

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12257

研究課題名（和文）湿地生態系の保全にむけた送粉昆虫群集とその機能の多地点比較

研究課題名（英文）Multi-site comparison in communities and functions of pollinator insects toward conservation of wetland ecosystems

研究代表者

保坂 哲朗（Hosaka, Tetsuro）

広島大学・先進理工系科学研究科（国）・准教授

研究者番号：50626190

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、島根県および広島県の自然湿地を対象に湿地性植物の送粉昆虫相に関する網羅的な調査を行った。その結果、訪花昆虫において膜翅目が優占する森林や草地とは異なり、湿地では双翅目が最も多く、双翅目に依存する植物種も多いことがわかった。一方、観察された訪花昆虫の大部分は非湿地依存種であり、林縁に近いほど訪花昆虫の頻度が高いことが示された。この結果は湿地の訪花昆虫の多くは湿地周辺の森林や草地から飛来している可能性を示唆しており、湿地性植物の送粉者の保全には周辺環境の保全も重要であることが考えられた。また、インターバル撮影調査によって、いくつかの植物種は夜間の蛾が重要な送粉昆虫であることも示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

湿地生態系は重要な生態系サービスを有する一方で、世界的にも、国内でも劣化・減少の著しい生態系である。湿地特有の環境に適した湿地性植物には多くの希少種が含まれ、これらの保全は喫緊の課題である。しかし、湿地性植物の生態、特に送粉様式は未解明な部分が多く、どのような昆虫が重要な送粉者かも十分に分かっていなかった。本研究の数多くの湿地や植物種を対象とした調査により、湿地の送粉昆虫の群集構造や湿地環境による違いなどが明らかになった。また、湿地性植物の送粉者の保全には湿地周辺の環境保全も重要であることが明らかになった。これらの知見は送粉ネットワークを考慮した湿地生態系の保全において重要である。

研究成果の概要（英文）：We conducted extensive pollinator surveys on plants species in natural wetlands in Shimane and Hiroshima prefectures. We found that flies were dominant pollinators and many plant species are depending on flies in wetlands, unlike forests and grasslands where bees are dominant. We also found that many observed pollinators were not wetland-dependent species and their frequency was higher around forest edge. This implies that many wetland pollinators were coming from forests and grasslands surrounding the wetland, and environments surrounding the wetland are also important for conservation of the pollinators. Also, our camera trapping with interval shooting revealed that moths at night were important pollinators for some of the wetland species.

研究分野：送粉生態学

キーワード：植物 昆虫相互作用 送粉生態学 湿地生態系 生物多様性保全

1. 研究開始当初の背景

湿地は、水域と陸域の接点にあり、淡水や海水によって一時的もしくは恒常的に覆われる低地である。湿地は、その特殊な環境に適応した多くの固有な動植物の生息・生育地となっており、水質や水量の調節、炭素の吸収・貯留など重要な生態系サービスを提供している。しかし、人的開発行為や保全管理の不足、地球温暖化や外来種の侵入に伴う環境の変化などにより、世界的に減少・劣化の著しい生態系でもある。現在、国内でも多くの湿地性生物が絶滅の危機に瀕しており、生物多様性保全上極めて重要な生態系である（環境省 2017）。

湿地に生育する植物は湿地生態系の骨格となる生物群である。したがって、健全な湿地生態系の維持には湿地性植物の多様性保全が重要となる。しかし、湿地性植物の保全に欠かせない彼らの生態に関する情報は限られており、繁殖において重要な送粉過程については、送粉昆虫相など基本的な情報でさえ乏しい状況である。

国内の湿地性植物の送粉昆虫相に関する比較的まとまった研究として、Kato & Miura (1996) がある。この研究は福井県の中池見湿地を対象として、生育する 64 種の植物を対象に直接観察によって訪花昆虫相を調べたもので、森林生態系と比べてハナバチ類が少なく、ハナアブやクロバエなど水生・半水生の幼虫時代を送る双翅目昆虫が多いことなど、湿地にはユニークな送粉昆虫群集が存在することを報告した。また、鈴木ら (2008) は岩手県の春小谷地湿原でも同様の傾向がみられたことを報告している。一方で、これらの研究ではマルハナバチのように湿地周辺の林に営巣し、採餌のために湿地に飛来する種も多くみられることも言及しており、周辺環境によって送粉昆虫相が変わることが示唆されている。そうであるなら、湿地周辺の環境は湿地性植物の繁殖成功を左右する要因であると考えられる。

