

島嶼草原の送粉生態系及び絶滅危惧種ヒメツルアズキの
繁殖生態の解明（中間報告）

大阪市立自然史博物館 長谷川匡弘

長崎県

【はじめに】

花と、花粉を運ぶ動物（送粉者）が作る送粉生態ネットワークは、人との関わりも深い重要な生物間ネットワークであるが、近年世界各地で劣化していると考えられている。日本でも例外ではなく、温暖化や、都市化による送粉者の生息地の減少、開花植物の減少、農薬の使用、外来生物による悪影響等の原因で、多くの環境で送粉生態ネットワークが劣化しているのは間違いない。しかし日本では、花を訪れる動物全分類群にわたる網羅的な調査は、ほとんど実施されておらず、過去と比べて、何が減少したのか、どのくらい減少したのかについてはよく分かっていない。すでにネットワークが崩壊しており、多くの開花植物にほとんど昆虫類が訪れないという場所もあり、このような場所では過去の情報が無いため、どのようなネットワークが開花植物と訪花昆虫の間に形成されていたか全く不明である。

また、訪花昆虫に着目すると、マルハナバチ属、ミツバチ属など、分かりやすく、分類が確定している訪花昆虫類はよく調査されており、記録も多い。しかし、花を訪れ、送粉を担うのはこれらの限られた昆虫だけではなく、ハチ目では、ムカシハナバチ科、コハナバチ科、ハキリバチ科、ドロバチ科、クモバチ科、スズメバチ科などいくつもの科に渡る多くの種が花を訪れる事が知られている。ハエ目についてもハナアブ科をはじめとし、クロバエ科、イエバエ科など多くの科が訪花することが知られているが、これらの訪花性昆虫類の訪花記録はほとんど蓄積されていない。これらの昆虫類も含めて送粉生態ネットワークを明らかにしていくには、訪花した植物種を確認した上で採集し、標本にして名前を決めていくという同定作業を行う必要がある。ハエ目、ハチ目の同定ができる専門家も限られており、これまでの送粉生態ネットワークは、目や科にとどまることがほとんどであった。さらに、これらの研究で標本まで残されていることは稀で、遡って標本を確認できる状況にはない。

訪花「量」の記録もない。これまで実施されてきた送粉生態ネットワークの調査では、調査する植物の調査面積はどのくらいか、調査時間はどのくらいか、記録がない事がほとんどである。このため、訪花したかしていないかの 1, 0 データとしてしか扱えず、将来の環境の変化に伴うネットワークの変化を考えるにはデータが不十分である。

送粉生態ネットワークの研究自体は、少ないながら実施されているものの、上記のような問題点がある。本研究ではこのような問題点を解決するために、1) 訪花した全ての昆虫類を記録する、2) 訪花した昆虫類を採集し標本にして保管し、詳細な同定も行う、3) 調査面積、訪花昆虫の調査時間、植物の被度などを記録し、量的なデータを得る、という 3 点に注意して、送粉生態ネットワークの調査を行う。

本研究では、島嶼部の草原環境に着目して、その送粉生態ネットワークを明らかにしよう

というものである。島嶼部の草原環境に着目したのは次のような理由がある。1) 日本では特に草原環境の劣化・減少が著しく、多くの草原性植物が絶滅の危機にある。2) しかし、草原環境での送粉生態ネットワーク調査はほとんど実施されていない。島嶼部での調査も皆無である。3) また、島嶼部では同種とされる植物でも生態的特徴が変化している事が多く、訪花動物も本土とは異なり、特殊な送粉生態ネットワークがある可能性がある。このような理由のため、本研究では、良好な草原環境が残っている長崎県宇久島において送粉生態ネットワーク調査を実施することとした。

本研究の調査地とした宇久島は、ヒメツルアズキ、ヒゴタイのように分布が極限される草原性植物があり、植物の多様性が高いが、大規模なメガソーラー発電所の建設計画があり、実行されれば島内の環境が大きく変貌する。しかも、宇久島ではこれまでまとまった動植物調査が実施されておらず、生態学的調査の必要性・緊急性が非常に高い。特にヒメツルアズキは、日本では福岡県、長崎県のみに分布する植物だが、福岡県では近年確認されておらず、長崎県の福江島、宇久島で確認されるのみとなっており、環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧 IB 類と評価され、絶滅の危険性が非常に高い植物である。宇久島では現在の所、島内の草原周辺の路傍等で見ることにはできるが、メガソーラー発電所の建設計画がある場所と生育地が重なっており、メガソーラー発電所の建設により大幅に減少し、生育環境が悪化する可能性がある。このため、宇久島の草原環境での送粉生態ネットワーク調査に加え、ヒメツルアズキについて、より詳細に送粉生態の調査を行うこととした。

本研究では、1) 消滅の危機にある島嶼草原の開花植物と送粉動物のネットワークを明らかにし、2) その中で特に絶滅の危険性が高いヒメツルアズキの生育状況、繁殖生態を解明する。花とそれを訪れる動物が形作る送粉生態系は世界中で劣化していると考えられ、その解明が急務である。特に島嶼部の草原環境では、特異な送粉動物や植物が知られているにも関わらず、生態学的調査はほとんど実施されていない。本研究では、現状では良好な草原環境が残っているが、メガソーラー発電所建設で大きく環境が変わる長崎県宇久島で、開花植物と訪花昆虫が作るネットワークの網羅的調査を行う。またその中で、特に希少な草原性植物ヒメツルアズキに着目する。

