



愛研技術通信

掲 示 板

法令・告示・通知・最新記事・その他

○ 江戸時代の土木遺構「廻水路」、今では希少魚の重要な生息環境に！

～ 過去の水をめぐる諍いの解決策は、今日の生物多様性保全へ向けた持続可能な解決策となった ～

2024年7月8日九州大学報道発表資料抜粋

国立大学法人九州大学と公益財団法人世界自然保護基金ジャパン（WWFジャパン）は、福岡県で江戸時代に造られた歴史的土木遺構「廻水路」が、希少な淡水魚アリアケギバチの重要な生息環境になっていることを明らかにした研究結果を発表しました。

【 廻水路とは 】

福岡県南部を流れ有明海に注ぐ矢部川は、江戸時代は久留米藩と柳川藩の藩境になっていました。廻水路とは、二つの藩が、水田耕作のために矢部川の水資源を自藩領に引き込むために、競い合って築造した水利施設です（図1）。水資源を巡る諍いの中で造られたものですが、廻水路及びその水利システムの構築は水争いの解決策として機能しました。現在もなお、矢部川流域の農業や地域の暮らしを支えています。そして、ほぼ築造当時の構造や環境が維持されており、地域固有の風景や歴史・文化の象徴でもあります（写真1）。

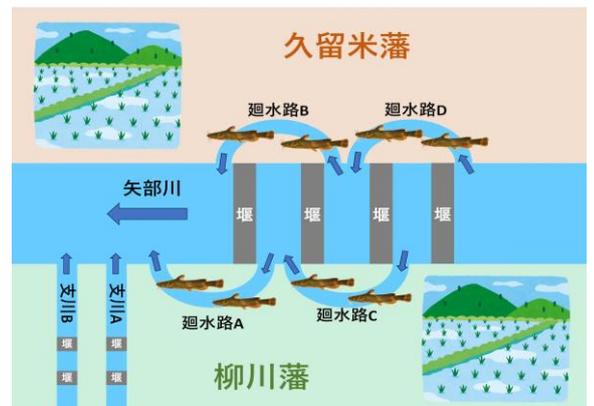


図1 廻水路による水利システム



写真1. 廻水路の景観

【 アリアケギバチとは 】

アリアケギバチは、九州西部に生息する日本固有種でナマズ目ギギ科の淡水魚です(写真2)。環境省レッドリストでは絶滅危惧II類に分類されています。全長は約25cmで、河川の中流域に生息しています。日中は川岸の植物の根の間などで休息し、夜間に水生昆虫や小魚を捕食します。生息環境の変化に弱いため、河川改修などによる生息地の減少や消失が懸念されています。



写真2. アリアケギバチ

【 研究の背景と経緯 】

現在、世界は生物多様性の劣化という大きな危機に直面しています。2022年12月に開催されたCBD COP15（国連生物多様性条約締約国会議）では、生物多様性を回復させる動きである「ネイチャー・ポジティブ」が国際目標となりました。これを実現する手段として自然を活用し、社会課題の解決を目指すNbS（Nature-based Solutions）が注目されています。

一方、日本では古来より地域ごとの特性に合わせた水利施設や水管理手法が発達してきました。これらの歴史的水利施設は、自然由来の素材が使用されるため生態系との親和性が高く、歴史文化的な価値のみならず、NbSとして生物多様性への貢献が期待されています。しかし、それらの歴史的水利施設は経年劣化や激甚化する洪水被害によって徐々に姿を消し、それらが有する有益な機能が明らかにされないまま、利便性や施工のしやすさからコンクリート構造物等による「グレーインフラ」に置き換えられつつあります。この傾向が続けば、歴史や景観等の文化的損失だけではなく、淡水生態系が失われる恐れがあります。共同研究グループは、歴史的水利施設の有する多面的価値について評価し、社会に発信する必要があると考え、本研究の着手に至っています。

【 研究内容と成果 】

本研究では、矢部川流域に存在する7つの廻水路のうち、扇状地流程に属する4つの廻水路と、同地域の2つの支流を対象に、希少魚類であるアリアケギバチ (*Tachysurus aurantiacus*) の生息状

