

ISSN 2432-0943

自然保護助成基金 助成成果報告書

自然保護助成基金設立 25 周年特別記念号

島の自然環境についての基礎調査



2019 年 4 月

公益財団法人 自然保護助成基金

目 次

自然保護助成基金設立 25 周年特別記念号の発行に当たって	i
島嶼の自然環境の基礎調査の重要性	ii
本書に掲載されている研究報告書の写真資料	v

第 27 期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成

特定テーマ助成「島の自然環境についての基礎調査」

男女群島における海洋生物の多様性に関する基礎調査	3
--------------------------------	---

新垣誠司・NiNiWin・渡慶次睦範・大澤祐美子・堀田 拓・濱崎智美・金子 楓・光永直史・竹垣 毅・深見裕伸・奥裕太郎・James Davis Reimer・喜瀬浩輝・櫛田優花・Catherine S McFadden・宮野鉄平（男女群島海洋生物調査団）

御蔵島のミクラミヤマクワガタと鳥類は健在か	13
-----------------------------	----

岡 奈理子・荒谷邦雄・小木万布（山階鳥類研究所御蔵島の希少動物保全研究グループ）

底生動物からみた琉球列島の生物地理区分：とくに吐噶喇列島における 底生動物相調査とその遺伝構造解析	23
--	----

東城幸治・竹中將起・谷野宏樹（信州大学系統進化・系統地理学研究室）

大東諸島における海洋島生物多様性保全のためのピロウを中心とする 固有生態系の解明	37
---	----

伊澤雅子・傳田哲郎・佐々木健志・安部慶一郎・小林 峻・吉田拓海（大東諸島生物相研究グループ）

大隈諸島（含上三島）の昆虫相の解明とその成立史に関する分子遺伝学的 アプローチ	53
--	----

荒谷邦雄・細谷忠嗣・杉本美華・三島達也・竹原 周・加藤大智・御代川 涼・鄔 亜嬌・駒形 森（希少昆虫調査研究会）

自然移入した喜界島のモズ個体群の消長と基礎的生態	63
--------------------------------	----

濱尾章二・山本 裕・鳥飼久裕・伊地知 告・吉川 翠（喜界島鳥類研究グループ）

リュウキュウアカショウビンの巣内共生昆虫相の解明	73
--------------------------------	----

那須義次・村濱史郎・松室裕之・上田恵介（鳥類巣内共生系研究会）

島嶼性ブナ北限北海道奥尻島における冬季積雪環境が植物の背腹性に与える 影響調査	83
--	----

北村系子（国立研究開発法人森林総合研究所北海道支所森林育成研究グループ）

小笠原諸島石門湿性高木林における森林動態と維管束植物多様性基礎調査	93
---	----

阿部 真・安部哲人（石門森林研究グループ）

トカラ列島の現生サンゴ礁および完新世隆起サンゴ礁の環境調査	99
田中健太郎・本郷宙軌・岨 康輝・藤井琢磨（トカラ列島サンゴ礁合同調査グループ）	
東京島嶼における鳥類の繁殖分布調査	113
佐藤 望・植田睦之・守屋年史・藤田 薫・上田恵介（特定非営利活動法人バードリサーチ 伊豆諸島研究グループ）	
隠岐諸島固有の生物群集が創出する森林構造と生態系サービスの解明	123
藤巻玲路・久保満佐子・山下多聞（島根大学森林生態環境学研究グループ）	
伊豆諸島における大型土壌動物の特性解明と外来種影響に関する調査	135
岸本年郎・初芝伸吾（伊豆諸島土壌動物研究グループ）	
沖縄諸島のトカゲモドキ個体群の健全性評価	147
栗田隆気・戸田 守・前之園唯史（島の爬虫両生類保全研究チーム）	
対馬下島における残された生物多様性ホットスポットの探索と希少植物種の 分布調査	159
鈴木浩司・中西弘樹・山本武能（対馬植物研究会）	
噴火の影響を受け続ける口永良部島の自然調査	167
金井賢一・池 俊人・久保紘史郎（「人と共に生きる鹿児島島の自然遺産」収集保存事業グループ）	
伊豆諸島の地下生菌はいつ、どこからやってきたのか—海洋島の大型菌類の 多様性解明と保全に向けた基礎的研究	181
折原貴道・山本航平・大場由美子・阿部晴恵（島嶼菌類研究グループ）	

自然保護助成基金設立 25 周年特別記念号の発行に当たって

当財団は 1993 年の設立以来一貫して“プロ・ナトゥーラ” (“Pro Natura”, 「自然のために」) をモットーに、自然環境と生物多様性の保全を目的とした国内外の調査・研究や活動を支援するための助成事業を行ってきました。その事業は、(1) プロ・ナトゥーラ・ファンド助成（研究助成、活動助成、海外助成、出版助成、特定テーマ助成）、(2) ナショナル・トラスト活動助成、(3) 協力型助成、(4) 緊急助成など多岐にわたっています。

2016 年度からプロ・ナトゥーラ・ファンド助成の中に新たに設けた「特定テーマ助成」のカテゴリーでは、初年度は「島の自然環境についての基礎調査」をテーマに公募を行いました。これには 50 件を超える多数の応募をいただき、選考の結果 17 件のプロジェクトが採択されて 2 年間の助成が実施され、大変貴重な成果をあげていただきました。この度財団設立 25 周年に当たり、これら貴重な調査・研究の成果を当財団の助成成果報告書の特別号として出版し広く公開することにしたしました。

日本は北海道、本州、四国、九州、沖縄とこれらを取りまく 6,800 を超える島々から成っていますが、特にアクセスが容易でない離島には貴重な生物と自然環境が残されています。しかし、これらの島々の生物と自然環境に関する調査・研究はまだ十分に行われていません。ここに報告されている貴重な成果が離島の自然保護に貢献すると共に、その他の島々を含む島嶼における自然保護にも役立つことを期待いたします。

理事長 有 賀 祐 勝

島嶼の自然環境の基礎調査の重要性

日本は、本土とされる5島（北海道、本州、四国、九州、沖縄）を含め、6,852の島で構成されています（海上保安庁1987）。日本において島としてカウントできるものは、1) 周囲が0.1 km以上あり、2) 何らかの形で本土と繋がっている島については、橋や防波堤より幅が広くつながっていて本土と一体化しているようなもの以外であり、3) 埋め立て地以外であること、の3点の条件を満たしたもので、これらの条件を満たした「島」が日本には6,852島もあるのです（日本海洋データセンター1987）。これだけ多くの島を有しているにもかかわらず、島嶼の生物多様性を対象とした研究は比較的新しく、先行研究が少ないのが現状です。交通アクセスが悪く、辿り着くには高額の旅費がかかる場所も多いので、自然環境についての基礎的な調査が十分に行われていない場所が未だ数多く存在しているのです。

国連環境計画（UNEP）によれば、島嶼地域は、「人間による開発、破壊行為に対して脆弱な固有の動植物群に恵まれて」おり、そして「地球規模の変化に対して最も脆弱で悪影響を受けやすい地理的特性を有して」います（Dahl 1991）。人間による開発や破壊行為、そして気候変動など地球規模の変化に影響を受ける前に、それぞれの島において自然環境に関する基礎調査を行い、自然の価値を評価することは、非常に重要であり、緊急性が高いといえます。

そこで、当財団は2016年度よりプロ・ナトゥーラ・ファンド助成の中に「特定テーマ助成」というカテゴリーを新設し、初年度は「島の自然環境についての基礎調査」をテーマにして、2年間総額約3,030万円の助成を行いました。54件の応募があり、このうち、17件のプロジェクトが採択され、北は奥尻島（北海道）、南は西表島（沖縄県）に至るまで、13箇所の地域（合計44の離島）で調査が行われました（図1）。また、テーマについても、特定の島における特定の種の個体群に関する基礎調査から、島嶼間の種の多様性および遺伝的多様性の分析に至るまで、多岐にわたっていました。

本報告書は、この第27期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成の特定テーマ助成「島の自然環境に関する基礎調査」を行った研究者の皆様方によるプロジェクトの成果をまとめたものであり、当財団の設立25周年を記念した特別編集版となっています。

本報告書が、助成関係者のみならず、島の自然に関心を寄せる多くの方々に読まれ、島嶼生態系の保全に役立つことを願っております。また、島嶼の生物多様性に関する調査、研究が、今後ますます発展していくことを心より願っております。

参考文献

- 海上保安庁（編）1987。「海上保安の現況。昭和62年9月」海上保安庁：200。
日本海洋データセンター1987。「海の相談室」トピックス。JODC ニュース 34：10-11。
Dahl, A. I. 1991. Island directory. In: UNEP Regional Seas directories and bibliographies 35: 1.

自然保護助成基金 板垣佳那子（編集担当）

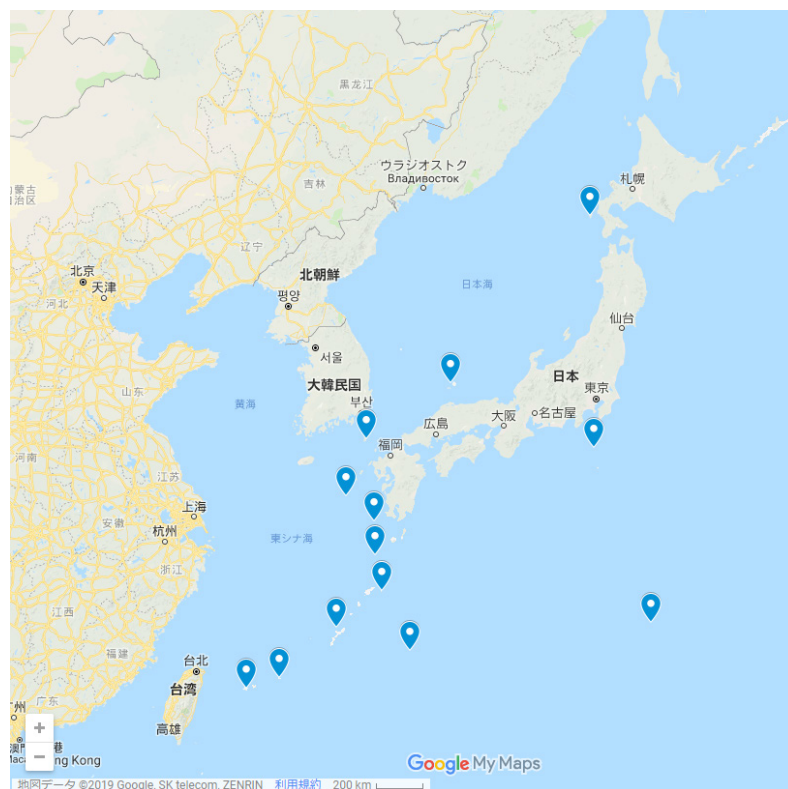


図1 特定テーマ助成で調査を行った島々（地図データ@ 2019 Google, SK telecom, ZENRIN）

特定テーマ助成で調査を行った場所一覧

奥尻島（北海道）

伊豆諸島（東京都）

（* 伊豆大島, * 利島, * 新島, * 式根島, * 神津島, * 御蔵島, * 三宅島, * 八丈島, 八丈小島, * 青ヶ島）

小笠原諸島（東京都）

（父島, * 母島）

隠岐諸島（島根県）

（島後）

対馬（長崎県）

男女群島（長崎県）

（男島, 女島）

大隅諸島（鹿児島県）

（種子島, * 屋久島, * 口永良部島, 黒島, 硫黄島, 竹島）

吐噶喇列島（鹿児島県）

（* 中之島, 諏訪之瀬島, 口之島, 平島, * 宝島, 小宝島, 悪石島）

喜界島（鹿児島県）

琉球列島および琉球列島の小島嶼域（沖縄県）

（沖縄島北部, * 渡名喜島, * 阿嘉島, * 渡嘉敷島, 伊平屋島, 伊江島, 座間味島, 久米島）

大東諸島（沖縄県）

（南大東島, 北大東島）

宮古島（沖縄県）

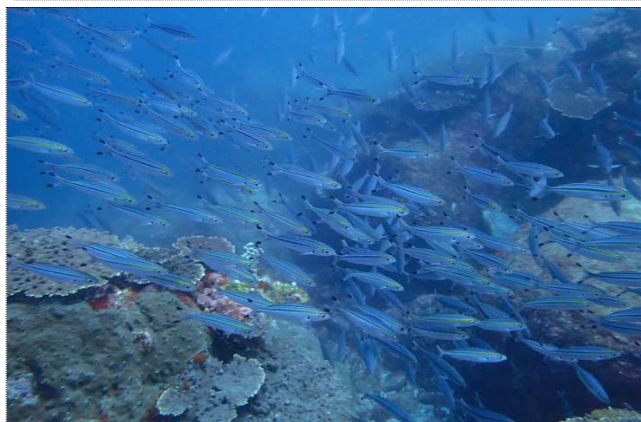
八重山諸島（沖縄県）

（西表島, 石垣島）

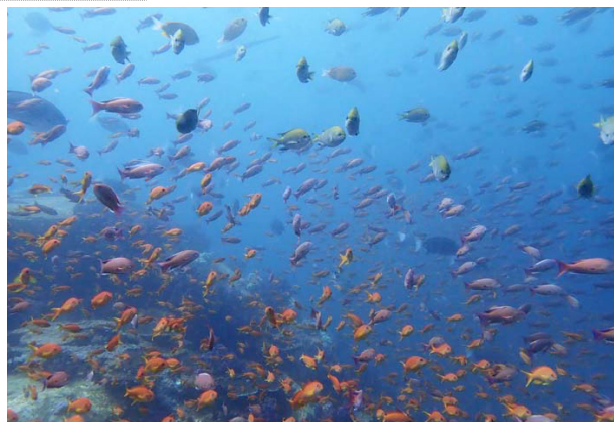
* は、本助成において、複数団体が調査した場所

本書に掲載されている研究報告書の写真資料

男女群島における海洋生物の多様性に関する基礎調査 (p. 3-12)



男女群島（女島）における優占魚種（タカサゴ類）



男女群島（男島）における優占魚種（キングフィッシュ、メジナ、スズメダイ類）

御蔵島のミクラミヤマクワガタと鳥類のノネコ影響調査 (p.13-22)



御蔵島山中を歩くミクラミヤマクワガタ（黒色型）



御蔵島の舗装道路を歩くミクラミヤマクワガタ（茶斑翅型）

吐噏喇列島における底生動物相調査と遺伝構造解析 (p. 23-36)



トカラ列島 悪石島から小宝島方面の眺め



トカラ列島 平島産 タイコウチ

大東諸島におけるビロウを中心とする固有生態系の解明 (p. 37-52)



大東諸島の生態系のキーとなるビロウ林



南大東島の固有種
ヒサマツサイカブト



大東諸島唯一の哺乳類ダイトウオコウモリ



大隅諸島の昆虫相の解明 (p. 53-62)

初記録となった薩摩硫黄島ムネアカセンチコガネ

喜界島のモズ個体群の調査 (p. 63-72)



巢内雛にバッタ類を給餌するモズの雄親



サトウキビ畑のスプリンクラーをとり場にするモズの雄

石垣島と西表島におけるリュウキュウアカショウビンの巣内共生
昆虫相の解明 (p. 73-82)



リュウキュウアカショウビン



西表島調査風景・タカサゴシロアリの巣



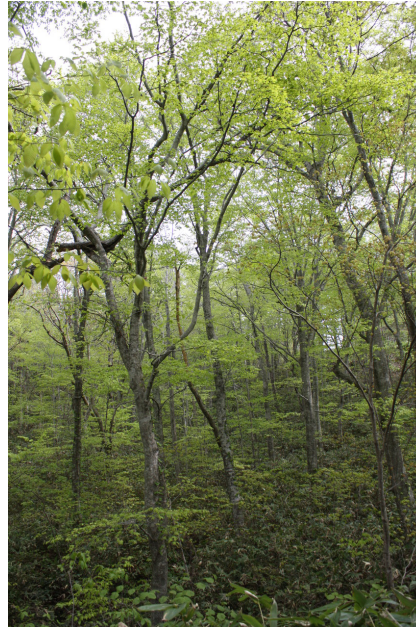
Ceratophaga sp.



Tinea subalbidella



奥尻島のブナの実生



奥尻島のブナの新緑

奥尻島におけるブナの遺伝的
分化と積雪環境の関連性に関
する調査 (p. 83-92)

小笠原諸島石門湿性高木林の
森林動態と維管束植物多様性
基礎調査 (p. 93-98)

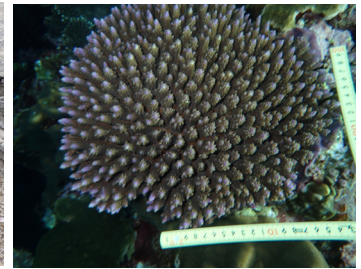
小笠原諸島母島の石門地区の遠景





宝島のハマサンゴ

トカラ列島の現生サンゴ礁・完新世隆起サンゴ礁の
環境調査 (p. 99-112)



宝島の化石ミドリイシ (左) と現生ミドリイシ (右)

伊豆諸島・小笠原諸島にお
ける鳥類の繁殖分布調査
(p. 113-122)



調査で観察された鳥。
(左上) アカコッコ；(右上)
ウチヤマセンニュウ；(左下)
カラスバト；(右下) タネコ
マドリ。(撮影：矢本 賢)



隠岐諸島の森林構造と生態系
サービスの解明 (p. 123-134)



図 20 隠岐諸島の植生。(左上) ハマボス (隠岐海岸林調査より)；(右上)；オキシクナゲ (隠岐山地林調査より)；(左下) オニヒョウタンボク (隠岐海岸林調査より)；(右下) 隠岐海岸植生と海食崖 (隠岐海岸林調査より)。

伊豆諸島における大型土壌動物と外来種影響に関する調査
(p. 135-146)

図 吸虫管を利用して土壌動物を捕獲する様子(右)。御蔵島で見いだされたアバタコバネハネカクシ属の一種 *Nazeris* sp. (左)



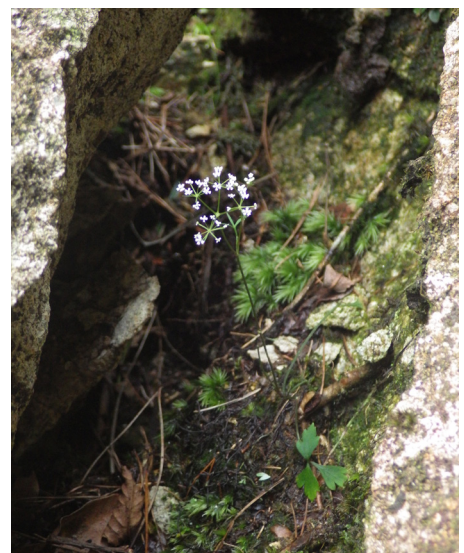
沖縄諸島のトカゲモドキ
個体群の健全性評価
(p. 147-158)



(左上) ケラマトカゲモドキ;
(右上) クロイワトカゲモドキ;
(左下) クメトカゲモドキ;
(右下) イヘヤトカゲモドキ.

対馬下島における希少植物種の
分布調査 (p. 159-166)

対馬下島に自生する希少植物。ハナナズナ (左), ツシマノダケ (右).



噴火の影響を受け続ける口永良部島の自然調査 (p. 167-180)

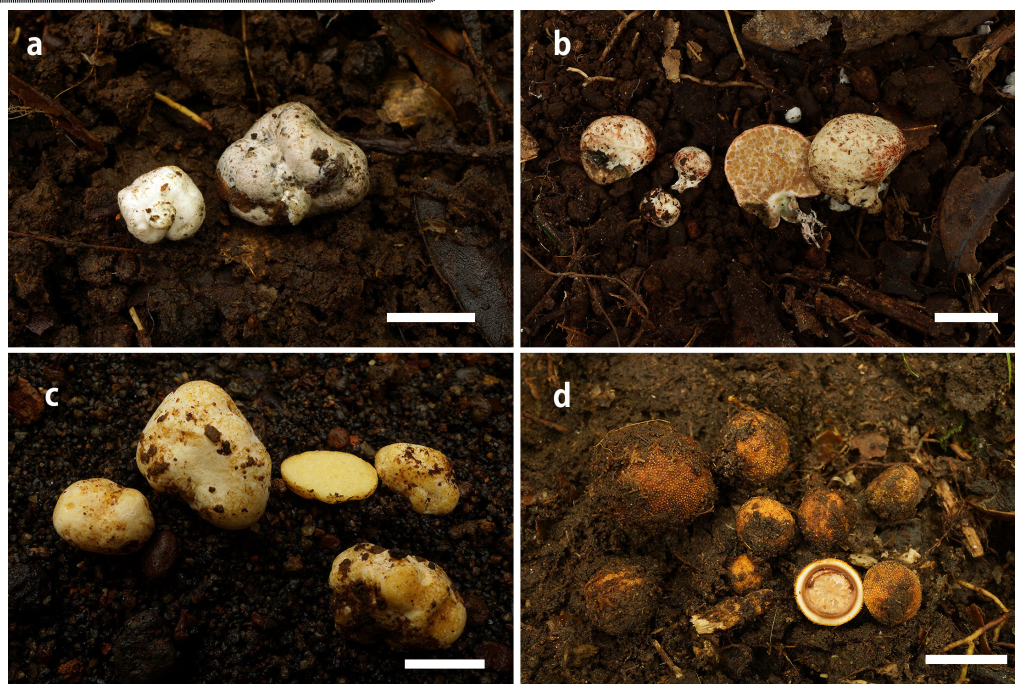


火砕流によって樹木がなぎ倒された環境



火砕流影響地でベイトに誘引されたオオズアリ

伊豆諸島の地下生菌の解明 (p. 181-190)



八丈島で採集された地下生菌（一部）：a. ネズミツチダマタケ *Rossbeevera griseovelutina*；b. チャイボホシミノタマタケ *Octaviania durianelloides*；c. ステファノスポラ属の一種 *Stephanospora* sp. 2；d. ツチダンゴ（広義） *Elaphomyces granulatus* s. l. スケールは 1 cm.

※写真はすべて著者提供.

男女群島における海洋生物の多様性に関する基礎調査

男女群島海洋生物調査団

新垣誠司¹・NiNiWin¹・渡慶次睦範¹・大澤祐美子¹

堀田 拓¹・濱崎智美¹・金子 楓¹・光永直史¹・竹垣 毅²

深見裕伸³・奥裕太郎³・James Davis Reimer⁴・喜瀬浩輝⁴

櫛田優花⁴・Catherine S. McFadden⁵・宮野鉄平⁶

男女群島は長崎県五島列島の南西に位置し、その地理的な特徴から貴重な陸上生態系が成立しており、陸域は天然記念物に指定されている。同様に、ユニークな生態系が海域にも広がっていると考えられるが、現状では調査報告に限られており、基礎的な情報が不足している。そこで、本プロジェクトでは、男女群島周辺浅海域の海洋生物群集の状況を把握するため、2017-2018 年の 7-9 月に造礁サンゴ、魚類、ベントス、海藻を主な対象として計 4 回の調査を実施した。その結果、生物群集の特徴として五島列島や大隅諸島との類似点が見られたほか、未記載種と北限記録更新種を数種確認した。また、45 年前の調査報告と比較すると、主要種は重複するものの構成種の変化が見られた。今後、サンプルとデータの処理を進め、詳細な解析をもとに男女群島海洋生物群集の現状を明らかにしていく。

キーワード：魚類、ベントス、サンゴ、海藻、潮間帯、タイドプール

1. 序論

男女群島は五島列島・福江島の南西約 70 km に位置する無人島嶼である。九州本土から単純に遠いだけでなく、五島列島や天草下島、甌島との間には五島海谷、男女海盆といった水深 200 ～ 800 m の深い谷が広がっており、九州側陸棚とは大きく隔てられた大陸側陸棚の東縁に位置している。すなわち、実際の距離以上に隔離された海域と言える。また、海洋気候は亜熱帯から温帯への移行帯に属し、対馬海流の影響を強く受けるエリアである。このような地史および生物地理的な特徴から生物群集の成立過程を検討する上で重要な島であることは間違いない。

しかし一方で、瀬渡し以外の定期船がなくアクセスが容易ではないため、これまでの研究報告は限定的である。特に、海洋生物に関する報告は非常に少なく、男女群島学術調査報告書「男女群島の生物」（長崎県生物学会 1973）、自然環境保全基礎調査（環境省）で一部扱われている程度であり、最近の情報は皆無である。

近年、サンゴをはじめとした海産無脊椎動物など、海洋生物の分類は目覚ましく進歩しており、最新の情報にもとづいた生物相の精査が求められる。また、過去の報告のほとんどが出現種リストあるいは出現種不明の被度情報のみといった断片的な情報であった。種構成と同時に各種の個体・群数や被度など定量的で詳細な

1: 九州大学理学部附属天草臨海実験所 2: 長崎大学水産学部 3: 宮崎大学農学部 4: 琉球大学理学部 5: Harvey Mudd College
6: 国富株式会社

2018.11.26 受付 2019.4.5 公開

生物データを整備することは、生物群集の状況を正確に把握・評価し、学術的解析を進める上で必要不可欠である。

そこで本プロジェクトは、男女群島の沿岸浅海域で、魚類、造礁サンゴ、ベントス、海藻を対象に定性・定量調査を実施し、男女群島沿岸域の生物群集を評価する基礎データの収集と整備を目的とする。

II. 方法

1. 調査地

長崎県男女群島周辺の浅海域（潮間帯～水深 20 m 以浅）。男島・女島ともに 4 地点で調査を実施した（図 1）。なお、潮間帯調査は、上陸

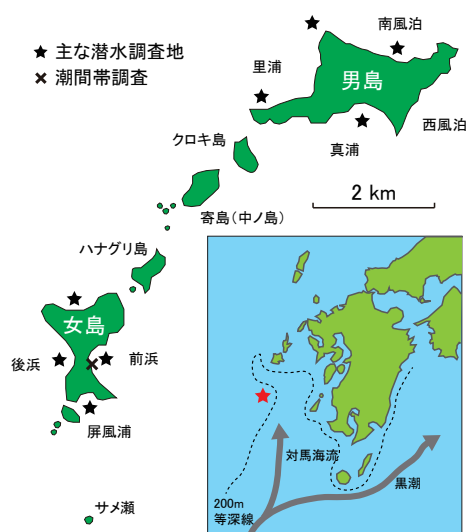


図 1 男女群島調査地



図 2 女島・前浜の潮間帯調査地

が可能かつ比較的なだらかな岩礁が存在する女島東岸の前浜で実施した（図 2）。

2. 調査方法

1) 潮間帯（タイドプール）魚類調査

女島前浜の岩礁潮間帯にて小型のタイドプール（表面積 $<1.2 \text{ m}^2$, 水深 $<25 \text{ cm}$ ）を 25 個選択し、表面積の測定用に俯瞰写真を撮影した。次に 10 cm マス目ごとに折れ尺で水深を測定、SCT メーター（YSI Pro30）で水温・塩分を測定したのち、タモ網を用いてプール内の魚類を全て採集した。2017 年 9 月と 2018 年 7 月に全く同じタイドプールで調査を実施した。定量調査の後、周辺にある大型のタイドプールで写真撮影と観察をおこなった。採集した魚類は 70 % エタノールで固定し、研究室に持ち帰り、種同定ののち、全長、標準体長、湿重量を測定した。

2) 潮下帯魚類調査

女島、男島の数地点（水深 10 m 以浅）で 2017 年 9 月、2018 年 7 月および 9 月にシュノーケリングまたは SCUBA 潜水で $30 \times 1 \text{ m}$ のラインに沿ってゆっくりと移動しながら、出現する魚種と個体数を記録し、可能な限り写真記録も取るように努めた。それとは別に、周辺を泳ぎまわりながら一定時間ビデオ撮影した。

また、標本用に採集をおこない、種同定ののち一部は西海区水産研究所に寄贈した。残りのサンプルの一部は、魚類寄生虫研究のサンプルとして広島大学へ提供した。

3) 環境 DNA 魚類調査

魚類相の定性的な把握を目的として、環境 DNA 魚類調査も実施した。男島 3 地点、女島 3 地点、女島タイドプール 1 地点（大型のタイドプール 5 個から 400 ml ずつ採水して混合）で柄杓を用いて表層海水を 2 リットル採水した。採水後、採水地点の緯度経度、水温、塩分を記録した。採取した海水は、船上でステリベクスとシリンジを用いて 1 リットルずつ濾過し

たのち、RNAlater で固定した。各調査地につき濾過作業を2回おこない、2 サンプルを得た。サンプルは帰港まで氷を詰めたクーラーボックス内で保管した。

4) 造礁サンゴ調査

女島の2地点（前浜、北側）で定量調査を実施した。各調査地に7×1 mのラインを4本設置し、被度測定用に1 mごとに俯瞰写真を撮影（図3）したのち、調査区画内のサンゴ群体を接写撮影し、種同定に用いた。

また、女島、男島の数地点で種同定およびDNA解析用にサンゴ群体の一部を採集した。

5) 潮間帯ベントス調査

2017年は岩礁潮間帯の高・中・低3潮位でそれぞれ25 cm四方のコドラート15個を用いて調査した（図4）。2018年は岩礁および転石潮間帯の高・低2潮位でそれぞれ50 cm四方のコドラート3個を用いて調査した。コドラート

を設置したのち、俯瞰写真を撮影し、コドラート内の生物を全て採集し、70 %エタノールで固定した。定量調査の後、周辺で任意採集を実施し、定性的な情報の補完に務めた。採集したサンプルは研究室に持ち帰り、種同定ののち、サイズ測定をおこなった。

6) 潮下帯ベントス調査

男島・女島の複数地点でSCUBA潜水し、目についたベントスの写真撮影をするとともにスナギンチャク目と八放サンゴ類を中心に採集をおこなった。採集したサンプルは各分類群に適した方法でそれぞれ固定して持ち帰った。

7) 海藻調査

女島の潮間帯（前浜）と女島周辺の複数浅瀬で任意採集を実施した。

III. 結果

概要

場所によって水中景観と生物相が大きく異なった（図5）。一般に、岬状に突出した地形

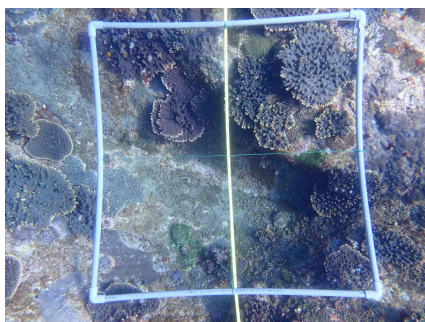


図3 造礁サンゴ調査（コドラート1m²）

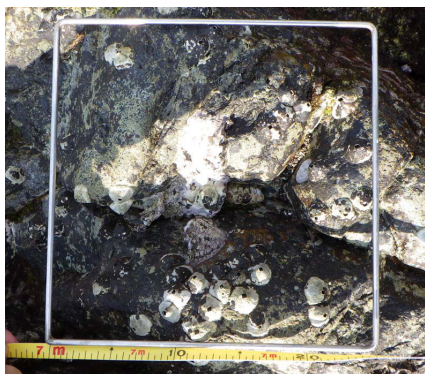


図4 岩礁潮間帯調査（コドラート25cm²）

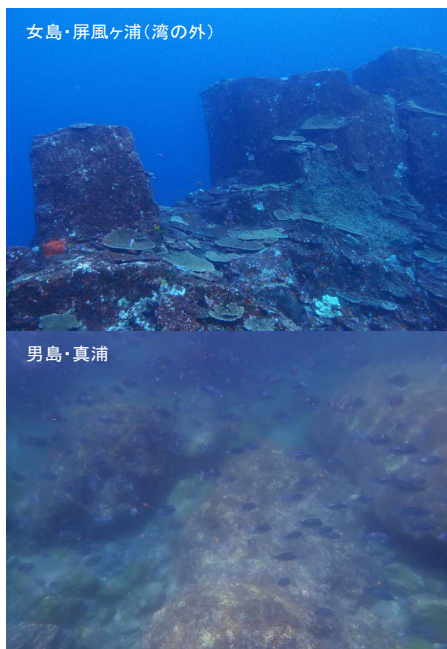


図5 場所によって異なる水中景観

の周辺は、柱状節理など直線的に切れ込んだ岩盤の険しい地形で、流れも早かった。生物相は総じて豊かであり、種数・個体数ともに多い傾向にあった。一方、湾状地形や水深5m以浅の場所は、直径1～8m程度の角の取れた岩が多く見られ、岩の表面に付着生物は少なく、見られても小型のものあるいは被覆状のものに限られ、緑藻に覆われた場所もあった。総じて生物相は貧困な印象を受けた。

1) 潮間帯（タイドプール）魚類調査

25個のタイドプールから2017年9月は10種124個体、2018年7月は8種37個体、のべ4科15種161個体を採集した（表1）。それとは別に11種を目視で確認した。イソギンボ科の魚類が優占しており、特にカブキギンボ *Praealticus striatus* の個体数が多く全体の約50%を占めた。

表1 観察・採集した魚種。V 目視観察、C 採集、S 標本登録

Family	Species	和名	Meshima (tidepool)	Meshima	Oshima
Characrinidae	<i>Hemirhamphus japonicus</i>	エイワグバカ	C		
Muraenidae	<i>Gymnothorax fuscus</i>	サビツツボ		V	
	<i>Gymnothorax kidako</i>	ウツボ	V	V	
	<i>Muraena pardalis</i>	トラウツボ	V	V	
Holocentridae	<i>Sargocentron itohi</i>	ナリエヒス	V		
	<i>Myripristis murdjan</i>	ヒメツツボ	V		
	<i>Myripristis kochianus</i>	ナミツツボ	VC	V	
Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i>	ヘラヤガラ	V	V	
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	アオヤガラ		V	
	<i>Fistularia petiolata</i>	アオヤガラ	C		
Exocoetidae	<i>Oxyechinus</i>	トビウオ	C		
	<i>Oxyechinus porphyreus</i>	アマトビウオ	C		
Scorpaenidae	<i>Dendrochirus zebra</i>	キリンミノ	V	V	
	<i>Scorpaenopsis</i> sp.	オニカサゴの仲間	V		
Sebastidae	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	カサゴ	V		
Serranidae	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	キンギョハナダイ	V	V	
	<i>Plectropomus inoparvus</i>	スジアラ	V		
	<i>Plectropomus levis</i>	コハナアラ	V		
	<i>Cephalopholis miniata</i>	エタナハタ	V	C	
	<i>Epinephelus fasciatus</i>	アカハタ	V	V	
	<i>Epinephelus areolatus</i>	オオモンハタ	C	C	
	<i>Epinephelus bruneus</i>	ウエ	V		
Placanthidae	<i>Placanthus sagittatus</i>	ミナミキントキ	V		
Apogonidae	<i>Apogon niger</i>	キンセンイシモチ	V	V	
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	シラ	C		
Carangidae	<i>Carangoides orthogrammus</i>	ナヨウカイワリ	V	V	
	<i>Caranx melampygus</i>	カスミアジ	V		
	<i>Decapterus macarellus</i>	ウツキモノ	V		
	<i>Decapterus muriei</i>	ムロアジ	C		
	<i>Seriola lalandi</i>	カンパチ	VC	VC	
	<i>Seriola rivoliana</i>	ヒレノカンパチ	VC	V	
	<i>Seriola lalandi</i>	ヒラマサ	VC	C	
	<i>Pseudocaranx dentex</i>	シマアジ	VC		
Lutjanidae	<i>Lutjanus kasmira</i>	ヨスジフエダイ		V	
	<i>Lutjanus roseus</i>	クロシロフエダイ	V		
	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	コマフエダイ	V		
	<i>Paracaesio xanthurus</i>	ウメロ	C		
Caesionidae	<i>Pterocaesio nani</i>	ニセタカサゴ	V	V	
Haemulidae	<i>Pterocaesio digramma</i>	タカサゴ	V		
	<i>Plectorhynchus gaus</i>	アサコシロフエダイ	V		
Nemipteridae	<i>Pentapodus nagasakiensis</i>	イトタマガシラ	C		
Sparidae	<i>Pagrus major</i>	マダイ	C	V	
Lethrinidae	<i>Gymnocheilichthys griseus</i>	メイナダイ	V		
	<i>Lethrinus nebulosus</i>	ハマフエフキ	V	V	
	<i>Lethrinus genivittatus</i>	イトフエフキ	C		
	<i>Lethrinus haemuloides</i>	フエフキダイ	V		
Mulidae	<i>Parupeneus ciliatus</i>	ホウワイレメジ	VC	V	
	<i>Parupeneus spilatus</i>	オキナメジ	VC		
	<i>Parupeneus pleurostigma</i>	リュウキュウメジ	C		
	<i>Parupeneus hepaticanthus</i>	タカサゴメジ	C		
	<i>Mulidichthys varicostatus</i>	アカヒメジ	V		
Pempheridae	<i>Pempheris schweinfurthi</i>	ミナヒタナボ	V		
Chaetodontidae	<i>Heniochus acuminatus</i>	ハタタテダイ	V		
	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	ヤリカタダイ	V		
	<i>Chaetodon lineolatus</i>	ニセフウライチョウチョウフオ	V		
	<i>Chaetodon auriga</i>	トグサフウチョウフオ	V	C	
	<i>Chaetodon kleinii</i>	ミソシロフウチョウフオ	V	V	
	<i>Chaetodon auripes</i>	チョウフウチョウフオ	V	V	
	<i>Chaetodon wiebeli</i>	ツキチョウフウチョウフオ	V		
Pomacanthidae	<i>Coradon alveus</i>	タキギンボクダイ	V	V	
	<i>Pomacanthus imperator</i>	タチジメキンギョ	V		
	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	サザナミヤッコ	V		
	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>	シテンヤッコ	V		
Ornithidae	<i>Ornithichthys oxycephalus</i>	ヒメコシロ	V	V	
Chelodactylidae	<i>Goniistius zosteris</i>	ミギマキ	V		
Pomacentridae	<i>Amphiprion clarkii</i>	クマノミ	V	V	
	<i>Chromis weberi</i>	タカサゴスズメダイ	V	V	
	<i>Chromis alba</i>	コガサスズメダイ	VC	V	
	<i>Chromis notata notata</i>	スズメダイ	V		
	<i>Chromis fumea</i>	マツバスズメダイ	V	V	
	<i>Chromis</i> sp. (C. flavomaculata)	キホスズメダイ?	V	V	
	<i>Dischydium trimaculatus</i>	ミツツボスズメダイ	V		
	<i>Abudefduf vaigensis</i>	オヤビッチャ	V	V	
	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>	シチセンズメダイ	V		
	<i>Abudefduf sordidus</i>	シマスズメダイ	C		
	<i>Abudefduf notatus</i>	ソラスズメダイ	C		
	<i>Pomacentrus coelestis</i>	ソラスズメダイ	V	V	
	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>	ナガサクスズメダイ	V	V	
	<i>Stegastes altus</i>	セダクスズメダイ	VC	V	