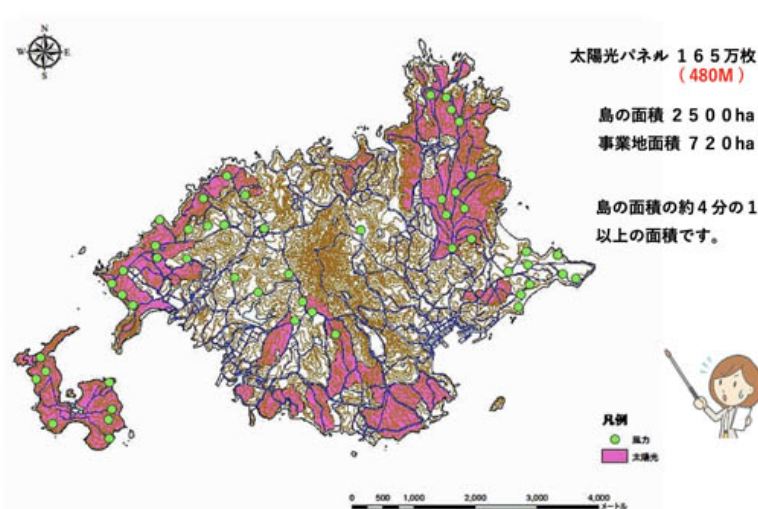


図1 宇久島におけるソーラーパネル等の開発予定地(ピンクの場所)。重要な草原のある島の北部の開発が特に問題である。全国再エネ問題連絡会 HP より <https://saiene-news.com/?p=269>

【研究の準備状況 (2022 年の段階)】

本研究の実施に当たり、ヒメツルアズキ等重要な草原性植物の生息地情報は2022年に既に入手しており、また、調査地に含まれる西海国立公園の特別地域について採取許可を申請済みである（研究開始時に採取許可取得済み）。送粉生態ネットワークの調査は、ハエ・ハチ類の同定が研究を進めるうえで大きな壁となる。しかし、筆者の勤務する大阪市立自然史博物館には、ハチ目の専門家である松本吏樹郎氏が在籍しており、協力を得ることが可能である。専門の同定資料・書籍についても博物館に所蔵されており、また、同定の際に参考にできる多くの標本類が所蔵されている。また、ハエ目に関しても、双翅目談話会が収集・整理した標本類が博物館に蓄積されており、来館する専門家への同定依頼も可能である。

なお、購入を予定しているビデオカメラ等以外の研究に必要な機器は、申請者の勤務する博物館にすでにある。

【調査地】

長崎県佐世保市宇久島とする（図1の赤矢印）。



図2 宇久島の位置。

【調査方法】

本研究では、ヒメツルアズキ等の分布が限られる草原性植物が分布し、今後開発の危機に瀕している長崎県宇久島の特に草原環境に着目して 1) 草原環境を中心として開花植物—訪花動物ネットワーク（送粉生態ネットワーク）を明らかにし、その中でも 2) 最も絶滅の危険性が高いヒメツルアズキの分布・繁殖生態の調査を行う。

調査準備・調査ルートの設定 主要な植物等の情報についてはすでに収集済みである。調査許可関係の手続きも完了した。調査地域は長崎鼻～大浜海岸（国立公園内でメガソーラー発

電所の開発に関しては限定的)、城ヶ岳周辺(国立公園内でメガソーラー発電所の開発に関しては限定的)、野方草原(メガソーラー発電所の開発により大きく変貌すると考えられる)、平原草原～大久保草原(メガソーラー発電所の開発により大きく変貌すると考えられる)の4カ所とした。メガソーラー発電所の開発が限定的な場所は2カ所、メガソーラー発電所の開発により大きく環境が変化すると考えられる場所も2カ所となる。長崎鼻～大浜海岸、野方草原、平原草原は海岸近くで、放牧地やその周辺に草原環境が広がっている場所である(図3)。また、城ヶ岳はスダジイ、タブノキ、キンショクダモ、ハクサンボク等を含む照葉樹の二次林が広がっており、他の3カ所の環境とは異なっている(図4)。図5～8のとおり、選定した調査地に調査ルートを設定した。