況を調査しました。調査は2022年10月から12月に行われ、廻水路および比較対象となる支流で50mの調査区をそれぞれ5箇所選定し、合計30調査区で定量的な捕獲調査を実施しました。併せて、9つの生息環境要因を測定し、それらのアリアケギバチ個体数への影響について検証しました。

捕獲調査の結果、総計70個体のアリアケギバチが採集されました。70個体中68個体が廻水路で捕獲され、廻水路が同魚種にとって重要な生息地であることが示されました(図2)。さらに統計解析の結果、9つの環境要因のうち「廻水路であること」と「水際によく植生が繁茂していること」がアリアケギバチの分布確率を高めていました。

廻水路は、歴史的には、各藩の農地に水を引き込むための農業用水路として建設されましたが、現在では河川の上流と下流を連続的につなぐ機能を果たしています。この機能は、魚類の回遊を可能にし、河川の生態系のネットワーク維持に貢献しており、アリアケギバチの生息を含む淡水生態系に対しても良い影響を与えていると考えられます。

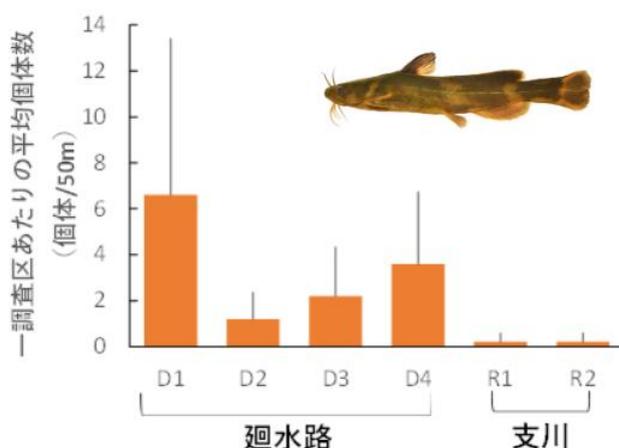


図2. 一調査区あたりで確認されたアリアケギバチの平均個体数。
ほとんどの個体が廻水路で採捕された。

【今後の展開】

本研究により、廻水路が希少種であるアリアケギバチの生息地を提供していることは明らかであり、その生物多様性保全価値が示されました。また、水を巡る諍いの中で築造され、そしてその解決策として活躍した廻水路が、現在では矢部川流域の生物多様性保全を支えているという事実は、人と自然の共生という点において重要な示唆を与えてくれています。

しかし、廻水路の社会的な見通しは楽観的ではありません。石積み護岸の老朽化や豪雨災害による被災により、コンクリート等の代替構造物による改修が進んでいます。これにより生態系機能が劣化し、歴史・文化的な景観も失われる可能性があります。今回の研究成果が廻水路の価値の見直しにつながり、アリアケギバチの生息環境の維持、生物多様性保全、文化的に重要な場所の保全に貢献することを期待しています。

九州大学流域システム工学研究室とWWFジャパンの共同研究グループでは、引き続き生物多様性と地域の歴史・文化との関係性に注目し、ネイチャー・ポジティブで持続可能な社会構築へむけた解決策を提案する研究及び保全活動に力を入れて取り組んでいきます。本研究テーマの続編にご期待ください。

○ その花は都市では咲かない

～ 都市化による雑草の繁殖形質の進化の検証 ～

2024年8月7日千葉大学報道発表資料抜粋

国立環境研究所と千葉大学の研究チームはスベリヒユという雑草を用いた栽培実験を行い、東京の都市部に生育するスベリヒユは花が咲かないような進化を遂げている可能性を示しました。これは、都市部に生育する植物が都市化により進化的な影響を受けていることを示唆し、環境変動下において生物多様性の保全や管理を行う上で重要な知見となります。

