサゴチマダニから SFTSV や Heartland virus などが含まれるフェニユイウイルス科の中でウウクウイ

ルス属 Kaisodi group に属する新規ウイルスが検出され、マダニ採集地域名から Toyo virus と命名しました⁷⁾。本種に近縁なウイルスの自然感染環から推定するとニホンノウサギが保有宿主になっている可能性が考えられます。なお、Kaisodi group に属する全てのウイルスの病原性は不明です。

(2) 新規 Ohshima virus

キチマダニとヤマアラシチマダニから、ヒメダニ媒介性のウイルスであるオルソミクソウイルス科クランジャウイルス属に近縁の新規ウイルスが検出され、地名から Ohshima virus と命名しました⁸⁾。クランジャウイルス属に含まれる数種のウイルスについては、小児の熱性疾患との関連や野生カモにおける病原性などが示唆されるものの、マダニから検出されているクランジャウイルス一群の脊椎動物への感染性は不明です。

(3) Jingmen tick virus

タカサゴキララマダニから近年、中国においてヒト病原性が示唆されている新興マダニ媒介ウイルスである Jingmen tick virus が検出されました。この地点以外でも愛媛県大洲市、長崎県、石川県において採集されたタカサゴキララマダニから遺伝子が検出されており、関東以南の広範囲に本ウイルスは分布しているものと推測されます。

(4) 新規 Takachi virus

タカサゴチマダニから中国で不明熱(注:不明熱とは、直腸温で38.3℃以上の発熱のうち、自然に軽快する一過性の疾患、急速に死に至る疾患、ならびに明確な局所の症候または一般的な検査(胸部X線、尿検査、血液培養など)の異常を示す疾患のいずれにも起因しない発熱)の患者から検出されている Jingmen virus 及び Alongshan virus と近縁種の新規ウイルスが検出され、宿主マダニの和名であるタカサゴチマダニから Takachi virus と命名しました⁹⁾。複数年に渡って採集したタカサゴチマダニから本ウイルスが検出されていることから、調査地域に定着している可能性が考えられますが、国内の他の地域では確認されていません。

(5) 日本脳炎ウイルス

キチマダニから蚊媒介ウイルスの日本脳炎ウイルス (JEV) が検出されました。JEV は通常、コガタアカイエカとブタとの間での感染サイクルによって維持されていますが、11月、12月および3月に採集したキチマダニから JEV が検出されました。JEV 遺伝子は全て I 型で、近隣3県(香川県、広島県、岡山県)において2019年及び2020年にヒトやコガタアカイエカから検出された JEV 株と近縁でした¹⁰⁾。

(6) Tarumizu tick virus

キチマダニから日本各地に分布することが確認され、コロラドダニ熱を引き起こすウイルスと近縁種であるレオウイルス科コルチウイルス属の Tarumizu tick virus が分離されました。病原性は不明ですが、死んだタヌキの脳からの本ウイルス検出が報告されています。

1地点のマダニから検出された7種類のウイルス

No.	ウイルス名	分類群	マダニ種	株数	検出/分離	ヒト病原性
0	SFTS virus (韓国型)	フェニウウイルス科 バンダウイルス属	タカサゴキラマダニ	1	遺伝子	有
1	Toyo virus 新種	フェニウウイルス科 ウウクウイルス属	タカサゴチマダニ	1	遺伝子	不明
2	Ohshima virus 新種	オルソミクスウイルス科 未分類	ヤマアラシチマダニ	3	遺伝子	不明
3	Jingmen tick virus	未分類 (Jingmenvirus group)	タカサゴキラマダニ	5	遺伝子	有
4	Takachi virus 新種	未分類 (Jingmenvirus group)	タカサゴチマダニ	5	遺伝子	不明
5	Japanese encephalitis virus	フラビウイルス科 フラビウイルス属	キチマダニ	4	遺伝子	有
6	Tarumizu tick virus	レオウイルス科 コルチウイルス属	キチマダニ	1	分離	不明

これまでに検出されたウイルスの近縁ウイルスもヒトへの病原性が知られていることから、ヒトやその他の動物への感染性や病原性さらには新たなマダニ媒介ウイルス感染症としての潜在的なリスクを判断するため、さらなる調査・研究を進めているところです。