図3 左：野方草原、右：平原草原周辺



図4 城ヶ岳周辺。山頂までの道路沿いは照葉樹二次林。ふもとには空き地、田畑が広がるが、このような人為的環境も調査ルートに加えた。



図5 長崎鼻～大浜海岸の調査ルート図



図6 野方草原の調査ルート図

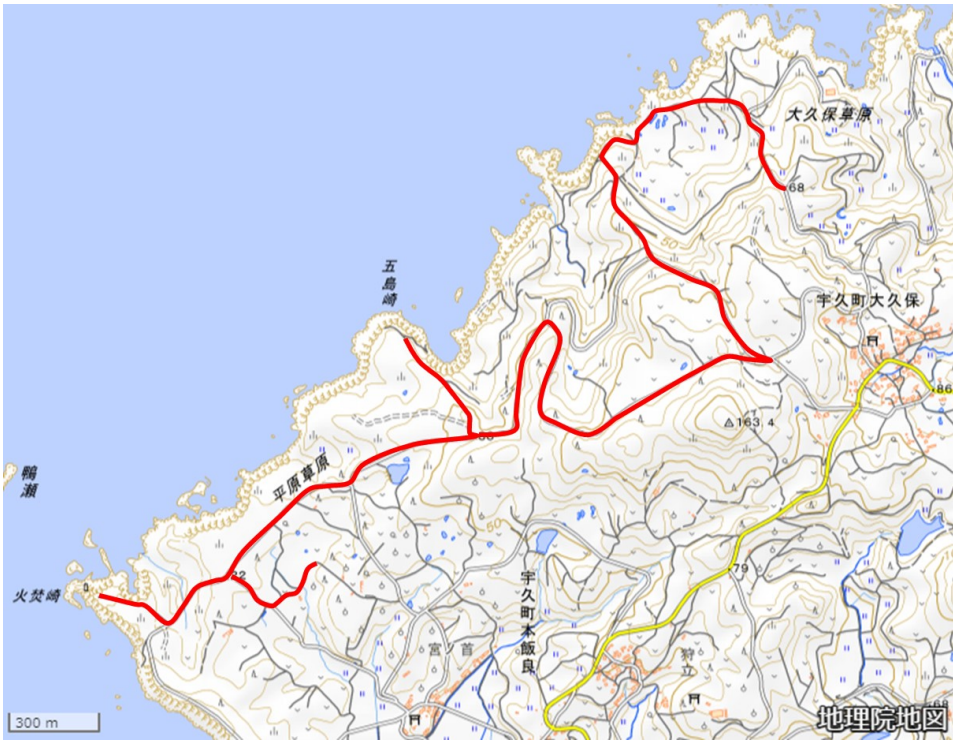


図7 平原草原～大久保草原の調査ルート図



図8 城ヶ岳周辺の調査ルート図

A 送粉生態ネットワーク調査方法 調査時期は1年目に2回(2022年10月11日~14日、2023年5月23~25日)に実施した。秋期及び春期調査に該当する。2年目にさらに4回(6~7月、8月、9月、10月)の計6回を予定しており、春から秋までの季節を網羅できるようにする。なお当初の計画では、2年目は2回の調査で終了の予定であったが、レンタカーを調査に用いておらず、この分の予算を用いて、開花する植物が多い秋期により綿密に調査を実施することとした。Aにおいて設定した調査ルート(図5~8)沿い及びその周辺で調査を実施した。調査時に開花している1m×1m以上の植物群落の前で10分間待ち、花に訪れた動物(主に昆虫類)を記録、採集した。この際に、開花植物側では、開花植物名、調査面積、開花状況、観察開始時刻、終了時刻等を記録した。また、種によっては雄株、雌株、花数等の記録も行った。可能な限り調査した植物種の標本を採集し、さく葉標本とした。動物が訪花した際には、その行動や雄しべ・雌しべに体が触れたか、などについても記録し、送粉者として機能しているかどうかの評価に用いた。1日当たり25~30か所の様々な植物群落で送粉者を記録した。

B ヒメツルアズキの分布・繁殖生態調査 1年目は島内の海岸・草原環境で、ヒメツルアズキの生育状況を把握するために踏査を行った。事前に分布状況の情報を得ていたが、この情報が2008年のものであり、この際の確認位置では多くが確認できなかった。このため、2022年10月11日~14日の期間に改めて、生育に適した環境を再調査した。また予備的にカメラのビデオ機能を用いて、訪花昆虫調査を実施した。確認できたヒメツルアズキの群落(2集団)から果実を採集し、大阪市立自然史博物館の圃場で栽培を行った。現地では、ウシが放牧されていること、草刈りも頻繁に実施されていることから、ヒメツルアズキの繁殖生態調査を長期にわたり実施するのが困難と判断した。このため、繁殖生態を調査するための袋掛けの処理については、この栽培個体を用いて実施する事とした。

2年目には、確認した生育地の中から最も良好な環境を選定し、次の通り、繁殖生態調査を行う予定である。1) 訪花昆虫調査: ヒメツルアズキではこれまでどのような動物が花粉を運んでいるか調査されたことがない。1×1m以上の群落の前で訪れる昆虫類を待ち(ビデオカメラも併用)、訪花した昆虫類、訪花行動を記録する。訪花した昆虫類については一部を採集し、同定に用いるとともに体表についた花粉を確認するとともに付着部位も記録し、適切に送粉がおこなわれているか確認する。2) 繁殖生態調査: 強制自家受粉処理(自身の花粉を人為的に柱頭につける)、強制他花受粉処理(他の株の花粉を人為的に柱頭につける)、袋掛け処理(昆虫が全く来ない状態にする)、自然状態の4つの処理を開花直前のつぼみに対して行い、結実率、結果率を比較し、繁殖がどのように行われているか明らかにする。このうち、強制自家受粉処理、強制他花受粉処理、袋掛け処理については、2022年に採集した種子から栽培した個体を用いて実施する。自然状態の結果率、結実率については、現地の集団を用いる。