【 研究の背景と目的 】

都市化は生物多様性の喪失をもたらす要因として世界中で注目されています。一方、近年、都市化に伴う急激な環境変化が、都市に暮らす生き物の進化を引き起こすことが報告されはじめています。例えば、都市部に生育する植物の葉の色や化学的な特長が、都市周辺の農村に生育するものとは異なり、都市環境に適応進化してきた可能性が報告されています。しかし、都市環境下での植物の適応進化について、葉以外の器官に注目して検証した研究は多くありません。特に繁殖器官である花の適応進化については、これまでほとんど知られていませんでした。本研究では、世界の温帯・熱帯地域に幅広く見られる一年生の雑草であるスベリヒユを対象に、都市化が繁殖形質へおよぼす進化的影響を検証しました。

【 研究手法 】

これまでの研究から、スベリヒユがつける花には通常の花と、花びらが開かずつぼみの状態で自家受粉する完全自殖型の花の2タイプがあることが知られています。前者は開放花（図1(a)）、後者は閉鎖花（図1(b)）と呼ばれています。また、スベリヒユでは多くの場合、1つの個体内ではどちらか一方の花タイプのみをつけることが先行研究から知られています。さらに、どちらの花タイプをつけるかは遺伝的に決定されることが知られています。



図1. スベリヒユの開放花(a)と閉鎖花(b)の写真。

(a)の写真では黄色の花弁（花びら）が開いているのが分かる。(b)の赤矢印で示したのが閉鎖花。つぼみのように見えるが開放花のように花弁が開くことはない。この状態で自家受粉し、種子を生産する。

本研究では、都市と農村に生育するスベリヒユの繁殖に関わる形質が異なっているかどうかを調べるため、東京都市部および周辺地域の農村部に生育するスベリヒユ計 20 集団から種子を採取しました。それらの種子を自殖させ、97 系統を作出したのち、自然光温室内で栽培実験を行いました。

【 研究結果と考察 】

栽培実験の結果、都市部に生育するスベリヒユの多くが閉鎖花のみをつける個体（以下「閉鎖花型」という。）であり、開放花をつける個体（以下「開放花型」という。）は 6% 程度であることが明らかになりました（図 2）。また、閉鎖花型は開放花型に比較して、早熟であることが明らかになりました。発芽してからつぼみができるまでの日数および果実が熟すまでの日数は、閉鎖花型の方が開放花型よりも統計的に有意に短くなっていました。草本種で早熟であることは、乾燥・高温ストレスや踏みつけなど攪乱が厳しい条件下で有利な形質であることが知られています。以上の結果から、東京都市部に生育するスベリヒユは、閉鎖花型へと適応進化している可能性が示唆されました。閉鎖花型への適応進化をもたらした要因としては、都市化に伴って増加した乾燥・高温ストレスや攪乱などが一因として考えられます。

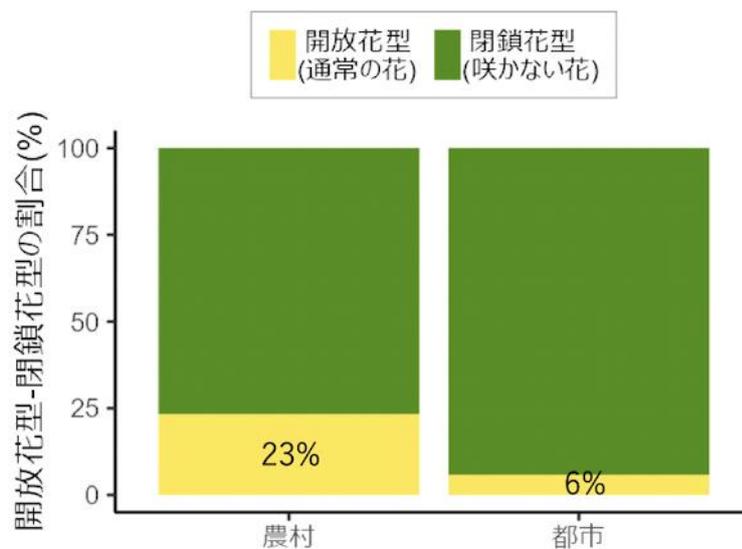


図 2 開放花型と閉鎖花型の割合の比較。

カイ二乗検定による解析の結果、統計的な有意差が確認された ($p < 0.05$)。

【 今後の展望 】

今後は東京以外の都市でも同様の進化が生じているかを明らかにするとともに、このような進化を引き起こした要因について、詳細な検証と分析を進めます。都市化による気温や土壤水分環境の変化といった非生物学的な要因に加えて、送粉者の種類や訪花頻度の変化といった生物学的な要因が閉鎖花型への適応進化を導いた可能性についても検証する必要があります。さらに、他の植物種でも都市化による繁殖形質の適応進化が起きているかを検証する必要があります。これらを明らか

