



国立大学法人 岩手大学

イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの新たな違いを発見！
～同一種であるにも関わらず尿のにおいはヤマネコ間で大きく異なっていた～

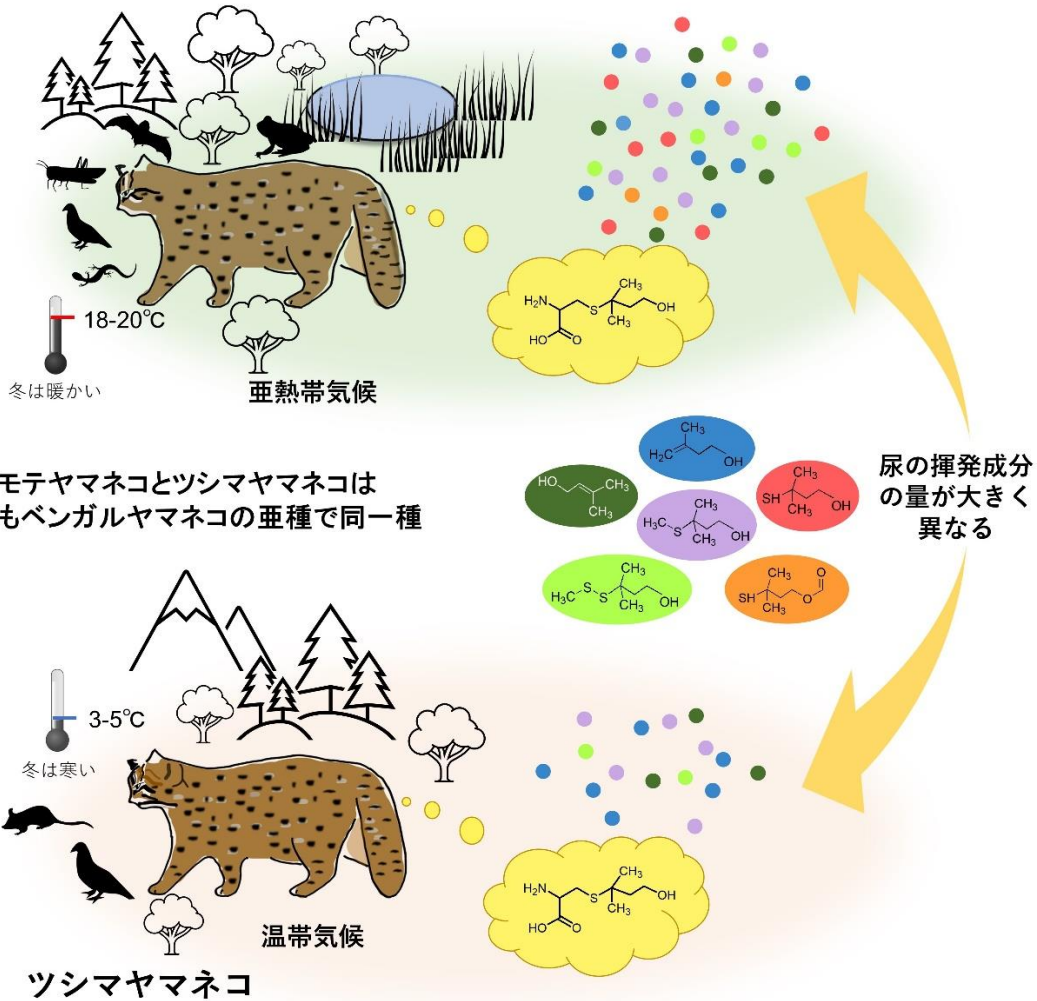
国立大学法人 岩手大学は、北九州市立自然史・歴史博物館、琉球大学・鹿児島大学との共同研究で、国の特別天然記念物・天然記念物に指定されているイリオモテヤマネコとツシマヤマネコは、同一種の別亜種であるにも関わらず尿のにおいは人でも嗅ぎ分けられるほど異なり、それはイエネコの尿の悪臭成分としても知られている硫黄化合物（3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールとその構造類縁体）の揮発量がヤマネコ間で大きく異なっているためであり、イリオモテヤマネコの尿臭がツシマヤマネコの尿臭よりくさい原因になっていることを解明しました。尿のにおいは、ヤマネコの縄張り行動に重要な役割を果たしていると考えられます。よって本研究成果は、環境省レッドリストで絶滅危惧種 IA 類に選定されているイリオモテヤマネコとツシマヤマネコの生理や行動、生態を解明する上で重要な知見であり、種の保全活動にも応用できると期待されます。これは岩手大学宮崎雅雄教授、同大市沢翔太大学院生らによる研究成果です。本研究は、Frontiers Media が出版する科学雑誌「*Frontiers in Ecology and Evolution*」に令和5年6月28日午後3時(日本時間)に電子版で公開されます。

