

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26290073

研究課題名(和文) 外来生物の侵入による海洋島送粉生態系のレジームシフトとその進化・生態的影響

研究課題名(英文) Regime shift and ecological and evolutionary implications of pollination system caused by invasive alien species in the oceanic islands

研究代表者

加藤 英寿 (Kato, Hidetoshi)

首都大学東京・理工学研究科・助教

研究者番号：50305413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：小笠原諸島では、グリーンアノールやセイヨウミツバチなどの外来種の侵入により、在来の訪花昆虫が減少し外来の訪花昆虫が優占する送粉系攪乱が生じている。本研究ではシマザクラなどの小笠原在来植物種を対象として、外来種の侵入状況が異なる島間で、訪花昆虫相や繁殖成功、成木及び種子集団の遺伝的多様性などを調べた。その結果、外来種の侵入が著しい父島や母島では、外来種の少ない兄島や蟹島に比べて、特に昼行性昆虫の総訪花頻度が著しく低く、結果率も有意に低下していた。一方、シマザクラにおいて、成木及び種子集団の遺伝的多様性や自殖率に島間での差は見られなかったことから、進化的な影響については確認することが出来なかった。

研究成果の概要(英文)：In the Ogasawara Islands, the invasion of the alien species, such as green anole and honeybee, have been led the pollination disturbances in native plant communities. In this study, we compared the pollinators' fauna, reproductive success and genetic diversity of mature plants and their seeds of *Leptopetalum grayi* among some Islands with different invasion situation. The number of native diurnal flower visitors in Chichijima and Hahajima were fewer than in Anijima and Mukojima Island. In addition, fruit set rate in Chichijima was also significantly lower than in Mukojima Island. On the other hand, there was no significant difference in genetic diversity of their adult plants and seeds in both islands. These indicate the pollination disturbance in Chichijima Island have negative effects on the reproductive success. However, it was not confirmed that genetic diversity has been affected by pollination disturbance in Chichijima Island yet.

研究分野：植物系統分類学

キーワード：送粉生態系 小笠原諸島 外来種 訪花昆虫 遺伝構造

1. 研究開始当初の背景

小笠原諸島は「生物進化の過程を示す顕著な見本」としての生態系の価値が評価され、2011年6月に世界自然遺産に登録された。しかし現状は様々な侵略的外来種が蔓延り、深刻な影響をもたらしている。例えば小笠原諸島の送粉生態系ネットワークは、グリーンアノールなどの外来動物の捕食により在来送粉昆虫の多くが急速に減少・絶滅するとともに、外来のセイヨウミツバチが高頻度で訪花するなど、大きく変貌しつつある。

これまで申請者らは、小笠原諸島における固有維管束植物の繁殖様式や遺伝的多様性などに関する研究を進めてきた。繁殖様式の研究では小笠原の植物に様々な性表現が確認され、遺伝的多様性研究では、多くの固有植物種内に複雑な遺伝構造(遺伝的変異が空間的に不均一に分布していること)の存在が明らかになった。

小笠原で多様な性表現が見られる理由として、ミツバチのような行動範囲の広い社会性ハナバチが本来生息せず、行動範囲の狭い単独性小型ハナバチ類が主要な送粉者であったことから、隣家受粉による近親交配のリスクを減らすために性分化した植物が多いのではないかという仮説が提唱されている。また遺伝構造に関しても、花粉や種子の移動範囲が狭い可能性も考えられる。これらの因果関係はまだ不明であるが、海洋島の生物多様性がどのように創出・維持されているかを理解する上で、植物とその花粉媒介者である昆虫との相互関係は重要なキーの1つである。

2. 研究の目的

このような送粉生態系のレジームシフトが動植物の繁殖や進化に及ぼす影響を明らかにすることは、海洋島生態系の保全・管理計画を策定・遂行する上で重要なことである。本研究の目的は、(1)在来送粉昆虫の減少・絶滅による在来植物の繁殖への影響、(2)外来昆虫の在来植物への訪花による繁殖や集団遺伝構造への影響を評価することである。