Family	Species	和名	Meshima (tidepool)	Meshima	Oshima
Kuhliidae	<i>Kuhlia mugil</i>	キンユゴイ	V		
Oplegnathidae	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	イシダイ		V	V
	<i>Oplegnathus punctatus</i>	イシガキダイ		V	V
Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigensis</i>	イヌズミ		V	V
	<i>Kyphosus bigibbus</i>	ノトイヌズミ		V	V
	<i>Kyphosus sp.</i>	イヌズミの仲間		V	V
Labracoglossidae	<i>Labracoglossa argenteiventris</i>	タカベ		V	V
Microcanthidae	<i>Microcanthus stigmatius</i>	カコカキダイ	V	V	
Girellidae	<i>Girella punctata</i>	メジナ	V	V	V
	<i>Girella leonina</i>	クロメジナ	V	V	V
Labridae	<i>Chirocentrus acurro</i>	イラ		V	
	<i>Anampes caeruleopunctatus</i>	ブチスズキハ		V	
	<i>Gomphosus varius</i>	クキハ		V	
	<i>Labroides dimidiatus</i>	ホンシロフウハ		V	V
	<i>Pseudobalistus eocinctus</i>	アカササノハハ		V	V
	<i>Stethojulis interrupta</i>	カミナリハ	V	V	V
	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	コガシラハ		V	V
	<i>Thalassoma lunare</i>	オトメハ		V	V
	<i>Thalassoma lutescens</i>	ヤマダキハ		V	V
	<i>Thalassoma cupido</i>	ニシキハ	V		V
	<i>Halichoeres nebulosus</i>	イナズマハ		V	
	<i>Halichoeres melanochir</i>	ムナシハ		V	
	<i>Halichoeres leucophaea</i>	ホシハ		V	
	<i>Coris aygula</i>	カンムリハ		V	V
	<i>Hologymnosus dolatus</i>	シロタスハ		V	
	<i>Cirrhilabrus lemniscatus</i>	イトヒキハ		V	
Scorpaenidae	<i>Calotomus japonicus</i>	ダイ		V	V
	<i>Scarus rubrivittatus</i>	ナガバダイ		V	
	<i>Scarus ghobban</i>	ヒバダイ		V	
	<i>Scarus ovifrons</i>	アオバダイ		V	V
	<i>Tripterygion</i> sp.	ヒレギンボの仲間		V	
Tripterygiidae	<i>Helicogramma striatum</i> (H. striatum)	タチジメヒレギンボ		V	V
	<i>Helicogramma fascioperis</i>	クロマシク		C	
	<i>Enneapterygius ethiopianus</i>	ヘビギンボ		C	
Blenniidae	<i>Ecsenius lineatus</i>	ヒトシロギンボ		C	V
	<i>Ecsenius namiyei</i>	ニラギンボ	V	V	V
	<i>Nannoclinus nativitatis</i>	ヒナギンボ		V	V
	<i>Meiacanthus kamoharui</i>	カモハラギンボ		V	
	<i>Entomacrodus shufeldti</i>	シシギンボ		C	
	<i>Entomacrodus nishikawae</i>	ウツキギンボ		C	
	<i>Praealticus bilineatus</i>	タキギンボ		C	
	<i>Praealticus lineatus</i>	タキギンボ		C	
	<i>Praealticus striatus</i>	カブキギンボ		C	
	<i>Istiblennius eidenius</i>	ニセカエルワ		C	
	<i>Istiblennius lineatus</i>	センカエルワ		C	
	<i>Rhabdoblennius nitidus</i>	ロウソクギンボ		C	
	<i>Bathygobius cocosensis</i>	スジクモハセ		C	
	<i>Bathygobius fuscus</i>	クモハセ		C	
	<i>Bathygobius coelestis</i>	クロヤハセ		C	
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris euides</i>	クロユリハセ		V	
	<i>Ptereleotris microlepis</i>	イトモンククロユリハセ		V	V
Ephippidae	<i>Platan leia</i>	ツバメ		V	V
Siganidae	<i>Siganus fuscus</i>	アイゴ		V	V
Zanidae	<i>Zanclus cornutus</i>	ツノダシ		V	V
Acanthuridae	<i>Naso lituratus</i>	ミヤコガシラハ		V	
	<i>Pterurus scalpinus</i>	ニギハヤ		V	V
	<i>Acanthurus dussumieri</i>	ニセカランハ		V	V
	<i>Thunnus albacares</i>	キハダ		V	
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	カツオ		C	
	<i>Euryrinus affinis</i>	スマ		C	
	<i>Scomber australis</i>	コマサバ		C	
Belontiidae	<i>Sufflamen chrysopteron</i>	ツマシロモンガラ		V	
	<i>Sufflamen fraenatum</i>	メダカハ		VC	C
	<i>Balistichthys cuspis</i>	モンガラカガハ		V	
	<i>Thamnodon medietas</i>	キレカガハ		V	
Monacanthidae	<i>Ostracion immaculatus</i>	ハコフダ		V	V
Tetraodontidae	<i>Canthigaster rivulatus</i>	キタマワ		V	
Diodontidae	<i>Chilomycterus reticulatus</i>	イシガキフグ		V	
	<i>Dodon holocanthus</i>	ハリセンボン	V	V	V

Arakaki et al. (2014) および Arakaki and Tokeshi (投稿中) のデータを用い、九州から琉球列島のタイドプール魚類群集との比較をおこなったところ、種数は同緯度の他の地域に比べてやや高い傾向があり、種構成は九州本土よりも大隅諸島(種子島, 屋久島)に類似することがわかった(図6)。

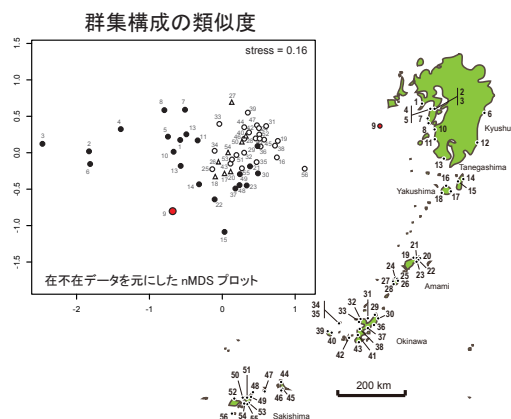


図6 タイドプール魚類群集構造の地域間比較。赤丸は男女群島の値を示す。プロットの数字は地図上に示した調査地に対応。



図7 優占魚種の群れ

2) 潮下帯魚類調査

個体数の情報を含め、詳細はまだ分析中だが、現在のところ目視観察と採集を合わせて48科149種を確認した(表1)。長崎県生物学会(1973)の報告と比べると、今回マアジ *Trachurus japonicus* など一部の魚種が観察されなかったのに対し、以前の調査では報告のなかったタカサゴ類 *Pterocaesio* spp., コガネスズメダイ *Chromis albicauda*, キホシスズメダイ *Chromis flavomaculata* などが優占していた状況が見られた(図7)。ほかに個体数で目立っていた優占種としては、キンギョハナダイ *Pseudoanthias squamipinnis*, ソラスズメダイ *Pomacentrus coelestis*, イスズミ類 *Kyphosus* spp., メジナ *Girella punctata*, ニザダイ *Prionurus scalprum* などが挙げられる。

また、釣りやタモ網を用いて船から採集した12科20種を西海区水産研究所標本室に寄贈し、標本登録した(SNFR22091-SNFR22112, 表1)。

寄生虫研究のために広島大学に提供した6魚種(トビウオ *Cypselurus agoo*, アヤトビウオ *Cypselurus poecilopterus*, オオモンハタ *Epinephelus areolatus*, カンパチ, *Seriola dumerili*, スマ *Euthynnus affinis*, フエフキダイ *Lethrinus haematopterus*) のサンプルからは現在までにのべ25種の魚類寄生虫が確認されており、そのうち数種が未記載種または国内初記録種として研究が進められている。

3) 環境DNA魚類調査

分析中

4) 造礁サンゴ調査

10科24属41種を確認した(表2)。これまでの報告(男女群島, 長崎県生物学会1973; 五島列島, 杉原ほか2009; 天草, 西平 and Veron 1995)と比較したところ、五島列島と種数・構成種が近いことがわかった。また、以前の男女群島(長崎県生物学会1973)とは構成種が大

きく異なっていた。

被度などの詳細は解析中。

表2 採集した造礁サンゴ類

Family	Species
Acroporidae	<i>Acropora solitaryensis</i>
	<i>Acropora japonica</i>
	<i>Alveopora tizardi</i>
	<i>Montipora peltiformis</i>
	<i>Montipora mollis</i>
	<i>Montipora</i> sp. <i>Komon</i>
	<i>Montipora</i> sp. <i>Unekubomi</i>
Agariciidae	<i>Leptoseris explanata</i>
	<i>Leptoseris mycetoseroides</i>
	<i>Pavona explanulata</i>
	<i>Pavona varians</i>
Astrocoeniidae	<i>Stylocoeniella guentheri</i>
Dendrophylliidae	<i>Turbinaria peltata</i>
Lobophylliidae	<i>Acanthastrea hemprichii</i>
	<i>Echinophyllia aspera</i>
	<i>Lobophyllia hemprichii</i>
	<i>Lobophyllia robusta</i>
	<i>Lobophyllia radians</i>
	<i>Micromussa amakusensis</i>
Merulinidae	<i>Astrea cruta</i>
	<i>Cyphastrea chalcidicum</i>
	<i>Cyphastrea serailia</i>
	<i>Dipsastraea speciosa</i>
	<i>Dipsastraea pallida</i>
	<i>Favites halicora</i>
	<i>Favites pentagona</i>
	<i>Favites rotundata</i>
	<i>Hydnophora exesa</i>
	<i>Hydnophora bonsai</i>
	<i>Oulophyllia crispa</i>
	<i>Paragoniastrea australensis</i>
Platygyridae	<i>Platygyra contorta</i>
	<i>Platygyra pini</i>
Pocilloporidae	<i>Pocillopora damicornis</i>
Poritidae	<i>Goniopora djiboutiensis</i>
	<i>Goniopora</i> cf. <i>djiboutiensis</i>
	<i>Porites heronensis</i>
	<i>Porites lutea</i>
Psammocoridae	<i>Psammocora nierstraszi</i>
	<i>Psammocora profundacella</i>
Fungiidae	<i>Cycloseris cyclolites</i>
incertae sedis	<i>Leptastrea pruinosa</i>

5) 潮間帯ベントス調査

岩礁・転石潮間帯でのべ 158 種（速報値）を確認した。岩礁・転石ともに高潮位に比べると低潮位で種数が多くなった（表3）。個体数で見ると、岩礁高潮位ではミナミクロフジツボ *Tetracrita squamosa*、カメノテ *Capitulum mitella* が、岩礁低潮位ではヒバリガイモドキ *Hormomya mutabilis*、チリハギガイ *Lasaea undulata* が優占していた。一方、転石潮間帯では付着性ベントスが少なく、移動性ベントスがほとんどを占め、高潮位ではクロツケガイ *Monodonta neritoides* が、また高低潮位を通してアマオブネガイ *Nerita albicila* が優占していた。詳細は解析中。

表3 潮間帯ベントスの種数（ハビタット、潮位別の内訳）

種数	岩礁2017	岩礁2018	転石2018
高潮位	12	6	5
中潮位	22	NA	NA
低潮位	69	11	34
任意採集	13	10	23

6) 潮下帯ベントス調査

水面近くはフジツボ類やカキ類が、水深 5m 以深では造礁サンゴのほか、キサンゴ類、イボヤギ類、トゲトサカ類など腔腸動物が付着生物の大半を占めていた（図8）。棘皮動物、特に

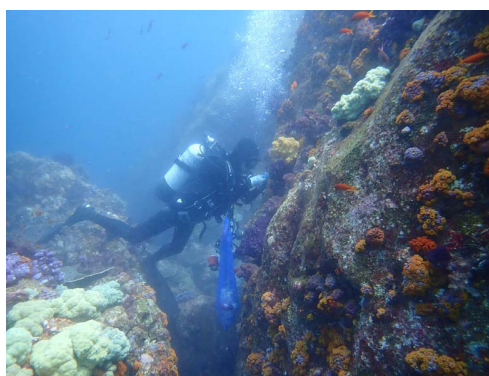


図8 潮下帯ベントス調査の様子（男島・丸太瀬、水深 10 m）

ナマコ類は少ない印象を受けた。オニヒトデ *Acanthaster planci* は比較的大型のものが複数個体見られた。

採集したスナギンチャク目 4 科 12 種のうち 2 種は未記載種、1 種 *Palythoa heliodiscus* は北限記録であった（表 4）。八放サンゴ類を含め、分類学的検討が進められている。

7) 海藻調査

小型藻類を中心に 24 種を確認した（表 5）

IV. 考察

分類群によって多少の差はあるものの、概して海洋生物相は九州本土とはやや異なり、五島列島や大隅諸島と類似点が多く見られた。こうした類似性には黒潮と対馬海流が影響しているものと考えられる。男女群島内でも場所によって生物相の豊かなところと貧しいところ

があり、地形や水深と関連していそうなことから、波浪など攪乱の程度や頻度が影響しているように推察された。魚類に関しては、アカハタ *Epinephelus fasciatus* やクエ *Epinephelus bruneus* などのハタ類、カンパチ *Seriola dumerili* など大型の回遊魚を比較的多く見かけた。魚が集まりやすい環境というほかに、遠隔地で漁獲圧が低いためかもしれない。

また、現時点での暫定的な比較ではあるが、魚類や造礁サンゴ類について男女群島における過去の報告（長崎県生物学会 1973）と比べると構成種が異なるだけでなく、優占種にも大きな変化がみられる。45 年の間に環境変動等に伴う生物群集構造の変化が起こったのかもしれない。今回得たデータの分析と新たなデータの収集を継続し、ほかの分類群も含めた上で今後詳細な比較検討を進める必要がある。

表 4 採集したスナギンチャク・八放サンゴ類

Order	Family	Genus and Species
Zoantharia	Sphenopidae	<i>Palythoa tuberculosa</i>
		<i>Palythoa mutuki</i>
		<i>Palythoa heliodiscus</i>
		<i>Palythoa</i> sp. sakurajimensis
	Zoanthidae	<i>Zoanthus sansibaricus</i>
		<i>Zoanthus gigantus</i>
		<i>Zoanthus kuroshio</i>
		<i>Zoanthus</i> aff. <i>vietnamensis</i>
		<i>Isaurus tuberculatus</i>
		<i>Hydrozoanthus gracilis</i>
	Hydrozoanthidae	
	Parazoanthidae	<i>Umimayanthus</i> sp.
		<i>Anthipathozoanthus</i> sp.
	Alcyonacea	<i>Acanthogorgia</i> spp.
		<i>Subergorgia</i> sp. (?)
		<i>Cladiella</i> sp.
		<i>Klyxum</i> sp.
	Alcyoniidae	<i>Lobophytum</i> spp.
		<i>Sinularia</i> sp.
	Clavariidae	<i>Carijoa</i> sp. (?)
		(?)
	Melithaeidae	<i>Melithaea</i> spp.
	Nephtheidae	<i>Nephthya</i> sp. (?)
		<i>Dendronephthya</i> spp.
		<i>Scleronephthya</i> sp.
		<i>Stereonephthya</i> sp.
		<i>Chironephthya</i> sp.
		<i>Euplexaura</i> sp. (?)
	Nidaliidae	
	Plexauridae	
	Xeniidae	<i>Sympodium</i> sp.

表 5 採集した海藻

Family	Species
Phaeophyta	<i>Dictyota dichotoma</i>
	<i>Padina japonica</i>
	<i>Zonaria diesingiana</i>
Ulvophyceae	<i>Boodlea coacta</i>
	<i>Cladophora</i> sp.
	<i>Cladophora</i> sp. 1 (<i>C. rugulosa</i>)
	<i>Cladophora</i> sp. 2 (<i>C. rudolphiana</i>)
	<i>Codium coactum</i>
	<i>Enteromorpha compressa</i>
	<i>Enteromorpha prolifera</i>
	<i>Halimeda discoidea</i>
	<i>Ulva pertusa</i>
Rhodophyta	<i>Amphiroa fragilissima</i>
	<i>Asparagopsis taxifolia</i>
	(<i>Callophyllis okamurae</i>)
	<i>Corallina</i> sp.
	<i>Gelidiopsis intricata</i>
	<i>Gelidiopsis intricata</i>
	<i>Laurencia okamurae</i>
	<i>Liagora</i> sp.
	<i>Martensia fragilis</i>
	<i>Palisada intermedia</i>
	<i>Plocamium</i> sp.
	<i>Pterocliadiella capillacea</i>

謝辞

本プロジェクトの遂行にあたり，長崎県五島市教育委員会から上陸許可（29 五教生第 43 号，29 五教生第 1206 号），長崎県水産部から特別採捕許可（29 漁振許第 509 号），長崎県海上保安部から女島栈橋利用許可をいただきました。ここに感謝の意を記します。また，特別採捕と生物採集へご同意くださった五島漁業協同組合ならびに五島ふくえ漁業協同組合のみなさまに厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- Arakaki, S., Tsuchiya, M. and Tokeshi, M. 2014 Testing latitudinal patterns of tidepool fish assemblages: local substrate characteristics affect regional-scale trends. *Hydrobiologia* 733: 45-62.
- 杉原 薫・園田直樹・今福太郎・永田俊輔・指宿敏幸・山野博哉 2009. 九州西岸から隠岐諸島にかけての造礁サンゴ群集の緯度変化. *日本サンゴ礁学会誌* 11: 61-67.
- 長崎県生物学会男女群島学術調査団 1973. 「男女群島の生物：男女群島学術調査報告書」長崎県生物学会.
- 西平守孝・Veron JEN 1995. 「日本の造礁サンゴ類」海游舎.

Biodiversity research of marine life on Danjo Islands

ARAKAKI Seiji, NiNiWin, TOKESHI Mutsunori, OSAWA Yumiko,
HOTTA Taku, HAMASAKI Tomomi, KANEKO Kaede,
MITSUNAGA Naofumi, TAKEGAKI Takeshi, FUKAMI Hironobu,
OKU Yutarou, REIMER James Davis, KISE Kouki,
KUSHIDA Yuka, McFADDEN Catherine S. and MIYANO Teppei

Danjo Islands is located southwestern of Nagasaki and far from mainland Kyushu. According to characteristics of location and surrounding environment, Danjo Islands must be an important area to consider biodiversity and biogeographical patterns in this region. Terrestrial part has been well studied and designated as national reserve. However, there is a paucity of information in the marine environment mainly due to difficult accessibility and logistics. To examine diversity of marine life in Danjo Islands, we conducted a general survey of marine organisms, focused on fish, coral, benthos and algae on coastal area: both intertidal and subtidal zone. We found a good number of organisms including some new species. As a result of comparison with previous studies, community structure of Danjo Islands tended to show higher similarity with Goto Islands and Osumi Islands than mainland Kyushu. It might be influence of the Tsushima and the Kuroshio warm oceanic current. In comparison with previous report on 1973, there are some differences in number of species and composed organisms. Further analyses by using collected data in the present study and more investigations are required to evaluate temporal change in marine communities on the region.

Key words: fish, benthos, coral, algae, intertidal, tidepool

御蔵島のミクラミヤマクワガタと鳥類は健在か

山階鳥類研究所御蔵島の希少動物保全研究グループ

岡 奈理子¹・荒谷邦雄²・小木万布³

激増した外来肉食獣のイエネコによる御蔵島の動物相への影響は、急減した集団繁殖海鳥オオミズナギドリをのぞき、一度も調査されてこなかった。世界的希少種ミクラミヤマクワガタや島嶼性陸鳥類の現況と死因調査を通じて、ノネコの影響を知り、保全に役立てる目的で、これら在来動物の繁殖期に生息調査を行った。ミクラミヤマクワガタではライントランセクト調査時の死因、ピットフォールトラップ調査、村民聞き取り調査、ネコ糞調査も実施、陸鳥は 1 km メッシュごとのライントランセクトで調査し、今後のモニタリングに資する詳細なデータを得た。ミクラミヤマクワガタでは以下の結果を得た。

- ① 1980 年代から 1990 年代半ばにかけて島の東半分を貫いて造成された総延長 15 km の都道で生息地の大部分が起り、島民いわく「生息数は都道造成直後に劇減」の状況が出現。
- ② 島の西半分のライントランセクト調査でも分断による減少状況は今も続いている。
- ③ ノネコが本種を喰うことは、聞き取りとネコ糞からの遺骸で確認された。
- ④ 舗装道路での調査では熱死事例、ロードキル、側溝落下死亡が多発していた。

こうした幾つかの人為的要因で世界的希少種ミクラミヤマクワガタにかなりの死亡圧がかかっている状況が分かった。

キーワード：海洋島、非飛翔希少クワガタ、島嶼性鳥類、絶滅危惧動物、繁殖期、モニタリング

1. はじめに

御蔵島は海底火山で形成された東京都伊豆諸島の海洋島である。一度も大陸島とつながらなかったため、人の渡来以前はコウモリ類を除いて陸生哺乳類は生息しなかった。東京から南へ 200 km、最も近い本州伊豆半島南端からは 100 km 離れる。途中で島じまが点在するため、飛翔動物では加入と移出が繰り返さる生物地理的な特徴を持つことと、集団繁殖性海鳥（東アジア固有繁殖鳥オオミズナギドリ *Calonectris leucomelas*）の世界最大規模の繁殖渡来と長期の繁殖活動（Oka et al. 2002, 岡 2004）で、糞の散布を通じて海洋の栄養物質を森林内の土壌

に大量に陸揚げし、島の森林生態系の鍵種となってきたこと、そして、近年まで森林の保全とオオミズナギドリの食用利用を目的に、村民が島の生態系の人為的攪乱を抑制した風土の特徴を持つ（Oka 1994, 岡 2007）。この特徴を背景づけたのが、伊豆諸島最高峰の八丈富士に迫る山頂 851 m の山塊と、約 5,000 年来噴火がないことで形づくられた険しい海蝕崖に囲まれた地形である（磯部 2011）（図 1）。暖流系の黒潮の北端域にあたり、厳冬期にも降雪はほとんどないが（川本 2006）、標高差と夏の雲霧、冬の風衝による植生の垂直勾配も顕著にある（大場 1971 ほか）。

1: 公益財団法人山階鳥類研究所 2: 九州大学 3: 一般社団法人御蔵島観光協会
2018. 7. 2 受付 2019. 4. 5 公開

こうした地理、地形的な条件下にあって、一般的な「島効果」の原則は御蔵島にも当てはまると予想される。一方で、甲虫類では1960年に新種記載されたミクラミヤマクワガタ (*Lucanus gamunus*) (Sawada and Watanabe 1960) のような、世界的に希少なクワガタや、伊豆諸島などに固有なイジマムシクイやアカコッコ、カラスバトのような島嶼性鳥類が生息する。

現在、御蔵島では世界の侵略的外来種ワースト100にも指定される外来肉食哺乳類イエネコ (*Felis silverstris catus*) が野生化して代を重ねたノネコが、オオミズナギドリなどの在来動物の激減要因の一つとなってきた (Oka 2015) (岡・山本 2015) (図2)。

2005年以降に計約430頭のノネコが御蔵島



図1 調査島の御蔵島 (岡撮影)



図2 御蔵島でネコに捕殺されたオオミズナギドリの成鳥、ヒナ、ネコ糞中のオオミズナギドリの羽毛。(雌親と卵、若齢ヒナ、巣穴そばの死体の4枚の写真は広瀬節良氏撮影、他5枚の写真は岡撮影)

で捕獲され、不妊去勢後に再び島で放獣され続けた。いわゆる TNR (Trap Neuter Return) である。2015 年からは筆者らも加わり島外搬出もするが、2016 年に島南部において自動撮影監視カメラを用いて行った筆者らのノネコ生息状況調査では、個体識別できたノネコ計 41 頭のうち、TNR されたネコはわずか 14 頭 (個体識別個体の 3 割) に過ぎず、残り 7 割にあたる 27 頭が繁殖可能なノネコであった (小木ほか 2017) ことから、御蔵島は依然として高い増加状態にあるとみられた。捕獲時あるいは監視カメラに映るノネコはいずれも良好な栄養状態で、感染症例も検出されず、冬季にも温暖な御蔵島では死亡要因は非常に少ない。そのため彼らの生態寿命は長く、個体数の増加速度も早いため、在来動物へ及ぼす影響は大きいと危惧される。

以上の状況下で、生息数が激減したオオミズナギドリに続き、第2、第3の在来動物の減少が懸念される。

そこで私たちはミクラミヤマクワガタと陸生鳥類の保全に役立つ資料を収集するために、2017 年の繁殖期に生息調査を行った。ミクラミヤマクワガタでは死因も調査した。

II. 調査対象地域

<調査島と調査地域>

調査対象の御蔵島 (北緯 33 度 53 分、東経 139 度 37 分) は、東京から南に 200 km の太平洋上に位置する直径約 5 km、面積 2,058 ha、周囲長 16.8 km の島で、海拔 851 m の御山と 850 m の長滝山の二つの頂きを持つ。富士箱根伊豆国立公園に指定され、北部の集落を除く島のほぼ全域が、自然公園法の特別保護地区と第 1 ～ 3 種保護地域に指定される。

照葉樹林が優占し、山頂と海蝕崖地を除き、全域にわたって樹冠被覆の割合が高く、照葉樹の巨木密度は日本 1 位を誇る (図 3)。



図3 照葉樹林が優占する御蔵島の中腹斜面（岡撮影）

一方、幹線道路の造成地の急斜面や台風による土砂崩れなどの攪乱地では照葉樹林がオオバヤシャブシなどの先駆植生に置換されている。夏季に雲霧帯になる山頂の周辺一帯はササが優占する（大場 1971, 伊豆諸島植生研究グループ 2017 ほか）。急斜面な山岳地形のため村民はごく小規模な段々畑や傾斜地でイモ類、アシタバ、シイタケなどの自家消費作物を栽培したり、伝統的なツゲの苗木の育成と植林、暖地果樹栽培などを行っている。約 300 人の村の経済は 1990 年代半ばから始まったイルカ観光でのエコツーリズムが主翼をなす。

1980 年代初頭から 1990 年代末にかけて 20 年近くをかけて幹線道路の造成工事が島の北から東側斜面と西側斜面で行われた（図 4 太実線）。

都道は北側海蝕崖下の栈橋を基点に崖上の集落を抜け、東側の長滝山斜面の標高 677 m を経て、南東の海拔 198 m の南郷奥まで急激に下る全長が 15 km の山岳道路で、ほとんどが法面に金網もしくはセメント吹きつけ工法がとられている。道路内側にはコンクリート製の深い側溝が設けられている（図 4 東側の実線、図 5）。

島の西側は村道が等高線に沿って南方向に伸び標高約 500 m のエビネ公園先の乙女峠登山口まで通る（図 4 西側の実線）。ほかに各約 500 m ～ 1 km の舗装林道が島の急斜面を上下に数本伸びる（図 4 細い実線）。



図4 御蔵島の平面図。実線が舗装された都道と村道および林道、波線が非舗装遊歩道。



図5 御蔵島の東側を貫く都道。法面に張り巡らされた落石防止用の金網とコンクリート擁壁および全線を走る側溝。植物の下はほぼ全線にわたり金網が張られている（岡撮影）

<調査対象動物と調査法>

ミクラミヤマクワガタ

本種は世界で御蔵島と神津島の 2 島のみに生息する希少なクワガタである。大陸の古黄河周辺（現在の福建省などの周辺）に近縁種が分布する遺存種で知られる。雄が体長 2-3 cm, 雌が約 2 cm と体サイズが小さく、地表を徘徊し、飛ばない。1959 年に御蔵島で採取された個体に基づき、翌 1960 年に新種記載された（Sawada

and Watanabe 1960). 色に変異がみられる (図 6A1, 6A2). 幼虫の1年～2年間で地中で過ごし, 成虫時代の約半年を地中で過ごした後に, 御蔵島では5月に地表に出て, 10日から1ヶ月ほど地表を歩く. 昼行性である. この間に摂食はしないと考えられている (荒谷 2014, 荒谷・細谷 2014, 藤田 2014).



図 6A1 御蔵島山中を歩くミクラミヤマクワガタ (黒色型). (岡 2017.6.20 御蔵島島の尾線登山口～鈴が原に至る遊歩道で撮影)



図 6A2 御蔵島の舗装林道を歩くミクラミヤマクワガタ (茶斑翅型) (岡 撮影)



図 6B ネコ糞中のミクラミヤマクワガタの頭部残骸. (神津島) (出典 荒谷 2014)

神津島では1個の獣糞に3頭のクワガタの遺体を確認され, DNA で糞はネコのもので, 遺骸はミクラミヤマクワガタと同定された (荒谷・細谷 2014) (図 6B).

環境省はレッドリスト 2006 年版で準絶滅危惧種 (NT) に指定して以来, 第4次レッドリストでも NT が続く (環境省 2014). 御蔵島村は 2002 年の「御蔵島動植物の保護に関する条例」で, 島内で動植物の採集を禁じ, ミクラミヤマクワガタについても採集と島外持出しが禁止された.

ミクラミヤマクワガタ調査法

調査は 2017 年 5 月から 6 月下旬にかけて村道, 都道, 林道の舗装道路 (図 4 実線) と自然土の遊歩道 (図 4 破線) を踏査および死因調査した.

各林道は 2～7 回調査し, 最多回数を集落に隣接した林道 (卯辰林道) で往復調査した. ダブルカウントを避けるため, 生存個体はセンサス路の外側に放虫した. 村道 5 km は片道センサス 1 回を, 遊歩道は 1, 2 回の往復センサスを行った. 都道 15 km では全行程の 7 割を徒歩で, 残りの 3 割を低速運転 (時速 10 km) の車上から片道センサスした.

林内の3地点(島の北側, 西側, 東側各1箇所)(図7黄色丸印)ではピットフォールトラップ(PT)法で調査した。PTは傾斜地でも調査地を確保するため方形区を一辺5mとし, それぞれの地点で3箇所ずつとした。1方形区に10cm径のプラスチックカップ4個を埋め込んだ。容器の底部に水抜き用穴を開けた。北側地点では5回(5月に3回, 6月に2回), 西側と東側地点では各2回(5月に1回, 6月に1回)PT法で調査した。見回りは原則, 設置日の2日後に行った。遺伝的多様性の分析に一部を採取し, 他は放虫した。ミクラミヤマクワガタの遺伝的特徴の解析にはミトコンドリアDNAを用いた。

死因調査はライントランセクト調査時にを行い, 轢死, 熱死, 側溝落下などに区分して記録し, 獣糞採取も行った。幹線道路の建設の進行は橋ゲタに刻まれた竣工年で追った。法面の状態と側溝も全行程で記録した。



図7 御蔵島での鳥類調査1kmメッシュおよびミクラミヤマクワガタ・ピットフォールトラップ調査地点。(赤丸とA~G: 鳥類調査用メッシュと多頻度調査メッシュ, 黄色丸: クワガタ用ピットフォールトラップ地点)

島内の開発イベントが本種の生息にどう影響したかを知るために, 過去のイベントと本種の生息情報を古老を中心に村民から聞き取り調査した。

野外調査とミクラミヤマクワガタの実験試料収集は村役場に許可申請を行い認可のもとに実施した。私有地への立ち入りと調査器具の設置は, 所有者の同意を得て行った。

鳥類

御蔵島で樋口(1973), 西海(2002), 藤田ら(2011)が定量調査で記録した鳥類のなかには, 環境省レッドリストで絶滅危惧I B類(アカコッコ, ウチャマセンニュウ, モスケミソサザイ, オーストンヤマガラ), 絶滅危惧II類(イイジマムシクイ, タネコマドリ), 準絶滅危惧種(カラスバト)などが含まれ, 国のレッドリストの上位に掲げられているものが多い。

本調査は, 繁殖期にあたる2017年4月初旬から6月下旬にかけて, 好天もしくは曇天日に1kmメッシュ(図7)を基準に島の東西の幹線道路と林道, 遊歩道を常時3~4km/時で歩きながら出現個体を肉眼もしくは双眼鏡, もしくは鳴き声で種同定し記録した。各ライントランセクト(LT)の始点に早朝バイクで出かけ, 原則, 日の出から調査を開始した。1kmメッシュのうちAからGまでの7個のメッシュでは, 往路と復路をワンセットに期間中にそれぞれ3~4回調査した(図7)。これら以外に1970年代前半(樋口1973)と2001年(西海2002)に定量調査が行われた主要幹線道路と遊歩道も調査対象とした。

全期間で計108LT・回数, 目視調査時間は計85時間, 総調査延べ距離数は計300kmであった。山中に設置した赤外線センサー自動撮影カメラが記録した鳥種も種数データに加えた。

Ⅲ. 結果

3-1. ミクラミヤマクワガタ

ミクラミヤマクワガタは、集落周辺で5月中旬に初観察され、同19日に幾つかの地点で計5頭が、同20日に山頂へ至る鳥の尾登山口近くの遊歩道で1頭が観察された。

集落際に沿って伸びる卯辰林道では、5月21日に11頭、5月22日12頭、5月23日6頭、5月24日6頭、6月15日4頭、6月16日3頭、最終調査した6月23日に2頭観察した。

発見数はライントランセクト6本のうち、卯辰林道で最多の平均6.1頭/kmであった。次いで主に6月中旬に実施した鳥の尾登山道口ー御山山頂遊歩道(中央部)で3.5頭/km、いずれも同時期に実施した集落ー乙女峠入口間の村道で1.1頭/km、川田ー南郷間の都道で0.2頭/km、家の沢林道(西側)、川田林道(東側)、南郷林道(南東側)、南郷遊歩道、黒崎高尾遊歩道(南側)ではいずれも0頭/kmであった。エリアにより発見数に差異があった。

集落から乙女峠入口までの6月15日の村道全踏査で発見した計5頭のうち、生体は2頭、死体は3頭でいずれも轢死体であった。都道では踏査距離が長いにも関わらず6月16日に発見した2頭は、轢死体1頭と、生きてはいたが側溝落ち個体1頭であった。鳥の尾登山道入口から御山山頂にかけての遊歩道では6月20日に発見した9頭のうち、生体は3頭、残り6頭は死体で、うち3頭はまとまって死んでいた。死因は不明だった。

卯辰林道での総発見数の計44頭のうち、生存個体は30頭(68%)、熱死と判断した個体は13頭(30%) (図8)、轢死は1頭(2%)だった。舗装道路で熱死寸前から死に至る個体をビデオで記録した。その時点の外気温は25℃で路面温度は40℃近くに達した。コンクリート溝にかけられた鉄鋼製の網目状の覆いは、日射で熱

せられない時間帯はミクラミヤマクワガタが容易に渡れたが、日射熱が上昇すると、体を確保しきれずにバランスを崩し側溝へ落下した。

卯辰林道基点付近のコンクリート擁壁下のコンクリート製の側溝に、ランダム調査時に計4頭の落下個体を認め、うち3頭が既に死亡、生存個体も側溝壁から這い出せない状態にあった。

全ライントランセクト調査時に発見した計64頭の半数近くが死体(含む死亡直前個体)であった。熱死と判断できる死亡事例が最多で、ついでコンクリート側溝への落下と、ほぼ同数の轢死であった(図9)。

以上、ライントランセクトで、舗装道路に関連した主に3つの要因でミクラミヤマクワガタに死亡圧がかかっていたことがわかった。

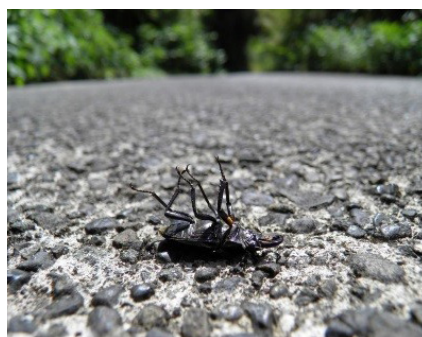


図8 ミクラミヤマクワガタ死体(熱死個体 岡 2017年6月舗装道路上で撮影)。(ほとんどが熱死と推定される体部位が揃う仰向け死体)(自然衰弱個体は長期の歩行によって、肢の一部が欠損して不完全な体で発見されることが多い)

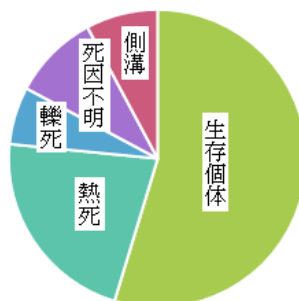


図9 御蔵島でのライントランセクト調査中に遭遇したミクラミヤマクワガタの生死割合と死因。(N=64頭)

6月中旬に集落から100 m離れた村道で集めたネコ糞1個からミクラミヤマクワガタの黄色斑付きの肢一対がオオミズナギドリの羽毛にまざって確認された。また聞き取り情報でもネコ糞1個から本種の複数遺骸が確認された（目撃日、場所：2016年5月9日稲根神社、目撃者の伊藤隆夫氏（広島大学）に電話取材）。

ピットフォールトラップ調査では、島の北側竹林内PTで5月9日、同15日に本種は確認されず、5月26日に♂1頭を初確認、6月17日はゼロ、同22日は4頭（♂3頭、♀1頭）を確認した。同竹林内と隣接道路では6月17日に計3頭（♂）を確認した。西側PT（家の沢）では5月9日、同23日は確認されず、6月16日に1頭（♂）、同19日に5頭（♂4頭、♀1頭）を確認した。東側PT（南郷）では両月とも1頭も確認できなかった。

聞き取り調査では、以下の聞き取り結果が得られた。昔はミクラミヤマクワガタが集落の庭にも普通にみられ、子供たちがミクラミヤマクワガタと遊ぶのが春の日常的風景だった。集落内にコンクリート道路と側溝、庭壁ができて集落から急速に姿を消した。1980年代前半の川田の都道工事に現場で作業した村民の体験談では、道路の造成時にあわせて掘削される側溝に、ミクラミヤマクワガタが連日、堆積するように落下していた。その量は、持参したビンや箱容器がすぐに一杯になるほど多かった。本種がそれ以前に新種記載された珍しいクワガタであることは村民も島を出た親族も知っており、村民はミクラミヤマクワガタを側溝で集めては喜ばせようと親戚によく送っていた。しばらくは都道の法面からの落下と側溝への堆積が続いたが、年を追うごとに（歩行性クワガタの死亡要因に働く）側溝でも本種が見つけられなくなった。「道路工事の前後でミクラミヤマクワガタが100分の1かそれ以上に激減した」と語る村