本研究成果のポイント

- ・イリオモテヤマネコの尿は、ツシマヤマネコの尿よりくさい
- ・尿の特徴的なにおいの原因となる揮発性硫黄化合物「3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールとその構造類縁体」の放出量が、イリオモテヤマネコの方がツシマヤマネコより多い
- ・揮発性の硫黄化合物の原料であるアミノ酸「フェリニン」の排泄量は、ヤマネコ間で差がなかったため、フェリニンからにおい物質に分解される過程に差があると考えられる
- ・絶滅危惧種であるヤマネコ類の生理、行動、生態の理解や保全活動への応用に期待



イリオモテヤマネコ



1. 背景

沖縄県の西表島にのみ生息するイリオモテヤマネコ（特別天然記念物）と長崎県の対馬にのみ生息するツシマヤマネコ（天然記念物）は、どちらもベンガルヤマネコ（注1）の別亜種（注2）に分類されている同一種です（図1）。両ヤマネコとも個体数は100頭前後と絶滅の危機に瀕しており、環境省が作成したレッドリスト（注3）で絶滅の恐れが最も高い絶滅危惧IA類（CR）に選定されています。そこで西表島と対馬には野生生物保護センターが設置され様々な保護活動が試みられています。例えば、各ヤマネコの生息数や生息域の調査、交通事故対策、野良猫を含めた外来生物対策、傷病ヤマネコの救護、ヤマネコの野生復帰サポートは、とても重要な活動です。また絶滅危惧種の保護活動には、ヤマネコの生理、行動、生態の理解を深めることも必要不可欠です。そこで大学などの研究者も加わり、イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの食性や行動、生態調査や遺伝子解析が行われ、様々な観点からヤマネコのデータが収集されています。研究グループは、採取したイリオモテヤマネコの尿のにおいがツシマヤマネコの尿のにおいよりも強いことに着目して、それぞれのヤマネコの尿から揮発する化学物質の組成や量、その原料となる化学物質（前駆体）や生産酵素の尿中排泄量の比較を行い、もともと同一種（別亜種）であるイリオモテヤマネコとツシマヤマネコの生理や代謝（注4）の違いについて考察しました。



2. 研究手法と研究成果

まず琉球大学・鹿児島大学・北九州市立自然史・歴史博物館の研究メンバーで、2006～2022年に西表島でイリオモテヤマネコの個体調査を、2011～2018年に対馬でツシマヤマネコの個体調査を行いました。この間、イリオモテヤマネコ 27 頭（オス 18 頭、メス 9 頭）とツシマヤマネコ 17 頭（オス 10 頭、メス 7 頭）を一時的に捕獲して（注5）、麻酔処置後、身体計測や血液検査を行い、採尿後に覚醒させて元の生息地に放しました。採取した尿は、-80℃で保管され、岩手大学に輸送されました。