3. 研究の方法

外来種の侵入が著しい有人島(父・母島)と外来種が少ない無人島(智島など)また最近になってグリーンアノールの侵入が確認された兄島(無人島)を調査地として、共通して生育する在来植物種を対象種として、以下の調査を実施した。

(1)各島における訪花昆虫の種構成と訪花頻度を比較するため、防水デジタルカメラを用いてヒメフトモモ・アカテツ・シマザクラなどの花のインターバル撮影を昼夜行った。またシマザクラに関しては繁殖状況を比較するため、島間での結果率を調査した。

(2)訪花昆虫の違いが植物の繁殖や遺伝構造にもたらす影響を調べるため、成木集団及び在来小型ハナバチと外来セイヨウミツバチの体表に付着した花粉または結実した種

子の花粉親を特定し、自殖率や花粉の移動距離を推定した。この解析により、訪花昆虫相の違いが在来植物の自殖率や空間的遺伝構造に影響を及ぼす可能性を検証した。

また研究開始当初の計画には無かったが、2017年に南硫黄島自然環境調査が10年ぶりに実施されることになり、研究代表者の加藤が現地調査に参加する機会を得た。南硫黄島は今も手つかずの自然が残り、小笠原諸島の他の島に比べて非常に新しい時代(10数万年前)に形成された島であることから、海洋島における訪花者ネットワーク形成の初期過程を探る手がかりが得られることが期待された。そこで開花中の植物種を対象として、インターバル撮影による訪花昆虫調査を実施した。

4. 研究成果

(1)訪花昆虫相及び植物の繁殖状況

ヒメフトモモとアカテツにはそれぞれ50種を超える多様な訪花者が確認されたが、島によって訪花者の種構成と頻度は大きく異なっていた。ヒメフトモモは早朝に開花し、智島では在来の小型ハナバチ類とハエ類が多数訪花していたのに対して、父島では在来小型ハナバチ類の訪花は全く見られず、代わりにセイヨウミツバチが頻繁に訪花していた。また、在来の昆虫相が残存する兄島においても、在来ハナバチ類よりも高い頻度でセイヨウミツバチが訪花していた。一方、アカテツは夕方に開花し、いずれの島でもハエやカミキリモドキ・ガなどの夜行性昆虫が頻繁に訪花した。さらに智島では昼行性のハエ・ハナアブ類なども高頻度で訪花した。両植物種とも夜間よりも昼間の訪花者相が島間で大きく異なり、これは夜行性昆虫が昼行性のグリーンアノールの捕食圧を受けにくいことによると考えられる。そのため、昼行性昆虫に送受粉を強く依存する植物種は、グリーンアノールやセイヨウミツバチによる送粉系攪乱の影響をより強く受けやすいと推察される。

シマザクラでは10種以上の訪花昆虫が確認され、ヒメフトモモと同様に智島では在来昆虫が高頻度で訪花していた。父島では全体的に訪花頻度が低く、智島では確認されなかったセイヨウミツバチがその6割以上を占めていた。また、智島と父島で共通して、小笠原固有種のオガサワラクマバチがシマザクラに訪花していた。クマバチはグリーンアノールに捕食されにくいいため、父島でもかなり残存しているようである。シマザクラの結果率は、智島に比べて父島の方が有意に低く、これは訪花頻度の低さによるものと推察された。

なお、2013年にグリーンアノールの侵入が確認された兄島では、環境省や東京都によるアノールの駆除と拡散防止対策が功を奏し、在来の訪花昆虫相はまだ健全な状態で残存していた。またセイヨウミツバチも兄島に侵

入していたが、これら3種の植物への訪花頻度は在来昆虫に比べて非常に低かった。

(2) 遺伝的多様性及び遺伝構造への影響

シマザクラについて、髯島と父島における成木・種子集団の遺伝的多様性及び遺伝構造を調べた結果、各島における対立遺伝子多様度やヘテロ接合度などのパラメーターに島間で有意差は見られなかった。