一方、先行研究では、湿地性植物について送粉・結実成功などの調査は行われておらず、ハナアブとマルハナバチのどちらが送粉者として重要か、などは評価されていない。また、夜間調査は全くなされておらず、蛾類など夜行性の送粉昆虫の重要性は明らかになってない。さらに、単独の湿地のみを対象としているため、湿地内外の環境（湿地サイズや周囲景観など）が送粉昆虫群集に与える影響は未検証である。本研究では、このような課題を踏まえつつ、湿地性植物の重要な送粉者をつきとめ、湿地環境の送粉ネットワークへの影響を明らかにすることで、湿地送粉ネットワークの保全を考慮した湿地生態系管理手法の提案を目指す。

2. 研究の目的

以下を本研究の具体的な目的とする（太字は特に着目するリサーチクエッション）。

湿地性植物の送粉昆虫群集の解明（夜行性のものも含む）

中国山地の湿地でも双翅目が優占し、彼らの好む皿形花や短花筒花が卓越するか？

各昆虫グループの送粉者としての相対的重要度の評価

双翅目昆虫とハナバチ類はどちらが湿地性植物の送粉に貢献しているのか？

湿地環境が送粉昆虫群集に及ぼす影響の検証

湿地面積が小さいと双翅目昆虫が、周辺の自然林が少ないとハナバチ類が減少するか？

湿地環境の差による送粉昆虫群集の違いが植物の送粉成功率に及ぼす影響の検証

同種の植物でも送粉昆虫群集が異なる湿地間では、送粉成功率が異なるか？

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、以下のように研究を実施する（図 1）。広島・島根県には赤名湿地（島根県飯南町）、淀原湿地（島根県邑南町）、八幡湿原（広島県北広島町）など多くの湿地が点在しており、これらの湿地群を調査対象地とする。

送粉昆虫群集の解明

赤名湿地など比較的保全状態の良い湿地において、4 月～10 月にかけて 2 週間に 1 度ミツガシワやサギソウなど希少種を含む多様な湿地性植物の送粉昆虫群集調査を行う。開花植物を含む 1 × 3m のコドラートを設定し、15 分間に見られた全ての訪花昆虫（雌蕊もしくは雄蕊に接触したもの）を捕獲する。調査時間は 7:00～17:00 とし、午前と午後の両方で調査を行う。また、同時にインターバル撮影が可能なデジタルカメラを対象とする花に向けて設置し、2 分間隔で約 1 日半自動撮影を行う。昆虫は標本もしくは画像に基づいて可能な限り種を同定し、各昆虫種の訪花頻度を算出する。また、各植物種について花の開花量や形質（大きさ、形、色など）を測定し、訪花昆虫組成との関係性を解析する。

送粉者重要度の評価

各訪花昆虫の送粉者としての相対的な重要性を評価するために、得られた訪花昆虫標本を用いて、体表に付着している花粉数を実体顕微鏡下で計数する（方法は日下ら (2016) などを参照）。そして体表付着花粉数の平均値に昆虫種の訪花頻度を掛け合わせて送粉者重要度指数を算出し、相対的な送粉者重要度の評価を行う。

湿地環境が送粉昆虫群集に及ぼす影響の検証

多様な環境の約 20 の湿地群を対象とし、現地調査および GIS などを用いて湿地のサイズや地形、

他の湿地からの最短距離、湿地内および湿地周辺の土地利用（自然林、人工林、草地、住宅地の面積など）についてデータ化する。また、湿地管理者に対して聞き取りを行い、草刈りや除伐などの管理の内容や頻度について調査を行う。一方で、各湿地にトランセクトを設け、1ヶ月に1度各トランセクト上の開花植物と訪花昆虫について、調査を行う。これらのデータに基づいて、各湿地における訪花昆虫の群集構造が湿地環境によってどのように変化するのかを統計モデルを用いて解析する。