次に岩手大学の研究メンバーによって、各ヤマネコの尿サンプルは、解凍後に直ちに専用のガラス管に移され、尿から揮発する化学物質を捕集剤で濃縮後、ガスクロマトグラフ質量分析計（注6）で分析されました。検出された化学物質の組成をヤマネコ間で比較すると、イリオモテヤマネコの方がツシマヤマネコよりも種類が多いことが分かりました（図2）。特に揮発性の硫黄化合物である 3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールやその構造類縁体であるギ酸 3-メルカプト-3-メチルブチルの尿放出量がツシマヤマネコよりイリオモテヤマネコで顕著に高いことが分かりました（図3）。3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールとギ酸 3-メルカプト-3-メチルブチル（注7）は、2006年に研究グループの宮崎らがイエネコ特有な尿悪臭の原因物質として同定していた化学物質です。今回の研究で、初めてイリオモテヤマネコやツシマヤマネコの尿にもイエネコと同じ揮発性の硫黄化合物が含まれていること、この硫黄化合物の尿放出量の違いによりイリオモテヤマネコの尿がツシマヤマネコよりくさくなっていることが分かりました。

そこで揮発性硫黄化合物の前駆体として既に知られていたアミノ酸「フェリニン（注8）」と、フェリニンの生産に関わる酵素「コーキシシン（注9）」の尿中濃度をヤマネコ間で比較しました。フェリニンの尿中濃度は、揮発性硫黄化合物の量が多いイリオモテヤマネコの方が高いと予想していましたが、意外にもヤマネコ間でフェリニンおよびコーキシシンの尿中濃度にはっきりとした差は見られませんでした（図4）。つまり硫黄化合物の揮発量にヤマネコ間で差があるのは、前駆体のフェリニン排泄量に差があるためではなく、フェリニンから揮発性物質への分解過程に何らかの差があるためと考えられました。

3. まとめと今後の期待

本研究では、イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの尿のにおいを特徴づける揮発性の硫黄化合物の量に大きな違いがあることを明らかにしました。琉球大学・鹿児島大学・北九州市立自然史・歴史博物館の研究メンバーが約10年間の調査により、それぞれ100頭程度しかない集団の中から20頭前後もの個体の尿を採取できたので、各ヤマネコの尿成分の傾向がつかめました。最も興味深い知見は、イエネコが種や性の識別などに使っている 3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールなどの硫黄化合物がヤマネコの尿にも含まれていたこと、硫黄化合物の尿から放出される量にヤマネコ間で差があり、ツシマヤマネコよりイリオモテヤマネコのほうが多かったことです。以上の結果、イリオモテヤマネコの方が、閉ざされた島内で硫黄化合物のにおいを使った仲間とのコミュニケーションを盛んに行っている可能性が考えられました。



本研究では、なぜイリオモテヤマネコとツシマヤマネコで尿から揮発する硫黄化合物の量に違いがあるのか、理由は明らかになっていません。しかし研究グループは、各ヤマネコの食性や生息地の気候の違い(調査時期は12月～1月)が関係している可能性を考えています。イリオモテヤマネコは、小型の哺乳類や鳥類に加えて、昆虫、カエル、爬虫類など、多様な食性を持ちます。加えて生息地である西表島は亜熱帯気候に属するため、本調査が行われた12～1月の平均最低気温は冬でも18℃前後と温かいので、イリオモテヤマネコが冬季に餌の獲得に困ることは少ないようです。一方、ツシマヤマネコの主食は小型の哺乳類と鳥類です。対馬は温帯気候に属するため、冬の最低気温は4℃を下回ることもあり、イリオモテヤマネコとは対照的にツシマヤマネコは冬期に餌の獲得に困る可能性があります。我々が遂行中のイエネコの研究では、硫黄化合物の生産に肉食に特化した脂質代謝が関係している可能性も考えられています。つまりイリオモテヤマネコとツシマヤマネコは、冬期の栄養状態に差が生じるため、それが生理や代謝の違いに発展して、結果的に揮発性の硫黄化合物の放出量の差に繋がっているかもしれません。