3. 愛媛県患者発生地域における県民の SFTS ウイルス抗体保有調査

SFTS の感染実態を明らかにするため、2015年7月から8月に患者発生地域を中心に14カ所の会場で、農業に従事する50歳以上のハイリスクグループ694名の協力を得て、愛媛県民の SFTS 抗体保有調査を実施しました。

採血時に、年齢、性別、住所、農林業従事内容、マダニ刺咬歴、ペット飼養歴(犬・猫、飼い方、ダニ駆除の

有無等)、既往歴(糖尿病、高脂血症、高血圧、腎臓病、心臓病、脳卒中)について聞き取り調査を行いました。抗体検査は国立感染症研究所ウイルス第一部において実施し、ELISA 法によるスクリーニング検査後、間接蛍光抗体法による確認検査及び中和抗体価の測定を行いました。

マダニ刺咬率は15.2%~70.2%(平均38.0%)で、マダニ刺咬率が最も高かった会場はシカの生息数が愛媛県内でも多い地域でした。抗体陽性者1名で、患者発生数が最も多い地域在住の柑橘栽培を中心に畑作業に従事する70代女性で、全く SFTS の症状を自覚しておらず、既往歴、ペット飼養歴はありませんでした。

マダニ刺咬率が高いにもかかわらず不顕性感染者が1名で抗体陽性率は0.14%と低く、ほとんどの県民が今後 SFTSV を持ったマダニに咬まれると、感染・発症する可能性があることが明らかになりました¹¹⁾。

(日本感染症学会・日本化学療法学会『JIC Award 2018』受賞)

4. 愛媛県におけるマダニの駆除とその効力評価

前述2の SFTSV 感染ネコの周辺環境においてマダニ用殺虫剤の散布によるマダニの駆除を行うとともにその効力評価を行いました。

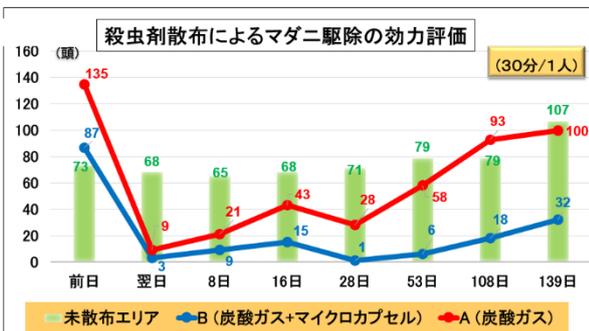
殺虫剤は地形・植生等を考慮して、⑦動力噴霧器が不要で軽くて機動性があり複雑な地形・植生の場所でも短時間で広範囲に散布できる『炭酸ガス製剤(フェノトリン1%)』と、①動力噴霧器(5.3kg+150タンク)を必要とし効果は長時間持続するが散布に時間を要する『マイクロカプセル製剤(プロペンタホス20%)』を選択しました。



【殺虫剤の散布写真】

殺虫剤散布の効力を評価するため、㊶と㊵の両殺虫剤を併用散布したエリア A と、㊶のみ散布しエリア B において、散布の前日、翌日、8 日後、16 日後、28 日後、53 日後、108 日後および 139 日後にマダニを採集し評価しました。さらに、自動撮影カメラを 5ヶ所に設置し野生動物の侵入状況も調査しました。

マダニの採集数は、エリア A では 87 頭(30 分/1 人、以下同じ)、3 頭、9 頭、15 頭、1 頭、6 頭、18 頭および 32 頭、エリア B では 135 頭、9 頭、21 頭、43 頭、28 頭、58 頭、93 頭および 100 頭でした。



全ての自動撮影カメラは多数のイノシシの他感染ネコ、タヌキを撮影しました。いずれの殺虫剤も高いマダニ駆除効果がありました。また、殺虫剤併用のエリア A では散布後約 4 ヶ月間はマダニ密度が比較的強く抑えられました。



【カメラがとらえた感染ネコ】



【カメラがとらえたイノシシ】

マダニは我々の身近な山野に生息しておりその生息密度は野生動物の侵入頻度に依存することから全ての場所で殺虫剤散布による植生マダニの駆除は困難です。SFTS 患者(伴侶動物を含む)発生の緊急時や患者発生地域での野外イベント開催前等の殺虫剤散布は有効な手段ですが、マダニ対策で最も重要なことはマダニから身を守る服装や方法を知り実践することです。

(令和 3 年度日本獣医師会『獣医学術学会賞』受賞)