送粉昆虫群集の違いが送粉成功率に及ぼす影響の検証

湿地により主要な送粉昆虫が異なる植物 3-5 種について、開花後柱頭を採取し、柱頭に付着した花粉数を計数する。また、いくつかの個体をマーク・モニタリングし、結実率（果実数/開花数）を計測する。柱頭花粉数および結実率を送粉成功率の指標とし、それぞれの湿地の送粉昆虫群集組成とどのように関係するのかを統計モデルを用いて解析する。

4. 研究成果

湿地性植物の送粉昆虫群集の解明（夜行性のもも含む）

訪花昆虫群集の解明を目的とし、島根県赤名湿地（2.5ha）の植物 34 種における訪花昆虫相と、それらの訪花頻度と花形質の関係を調べた。その結果、日中の直接観察では、161 種 49 科に属する 978 個体の訪花昆虫が捕獲された。既存研究と同様に、湿地の訪花昆虫としては双翅目が最も多く（42%）、次いで膜翅目（33%）が多かった。クラスター分析の結果、34 種の植物のうち 14 種が双翅目優占型であり、最も多かった。一方、双翅目・膜翅目で優占するハナアブ類とハナバチ類の 80% 以上は、非湿地依存種であり、周囲の森林などから飛来した可能性がある。双翅目は皿状で黄色や白色の花を、ハナバチ類は筒状で青紫色の花を訪れる傾向が見られた。湿地で双翅目が優占するのは、双翅目が好む花（黄色や白色の花など）が優占するためであると考えられた。

日中と夜間を含めたインターバル撮影では、合計 142,939 枚撮影し、1191 個体の訪花昆虫が確認された。これらのうち、夜間に撮影された枚数は 79 枚であり、撮影で確認された全個体の 7% 以下であった。日中は、双翅目と膜翅目など多様な分類群が訪花する一方で、夜間はガ類と双翅目（ガガンボ類）が中心であった（**図 1**）。多くの植物は日中の訪花昆虫の撮影頻度が高かったが、ヒメシロネなど 3 種は 50% 以上が夜間の昆虫であった。一方、タヌキモ属 2 種は、日中・夜間ともに訪花昆虫が確認されなかった。赤名湿地では、夜間は、日中と比べて群集レベルでの訪花頻度はかなり低いものの、日中とは異なる訪花昆虫が見られ、これらにもっぱら依存する植物も確認された。湿地生態系においても、夜間の送粉昆虫の重要性も考慮する必要があると考えられる。

図 1 . インターバル撮影によって観察された日中と夜間の送粉昆虫



各昆虫グループの送粉者としての相対的重要度の評価

上記調査で得られた昆虫サンプルの体表花粉数を調査したところ、双翅目昆虫よりもハナバチ類の方が数倍～数十倍多くの花粉を付着していた。したがって、花粉を運ぶ量としては、ハナバチ類の方が優れていると考えられる。しかし、同種多個体の花粉をどれくらい運搬しているのか、など送粉貢献度を測るにはより詳細な研究が必要である。

湿地環境が送粉昆虫群集に及ぼす影響の検証

2021 年 5～10 月の日中に、北広島町八幡湿原の 34 地点の湿地において各 1-3 本のトランセクト（1.5m × 10m）を設置し、訪花昆虫の捕獲調査を行った。その結果、双翅目が優占する湿地が最も多かったが（13 地点）、アリ科を除く膜翅目（8）や鞘翅目（6）、アリ科（6）、鱗翅目（1）が優占する湿地もあった。双翅目の訪花頻度は二次林や農地草地に比べて人工林に囲まれた湿地において有意に低く（**図 2A**）、また湿地面積や開花数と正の相関があった。人工林は花が少ないため訪花性双翅目の密度が低いことや、面積の小さい湿地は幼虫期を水中で過ごす湿地性の双翅目が減少することが要因であると考えられる。膜翅目の訪花頻度は、周辺植生の違い（**図 2B**）や湿地面積、開花数の影響は見られなかった。鞘翅目の訪花頻度は湿地面積と負の相関があり、小さい湿地ほど多く見られた。また、双翅目、膜翅目、鞘翅目、アリ科のすべての分類群において、林縁から近いほど訪花頻度が有意に高まった。これは、湿地周辺の森林に生息する訪花昆虫が林縁近くの植物の重要な訪花昆虫であり、1つの湿地内でも林縁からの距離によって訪花昆虫の頻度や種が異なる可能性を示唆している。以上のように、湿地内外の環境によって湿地内の訪花