本研究成果は、イリオモテヤマネコやツシマヤマネコの保全に応用されることが期待されます。絶滅危惧種の生息数や生息域の把握は種の保全に重要ですが、生息数が少なく人間を警戒するヤマネコを野外調査で発見することは困難です。そこでカメラトラップ(注10)が活用されていますが、今後はヤマネコにおいて分析も生息数や生息域の把握に応用できると考えています。例えばヤマネコのマーキング尿と思われる痕跡を発見したら、尿やそのにおいが付着した部分を研究室に持ち帰り、ガスクロマトグラフ質量分析計を使って化学分析を行えば、マーキングされていたにおいがヤマネコのものであるのか、どの個体のものであるのか判定可能になるでしょう。これにより、ヤマネコの生息数や各個体の縄張り範囲を推定できるようになるかもしれません。また別の応用法としては、ヤマネコの尿のにおいを保護下にいるヤマネコの嗅覚エンリッチメント(注11)として使用する手法があります。1頭のヤマネコを動物園などの隔離空間で飼育する場合、その個体は、本来嗅ぐべき仲間のおいに出会えません。これは、縄張りをもつ動物にとって多大なストレスになるはずです。つまり、飼育下のヤマネコに別のヤマネコの尿を嗅がすことが有効であると考えられます。しかし絶滅危惧種の子ヤマネコの尿を集めることは現実的ではありません。そこで本研究成果に基づき、香料を使ってヤマネコの尿のにおいを再現すれば、それをヤマネコの嗅覚エンリッチメントとして飼育環境の向上に繋がります。このように、イリオモテヤマネコとツシマヤマネコについて化学的な知見を深めれば、様々な観点から種の保全活動に役立てることができそうです。