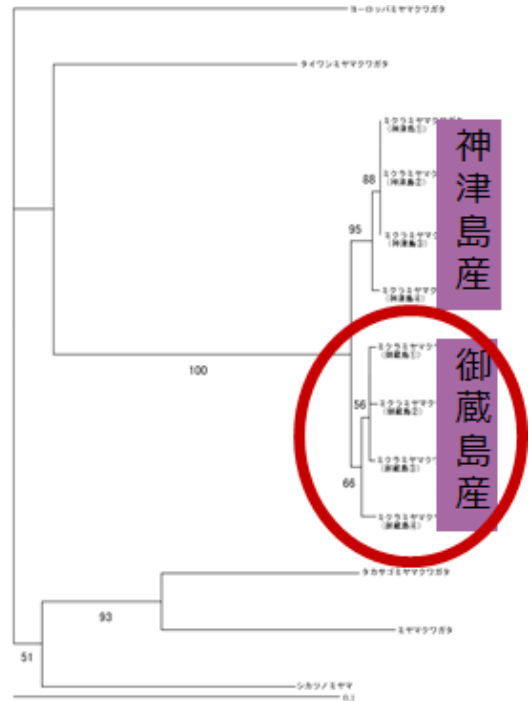


図10 ミトコンドリアDNAによる御蔵島産のミクラミヤマクワガタの遺伝的特性

民もおり、「生息数は都道の造成直後に劇的に減った」状況が出現したとみられ、1980年代から1990年代後半にかけて島の東半分を貫いて造成された総延長15 kmの都道によってミクラミヤマクワガタの生息地の大分断が起こったと考えられた。ライントランセクト結果からも都道周辺での生息数は現在も回復していないとみられる。

ミトコンドリアDNAによる集団間の遺伝的差異を分析した荒谷によると、神津島産と御蔵島産は遺伝的に分岐がみられ、集団内でも差異が伺えた（図10）。

3-2. 鳥類

春季ライントランセクト調査時に観察した鳥種は計37種であった。他に種不明なジシギ類とホオジロ類が各1回出現した。調査区以外でヤマシギ、ノスリ、アトリ、チュウダイサギ、オオジシギ、ホオジロハクセキレイ、ミヤマガ

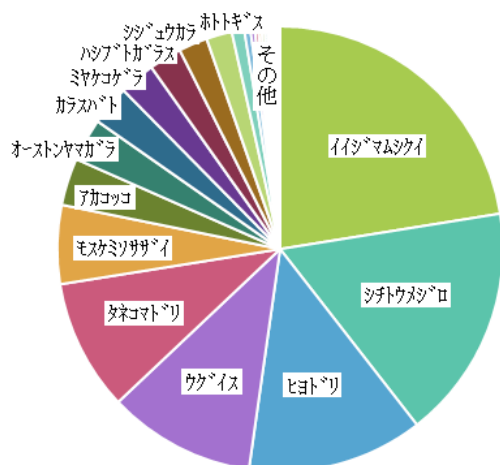


図 11 2017 年春季（4 月～6 月）に御蔵島で実施したライントランセクト調査時に記録された陸鳥類の出現割合

ラスなどが出現し、南西部に設置した監視カメラにヤマシギが複数個体で出現した。またミゾゴイとおぼしき 1 羽が予備調査時に西側の LT 沢筋付近に目撃された。

ライントランセクト調査時に記録した陸鳥類の出現頻度はイイジマムシクイが最も多く、次いでシチトウメジロ、ヒヨドリで過半数を占め、ウグイス、タネコマドリ、モスケミソサザイが続く、これらの 6 種で全体の約 8 割弱を占めた（図 11）。次いで、アカコッコ、オーストンヤマガラ、カラスバト、ミヤケコゲラ、ハシブトガラス、シジュウカラ、ホトトギスがそれぞれ数%の頻度で出現した。地表採食型のカラスバト、アカコッコ、タネコマドリ、トラツグミの出現頻度は、樹上採食型鳥類に比べて少なかった。過去に記録されたウチヤマセンニュウは調査期間を通じて観察されなかった。詳細は現在解析中である。

IV. まとめ

2017 年 5－6 月に御蔵島で行った生息実態調査と島民への聞き取り調査で、ミクラミヤマクワガタは 1980 年代から 1990 年代末にかけての島の特に東斜面の道路造成時に大攪乱が起こ

り、造成直後に激減した。現在も生息数が著しく少なかった。一部の林道では比較的出現したものの、出現数の半分近くが死んで見つかり、死因は舗装道路熱死、側溝転落死、轢死が多かった。道路と道路の構造が歩行性昆虫の本種に致命的な死亡要因に働いていた。ネコによる捕食も聞き取りとネコ糞の本種の遺骸で確認でき、神津島同様、御蔵島でもネコによる捕食がみられた。ミトコンドリア DNA による遺伝的特徴の予備分析では御蔵島と神津島 2 島の集団間で遺伝的分化がみられ、同一島集団内でも遺伝的差異が伺えた。生息地が世界で 2 島に限られる動物種ゆえ、こうした人為的影響を軽減する保全施策が必要と考えられる。

あわせて実施した鳥類の生息モニタリング調査では 4－6 月に 37 種が記録され、最多のイイジマムシクイに次いでシチトウメジロ、ヒヨドリで過半数を占め、ウグイス、タネコマドリ、モスケミソサザイが続く、6 種で全カウント個体数の約 8 割弱を占めた（図 10）。次いで、アカコッコ、オーストンヤマガラ、カラスバト、ミヤケコゲラ、ハシブトガラス、シジュウカラ、ホトトギスが数%の低頻度で出現した。地表採食型のカラスバト、アカコッコ、タネコマドリ、トラツグミの出現頻度は、樹上採食型鳥類に比べて少なかった。御蔵島での陸鳥のモニタリングはこれまで実施例が少なく、定期的にカウント調査を実施することが必要である。

謝辞

以下の御蔵島村の方々に、島での聞き取りや野外調査時の私有地への調査機器設置許可などに便宜協力いただき感謝します。以下敬称略。栗本健、栗本一郎、西川富枝、広瀬一世、栗本敬久、広瀬鶴子、栗本與一、栗本允子、栗本洋子、栗本道雄、広瀬鹿雄、広瀬節良の各氏。

また調査の便を図っていただいた広瀬久雄村

長，窓口の市丸敏也氏ほか御蔵島村役場職員の方々，オオミズナギドリの死体の写真を提供下さった広瀬節良氏，鳥類目視調査を分担した東京農大の稲村優一氏に感謝します。

引用文献

荒谷邦雄 2009. 伊豆諸島のクワガタムシ相の特徴とその起源，他の分類群との比較. 日本生態学会関東地区会報 58 : 56-59.

荒谷邦雄 2014. ミクラミヤマクワガタ. 環境省(編)「レッドデータブック 2014 日本の絶滅のおそれのある野生生物 : 5 昆虫類」. ぎょうせい, 東京 : 401

荒谷邦雄・細谷忠嗣 2014. 伊豆諸島の魅力を探る〜クワガタムシ科を題材に〜. 昆虫と自然 49 : 口絵図 6-8, 本文 10-17.

藤田 宏 2014. ミクラミヤマクワガタの研究史— 54 年前に発見されたクワガタムシ—. Mikurensis 3: 35-64.

藤田 馨・藤田 剛・長谷川雅美・樋口広芳 2011. 伊豆諸島に生息するヤマガラ 3 亜種の個体数と生息の安定性. Bird Research 7: A13-31.

伊豆諸島植生研究グループ 2017. 伊豆諸島の森と草原 - 伊豆諸島の植生ガイド -.

樋口広芳 1973. 伊豆諸島の鳥類 (I) 繁殖陸鳥の分布と生息環境. 鳥 22 : 14-24.

磯部一洋 2011. 海蝕崖に縁取られた伊豆諸島御蔵島散見. 地質ニュース 679 : 23-31.

環境省 2006. 改訂 日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—昆虫類 : 183.

環境省 2008. 平成 19 年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業 (モニタリングサイト 1000) 海鳥調査業務報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター.

環境省 2013. 平成 24 年度モニタリングサイト 1000 海鳥調査業務報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター.

環境省 2017. 平成 28 年度モニタリングサイト 1000 海鳥調査業務報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター.

環境省 (自然環境局)HP. 日本の外来種対策, わが国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト 動物 (哺乳類) <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/list.pdf> (2017 年 11 月 1 日閲覧)

川本秀雄 2006. 気候. 東京都御蔵島村(編)「御蔵島島史」東京都御蔵島村 : 33-34.

小木万布・広瀬節良・伊藤俊一 2012. 御蔵島の鳥類目録. Mikurensis 1 : 57-64.

小木万布 2016. 続御蔵島の鳥類目録. Mikurensis 5 : 25-34.

小木万布・稲村優一・岡 奈理子 2017. 監視カメラによる山岳森林島・御蔵島(東京都)での野生化イエネコの生息状況. 日本生態学会東京大会.

西海 功 2002. 御蔵島における鳥類の垂直分布. 国立科博専報 38 : 239-247.

大場達之 1971. 御蔵島の植生. 神奈川県立博物館研究報告 自然科学 1 : 25-53.

Oka, N. 1994. Sustainable exploitation of streaked shearwaters *Calonectris leucomelas* on Mikura Island, off the Izu Peninsula, Japan. Journal of Yamashina Institute for Ornithology 26: 99-108.

岡 奈理子 2004. オオミズナギドリの繁殖島と繁殖個体数規模, および海域, 表層水温との関係. 山階鳥類学雑誌 35 : 164-188.

岡 奈理子 2006. 山の民にみる海鳥オオミズナギドリとの共生. 東京都御蔵島村(編)「御蔵島島史」東京都御蔵島村 : 95-101.

Oka, N. 2015. Clear and present threat by feral cats to the world largest pelagic bird population in Mikura Island, Japan. The Vth International Wildlife Management Conference, Sapporo. 26 - 30 July, 2015.

岡 奈理子・山本麻希 2016. 世界有数のオオミズナギドリ繁殖島とネコ問題の取組み. 月刊海洋 550 : 405-408.

岡 奈理子・幅田慶子・金山 悟・小木万布・高橋敏之 2017. 御蔵島をノネコのいない島へ戻す活動. 自然保護助成基金成果報告書 25 : 173-176.

Sawada, H and Watanabe, Y. 1960. Description of a new species of Lucanid-beetles from Mikurajima Island in the Izu Islands, Japan. Journal of Agricultural Science. Tokyo Nogyo Daigaku 8: 99-102.

真田 稔 2006. 御蔵島の植生. 東京都御蔵島村(編)「御蔵島島史」東京都御蔵島村 : 39-46.

寺田暁彦 2006. 地勢. 東京都御蔵島村(編)「御蔵島島史」東京都御蔵島村 : 6-22

東京都 1980. オオミズナギドリ調査報告書. 東京都(労働経済局)

The status of Mikura miyama stag beetle and insular birds in Mikura Island, Izu Islands, Japan

OKA Nariko, ARAYA Kunio and KOGI Kazunobu

The influence on the fauna of Mikura Island caused by the dramatically increase of invasive feral cats was not surveyed except for the sharp decrease of the world largest population of the streaked shearwaters (*Calonectris leucomelas*). To know the present status of the endemic flightless stag beetle (*Lucanus gamunus*), we did the first-count-survey by means of line transects, pitfall traps and hearing investigation to villagers on Mikura Island in spring, 2017. We also collected cat spoors and recorded the cause of their death throughout the surveys. We surveyed the insular birds by line transects and have got the data which will contribute to monitor the status of the insular birds.

In the endemic stag beetles *Lucanus gamunus*, we obtained the following results.

- ① An unrepairable vicariance occurred along the areas in the total length of 15 km mountainous road constructed through the eastern half of the island in the 1980's and the 1990's. Villagers had found that the pollution decreased dramatically immediately after construction and has never recovered yet.
- ② Our line transect surveys supported this. When compared with the line transect survey along the other main road, the situation of a decline due to the vicariance by the paved road still continues.
- ③ It was confirmed from interviews and the remains in cat feces collected at this time that invasive cats eat this species.
- ④ The causes of heat death, road kills and captive death in side ditches occurred frequently.
- ⑤ With these several anthropogenic factors, it became clear that there was considerable mortality pressure in the worldwide rare stag beetle *Lucanus gamunus*.

Key words: Oceanic island, flightless rare stag-beetle, insular birds, endangered animals, breeding season, monitoring study

底生動物からみた琉球列島の生物地理区分：とくに吐噶喇列島 における底生動物相調査とその遺伝構造解析

信州大学系統進化・系統地理学研究室

東城幸治¹・竹中將起²・谷野宏樹³

琉球列島には生物地理区分上の重要な境界が知られている。特に、悪石島と小宝島間における生物相のギャップは「吐噶喇ギャップ（渡瀬線）」と称され、旧北区と東洋区を区分する生物地理学上の境界として重要視されている。しかしながら、ハブ類などの限られた生物の分布情報に基づく知見があるものの、多くの生物種群を対象とした検証は十分になされていない。このような背景下、移動分散力の弱い淡水棲底生動物を対象に、分子系統地理学的な研究を実施した。従来、淡水棲底生動物類の調査自体がほとんど実施されていない吐噶喇列島の全有人島における調査をはじめ、琉球列島内の淡水棲底生動物相から列島内における集団構造や遺伝構造の解析を実施した。この結果、琉球列島では初となるコバントビケラを種子島・屋久島・中之島から記録するなど、ファウナ調査における一定の成果が得られた。琉球列島の底生動物を対象にした遺伝子解析においても、いくつかの興味深い結果が得られている。さらに、吐噶喇列島内で比較的多産した種群を対象とした遺伝子解析を継続中であるが、現時点では、吐噶喇列島内に大きな底生動物相のギャップがあること自体は確認できたものの、そのギャップが悪石島-小宝島間に位置づけられることを積極的に支持する知見は得られなかった。

キーワード：水生昆虫、分類、分布境界、生物相ギャップ、遺伝子、系統学

1. はじめに

日本は、以下に述べるような地球科学的スケールのユニークさもあり、日本列島の形成史とともに生物相の成立プロセスにおいても世界的にユニークな地域の一つである。生物多様性の高さや固有性も相まり、生物地理学における興味深い地域の一つと言える。

日本列島は、その大部分が「大陸島 Continental Island」要素で構成され、ユーラシア大陸から離裂するようにして形成されたとされる（ただし、伊豆諸島や小笠原諸島などは大陸とは陸続きになったことのない「海洋（大洋）島 Oceanic Island」要素）。この離裂はおおよそ 2,000 万年前から 1,500 万年前にかけて生じ

たとされている。また、この離裂は東北日本と南西日本が独立して生じたと考えられており、東北日本は反時計回りの回転運動を伴うように形成され、一方の南西日本は時計回りの回転運動を伴うようにして形成されたとされる（図 1；Otofuji et al. 1985; Tojo et al. 2017; 東城ほか 2019; Takenaka and Tojo 2019; 図は Takenaka and Tojo 2019 より。「Ma」は「百万年前」を意味する）。南西日本は比較的大きな陸塊として離裂形成されたものの、東北日本は島嶼的な状況が長く続いたと考えられている。なかでも東北日本と南西日本の境界域に当たる地域は、1,500-500 万年前の長きにわたり深い海峡で隔てられており、この時代の海峡部分はラテン語で

1: 信州大学 学術研究院 理学系 生物学領域 2: 信州大学大学院 総合工学系研究科 3: 信州大学大学院 総合医理工学系研究科
2019.1.7 受付 2019.4.5 公開



図1 日本列島の形成プロセス（地質学的な解釈；図は Takenaka and Tojo, 2019 より）



図2 琉球列島の地図と本研究で注目する2つの生物地理的な分布境界線（吐噶喇ギャップ・渡瀬線と慶良間ギャップ・蜂須賀線）

「深い溝」を意味する「フォッサマグナ Fossa Magna」と称されている。やがて、海底堆積物や火山活動による地殻の隆起により日本列島が陸続きになるが、この地域が日本列島の生物相の大きなギャップとなっていたり（i.e. この地での種分化や亜種分化）、同一種内であっても遺伝分化の境界として数多くの研究事例がある（cf. Tojo et al. 2017）。

このような日本におけるユニークな生物相の成立やその生物多様性の創出機構を考える際、上述したような地史の影響は大きく、大陸の東縁に位置していた陸塊が大陸から離裂したことは極めて重大な意味をもつと考えられる。陸域が分断されることにより、生物の移動分散における大きな障壁が形成されることに加えて、日本海や東シナ海の形成は、偏西風域に位置する日本にとっては湿潤な環境、豊かな水環境、降水に伴う攪乱などを創出したと考えられる。また、南北に長い配置は、北方では亜寒帯、南方では亜熱帯、北海道や中部山岳地域の高山帯では寒帯にも相当する気候区分に属するように、

多様な気候帯を縦断していることが多様なバイオーム Biome（生物群系）をカバーすることにも寄与している。

この（狭義の）日本列島の南に位置する琉球列島（図2、ここでは、九州南端から台湾北東にかけて位置する島嶼群を指し、南西諸島と同義として扱う）も、日本列島と同様に興味深い地史と生物相を有する。種多様性に加えて、固有性の高さも特筆に値する。特に、沖縄島北部・山原地域のヤンバルクイナ *Gallirallus okinawae*、奄美大島・徳之島のアマミノクロウサギ *Pentalagus furnessi*、西表島のイリオモテヤマネコ *Prionailurus bengalensis iriomotensis* などは代表格であり、生物学を専門にしない一般の人々においてさえもよく認知されている。琉球列島が「東洋のガラパゴス」と称される所以である。

このような観点から、琉球列島を対象とする生物相や生物地理研究は数多く試みられてきた。そして、生物相の比較から、吐噶喇（トカラ）ギャップと慶良間（ケラマ）ギャップとい

う2つの大きな生物地理区分における重要な境界が存在することはよく知られている。

吐噶喇ギャップは「渡瀬線」、慶良間ギャップは「蜂須賀線」とも呼ばれ、これらのギャップを境界にして北琉球（吐噶喇ギャップより北側）、中琉球（吐噶喇ギャップと慶良間ギャップとの間）、南琉球（慶良間ギャップより南側）とする区分もよく用いられている（図2）。これらの境界域は1,000 mを超える深い海の存在とも対応しており（小西 1965; 木崎 1985; 松本ほか 1996）、沖縄諸島と宮古諸島間に位置づけられる慶良間ギャップは鳥類相の違いから提唱されたものである。一方の吐噶喇ギャップは哺乳類相、爬虫類相、両生類相の違いに基づくと考えられ、一般的には悪石島と小宝島間（すなわち吐噶喇列島内の小さな島の間）にラインが引かれるものの、この重要なギャップを巡る詳細な部分においては、依然として曖昧さが残存しているとの指摘もある（Komaki and Igawa 2018）。確かに、ハブ類の分布北限は小宝島であり、悪石島以北には分布していないが、これらの両島間に重大な分布境界線を引くことの根拠となると、極めて難しいと言わざるをえない。その一方で、吐噶喇ギャップは世界的な生物地理区分となる旧北区 Palearctic region と東洋区 Oriental region を区分する重大な分布境界としても扱われており、本課題については慎重な再検討が必要と考えられる。

近年、淡水（陸水）域に生息する生物種群が生物地理学において重要な情報を提供し得ることが明らかになってきた（渡辺ほか 2006; Tojo et al. 2016, 2017）。河川や湖池沼に代表される淡水域に適応した生物種群は、移動分散が限定的となることは明白である。特に、独立した湖池沼環境に適応した水生生物は、飛翔能力や他の生物に付随して運ばれる可能性がなければ、独立した止水環境外へと分散することができな

い。一方、河川に適応した生物種群は、水系内であれば流水ネットワークとしての繋がり合いがあるものの、陸上や空中を利用できる生物とは異なり、面的・空間的な移動分散ではなく、河川系の「線」的ネットワーク内での分散に限定される。すなわち、線のネットワークとして接続していたとしても、源流域の冷水環境に適応した種群が下流域まで移動し、他の支流の源流域へと分散するようなことは極めて起こり難いことが想像される。中下流域の環境に適応した種群ほど、水系内での移動分散のスケールは相対的には大きくなる傾向が推察される（図3）。このような特徴を活かし、水生昆虫類を主な対象とした生物地理研究が、高い解像度で日本の地史と関連づけた議論が可能であるとする総説が公表されてきた（Tojo et al. 2016, 2017; 東城ほか 2019）。このような観点から、本研究では、琉球列島における底生動物相の把握とそれらの分布パターンから、生物地理的な考察を行うことを目的とする調査研究に着手した。なかでも、吐噶喇列島に関しては、底生動物相の調査自体がほとんど実施されていないことから、吐噶喇列島を中心とした調査研究を実施することとした。

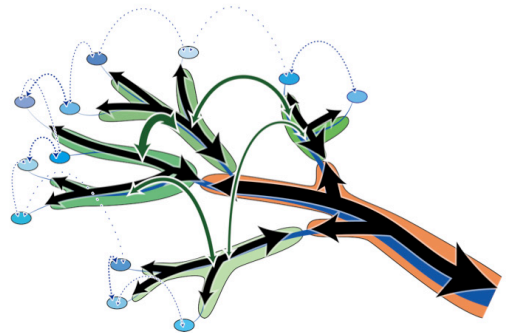


図3 水系の模式図と水生生物の分散経路やその強度と方向性のイメージ図（東城ほか, 2019 を改変）

II. 調査方法

吐噶喇列島をはじめとする琉球列島において、底生動物の調査サンプリングを実施した。なかでも、従来の調査研究がほとんど実施されていない吐噶喇列島の全有人島、中琉球地域においては渡名喜島、阿嘉島、渡嘉敷島などは島内のほぼ全ての河川（小河川や細流）や止水環境下での調査サンプリングを実施した。基本的には、淡水域内でのネットを用いたサンプリングを実施し、必要に応じて白色灯やブラックライトを用いたライトトラップ法を導入した。また、常設的な灯火（自動販売機）等に飛来した個体も採集した。

採取された試料については、形態観察用に 70 % エタノールで、また遺伝子解析用に 99.5 % エタノールで固定した。これらの標本を用いて、形態分類や遺伝子解析を実施した。遺伝子解析に関しては、基本的には種識別における DNA バーコーディング法の対象となるミトコンドリア遺伝子 COI 領域（658-bp）のほか、解析過程において必要性が生じた場合には、他のミトコンドリア遺伝子や核遺伝子の配列データについても解析を行った。基本的には、いずれの遺伝子領域においても、一般的に汎用されているプライマーセットを用いたダイレクトシーケンス法で行い、一部の種群に関しては、研究室内で設計した新規プライマーを用いて解析を行った。プライマー情報や解析手法に関しては、当該研究室において実施された公表論文の手法に準拠して行った（Sekiné et al. 2013, 2015; Suzuki et al. 2014; Saito and Tojo 2016a, b; Saito et al. 2018; Takenaka and Tojo 2019; Takenaka et al. 2019）。

III. 結果および考察

1. 琉球列島における底生動物相調査

1) 総合的底生動物相調査

これまでに実施した琉球列島での底生動物相の調査結果をまとめているが、膨大データを含む表となるためここでは割愛する。これらのデータには、独自に調査採集し、同定した結果に加え、文献調査において確認できた分類学的なデータのうち、信頼できる情報に関してはピックアップして整理した。

底生動物の生息状況に関しては、かなり多くの情報を蓄積させることができたものの、とくに当初の目的としたような吐噶喇ギャップ問題の本質に迫るような結果を得ることはできていない。サワガニ類においては、本州や四国・九州の広域にサワガニ *Geothelphusa dehaani* が生息し（ただし、大隅半島の肝属山地には別種のミカゲサワガニ *Geothelphusa exigua* が生息している）、屋久島や吐噶喇列島の中之島にも生息している。一方で、サカモトサワガニ *Geothelphusa sakamotoana* が沖縄島、奄美大島、徳之島、喜界島のほか、吐噶喇列島の宝島にも生息している。これらの分布情報は、サワガニが「本州+四国+九州+北琉球」の分布で、サカモトサワガニが「中琉球」の分布とも捉えることができ、これらの近縁種間での分布のギャップが吐噶喇列島内の少なくとも中之島と宝島間であることは確かである。しかしながら、これらの島間に位置する、諏訪之瀬島、平島、悪石島、小宝島においてサワガニ類を確認することはできなかった（おそらく生息していないと思われる）。

2) 新規発見記録

本調査研究においては、従来の分布情報にはない新規の水生昆虫類を記録することができた。すでに、昆虫類関係の専門誌上で公表したものもあるが、以下に列記する。

まず、渡嘉敷島においてタイワンモンカゲロウ *Ephemera formosana* が採集された（竹中ほか 2017）。本種は、台湾のほか、西表島や石垣

島といった南琉球に分布するほか、沖縄島においても記録されている。

また、日本列島広域（北海道、本州、四国、九州）に生息し、遠く離れた与那国島や台湾、そして東南アジア地域に分布するとして記録されていたコバントビケラ *Anisocentropus kawamurai* に関しては（Ito et al. 2012; Ito 2016, 2017）、近年の我々の調査において、対馬（Takenaka et al. 2013）や朝鮮半島（Takenaka et al. 2018）、中国本土でも生息を確認したほか、種子島や屋久島においても生息を確認していた（Tamura et al. 2015; Takenaka et al. 2018）。そして今回の調査において、吐噶喇列島からは初記録となる中之島において標本を採取し（Takenaka et al. 2018）、また久米島においても簡巢を確認した（Takenaka et al. 2018）。これで、北琉球・中琉球・南琉球の全てにおいてコバントビケラが生息していることとなった（図4）。

さらに、同じく吐噶喇列島初記録となるタイコウチ *Laccotrephes japonensis* を平島から採集した（Yano et al. 未発表）。

2. 琉球列島における底生動物の遺伝子解析

本研究では、琉球列島の底生動物が、日本や東アジアも含めた広域的な視点の中で、系統進化学的にどのように位置づけられるのか、といった観点での調査研究も並行して実施してきた。この課題に関しては、現在も継続して取り組んでできているところであるが、いくつかの代表的な事例を取り上げてみる。

1) トゲオトンボ類の遺伝子解析結果・考察

ヤマイトトンボ科 Megapodagrionidae のトゲオトンボ類（*Rhipidolestes* 属）は四国や九州の一部の地域に加えて琉球列島に広域的に分布するとともに、台湾や中国本土にも生息している。その生息環境（ハビタット）は特殊で、河川源流域で、なおかつ常時水しぶきがかかるような飛沫帯に幼虫（ヤゴ）が生息する。羽化後の成虫も飛沫帯周辺をゆっくりと飛翔するような種群であり、通常では遠距離を飛翔するような分散は生じえない。このようなハビタットはそれほど連続的に配置されることはないため、現在もトゲオトンボ類のハビタットは孤立散在

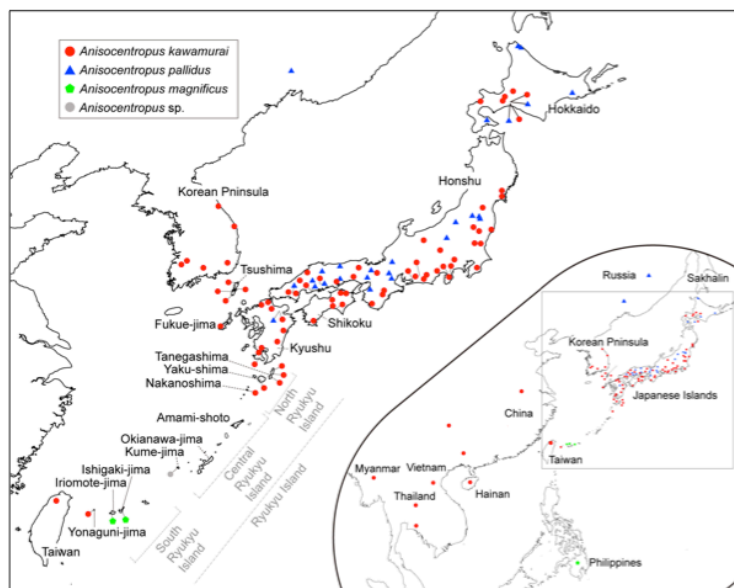


図4 コバントビケラ類（*Anisocentropus* 属）3種それぞれの分布域（Takenaka et al. 2018 より）

分布する傾向が強い。当然ながら、遺伝子流動の地理的スケールも小さくなり、地域集団間での遺伝分化も加速されやすい。それぞれの集団サイズも小さくなりがちであり、遺伝的な固定化も促進される。また、どのような遺伝子型に固定されるのかについては遺伝的浮動 random genetic drift の影響を強く受ける。

このような観点から、琉球列島に生息するトゲオトンボ類の全種に加えて、四国や九州、九州西部の離島（甕島）に生息するトゲオトンボ類、台湾に生息するトゲオトンボ類も加えて分子系統解析を実施した。その結果は、明確に北琉球・中琉球・南琉球それぞれが単一のクレードとして分化するようなものであった（図5; Tojo et al. 2017）。さらに、北琉球（屋久島）のトゲオトンボ類は四国や九州・甕島のトゲオトンボ類と単系統群を形成し、一方、南琉球（石垣島・西表島）のトゲオトンボ類は台湾のトゲオトンボ類と単系統群を形成した。

すなわち、トゲオトンボ類においても吐噶喇ギャップと慶良間ギャップは極めて大きな障壁として機能していることが明らかとなった。た

だし、トゲオトンボ類が生息できるような飛沫帯が形成されるためには、年間を通じて一定の水量が必要であり、吐噶喇列島のような小さな島嶼には生息することができないため、吐噶喇ギャップのより正確な位置づけ（悪石島 - 小宝島間でよいのかどうか）に関しては議論することができなかった。

2) ノギカワゲラ類の遺伝子解析結果・考察

ヒロムネカワゲラ科 Peltoperlidae のノギカワゲラ類 (*Cryptoperla* 属) は日本広域に生息しているが、本州・四国・九州のほか、佐渡島などの離島にも広く生息するノギカワゲラ *Cryptoperla japonica* とは別に、琉球列島にも広くノギカワゲラ類 (*Cryptoperla* spp.) が生息している。分類学的には未整理の状況であるが、おそらく複数種が生息しているとされ、配偶行動におけるドラミング（オス・メスが枝などの繁殖の場となる基質を腹部で叩きあいながら、その振動で交信（求愛）するとされる）のパターンは、島嶼間で異なることも報告されている（花田 私信）。

先のトゲオトンボ類と同様に源流域の飛沫帯

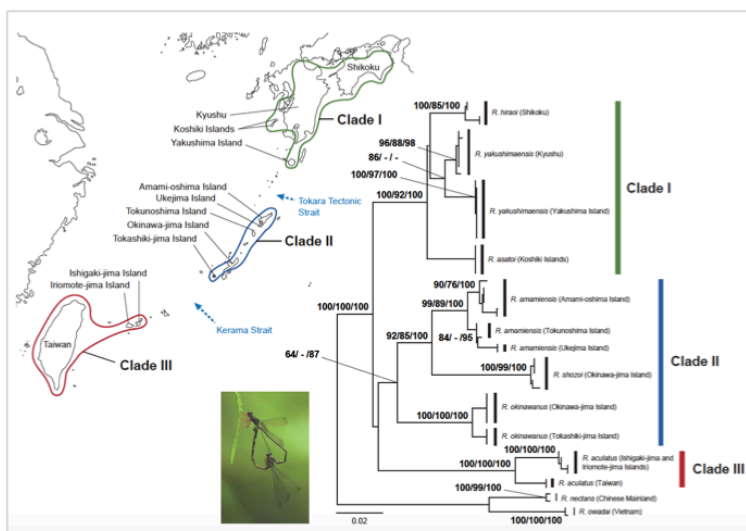


図5 トゲオトンボ類 (*Rhipidolestes* 属) の系統樹（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域）と各遺伝系統群 Clade の地理的分布 (Tojo et al., 2017 より)

を主たる生息ハビタットとするほか、山地溪流における大礫や巨礫の水際部分（水面の波立ちにより、水がかかる場所）に生息している。

本研究では、琉球列島も含む日本広域からノギカワゲラ類を採取し、遺伝子解析を実施したところ、本州・四国・九州と佐渡島の集団間では遺伝的な多型はほとんど検出されなかった（海峡を跨ぐような分布であるにも関わらず）。一方、琉球列島に関しては、島間での遺伝的分化が大きく、異なる島間で同一ハプロタイプ（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域）を共有するようなことは一切確認されていない。また、奄美大島と徳之島は遺伝系統的にも近縁であり、徳

之島に対して奄美大島が側系統群 Paraphyletic lineages として評価された。さらに、これらの奄美大島・徳之島系統は沖縄島の集団と単系統群を構成するとともに、互いに近縁な沖縄島と久米島のノギカワゲラ類に対して姉妹群となる（図6-7）。すなわち、「奄美大島・徳之島+沖縄島・久米島」として、中琉球がよく纏まる単系統群を構成した。また、南琉球の石垣島と西表島に関しては、十分な個体数の解析ではないものの、両島間では遺伝子型が大きく異なり、さらに台湾のノギカワゲラ類も加わり単系統群を構成する結果となった（図6-7）。すなわち、トゲオトンボ類と同様に南琉球+台湾の単系統性が支

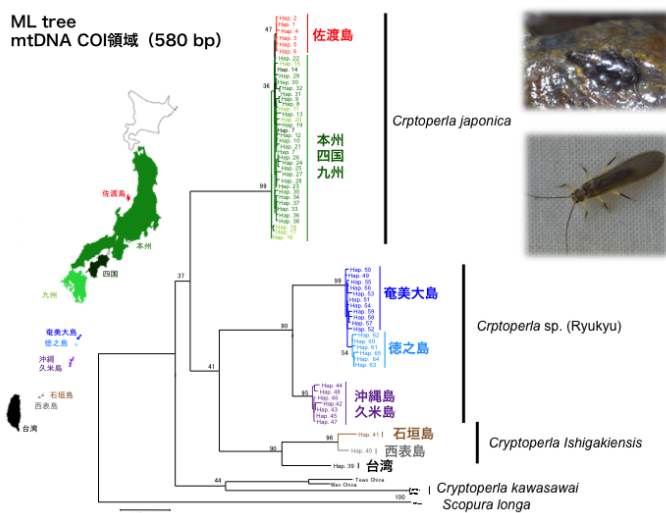


図6 ノギカワゲラ類（*Cryptoperla* 属）の系統樹と各遺伝系統群 Clade の地理的分布

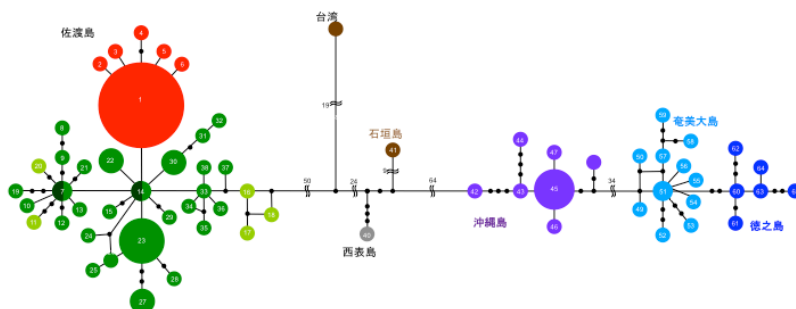


図7 ノギカワゲラ類（*Cryptoperla* 属）の遺伝子解析（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域）において検出されたハプロタイプのネットワーク図

持される結果となった。

3) コバントビケラ類の遺伝子解析結果・考察

アシエダトビケラ科 Calamoceratidae のコバントビケラ類は、日本国内から3種が記録されている。このうち、コバントビケラ *Anisocentropus kawamurai* の分布域は、前述の通り（図4として示した通り）、北海道・本州・四国・九州、そして対馬や朝鮮半島、東南アジア地域に広域分布するほか、台湾と与那国島からも記録されている。一方、ウスイロコバントビケラ *Anisocentropus pallidus* も東アジア地域に広域分布するもののやや北方系であり、北海道・本州・九州のほか、ロシア沿海州からも記録されている。残る1種、ニシキコバントビケラ *Anisocentropus magnificus* は石垣島と西表島、そしてフィリピンのミンドロ島やミンダナオ島から記録されている（図4）。これら3種の分布は極めて不可思議であるが、コバントビケラとウスイロコバントビケラはそれぞれ流水の山地溪流域と自然の止水環境（湖池沼）にニッ

チ（ハビッタット）分化をしている一方で、ニシキコバントビケラは流水・止水の両方のハビッタットに生息している。

これら3種を対象に、遺伝子解析を行った結果（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域、核遺伝子 histone H3 領域）を示す（図8-11）。加えて、これまでにかかなり多くの生息地情報が集積されてきたので、現在知られている生息地点の情報に気候データを加味し、ソフトウェア MAXENT を用いて現在の潜在的な分布可能域を推測してみた（図12）。さらに、気候データをもとに、最終氷期最寒冷期（LGM）の分布予測についてもシミュレーションしてみた。3種それぞれにおいて、LGM から現在に至るまで、異なる分布域の変遷を辿ったと考えられ、このうちコバントビケラとニシキコバントビケラでは、琉球列島が重要な地域として評価され、実際にコバントビケラは、琉球列島においては分断的ではあるものの、北琉球・中琉球・南琉球を含む日本広域、そして台湾や大陸からも記

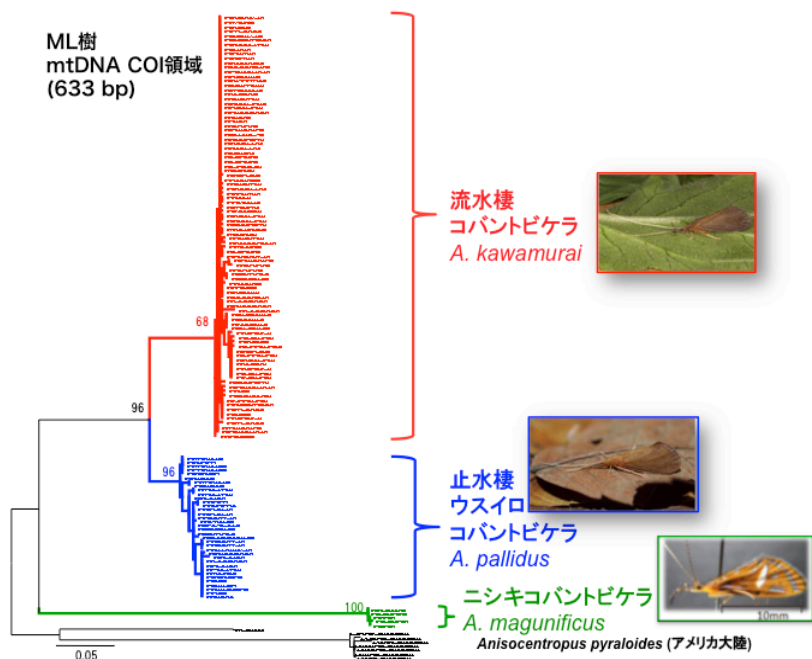


図8 コバントビケラ類（*Anisocentropus* 属）の系統樹（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域）と各遺伝系統群 Clade の地理的分布