C 標本整理・調査結果とりまとめ 採集した植物、昆虫・その他動物の標本を作製し、種名を確定するとともに、Bについては、統計ソフトRを用いて、ネットワーク図を作成して、

ネットワークの中核となる植物、昆虫類を明らかにする。季節を通じてこれらを明らかにすることで、草原の送粉ネットワークの中で特に重要な役割を果たしている種を植物側、動物側の双方から明らかにする。Cのヒメツルアズキについては、生育地および個体数について、地図上で整理し、重要な生育地・生育環境を明らかにする。また、各処理を行った花からできた果実を持ち帰り、形成された種子数、種子重量を計測し、繁殖に送粉者が必要となるかどうか、主要な送粉者は何かを明らかにする。標本の作成、整理、同定は1年目、2年目ともに実施するが、ネットワーク図の作成については、訪花昆虫の同定が完了することが必要となるため、2年目に実施するものとする。ヒメツルアズキの分布状況の整理に関しても、事前に得られたデータに加え、1年目、2年目のデータを追加して、島内の分布状況の整理を行うため、2年目に実施するものとする。

【調査結果及び考察】

A 送粉生態ネットワーク調査

本調査は2022年10月11日～14日および、2023年5月23～25日に実施した。天候の状況を確認しながら調査日を設定したものの、条件の良い日が続かず、調査期間を短縮した調査回もあった。2022年10月の調査では、城ヶ岳周辺、野方草原、平原草原～大久保草原の3カ所を実施した。また、2023年5月の調査では、長崎鼻～大浜海岸、野方草原、平原草原～大久保草原の3カ所を実施した。調査した開花植物は以下の通りである。

秋期（2022年10月11日～14日）

調査地名	調査を実施した開花植物
城ヶ岳周辺	アキノノゲシ、コセンダングサ、ツルソバ、ヌマダイコン、ヤマハッカ、シラヤマギク、ナンテンハギ 以上 7種 8カ所
野方草原	ホソバワダン、オオユウガギク、ハマベノギク、コセンダングサ、ナワシログミ、ツルソバ、イヌタデ、ダルマギク、ハマビワ 以上 9種 26カ所 ※特にホソバワダン、ハマベノギク、ダルマギクは開花量も多く、繰り返し調査を行った。
平原草原～大久保草原	ツルソバ、ナワシログミ、ホソバワダン、ハマベノギク、オオユウガギク、ハマゼリ、ナンテンハギ 以上 7種 25カ所 ※特にホソバワダン、ハマベノギクは開花量も多く、繰り返し調査を行った。

海岸草原では、開花植物種は限られ多くは無かったが、ホソバワダン、ハマベノギク、ダルマギクは生育量も多く、重要な開花植物と考えられた。調査を実施した代表的な開花植物を図9に示した。