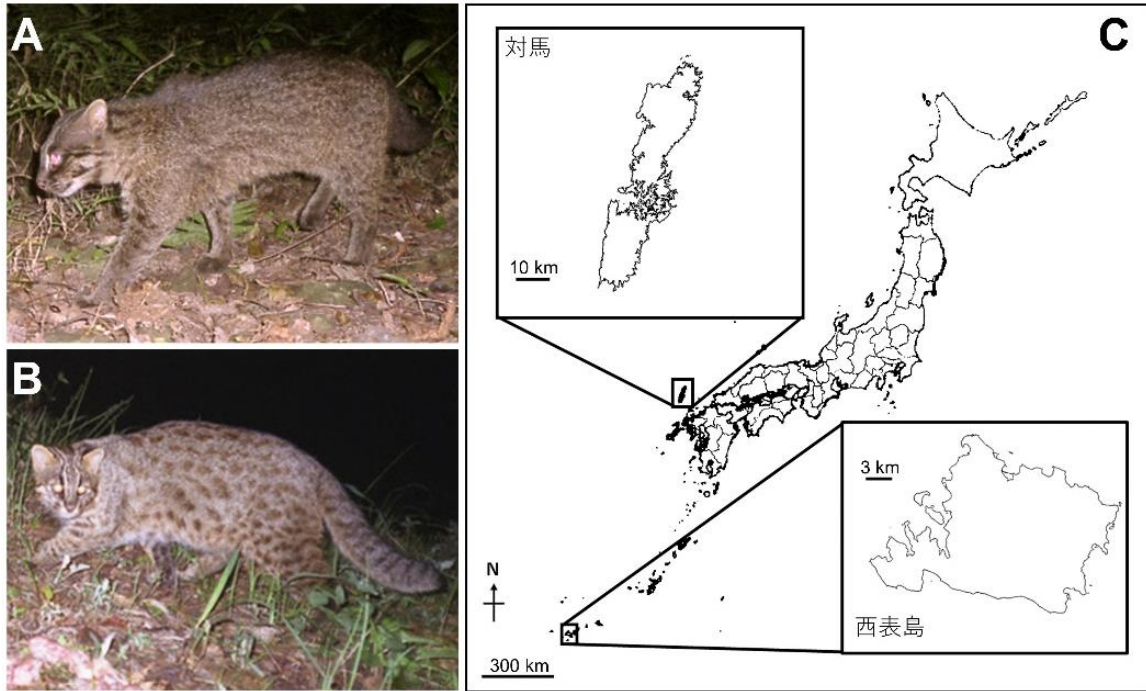


図1. イリオモテヤマネコ (A) とツシマヤマネコ (B) の外見と生息域 (C)

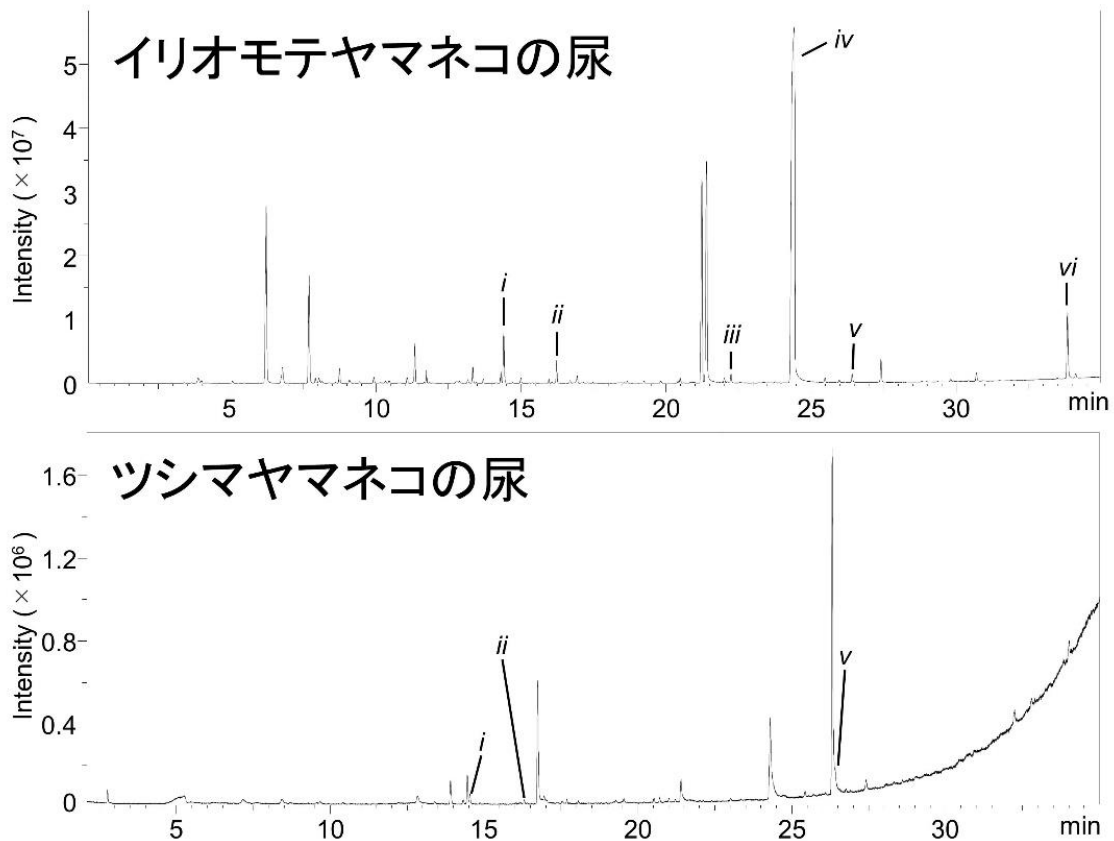


図2. イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの尿から放出される化合物

尿をガラス管に入れ、揮発成分を捕集剤に濃縮し、それをガスクロマトグラフ質量分析計で分析したときの結果。ピークの数、イリオモテヤマネコの方が多。英数字は図3を参照。