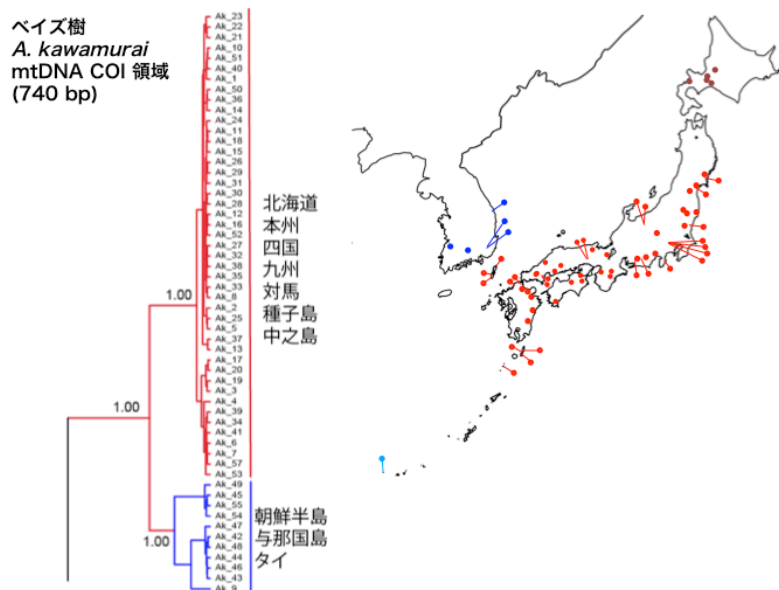


図 11 コバントビケラ *Anisocentropus kawamurai* の種内系統樹（ミトコンドリア遺伝子 COI 領域）と各遺伝系統群 Clade の地理的分布

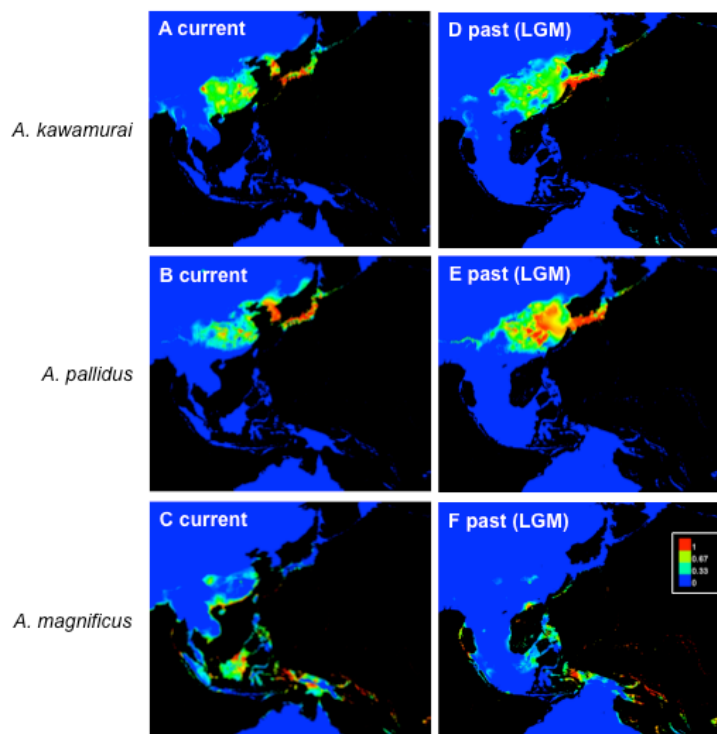


図 12 コバントビケラ類 (*Anisocentropus* 属) 3 種それぞれの現在の分布域から推定される潜在的な分布域、ならびに最終氷期最寒冷期 (GLM) における推定分布域。いずれもソフトウェア MAXENT-n を用いた解析結果 (Takenaka et al. 2018 より)。

録されているので、今後の分布調査に加えて、地域集団レベルでの遺伝構造や系統の解析は重要な意味をもつ。また、ニシキコバントビケラについては、ミンダナオ島・ミンドロ島と石垣島・西表島という不思議な分布域をもつことから、これらの系統進化史や分散プロセスなどもさらに検討を重ねる必要がある。台風や津波、海流に因るような、地史とは異なる分散パターンを考慮する必要があるのかもしれない。

4) サワガニ類の遺伝子解析結果・考察

前術のように、サワガニ類は琉球列島における極めて重要な種群であると考えられる。日本には1科3属22種のサワガニが記録されているが、このうちの21種が琉球列島に生息している。このうちの1種、サワガニ *Geothelphusa dehaani* は、本州・四国・九州そして一部の離島（八丈島）にも生息する。残る1種、ミカゲサワガニ *Geothelphusa exigua* は九州の中でも大

隅半島（肝属山系）にのみ局所的に生息する特異な種である。このようなことから、サワガニ類の生物地理は、今後の琉球列島の地史との議論の上で、とても興味深い対象と言える。

しかしながら、本研究で実施したミトコンドリア遺伝子 COI 領域の解析結果においては、極めて難解な結果が得られており（図13）、形態形質に基づく分類体系を大幅に見直す必要があるのかもしれない。特に、1種とされてきたサワガニが単系統群を構成しないのみならず、我々が実施した海水での飼育実験において、極めて強い海水耐性を有することも明らかとなったことから、かなり複雑な海流分散などを考慮する必要があるであろう。このような理由から、図13に示した系統樹は、形態形質に基づく種同定の結果を一旦保留にした上で、*Geothelphusa* spp. としての系統樹として示すこととした。

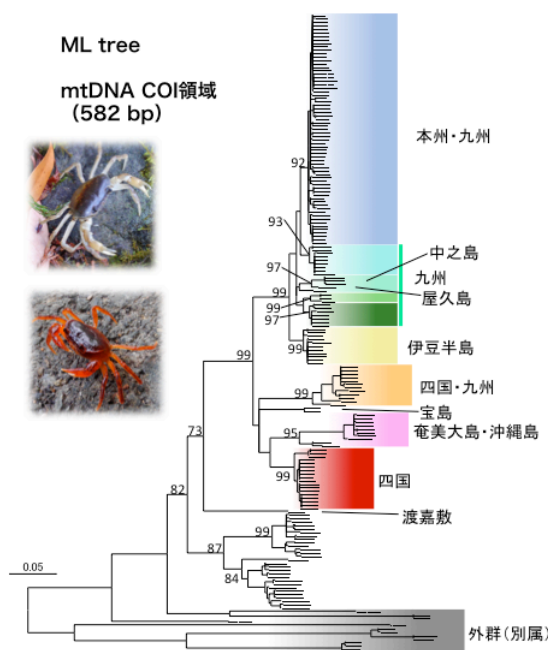


図13 サワガニ類(*Geothelphusa* 属)の系統樹(ミトコンドリア遺伝子 COI 領域)と各遺伝系統群 clade の地理的分布。ここでは、形態形質に基づく種同定の結果を示さず、この種群（複数種を含む）の地理的分布と遺伝構造のみを示している。

IV. おわりに

本研究では、琉球列島における底生動物相調査、その遺伝構造の地理的パターンの評価を実施した。これらの結果は、生物多様性や固有性の観点における琉球列島の重要性を改めて示すとともに、新たな課題も提示した。

また大まかには、吐噶喇列島内に存在することでは疑いないであろう吐噶喇ギャップ、中琉球と宮古諸島間に位置づけられる慶良間ギャップの存在とその大きな意義についても再確認された。一方で、吐噶喇ギャップがはたして悪石島 - 小宝島間でよいのかどうか？ に関する課題においては、底生動物からは明確な答えを提示することができなかった。Komaki and Igawa (2018) によると、吐噶喇列島の海域では、悪石島 - 小宝島間はもちろんのこと、他の島間においても深い海峡となっており、吐噶喇列島の海域全体として生物相における重要なギャップとして機能しているのかもしれない。

さらに、Komaki and Igawa (2018) では、吐噶喇列島内の植物相のデータを精査し直すことで、どの島間に植物相的なギャップが存在するかを再検討したところ、悪石島 - 小宝島間が唯一ギャップとしては評価されず、他の島間においても統計学的には同等なギャップが存在することを示している。これらの背景からは、吐噶喇ギャップに関しては、「吐噶喇列島内のいずれかのエリアに存在していることは確かである」といった程度の緩やかな定義として扱っていくのが妥当ではないかと考える。科学的に明確な根拠となるデータがないままに、「吐噶喇ギャップ」=「悪石島 - 小宝島間」という解釈だけが一人歩きしてしまっていることには、警鐘を鳴らす必要がある。

V. 謝辞

本調査研究を進めるに際し、小巻翔平博士（岩手医科大学）、伊藤富子博士（北海道水生生物研究所）には随所で議論をいただくなど、たいへんお世話になった。また、吐噶喇列島での調査・サンプリングに際しては、許認可も含めて十島村にはご協力をいただいた。さらに、久米島ホテル館の佐藤文昭氏には調査サンプリングにおける便宜をお図りいただいたことに加えて、様々なアドバイスをいただいた。西表島での調査サンプリングにおいては、琉球大学熱帯生物圏研究センター、東海大学沖縄地域研究センターにお世話になった。この他にも多くの皆様にご協力をいただきながら研究を実施させていただいた。ここにお礼申し上げる。

VI. 引用文献

- Ito, T. 2016. Biology of *Anisocentropus pallidus* (Martynov) (Trichoptera, Calamoceratidae): Laboratory and field observations. *Zoosymposia* 10: 214-223.
- Ito, T. 2017. A checklist of caddisflies (Trichoptera) of the Ryukyu Archipelago, southwestern Japan. *Biology of Inland Waters* 32: 87-105.
- Ito, T., Hayashi, Y. and Shimura, N. 2012. The genus *Anisocentropus* McLachlan (Trichoptera, Calamoceratidae) in Japan. *Zootaxa* 3157: 1-17.
- 木崎甲子郎 1985. 「琉球弧の地質誌」沖縄タイムス社，那覇.
- Komaki, S. and Igawa, T. 2017. The widespread misconception about the Japanese major biogeographic boundary, the Watase line (Tokara gap), revealed by bibliographic and beta diversity analyses. *BioRxiv* doi: <https://doi.org/10.1101/186775>
- 小西健二 1965. 琉球列島（南西諸島）の構造区分. *地質学雑誌* 71: 437-457.
- 松本 剛・木村政昭・仲村明子・青木美澄 1996. 琉球弧のトカラギャップおよび慶良間ギャップにおける精密地形形態. *地学雑誌* 105: 286-296.

- Otofujii, Y., Matsuda, T. and Nohda, S. 1985. Opening mode of the Japan Sea inferred from the palaeomagnetism of the Japan Arc. *Nature* 317: 603-604.
- Saito, R. and Tojo, K. 2016a. Complex geographic and habitat based niche partitioning of an East Asian habitat generalist mayfly *Isonychia japonica* (Ephemeroptera, Isonychiidae), with reference to differences in genetic structure. *Freshwater Science* 35: 712-723.
- Saito, R. and Tojo, K. 2016b. Comparing spatial patterns of population density, biomass, and genetic diversity patterns of the habitat generalist mayfly *Isonychia japonica* Ulmer (Ephemeroptera, Isonychiidae), in the riverine landscape of the Chikuma-Shinano River Basin. *Freshwater Science* 35: 724-737.
- Saito, R., Kato, S., Kuranishi, R.B., Nozaki, T., Fujino, T. and Tojo, K. 2018. Phylogeographic analyses of the *Stenopsyche caddisflies* (Trichoptera: Stenopsychidae) of the Asian Region. *Freshwater Science* 37: 562-572.
- Sekiné, K., Hayashi, F. and Tojo, K. 2013. Phylogeography of the East Asian polymitarcyid mayfly genus *Ephoron* (Ephemeroptera: Polymitarcyidae): A comparative analysis of molecular and ecological characteristics. *Biological Journal of the Linnean Society* 109: 181-202.
- Sekiné, K., Hayashi, F. and Tojo, K. 2015. Unexpected monophyletic origin of *Ephoron shigae* unisexual reproduction strains and their rapid expansion across Japan. *Royal Society Open Science* 2: 150072.
- Suzuki, T., Kitano, T. and Tojo, K. 2014. Contrasting genetic structure of closely related giant water bugs: Phylogeography of *Appasus japonicus* and *Appasus major* (Insecta: Heteroptera, Belostomatidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 72: 7-16.
- Takenaka, M. and Tojo, K. 2019. The ancient origin and large genetic differentiation across the geo-tectonic faults of a dipteromimid mayfly family endemic to the Japanese Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* (in press).
- Takenaka, M., Shibata, S., Suzuki, T. and Tojo, K. 2013. Distribution record of *Anisocentropus caddisfly* (Trichoptera: Calamoceratidae) in Tsushima Island. *New Entomologist* 62: 45-49.
- 竹中將起・趙 在翼・東城幸治 2017. 琉球列島・渡嘉敷島におけるタイワンモンカゲロウの初記録. *New Entomologist* 66: 30-32.
- Takenaka, M., Shibata, S., Shimura, N., Ito, T. and Tojo, K. 2018. Update on distribution area information of three species of *Anisocentropus* caddisflies inhabiting the Japanese Islands (Trichoptera: Calamoceratidae). *New Entomologist* 67: 13-20.
- Takenaka, M., Sekiné, K. and Tojo, K. 2019. The First establishment of “Hand-pairing” cross-breeding method for the most ancestral wingacquired insect group. *Zoological Science* (in press).
- Tamura, M., Takenaka, M., Tojo, K. 2015. New record of the caddisfly genus *Anisocentropus* (Trichoptera: Calamoceratidae) on Yaku-shima Island. *New Entomologist* 64: 55-59.
- Tojo, K., Sekiné, K., Suzuki, T., Saito, R. and Takenaka, M. 2016. Chapter 8. The species and genetic diversities of insects in Japan, with special reference to the aquatic insects. In: *Species diversity of animal in Japan* (Motokawa, M. and Kajihara, H. eds). Springer, Japan, Tokyo.
- Tojo, K., Sekiné, K., Takenaka, M., Isaka, Y., Komaki, S., Suzuki, T. and Schoville, S.D. 2017. Species diversity of insects in Japan: Their origins and diversification processes. *Entomological Science* 20: 357-381.
- 東城幸治・竹中將起・谷野宏樹 2019. 地史の影響を強く反映する水生昆虫類の生物系統地理. *生物科学*. (印刷中)
- 渡辺勝敏・高橋 洋・北村晃寿・横山良太・北川忠生・武島弘彦・佐藤俊平・山本祥一郎・竹花佑介・向井貴彦・大原健一・井口恵一朗 2006. 日本産淡水魚類の分布域形成史：系統地理的アプローチとその展望. *魚類学雑誌* 53: 1-38.

Biogeographical classification of the Ryukyu Archipelago as seen from the freshwater benthos: with special references to investigation of benthic fauna and their genetic structure in the Tokara Islands

TOJO Koji, TAKENAKA Masaki and YANO Koki

Within the Ryukyu Archipelago, there are two important boundaries in the biogeographic classification are known. In particular, the biogeographic boundary between Akuseki-jima and Kodakara-jima Islands is called “Tokara Gap (Watase Line)”. This gap is especially treated as a important boundary on biogeography that distinguishes “Palearctic Region” and “Oriental Region”. However, although there are findings based on distribution information on limited organisms such as viper snakes (i.e., Habu), verification based on other many animal and/or plant groups have not been done sufficiently. Under such circumstances, molecular phylogenetic analyses were conducted on freshwater benthic animals with weak dispersal ability. Firstly, a survey was conducted to clarify the benthic fauna in all of the Tokara Islands, where research on freshwater benthic animals has not been carried out. Subsequently, the population structure and genetic structure of each freshwater benthic animal in the Ryukyu Archipelago were analyzed. As a result, certain achievements in the fauna survey were obtained, including the first record of *Anisocentropus* caddisfly in Tanegashima, Yakushima, Nakanoshima Islands in the Ryukyu Archipelago. Several interesting and significant results have also been obtained in genetic analyses of benthic animals of the Ryukyu Archipelago. Currently in addition, genetic analyses are conducted for species group collected relatively much in Tokara Islands. Although it was confirmed itself that there was a large gap of benthic fauna within the Tokara Islands, it was not able to obtain the finding that actively supports that gap is positioned between Akuseki-jima and Kodakara-jima.

Key words: aquatic insects, taxonomy, distribution boundary, gap of biota, DNA phylogeny

大東諸島における海洋島生物多様性保全のためのビロウを中心とする固有生態系の解明

大東諸島生物相研究グループ

伊澤雅子¹・傳田哲郎¹・佐々木健志²・

安部慶一郎^{3,4}・小林 峻¹・吉田拓海¹

大東諸島の生態系の保全をめざして、島の生態系の中心をなすビロウとそれをめぐる動物相との関連を調べた。本地域のビロウは他の地域と異なる特性を持つが、その起源は明らかにならなかった。唯一の固有哺乳類のダイトウオオコウモリはビロウを台風後の補償的食物としていること、高木の少ない本地域においてねぐらとして利用し、その際に集団ねぐらを形成することなどが明らかになった。また、同様にビロウを利用すると予想される南大東島固有のヒサマツサイカブトムシについては、過去4年以上にわたって幼虫・成虫ともに発見できず、生息個体数は極めて少ないものと推測された。ビロウの保全上の課題として台湾カブトムシによる食害の状況のモニターを続けている。現在、行政機関による捕獲が行われているが、南・北大東島ともに台湾カブトムシの捕獲数は増加傾向にあり、現在のトラップ数では十分な駆除効果が得られていないことが明らかになった。

キーワード：琉球諸島、ダイトウオオコウモリ、ヒサマツサイカブト、台湾カブト、島嶼環境

1. 背景と目的

大東諸島は、沖縄島から約 360 km 東に位置する琉球諸島で唯一の海洋島群である。海洋島は地史の中で大陸と陸続きになったことがなく、大陸島とは異なる多くの固有種・固有亜種に代表されるユニークな生態系を有する。大東諸島は特異な歴史的背景も持つ。無人島であった南北大東島は、1900 年の入植時に島のほとんどの植生が切り開かれ、短期間のうちに島の大半がサトウキビ畑となった。初期の伐採の過程で、数種の固有種が絶滅した。

入植以前に全島に広がっていた森林はビロウが優占する林であったが（南大東村誌編集委員会 1966）、現在、森林と呼べる環境は、島を屏風

のように囲む石灰岩堤の崖錐地形である幕（はぐ）に残された幕林（はぐりん）と、池の中の島やドリーネに残った林のみであり、南北大東島ともにサトウキビ畑が島の大半を占める。幕林ではビロウ *Livistona chinensis* (Jacq.) R.Br. ex Mart. var. *subglobosa* (Hassk.) Becc. が著しく優占する（宮城 1989; 南大東村誌編集委員会 1966）。大東諸島のビロウは大東諸島の固有変種ダイトウビロウ *L. chinensis* R. Br. var. *amanoi* Murata, nom. nud. として扱われることがあるが、分類学的に正式に記載されておらず裸名であることから、本研究ではビロウとして扱う。

植生の優占種であるビロウは、大東諸島の生態系の中心となっていると考えられる（伊澤

1: 琉球大学理学部 2: 琉球大学博物館（風樹館） 3: 琉球大学理工学研究科 4: (現) 天理教校学園高等学校
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

ほか 2014). 大東諸島固有亜種のダイトウコノハズク *Otus elegans interpositus* による営巣場所としての樹洞の利用 (高木ほか 2005), ダイトウメジロ *Zosterops japonica daitoensis* による巣材としての繊維の利用 (伊澤ほか 2014) などが知られており, 南大東島固有のヒサマツサイカブト *Oryctes hisamatsui* もその繁殖場所をビロウに依存していると考えられている (下地 2012).

一方で, 数年前から大東諸島にヤシ類を食害する外来種タイワンカブト *Oryctes fhinoceros* が侵入し, 爆発的に個体数が増加したことでビロウの食害が進み, 枯死する個体も見られるようになっていいる. 限られた面積に残されている大東諸島のビロウ林がさらに減少するようなことがあれば, ビロウに直接的・間接的に依存する多くの生物が絶滅に至る恐れがある.

大東諸島の特異な海洋島嶼生態系の維持のためにはキーとなるビロウの保全と, ビロウと他の生物のネットワークの維持が重要であり, ビロウおよびビロウを利用する固有動物についての基礎データの集積と継続したモニタリングが必要である. 本研究では, 大東諸島のビロウと固有動物との関係を明らかにすることを目的とした. また, これまで資料の蓄積が少ない北大東島にも重点をおいて調査を行った.

II. 大東諸島のビロウについて

1. ビロウの開花フェノロジー

我々はこれまでにプロ・ナトゥーラ・ファンD (第 22 期, 27 期) の助成, 環境省による委託事業, 自身の研究費によってビロウの生態に関する調査を実施して来た. その中で, 伊澤ほか (2014) および傳田ほか (2018) は, 大東諸島のビロウは沖縄島や西表島等の他地域と比べ花期が長いこと, 秋に開花する個体 (秋冬型) と春に開花する個体 (春型) の二型があること

を示した. 現在のところ大東諸島だけにみられるこれらの特性はビロウと他生物との関係においても注目すべき点であると考えられる. これまでの調査を継続するとともに, 北大東島における調査も実施し, これらの特性が南北大東島共通のものであることを確認することを目指した.

1) 方法

南大東島において 300 個体, 北大東島において 156 個体のビロウを調査対象にした. 南大東島では 2011 年 12 月～2017 年 12 月, 北大東島では 2014 年 10 月～2018 年 9 月に, 2 週間あるいは 1 カ月に 1 回の頻度で開花個体の調査を行った. 1 回の調査で全ての調査木を見回り, 各個体の開花の有無を記録した. なお, 各島で台風やタイワンカブトによる食害等で調査木が枯死したため, 調査開始から調査終了までに, 調査木は南大東島で 300 個体から 287 個体, 北大東島で 156 個体から 153 個体に減少した.

2) 結果と考察

今回の調査結果を, これまでに南北大東島で継続して来た調査, および沖縄島で継続して来た調査の結果と合わせ, ビロウ開花個体の割合 (開花個体数/調査木数×100) の季節変化を図 1 に示した. 南大東島と北大東島のビロウは 9 月から 4 月にかけて開花し, 開花期間は約 6 カ月に及んだ. 一方, 沖縄島のビロウは, 2 月か

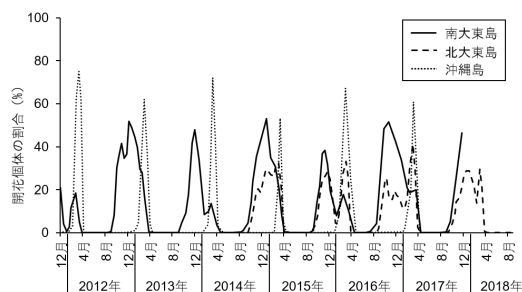


図1 南大東島, 北大東島, 沖縄島におけるビロウ開花個体の割合の季節変化

ら5月上旬に開花し、開花のピークは3月下旬から4月上旬にかけてであった。前述した大東諸島のビロウに見られる開花特性は安定したものであり、かつ南北大東島に共通するものであることが確認された。

2. 南北大東島のビロウに見られる遺伝的変異

これまでの研究から、大東諸島のビロウは他の地域と比べて遺伝的多様性が高い可能性が示唆されている（伊澤ほか 2015）。隔離された海洋島の集団が高い遺伝的多様性を保持していることは学術的に興味深いと同時に、ビロウを保全する上でも重要と考えられる。大東諸島のビロウに見られる遺伝的多様性の重要性を議論する上で、大東諸島のビロウがどのようにして海洋島に侵入し、遺伝的多様性が形成されたかを明らかにする必要がある。ここでは、大東諸島のビロウの起源を明らかにするための試みとして、葉緑体 DNA（以下 cpDNA）の塩基配列情報を用いたビロウの分子系統学的解析を行った。

1) 材料

分子系統学的解析には、大分県の佐伯市深島 1 個体、鹿児島県の西之表市安城（種子島）1 個体、龍郷町赤尾木（奄美大島）1 個体、沖縄県の伊平屋村賀陽山（伊平屋島）1 個体、伊是名村メナー山（伊是名島）1 個体、座間味村大岳（座間味島）1 個体、南大東村（南大東島）7 産地 7 個体、北大東村地藏前（北大東島）2 個体、石垣市於茂登（石垣島）1 個体、与那国町満田原森林公園（与那国島）1 個体の、計 17 個体を用いた。南大東島で採集したビロウのうち、5 個体（星野洞、南東開発、本場海岸、空港道路、日の丸山 1）は秋から冬にかけて開花する秋冬型、1 個体（内幕東）は春に開花する春型、残り 1 個体（日の丸山 2）の開花期は不明であった。また、北大東島で採集したビロウ 2 個体は春型であった。外群として比較するた

め、東京都小笠原村（父島）のオガサワラビロウ *L. boninensis* (Becc.) Nakai 1 個体、香港深センのビロウ基本変種 *L. chinensis* var. *chinensis* 1 個体も解析に加えた。

2) 方法

① DNA の抽出

DNA の抽出には生葉、もしくは野外で採集した後にシリカゲルで乾燥させた葉のいずれかを用いた。生葉からは、通常の CTAB 法により全 DNA を抽出した。また、乾燥葉からは、MagExtractor Plant Genome (TOYOBO) を用いて全 DNA を抽出した。

② 解析領域の探索

系統解析に用いる領域を検討するため、Scarcelli et al. (2011) がリストアップしている単子葉類の集団解析に利用可能な cpDNA の 100 領域の中から、21 領域 (*trnV-trnI6*, *trnI intron*, *trnT-trnD*, *rrn16-trnI*, *rrn16 exon*, *clpP intron1*, *ycf1-rrn5*, *trnV-atpB*, *trnV intron*, *trnL intron*, *trnK-rps16*, *trnG intron*, *trnfM-psaB*, *rps16-trnQ*, *rps15-ycf1*, *rps12 intron/exon*, *rpl2 intron/exon1-2*, *rpl16-rps3*, *psbZ-trnfM*, *psbK-trnS*, *psbA-trnK*) を選抜した。次に、大分県、南大東島、与那国島のビロウ 3 個体について 21 領域すべてを PCR 増幅後、塩基配列を決定した。得られたデータについて変異の有無を確認した後、変異が確認された領域について、すべてのサンプルの塩基配列を決定した。

PCR 反応液の組成と温度条件は、伊澤ほか (2015) に従った。得られた PCR 増幅産物のサイズを 2 % アガロースゲル電気泳動により確認した後、ナノドロップ (Thermo Fisher Scientific) を使用して DNA 量を測定した。得られた PCR 増幅産物について、株式会社マクロジェン・ジャパンに委託して塩基配列を決定した。決定した塩基配列は MEGA6.06 (Tamura et al. 2013) を用いて配列し、その後手動で挿入・

欠失の調整をおこなった。

3) 結果と考察

解析領域を決定するために解析した大分県佐伯市深島、南大東村日の丸山、与那国村与那国の塩基配列をアラインメントした後の長さは、最短が *trnV-trn16* 領域の 441 bp、最長が *ycf1-rrn5* 領域の 1,468 bp で、21 領域を合わせた合計サイズは 16,989 bp であった。今回解析したこれらの領域のうち、産地間で変異が見られたのは *clpP* intron 領域の 1 塩基座のみであった。この領域について全サンプルの塩基配列を決定して比較した結果、前述の 1 塩基座に見られた変異以外は、全く変異が検出されなかった。先行研究（伊澤ほか 2015）で行われた STRUCTURE 解析の結果で、大東諸島のビロウは他の島嶼集団と遺伝的構造に違いがあるとされていた。また、秋冬型と春型のビロウは開花のピークが 2～3 カ月ほど離れていることから、二型間で生殖的隔離が進み、遺伝的な分化も期待された。しかし、今回解析した葉緑体 DNA の 21 領域にはほとんど変異が見られず、これら二型間の関係の他、大東諸島のビロウの起源を推定することはできなかった。

Ⅲ. 固有動物の生息状況およびビロウとの関連について

1. ヒサマツサイカブトの生息状況

ヒサマツサイカブトは、1957 年に南大東島で採集され愛媛大学農学部昆虫学教室に保管されていた標本をもとに、2002 年に新種として記載された南大東島の固有種である（図 2）。本種は発見例も乏しく詳しい生態については不明であるが、これまでの調査から南大東島のビロウ林のみに生息し、タイワンカブトと同様に幼虫は枯死したビロウの幹の腐植物を餌にしていると推察され、成虫の発生期は 6～11 月で、灯火に飛来することが明らかになっている



図 2 ヒサマツサイカブト。2011 年の調査で採集されたオスの生体。

（佐々木 2017）。

本研究では、本種の保全に必要な生態的な知見を得るため、南大東島のビロウ林での生息状況調査と発見情報に関する調査を実施した。生息状況調査では、これまでにヒサマツサイカブト成虫が発見された場所に隣接したビロウ林を中心に生息確認を行った。

1) 方法

調査は、2017 年 8 月 11 日～13 日、10 月 14 日～15 日、2018 年 1 月 22 日～23 日、9 月 23 日～24 日の計 4 回実施した。本種の発見記録のある内幕（島の内側に残されている防風潮林）のビロウ林に幅 50 m×長さ 100 m の調査区 2 箇所と幅約 30 m×長さ 50 m の調査区 1 箇所を設置し、2 名の調査員によってビロウの倒木を探索し、樹幹内部の腐植を取り出して幼虫や成虫の確認を行った（図 3a）。また、2017 年 8 月 12 日の夜間に、生息調査を実施したビロウ林の林縁部で、水銀灯を用いた灯火採集調査を実施した（図 3b）。さらに、ヒサマツサイカブトの近年の発見情報について、南大東村役場の職員から聞き取り調査を行った。

2) 結果と考察

今回の林内生息調査では、合計で 6 本のビロウの倒木を発見し、樹幹内の腐植を掘り出してヒサマツサイカブトの生息確認を行ったが、い

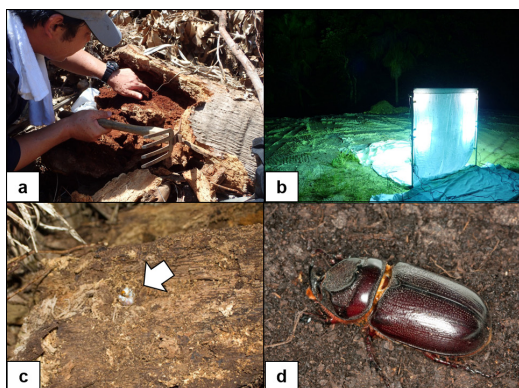


図3 採集風景と台湾カブト。a. ビロウの倒木の探索風景, b. 灯火採集風景, c. 倒木から採集された台湾カブトの幼虫（矢印部分）, d. 羽化した成虫。

ずれの倒木においても成虫を確認することはできなかった。また、そのうちの1本の倒木から発見された *Oryctes* 属と思われる幼虫（図3c）を研究室に持ち帰り飼育した結果、約半年後に羽化し、台湾カブトであることが確認された（図3d）。このことから、台湾カブトがビロウ林内にも侵入し、ビロウの枯損木で繁殖していることが確認された。また、林縁部で実施した水銀灯による灯火採集調査でも、本種の飛来は確認できなかった。

一方、ヒサマツサイカブトに関する情報収集の協力依頼を行っていた南大東村役場の職員から聞き取り調査を行った結果、過去4年にわたってヒサマツサイカブトの目撃例のないことが明らかになった。この間に、島外からの昆虫採集者などによって発見されている可能性も考えられるが、インターネットや文献等による採集報告なども見つけれなかったことから、本種の生息状況は極めて危機的な状態にあるものと推察される。

2. ダイトウオオコウモリによるビロウの利用

ダイトウオオコウモリ *Pteropus dasymallus daitoensis*（国内希少野生動植物種、国指定天然記念物、絶滅危惧IA類）（以下混乱のない限り

オオコウモリとする）はクビワオオコウモリの南北大東島固有亜種である。本研究では、ダイトウオオコウモリにとってのビロウの餌資源およびねぐらとしての価値を査定することを目的とする。

2-1. ダイトウオオコウモリによる餌資源としてのビロウの利用

1) 方法

① ビロウのセンサス

ビロウの開花状況、オオコウモリによる利用状況を調べるために調査頻度の異なる2つのセンサスを行った。南大東島と北大東島でビロウ各100個体を選定し、開花した花序の有無とオオコウモリの食痕の有無をビロウの個体ごとに記録した。センサスAは、年間の状況を明らかにするために南大東島では2016年8月～2017年12月、北大東島では2016年12月～2017年12月に月に1回、センサスBは、ビロウの花序の成長段階にしたがったオオコウモリによる詳細な利用状況を明らかにするために、2016年10～11月、2017年2～3月に南大東島で、2016年12月、2017年3～4月に北大東島で1日おきに行った。オオコウモリに花序を採餌されたビロウの下には食い落とされた花序が落ちており、これを食痕とした。

② 餌植物のフェノロジーとオオコウモリの食痕のセンサス

ビロウ以外の餌植物の開花・結実状況、オオコウモリによる利用状況を調べるために、ビロウと同様、調査頻度の異なる2つのセンサスを行った。調査木は、中本ほか（2007）によるクビワオオコウモリの餌リストから、ダイトウオオコウモリが利用する餌植物計15種を選んだ。南大東島では2015年1月～2017年12月、北大東島では2016年12月～2017年12月に行った。全ての調査木を見回り、花と果実の有無、オオコウモリの食痕やペリットの有無を記録

した。花や花序が餌となる餌植物では咲いた花や花序を付けた個体、果実が餌となる餌植物では成熟した果実がある個体を利用可能個体とし、調査日ごとに各餌植物の利用率（食痕が見られた個体数／利用可能個体数×100）を算出した。

また、2017年10月21日～22日に台風21号が大東諸島を襲った。そこで、ビロウや他の餌植物の開花・結実状況、オオコウモリによる利用状況への台風の影響を明らかにするために、2017年10月～11月にも同様の調査を行った。

2) 結果

① 餌植物の開花・結実フェノロジー

ビロウの開花とオオコウモリによる利用の月変化を図4に示した。ビロウは、9月から4月に開花し、南大東島では2016年10月に100個体中57個体、北大東島では2017年3月に100個体中40個体と最も多くの個体で開花した花序が見られた。しかし、開花した個体数に対してオオコウモリの食痕が見られた個体数は少なく、最も多くても南大東島では2017年12月に

開花31個体中4個体、北大東島では2016年12月に開花33個体中6個体だった。

ビロウ以外の餌植物の開花・結実期はビロウの開花期と重複していた。ビロウ以外に複数種の在来餌植物種が1年を通して利用可能であり、植栽餌植物種は、1年間の中で数ヵ月間に集中して利用可能であった。カンヒザクラの果実、シマグワの花序以外の全ての餌植物で、開花・結実期間中にオオコウモリによる食痕が見られた。

② オオコウモリによる餌植物の利用

オオコウモリに採餌されたビロウの各期間の平均利用率は、南大東島の10～11月で $4.00 \pm 3.47\%$ 、2～3月で $2.98 \pm 2.86\%$ 、北大東島の12月で $11.4 \pm 4.89\%$ 、3～4月で $1.52 \pm 1.31\%$ と低かった。

ビロウの利用率が低い原因は、オオコウモリが同時期に重複して利用可能な他の餌資源を利用しているためである可能性が考えられた。このため、ビロウの開花期中の各期間で他の餌資源の利用率をビロウの利用率と比較したところ、いずれの期間もビロウより利用率が高い餌植物が多く見られた。その中でも、オオバイヌビワ *Ficus septica*、ハマイヌビワ *Ficus virgata*、テリハボク *Calophyllum inophyllum*、モモタマナ *Terminalia catappa*、インドキワタノキ *Bombax ceiba*、トックリキワタ *Ceiba speciosa* は複数の期間でビロウと重複して利用可能であったが、常にビロウよりも利用率が高かった。

③ 台風による餌利用の変化

10月～11月のビロウの開花個体数とオオコウモリの食痕が見られた個体数の日変化を、10月に台風が襲来しなかった2016年、1個の台風が襲来した2017年、1個の台風後に3個の台風が襲来した2013年10月～11月の台風後（阿部2014）で比較した（図5）。台風が無かった

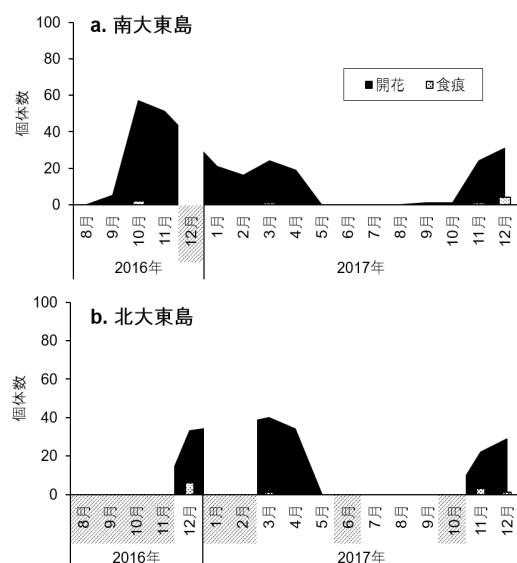


図4 ビロウの開花とオオコウモリによる利用の月変化。網掛けは、調査を行っていない月を表す。

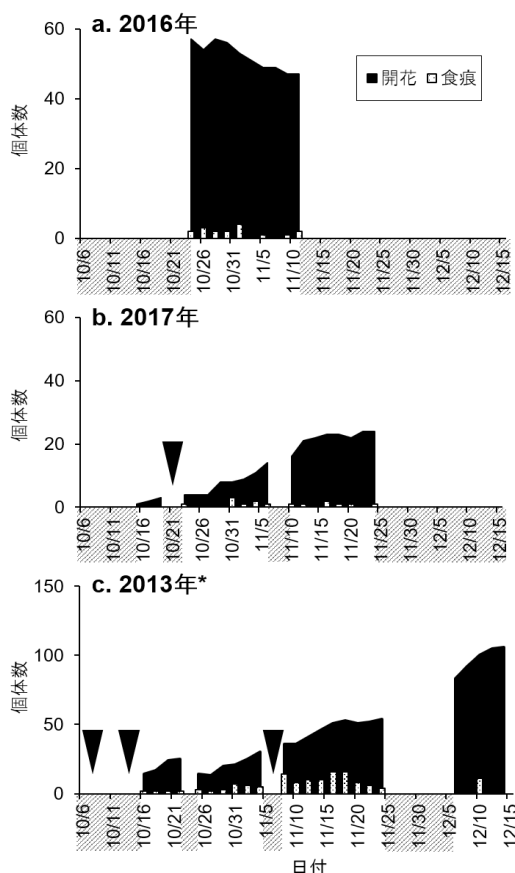


図5 台風前後におけるオオコウモリによるビロウの利用の変化。網掛けは、調査を行っていない月を表す。▼は台風の襲来を示す。* 阿部 (2014) を改変。

2016 年は、調査期間を通して 47～57 個体のビロウが開花していたが、オオコウモリに採餌された個体数は 0～4 個体と常に少なかった。2017 年は、台風直後からビロウの開花個体数は徐々に増加したが、採餌された個体数は最大でも 3 個体であり、2016 年と同様に常に少なかった。2013 年は、10 月に 3 つの台風が大東諸島に接近し、食痕が見られた個体数は 3 つ目の台風が接近した後に増加した。3 つ目の台風が接近した約 1 ヶ月後には、食痕が見られた個体数は減少し、あまり採餌されない状態に戻った。