IV. マダニ対策

1. マダニに刺されないためのポイント

(1) マダニから身を守る服装

- ①長袖、長ズボンを着用しましょう。
- ②シャツの袖口は軍手や手袋の中に入れてみましょう。
- ③シャツの裾はズボンの中に入れてみましょう。
- ④足を完全に覆う靴を着用しましょう。サンダル等は避けましょう。
- ⑤帽子、手袋を着用し、首にタオルを巻く等、肌の露出を少なくしましょう。
- ⑥服は、マダニを目視で確認しやすい明るい色のものにしましょう。

(2) マダニから身を守る方法

- ①上着や作業着は、家の中に持ち込まないようにしましょう。
- ②屋外活動後は、シャワーや入浴でダニが付いていないかチェックしましょう。
- ③ガムテープを使って、服に付いたマダニを取り除く方法も効果的です。
- ④ディートやイカリジの有効成分を含む虫よけ剤を有効に活用しましょう。

2. マダニに刺されたら

皮膚にしっかりと口器を突き刺し、数日から長いものは 10 日間以上吸血しますが、刺されたことに気がつかない場合も多いと言われています。

吸血中のマダニに気が付いた際、無理に引き抜こうとするとマダニの一部が皮膚内に残って化膿したり、マダニの体液を逆流させてしまったりする恐れがありますので、医療機関(皮膚科)で処置(マダニの除去、洗浄など)をしてもらってください。また、マダニに刺された後、数週間程度は体調の変化に注意をし、発熱等の症状が認められた場合は直ちに医療機関を受診しましょう。

V. おわりに

学生時代の恩師で全日本鹿協会副会長、麻布大学名誉教授の押田敏雄先生にお声をかけていただき、このような機会を与えていただきありがとうございました。

最後になりましたが、この解説を投稿にあたりデータを提供していただいた国立感染症研究所・昆虫医科学部 澤邊京子先生、調査・研究にご協力いただいた国立感染症研究所・昆虫医科学部の先生方、岡山理科大学獣医学部 鍬田龍星先生に深謝いたします。

VI. 引用文献

- 1) Ejiri H, Kimura T, Sawabea K, et al. Characterization of a Novel Thogotovirus Isolated from *Amblyomma Testudinarium* Ticks in Ehime, Japan: A Significant Phylogenetic Relationship to Bourbon Virus. *Virus Research* 249 (April), 57-65. 2018.
- 2) 初めて診断されたオズウイルス感染症患者, *Infectious Agents Surveillance Report (IASR)* Vol. 44 p109-111, 2023年7月号
- 3) Tran NTB, et al. Zoonotic Infection with OZ virus, a Novel Thogotovirus. *Emerging Infectious Diseases* 28 (2), 436-39. 2022.
- 4) 橋本喜夫ら. 北海道のマダニ刺咬症とライム病, *皮膚病診療* 25, 926-929, 2003.
- 5) Cook, et al. Lyme borreliosis: a review of data on transmission time after tick attachment. *International Journal of General Medicine*, 8, 1-8. 2014.
- 6) Saraiva, et al. Feeding Period Required by *Amblyomma aureolatum* Tick for Transmission of *Rickettsia rickettsia* to Vertebrate Hosts. *Emerging Infectious Diseases*. 20(9), 1504-1510. 2014.
- 7) Kobayashi D, Kimura T, Isawa H, et al. Toyo virus, a novel member of the Kaisodi group in the genus Uukuvirus (family Phenuiviridae) found in *Haemaphysalis formosensis* ticks in Japan. *Archives of virology*, 166(10), 2751-2762. 2021.
- 8) Kobayashi D, Kimura T, Isawa H, et al. Detection of Quaranjavirus-Like Sequences from *Haemaphysalis hystrix* Ticks Collected in Japan. *Japanese journal of infectious diseases*, 75(2), 195-198. 2022
- 9) Kobayashi D, Kimura T, Isawa H, et al. Detection of Jingmenviruses in Japan with Evidence of Vertical Transmission in Ticks. *Viruses*, 13(12), 2547. 2021.
- 10) Kobayashi D, Kimura T, Isawa H, et al. Detection of Japanese Encephalitis Virus RNA in Host-Questing Ticks in Japan, 2019-2020. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 106(6), 1725-1728. 2022.
- 11) Kimura T, Saijo M, Shinomiya H, et al. Seroprevalence of severe fever with thrombocytopenia syndrome (SFTS) virus antibodies in humans and animals in Ehime prefecture, Japan, an endemic region of SFTS. *Journal of Infection and Chemotherapy* 24, 802-806. 2018.