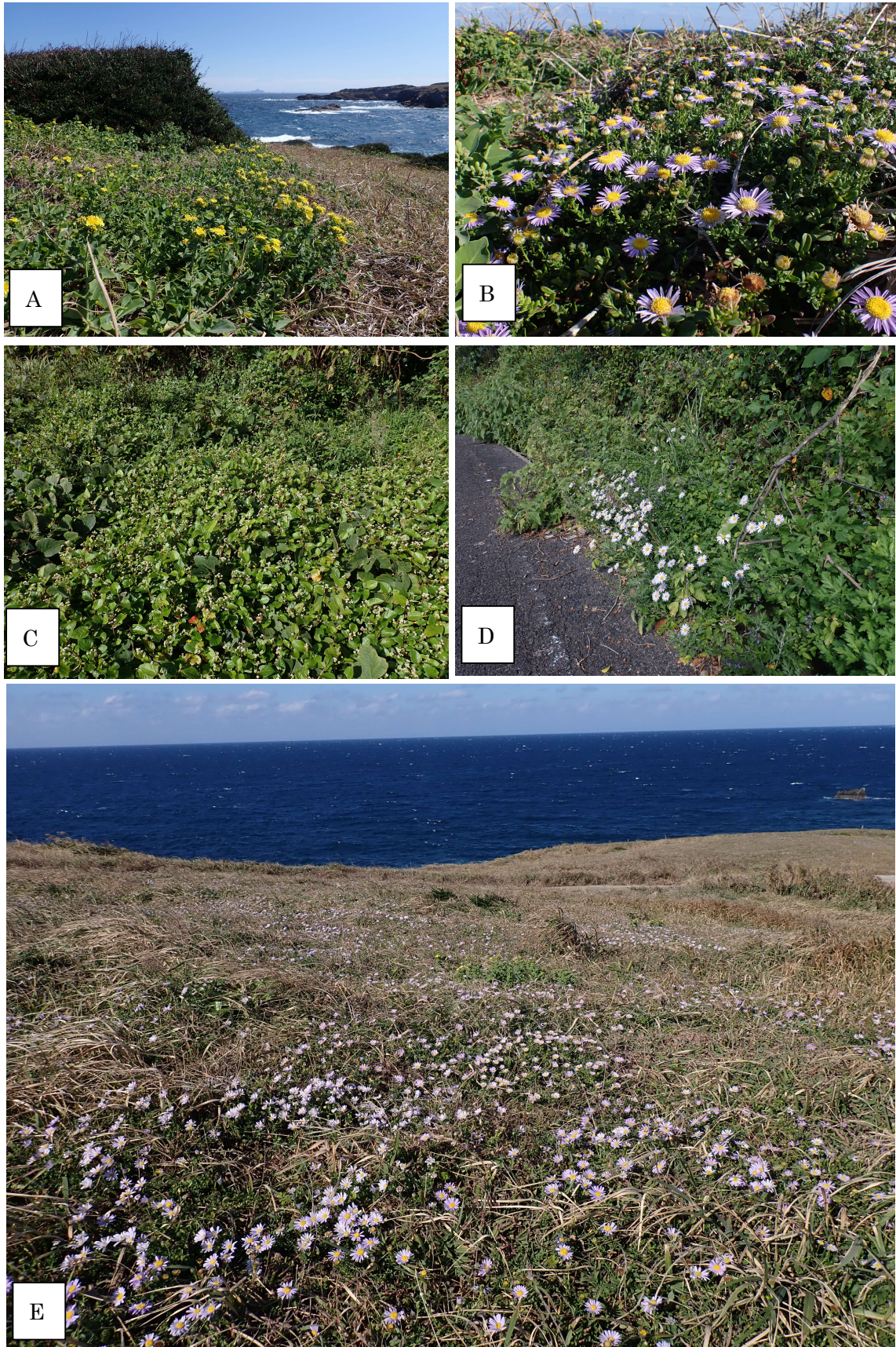


図9 秋期（2022年10月11日～14日）に調査した代表的な開花植物。A:ホソバワダン、B:ハマベノギク、C:ツルソバ、D:オオユウガギク、E: 平原草原の様子。草原一帯にハマベノギクが多く生育しており、一斉に開花している。平原草原のものは特に大きい群落だった。この場所もソーラーパネルの設置が予定されている。

春期（2023年5月23～25日）

調査地名	調査を実施した開花植物
長崎鼻～大浜海岸	セイヨウタンポポ、ノアザミ、シロツメクサ、ハマヒルガオ、ハマウド、ツクシキケマン、ハマダイコン、スイカズラ、ネズミモチ、ミヤコグサ、ボタンボウフウ、テリハノイバラ、ハマボウフウ 以上 13種 30カ所
野方草原	ハマナデシコ、ボタンボウフウ、ノアザミ、ネズミモチ、ハゼノキ、スイカズラ 以上 6種 8カ所 ※荒天となり十分な調査はできなかった。
平原草原～大久保草原	テリハノイバラ、ミヤコグサ、ノアザミ、ハマナデシコ、ツクシキケマン、スイカズラ、シロツメクサ、ハゼノキ、ハマダイコン、ネズミモチ 以上 10種 30カ所 ※特にテリハノイバラ、ノアザミは開花量も多く、繰り返し調査を行った。

春期はテリハノイバラ、ノアザミ、ミヤコグサ、ハマウドが特に海岸草原に多く見られ、これらの植物種での訪花昆虫調査が多くなった。主要な開花植物を図10に示した。このうち、ハマダイコンは赤紫色が強く、株の上部で細かく枝を分ける個体が多く見られ、特徴的な集団である。また、海岸草原のノアザミは極めて丈が低く、葉に光沢の強い株が多かった。これらの植物は本土とはやや形態的に異なっており、より詳細に調査を行う必要がある。

訪花昆虫は、秋期にはムカシハナバチ科の昆虫が特にキク科に多く訪花していた。現在同定中の昆虫類も多く、ネットワーク図はまだ描けてはいないが、特に個体数の多いアシプトムカシハナバチが海岸草原の開花植物-訪花昆虫のネットワークの中心的な存在になりうると考えられる。また野方草原において、オウカンヒゲナガハナバチ *Eucera (Tetralonia) yoshihiroii* (ミツバチ科) のハマベノギクへの訪花を確認することができた(図11)。本種は2022年に記載された種であり、これまで京都府、福岡県、熊本県、鹿児島県で確認されている。長崎県からは記録が無かったが、今回の調査における記録が初めてのものとなる。オウカンヒゲナガハナバチはこれまで、同様に秋に出現するヒゲナガハナバチの仲間であるミツクリヒゲナガハナバチと混同されていたが、2022年に公表された論文において新種とされた。このため分布情報も少なく、生態的情報もほとんど無い。ただ、これまで記録されている場所は良好な海岸環境が残されていることが多く、キク科植物に好んで訪花することが知られている。今回確認された野方草原は、良好な海岸環境が残されており、ハマベノギク、ホソバワダンなどのキク科植物も非常に豊富である。現在、この種の生息状況や生態情報がほとんど無い中では、このような環境を広く保全していくことが重要だと考えている。

春期調査では、海岸の開花植物の多くにニッポンヒゲナガハナバチが訪れていた(図12)。本土では、海岸にはシロスジヒゲナガハナバチが多く生息しており、里山でニッポンヒゲナガハナバチが多くなるが、宇久島ではシロスジヒゲナガハナバチは確認されず、全域にニッポンヒゲナガハナバチが生息しているようだ。春期に開花する主要な花上で確認されており、