そこで、オオコウモリによるビロウの利用率

を、2016 年、2017 年の台風後、2013 年 10 月～11 月の台風後で比較した。台風が無かった 2016 年は $2.9 \pm 2.4 \%$ 、1 つの台風が接近した 2017 年は $8.2 \pm 10.5 \%$ となり、2017 年の方が高くなったが、有意な差はなかった (Steel-Dwass test; $p > 0.05$)。一方、2013 年は $21.9 \pm 8.7 \%$ となり、2016 年や 2017 年よりも利用率が有意に高かった (Steel-Dwass test; $p < 0.05$)。

3) 考察

① ビロウ花序の利用に他の餌資源が与える影響

ビロウの開花期にオオコウモリによるビロウの利用率は常に低かったのに対し、多くの餌植物の利用率がビロウよりも高かった。これは、ビロウと同時期に利用可能な他の餌植物に比べ、オオコウモリのビロウに対する嗜好性が低いことによると考えられる。

その中でも、花ではインドキワタノキとトックリキワタ、果実ではモモタマナとテリハボクが、どちらの島でも常にビロウよりも利用率が高かった。特にテリハボクは成長速度が早く、強風や潮に強いことから、両島の開拓後から、モクマオウ *Casuarina equisetifolia* やリュウキュウマツ *Pinus luchuensis* に次いで多く植栽された植物である (北大東村誌編集委員会 1986; 南大東村誌編集委員会 1990)。そのため、島に生育する株数が多く、結実期間になるとオオコウモリにとって豊富な餌資源になると考えられる。利用率の高かった種の多くが植栽種であった。ダイトウオオコウモリの餌植物 35 種のうち、22 種は大東諸島では植栽移入種であるため (横田・宮城 1992; 中本ほか 2007; 安部・伊澤 2018)、ダイトウオオコウモリは多くの植栽種を頻繁に利用していると考えられる。したがって、開拓によるビロウなど外来種の激減と、植栽種による餌資源の多様化により、開拓前や直後よりもダイトウオオコウモリによるビロウの

利用頻度は低くなったと考えられる。

② 台風によるビロウと他の餌植物の利用の変化

秋に台風が来襲しなかった 2016 年を 2017 年秋のビロウの利用率と比較すると、有意差は認められなかった。これは台風後もビロウ以外の餌資源がオオコウモリの個体群を維持できる程度には残ったことによると考えられる。

しかし、2013 年 10 月に 3 つの台風が大東諸島を襲った直後には、ビロウの開花個体数の増加と共にオオコウモリの食痕が見られた個体数が増加し（阿部 2014）、利用率も 2016 年と 2017 年の秋よりも高かった。2013 年 10 月は 2017 年に比べ台風の数が多く、そのうち 3 つ目の台風 27 号は他の 2 つよりも長期間大東諸島に暴風雨をもたらした。採餌されたビロウの個体数が増加したのは 3 つ目の台風 27 号が接近した後だった。2 つ目の台風までに残っていた餌資源も、台風 27 号の後にはほとんどが強風により落下し、オオコウモリが利用できる餌資源量が少なかった可能性が高い。実際に、台風 27 号の後には、それまで実っていたテリハボクの果実が多数落ちていたことが報告されている（阿部 2014）。台風やサイクロンなどの熱帯低気圧がもたらす暴風は、果実食性のコウモリ類の島嶼個体群に対して、暴風による直接的な死亡や、果実や花の落下による餌不足など、大きなダメージを与える（Pierson et al. 1996; Mickleburgh et al. 2002）。クビワオオコウモリについても、個体数の増減に最も大きな影響を与えているのは台風であると考えられている（中本ほか 2011）。

台風直後にも関わらず、オオコウモリがビロウ花序を利用できた理由として以下の 3 つが考えられる。1 つ目は、ビロウの形態的特徴である。ビロウの花序は開花前には苞と呼ばれる葉に包まれていた。ほとんどのヤシ科植物

で若い花序は苞に包まれているため（Barfod et al. 2011）、他の花や果実よりも台風の影響を受けにくい可能性が高い。南太平洋に位置するババウ諸島において、深刻なサイクロンの襲来により、オオコウモリの多くの餌資源が減少した中、ヤシ科植物のココヤシ *Cocos nucifera* の花序は他の餌植物に比べて、オオコウモリに最も多く利用されたという報告がある（McConkey et al. 2004）。2 つ目に、オオコウモリによるビロウ花序の選択である。オオコウモリはビロウの若い花序を採餌する（阿部 2014）。そのため、台風直後に開花したビロウの花序でもすぐに利用することができたと考えられる。3 つ目に、大東諸島に特異的なビロウの開花フェノロジーである。沖縄島のビロウは 3 ～ 4 月の春にしか開花しないが、大東諸島のビロウは 10 ～ 4 月の秋から春にかけての長期間に開花する。また、他のクビワオオコウモリ亜種が生息する西表島のビロウや、同じく海洋島でオオコウモリが生息する小笠原諸島のオガサワラビロウも春のみに開花する（安部ほか 2004）。よって、秋の台風後にビロウ花序がオオコウモリに利用可能となるのは、大東諸島特有であると考えられる。過去 10 年の記録を見ると大東諸島に接近する台風は、10 月に最も数が多く（図 6）、また、強い傾向が見られた（気象庁 2018）。また、

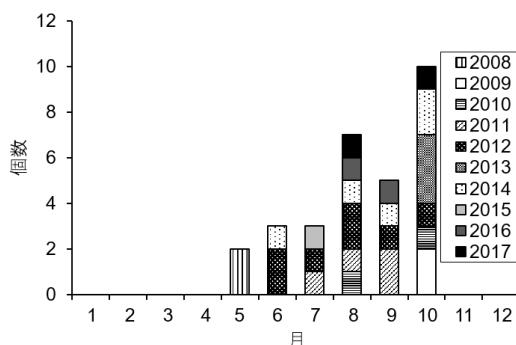


図 6 2008 年から 2017 年に南大東島に接近した台風の数。沖縄気象台（2018）を基に作成。

現在の大東諸島は、島の多くが畑地となった開けた場所が多いことから地形的にも生育する植物は台風の影響を受けやすいため、オオコウモリにとって、10月は1年間の中で突発的に餌不足になる可能性が最も高いと考えられる。したがって、ビロウは、オオコウモリにとって秋の台風後の餌不足時の重要な補完的餌資源(Fallback food)としての価値があり、現在も必要不可欠な餌資源であると考えられる。

2-2. ダイトウオオコウモリによるねぐらの利用

1) 方法

日の出、日の入りの前後1時間に原動機付自転車または自転車で島内を巡回し、オオコウモリの飛び立ちあるいはねぐらに帰るための飛翔を観察し、ねぐら場所を推測した。11時から15時の間に林内に入り、オオコウモリを探索した。探索は前述の飛翔から推定した場所及び以前ねぐらがあった場所で優先的におこなった。オオコウモリを発見した場合は個体数、利用環境、利用樹種を記録した。北大東島では、2018年5月3日～7日、7月24日～31日、9月27日～10月2日の期間に、南大東島では2018年3月13日～19日、5月7日～15日、7月19日～24日、9月19日～26日の期間に調査を行った。

2) 結果と考察

全調査期間で計259個体のオオコウモリを観察し、そのうち230個体が集団ねぐらを形成し、29個体が単独であった。全調査期間でオオコウモリのねぐらは52例であった。そのうち集団ねぐらが23例、単独ねぐらが29例であった。ねぐらの位置は南北大東島ともに季節や集団サイズに関わらず、特定の地点に集中していた。北大東島でねぐらが集中していた場所は神社の境内であった。南大東島でねぐら集中していた場所は、1箇所は神社の境内、もう1箇所は畑に囲まれたほとんど人が侵入しない林であっ

た。

北大東島でオオコウモリがねぐらに利用した環境はビロウ優占林とアダン *Pandanus odoratissimus* 優占林であり、集団ねぐらはビロウ優占林でのみ見られた。単独ねぐら、集団ねぐら共にビロウ優占林が最も多く利用され、アダン優占林では単独ねぐらが1例のみ見られた(表1a)。南大東島ではビロウ優占林とリュウキュウマツ・モクマオウ優占林がねぐらに利用されており、単独ねぐら、集団ねぐら共にビロウ優占林が最も多く利用され、リュウキュウマツ・モクマオウ優占林では単独ねぐらが1例のみ見られた(表1b)。

南北大東島でオオコウモリがねぐらに利用した樹種はビロウ、モクマオウ、ガジュマル *Ficus microcarpa* の3種であった。北大東島においてオオコウモリが単独ねぐらと各集団サイズの集団ねぐらに利用した樹種を表2aに示した。集団ねぐらと単独ねぐらに共通してビロウが最も多く利用され、モクマオウは単独ねぐらとして1例、ガジュマルは2～3個体の集団が1例見られたのみであった。南大東島においてオオコ

表1 ダイトウオオコウモリのねぐら環境。

a.北大東島				
観察日数	単独ねぐら		集団ねぐら	
	ビロウ 優占林	アダン 優占林	ビロウ 優占林	
5月	4	2		
7月	6	3		9
9月	4	1	1	2
計	14	6	1	11

b.南大東島				
観察日数	単独ねぐら		集団ねぐら	
	ビロウ 優占林	リュウキュウ マツ・モクマ オウ優占林	ビロウ 優占林	
3月	4			2
5月	8		1	
7月	6	6		3
9月	5	15		7
計	23	21	1	12

表2 ダイトウオオコウモリのねぐらに利用された樹種

a. 北大東島									
	ビロウ			モクマオウ				ガジュマル	
	単独	2～3	4～20	単独	2～3	4～20	20<	単独	2～3
5月	2								
7月	2	2	7	1					
9月	2		1						1
計	6	2	8	1	0	0	0	0	1

b. 南大東島									
	ビロウ			モクマオウ				ガジュマル	
	単独	2～3	4～20	単独	2～3	4～20	20<	単独	2～3
3月							2		
5月				1					
7月	4	1	1	2	1				
9月	9	5		5		2		1	
計	13	6	1	8	1	2	2	1	0

ウモリが単独ねぐらと各集団サイズの集団ねぐらに利用した樹種を表2bに示した。単独ねぐらではビロウとモクマオウが主に利用され、その中でもビロウが13例と最も多かった。20個体を超える集団ねぐらは3月のみ見られ、同じ場所でも2日間続けて見られた。また、モクマオウは北大東島よりも南大東島で多く利用され、ガジュマルはいずれの島でもあまり利用されなかった。

単独ねぐら、集団ねぐらともに利用樹種はビロウが圧倒的に多かった。ダイトウオオコウモリのねぐらの条件は詳細な解析例がないが、高木であることや、人間の影響が少ないことが考えられる。森林の少ない南北大東島において、高木となるビロウはオオコウモリのねぐらとして適していると考えられる。また、幕林等の林や社寺林は人間による攪乱が少ないため、ねぐら場所として選択されていると考えられる。

IV. ビロウの保全上の問題点について：タイワンカブトの被害状況と個体数の傾向

南北大東島では、2000年以降、外来昆虫であるタイワンカブトによるビロウの食害が深刻な状況となり、両島で多くのビロウが枯損した(伊澤ほか2010, 2014)。そのため、2013年から環境省那覇自然環境事務所による簡易フェロモ

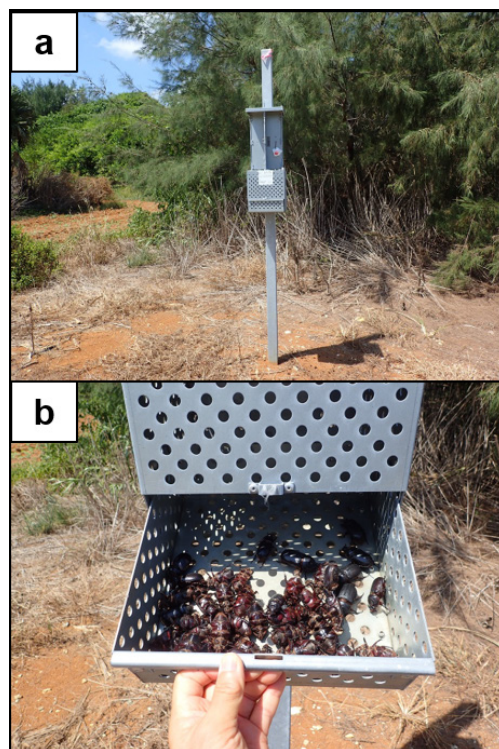


図7 タイワンカブトのフェロモントラップ (a) と採集されたタイワンカブト (b)

ントラップを用いたタイワンカブトの防除試験が開始された。2016年からは、環境省那覇自然環境事務所、琉球大学、南大東村役場及び北大東村役場が連携して、固定式のフェロモントラップを用いた本格的な防除事業がスタートした(図7a)。本プロジェクトでは、南北大東島におけるタイワンカブトによるビロウの被害状況を把握するとともに、フェロモントラップによるタイワンカブトの捕獲個体数の推移とヒサマツサイカブトの混獲状況について調査を実施した。

1) 方法

① 被害状況調査

南大東島での調査は、2017年8月11日～13日、10月14日～15日、2018年1月22日～23日、9月23日～24日の計4回実施した。また、北大東島では2016年11月21日～23日と2018

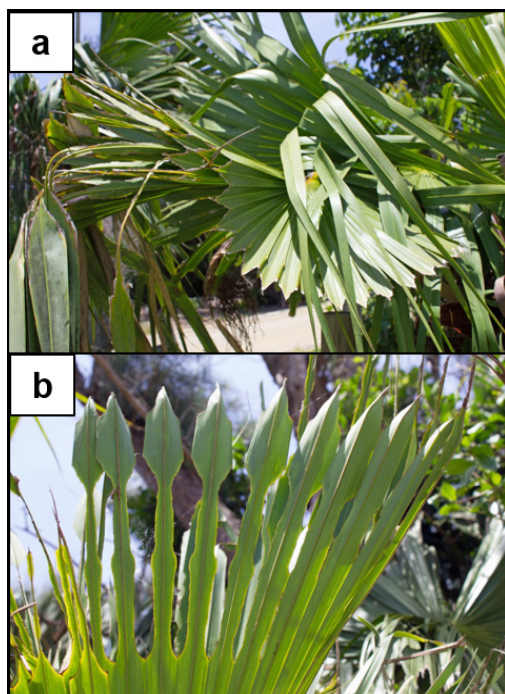


図8 タイワンカブトによるビロウの食害痕

年9月24日～25日に行った。両島ともに、島内を車で移動しながら道路から確認できるビロウの葉について、タイワンカブト成虫による特有の食害痕（図8）を目視によって確認した。また、北大東島では、村の指定の天然記念物に指定されている「中野のビロウ群落」について、ビロウの枯死木や食害状況を調査した。

② 捕獲個体数の推移と混獲状況

現在、南北大東島では、環境省那覇自然環境事務所が、固定式のトラップを南大東島に240台、北大東島に44台設置し、毎年、交換用のフェロモン剤の提供を行って駆除作業が実施されている。トラップに捕獲されたタイワンカブトの回収とフェロモン剤の交換は、両村の役場が地元の住民に依頼して2ヵ月に1回のペースで行っている。

南大東島については、タイワンカブトと同属であるヒサマツサイカブトが生息しており、フェロモントラップへの混獲が懸念されるた

め、トラップの回収を担当している南大東村農業青年クラブの協力を得て、回収されたすべての個体を琉球大学博物館（風樹館）に送付していただき、個体数のカウントと種の同定を行うとともに、他の昆虫類の混獲状況についても調査を実施した（図7b）。また、北大東島については、環境省那覇自然環境事務所とトラップの回収担当の住民の協力を得て、捕獲個体数に関する情報を提供していただき解析に用いた。捕獲個体数と稼働日数のデータからCPUE（捕獲個体数／トラップ数／稼働日数）を算出した。

2) 結果と考察

① ビロウの被害状況について

南大東島では、タイワンカブトの成虫による食害痕が残るビロウが道路沿いの植栽木を中心に多数確認されたが、ビロウ林内の個体では加害痕は以前に比べ少なく、新たに枯死したビロウもほとんど見られなかった。タイワンカブト成虫によってビロウが枯死する原因の一つは、未展開の新葉部分に食い込んだ成虫が、新葉の内部に食い込み成長点を加害することである。しかし、林内のビロウでは樹勢の強い個体が多く、成虫による加害が成長点に達する前に新芽が伸張り、展開葉には被害が生じるものの枯死には至らない場合も多い。

一方、北大東島では、タイワンカブトの侵入時に街路樹などの植栽されたビロウを中心に甚大な被害が発生し数百本におよぶビロウが枯死している。しかし、後述するように、北大東島でもフェロモントラップによるタイワンカブトの捕獲数は増加しているにもかかわらず、侵入当初のような大きな被害は確認されていない。両島ともに、タイワンカブトの個体数は減少傾向ではないにもかかわらず、新たな枯損木の発生が少ない理由として、台風被害や街路樹として移植され樹勢の弱った樹木は、これまでにタイワンカブトの被害を受けて枯死したため、樹

勢の強い個体だけが残ри、枯損木の数が少なくなっている可能性も考えられる。

② 捕獲個体数の推移

本プロジェクトを開始した、2016 年以降のフェロモントラップによるタイワンカブトの捕獲数を 2015 年のデータとあわせて図 9 に示した。南大東島では、2017 年に捕獲個体数及び CPUE とともに僅かに減少したが、2018 年には再び増加し 2018 年 8 月時点での捕獲数は 7,094 個体に達している。9 月以降の捕獲数を考慮すると、それまで最も捕獲数が多かった 2016 年の 7,277 個体を上回るものと推察される。

一方、北大東島においては、トラップ設置以降も捕獲個体数及び CPUE とともに毎年増加しており 2018 年 8 月までの捕獲数は 4,206 個体に達している。北大東島のトラップの設置台数(44 台)は南大東島(240 台)の 1/4 以下であるにもかかわらず、捕獲数は 2018 年の南大東

島の約 60 % にも達しており、南大東島以上に高密度で生息している可能性がある。これらのことから、いずれの島においてもタイワンカブトの捕獲数は増加傾向にあり、現在のトラップ数では個体密度の低減には十分な効果が得られていないことが明らかになった。

③ フェロモントラップによる混獲状況

タイワンカブトとヒサマツサイカブトは、いずれも *Oryctes* 属に属する比較的近縁な種で、外部形態も酷似している。特に、ヒサマツサイカブトの小型の個体では、専門家でない両種の識別が困難な場合もあり注意を要する。ヒサマツサイカブトが同所的に分布する南大東島では、使用しているフェロモン剤にヒサマツサイカブトが誘引される危険性があるため、捕獲個体について専門家による種同定が不可欠である。また、フェロモン剤にはタイワンカブト以外の昆虫が誘引される可能性もあり、定期的なモニタリング調査も必要である。本調査を開始した 2016 年から 2018 年 8 月までに南大東島のトラップで捕獲された 20,443 個体の *Oryctes* 属について種同定を行った結果、すべての個体がタイワンカブトであり、ヒサマツサイカブトの混獲は確認されなかった。また、本調査期間中に、フェロモントラップで捕獲されたタイワンカブト以外の昆虫は、タイワンツチイナゴ *Patanga succincta* が 5 個体、外来種のウバタマムシ *Chrysomela japonica japonica* が 4 個体、イエカミキリ *Stromatium longicorne* が 1 個体であった。そのうち、タイワンツチイナゴは周辺のサトウキビ畑に高密度で生息しており、飛翔中の個体が偶然にトラップされた可能性が高く、また、1 個体のみのイエカミキリも偶然トラップされたものと思われる。一方、ウバタマムシについてはトラップ周辺に高密度に生息していないことから、フェロモン剤に誘引された可能性も考えられる。本調査の結果からは、両

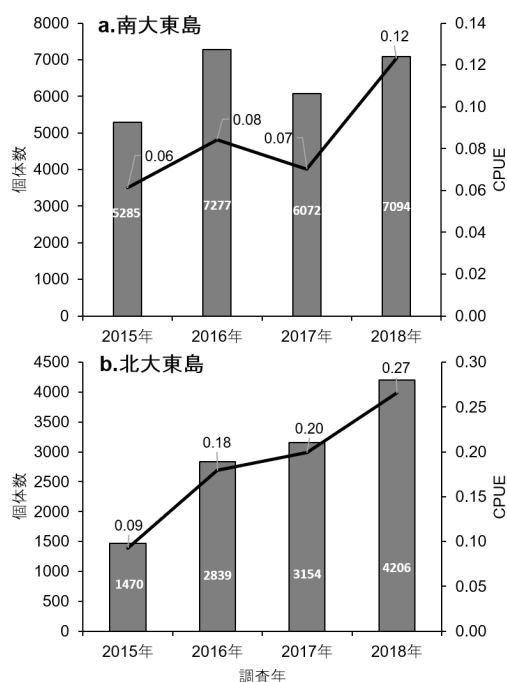


図 9 タイワンカブトの捕獲数(■)および CPUE (—) の推移。
a: 南大東島, b: 北大東島

島で使用しているフェロモントラップによる在来生物への影響はほとんどないものと考えられる。

V. 大東諸島の島嶼生態系保全に向けた提言

1. フェロモントラップによるタイワンカブトの駆除事業について

今回の調査で明らかになったように、南北大東島ともにフェロモントラップによるタイワンカブトの捕獲個体数は増加傾向にあり、現在のトラップ数では個体群の低密度コントロールや完全駆除が見込めない状況にある。タイワンカブトの個体群密度の低減において、トラップの増設は最も有効な手段の一つと考えられるが、増設には多額の予算が必要であり、村への聞き取り調査でも各村単位の事業で実施するのは困難とのことであった。

一方で、タイワンカブトが増加傾向にある主要な要因としては、繁殖場所の除去が十分に行われていない可能性が考えられる。今回の調査でも、ビロウの枯損木や台風による倒木や枯葉の放置のほか（図 10a）、海岸部の空き地に集積された植物残渣を含む多量のゴミなどが確認されており（図 10b）、発生源の管理が十分ではないことが明らかになった。そのため、サトウキビ畑や防潮風林から発生する植物残渣は、各村内で堆肥化施設などを設置して管理された環境下で処理するとともに、ほとんどが農業従事者である村民が、積極的に繁殖場所の除去に取り組むための啓発活動と行政による積極的な取り組みを開始することが必要である。

2. ヒサマツサイカブトの保護に向けて

残念ながら今回の調査では、南大東島でのヒサマツサイカブトの生息を確認することができなかった。過去4年にわたって島内住民の目撃例もないことから、個体数は極めて少なく絶滅の危機に瀕しているものと推察される。環境

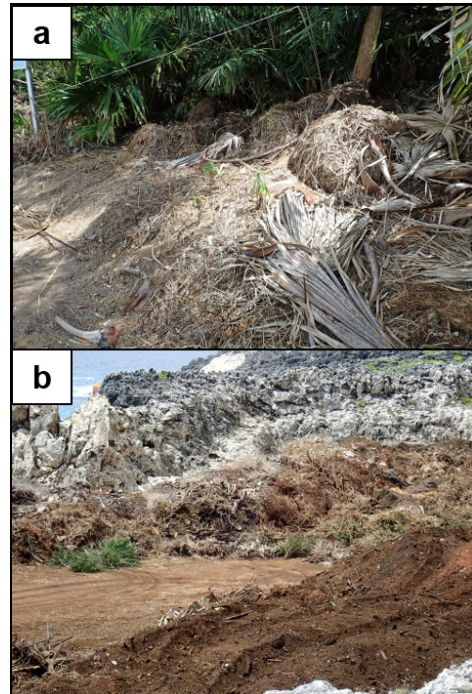


図 10 防潮風林の林縁部 (a) や海岸部 (b) に放置された植物残渣

省や沖縄県などの行政機関等が、種の保存法による国内希少動植物種への指定等に向けて、速やかに詳細な生息調査を実施する必要がある。

3. 希少種と生態系の保全について

南北大東島のビロウは他地域の個体群と異なる特性をもち、それは本海洋島群の固有生物の生態とも深く関わっている。現在、開発の進行とともにビロウの生育地が縮小していること、タイワンカブト等の外来昆虫類による食害を考えると、今後植栽等も必要となる。その際には、島内のビロウを使用することは言うまでもないが、どのような特性を持つビロウを育てて植えて行くかは慎重に考える必要がある。そのため、さらにビロウの遺伝的多様性、起源に関する研究を進めることは必要である。また、在来生物によるビロウの利用も年によって、状況によって変化することから長期的にモニタリングを続けることが必要である。

VI. 引用文献

- 阿部 悠 2014. クビワオオコウモリによるヒロウ花序の食い落とし行動. 琉球大学大学院理工学研究科海洋自然科学専攻修士論文. 琉球大学, 沖縄.
- 安部慶一郎・伊澤雅子 2018. クビワオオコウモリ *Pteropus dasymallus* の餌リスト: 大東諸島固有亜種ダイトウオオコウモリ *Pteropus dasymallus daitoensis* の餌植物の追補. 沖縄生物学会誌 56: 49-51.
- 安部哲人・安井隆弥・和田勉之・和田美保・加藤夕佳・牧野俊一・大河内 勇 2004. 小笠原諸島の植物の開花期に関する観察資料. 森林総合研究所研究報告 3: 249-257.
- Barfod, A. S., Hagen, M. and Borchsenius, F. 2011. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). *Annals of Botany* 108: 1503-1516.
- 傳田哲郎・安部慶一郎・伊澤雅子 2018. 大東諸島におけるヒロウ林の維持・再生に向けたヒロウの生態に関する研究. 自然保護助成基金助成成果報告書 27: 103-118.
- 伊澤雅子・傳田哲郎・佐々木健志 2015. 平成 26 年度国指定大東諸島鳥獣保護区における保全事業: 鳥獣の生息状況把握調査業務報告書.
- 伊澤雅子・小林 峻・碓井良太 2010. 南大東島「オオコウモリの森」等における昆虫類を中心とした無脊椎動物相について. 環境省那覇事務所, 那覇: 23.
- 伊澤雅子・佐々木健志・小林 峻・傳田哲郎・高木昌興・堀江明香・碓井良太・後藤健志 2014. 大東諸島の固有生物相を支えるダイトウヒロウの保護に関する緊急調査. プロ・ナトゥーラ・ファンド助成第 22 期助成成果報告書: 17-42.
- 気象庁 2018. 各種データ・資料. <http://www.data.jma.go.jp>. (2018 年 1 月 15 日)
- 北大東村誌編集委員会 1986. 「北大東村誌」. 北大東村役場, 沖縄.
- McConkey, K.R., Drake, D.R., Franklin, J. and Tonga, F. 2004. Effect of cyclone Waka on flying foxes (*Pteropus tonganus*) in the Vava'u Islands of Tonga. *Journal of Tropical Ecology* 20: 555-561.
- Mickleburgh, S.P., Hutson, A.M. and Racey, P.A. 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36: 18-34.
- 南大東村誌編集委員会 1966. 第三章 南大東島の植物. 南大東村誌編集委員会 編「南大東村誌」, 沖縄: 32-45.
- 南大東村誌編集委員会 1990. 「南大東村誌 改訂」南大東村役場, 沖縄.
- 宮城康一 1989. 北大東島・南大東島・沖大東島の植生. 宮脇昭 編「日本植生誌 沖縄・小笠原」至文堂, 東京: 490-493.
- 中本 敦・金城和三・伊澤雅子 2007. クビワオオコウモリ *Pteropus dasymallus* の餌リスト. 沖縄生物学会誌 45: 61-77.
- 中本 敦・佐藤亜希子・金城和三・伊澤雅子 2011. 沖縄島で近年見られるオリイオオコウモリ *Pteropus dasymallus inopinatus* の個体数の増加について. 保全生態学研究 16: 45-53.
- 沖縄気象台 2018. 各種データ・資料. <http://www.jma-net.go.jp/okinawa>. (2018.1.15 閲覧)
- Pierson, E.D., Elmqvist, T., Rainey, W.E. and Cox, P.A. 1996. Effects of tropical cyclonic storms on flying fox populations on the South Pacific Islands of Samoa. *Conservation Biology* 10: 438-451.
- 佐々木健志 2017. ヒサマツサイカブト. 沖縄県環境部自然保護課 編「改訂おきなわ県の絶滅のおそれのある野生生物 第 3 版 (動物編)」沖縄県環境部自然保護課, 那覇: 360-361.
- Scarcelli, N., Barnaud, A., Eiserhardt, W., Treier, U.A., Seveno, M., d'Anfray, A., Vigouroux, Y. and Pintaud, J.C. 2011. A set of 100 chloroplast DNA primer pairs to study population genetics and phylogeny in monocotyledons. *PLoS ONE* 6: e19954.
- 下地幸夫 2012. 「沖縄のカブトムシ」新星出版, 沖縄.
- 高木昌興・赤谷加奈・松井 晋 2005. 南大東島に隔離分布するダイトウコノハズク個体群の保全に関する研究. プロ・ナトゥーラ・ファンド第 14 期 助成成果報告書: 3-10.
- Tamura, K., Stecher, G. Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- 横田昌嗣・宮城康一 1992. 大東諸島の植物相. 沖縄県教育委員会 編「沖縄県天然記念物シリーズ第 31 集 ダイトウオオコウモリ 保護対策緊急調査報告書」沖縄県教育委員会, 沖縄: 17-42.

Ecological research focused on a key species (Chinese fan palm) for biodiversity conservation of the oceanic Daito Islands

IZAWA Masako, DENDA Tetsuo, SASAKI Takeshi,
ABE Keiichiro, KOBAYASHI Shun and YOSHIDA Takumi

The ecology of the Chinese fan palm, a key species of the Daito Islands, and its relationship with native animals were investigated to assist in conserving the island ecosystem. The Chinese fan palm population in this area has unique characteristics. However, the origin of these characteristics could not be clarified in this study. The Daito flying-fox, a mammal endemic to this area, utilized the flowers of the Chinese fan palm as a fallback food when a typhoon ravaged the islands. Additionally, the flying-fox used the palm trees as roosting sites and sometimes formed roosting colonies. *Oryctes hisamatsui*, a beetle endemic to Minami-Daitojima, which occurs on the Chinese fan palm, has not been observed for more than four years in either the adult or larval stages, and its population size should be critically declining. One of the most serious conservational problems for the Chinese fan palm is the damage inflicted by the introduced beetle, *Oryctes rhinoceros*. We have continued monitoring the occurrence of this beetle. The local government has sanctioned a project to work towards removing these beetles using pheromone traps. However, the number of trapped beetles is still increasing, meaning that the number of traps is not enough to reduce the number of beetles.

Key words: Ryukyu archipelago, Daito flying-fox, *Oryctes hisamatsui*, coconut rhinoceros beetle, island habitat

第 27 期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成 特定テーマ助成

大隈諸島（含上三島）の昆虫相の解明とその成立史に関する 分子遺伝学的アプローチ

希少昆虫調査研究会

荒谷邦雄¹・細谷忠嗣²・杉本美華³・三島達也¹・
竹原 周⁴・加藤大智⁴・御代川 涼⁴・鄺 亜嬌⁴・駒形 森⁴

大隈諸島の昆虫相の成立史を解明するためにコガネムシ上科甲虫類を主な題材に分子遺伝学的アプローチを試みた。その結果、まず、屋久島固有のヤクシマオニクワガタと大隈半島南部のオニクワガタ個体群が、それぞれ他地域とは遺伝的に大きく異なる単系統群をなすことが判明した。後者については新タクサとしての記載を予定している。また、大隈諸島のカブトムシも遺伝的な独自性を有していることが裏付けられた。さらに九州本土の広い地域で朝鮮半島から分布を拡大した系統群と従来の本土系統群との遺伝子浸透が生じていることが明らかとなったヒラタクワガタでは、大隈諸島の個体群は従来の本土系統群の遺伝子型を維持した進化学的に重要な保全単位とみなされることも明らかとなった。一方、ネプトクワガタでは大隈諸島を含む沖縄本島から日本本土・朝鮮半島にかけての個体群は地理的な距離に比べて遺伝的な多様性が低く、漂流など偶発的な長距離分散が分布の形成に大きく関与していることが示唆された。

以上のように本地域の昆虫相は隔離に伴う遺存固有化と新固有化に加え、長距離分散による分布拡大が混じり合った複雑な成立史を経て形成されていることが示唆された。

キーワード：甲虫，コガネムシ上科，クワガタムシ科，系統地理，固有性，分布

1. はじめに

南西諸島の北端に位置する大隈諸島（黒島、硫黄島、竹島などの上三島を含む）は「三宅線」と「渡瀬線」という 2 つの境界線に挟まれた、まさに旧北区と東洋区の移行地帯として生物地理学上極めて重要な地域である。加えて、高峻な地形の屋久島とそれとは対照的な低平な台地状の種子島、数千年前の大噴火の影響で生物相が死滅した「擬似海洋島」の竹島と硫黄島など島ごとに大きく異なる地形や地史が、この規模の島嶼群としては他に類を見ないほど多様な生

息環境を生み出しており、近年、クワガタムシなど大型の甲虫類を中心に各島の固有タクサも記載されている（清水・村山 1998, 2004; 永井 2006; Adachi 2014, 2017, Ochi et al. 2008）。しかし、南西諸島の他の地域と比べると、大隈諸島の昆虫相の解明は大きく立ち遅れている。比較的解明が進んでいる蝶や大型甲虫類であっても各島の個体群の遺伝的独自性に関する検証は実施されていないし、固有タクサに関する系統地理学的な解析ですら皆無に等しい。一方で、農地整備や観光開発などに伴う生息環境の破壊に

1: 九州大学大学院比較社会文化研究院 2: 九州大学持続可能な社会のための決断科学センター 3: 与那国町立アヤミハビル館
4: 九州大学大学院地球社会統合科学府
2019.1.15 受付 2019.4.5 公開

加え、近年ではシカ害やナラ枯れ、大規模噴火などによる脆弱な島の生態系の攪乱も深刻である。さらに、島間の物流や人の移動の拡大に伴って、各島の固有性を破壊する国内由来を含む外来種の侵入も看過できない状況にあり、貴重な大隈諸島の生物多様性の解明とその保全は急務である。

こうした現状にあって、大隈諸島の昆虫相の解明と、その成立史に関わる固有タクサに関する分子系統地理学的研究や、主要分類群を対象とした各島個体群の遺伝的独自性に関する検証を進め、島ごとの現状に即した保全策の立案に寄与し得る基礎データを集積することを目的として本調査研究を実施した。

II. 材料と方法

1. 調査地

大隈諸島の昆虫相に関して、2年間の調査期間内に、全島が私有地で立入が禁止されている馬毛島を除く、屋久島、口永良部島、種子島、薩摩黒島、竹島、薩摩硫黄島の全有人島で現地調査と試料採取を実施した(図1)。また、系統地理学的な解析の際の比較材料として、大隈半島での調査と試料採取も実施した。



図1 調査地域の大隈諸島、及び上三島(破線枠内)の概要

2. 試料採取方法

調査地における試料採取に際しては、目視(夜間の外灯見回りを含む)や捕虫網を使用したスィーピング、材割りなどの採集方法を実施したほか、腐果等食性昆虫を捕獲するバナナトラップや糞虫類を捕獲する牛糞トラップ、灯火飛来性昆虫を捕獲するHID光源を使用したカーテン式ライトトラップと設置型衝突板式ライトトラップ(図2)、地上歩行性昆虫を捕獲するピットホール(落とし穴)トラップなどの各種トラップも使用した。

なお、三島村での昆虫の採集にあたっては村から捕獲許可を取得して実施した。



図2 カーテン式ライトトラップ(左)と設置型衝突板式ライトトラップ(右)

3. 分子遺伝学的解析

大隈諸島に分布する昆虫類のうち、比較的詳細な分布情報が得られているコガネムシ上科の甲虫類について、亜種の区分や分布パターンの異なる以下の4種を選定し、分子遺伝学的解析を実施した。

オニクワガタ *Prismognathus angularis*

北海道～九州の温帯林を中心に生息し、大隈諸島では屋久島の山地にのみ分布する。屋久島の個体群は当初、独立種 *Prismognathus tokui* として記載された(Kurosawa 1975)が、水沼・永井(1994)以降、亜種とみなす扱いが一般的

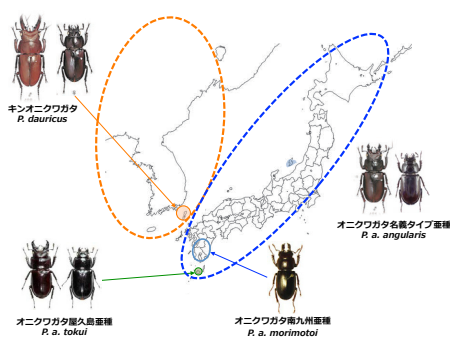


図3 大隈諸島を含む日本産オニクワガタ属各タクサの分布概要

である。また、九州南部の個体群は南九州亜種 *P. a. morimotoi* とされる (図3)。

分子遺伝学的解析においては、屋久島亜種に加えて、比較のために南九州亜種と日本各地の名義タイプ亜種 *P. a. angularis*, 及び対馬のキンオニクワガタ *P. dauricus* のサンプルも解析に用いた。解析では Hosoya and Araya (2005) を参考に、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA 領域の塩基配列を決定し、得られた配列から系統樹を作成した。

カブトムシ *Trypoxylus dichotomus*

日本には本州から九州にかけて日本亜種 *Trypoxylus dichotomus septentrionalis* が生息する。大隈諸島では、屋久島、種子島、口永良部島、馬毛島、竹島、硫黄島に分布する (藤岡 2001)。このうち、口永良部島の個体群は亜種 *Trypoxylus dichotomus tsuchiya* とされ、屋久島と種子島の個体群も最近亜種 *T. d. shizuae* として記載された (Adachi 2017) (図4)。上三島の竹島と硫黄島の個体群は人為分布である可能性が指摘されている (清水 1993)。解析には屋久島、種子島、口永良部島、竹島、硫黄島の個体を用いた。また比較のために沖縄諸島を含む日本各地と台湾のサンプルを解析に用いた。