解説

クマの被害と認証の必要性

押田 敏雄

麻布大学名誉教授・全日本鹿協会副会長・日本ジビエ振興協会副代表理事

I. はじめに

現行の「国産ジビエ認証」の範囲は狭く、その対象はシカとイノシシのみです。国産ジビエ認証を取得した施設(現在、全国で31ヶ所)から出荷されたジビエ(シカ肉、イノシシ肉)には認証マークを掲示・表示できます。また、認証施設産のジビエを使用した加工食品や販売促進するための資材にも使用が可能となります。

日本国内でも野生鳥獣による農業被害が問題視されていますが四つ足動物ではシカとイノシシによるものが話題の中心です。しかし、近年、クマによる事故数が増え、2023年の事故数は197件、被害人数は218名、亡くなった方も6名にも上りました(図1)。

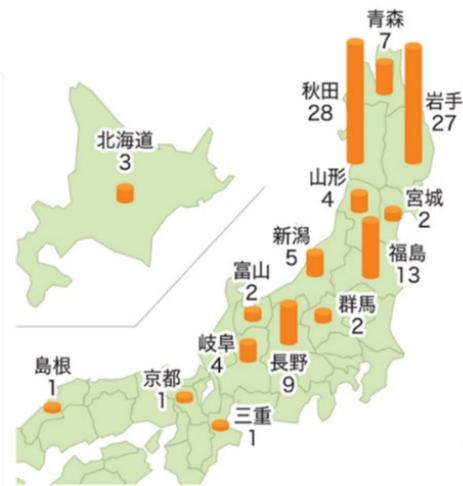


図1 2023年4~9月の被害者数分布

2024年2月にクマは「指定管理鳥獣」にすることが決まりました(環境省所管)。この指定管理鳥獣とは、鳥獣保護管理法で、全国的に生息数が著しく増加していたり、生活環境や農作物、それに生態系に被害を及ぼしたりする野生動物で、集中的かつ広域的に管理が必要な種が対象とされる動物ですが、現在はニホンジカとイノシシが指定されています。今後、指定されると、捕獲や調査などの費用や人材育成などについて国が支

援することになります。なお、生息数が少ない四国はこの対象外となるようです。

クマの生息数は北海道に棲息するヒグマは11,700頭、北海道以外(沖縄も)に棲息するツキノワグマは44,000頭とされています。市街地に出没した場合、その多くは麻醉銃で捕獲し、山に還すようにしていることが良く報道されています。狩猟期はツキノワグマが11月15日~翌年2月15日、ヒグマは10月1日~翌年1月31日となっています。捕獲したクマの多くはシカやイノシシと違ってほとんどが食用となっています。クマは全身を食用にでき、肉が少量であっても旨味が強く、汁物には脂身のある部位の方がより良いスープが出るとされています。

II. 認証が必要な理由

クマ肉の何が問題なのかについて触れてみましょう。ジビエが原因食である食中毒について表1に示します。これらは動物からヒトに感染する人獣共通感染症であり、クマについては1981年と2016年にトリヒナ(旋毛虫とも呼ばれる)症の発生があります。筋肉に寄生するトリヒナを生、あるいはそれに近い状態で摂食したことが原因で感染したとされます。1981年は刺身、2016年は生焼けのローストが原因とされました。

虫体の大きさ 雄:体長・1.4~1.6mm、体幅・0.04~0.05mm/雌:体調2~4mm、体幅0.06~.07mmとされています。

感染源 米国では不完全調理の豚肉、ソーセージなどに含まれる筋肉内被囊幼虫により感染し、東欧、中央アジアでは馬肉、シカ肉等のゲームミート(いわゆるジビエ)が感染源になります。日本においてもツキノワグマやエゾヒグマの刺身による感染例がありました。