また、種子の花粉親を特定した結果、自殖率が両島とも約40%で有意差は無かった。島内で包括的なサンプリングが出来なかったため、花粉の移動距離を推定することは出来なかったが、行動範囲の広いオガサワラクマバチが両島で訪花していたことから、送粉系攪乱が個体間の遺伝子流動や稚樹の遺伝的多様性に与える影響は現時点では小さいと思われる。但し、送粉系攪乱により父島における結果率の低下が今後も続く場合、長期的には遺伝的多様性や遺伝構造に影響が出る可能性もある。

兄島においてシマザクラに訪花していた在来ハナバチ類とセイヨウミツバチの体表に付着していた花粉をサンプリングすることができたが、現時点ではまだ遺伝子型の特定

(3) 南硫黄島における訪花者ネットワーク

2017年6月に実施された南硫黄島自然環境調査において、海岸部で開花していたオムナグサ・クサトベラ・ハマボスと標高500m以上の山域で開花していたノボタンとシマクマタケラン(イオウクマタケラン)の花のインターバル撮影を実施した。その結果、オムナグサでは夜間にガ類が最も高頻度で訪花し、次いでハエ類の訪花が多く見られた。それ以外の植物種は、ハエ類の訪花が最も多く、ハチ類の訪花は非常に少ない傾向が見られた。観察した植物種や時期は非常に限られるものの、髯島調査でもハエ類の訪花頻度が多かったことから、海洋島の訪花者ネットワークにおいては、ハエ類が最も主要な訪花者である可能性が高いと推定された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

津田優一・中濱直之・加藤英寿・井鷲裕司(印刷中) 送粉系攪乱が小笠原固有植物シマザクラの繁殖成功と遺伝的多様性に与える影響. 保全生態学研究

Watanabe, K, Kato H, Kuraya E, and Sugawara T (2017) Pollination and reproduction of *Psychotria homalosperma*, an endangered distylous tree endemic to the oceanic Bonin (Ogasawara) Islands, Japan. *Plant Species Biology* 33: 16-27. DOI: 10.1111/1442-1984.12183)

Gallaher T., Callmender MW, Buerki S, Setsuko S and Keeley (2016) Navigating the

'broad freeway': ocean currents and inland isolation drive diversification in the *Pandanus tectorius* complex (Pandanaeae). *Journal of Biogeography* 44: 1598-1611. DOI 10.1111/jbi.12933

Ojeda AP, Hilsdorf AWS, Leite AC, Yang AA, Izuno A, He C, Zhou C, Kyogoku D, Caneppele D, Zhu D, de Fonseca FS, Yin H, Kato H, Vilar JA, Li J, Peng J, Arima K, Zhu L, Yefeng LV, Tian M, Di N, Nakahama N, Li S, Wang W, Song W, Liu W, Liu X, Han X, Pan Y, Su Y, Tsuda Y, Isagi Y, Li Y, Zhuang Z, Bai Z, Zhou Z (2016) Microsatellite records for volume 8, issue 4. *Conservation Genetics Resources*, 8: 587-594. DOI 10.1007/s12686-016-0635-7

辻村美鶴・清水晃・苅部治紀・大林隆司・村上勇樹・村上哲明・加藤英寿(2016) 外来種による小笠原在来植物の送粉系攪乱. 小笠原研究 42: 23-64.

<https://ci.nii.ac.jp/naid/120005768000/>

加藤英寿・谷島麻美・藤田卓・村上哲明(2016) 日本産アカテツ属植物の花の性表現. 小笠原研究 42: 9-21.