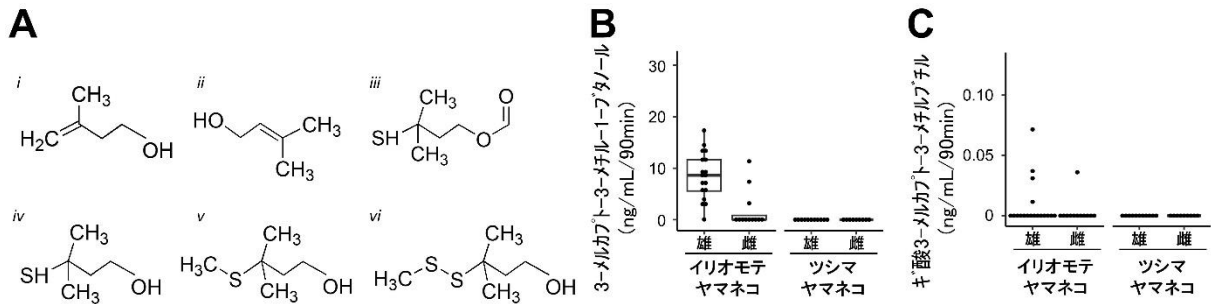


図3. イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの尿から放出している特徴的な化合物の化学構造と今回調べた硫黄化合物の揮発量

(A) 過去の研究でイエネコの尿から見つけていた特異的な化学物質. *iii*) ギ酸3-メルカプト-3-メチルブチル、*iv*) 3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールで、*v*) と *vi*) がその構造類縁体の硫黄化合物。(B) 3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールと(C) ギ酸3-メルカプト-3-メチルブチルの尿揮発量のグラフ。イリオモテヤマネコの雄では3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールとギ酸3-メルカプト-3-メチルブチルの揮発量が他に比べてとても高い。

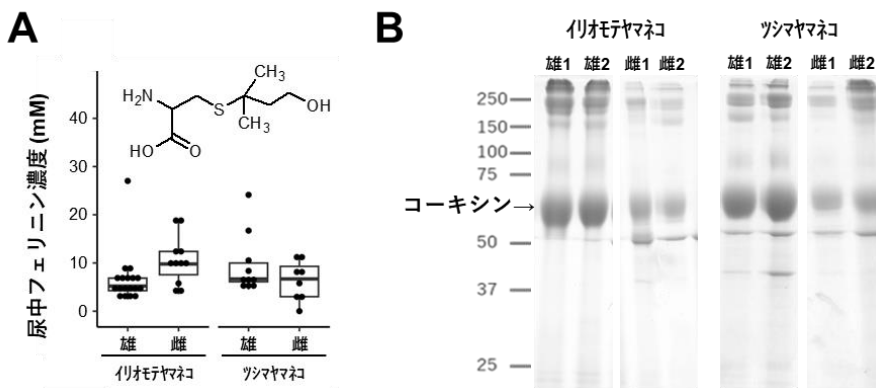


図4. 尿から揮発する硫黄化合物の原料（前駆体）であるフェリニンの尿中排泄量とフェリニンの生産酵素であるコーキシンの尿中排泄量

(A) フェリニンの尿中濃度のグラフ。上はフェリニンの化学構造。ヤマネコ間でフェリニン量に大きな差は無い。(B) イリオモテヤマネコとツシマヤマネコの尿を SDS ポリアクリルアミド電気泳動で分析した結果。分子量 70kDa のコーキシンのバンドが主要な尿中タンパク質である。コーキシンの尿中排泄量に各ヤマネコで性差はなく、ヤマネコ間での種差も見られなかった。