表1 日本におけるジビエが原因で発生した人獣共通感染症

年	場所	原因食品	感染症	患者数(死者数)
1981	三重県	冷凍ツキノワグマの刺身	トリヒナ(旋毛虫)症	172 人(0人)
2000	大分県	シカ肉の琉球	サルモネラ症	9 人(0人)
2001	大分県	シカ肉の刺身	腸管出血性大腸菌 (ベロ毒素産生)感染症	3 人(0人)
2003	兵庫県	冷凍生シカ肉	E型肝炎	4 人(0人)
2003	鳥取県	野生イノシシの肝臓(生)	E型肝炎	2 人(1人)
2005	福岡県	野生イノシシの肉	E型肝炎	1 人(0人)
2008	千葉県	野生ウサギ	野兔病	1 人(0人)
2009	茨城県	シカの生肉	腸管出血性大腸菌 (ベロ毒素産生)感染症	1 人(0人)
2009	神奈川県	野生シカ肉(推定)	不明	5 人(0人)
2016	茨城県	クマ肉のロースト	トリヒナ(旋毛虫)症	15 人(0人)

ヒトへの影響 初発の症状は、発熱、筋肉痛、眼窩周囲の浮腫ですが、虫体の発育に関連して3期に分けることができます。

1)成虫侵襲期：感染後1～2週目。成虫が小腸粘膜に侵入して幼虫が産出される時期で、産出刺激で腹痛、下痢、発熱、好酸球増加などの症状が現われます。

2)幼虫播種期：粘膜内で産出された幼虫の全身筋肉への移行時期。感染後2～6週目。眼瞼浮腫、筋肉痛、発熱、時に呼吸困難を発症。脳炎、心筋炎等を起こし重篤となることがあります。

3)幼虫被囊期：筋肉に移行した幼虫はそこで被囊します。ヒトでは感染後6週目頃、眼瞼浮腫が一層著明となり、重症例では全身浮腫、貧血、肺炎、心不全などから、死亡することもあります。

寄生している主な動物 クマ(図2)、ウマ、ブタ

予防方法 クマ肉を生食しないようにします。豚肉を素材とした食品は充分加熱してから食べるようにします。筋肉内幼虫は低温にかなり強く、 -30°C で4ヶ月保存したクマ肉により発症した例もあります。

筋肉に寄生する寄生虫という意味合いで、トリヒナに付け加え、イカやサバなどの魚介類に寄生することで知られているアニサキスが寄生した鮭の刺身の例を図3に示しますが、こちらは虫体が大きく体長2～3cm、体幅0.5～1mm程度の大きさで素人でも比較的、簡単に見つけることができます。このアニサキスは熱に弱く、 60°C で1分以上の加熱で死滅します。しかし、低温には比較的強く、冷蔵庫に入れた程度では生存する

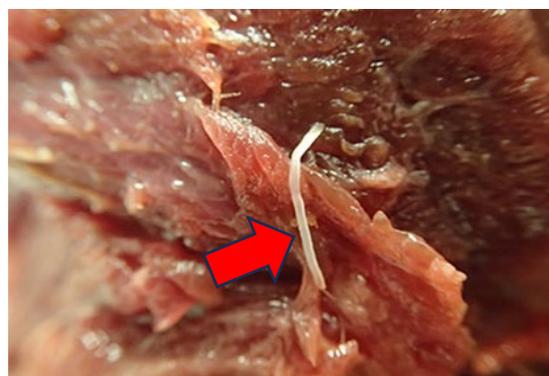


図2 クマの筋肉に寄生したトリヒナ

が、冷凍庫(-20°C 以下で24時間以上)で冷凍することで死滅します。アニサキス対応として冷凍したものを利用(鮭のレイベが例)、食酢による酢ヅ(しめ鯖が例)が有効とされています。

豚肉を生食、生焼け肉を推奨しない最大理由はトリヒナの寄生が懸念されるためです。



図3 サケに寄生したアニサキス

しかし、トリヒナがアニサキスと決定的に違うのは、虫体が小さいこと、耐凍性が高いことなので、絶対に刺身などの生食はすべきではありません。

Ⅲ. 猟師直送の危険

通販サイトなどに「生産者の顔が見れるから安心、産直で新鮮」などの言葉を見かけることがあります。ジビエの広告・広報活動でも猟師直送、未冷凍、新鮮などを謳い文句にクマ肉までも掲載されていることがあります。

里山にクマが下りてきたり、あるいはアーバンベアの徘徊などとして、しばしば問題となります。クマ被害の対応で捕獲しても「可哀そうだから」、「生態系を破壊するのは問題」などと、単に山に還すだけの場合が多く、時に、銃猟で仕留めてもシカやイノシシと同程度かそれ以下の技量、知識で解体・対応するような猟師さんがかなりいるように思われます。