にしていくことは、都市化に伴う環境変動下における生物多様性の保全や管理に重要な情報を提供することになります。

○ 市民の力でハチを保全し、植物を保全する

～ 市民参加型調査のデータを使用したハチの分布と送粉の機能形質の分布推定 ～

2024年6月27日山形大学報道発表資料抜粋

国立研究開発法人国立環境研究所、東北大学、山形大学、東京農工大学、森林総合研究所の研究グループは、日本の代表的な社会性のハチであるマルハナバチ類とニホンミツバチの種数と希少種の分布、送粉の機能形質の分布を推定しました。分布の推定には、東北大学と山形大学が行っている市民参加型調査「花まるマルハナバチ国勢調査」で得られたデータを使用しており、市民の力を借りることによって全国的な保全対策の計画が立てられることを示した研究でもあります。

【 研究の背景と目的 】

現在、ハチは世界的に減少傾向にあると報告されています。日本でも、過去の気候変動（主に気温上昇）や里地里山の管理放棄などにより、マルハナバチ類の分布が縮小した可能性が推定されています。

マルハナバチ類やニホンミツバチは、野生植物や農作物の花粉を運び、実や種子をつける手助けをしている重要な送粉者です。これらのハチが減少すると、これらのハチに送粉を頼っている植物の実や種子が実らず、植物も減少する危険性があります。ハチであればどの植物の花粉でも運ぶというわけではなく、花粉を運んでもらう花と運ぶハチの形や大きさといった特徴（形質）には対応関係があります。そのため、保全対策を計画する際には、ハチの種数や希少種の分布に着目するだけでなく、送粉に重要な影響を与える機能形質の分布も重視すべきだと考えられます。

送粉の機能形質で代表的なものとして口吻（舌）長があり、ハチの種類によって口吻の長さが異なります（図1）。ハチは口吻長と一致した長さの花筒の花を訪れることが多いことが知られています。ハチの種類が多だけでなく、さまざまな長さの口吻を持つハチが生息する場所、つまりハチ群集の口吻長の範囲が広い場所ほど、送粉できる植物の種類が多くなることが期待されます。

そこで本研究では、日本の代表的な社会性のハチであるマルハナバチ類（図1a）13種とニホンミツバチ（図1b）の合計14種を対象に、全国的な分布を推定するモデルを構築し、種数、希少種、送粉の機能形質である口吻長の範囲の分布を推定しました。

【 研究手法 】

まず、日本全国における14種のハチの分布を推定するモデルを構築しました。このモデルでは、ハチがどのような環境（気候や土地利用）の場所に生息しているかを、観測された場所の情報（在データ）と環境条件の地理情報から評価します。分布の推定には、実際にこれら14種の在データが必要ですが、全国的な在データを収集するのは非常に困難を伴います。そこで、本研究では、東北

大学と山形大学が行っている市民参加型調査「花まるマルハナバチ国勢調査」で集められた、2013年から2017年までの全国的な在データを使用しました。また、環境条件は、先行研究でハチの生息条件として重要だと推定された気候や土地利用、地形のデータを用いました。これらのデータから、約1 km×1 kmの格子ごとのマルハナバチ類とニホンミツバチの分布を推定しました。なお、市民参加型調査で集められた在データには空間的な偏り（バイアス）があり、分布を推定する際に問題になりますが、モデル構築の際にバイアスを軽減する手法を用いることで、解決しました。