<https://ci.nii.ac.jp/naid/120005768001>

Suzuki S, Ohtani M, Sugai K, Nagamitsu T, Kato H, Yashimaru H (2016) Genetic variation of pantropical *Terminalia catappa* plants with sea-drifted seeds in the Bonin Islands: Suggestions for transplantation guidelines. *Plant Species Biology*. DOI: 10.1111/1442-1984.12121

[学会発表](計14件)

内貴章世・加藤英寿・邑田仁・東馬哲雄(2018) シマザクラ属(アカネ科)の系統分類. 日本植物分類学会第17回大会(2018年3月8-10日、金沢)

山下由美・堤千絵・高山浩司・川口大朗・加藤英寿・遊川知久(2018) 小笠原諸島のエビネ属の実体と起源. 日本植物分類学会第17回大会(2018年3月8-10日、金沢)

堤千絵・加藤英寿(2018) 小笠原諸島のラン科の実体と起源の解明(予報). 日本植物分類学会第17回大会(2018年3月8-10日、金沢)

高山浩司・加藤英寿・川口大朗・堤千絵・山下由美・遊川知久(2018) 南硫黄島のラン科植物相. 日本植物分類学会第17回大会(2018年3月8-10日、金沢)

津田優一・加藤英寿・井鷲裕司(2016) 小笠原諸島における送粉生態系攪乱が固有種シマザクラの繁殖成功と遺伝的特徴に与える影響-対照的な2島の比較解析-. 日本生態学会第63回大会(2016年3月21-24日、仙台)

村上勇樹・辻村美鶴・加藤英寿・林文男(2016) 孤島におけるオガサワラヤモリの訪花行動. 日本生態学会第63回大会(2016年3月21-24日、仙台)

鈴木節子・須貝杏子・加藤英寿・吉丸博志
(2016) タコノキの遺伝構造からみる小笠原
群島と硫黄列島の関係．日本生態学会第 63
回大会 (2016 年 3 月 21-24 日、仙台)

成田智史・鈴木節子・加藤英寿・井鷲裕司
(2016) ゲノムワイド SNP を用いた小笠原諸
島ムラサキシキブ属の種分化における遺伝
的背景の解明．日本生態学会第 63 回大会
(2016 年 3 月 21-24 日、仙台)

辻村美鶴・村上哲明・加藤英寿 (2016) 外
来種による小笠原在来植物の送粉系攪乱．日
本植物分類学会第 15 回大会 (2016 年 3 月 6-8
日、富山)

鈴木節子・大谷雅人・須貝杏子・永光輝義・
加藤英寿・吉丸博志 (2015) 広域分布種モモ
タマナの小笠原諸島における遺伝的多様性
と遺伝構造．日本森林学会第 126 回大会 (2015
年 3 月 18-22 日、北海道)

鈴木節子・須貝杏子・永光輝義・葉山佳代・
加藤英寿 (2015) 小笠原諸島母島におけるオ
オバシマムラサキの複雑な遺伝構造と植栽
計画への提言．日本生態学会第 62 回大会
(2015 年 3 月 18-22 日、鹿児島)

遊川知久・山下由美・川口大朗・高山浩司・
新田竜斗・村上哲明・加藤英寿 (2015) 小笠
原産固有種ヒメフトモモにおける種内倍数
性と形態的多様性．日本植物分類学会第 14
回大会 (2015 年 3 月 5-9 日、福島)

須貝杏子・鈴木節子・永光輝義・加藤英寿
(2015) 小笠原諸島におけるアカテツとコバ
ノアカテツの葉形変異と遺伝構造．日本植物
分類学会第 14 回大会 (2015 年 3 月 5-9 日、
福島)

Sugai K, Suzuki S, Nagamitsu T, Murakami
N, Kato H, and Yoshimaru H (2014) Genetic
and ecological differentiation in
Elaeocarpus photiniifolia
(Elaeocarpaceae) associated with dry
scrubs and mesic forests in the Bonin
(Ogasawara) Islands. Island Biology 2014
(July 7-11, 2014, Honolulu, Hawaii, USA)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 英寿 (KATO, Hidetoshi)

首都大学東京・大学院理工学研究科・助教
研究者番号：5 0 3 0 5 4 1 3

(2) 研究分担者

安部 哲人 (ABE, Tetsuto)

国立研究開発法人森林総合研究所・九州支
所・主任研究員

研究者番号：0 0 3 5 3 5 5 8

山本 節子 (YAMAMOTO, Setsuko)

(鈴木節子)

国立研究開発法人森林総合研究所・森林遺
伝研究領域・主任研究員

研究者番号：7 0 4 5 6 6 2 2