昆虫群集が大きく異なることが明らかになった。湿地生態系の保全を考える上で周辺植生の影響も考慮する必要がある。

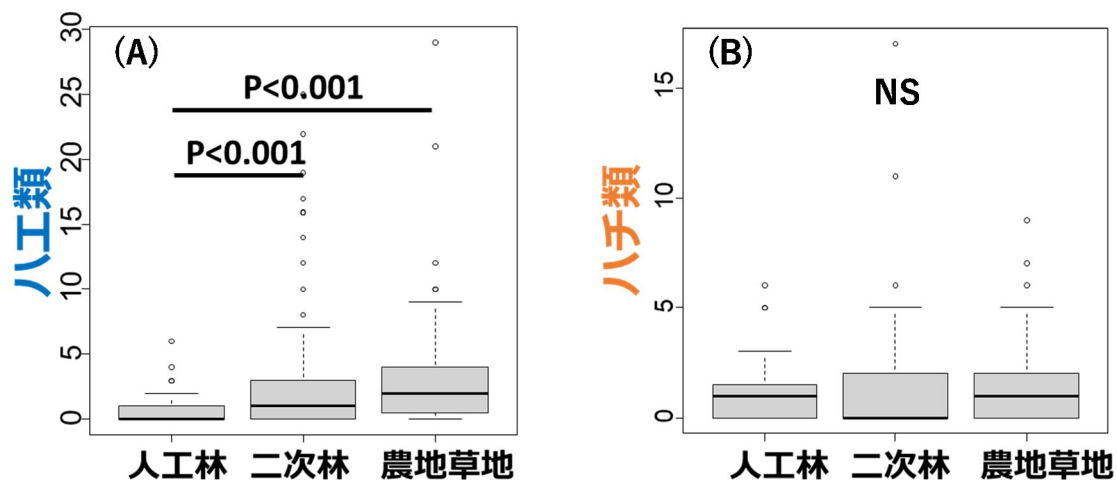


図 2 . 周辺環境 (人工林、二次林、農地草地) が異なる湿地における双翅目 (A: ハエ類) および膜翅目 (B: ハチ類) の訪花個体数

湿地環境の差による送粉昆虫群集の違いが植物の送粉成功度に及ぼす影響の検証
上記調査を行なった湿地 34 地点でレンゲツツジなどの柱頭のサンプリングを行った。今後、柱頭附着花粉数の計数などの調査を行う予定である。

これらの研究成果は第 67 回 ~ 70 回の日本生態学会大会、第 52 回種生物学シンポジウム、生物系三学会中国四国地区合同大会徳島大会などで発表を行った。また、現在投稿論文を準備中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡津友博, 平岩将良, 井上雅仁, 三島秀夫, 丑丸敦史, 保坂哲朗
2. 発表標題 訪花昆虫調査法としてのインターバル撮影の有効性の検証 - 直接観察との比較から -
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡津友博, 保坂哲朗, 井上雅仁, 三島秀夫, 丑丸敦史
2. 発表標題 島根県赤名湿地における訪花昆虫群集と送粉シンドローム
3. 学会等名 第52回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡津友博, 保坂哲朗, 平岩将良, 井上雅仁, 三島秀夫, 丑丸敦史
2. 発表標題 直接観察とインターバル撮影カメラを用いた島根県赤名湿地における訪花昆虫群集の解明
3. 学会等名 日本生態学会第68回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡津 友博, 丑丸 敦史, 保坂 哲朗
2. 発表標題 湿地環境が湿性植物の訪花昆虫群集に与える影響：広島県八幡湿地群34地点の比較から
3. 学会等名 日本生態学会第70回全国大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	丑丸 敦史 (Ushimaru Atsushi) (70399327)	神戸大学・人間発達環境学研究科・教授 (14501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------