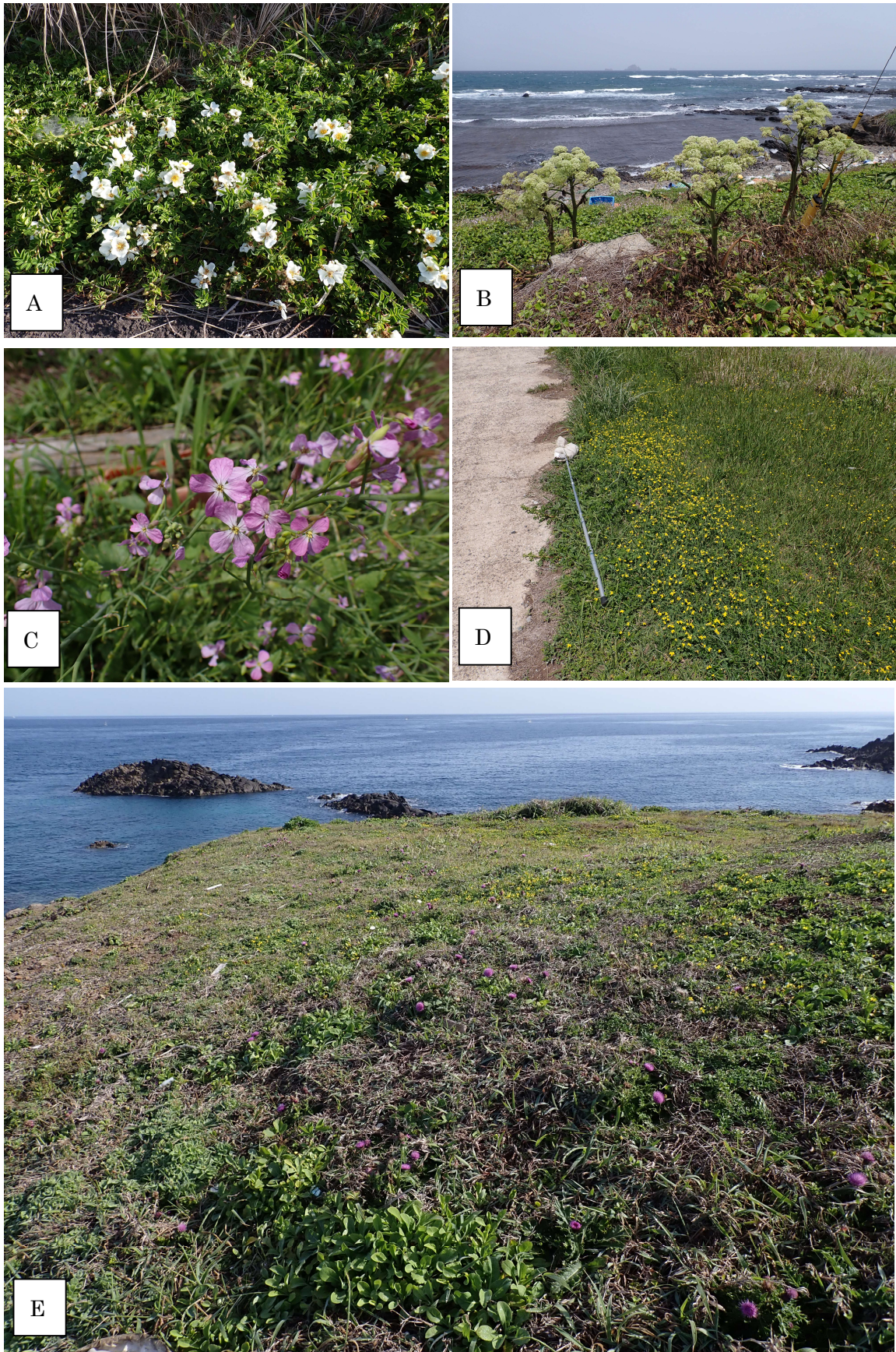


図9 春期（2023年5月23～25日）に調査した代表的な開花植物。A:テリハノイバラ、B:ハマウド、C:ハマダイコン、D:ミヤコグサ、E: 平原草原の様子。草原一带に丈の低くなったノアザミが多く見られた。葉の光沢が強く、海岸の厳しい環境のためか丈が非常に低いものがほとんどである。

個体数も非常に多く、ネットワークの中心的な存在であると考えられる。この他、ニホンミツバチ、コマルハナバチも確認されたが、海岸草原での確認数は少なかった。

ハナアブ類、その他のハエ目は多くの種が秋期、春期ともに確認されたが、現在同定作業中である。特に個体数が多いのはホソヒラタアブ、ツマグロキンバエ、クロバエ科の一種であった。これらは本土でも普通に確認される種であるが、海岸草原の植物の送粉に大きく寄与している可能性がある。今後、同定作業を進めていき、ネットワーク図を用いて評価を行う予定である。



図 11 秋期の海岸草原における主要な訪花昆虫。A：ハマベノギクに来たアシブトムシハナバチ（ムカシハナバチ科）、B：ハマベノギクで花粉を集めるオウカンヒゲナガハナバチ（ミツバチ科）の雌。2022年に記載されたばかりの種で、詳しい分布状況、生態等は明らかになっていない。これまでのところ、野花草原でのみ確認されている。C：オウカンヒゲナガハナバチの生息環境。良好な海岸環境が保たれている。