【用語解説】

- 注1 ベンガルヤマネコ (*Prionailurus bengalensis*) : 小型のネコ科動物ですが、イエネコとは異なる属 (ベンガルヤマネコ属) に分類される。英語でレオパードキャットと呼ばれ、ヒョウのような斑模様を持ち、耳介の後方には、白い斑点 (虎耳状斑) が入り、額から首にかけて4~5本の縞模様が見られる。
- 注2 亜種 : 動物分類学上の用語で、同一種であるが、分布域の異なる複数の集団で外部の形態的差異ではっきり区別できるとき、それらに学名をつけることがある。種として独立させるほど大きくないが、変種とするには相違点の多い一群の生物。
- 注3 レッドリスト : 国内に棲息する野生の哺乳類について、絶滅のおそれのある種・亜種を選定して、リストにまとめたもの。絶滅危惧 IA 類 (ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの) には、12 種 (亜種) の哺乳類が選定されていて (2020 年)、その中にイリオモテヤマネコとツシマヤマネコが含まれている。
- 注4 代謝 : 生命の維持活動のために生物が外界から摂取した無機物や有機化学物質を原料として生体内で起こるすべての生化学反応の総称。
- 注5 一時的に捕獲 : イリオモテヤマネコとツシマヤマネコは、環境省と文化庁の許可を得て個体調査の一環として捕獲した。
- 注6 ガスクロマトグラフ質量分析計 : 微量の揮発性の化学物質を分離する装置であるガスクロマトグラフと、化学物質の質量を計測して化学構造を同定する質量分析計を直結させた装置で、個々の揮発性化学物質の分子種と含有量を調べることができる。
- 注7 3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールとギ酸 3-メルカプト-3-メチルブチル : これらの化学物質は、水素化された硫黄 (SH) を末端に持ち、チオールやメルカプタン類とも呼ばれ、特徴的な悪臭をもつ。3-メルカプト-3-メチル-1-ブタノールは、フェリニンの分解物であり、イエネコの尿や糞に含まれることが知られている。ギ酸 3-メルカプト-3-メチルブチルは、白ワイン用ブドウのソーヴィニオン・ブランにもみられカシスの代表的な香り成分の一つであるが、高濃度ではネコの尿を連想させる匂いとなる。
- 注8 フェリニン : 含硫アミノ酸の 1 種。1950 年代にネコの尿中から発見された。イエネコでは、オスネコのフェリニン排泄量は、メスネコより多いが、本研究でどちらのヤマネコでも排泄量に性差は認められなかった。
- 注9 コーキシン : 2003 年に宮崎らがネコの尿より発見したタンパク質。Carboxylesterase like urinary excreted protein の略語だが、日本語の「好奇心」という言葉に由来。イエネコやヤマネコの尿中に高濃度排泄されており、生理的なタンパク尿の原因となっている。フェリニンの生産に酵素として関わっている。
- 注10 カメラトラップ : モーションセンサーや赤外線センサーを用いて野生動物を自動で撮影する設置型のカメラ、およびその手法。
- 注11 嗅覚エンリッチメント : 動物福祉の立場から、飼育動物の幸福な暮らしを実現するために。



掲載誌：*Frontiers in Ecology and Evolution*（日本時間 2023 年 6 月 28 日付け）

論文名：A comparative profile of urinary scent signals of two endangered Japanese populations of leopard cat

著者：Shota Ichizawa, Reiko Uenoyama, Nozomi Nakanishi, Yasuyuki Endo, Ayaka Suka, Masako Izawa, and Masao Miyazaki

DOI 番号：doi:10.3389/fevo.2023.1194611

【共同研究グループ】

岩手大学：宮崎雅雄（農学部 教授）、市沢翔太（総合科学研究科 大学院生）、上野山怜子（大学院連合農学研究科 大学院生）、須賀絢香（総合科学研究科 大学院生）

北九州市立自然史・歴史博物館：伊澤雅子（館長、琉球大学 名誉教授）、中西希（学芸員）

鹿児島大学：遠藤泰之（農学部 教授）