このように推定された分布をもとに、種数と希少種の分布を推定しました。希少種は、環境省のレッドリストのカテゴリーから、クロマルハナバチ、ナガマルハナバチ、ウスリーマルハナバチ、ホンシュウハイイロマルハナバチ（ハイイロマルハナバチの亜種）としました。また、14種のハチそれぞれの推定された分布と口吻長のデータから、口吻長の範囲を推定しました。

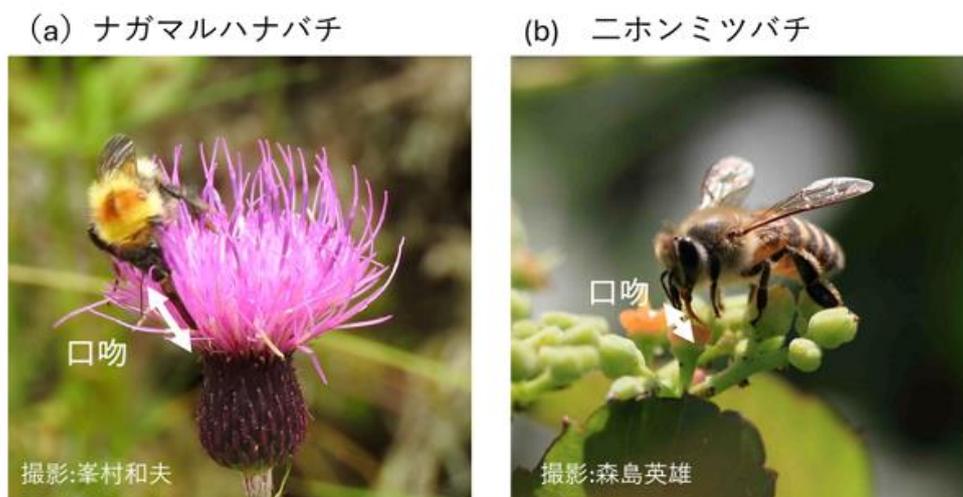


図1. 花を訪れるハチとその口吻。

ハチは、口吻の中にある舌を高速で前後に動かして蜜を集める。口吻が長いほど細長い花から蜜を集めることができる。

(a) 分析対象としたハチ14種の中でも長い口吻を持つ、ナガマルハナバチ。この写真では、細長い筒状の花をもつノアザミを訪れている。

(b) 短い口吻を持つ、ニホンミツバチ。この写真では浅い皿状のヤブカラシの花を訪れている。

【 研究結果と考察 】

モデルにより推定されたハチの種数は、北海道西部で高く、次いで本州中部で高いという結果になりました（図2a）。希少種の分布では、ナガマルハナバチ、ウスリーマルハナバチ、ホンシュウハイイロマルハナバチは本州中部に分布することが推定された一方で（図2b）、クロマルハナバチは低標高域に分布する確率が高いと推定されました。推定された口吻長の範囲は、本州中部で広くなりました。これは、本州中部で生息している希少種のナガマルハナバチの口吻長が長いことが大きく影響していると考えられます。

これらの結果から、種数が多い地域と口吻長の範囲が広い地域とは異なっていることが明らかとなりました（図2a, c）。また、希少種の分布と口吻長の範囲が広い地域とが一致している部分が多

い(図2b, c)ことを考えると、種数が多い地域である北海道西部と口吻長の範囲が広い地域である本州中部は、特に保全対策の重要性が高いと考えられます。北海道西部には、国立公園や国定公園が少なく、先行研究で過去の気候変動(主に気温上昇)の影響により北海道のマルハナバチ類の分布縮小が推定されていることもあり、北海道西部での保全対策をさらに進めていくことが必要になります。

これらは、市民参加型調査のデータを使用して得られた成果であり、市民の力を借りることによって、ハチとハチに花粉を運んでもらう植物の保全に関する、全国的な指針を作ることができることを示しています。