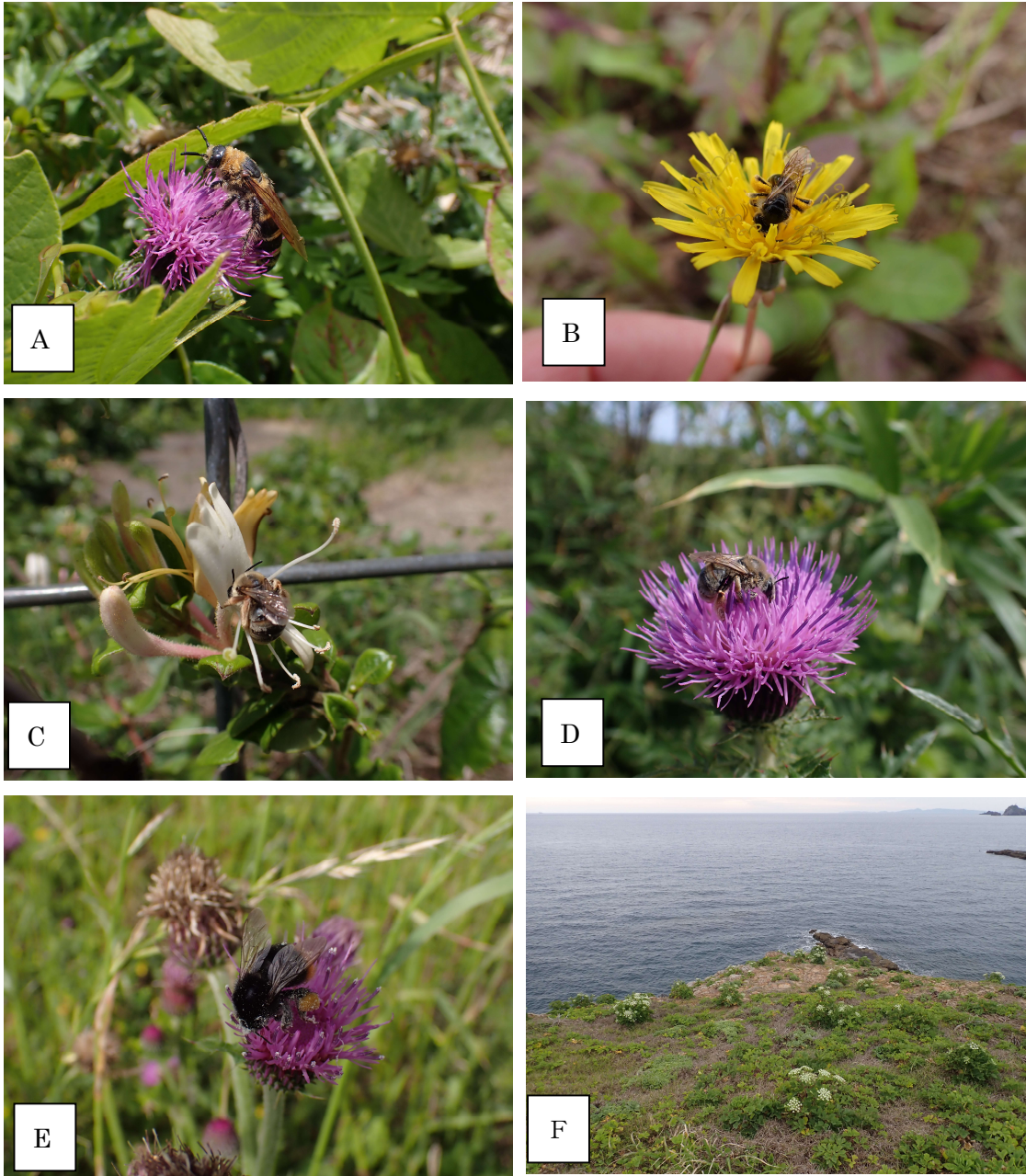


図 12 春期の海岸草原における主要な訪花昆虫。A：ノアザミに来たアシブトムカシハナバチ(ムカシハナバチ科)、B：セイヨウタンポポで花粉を集めるキバナヒメハナバチの雌。C：スイカズラで吸蜜するニッポンヒゲナガハナバチ。D：ノアザミで吸蜜するニッピオンヒゲナガハナバチ。E：ノアザミに来たコマルハナバチ。F：ボタンボウフウが開花する野方草原。花上にはコアオハナムグリ、ハナムグリが多い。

B ヒメツルアズキの分布・繁殖生態調査

2022年はず、宇久島内においてヒメツルアズキ（図14）の分布調査を行った。事前に得た佐世保市のレッドデータブック作成の際の調査では、属島の寺島を含め8カ所で確認されていた。10月に再調査を行った結果、このうち確認できたのは3カ所のみであった。確認できなかった5カ所では、周囲の草丈が非常に高くなっており、ヒメツルアズキの生育に適さない状況となっていた。確認できた3カ所でもヒメツルアズキの個体数は多くなかった。

新たに確認できた生育地も2カ所あった（図13）。これらの生育地では多くの個体が確認でき、10月では結実・種子散布をしている個体も見られた。開花後半ではあったが、まとまって開花している場所を選択し、タイムラプス撮影（1秒間に1回シャッターが切れる状態にして撮影を実施）を行った（合計で18時間撮影）。撮影したタイムラプス動画は、まだ解析途中だが、バラハキリバチの訪花を確認できている。