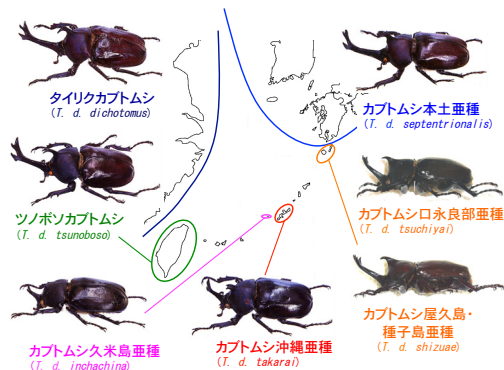


図4 大隈諸島を含む日本とその周辺のカブトムシ各タクサの分布概要

遺伝的解析は、ミトコンドリア DNA の COI 領域の塩基配列を決定し、得られた配列から系統樹を作成した。

ヒラタクワガタ *Dorcus titanus*

日本産の本種は 12 亜種に分類されており、琉球列島では島嶼ごとに亜種が認識されている (藤田 2010)。九州および周辺地域では、朝鮮半島と済州島に分布する朝鮮半島亜種 *D. t. fasolt*, 対馬に分布する対馬亜種 *D. t. castanicolor*, 五島列島の各島に分布する五島列島亜種 *D. t. karasuyamai*, 壱岐に分布する壱岐亜種 *D. t. tatsutai*, (以上の 4 亜種を便宜上ツシマ系統群と呼ぶ) 本州から九州にかけて分布する日本本土亜種 *D. t. pilifer* (本土系統群と呼ぶ) の 5 亜種が知られている (図5)。このうち、大隈諸島では日本亜種が屋久島、種子島、口永良部島、馬毛島、竹島、硫黄島、黒島の全島から記録されているが、屋久島、種子島以外の島々では極めて稀で、これまでの記録は数例しかない。解析には屋久島と種子島産の個体を用いた。また比較のために対馬、五島、壱岐の各亜種と日本亜種の九州各地、及び山口県の個体を解析に用いた。

遺伝学的解析では、まず、先行研究の五箇・

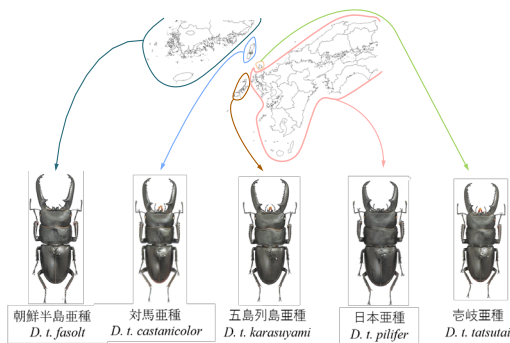


図5 大隈諸島を含む九州周辺のヒラタウワガタ各々サの分布概要

小島 (2003) を参考に COI+tRNA-Leu+COII 領域の塩基配列を決定し、得られた配列から系統樹を作成した。

また、マイクロサテライトの多型解析として、Kang et al. (2016) を参考に、得られた 10 座位を対象に STRUCTURE v.2.3.4 (Pritchard et al. 2000) を用いて、帰属性解析を行った。

ネプトクワガタ *Aegus laevicollis subnitidus*

本州から九州にかけて 11 亜種に分類されており、ヒラタクワガタ同様、琉球列島では島嶼ごとに亜種が認識されている (藤田 2010) (図 6)。大隈諸島では日本本土亜種が屋久島、種子

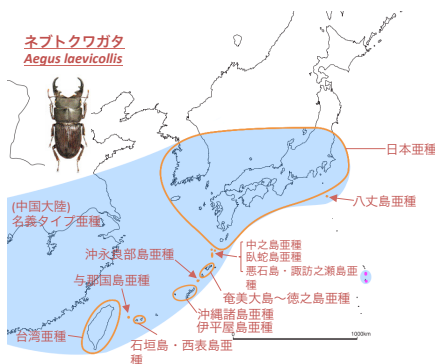


図6 大隈諸島を含む日本とその周辺のネプトクワガタ各々サの分布概要

島、口永良部島、馬毛島、竹島、硫黄島、黒島の全島に分布し個体数も多い。解析には屋久島、種子島、口永良部島、竹島、硫黄島の個体を用いた。また日本各地と台湾、中国の各亜種のサンプルを解析に用いた。

遺伝的解析は、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA 領域と COI 領域の塩基配列を決定し、得られた配列から系統樹を作成した。

III. 結果と考察

1. 昆虫相における新知見

調査の結果、種子島からは最初の記録 (岡田 2000) 以来、20 年以上も追加記録のなかった希少種マダラクワガタ名義タイプ亜種 *Aesalus asiaticus asiaticus* を再記録できた。口永良部島からはヨツバコガネ *Parastasia ferrieri ferrieri* を初めて記録 (細谷 2010) したほか、黒島からはこれまで記録のなかった (木崎・山本 2016; 金子ほか 2017; 大林・新里 1992) ヨツバコガネとキュウシュウオオクボカミキリ *Tengius kurosawai* の生息を初めて確認できた。硫黄島からはムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatum* を初めて記録した (図 7) が、これはムネアカセンチコガネ科 Bolboceratidae としての初記録でもある (藤岡 2001; 荒谷 2017)。



図7 初記録となった薩摩硫黄島産ムネアカセンチコガネ

2. 分子遺伝学的解析

オニクワガタ

屋久島産のオニクワガタ個体群を含む日本産オニクワガタ属に関して、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA 領域の塩基配列 910 bp を決定し、得られた配列から NJ 法に基づいて作成した系統樹を図 8 に示す。

遺伝的解析の結果、屋久島産のオニクワガタ個体群と大隈半島南部の肝属山地のオニクワガタ個体群が、それぞれ他地域とは遺伝的に大きく異なる単系統群をなすことが判明した。このうち、前者の屋久島産のオニクワガタ個体群は記載時の扱いと同じく独立種とみなすべきであると判断された。今後、屋久島固有種としての保全対策を実施する必要がある。一方、後者の

大隈半島南部の個体群は南九州亜種とも異なる別亜種とみなされ、今後、本個体群については新タクサとしての記載を念頭に、交尾器形態を含む精査を進める予定である。さらに、形態の差異も軽微で名義タイプ亜種との分布境界もはっきりとしていなかった南九州亜種に関しては、遺伝的解析の結果から一応、亜種としての実態があることが確認された。名義タイプ亜種との分布境界に関しては、名義タイプ亜種、および南九州亜種と判断される個体が混在している大崩山地の五葉山周辺にあることが示唆されたが、今後の精査が必要である。以上の遺伝的解析の結果に基づく九州のオニクワガタ類のタクサとその分布状況を図 9 にまとめた。

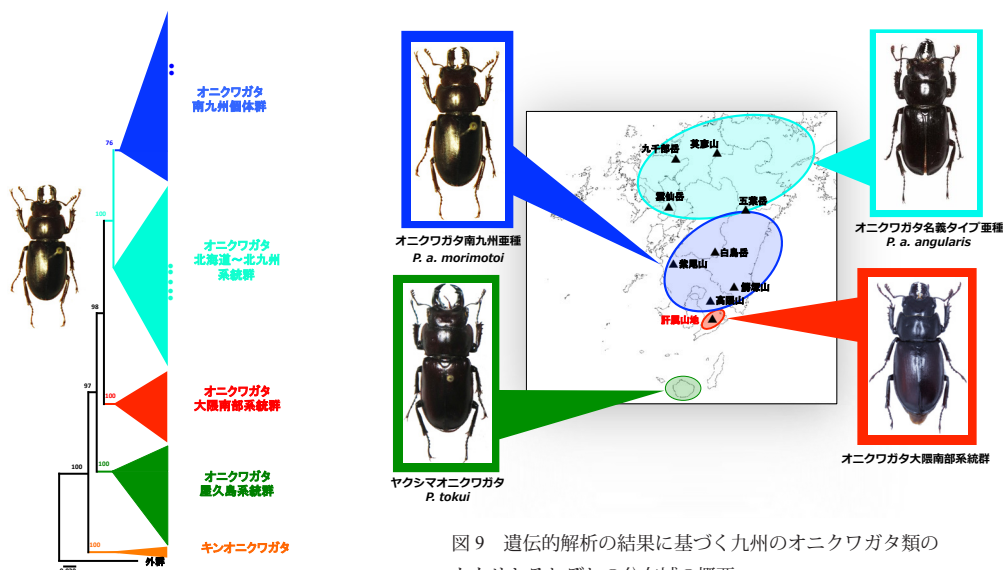


図 8 屋久島産個体群を含む日本産オニクワガタ属の系統樹 (NJ 法)。各枝の数値は 1000 回のブートストラップ値を表し、ブートストラップ値 75 以上のクレードのみをまとめて示した。個々の OUT は省略し他が、●印は大崩山地五葉岳産の個体を示す。

図 9 遺伝的解析の結果に基づく九州のオニクワガタ類のタクサとそれぞれの分布域の概要。

カブトムシ

大隈諸島産の2亜種を含む日本産カブトムシに関して、ミトコンドリアDNAのCOI領域の塩基配列約500 bpを決定し、得られた配列からNJ法に基づいて作成した系統樹を図10に示す。

大隈諸島のうち、特に屋久島のカブトムシにはかなりの遺伝的な独自性がある可能性が示唆された。人為分布である可能性が指摘されている上三島の竹島と硫黄島のカブトムシについては、今回の解析では移入種か否かの結論を得る

ことはできなかった。上三島を含む大隈諸島の個体群については各島のサンプル数を増やしたさらなる精査が必要である。

ヒラタクワガタ

ミトコンドリアDNA CO領域約600 bpの塩基配列に基づいてML法で作成した九州産ヒラタクワガタの系統樹を図11に示す。

ミトコンドリアDNAに基づく遺伝的解析の結果からは、本来は本土系統群に属するはずの熊本県～大分県北部以北の九州本土北部

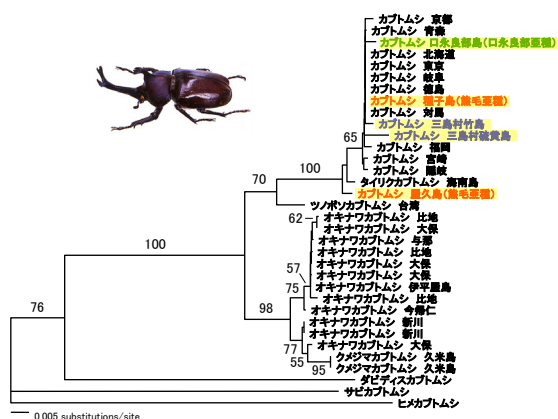


図10 大隈諸島産個体群を含む日本産カブトムシの系統樹 (NJ法)。各枝の数値は1000回のブートストラップ値を表す。

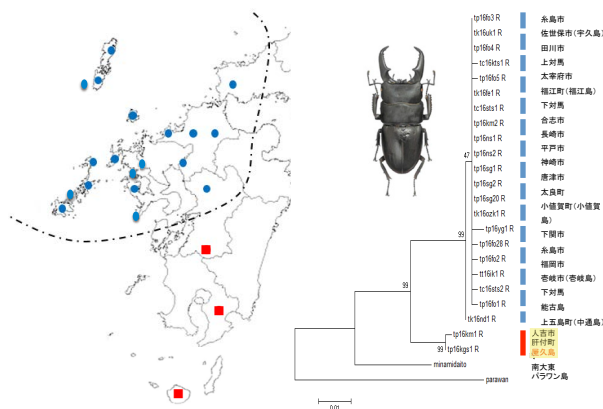


図11 大隈諸島産個体群を含む九州産ヒラタクワガタの系統樹と分布(ML法)。系統樹の各枝の数値は1000回のブートストラップ値を表す。系統樹上の点線のバーと地図中の●はツシマ系統群を、系統樹上のバーと地図中の■は本土系統群を表す。地図中の破線は2つの系統群の推定される分布境界を示す。

のヒラタクワガタには島嶼域のツシマ系統群（対馬亜種 *D. t. castanicolor*, 五島列島亜種 *D. t. karasuyamai*, 壱岐亜種 *D. t. tatsutai*）からの遺伝子浸透が広範囲に渡って生じていることが示唆された。一方、熊本県～大分県南部の九州本土南部、および大隈諸島のヒラタクワガタはツシマ系統群からの遺伝子浸透を受けていない本来の本土系統群であることが判明した。また、九州本土北部個体群を含むツシマ系統群の個体間の遺伝的な分化の程度は、九州本土南部と大

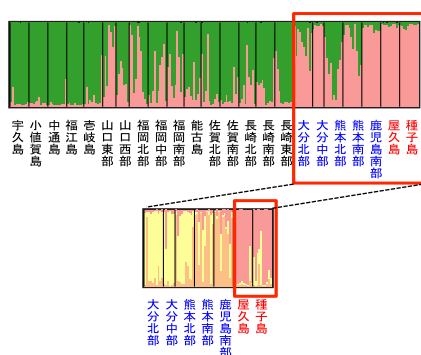


図 12 大隈諸島産個体群を含む九州産ヒラタクワガタ集団に関する STRUCTURE 解析の結果。上段：23 集団・216 個体の結果 (K=2)；下段：7 集団・66 個体 (K=3)。

隈諸島の本土系統群内のそれと比べると著しく低いことも明らかとなった。

マイクロサテライトの多型解析の結果（図 12）からもミトコンドリア DNA による系統解析の結果と同様に北部九州地域へのツシマ系統群からの遺伝子浸透が生じていることが裏付けられた。さらに、九州本土南部と大隈諸島（屋久島と種子島）の個体群を対象としたマイクロサテライトの多型解析の結果からは、大隈諸島の個体群は独自の遺伝的特徴を持った ESU（進化的に重要な保全単位）とみなされることが示唆された。

ネブトクワガタ

大隈諸島の個体群を含む日本産ネブトクワガタに関して、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA と COI 領域 合わせて約 2000 bp の塩基配列に基づいて ML 法で作成した系統樹を図 13 に示す。

解析の結果からは大隈諸島の個体群を含む沖縄本島から日本本土、朝鮮半島にかけての個体

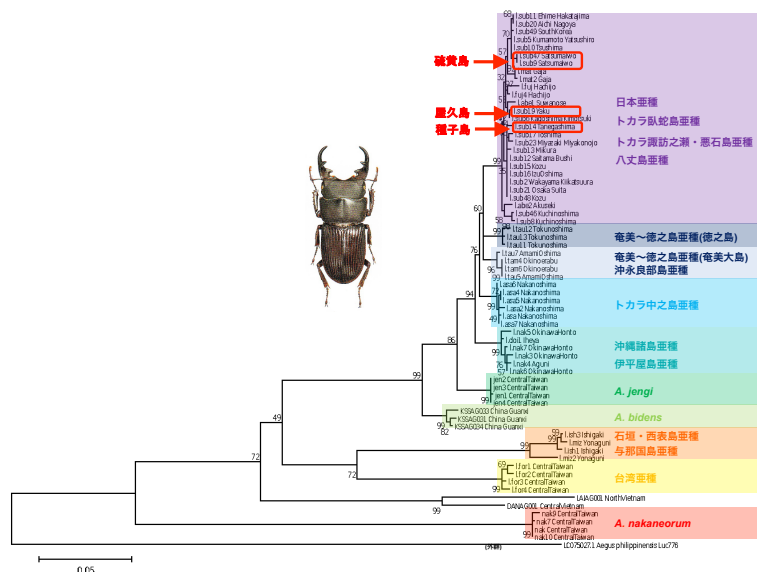


図 13 大隈諸島産個体群を含む日本産ネブトクワガタの系統樹（ML 法）。系統樹の各枝の数値は 1000 回のブートストラップ値を表す。

群は地理的な距離に比べて遺伝的な多様性が極端に低く、漂流など偶発的な短期間の長距離分散が分布の形成に大きく関与していることが示唆された。

3. 大隈諸島（含上三島）の昆虫相の特徴とその保全

本研究によって、本地域の昆虫相は隔離に伴う遺存固有化と新固有化に加え、長距離分散による分布拡大が混じり合った複雑な成立史を経て形成されていることが示唆された。今後、遅れている大隈諸島の昆虫相の解明とその成立史に関する基礎データがさらに集積されれば、大隈諸島の生物多様性ホットスポットとしての重要性が改めて認識され、その貴重な生物多様性の保全に関する普及・啓発活動にも役立つと共に、各島の現状に即した保全策の立案にも寄与することができるだろう。

引用文献

- Adachi, N. 2014. A new subspecies of *Prosopocoilus inclinatus* (Motschulsky, 1857)(Coleoptera, Lucanidae) from Yakushima Island, Japan. *Kogane* 15: 1-6.
- Adachi, N. 2017. A new subspecies of *Trypoxylus dichotomus* (Linnaeus, 1771) (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) from Yakushima Island and Tanegashima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. *Kogane* 20: 11-17.
- 荒谷邦雄 2017. 薩摩硫黄島からのムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatus* の記録. *Pulex* 96: 732-733.
- 藤岡昌介 2001. 「日本産コガネムシ上科総目録」コガネムシ研究会：21.
- 藤田 宏 2010. 「世界のクワガタムシ大図鑑」むし社：722.
- 五箇公一・小島啓史 2003. クワガタムシ商品化がまねく種間交雑と遺伝的浸食. *昆虫と自然* 38：6-12.
- Hosoya, T. and Araya, K. 2005. Phylogeny of Japanese stag beetles (Coleoptera: Lucanidae) inferred from 16S mtrRNA gene sequences, with reference to the evolution of sexual dimorphism of mandibles. *Zoological Science* 22: 1305-1318.
- 細谷忠嗣 2010. 鹿児島県三島村調査で採集されたコガネムシ上科甲虫. *鯉角通信* 21：63-72.
- 金子直樹・嶋本智介・小島弘昭 2017. 薩摩黒島からのコガネムシ科甲虫 6 種の記録. *さやばね* 25：33-35.
- Kang, T. H., Han, S. H., and Park, S. J. 2016. Development of 12 microsatellite markers in *Dorcus titanus castanicolor* (Motschulsky, 1861) (Lucanidae, Coleoptera) from Korea using next-generation sequencing. *International Journal of Molecular Sciences* 17: 1621.
- 木崎庸雅・山本 有 2016. 鹿児島県三島村硫黄島における甲虫類. *神奈川虫報* 第 190: 57-58.
- Kurosawa, Y. 1975. New stag-beetles of *Prismognathus* from Japan. *Memoirs of the National Science Museum, Tokyo*, 8: 156-159.
- 水沼哲郎・永井信二 1994. 「世界のクワガタムシ大図鑑」むし社：337.
- 永井信二 2006. アジア産カブトムシ属の 1 新種 1 新亜種およびニューギニア産パプアサンボンヅノカブトムシ属の 1 新亜種. *月刊むし* 428: 13-17.
- 岡田裕之 2000. 種子島でマダラクワガタを採集. *月刊むし* 350: 118.
- Ochi, T., Kawahara, M, and Inagaki, M. 2008. A new species of the genus *Trox* from Yakushima Island, southwest Japan (Coleoptera, Scarabaeoidea, Trogidae). *Kogane* 9: 31-35.
- 大林延夫・新里達也（共編）1992. 「日本産カミキリムシ検索図説」東海大学出版会：696.
- Pritchard, J. K., Stephens, M. and Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945-959.
- 清水敏夫 1993. 鹿児島県三島村におけるクワガタムシ生息調査. *月刊むし* 268：23-27.
- 清水敏夫・村山輝記 1998. 九州南部離島におけるノコギリクワガタの 2 新亜種. *月刊むし* 328：22-28.
- 清水敏夫・村山輝記 2004. 鹿児島県三島村黒島におけるノコギリクワガタの 1 新亜種. *月刊むし* 396：10-15.

Molecular genetic approach to clarify the insect fauna and its history of establishment in Osumi Islands

ARAYA Kunio, HOSOYA Tadatsugu, SUGIMOTO Mika,
MISHIMA Tatsuya, TAKEHARA Amane, KATO Daichi,
MIYOKAWA Ryo, WU Yajiao and KOMAGATA Shin

In order to clarify the history of establishment of insect fauna in Osumi Island, we conduct the research on the phylogeography mainly of the scarabaeoid beetles in this and neighboring areas on the basis of molecular genetic approach.

As a result, the following suggestions are obtained. 1) Among the populations of *Prismognathus angularis*, that of Yakushima Island and of Kimotsuki Mountains located at the southern part of Osumi Peninsula form monophyletic groups with high genetic significance, respectively. It is suggested that the former should be considered as an independent species from *P. angularis* and the latter as a different subspecies among the hitherto known *P. angularis* spp. 2) *Trypoxylus dichotomus* of Yakushima Island would be firstly diverged from all the other intraspecific populations of mainland Japan and its adjacent islands. 3) The population of *Dorcus titanus pilifer* in Yakushima and Tanegashima Islands should be considered as ESU (evolutionarily significant unit) conserving original genotype of Kyushu population, while most of Kyushu population has been replaced by introgressive hybridization between it and Korean population expanding its distributional range toward mainland Kyushu. 4) The insular population of *Aegus laevis* in the middle and north Ryukyu Archipelago including Osumi Islands shows little genetic difference from mainland Japan. This result suggests that *Aegus laevis* expanded its distribution by accidental long dispersal such as Tsunami and flood of great rivers.

As a conclusion, it is suggested that the insect fauna in Osumi Islands has been established by both vicariance and long-distance dispersal, the former of which produced relict and new endemism caused after the ancestors segregated to each island.

Key words: Coleoptera, Scarabaeoidea, Lucanidae, phylogeography, endemic, distribution

自然移入した喜界島のモズ個体群の消長と基礎的生態

喜界島鳥類研究グループ

濱尾章二¹・山本 裕²・鳥飼久裕³・伊地知 告⁴・吉川 翠¹

島に棲む生物種は自然な移入と絶滅によって長期間のうちに変化する。しかし、定着や絶滅の過程の詳細は明らかにされていない。そこで近年、奄美群島喜界島に自然移入し、繁殖を始めたモズを対象に調査を行った。繁殖期には全島で多い場合 13 つがいが見られ、また十数個体が雌雄単独で観察された。観察されたつがいの多くが造巢、産卵中と推定されたが、それらは抱卵、育雛に当たる時期には繁殖を継続していない場合が多く、繁殖の失敗が示唆された。巣を作る場所は、畑の縁にある線状のやぶであった。採食はサトウキビ畑で行われ、周囲のとまり場から舞い降りて、コオロギ類・バッタ類などを地上で捕らえることが多かった。つがいは、とまり場となる電線やスプリンクラーの多い環境を選好する傾向があった。喜界島のモズは、生活に必要な資源は得られているものの、繁殖成功は低い可能性がある。亜熱帯の島嶼特有のクマネズミによる巣の捕食や強い風雨による巣の落下について、さらなる調査が必要と考えられる。

キーワード：営巣環境、採食場所、とまり場、繁殖失敗

1. はじめに

島嶼には絶滅に瀕した種が多く分布するが、ある島では希少であったり生息していなかったりする種が、他の島では普通に生息している場合もある。個々の島において、ある種が生息するか否かは、その島の環境から必然的に決まっているのであろうか。

島に生息する生物の種数は、移入と絶滅の動的平衡の中で決まると理解されている (MacArthur and Wilson 1967)。つまり、島では常に自然な移入と絶滅が起きていて、生物相は時とともに変化しているはずである (Schoener 2010)。事実、鳥類では、チャンネル諸島 (北米) の島々で、数十年の間に生息種数がほとんど変わらなかったにもかかわらず、生息種は大

きく入れ代わっていたことが明らかにされている (Jones and Diamond 1976)。国内でも、南大東島において 1920 年代まで生息していたウグイス (亜種ダイトウウグイス *Cettia diphone restricta*) が絶滅し、ウグイスの生息しない時期を経た後、1990 年代後半から再びウグイス (亜種ウグイス *cantans*) が侵入、繁殖したという例がある (高木 2009)。しかしながら、移入した種が個体群を確立する過程や、ある種が絶滅していく過程、さらにはそれらをもたらす要因についての理解は進んでいない。

モズ *Lanius bucephalus* は、南西諸島では一般に冬鳥であるが、トカラ列島中之島と大東諸島で例外的に繁殖している (高木 2009; 日本鳥学会 2012)。奄美群島の喜界島では、2008 年に

1: 国立科学博物館 動物研究部 2: 公益財団法人 日本野鳥の会 3: 特定非営利活動法人 奄美野鳥の会 4: 喜界町
2017.11.27 受付 2019.4.5 公開

は通年少数個体が観察されるようになり、2012年には営巣が確認された(伊地知ほか 2013)。繁殖個体群を確立してまだ歴史の浅い喜界島のモズについて、生息数の変化とともに、営巣場所や食物といった生活に必要な資源はどのようなものか、またそれらが島において確保されているかどうかを明らかにすることは、自然移入した種の定着や絶滅の過程を理解する上で重要である。このことは、群集の保全や保護すべき種の特定に指針を与えることにつながるだろう。

本研究では、現在の喜界島に生息するモズの個体数と繁殖の様相を記録する。また、食物と営巣場所を明らかにする。さらに、採食や営巣に適した環境が島内に十分に存在するかを推定する。

II. 調査地及び調査方法

1. 調査地

調査は鹿児島県大島郡喜界町の喜界島(28°19'N, 130°00'E)全域で行った。喜界島は長さ13.8 km、面積56.8 km²のサンゴ礁が隆起してできた島である。面積の40%が農耕地で、基幹作物はサトウキビ *Saccharum* spp. である(喜

界町 2006)。

喜界島は、南西諸島の中でモズが生息する大東諸島から290 km、中之島から160 km 離れている(図1)。

2. 調査方法

1) 野外調査

生息数や生態、生息環境の調査は2017年1月16~18日、3月5~11日、4月23~30日、5月26日~6月1日、6月22~27日の5回行った。また、これらの期間以外も、モズを発見した場合には記録し、上記期間に生態等の調査を効率よく行えるようにした。

生息数の調査は、2名が自動車に同乗し、島内全域の道(180~200 km)を低速(時速20 km以下)で走行しながらモズを探すことによって行った。モズを発見した場合は、見失うまで観察を続け、他個体の発見や繁殖状況の把握に努めた。雌雄が5 m以内と近接して観察され、かつ排他的行動が見られなかった場合、つがいと判断した。つがいのうち、求愛給餌や巣材運びが観察されたものは造巣または産卵中と推定した。雌雄とも頻繁に餌を運んでいる場合は巣、あるいは巣立ち雛を確認し、繁殖ステージを特定した。モズは雌だけが抱卵する(中村・中村 1995)ので、雌のみが20分以上姿を消したものは抱卵中と推定した。

モズが食物をくわえていて、双眼鏡(8倍)あるいは望遠鏡(24倍)を用いての観察から餌生物が特定された場合(15例)、それを記録した。また、育雛期に発見した1巣を4.43時間録画し、再生、分析して47例の給餌物を記録した。

繁殖環境の特性を調べるため、つがいを観察された19地点と、島内でランダムに選んだ30地点について、(行動圏が300~400 mに及ぶことから判断し)半径200 mの円内の環境を比較した。測定した変数は、畑面積、やぶの長さ、

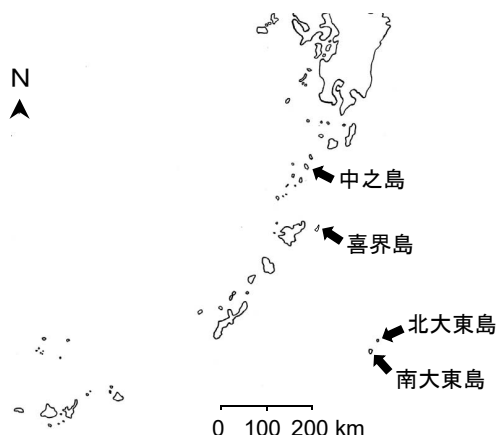


図1 モズの繁殖個体群が存在する南西諸島の島々

電柱の数、スプリンクラーの数である。モズは一般に農耕地などの開けた場所を採食に、やぶや林縁の低木を営巣に利用する（中村・中村 1995; Matsui and Takagi 2017）。喜界島では畑の境界や縁にモクタチバナ *Ardisia sieboldii* などの低木にハチジョウススキ *Miscanthus condensatus* を交えた線状のやぶがある。沈砂池（雨水を一時貯め、土砂を沈殿させて流出を防止する施設。通常は干上がっているものが多い）の周囲や、雑木林の縁にもやぶが見られる。そこで、線状のやぶはその長さを、幅が 10 m 以上の樹林地では周囲の長さを測定し、これらをやぶの長さとした。電柱、電線、スプリンクラーなどはとまり場として利用されることが多いため（Matsui and Takagi 2017）、電柱の数とスプリンクラーの数をとまり場の豊富さの指標とした。電柱は高さ 6 ～ 8 m、スプリンクラーは高さ 2.4 ～ 3.7 m であった。スプリンクラーと同程度の高さの木や金属製の棒、杭があった場合、その本数もスプリンクラー本数に含めた。畑面積とやぶの長さは Google Earth Pro 7.3（Google, CA, USA）の衛星画像を用いて測定した。衛星画像は公開されていた画像の中で最新の 2011 年 10 月 25 日のものを使用した。ただし、雲の影響で地上の様子が見えにくかった 2 地点に関しては、2006 年 10 月 13 日に取得された雲のない画像を使用した。電柱・スプリンクラーの本数は 2017 年 6 月 22 ～ 27 日に現地で数えた。

2) 統計解析

繁殖環境の分析においては、4 つの変数のいずれがつかい観察地点（= 1）とランダムに選んだ地点（= 0）の間で異なるかを以下のように解析した。モデルは、誤差分布を二項分布、リンク関数を logit とした一般化線形モデル（GLM）を用いた。測定した変数間の相関係数（Pearson の r ）を調べたところ、最大が畑面積とスプリンクラー本数間の 0.69 であり、多重共線性による問題が生じるとされる 0.7（MacGarigal et al. 2000）を下回った。そこで、4 つの変数すべてを用いた解析を行った。変数の効果が統計上有意なものであるかどうかを判定する際には、尤度比検定を用いた。これらの解析は、ソフトウェア R3.4.1（R Core Team 2017）を用いて行った。

III. 結果

1. 生息個体数及び繁殖状況

モズはサトウキビ畑やその周辺で観察された。1 ～ 6 月の 5 回の調査それぞれで 21 ～ 41 個体が発見され、そのうち 6 ～ 26 個体がつがいで観察された（図 2）。つがいで観察された例のうち巣内、巣外で育雛中のものは 6 例（15%）であった。

観察されたつがいの多く（41%）が、造巢あるいは産卵中の早い繁殖ステージにあると推定された（残りの 13% は抱卵中、31% はステー

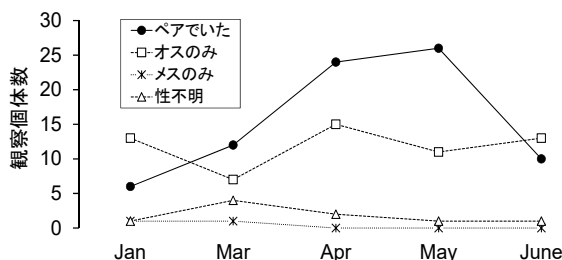


図 2 2017 年に喜界島で観察されたモズの個体数

ジ不明)。造巢，産卵中のつがいが，抱卵あるいは育雛のステージで観察されるはずの次の調査において，予測どおり観察されたのは巢内雛を養育していた1つがいの例（6 %; n = 15）のみであった。それ以外では，ステージが進行しておらず，前回の調査と同様，造巢，産卵中であつたり（47 %; 同一つがいであるかどうかは不明），つがいが消失したりしていた（47 %）。

2. 食物

採食を直接観察して餌生物を特定した中で最も多かったのはコオロギ類 *Grylloidea*（67 %）で，すべてがケラ *Gryllotalpa orientalis* と見られた。他には，バッタ類 *Acridoidea*，ヤモリ類 *Gekkonidae* など地上を徘徊する昆虫，小動物が多かった（図 3a）。

雛への給餌物においても，バッタ類，コオロ

ギ類など地上を徘徊する昆虫が多かった（図 3b）。また，ハナアブ類 *Syrphidae* が 26 % を占めた。ハナアブ類は畑周囲に生えているシロノセンダングサ *Bidens pilosa* var. *minor* で吸蜜していることが多く，モズがそれをホバリングしながら捕らえようとしている例も観察された。

3. 営巣場所

巣は畑の縁の，低木やハチジョウススキからなるやぶの中で2巣が，耕作放棄地にある島状のやぶの中で1巣が発見された（図 4）。巣は，モクタチバナ，ナンバンカラムシ *Boehmeria nivea* var. *nivea*，ハチジョウススキの高さ 93 ~ 205 cm に枯れ草でカップ状に作られていた。ただし，そのうち1巣は壊れ，架けられた場所からぶら下がった状態で発見され，地上にいる雛に親が給餌していた。

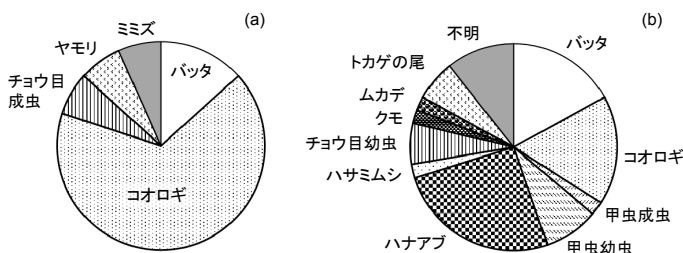


図 3 喜界島におけるモズの餌生物。採食行動の直接観察（15 例;a）と巢内雛への給餌のビデオ解析（47 例;b）の結果を示す。



図 4 喜界島におけるモズの営巣環境の例。矢印は巣があった場所を示す。

表1 喜界島におけるモズの生息環境の分析. つがいが観察された19地点と島内でランダムに選ばれた30地点について, それぞれを中心とした半径200 mの円内の環境の比較した結果. 測定値は, 平均 $\pm$ 1 s.d. で示した. GLMにより各変数の効果を検討する際は, 尤度比検定を用い, 統計上有意な場合Pを太字で示した.

つがい	畑面積 (m ²)	やぶ長さ (m)	電柱数	スプリンクラー数
観察地点 (=1)	111735 $\pm$ 9483	1148.8 $\pm$ 530.1	11.7 $\pm$ 10.0	116.5 $\pm$ 34.7
任意地点 (=0)	90483 $\pm$ 29804	1390.9 $\pm$ 835.2	5.1 $\pm$ 6.4	60.1 $\pm$ 51.8
GLM				
傾き $\pm$ SE	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.14 $\pm$ 0.06	0.03 $\pm$ 0.01
χ^2_1	0.412	0.462	8.57	7.55
P	0.52	0.50	<0.01	<0.01

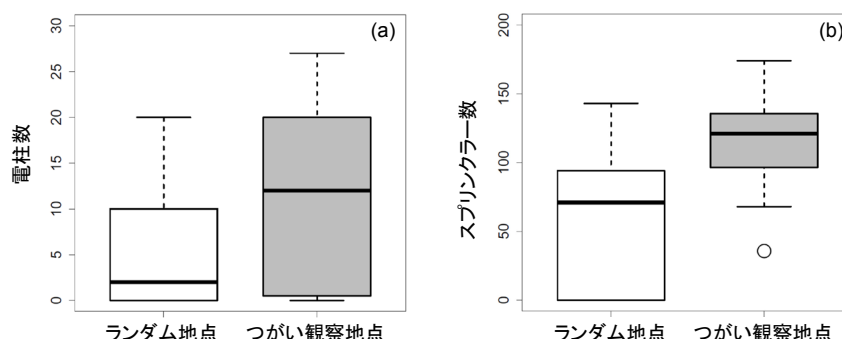


図5 喜界島におけるモズつがい観察地点とランダムに選ばれた地点のとまり場の比較. それぞれを中心とした半径200 mの円内の電柱 (a) とスプリンクラー (b) の本数を示した. 箱ひげ図における太線は中央値, 四角形は第1及び第3四分位, 点線は $\pm 1.5 \times$ 四分位範囲, 丸印は外れ値を示す.

4. 生息環境

つがいが観察された地点と島内のランダムに選ばれた地点の環境を比べると, 畑面積ややぶの長さに違いは見られなかった. 電柱, スプリンクラーの数は, 両地点の間で統計上有意な差があり, いずれもつがいが観察された地点で本数が多かった (表1). しかし, いずれの本数も, つがい観察地点とランダム地点でのデータの範囲は重なっており, ランダム地点の中にもつがいが観察された地点と同等以上の電柱, スプリンクラー数を持つものがあつた (図5).