一方で、大手の通販サイトでさえも安心・安全なクマ肉などのフレーズでクマ肉を扱ったり、「ふるさと納税の返礼品」で生のクマ肉(保管や発送は冷凍対応)を扱ったりする例もあります。また、シカ、イノシシの缶詰と並べたクマの缶詰(図4)を「認証を受けた施設で製造しています」のフレーズを付けて通販しているのはグレーな所業と思わざるを得ません。

日本ジビエ振興協会のHPには、「飲食店でジビエを提供するときには、食肉処理業の許可を受けた施設から仕入れなければなりません。「猟師直送」などと謳ったネット販売を利用することや、知り合いの猟師から直接肉を仕入れること、自分で捕獲したシカやイノシシを食肉処理業の許可を受けた施設で解体処理することなく提供することはやめましょう」との記載があります。



図4 缶詰(左から、シカ、クマ、イノシシ)

Ⅳ. 認証に向けての取組

西目屋村の事例 青森県中津軽郡西目屋村の食肉加工施設「ジビエ工房白神」では2020年からツキノワグマの解体処理が行われています。同村の「ブナの里白神館」では、野生のクマ肉を使ったジビエ料理の提供を始めています。

西目屋村では、野生鳥獣による農作物被害(主にりんご)が村内全域であり、農家にとって深刻な問題となっていました。村では、農作物被害対策として、電気柵や捕獲檻を設置することで、被害の軽減に努めてきましたが、捕獲した野生鳥獣については、食肉として処理する衛生的な施設がないため、廃棄処分され、白神山地の源流域のマタギ文化(図5)として伝統的に食されてきたクマ肉などを活用した料理や土産品を提供できない状況でした。そこで、クマを始めとした野生鳥獣を地域資源として有効活用するため、2021年11月5日に食肉加工施設「ジビエ工房白神」がオープンした次第でした。

捕獲されたクマについては、村の鳥獣害対策実施隊により解体処理され、目屋マタギの命を無駄にしないという伝統文化を受け継ぎ、食肉・骨は料理、皮は革製品として無駄なく活用されています。

秋田県の取組 秋田県もクマの人的被害が多く、2023年度の捕獲頭数が過去最多に上っていることを受け、佐竹敬久知事は2023年11月の記者会見で、捕獲したクマを解体し、クマ肉を流通させるための加工施設の設置を検討していると明らかにしました。「金もかかるし、運営費もかかる。どういう形であればできるのかを検討する」と述べ、実現可能かどうかを含め市町村と協議する考えで、設置する場合は2024年度以降になるとしています。



図5 マタギの装束

さらに、佐竹知事は会見で、県猟友会から、解体やクマ肉の流通、冷凍などを担える施設を設置するよう要望を受けたと説明しました。「マタギの文化があり、解体の経験者もいる県北への設置を求める意見があり、検討している」とも述べました。なお、県によると、捕獲したクマは地域の猟友会などが解体し、処分したり自家消費したりしています。本年度のクマの捕獲数は2023年10月末現在、1,167頭（速報値）で過去最多に上り、捕獲や解体にかかる経費が例年以上にかかっている状況です（秋田魁新報より）。

なお、県内には、食品衛生法に基づきクマやシカなどを解体・販売している施設が現時点で北秋田市と大仙市、仙北市および羽後町に計4ヶ所あります。これらは、いずれも民間が運営しており、自治体が設置するケースは全国的にも珍しいということです。市町村が設置する場合は国の交付金を活用できるため、県は費用の一部を支援する考えだそうです。

V. クマ認証に向けての先行事例

新潟県は「野生鳥獣肉（ツキノワグマ肉）の処理及び放射性物質検査実施要領」を2020年に定め、運用しています。基本的には「野生鳥獣肉の衛生管理に関する指針（厚労省ガイドライン）」に記載がない事項の補完と思われます。この事例も認証制度を再構築する上で参考にしたいです。