草原環境の悪化とともにヒメツルアズキの生育状況も悪化しているものの、現在はまだ島内の各草原で確認することは可能である。ただし、1) 1年性草本のため、生育地に関しても年変動は大きく、島内での個体群を維持するにはいくつもの生育環境が必要であると考えられること、2) 佐世保市レッドデータブックに係る調査（2006～2009年頃実施）のときよりも草原環境は明らかに悪化しているとの情報も得ていること、3) 現在の生育地の多くがソーラーパネルの設置予定場所となっていること等から、島内集団の健全な個体群の維持を考えた場合、楽観できる状況ではないと考えられる。

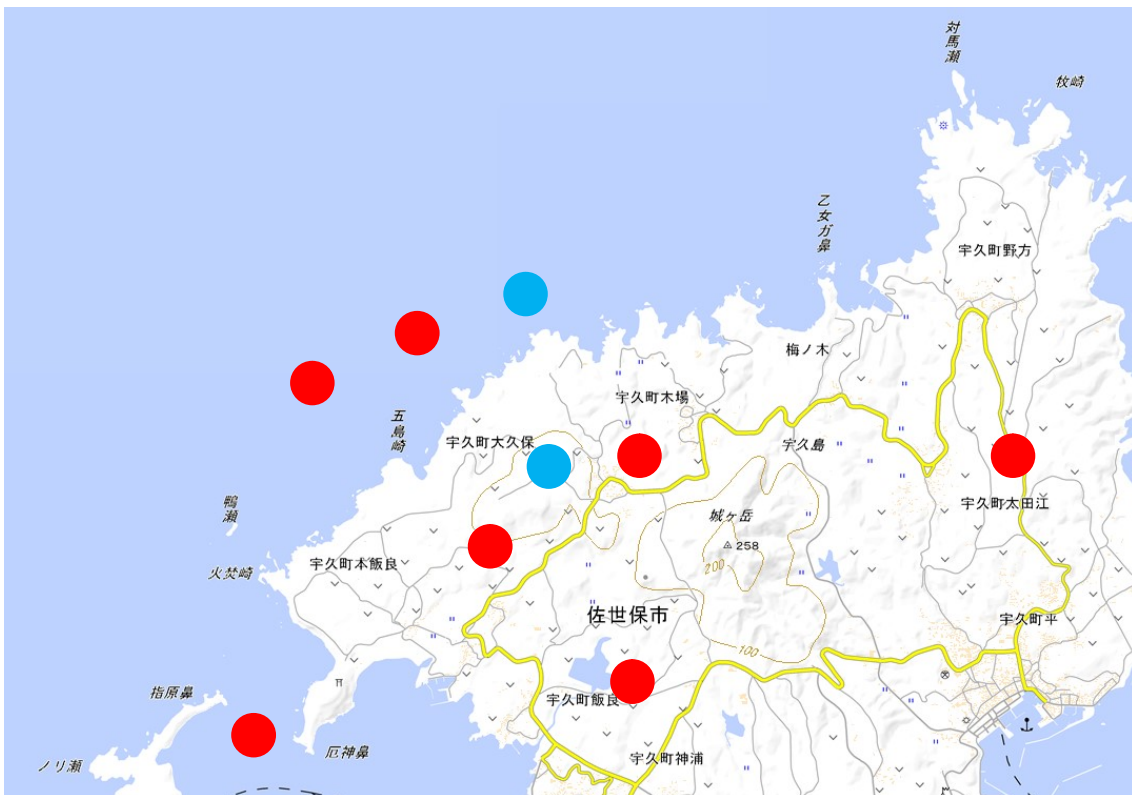


図13 ヒメツルアズキの分布状況（2022年調査結果）。赤丸はこれまで知られていた生育地。多くの場所で生育に適さない状況になっているものの、新たな生育地も確認された（水色）。



図 14 ヒメツルアズキ。左：花、右：葉

生育を確認した個体数の大きい集団より、いくつか果実を回収し、大阪市立自然史博物館の圃場において栽培を行った（図 15）。生育は良好で、6月下旬には小さい花芽も掲載されているのを確認した。今後、8月から9月にかけて開花した花に対して、強制自家受粉処理（自身の花粉を人為的に柱頭につける）、強制他花受粉処理（他の株の花粉を人為的に柱頭につける）、袋掛け処理（昆虫が全く来ない状態にする）を行い、結実の有無を確認する予定である。また、9月から10月にかけては、現地でヒメツルアズキへの訪花昆虫調査を行い、自然状態での結果率、結実率を確認する予定である。

C 標本整理・調査結果とりまとめ

採集した植物に関しては既に標本化を終えており、今後博物館の標本として登録作業を行う。採集した訪花昆虫に関しては、2022 年秋期調査分に関しては、標本化し同定を進めている段階である。ハチ目の同定はほぼ終了しているが、ハエ目は専門家の確認が必要な標本が複数有り、今後、交尾期等体の微形態の精査が必要なものも含まれている。これらの標本については、今年度12月から2月にかけて専門家に依頼し、同定をしていただく予定である。