IV. 考察

本研究の調査によって, 喜界島内で21~41個体 (内つがい6~26個体) のモズが確認された. 2012~14年の繁殖期には13~24個体 (内つがい4~10個体) が観察されていたこと (濱尾ほか2018) と比べると, 個体数が増えている可能性がある. しかし, 2012~14年の調査は, ほぼ同様の方法をとってはいるものの調査期間がいずれも3日間前後と短く, 自動車での走行距離も160 km程度とやや短かったため, 発見できなかった個体が多かった可能性がある. 生息個体数, 生息状況の変化を知るためには, 今

後、一定の方法で生息数調査を継続し、また島内の地域ごとの生息状況から分布の変遷を明らかにする必要があるだろう。

本研究では、1～6月の間に5回調査を行ったが、いずれの時期でも造巢、産卵期と推定されるつがいが多く、育雛中のつがいが少なかった。このことは、繁殖ステージが進むうちに繁殖失敗の起こる頻度が高く、再営巢が繰り返されていることを示唆している。5回の調査それぞれの間隔は21～46日であった。例えば造巢中の巣であれば、巣が完成した後、1日1個ずつ3～6卵を産み、14～15日間の抱卵、14日間の巢内育雛を終えて巣立ちに至るまで30～40日を要する〔卵数、日数はすべて中村・中村(1995)による〕。また、巣立ち後の雛に対しても親鳥は15日間以上世話をする。これらのことを考えると、繁殖ステージ初期のつがいの多くは、次の回の調査の際には、ステージが進んだ状態で再度観察されるはずである。しかし、そのような例はわずか(6%)で、多くのつがいが消失したり、再び観察されても(同一個体であるかどうかは不明であるが)繁殖ステージ初期であったりしたことは、繁殖試行の多くが失敗に終わっており、失敗した個体がなわばりの変更や同じ場所での再営巢を行っていることを示唆している。

喜界島は、島が形成される過程で海水面の上昇によって海に覆われた歴史を持つため(安間 2001)、ヘビ類は本来生息しない。しかし、人為によりネズミ類 *Muridae*、ニホンイタチ *Mustela itatsi*、イエネコ *Felis catus* が侵入している。また、ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* が生息する。これらは鳥の巣の潜在的捕食者であり、事実、鳥の巣を模した人工巣をクマネズミ *Rattus rattus*、ニホンイタチ、ハシブトガラスが襲うことが明らかとなっている(坂上ほか 2011)。モズが生息するサトウキ

ビ畑の縁のやぶではクマネズミの巣が発見されている(濱尾 未発表)。これらの動物が、モズの巣中の卵やヒナを捕食し、繁殖失敗をもたらしていることが考えられる。

また、1巣が壊れてぶら下がっているのが発見され、その下に巣から落下したと思われる雛がいた例があった。この巣を発見した前日は降水量 29 mm、最大瞬間風速 14.9 m/s と風雨が強かった(気象庁 2017)。2012 年にも落下した巣を発見している。これらのことから、風雨等による巣の落下も、繁殖失敗の要因となっていることが考えられる。

モズのご食物は、サトウキビ畑など開けた場所の地面で得られる地上徘徊性の昆虫等小動物が主なものであった。サトウキビが成長すると、上から地面は見えず、そのような畑はモズの採食に適するとは思えない。しかし、喜界島ではサトウキビ植え付けの時期が3月と8月の2通りある上、苗を植えずに刈り取った株からの芽生えを育てる農法もあるため、サトウキビの成長は同調していない。そのためモズの行動圏の中には、どの時期でも地表が現れている畑があり、モズがサトウキビ畑で生活できるのである。

モズは一般に低木ややぶの中に巣を作る(中村・中村 1995)。喜界島ではサトウキビ畑の境界に、モクタチバナにギンネム *Leucaena leucocephala* やハチジョウススキなどの混じったやぶが見られる。モズの巣はこのような畑の縁のやぶや、耕作放棄地(空き地)に残された島状のやぶで見つかった。2012 年にも畑の境界のやぶや、畑に接したハチジョウススキの群落で巣が見つかった(伊地知ほか 2013)。面積の 40 % を農耕地が占め、そのほとんどがサトウキビ畑の喜界島では、このようなモズが営巢する環境は豊富にあると言える。

つがいが観察された地点とランダムに選んだ

地点との間で、採食場所となる畑の面積に違いは見られなかった。営巣場所となるやぶの長さも両地点の間で違いが見られなかった。このことは、喜界島の中では、畑ややぶの多い場所を特に選好することなくモズが生息していることを示している。採食、営巣場所が、現時点のモズの生息を制限する要因となっていないことが示唆される。

一方、つがいが観察された地点ではランダムに選んだ地点よりも、電柱やスプリンクラーが多かった。このことは、高所から地表の餌生物を探し襲撃するモズの生息に、電柱、電線、スプリンクラーなどとり場の存在が重要であることを示している。喜界島の畑の中には電柱がない場所が多いが、人家や牛舎に送電する電柱や電線のある場所もある。また、地域（集落）や畑所有者個人の判断によってスプリンクラーが設置されていたりされていなかったりする。モズは、これらのとり場が豊富な場所を選好して繁殖を試みていると言える。ただし、ランダムに選んだ地点の中にも、つがいが観察された地点と同様、多くのスプリンクラーや電柱が存在する場合があります。島内のモズの生息がこれらのとり場によって規定されているとは考え難い。

喜界島のモズは行動圏が広く、300～400 mの範囲を動き回る個体もいた。各個体の行動圏が隣接していることは稀で、密度が非常に低く、疎らに生息していた。現在、喜界島でモズの生息密度が飽和状態にあるとは考えられない。しかし、モズが順調に次世代を生産し、数を増やしているかどうかは疑問である。本研究で示されたように、繁殖つがいが巣立ち成功に至る例は決して多くない。

繁殖失敗の要因として考えられた捕食と巣の落下は、南西諸島特有の亜熱帯気候と関わるものと考えられる。クマネズミは、温帯の伊豆

諸島三宅島では人家から離れた場所では越冬できないようで、鳥の巣の捕食者とはなっていないが（Hamao et al. 2009）、喜界島ではモズの生息する畑の縁のやぶに巣を作っている。南大東島では、クマネズミが畑境界の低木にあるモズの巣を捕食したり乗っ取って自らの巣として利用したりしている（Matsui et al. 2010）。また、亜熱帯の島は強い風雨に見舞われることが多く、これが巣の落下や雛の死亡を招いている可能性がある。南大東島では台風が繁殖失敗を引き起こす重要な要因となっている（Matsui et al. 2006）。さらに、南大東島では、鳥マラリア（Murata et al. 2008）やフィラリア線虫による寄生（Yoshino et al. 2014）がモズの生存に負の影響を与える可能性が考えられている。

一部の例外を除き、南西諸島の島々に定着していないモズは、これら亜熱帯特有の捕食者、気候、病原体、寄生虫などの中で個体群を維持することが難しい可能性が考えられる。喜界島に侵入、定着して間もないモズについて、今後、個体数の増減とともに繁殖の成功、失敗とその原因、そして病原体や寄生虫の感染率やその影響をモニターしていくことは、島に移入した生物の繁殖個体群の確立あるいは絶滅の過程を知る上で重要だろう。

謝辞

調査にあたって便宜を図っていただいた喜界町役場の皆様、現地調査と試料分析に協力いただいた遠藤幸子氏、松井 晋氏、植物の同定をお願いした國府方吾郎氏、要旨の英文を校閲していただいた John Zepernick 氏、そして電柱の情報を提供下さった NTT フィールドテクノに謝意を表する。

引用文献

Hamao, S., Nishimatsu, K. and Kamito, T. 2009. Predation of

- bird nests by introduced Japanese weasel *Mustela itatsi* on an island. *Ornithological Science* 8: 139-146.
- 濱尾章二・山本 裕・鳥飼久裕・伊地知 告・吉川 翠 2018. 自然移入した喜界島のモズ個体群の繁殖生態. *Strix* 34: 69-80.
- 伊地知 告・鳥飼久裕・濱尾章二 2013. 奄美諸島喜界島におけるモズの繁殖. *日本鳥学会誌* 62: 68-71.
- Jones, H. L. and Diamond, J. M. 1976. Short-time-base studies of turnover in breeding bird populations on the California Channel Islands. *Condor* 78: 526-549.
- 喜界町 2006. 位置・面積・地勢. 喜界町役場. <http://www.town.kikai.lg.jp/kikai01/kikai03.asp> (2017.10.16 閲覧)
- 気象庁 2017. 各種データ・資料. <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (2017.10.18 閲覧)
- MacArthur, R. H. and Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- MacGarigal, K., Stafford, S. G. and Cushman, S. 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research. Springer, New York.
- Matsui, S., Hisaka, M. and Takagi, M. 2006. Direct impact of typhoons on the breeding activity of bull-headed shrike *Lanius bucephalus* on Minami-Daito Island. *Ornithological Science* 5: 227-229.
- Matsui, S., Hisaka, M. and Takagi, M. 2010. Arboreal nesting and utilization of open-cup bird nests by introduced ship rats *Rattus rattus* on an oceanic island. *Bird Conservation International* 20: 34-42.
- Matsui, S. and Takagi, M. 2017. Habitat selection by the bull-headed shrike *Lanius bucephalus* on the Daito Islands at the southwestern limit of its breeding range. *Ornithological Science* 16: 79-86.
- Murata, K., Nii, R., Yui, S., Sasaki, E., Ishikawa, S., Sato, Y., Matsui, S., Horie, S., Akatani, K., Takagi, M., Sawabe, K. and Tsuda, Y. 2008. Avian haemosporidian parasites infection in wild birds inhabiting Minami-Daito Island of the northwest Pacific, Japan. *Journal of Veterinary Medical Science* 70: 501-503.
- 中村登流・中村雅彦 1995. 「原色日本野鳥生態図鑑, 陸鳥編」保育社, 大阪.
- 日本鳥学会 2012. 「日本鳥類目録改訂第 7 版」日本鳥学会, 三田.
- R Core Team 2017. R: a language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 坂上 舞・濱尾章二・森 貴久 2011. 喜界島における鳥の巣の捕食: 営巣環境による捕食率の違いと捕食者の特定. *日本鳥学会誌* 60: 88-95.
- Schoener, T. W. 2010. The MacArthur-Wilson equilibrium model: a chronicle of what it said and how it was tested. In: Locos, J. B. and Ricklefs, R. E. (eds.) The theory of island biogeography revisited. Princeton University Press, Princeton: 52-87.
- 高木昌興 2009. 島間距離から解く南西諸島の鳥類相. *日本鳥学会誌* 58: 1-17.
- 安間繁樹 2001. 「琉球列島: 生物の多様性と列島のおいたち」東海大学出版会, 東京.
- Yoshino, T., Hama, N., Onuma, M. et al. 2014. Filarial nematodes belonging to the superorders Diplotriaenoidea and Aprocotoidea from wild and captive birds in Japan. *Journal of Rakuno Gakuen University, Natural Science* 38: 139-148.

Ecology and fate of naturalized bull-headed shrikes on Kikaijima Island

HAMAO Shoji, YAMAMOTO Yutaka, TORIKAI Hisahiro,
IJICHI Tuguru and YOSHIKAWA Midori

The theory of island biogeography predicts that species composition on an island would change through immigration and extinction for a long period. But, the processes in establishment and extinction of species are still not well understood. We investigated a recently naturalized population of the bull-headed shrike *Lanius bucephalus* on Kikaijima Island, Amami Islands Group. In the survey, at most 13 breeding pairs and 12-17 solitary individuals were found. Many observed pairs were assumed to be in the nest-building and egg-laying stages. Although they were expected to be in the incubating and nestling stages in the next survey, most of the pairs did not continue their nesting attempts, suggesting frequent nesting failure. The shrikes built nests in shrubs at the edge of cultivated lands. They used sugarcane *Saccharum* spp. fields to forage; they flew down from perches and attacked prey, mainly Grylloidea and Acridoidea, on the ground. Pairs preferred habitats with numerous suitable perch sites, such as utility poles and pole sprinklers. These results suggest that sufficient food and nest-site resources are available to bull-headed shrikes on Kikaijima Island, but that their breeding success is low. Further studies are necessary for a fuller understanding of their offspring production, particularly the specific factors leading to nesting failure on this subtropical islands, such as predation by the black rat *Rattus rattus* and nest destruction by strong wind and rain.

Key words: nesting habitat, foraging habitat, perch site, breeding failure

リュウキュウアカショウビンの巣内共生昆虫相の解明

鳥類巣内共生系研究会

那須義次¹・村濱史郎²・松室裕之²・上田恵介³

リュウキュウアカショウビンは南西諸島で繁殖する夏鳥で、宮古島では朽ち木に穴を掘って営巣するが、タカサゴシロアリの分布する石垣島、西表島では樹上に作られたシロアリのボール状の巣に穴を掘って営巣することが多い。このような鳥の巣の構造の違いが巣に共生する昆虫相にどのような影響を与えるかを明らかにするため、各島においてアカショウビンの巣を調査した。その結果、主な共生昆虫としてチョウ目ヒロズコガ科に属する蛾が認められ、未記載種あるいは日本新記録種と考えられる 3 種を含む 6 種類を確認した。*Ceratophaga* sp. は西表島と石垣島のシロアリ巢のみから、フタモンヒロズコガ、*Tinea subalbidella* とクロテンオオメンコガは宮古島の朽ち木巢のみから発生した。いずれも巣内の堆積物（アカショウビンのペリット、餌の食べ残しや糞、巣材に由来する腐植など）を摂食していた。このような島による昆虫相の違いは、シロアリの巣材に由来する腐植と朽ち木に由来するものとはそれらの質に差があるためではないかと推察された。

また、アカショウビンが穴をあけただけで営巣しなかった巣では、堆積物が少なく腐植の生成も悪く昆虫は発生しなかった。アカショウビンの営巣は多くの昆虫が利用する新たなニッチを創出し、亜熱帯域の生物多様性維持に寄与していることが明らかになった。

キーワード：ニッチ、亜熱帯、生物多様性、生態系エンジニア、ヒロズコガ科

1. はじめに

鳥類は枯枝などを集めて巣を造ったり、樹に穴をあけたりすることにより、環境を改変する生態系エンジニアである。さらに鳥の巣は多くの生物が利用する新たなニッチを創出していることが知られている (Jones et al. 1994; Whelan et al. 2008)。欧米では、古くからたくさんの昆虫が様々な鳥の巣に生息することが報告されている (Nordberg 1936; Woodroffe 1953; Hicks 1959, 1962 など) が、日本では断片的に調査されてきただけである (那須 2012)。最近、我が国でも鳥類の巣内には巣に依存する昆虫が多く

存在すること、さらに多種の動物が共生し、寄生あるいは捕食の複雑な関係が成立していることが指摘されているが、それぞれの動物の役割の解明や相互関係など群集生態学的な研究は少ない (那須 2012; Nasu et al. 2012; 那須ほか 2012a, b, c, 2014; 広渡ほか 2012, 2017; 八尋ほか 2013)。

夏鳥であるリュウキュウアカショウビン *Halcyon coromanda bangsi* (以下、アカショウビン) は、南西諸島の朽ち木などに穴を掘り営巣する (小海途・和田 2011; 日本鳥学会 2012; 矢野 2018) (図 1a)。西表島と石垣島では樹上

1: 大阪府農業大学校 2: 日本バードレスキュー協会 3: 立教大学
2018. 11.18 受付 2019.4.5 公開



図1 リュウキュウアカショウビンとその巣。a: リュウキュウアカショウビン *Halcyon coromanda bangsi* (宮古島), b: タカサゴシロアリ *Nasutitermes takasagoensis* の樹上巣に造られた巣 (西表島), c: 朽ち木に造られた巣 (宮古島), d: 巢内堆積物 (餌の食べ残しやヒナのペリットなどに由来する甲殻類や昆虫類の破片が多数見られる), e: ウールトラップ (宮古島)。

に大きなボール状の巣を造るタカサゴシロアリ *Nasutitermes takasagoensis* (以下、シロアリ) の巣に巣穴をあけて利用することが多いが (図1b), 宮古島ではこのシロアリが分布していないため、朽ち木に穴を掘って営巣している (図1c)。

本研究の目的は、アカショウビン、その巢内に共生する昆虫およびシロアリの3者の関係を明らかにして、島の貴重な生態系の保護に役立てる基礎的データを得ることである。さらに、両島のアカショウビンの営巣場所の違いが巢内共生昆虫の構成に及ぼす影響を調査して、これまでほとんど知られていなかった亜熱帯域の巢内共生系の実態を解明すると同時に、生態系エンジニアとしてアカショウビンが生物多様性保全に寄与している実態を明らかにすることである。

II. 材料と方法

1. アカショウビンの巣の調査

西表島と石垣島においては、主に道路、登山道周辺の樹上に造られたシロアリの巣を事前に目視で探し、アカショウビンの利用の有無等の予備調査をおこなった。樹上に登り巢内堆積物の回収をおこなう本調査は、予備調査で確認したシロアリ巢に加えて本調査時に発見した新たな巣も合わせておこなった。堆積物の回収はアカショウビンが穴をあけ繁殖に利用し、ヒナが巣立った後の巣でおこなった。堆積物はシロアリ巢のアカショウビンがあけた穴から、長い柄をつけた小さなスプーンを用いて掻き出した。繁殖に利用しなかった巣も巢内堆積物の有無等を調査した。

宮古島では大阪市立大学がアカショウビンの朽ち木巣で繁殖調査を実施していたので、その情報に基づいて本調査をおこなった。宮古島の巢内堆積物の回収は西表島・石垣島と同様におこなった。宮古島では、穴をあけただけで繁殖に利用しなかったものから穴底の朽ち木屑を回収した。

回収した巢内堆積物はいずれも1–2リットルほどで、幼虫等が認められた場合は、一部を小容器に堆積物ごと移し、残りの堆積物は大容器に入れたまま25℃のインキュベーター内で飼育を続けた。羽化した成虫について、交尾器の解剖をおこない、種の同定をおこなった。

1) 西表島

2013年5月31日–6月4日と10月11–15日に予備調査をおこない、それぞれシロアリ巣を12巣と24巣を認めた。同様な予備調査は2017年1月13–15日、2018年6月8–10日にもおこない、それぞれ20巣と18巣を認めた。

本調査を2014年7月18–22日におこない、24巣を調査したところ船浦のシロアリ巣1巣から堆積物を回収した。2017年7月14–16

日に 28 巣のうち船浦の発泡スチロール製人工巣 1 巣から堆積物を回収した。2018 年 7 月 20 – 22 日には、18 巣のうち船浦と浦内のシロアリの 2 巣および船浦の発泡スチロール製の人工巣 1 巣から堆積物を回収した。

2) 石垣島

2015 年 9 月 26 – 28 日、2017 年 1 月 15 – 16 日と 2018 年 6 月 10 – 11 日に予備調査をおこない、それぞれ 16 巣、21 巣および 21 巣を確認した。

本調査は 2017 年 7 月 16 – 18 日と 2018 年 7 月 22 – 24 日におこない、2017 年に発見した 27 巣については前勢岳の 1 巣から、2018 年の 21 巣のうちバナナ公園内の 1 巣から堆積物を回収した。

3) 宮古島

2014 年 8 月 1 – 4 日、2016 年 7 月 22 – 25 日および 2017 年 8 月 4 – 7 日に、大野山林内の朽ち木巣について、それぞれ 5 巣、5 巣および 3 巣から堆積物を回収した。営巣しなかった朽ち木の穴については、2016 年の調査時に大野山林の 2 カ所から穴底の朽ち木屑を回収した。

2. ウールトラップ調査

ケラチン食性のヒロズコガ類の分布を調査するため、ウールトラップ (図 1e, 以下、トラップ) を西表島と宮古島に設置した。トラップは、ウールの織物を 10 % のビール酵母水溶液に浸して乾燥させ、約 10 cm 四方に裁断し 5 – 6 枚重ねたものをネット袋に入れたもので、野外の木の枝から地上 1 – 1.5 m の高さに吊し、1 – 2 ヶ月程度放置した後回収した。回収後のトラップはネットを外して中身のみを容器に入れて、25 °C のインキュベーター内で飼育を続け、羽化した成虫は交尾器に基づいて同定した。

1) 西表島

船浦の 3 カ所に 2015 年 7 月 15 日 – 8 月 31 日、

2016 年 5 月 24 日 – 7 月 31 日および 2017 年 6 月 2 日 – 7 月 15 日に設置した。

2) 宮古島

大野山林内の 3 カ所に 2015 年 5 月 24 日 – 7 月 25 日、2016 年 6 月 1 日 – 7 月 23 日および 2017 年 6 月 10 日 – 8 月 4 日に設置した。

III. 結果

1. アカショウビンの巣の調査

調査したシロアリの巣、朽ち木の巣、コルク製の人工巣の大半から、堆積物として巣由来の大量の腐植状になったもの (濃褐変あるいは黒変した植物質の細粒状のもの)、餌の食べ残し、ヒナのペリットや糞由来の多数の昆虫類・甲殻類の破片、小動物の骨などキチン質が主に確認できた (図 1d)。様々な鳥の巣で見られるヒナから脱落した羽毛などのケラチン質は分解が進んでいたせいか、目視では確認できなかった。西表島と石垣島の堆積物は腐敗が進んでいるようで、アンモニア臭が強かった。2014 年の西表島の 1 巣および発泡スチロール製の巣では、腐植状の堆積物は認められなかった。アカショウビンの営巣後の巣にはケラチン質よりもキチン質が豊富にあることがわかった。

アカショウビンの営巣後の巣から確認できた昆虫を表 1 に示した。昆虫の中では、チョウ目ヒロズコガ科に属する蛾類 (図 2a-h) とハエ目ミズアブ科のコウカアブ *Ptecticus tenebrifer* (図 2i) の発生が最も多く、他に、ハエ目ノミバエ類および甲虫目のエンマムシ科エンマムシ *Merohister jekeli* (図 2j) も見られたが、数は少なかった。

一方、アカショウビンが穴をあけただけで営巣しなかった西表島と石垣島の穴内には、餌の食べ残しがなく、腐植状になったものも認められなかった。宮古島では餌の食べ残しなどもなく、朽ち木屑はあったが腐植化は進んでいな

表1 リュウキュウアカショウビンの巣とウールトラップからの昆虫 (2013 - 2018 年)

蛾の種類	西表島			石垣島	宮古島			蛾の主な食性
	タカサゴシロアリの巣	発泡スチロール製人工巣	ウールトラップ	タカサゴシロアリの巣	朽ち木	コルク製人工巣	ウールトラップ	
<i>Ceratophaga</i> sp.	◎	◎		◎				ケラチン、キチン
<i>Ippa</i> sp.	○							キチン(腐植)
<i>Monopis longella</i> マエモンクロヒロズコガ			◎				○	ケラチン(キチン)
<i>Monopis monachella</i>		○	○					ケラチン(キチン)
<i>Monopis congestella</i> フタモンヒロズコガ			◎		◎	◎	◎	ケラチン(キチン)
<i>Tinea subalbidella</i>					◎	◎	○	ケラチン(キチン)
<i>Niditinea</i> sp.							○	キチン(ケラチン)
<i>Opogona sacchari</i> クロテンオオメンコガ					○	○	○	腐植
巣の状態	シロアリ巣の腐植あり	腐植なし	—	シロアリ巣の腐植あり	朽ち木の腐植あり	コルク腐植あり	—	
他の昆虫	エンマムシ類、コウカアブ、ノミバエ類			コウカアブ	ノミバエ類			

◎: 発生多
○: 発生少

かった。

1) 西表島

Ceratophaga sp. (図 2a) は 2014 年の船浦の 1 巣から 5 個体が羽化した。本種の幼虫は 2018 年の船浦と浦内の 2 巣から各 50 個体以上認められたが、羽化数は船浦の 1 個体と少なかった。蛹化前にケースの中で死亡する幼虫が多かった。*Ippa* sp. (図 2b) の幼虫は 2018 年の船浦の 1 巣から 1 個体確認されたが、羽化しなかった。2017 年の船浦の発泡スチロール製人工巣からは 2 個体が羽化した。2018 年には同じ人工巣から 50 個体以上の *Ceratophaga* sp. の幼虫ケースが得られたが、羽化数は 8 個体と少なく、*Monopis monachella* (図 2d) も 1 個体羽化した。2018 年のシロアリと発泡スチロールの巣の両方ともコウカアブの発生が 20 個体以上見られた。

2) 石垣島

2017 年の前勢岳の 1 巣から *Ceratophaga* sp. の幼虫が少数得られたが羽化しなかった。2018 年のバナナ公園の 1 巣からは本種の幼虫が 50 個体以上見つかったが、羽化しなかった。

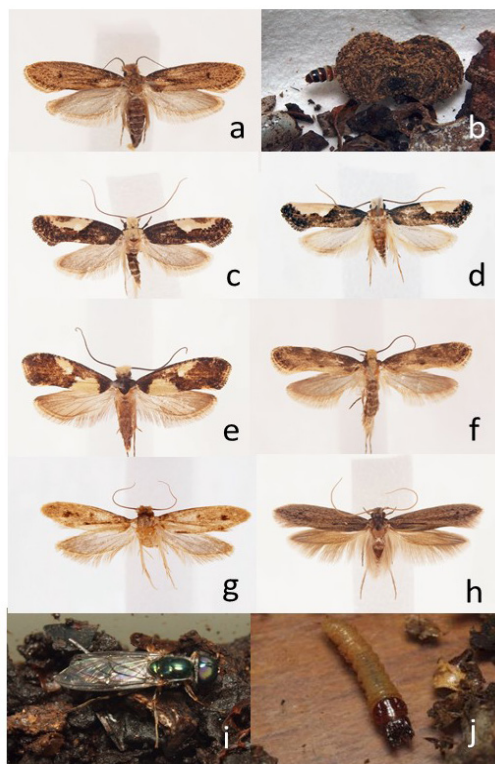


図2 リュウキュウアカショウビンとウールトラップから羽化した昆虫。a: *Ceratophaga* sp., b: *Ippa* sp. (幼虫), c: マエモンクロヒロズコガ *Monopis longella*, d: *M. monachella*, e: フタモンヒロズコガ *M. congestella*, f: *Tinea subalbidella*, g: *Niditinea* sp., h: クロテンオオメンコガ *Opogona sacchari*, i: コウカアブ *Plectiscus tenebrifer*, j: エンマムシ *Merohister jekeli* (幼虫)。

蛹化前にケースの中で死亡する幼虫が多かった。同じ巣から 15 個体以上のコウカアブが羽化した。

3) 宮古島

2014 年の大野山林の 5 巣からフタモンヒロズコガ *Monopis congestella* (図 2e) が 52 個体, *Tinea subalbidella* (図 2f) が 22 個体およびクロテンオオメンコガ *Opogona sacchari* (図 2h) が 1 個体羽化した。各巣とも少量のノミバエ類が発生した。2016 年の 5 巣からフタモンヒロズコガ 27 個体, クロテンオオメンコガが 2 個体羽化した。2017 年の 5 巣からフタモンヒロズコガが 8 個体, コルク製の 2 巣からはフタモンヒロズコガが 5 個体, *Tinea subalbidella* が 4 個体, クロテンオオメンコガが 3 個体羽化した。

2014 年に営巣しなかった 2 カ所の穴から回収した朽ち木屑からは昆虫の発生は認めなかった。

2. ウールトラップ調査

1) 西表島

2015 年, 2016 年と 2017 年に船浦に設置したそれぞれ 3 カ所の合計 9 個のトラップからマエモンクロヒロズコガ *Monopis longella* (図 2e) が 11 個体, フタモンヒロズコガが 8 個体, *Monopis monachella* が 5 個体発生した。

2) 宮古島

2014 年, 2015 年, 2016 年, 2017 年に大野山林内に各 3 カ所に設置した合計 12 個のトラップから, フタモンヒロズコガが 4 個体, マエモンクロヒロズコガが 2 個体, *Tinea subalbidella* が 1 個体, *Niditinea* sp. (図 2g) が 1 個体発生した。

IV. 考察

1. アカショウビンの巣およびトラップから羽化したヒロズコガ科昆虫とその食性

1) *Ceratophaga* sp. (図 2a)

西表島と石垣島のアカショウビンの巣のみか

ら羽化したが, 西表島のトラップからは羽化しなかった。このことから, 本種は巣内ではキチン源である甲殻類や昆虫の破片を摂食し, キチン食性が強いと考えられる。

本種成虫の翅刺は雌雄とも 1 本で幅広いという特徴をもつ。このような翅刺は, ヒロズコガ科の中では *Ceratophaga* と *Trichophaga* の 2 属が共有する (Robinson and Nielsen 1993) が, 雄交尾器の形態は前者の特徴に類似していることから本属と判断した。本属は日本新記録である。なお, 調べた範囲では本種に該当する種はなかったが, なお検討を要するのでここでは未同定種と扱う。本種は未記載種の可能性が高い。2018 年の西表島と石垣島のシロアリ巣の堆積物は腐敗が進みアンモニア臭が強く, コウカアブの発生が多かった。これら堆積物には, 幼虫が 1 巣あたり 50 個体以上見られたが, 羽化数が極端に少なかった。野外の巣内に比べ容器内で飼育したため, 蛾の生育に不適な環境になった可能性があるが, 詳細は不明である。

なお, 本属の他種は偶蹄類の角やカメの甲羅などを摂食するケラチン食性であることが知られている (Robinson and Nielsen 1993; Deyrup et al. 2005; Robinson 2009)。

2) *Ippa* sp. (図 2b)

西表島のアカショウビンの巣から認められた。扁平な 8 の字形の幼虫ケースの特徴から *Ippa* 属と考えられ, 西表島にも分布するマダラマルハヒロズコガ *Ippa conspersa* かもしれない。しかし, 未羽化のため同定できなかった。ここでは未同定種として扱う。マダラマルハヒロズコガは昆虫の死骸やアリ類の幼虫を摂食する (坂井 2013)。また, カワウ *Phalacrocorax carbo* の巣から (那須 2012), 奄美大島のオオトラツグミ *Zoothera dauma amami* の巣からも (那須ほか, 未発表) 見つかっている。アカショウビンの巣では, 昆虫の破片を摂食していたか

もしれない。

3) マエモンクロヒロズコガ *Monopis longella* (図 2c)

西表島と宮古島のトラップから羽化した。様々な鳥の巣、猛禽類のペリット、動物の糞などから羽化する種である(那須 2012)。ケラチン食性が強い種であると考えられる(那須 2012; 坂井 2013)。

4) *Monopis monachella* (図 2d)

西表島のアカショウビンの巣とトラップから羽化した。マエモンクロヒロズコガに近縁な種であるが、食性は今まで不明であった(Huang et al. 2011)。アカショウビンの巣とトラップの両方から発生したが、トラップから多く羽化していることから、キチン質も摂食するが、ケラチン食性が強いと考えられる。

5) フタモンヒロズコガ *Monopis congestella* (図 2e)

西表島ではトラップから、宮古島ではアカショウビンの巣とトラップの両方から羽化した。羽化したものは本州の鳥の巣から発生するものに比べて小さい傾向にあったが、雌雄交尾器の形態を比べても差が認められなかったののでここでは本種と判断した。本州のものとは別亜種であるかもしれない。本州では様々な鳥の巣に発生する種で、ケラチン食性であり(那須 2012)、チョウ目昆虫では非常に珍しい卵胎生の種である(Nasu et al. 2008)。アカショウビンの巣からも多数羽化していることから、キチン食性も強いと考えられる。

6) *Tinea subalbidella* (図 2f)

宮古島のアカショウビンの巣とトラップの両方から羽化した。成虫の形態が Robinson et al. (1994) が図示したものと、雌雄交尾器が Petersen (1957) の図と一致したので、本種と判断した。本種はケラチン質である哺乳類の皮膚、角、植物質である乾燥した果実を摂食し、

羽毛トラップでも採集される(Robinson et al. 1994)。日本新記録種である。このことから、ケラチン、キチンなど食性の幅は広いと考えられる。

7) *Niditinea* sp. (図 2g)

宮古島のトラップから羽化した。様々な鳥の巣などから羽化するウスグロイガ *Niditinea tugurialis* に類似しているが、形態の違いから未記載種あるいは日本新記録種と考えられる。本属はケラチン食性よりもキチン食性が強い(Robinson 2004)。

8) クロテンオオメンコガ *Opogona sacchari* (図 2h)

宮古島のアカショウビンの巣とトラップから羽化した。1980 年代に我が国に侵入してきた観葉植物などの害虫である(吉松ほか 2004)。沖縄では鳥の巣からも見ついている(広渡ほか 2012; Nasu et al. 2012)。幼虫は枯れた植物や腐植を摂食する。腐食性が強いが、今回の調査でケラチンも食することが判明した。

2. ヒロズコガ科幼虫の生息環境としてのアカショウビンの巣

アカショウビンの巣には、チョウ目ヒロズコガ科の昆虫の発生が多く、未記載と考えられる種および日本新記録種 3 種を含む 6 種を確認した(表 1)。西表島と石垣島のシロアリ巣と発泡スチロール製の人工巣に造られたアカショウビンの巣と宮古島の朽ち木とコルク製人工巣に造られたものの間では、発生するヒロズコガ類に違いが見られた。たとえば、*Ceratophaga* sp. は西表島と石垣島でのみ発生し、宮古島では発生しなかった。一方、宮古島のアカショウビンの巣とトラップの両方から羽化した *Tinea subalbidella* は、西表島では確認できなかった。これらの種は島により分布が異なるのかもしれない。しかし、宮古島のアカショウビンの巣とトラップの両方で発生が多かったフタモンヒロ

ズコガは、西表島ではトラップだけに発生し、アカショウビンの巣から発生しなかった。この理由は、ヒロズコガの分布の違いだけでは説明できない。

シロアリの巣で見られた腐植状の堆積物は、シロアリの巣材由来が主体と考えられる。このシロアリの巣材は、シロアリの餌である枯れ木などの植物質由来で、唾液を混ぜて固めたものであり、詳細な分析結果はないが窒素成分は餌である植物よりも高いと考えられる(岩田2015)。一方、朽ち木やコルク製の人工巣で見られる腐植状の堆積物は純粋に朽ち木などの植物質が主体であると考えられる。このようにシロアリと朽ち木の巣では腐植の質に差があると考えられる。この差がヒロズコガの発生の違いに反映し、結果として *Ceratophaga* sp. はシロアリの巣を好み、フタモンヒロズコガと *Tinea subalbidella* は朽ち木の環境を好むといったことがあるかもしれない。しかし、西表島の発泡スチロール製の巣でも *Ceratophaga* sp. が多発しており、本種はアカショウビンとの関係が深いのかもしない。

3. アカショウビンのニッチ創出と生物多様性

アカショウビンが営巣した巣内には巣の底に多量の腐植状の堆積物が認められ、ヒロズコガ科を主体としたチョウ目やハエ目ミズアブ科の昆虫が多数生息することが明らかになった。これらの昆虫は腐食者である。さらに、捕食者である甲虫目エンマムシ科の昆虫も見られ、アカショウビンの巣内では腐食者と捕食者が共生する腐食連鎖が成立していることが推察される。一方、アカショウビンが穴をあけただけで営巣しなかったものでは、シロアリ巣および朽ち木巣とも餌の食べ残しは認められず、腐植状の堆積物もなく、昆虫類の発生は確認できなかった。すなわち、アカショウビンが営巣することにより、巣内には腐植が形成され、多くの昆虫を育

む環境が作られることがわかった。

以上のことから、アカショウビンの営巣は、多くの昆虫が利用する新たなニッチを創出していること、その昆虫の中には未記載種あるいは日本新記録種が多数含まれるため、亜熱帯域の生物多様性維持に関して重要な役割を演じていることが明らかになった。

V. 謝辞

文献等について坂井誠氏と伊藤ふくお氏にお世話になった。西表島の調査では、衣斐継一、庄山守、小森久男・美香、日本大学の岩田隆太郎、森田涼平、山中康如の各氏、宮古島の調査では、大阪市立大学の高木昌興、大井沙綾子、田中健太、櫻井宥昌瑚、植村慎吾、浜地歩の各氏、宮古島野鳥の会の仲地邦博氏に助力をいただいた。九州大学の広渡俊哉、荒谷邦雄の両氏、琵琶湖博物館の八尋克郎、亀田佳代子の両氏、北海道大学総合博物館の大原昌宏氏、日本バードレスキュー協会的大门聖氏、大阪府立環境農林水産総合研究所の濱崎健児、城塚可奈子の両氏には昆虫類の同定や飼育等でお世話になった。厚く御礼申しあげる。

VI. 引用文献

- Deyrup, M., Deyrup, N. D., Eisner, M. and Eisner, T. 2005. A caterpillar that eats tortoise shells. *American Entomologist* 51: 245-248.
- Hicks, E. A. 1959. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in birds' nests. The Iowa State College Press, Ames: 681.
- Hicks E. A. 1962. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in birds' nests. Supplement 1. *Iowa State College Journal of Science* 36: 233-348.
- 広渡俊哉・松井 晋・高木昌興・那須義次・上田恵介 2012. 南大東島のモズの自然巣から羽化した鱗翅類。蝶と蛾 63 : 107-115.
- 広渡俊哉・山口典之・那須義次・吉田貴大・松尾和典・上田恵介 2017. 佐賀平野のカサギ巣から発生した

- 昆虫類 (1) — 2013 年の予備的調査. 日本環境動物昆虫学会誌 28 : 181-187.
- Huang, G. H., Chen, L. S., Hirowatari, T., Nasu, Y. and Wang, M. 2011. A revision of the *Monopis monachella* species complex (Lepidoptera: Tineidae) from China. Zoological Journal of the Linnean Society 163: 1-14.
- 岩田隆太郎 2015. 「木質昆虫学序説」九州大学出版会, 福岡 : 496.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. and Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. OIKOS 69: 373-386.
- 小海途銀次郎・和田 岳 2011. 「日本鳥の巣図鑑」東海大学出版会, 秦野 : 391.
- 那須義次 2012. 鱗翅目昆虫のニッチとしての鳥の巣. 生物科学 64 : 35-42.
- Nasu, Y., Huang, G. H., Murahama, S. and Hirowatari, T. 2008. Tineid moths (Lepidoptera, Tineidae) from Goshawk and Ural Owl nests in Japan, with notes on larviparity of *Monopis congestella* (Walker). Lepidoptera Science 59 : 187-193.
- 那須義次・三橋陽子・大迫義人・上田恵介 2012a. 兵庫県豊岡市のコウノトリの巣に共生する動物. 昆虫 (ニューシリーズ) 15 : 151-158.
- 那須義次・坂井 誠・川上和人・青山夕貴子 2014. 小笠原諸島で繁殖する 3 種類の鳥類の巣に生息する鱗翅類. 蝶と蛾 65 : 73-78.
- 那須義次・村濱史郎・松室裕之・上田恵介・広渡俊哉 2012b. 昆虫食性鳥類 4 種の巣に発生する鱗翅類. 蝶と蛾 63 : 87-93.
- 那須義次・村濱史郎・大門 聖・八尋克郎・亀田佳代子, 2012c. 琵琶湖竹生島のカワウの巣の鱗翅類. 蝶と蛾 63 : 217-220.
- Nasu, Y., Murahama, S., Matsumuro, H., Ueda, K., Hirowatari, T. and Yoshiyasu, Y. 2012. Relationships between nest-dwelling Lepidoptera and their owl hosts. Ornithological Science 11: 77-85.
- 日本鳥学会 2012. 「日本鳥類目録改訂第 7 版」日本鳥学会, 三田 : 438.
- Nordberg, S. 1936. Biologisch-ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen. Acta Zoologica Fennica 21: 1-168.
- Petersen, G. 1957. Die genitalien der paläarktischen Tineiden (Lepidoptera: Tineidae). Beiträge zur Entomologie 7: 55-176.
- Robinson, G. S. 2004. Moth and bird interactions: guano, feathers, and detritophagous caterpillars (Lepidoptera: Tineidae). In van Emden, H. F. and Rothschild, M. (Eds), Insect and bird interactions. Intercept, Andover: 271-285.
- Robinson, G. S. 2009. Biology, distribution and diversity of tineid moths. Natural History Museum, London, Kuala Lumpur: 143pp, 512figs.
- Robinson, G. S. and E. S. Nielsen 1993. Tineid genera of Australia (Lepidoptera). Monographs Australian Lepidoptera. CSIRO Publications, East Melbourne: 2: i-xvi + 1-344.
- Robinson, G. S., Tuck, K. R. and Shaffer, M. 1994. A Field guide to the smaller moths of South-East Asia. Malaysian Nature Society, Kuala Lumpur: 308.
- 坂井 誠 2013. ヒロズコガ科. 広渡俊哉, 那須義次, 坂巻祥孝, 岸田泰則 (編) 「日本産蛾類標準図鑑 3」学研教育出版, 東京 : 22, 23, 118-135.
- Whelan, C. J., Wenny, D. G. and Marquis, R. J. 2008. Ecosystem services provided by birds. Annals of the New York Academy of Sciences 1134: 25-60.
- Woodroffe G. E., 1953. An ecological study of the insects and mites in the nests of certain birds in Britain. Bulletin of Entomological Research 44: 739-772, pls. 14-16.
- 八尋克郎・亀田佳代子・那須義次・村濱史郎 2013. カワウの巣の昆虫相. 昆虫 (ニューシリーズ) 16 : 15-23.
- 矢野晴隆 2018. リュウキュウアカショウビンの営巣場所選択 — シロアリを利用した奇妙な子育て —. 水田 拓・高木昌興 (共編) 「島の鳥類学」海游舎, 東京 : 205-223.
- 吉松慎一・宮本泰行・広渡俊哉・安田耕司 2004. クロテンオオメンコガ (新称) *Opogona sacchari* (Bojer) の日本における発生状況. 日本応用動物昆虫学会誌 48 : 135-139.