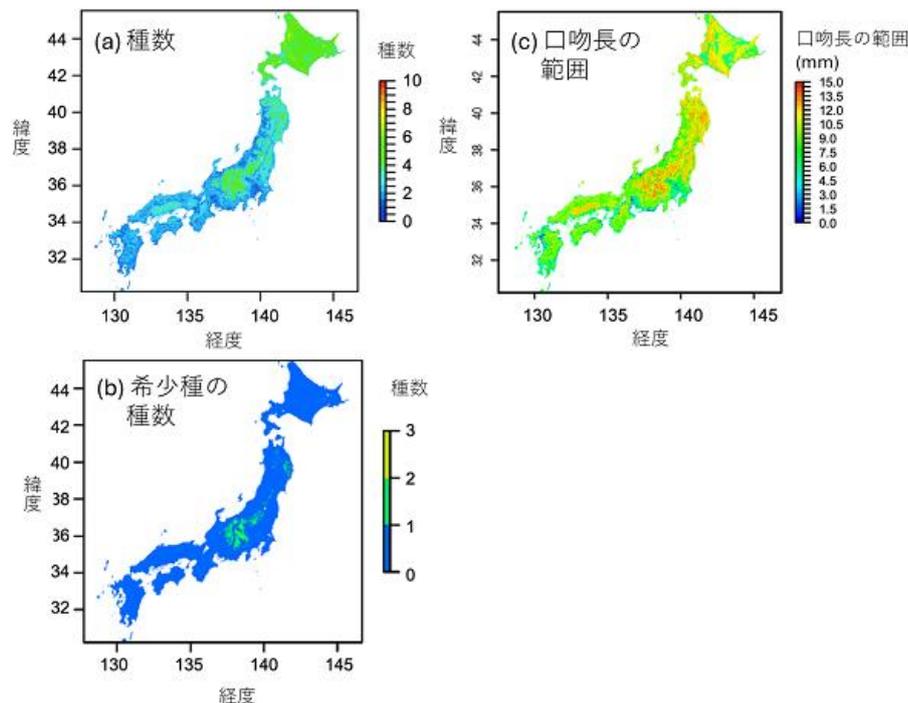


図2. (a)ハチの種数、(b)希少種の種数、(c)口吻長の範囲の分布。

希少種の種数はナガマルハナバチ、ウスリーマルハナバチ、ホンシュウハイイロマルハナバチの3種についての集計値。

【今後の展望】

本研究は、14種のハチ(マルハナバチ類とニホンミツバチ)の全国的な分布を推定し、さらに植物への影響も考慮して、送粉の機能形質の分布も推定した重要な研究です。この分布地図は、種の多様性と機能の多様性の両方を考慮した、保全対策の実施場所の優先順位付けなど、効果的な保全対策の立案のための基礎情報となります。ハチの種数を維持するための保全対策と、機能形質の多様性を維持するための保全対策をどれくらいどのように行うのかなど、地域ごとに適した具体的な保全対策を計画することも可能となります。さらに、今回開発したモデルを使うことで、気候変動の影響による将来の分布変化を予測し、気候変動適応策を検討することもできます。

このようなハチの種の多様性だけでなく、機能の多様性を考慮した保全を行うことで、ハチそのものだけでなく、ハチに送粉を頼る植物の効率的な保全にも寄与することが期待されます。今後

は、ハチが送粉する植物の分布の推定結果も併せ、多様な分類群の包括的な保全対策を計画していくことを目指します。

編集後記

本号で紹介した「花まるマルハナバチ国勢調査」は、東北大学と山形大学の生物多様性の研究者が中心となって、日本国内でのマルハナバチの現状を把握するために立ち上げたプロジェクトです。このプロジェクトは、デジタル技術を活用した市民参加型の自然環境調査です。ハチの写真を撮影してメールで投稿してもらい、AI技術で種類の識別や生息地などの解析を行います。全国規模で調査を行うことで、分布状況や生息範囲などのデータが収集できます。また、多くの人が参加することで、マルハナバチ類保全への関心を高めることにもつながります。

興味のある方は、「花まるマルハナバチ国勢調査」ホームページをご覧ください。 (A.K)

http://hanamaruproject.s1009.xrea.com/hanamaru_project/index.html



上図は「花まるマルハナバチ国勢調査」ホームページより引用



株式会社 愛 研

(<https://ai-ken.co.jp>)

本 社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710

電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641

半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65

電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749