なお、クマ肉ですが、ヨーロッパでは中世までは広く食されていたようで、現在はロシアなどの一部で食されているに過ぎず、他には、中国やアメリカを除くとイヌイット（注：カナダ北部などの氷雪地帯に住む先住民族のこと）などの先住民族が食す程度です。そのため、ロシアやカナダについて、Certification of bear

meat を調べても正確にはヒットせず、精々がトリヒナについての注意喚起に留まる程度で、クマを正面に出したような認証の記載は見当たりません。

VI. 大型以外の哺乳類・鳥類

シカやイノシシの認証は未だ端緒についたばかりと言えます。取り敢えず、クマの問題を解決し、キョン、ハクビシン、アナグマ（図6）などについて検討を行う必要があると思われます。しかし、動物保護との関連もあり、慎重に事を進める必要があります。

なお、鳥類についてはインフルエンザ（注：首相官邸HPによれば、「鳥インフルエンザウイルスは、通常ヒトには感染しないが、感染した鳥に触れる等、濃厚接触をした場合などにきわめて稀に感染する。ヒトが感染した場合、1～10日の症状のない期間があった後、高熱、咳などの症状を示し、急激に全身の臓器が異常な状態になり、死亡することもある」と表示）などの対応を考えなければなりません。

現行の法律で食鳥検査の対象となる食鳥は鶏、あひる、七面鳥ですが、制度の開始当初は検査も困難なことがあったと思われますが、現在は順調に運営されているように思われます。

注：国産ジビエ認証施設の数には2024年6月28日現在のもの、登録番号と施設数が不一致なのは、廃業や更新申請が無い施設も含まれることが理由です。



図6 今後、認証の検討が必要な哺乳類

お詫びと訂正

—令和 5 年 7 月発行 鹿研究第 14 号掲載分—

目次【海外報告】著者名（上から 19 行目）

【誤】韓 歆盛

【正】韓 歆勝

P49 鹿茸に関する国際講演会報告 著者名

【誤】韓 歆盛

【正】韓 歆勝

以上、ここにお詫びして訂正させていただきます。

編集後記

今年2月に長年の課題であった協会の法人化を達成することができました。また、法人化の目的の1つでもあった農水省などの公的助成金も、協会会員を中心とする21団体による協議会（全国シカ資源開発利用協議会）を組織することで採択に繋げることができました。今年度は助成事業の執行を確実に行うことが求められています。研究会誌も法人化に伴い、さらにバージョンアップをしたいと思います。それにはまず編集委員会の充実が必須です。会員皆さんの積極的なご参加を期待しています。

SK

編集委員

石田光晴 小笠原永隆 押田敏雄 小林信一
坂田亮一 相馬幸作 林田まき 松本悠貴

日本鹿研究 (第15号)

令和6(2024)年7月10日

編集・発行

一般社団法人 全日本鹿協会
〒236-0005 横浜市金沢区並木3-7-4-1303
japandeersociety@gmail.com
TEL 090-1111-3032

Journal of Japan Deer Studies

No.15

(July 2024)

CONTENTS

Greetings of the establishment of the General Incorporated Association Japan Deer Society	HASHIZUME Shuichi	1
【Special Feature】		
Symposium: “Forest, deer, and humans”	KOBAYASHI Shinichi	2
Current status and challenges of Japan's forests	YOSHIOKA Takuyoshi	6
Thinking about the relationship between forests and deer	UGAI Kazuhiro	14
Deer problems from the perspective of foresters	TAKEKAWA Masaki	18
General Discussion		22
【Article】		
Detection of 8, 11-Octadecadienoic Acid and Anti-aging Effects of Lipids in Venison from Nagano Prefecture	KOGISO Kana, OHNISHI Miyuu, MURANO Kohei	28
【Research Notes】		
Green tea dyeing of deerskin	YASUMOTO Tomoyo	36
【Overseas Report】		
Visiting the Sika Deer in Rambouillet, France	ISHII Yoko	42
【Survey Report】		
Calculation of head and body length of Honshu sika deer (<i>Cervus nippon centralis</i>)	KATAKURA Kagemichi	46
【Explanation】		
Taxonomic distribution, antler cycle of Japanese sika deer, and “The Japanese standards for non-Pharmacopoeial crude drugs 2018”.	OHTAISHI Noriyuki, NAGATA Junco, TAISHI Yuka, IGOTA Hiromasa	49
Application of Hokkaido Ezo sika deer - focus on new velvet antler (Rokujyo) and antler (Rokkaku) research.	WAKAME koji	56
Ticks as vectors of zoonotic diseases	KIMURA Toshiya	61
Bear attacks and the need for certification as wild meat	OSHIDA Toshio	68
Apology and correction		72
Editor's Note		73