Symbiotic insect fauna of nests of Ryukyu ruddy kingfisher,
Halcyon coromanda bangsi

NASU Yoshitsugu, MURAHAMA Shiro,
MATSUMURO Hiroyuki and UEDA Keisuke

Ryukyu ruddy kingfisher, *Halcyon coromanda bangsi*, is a summer visitor breeding in the Nansei Islands, Japan. The birds breed digging holes in the decayed trees in Miyako Island, but in Ishigaki Island and Iriomote Island where Takasago termite, *Nasutitermes takasagoensis* (they make a ball like nests on the trees), are distributed, often digging holes in the termite nests. In order to clarify the influence of the structure difference of bird nests on the insect fauna coexisting in the nests, we investigated the bird nests in each island. As a result, moths belonging to the family Tineidae were recognized as the main symbiotic insects, and 6 species including 3 species considered to be undescribed or newly recorded species from Japan were confirmed. *Ceratophaga* sp. occurred only from the termite nests of Iriomote Island and Ishigaki Island, and *Monopis congestella*, *Tinea subalbidella* and *Opogona sacchari* only from decayed trees of Miyako Island. The moths ingested the detritus (the pellets, the food left, the droppings, the humus derived from the nest material, etc.) in the nests. It is inferred that the difference in insect fauna among the three islands is due to differences in quality between humus derived from termites and those from decayed trees. Also, in the nest where the kingfisher did not breed only opening a hole, the detritus was poor, humus create bad and no insect occurred. It is revealed that the nest of the kingfisher creates a new niche utilized by many insects and contributes to the maintenance of biodiversity in the subtropical zone.

Key words: niche, subtropical zone, biodiversity, ecosystem engineer, Tineidae

島嶼性ブナ北限北海道奥尻島における冬季積雪環境が植物の 背腹性に与える影響調査

国立研究開発法人森林総合研究所北海道支所森林育成研究グループ
北村系子

冷温帯広葉樹林を代表するブナ (*Fagus crenata*) は北海道渡島半島に分布の北限を持つ。一方、日本海島嶼のブナ北限は奥尻島にある。北日本のブナは多雪および寡雪環境にそれぞれ適応し、遺伝的にも分化している。本研究では奥尻島のブナの遺伝的分化と積雪環境の関連を明らかにすることを目的とした。積雪環境を端的に示す指標となる最深積雪深を 2017-2018 年に 20 カ所に設置した指示計と踏査による実測で求め、島内の積雪分布図を作成した。奥尻島は沿岸部の積雪はなく、山間部で約 2 m の積雪が観測された。島内 26 カ所のブナ林を分析した結果、葉緑体ハプロタイプは 2 型あり、寡雪に適応したタイプ B が優占していた。ハプロタイプの保有頻度は島内の北西のタイプ B から南東のタイプ A にかけてクラインが存在し、両者の中間に両タイプを保有する集団が存在した。多雪地域に適応したタイプ A は東海岸南部で比較的積雪の多い地域に出現し、内陸の積雪の多い集団でも高い頻度を示したことから、局所的に現在の積雪分布を反映した遺伝的分化が存在することを示唆した。

キーワード：最大積雪深、葉緑体ハプロタイプ、海洋島、冬季季節風

1. はじめに

日本列島の冷温帯広葉樹林を代表するブナ (*Fagus crenata*) は、本州日本海側の山岳地帯を中心に大面積の純林を形成し、その地理的分布の北限は北海道南部にある。一方、日本海の島嶼にもブナ林が天然分布している。北海道西部の奥尻島は日本海島嶼性ブナ林の北限として植物地理学上重要な位置を占める (館脇 1948)。冷温帯広葉樹の代表的な生態系であるブナ林は本州日本海側を中心にさまざまな研究が進められている。一方、日本海に浮かぶ島嶼に分布するブナ林はほとんど注目されておらず研究も進んでいない。

筆者らは北海道本土のブナ北限地帯

(Kitamura et al. 2015) とともに奥尻島の島嶼性ブナ北限に着目し、植物群落および遺伝的多様性の調査を行っている。その中で、奥尻島は小さな島であるにも関わらず本土の連続集団に匹敵する高い遺伝的多様性を示すこと (北村ほか 2009)、個々の集団は極めて多様な森林群落を形成していることが明らかになっている (並川ほか 2016)。

本州のブナ群落では日本海側から太平洋側にかけて積雪量の違いによる生育環境の背腹性があり、遺伝的系統に対応した葉緑体 DNA ハプロタイプ (半数体における遺伝子型) が異なる (Fujii et al. 2002)。一方、予備的に調査した奥尻島のブナ林でも異なる 2 種類の葉緑体ハプロタ

イブが観察され、島を南北に走る脊梁山脈を境に北西側と南東側で背腹性が認められた。個々のブナ林の成立環境が島の東西で異なり、それに伴う遺伝的背景、集団の履歴、および共存する植物種との相互作用の多様さを物語っていると考えられる。

植物は遺伝的な分化を伴いながら、それぞれの生育環境に適応した生活史を持つと考えられる。しかしながら、奥尻島における植物の生育環境と分化の実態は明らかにされていない。特にブナの地域分化において背腹性を支配する冬季積雪環境の観測は最も基礎的かつ重要である。奥尻島のようなローカールスケールにおいても生育環境に適応した遺伝的分化があり積雪量がブナの遺伝子型分布を決定づけているとすれば、島の西側は冬季の季節風が卓越して寡雪環境に、東側で多雪環境であることが要因の一つであると予想される。しかし現在のところ、奥尻島で積雪量は観測されていない。島内の積雪分布は過去2カ所（奥尻地区および米岡地区）で観測された積雪量をもとに北海道本土の積雪分布から推定されたもの（増田 1983）と降雪量別日数の分布（奥尻町 1997）のみであり、島内の詳細な積雪分布がわかっていない。そのため、遺伝的な分化が冬季の多雪および寡雪環境に適応した帰結によるものか決着をみていない。

本研究では、奥尻島ブナ林の背腹性を強く支配すると考えられる冬季の積雪環境について島内各所で観測を行い、奥尻島の詳細な積雪分布図を作成することを目指す。さらに、ブナ林の遺伝的分化の指標となる葉緑体 DNA 多様性を奥尻島全島のブナ林について明らかにする。これらの結果を対応させることによって、自然環境の多様性と植物地理に及ぼす影響の検証を試みる。

II. 材料と方法

1. 冬季積雪環境の観測

北海道西部日本海に位置する奥尻島全域を調査対象地域とし、積雪観測は2016年から2018年の2年間行った。本報告書記載にあたっては寒候年（前年8月1日から当年7月31日）で表記し、2016～2017年冬季は2017年、2017～2018年冬季は2018年とした。

奥尻島が位置する日本海は冬季の気象条件が厳しく、頻繁に現地で積雪の観測を行うことは困難である。そのため、冬季間の積雪経過のうち積雪環境を端的に示す指標となる最深積雪深について積雪開始前に最深積雪指示計（高橋 1968）を島内のブナ林16カ所（図1に●で示す）および補完する調査地として4カ所（○）、合計20カ所に設置し、融雪後に設置した指示計から積雪深を求めることとした（図1, 2）。

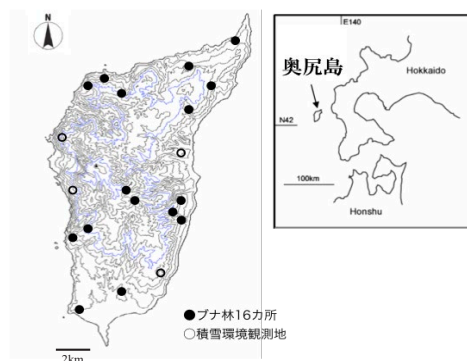


図1 奥尻島における最深積雪指示計設置地点



図2 最深積雪指示計設置写真

指示計の材料は 4 cm 角の角材と径 3 mm のアルミニウム線を使用した。アルミニウム線は指示計の両側に 10 cm ずつ 10 cm 間隔で水平に取り付け、接着剤で固定した。現地敷設は 4 cm 角の木杭を地面に打ち込み、針金で 2箇所固定した。過去の観測値では奥尻の最深積雪は 2 月に 80 cm であったため（奥尻町 1997）、指示計の高さは 2 m とした。ただし、2018 年については、2017 年に積雪が 50 cm 以下であった観測地点の指示計は高さ 120 cm とした。指示計による観測期間は 2016 年 10 月下旬（設置）～2017 年 5 月下旬（観測回収）、および 2017 年 9 月下旬（設置）～2018 年 6 月下旬（観測回収）とした。なお、国有林内に設置した指示計 9 本については、2017 年 5 月は観測のみで回収せず残置し、同年 9 月に現地で補修を行い、2018 年 6 月に回収を行った。

さらに、詳細な積雪分布を把握するために、冬季においてもアクセスが可能な地点については踏査により現地の積雪状況を観察した。とくに、島の西海岸は冬季の季節風が直接吹きつけ雪が飛ばされて積雪がないことが予想されるため、厳冬期に観察を行って積雪の有無を確認する必要がある。

踏査による積雪量調査は、2017 年 2 月に指示計設置地点 9 地点を含む 39 地点、および 2018 年 3 月に指示計設置地点 8 地点を含む 35 地点において以下の方法で行った。吹き溜まりや除雪による影響を受けていないなるべく平坦な場所を選び、10 cm 間隔の目盛り付きゾンデ棒で 5 ～ 10 m の範囲内の積雪を 5 cm 精度で 5 回読み取る。同じ値が 3 回観測された場合は、その値を積雪深とする。同じ観測値が 3 回以下の場合は、最大および最小値を除外した平均値を積雪深とした。踏査による観測値は指示計設置地点における観測値と指示計の観測値の結果を用いて線形補正を行った。観測地点の位置は

GPSmap 60CSx（ガーミン社）で測定した。

一般に、標高が高くなると積雪深は増えると考えられる。奥尻島全島の積雪分布図の作成には標高を外生変数としてクリギング法によって観測地点の空間的予測・補間を行い、地図上にプロットした（間瀬 2010）。計算および作図はプログラムパッケージ geoR（Ribeiro and Diggle 2009）を用いた。

2. 葉緑体ハプロタイプ分布状況の把握

奥尻島内のブナ天然分布地域を網羅する 26 カ所からブナ林 28 集団を選び、葉緑体ハプロタイプの分析を行った（表 1）。各集団のブナ成熟木を 9 から 26 個体、合計 613 個体選び、葉を採取してクーラーボックスで実験室に持ち帰り 5 °C で保存した。採取した生葉約 50 mg を -80 °C で凍結しマルチビーズショッカー（安井器械 KK）を用いて 2000 rpm、3 秒で粉

表 1 奥尻島ブナ林調査地点 26 カ所における葉緑体ハプロタイプ分析結果。

調査地点	北緯	東経	標高(m)	分析個体数	ハプロタイプ	
					A	B
1	42° 07'03.14"	139° 25'41.09"	195	24	-	24
2	42° 07'26.92"	139° 27'33.51"	389	24	21	3
3	42° 08'00.89"	139° 28'15.74"	425	24	-	24
4	42° 06'56.28"	139° 29'16.02"	340	22	22	-
5	42° 09'30.12"	139° 27'43.56"	351	23	-	23
6	42° 09'51.48"	139° 28'34.86"	292	24	-	24
7	42° 12'20.58"	139° 29'22.74"	170	23	-	23
8	42° 11'20.28"	139° 28'01.44"	313	23	-	23
9	42° 07'14.46"	139° 28'19.32"	296	24	7	17
10	42° 08'38.64"	139° 29'15.06"	210	24	8	16
11	42° 12'18.22"	139° 31'44.90"	205	24	-	24
12	42° 12'35.60"	139° 30'06.66"	238	12	-	12
13	.1 42° 12'25.60"	139° 27'00.79"	275	10	-	10
	.2 42° 12'25.60"	139° 27'00.79"	275	24	-	24
14	42° 11'32.82"	139° 26'09.35"	96	14	-	14
15	42° 10'47.32"	139° 30'04.36"	154	26	4	22
16	42° 06'22.80"	139° 30'03.30"	142	9	9	-
17	42° 05'11.40"	139° 27'47.77"	74	24	24	-
18	42° 04'26.11"	139° 25'58.55"	55	23	20	3
19	42° 07'59.45"	139° 30'43.42"	94	24	24	-
20	42° 11'47.00"	139° 28'03.86"	370	24	-	24
21	42° 07'22.94"	139° 30'23.11"	120	24	24	-
22	42° 08'32.64"	139° 27'22.18"	519	24	-	24
23	42° 06'35.60"	139° 30'06.66"	141	24	24	-
24	42° 13'36.01"	139° 31'09.41"	67	24	-	24
25	.1 42° 14'09.36"	139° 32'50.34"	30	24	-	24
	.2 42° 14'09.36"	139° 32'50.34"	30	24	-	24
26	42° 05'48.60"	139° 29'43.50"	191	20	20	-
合計				613		

砕した。粉碎試料を DNeasy Plant Mini Kit（キアゲン社）を使いプロトコルに従って全 DNA を抽出した。

葉緑体ハプロタイプ (Fujii et al. 2002, Okaura and Harada 2002) の多様性分析は菅野 (2004) のプライマーを使用した(表 2)。まず、テンプレートとなる葉緑体 DNA の trnK および trnT-L-F 領域を増幅するために Multiplex PCR Kit（キアゲン社）を使用した。1 サンプルあたり 3 μ l の 2 x Master Mix, 0.6 μ l のプライマーミックス（各 2 μ M の trnK および trnT-L-F プライマーを含む TE 溶液）、1.4 μ l の滅菌水（キット付属）、1 μ l の DNA 溶液を混合した 6 μ l の反応液をサーマルサイクラー（アプライドバイオシステムズ 2720, サーマフィッシャーサイエンティフィック社）で遺伝子増幅（PCR）を行った。PCR 条件は、95 $^{\circ}$ C 15 分 1 サイクル, [94 $^{\circ}$ C 30 秒, 56 $^{\circ}$ C 90 秒, 72 $^{\circ}$ C 2 分] を 35 サイクル, 72 $^{\circ}$ C 10 分 1 サイクルとし、終了後直ちに氷上で保存した。反応液中の未反応プライマーと dNTP を除去するために 2 種類の酵素, Exonuclease I (Exo I, タカラバイオ社) および Alkaline Phosphatase (CIAP, タカラバイオ社) で処理した。1 サンプルあたり 1.1 μ l の 10 x Exo I バッファー, 0.16 μ l の Exo I (5 unit/ μ l), 0.07 μ l の CIAP (30 unit/ μ l), 3.67 μ l の滅菌水を混合した 5 μ l の溶液を PCR 反応液に加えボルテックスで十分に攪拌し、サーマルサイクラーで 37 $^{\circ}$ C 1 時間, 75 $^{\circ}$ C 15 分反応後、氷上に移し、1 塩基伸長 (SNP) 反応に供した。SNP 反応は ABI PRISM SNaPshot Multiplex Kit（サーモフィッシャーサイエンティフィック社）を用いた。2 μ l の PCR 反応産物に、1 μ l の 2 x Ready Mix, 0.7 μ l の SNP プライマーセット（各 2 μ M の trnK189, trnK851, trnK1754, trnK2089, trnLF054, trnLF671 プライマーを含む TE 溶液）、1 μ l の 5 x BigDye Terminator Sequence Buffer（サーモフィッシャー

サイエンティフィック社）、2.3 μ l の滅菌水を加えた 7 μ l の混合液をサーマルサイクラーで [96 $^{\circ}$ C 10 秒, 50 $^{\circ}$ C 5 秒, 60 $^{\circ}$ C 30 秒] 25 サイクルの伸長反応を行い、直ちに氷上に移した。得られた SNP 反応液に 0.03 μ l の CIAP, 0.8 μ l の 10 x CIAP Buffer, 0.17 μ l の滅菌水を混合した 1 μ l 溶液を加えボルテックスで十分に攪拌し、サーマルサイクラーで 37 $^{\circ}$ C 1 時間, 75 $^{\circ}$ C 15 分反応させた。1 μ l の SNP 反応産物は 9.8 μ l の Hi-Di Formamide（サーモフィッシャーサイエンティフィック社）、0.2 μ l の GeneScan 120 LIZ サイズスタンダードと混合し、95 $^{\circ}$ C 5 分熱変性後、氷水で急冷した。電気泳動はジェネティックアナライザー ABI 3130xl（サーモフィッシャーサイエンティフィック社）、36 cm キャピラリー, POP7 ポリマーを用いた。フラグメント解析はプログラム GeneScan で読み取り、Fujii et al. (2002) に従ってハプロタイプ多型の識別および判定を行った。

各ブナ集団の葉緑体ハプロタイプの比率を計算し、集団の保有割合とした。各集団の位置とハプロタイプ保有割合をもとにクリギング法によって観測地点の空間的予測・補間を行い（間瀬 2010）保有頻度のヒートマップを作成した。計算および作図はプログラムパッケージ geoR (Ribeiro and Diggle 2009) を用い、ハプロタイプ保有割合とヒートマップを地図上にプロットした。

表 2 菅野 (2004) によるブナ葉緑体 DNA ハプロタイプ多型検出用プライマー

テンプレートプライマー	Sequence (5' -3')
<i>trnK</i>	TTATCTTAGCGGATCGGTCCA CCGTGCTTGATCTTTTCATTG
<i>trnT-L-F</i>	AATGGATGCTCTAACTCT GCCAGGAACGAGATTTGAA
SNP プライマー	
<i>trnK189</i>	GTCCAAACTTGTGTGATCTTGACCTAAAAAAA
<i>trnK851</i>	TGCACCTGCTCATGATCATGGTTCAATAGCTACA
<i>trnK1754</i>	TAGAAATGAATTTCTAGCATTGTACTGCGACACTGAG
<i>trnK2089</i>	CTCTCTCGGTAAAGATCTTGGACGATTCGAACTACTTTT
<i>trnLF671</i>	CTTACCAAGTATAACTTCAATTCAGAGAAACCTGGAAT
<i>trnLF671</i>	TACAATCATGCCATTGTGAAAGA

III. 結果

1. 奥尻島の積雪分布

奥尻島における 2017 年の最深積雪指示計観測値は 20 cm から 180 cm であった。2018 年は降雪が多く、最深積雪指示計による観測値は 10 cm から 200 cm を越えた地点が 2カ所あった。指示計の高さは 2 m であったことから 2018 年に 200 cm を越えた地点の正確な最深積雪深は不明である。分布図作成にあたり、これら 2 地点については 200 cm と仮定して計算に用いることとした。踏査によって得られた観測値は、2017 年は 0 cm から 95 cm, 2018 年は 0 cm ～ 166 cm であった。

踏査時点の指示計設置地点の観測値と融雪後の指示計観測値の関係は図 3 に示す。両者の関係はほぼ線形を示し、それぞれの冬季間における積雪量推定式は x を踏査時の実測値とすると、以下ようになった。

2017 年

$$f(x) = 0.92 \cdot x + 5.73$$

$$r^2 = 0.90$$

2018 年

$$f(x) = 0.98 \cdot x + 1.29$$

$$r^2 = 0.89$$

上記の式にあてはめて、踏査観測地点の補正値を得た。

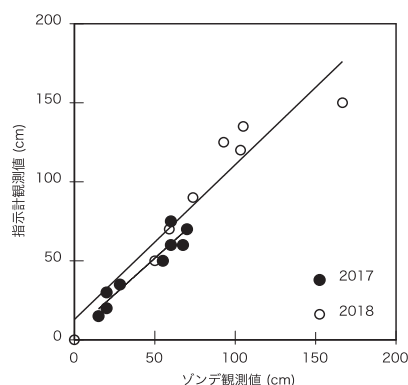


図 3 2016 年～2018 年における踏査時実測値と最深積雪指示計の関係。

2017 年および 2018 年の奥尻島における最深積雪観測値の図を観測地点とともに図 4 に示す。沿岸部は季節風と越波のため両年ともに積雪は観察されなかった。2017 年の積雪量は島の周辺部および北部で少なく、核心部で多くなっていた。2018 年は前年に比べて積雪が多かった。特に島の北部での観測値は前年に比べて 2 倍以上となっていた。

一般に、標高が高くなると積雪深は増えると考えられ、実際に奥尻島においても標高が高いほど積雪量は多かった。そこで、より実際の積雪分布を明らかにするために、標高を外生変数として観測地点の空間的予測・補間を行い、2017 年および 2018 年の奥尻島における積雪分布図を作成した (図 5)。標高による補正を行

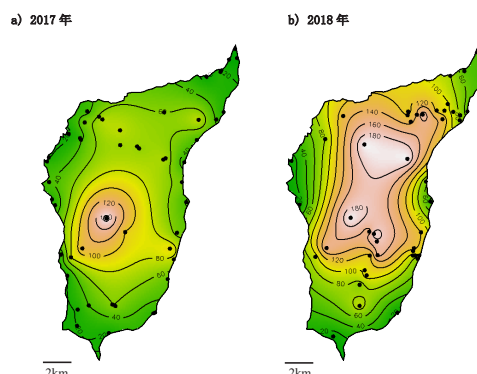


図 4 2016 年～2018 年における最深積雪実測値。数字は積雪深 (cm), 黒点は各年における観測地点を示す。

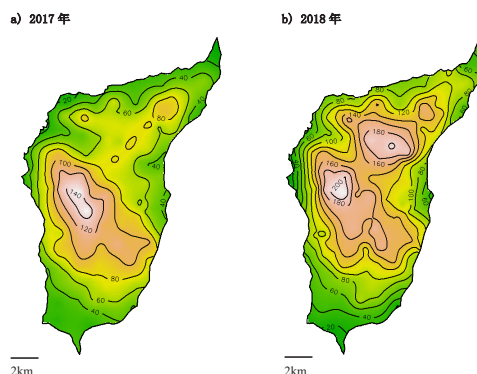


図 5 2016 年～2018 年における奥尻島の積雪分布図 (標高補正值)。数字は積雪深 (cm) を示す。

なったことによって、とくに島の北西部のアクセス困難な地点の積雪予測ができ、詳細な分布図を描くことができた。2017年と2018年の積雪量に大きな違いがあったことから、2年間の分布図を統一して1枚の分布図とすることは避けた。とくに2018年は積雪分布の勾配が大きく、沿岸部から山間部にかけて急激に積雪量が増えていた。

2. 奥尻島ブナ林の葉緑体ハプロタイプ変異

葉緑体ハプロタイプ分析結果は表1に示す。奥尻島内のブナ林で観察された葉緑体ハプロタイプ変異は、ハプロタイプAおよびBの2型であった。分析を行ったブナ林26地点中、ハプロタイプAのみが観察されたのは7地点、Bのみが観察されたのは14地点、AおよびBの両方が観察されたのは5地点であった。このことから、奥尻島ブナ林ではハプロタイプBの保有割合が高いことが明らかになった。

ハプロタイプ保有割合の島内での空間分布を図6に示す。2種類のハプロタイプ分布は島の横断方向に空間的なクラインを示している。つまり、主要なハプロタイプBは島の北西部、ハプロタイプAは南東部の集団が保有し、両方のハプロタイプが混在する集団はこれらの中間的な島の中央部に位置していた。

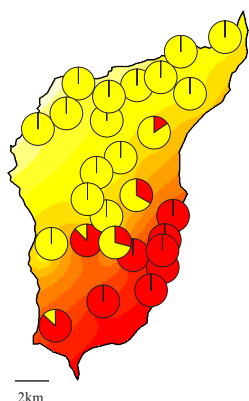


図6 奥尻島ブナ林の葉緑体DNAハプロタイプ分布図。黒はハプロタイプA、白はハプロタイプBを示す。

IV. 考察

1. 奥尻島の積雪

本研究では奥尻島の詳細な積雪分布を把握するために2つの方法、最深積雪指示計と冬季現地踏査による実測、を用いた。最深積雪指示計による観測値と2月下旬～3月上旬の踏査による実測値はほぼ同様の値を示し、高い線形関係を示した。これらの結果から、両者を併用することによって冬季のアクセスが困難な場所を含めた詳細な積雪分布を把握することができた(図5)。

奥尻島の沿岸部では当初の予想どおり、植生の被覆がなく季節風の影響を直接受けること、および越波により積雪は観察されなかった。一方、沿岸部から山間部にかけて標高に伴って積雪量が増え、島の核心部の最深積雪深はほぼ2mに達していた。とくに、島の南部内陸部は島内で最も積雪量が多い地域であった。

過去に作成された奥尻島の積雪分布図には2つの資料がある。北海道本土の積雪分布から外挿された図(増田1983)では、南東部で40cmと少なく、北西部沿岸が100cm以上と最も多い分布が示されている。また、降雪量別日数の分布(新奥尻町1997)からは南端部で最も少なく、北東海岸部で最も多い図が描かれている。これらは、奥尻地区および青苗地区の2カ所からの観測値から推定されたものであるため、実際の積雪分布を正確に反映できていなかったと考えられる。本研究による多点観測の結果はより信頼性が高く、実際の積雪分布をよく反映したものであると考えてよいだろう。

奥尻島における2017年および2018年の最新積雪深は大きく異なり、2017年で少なく、2018年で多かった。現在、奥尻島内のアメダスでは積雪の観測は行われていない。北海道本土で奥尻島に近い日本海側のアメダス最深積雪深は、今金で2017年44cmに対して2018年は

134 cm (平年値 104 cm), 熊石で 2017 年 21 cm に対して 2018 年は 49 cm (平年値 57 cm), 江差では 2017 年 14 cm に対して 2018 年は 51 cm (平年値 31 cm) であり, 3 カ所とも 2017 年より 2018 年の積雪が多くなっていた(気象庁ホームページ). このように周辺地区でも 2 年間で大きく積雪量が異なっていたことから, 2017 年と 2018 年の積雪量を統合することは避け, 各年における積雪分布を示すこととした.

島の南東部にあたる東海岸の長浜地区では両年ともに積雪量が周辺に比べて多かった. 長浜地区は海岸近くまでブナ林が生育しており, ブナに好適な多雪環境であると考えられる.

2018 年の積雪分布 (図 5b) では, 島の北部の内陸で顕著に積雪量が増加していた. 場所によっては 2017 年の 2 倍以上の積雪を示した. これは, 島の南部内陸部の増加量にくらべて著しい違いであった. このように, 地域によって 2 年間の積雪深に大きな違いがあることは, 海洋島の積雪環境は年変動が激しく, さらに狭い島内でも地域によって変動の大きさが異なることが示唆された.

2. ブナ葉緑体 DNA ハプロタイプ 分布

葉緑体 DNA は核遺伝子と異なり母性遺伝する環状 DNA で進化速度が遅く組み替えが起こりにくいことから集団の由来を推定するために利用される. また, 母性遺伝することから種子分散によってのみ遺伝子流動が引き起こされ, 移動速度が遅い. そのため, 遺伝的な分化を反映した地域的な違いを識別することができる. ブナ林に関しても, 葉緑体 DNA ハプロタイプは日本列島で地域分化している (Fujii et al. 2002). とくに北日本では, ハプロタイプ A が日本海側の多雪環境に生育するブナ林で, ハプロタイプ B は太平洋側の寡雪環境に生育するブナ林で観察されている. 多雪地帯である北海

道渡島半島でも, 多雪環境に生育するハプロタイプ A が大部分を占めている.

ところが, 本研究の結果から奥尻島においては大部分のブナ林がハプロタイプ B を保有していた (表 1, 図 6). さらに, 島内のハプロタイプ 分布は北西から南東方向に空間的なクラインを持つことが明らかになった. つまり, 北西部のブナ集団はハプロタイプ B, 南東部の集団はハプロタイプ A を保有する傾向が認められ, 中間部分で遺伝子流動による混合が起きていた.

3. ブナ林の背腹性と環境要因

奥尻島で観察されたブナの葉緑体ハプロタイプの 2 型は北日本における多雪および寡雪環境にそれぞれ適応した系統であった. 本研究による詳細な積雪分布から, 奥尻島では沿岸部で寡雪, 内陸部で多雪環境であることが明らかになった. 本研究で得られた積雪分布と葉緑体ハプロタイプ 分布は完全に一致してはいない. しかしながら, 2017 年の観測では北部に比べて南部で雪が多く, 葉緑体多型は島内で南東~北西方向の背腹性を示した. つまり, 多雪環境に適応したハプロタイプ A が島の南東部に出現していた. 観測を行った 2 年間で東海岸南部の長浜地区は積雪が多く, ハプロタイプ A が集中していた. さらに, 内陸部で最も積雪の多い島の核心部では 2 つのハプロタイプ が混在している中でもハプロタイプ A の出現頻度が高かった. 加えて, ハプロタイプ A が分布する最も北の集団は, 2018 年の多雪年において積雪量が増加した地域に成立したブナ林である. これらは, 現在の積雪環境を局所的に反映しているのではないだろうか.

今後は, ブナの奥尻島への侵入年代や経路, 侵入時期の環境要因などを含めて, さらに研究を進展させる.

V. 摘要

1. 本研究によって、奥尻島の詳細な積雪分布図を得ることができた。
2. 奥尻島ブナの葉緑体ハプロタイプは2型あり、ハプロタイプBが優占していた。
3. ハプロタイプの保有頻度は島内の北西から南東方向のクラインが存在し、北西にハプロタイプB、南東にハプロタイプAが分布し、両者の中間に両ハプロタイプを保有する集団が存在した。
4. 多雪地域に適応したハプロタイプAは東海岸南部で比較的積雪の多い地域に出現し、内陸の積雪の多い集団で高い頻度を示した。

VI. 謝辞

現地調査および分析、データ解析にあたり以下の方々にご協力いただいた。ここに感謝する。中西敦史、高澤亜紀子、山野井克己、廣田知良、伊東宏樹、津山幾太郎、北海道函館建設管理部道路課、奥尻町、北海道森林管理局奥尻森林事務所。(敬称略)

引用文献

Fujii, N., Tomaru, N., Okuyama, K., Koike, T., Mikami, T. and Ueda, K. 2002. Chloroplast DNA phylogeography of *Fagus crenata* (Fagaceae) in Japan. *Plant Systematics and Evolution* 232: 21—33.

菅野 学 2004. 日本産コナラ属コナラ節植物 (ブナ科) の系統地理学および集団遺伝学的研究). 東北大学 大学院 農学研究科 生物資源科学専攻博士 (生命科学) 論文.

気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> [最終閲覧日 2018 年 8 月 16 日]

北村系子・小林 誠・河原孝行 2009. 渡島半島国有林のブナ保護林における遺伝的多様性評価. 北海道の林木育種 52: 16—18.

Kitamura, K., Matsui, T., Kobayashi, M., Saitou, H., Namikawa, K. and Tsuda, Y. 2015. Decline in gene diversity and strong genetic drift in the northward-expanding marginal populations of *Fagus crenata*. *Tree Gene and Genomes* 11:36 doi:10.1007/s11295-015-0857-y

間瀬 茂 2010. 「地球統計学とクリギング法」オーム社.

増田久雄 1983. 北海道積雪分布図 (平均最深). 林業試験場北海道支場新技術情報 6.

並川寛司・北村系子・松井哲哉・高橋 誠 2016. 島嶼における北限、奥尻島ブナ林の種組成と葉緑体ハプロタイプとの関係について. 第63生態学会大会.

Okaura, T. and Harada, K. 2002. Phylogeographical structure revealed by chloroplast DNA variation in Japanese beech (*Fagus crenata* Blume). *Heredity* 88: 322—329.

奥尻町 1997. 「新奥尻町史 上巻」奥尻町, 北海道.

Ribeiro, Jr. P. J. and Diggle, P. J. 2009. geoR: A package for geostatistical analysis, contributed package of R. <http://www.leg.ufpr.br/geoR/geoRdoc/>. [最終閲覧日 2018 年 7 月 9 日]

高橋喜平 1968. 最深積雪指示計について. 雪氷 30: 11—14.

館脇 操 1948. ブナの北限界. 生態学研究 1: 46—51.

Relationships between population differentiation and snow accumulation in the northernmost beech population distribution on Okushiri island, Hokkaido, Japan

KITAMURA Keiko

The northernmost distribution of Japanese beech (*Fagus crenata*) is in the mainland of Hokkaido. Additionally, the northern edge of the species in oceanic islands is in Okushiri island. Beech populations are adapted to snow conditions of their establishment sites. Also, they are genetically differentiated by different environment. The aim of this study is to clarify the relationships between snow accumulation and genetic diversity at the northernmost island beech population. Maximum snow depth was observed in the winter of 2017 and 2018 by snow scales and snow probes. Snow accumulation maps of Okushiri island was drawn for 2017 and 2018. There were no snow along coast lines and snow accumulation increased up to 2 m in higher altitudes. Chloroplast DNA haplotypes were revealed in 26 populations over the island. There were 2 haplotypes and the major haplotype B was adapted to the less snow climate. There is a spatial cline in the haplotype frequency from the southeastern type A to the northwestern type B on the island. Type A localized in the southern deep snow area, and showed high frequency in the most snow accumulated inland population. This might indicate that the present snow environment partly reflects the genetic differentiation of local beech populations.

Key words: maximum snow depth, chloroplast DNA haplotype, oceanic island, winter monsoon

小笠原諸島石門湿性高木林における森林動態と 維管束植物多様性基礎調査

石門森林研究グループ

阿部 真¹・安部哲人²

小笠原諸島母島の石門地区は大規模な石灰岩カルストと雲霧が発生しやすい環境条件のため、小笠原諸島唯一の湿性高木林となっている。この非常に狭い範囲(約 25 ha)にのみ生育する固有種が見られるが、石門には侵略的外来樹種アカギが侵入しつつあり、生態系保全のためにアカギ駆除事業が行われている。そこで、アカギ駆除に伴う森林動態や林床植生、絶滅危惧種への影響を調査した。

アカギの本数は駆除に伴い大きく減少していたが、残存個体の成長が良かったため胸高断面積合計は増加していた。林床植生は前回調査が台風直後であったため、今回の調査では外来雑草類(ベニバナボロギク、ヤンバルツルハッカなど)を含む多くの種で出現頻度が減少していた。このことは石門で外来雑草が既に埋土種子化していることを示す。ただし、アカギ駆除で形成されたギャップには外来種はほとんど侵入していなかった。以上より、アカギ駆除率を現在より上げることが可能であると示唆された。また、今回新たに外来種ガジュマルの成木が 5 個体加入しており、実生も多数発見されるなど、対応が必要であると考えられた。

キーワード：アカギ、外来種、絶滅危惧種、駆除事業、ガジュマル、種組成

1. はじめに

海洋島生態系は多くの固有種を進化させた生物進化の舞台である (Darwin 1859; Whittaker and Fernandez-Palacios 2007)。小笠原諸島も生物相の固有種率が高く (Shimizu 2003)、2011 年に世界自然遺産に登録された。しかし、同じ海洋島でも島の面積はハワイやガラパゴス諸島と比較して格段に小さく (最大の父島でも 24 km²)、必然的に小笠原諸島の固有種の生息域は非常に狭い。小笠原諸島の中でも母島の石門地区は大規模な石灰岩カルストと雲霧が発生しやすい特殊な環境条件のため、小笠原諸島で唯一の湿性高木林となっている。この石灰岩上の石門高木林は約 25 ha と狭い範囲であるにもか

かわらず、石門にのみ生育する固有種がいくつも見られるなど、貴重な植物群集を形成している (Abe et al. 2018)。

しかし、貴重な生態系をもつ海洋島は外来種に対して脆弱であり、攪乱要因として大きな問題となっている (Sax and Gaines 2008)。植物の場合、外来種が一度島内に侵入すると、台風などの自然攪乱で生じたギャップで更新し、次第に分布を広げていく (Denslow 2003)。小笠原諸島でも外来種対策は世界自然遺産の保全上の課題である (Abe 2006; Chiba and Roy 2011)。アカギもそうした侵略的外来種の一つであり、特に母島では大きく広がっている (Fukasawa et al. 2009)。石門では戦前にアカギが林業目的で

1: 森林総合研究所森林植生研究領域 2: 森林総合研究所九州支所
2018.12.25 受付 2019.4.5 公開

試験的に植えられていたため、そこを起点にして林内に広がりつつあり、現地に生育する固有絶滅危惧種の存続が危ぶまれている。今日では小笠原諸島全域でアカギの駆除事業が始まっており、石門でも2009年よりアカギの駆除が段階的に行われている。しかし、駆除事業が生態系に与える影響は未知数である。

本研究では、この貴重な森林である石門の生態系に与えるアカギ駆除の影響を解明することを目的とした。

II. 調査地と方法

1. 調査地

調査地は小笠原諸島母島の石門湿性高木林である。森林の動態解明を目的として2006年に4 ha (100 m×200 mの調査区を2つ)の毎木調査プロットを設置してある(図1)。プロットは正確に東西南北方向に測量してある。プロット内は10 m四方のサブプロット400個に区切られており、このサブプロットの北東角に2 m四方の実生調査区を設置した(4 haプロット内に400箇所)。

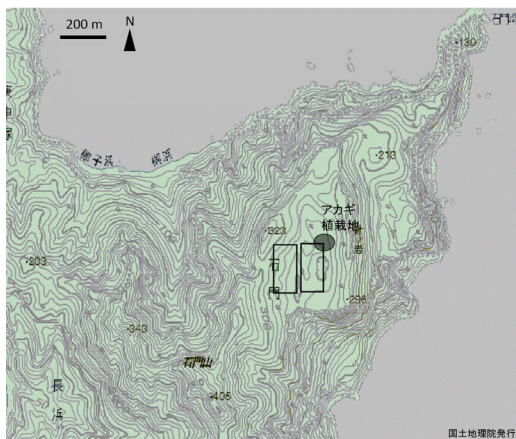


図1 母島石門のプロットとアカギ植栽地の位置

2. 方法

このプロットでは、これまでに毎木調査(周囲長31.4 cm以上が対象)を2回(2006年と2008年)、林床植生調査1回(2007年)を行ってきた。今回の調査では3回目の毎木調査を2017年、2回目の林床植生調査を2018年に行った。毎木調査は胸高直径10 cm以上の樹木を対象に、樹種、生死、胸高直径、樹冠位置、10 m四方サブプロット内の座標を記録した。

林床調査は10 m四方のサブプロットごとに出現する維管束植物全種をリストアップした。また、アカギ駆除に伴う更新への影響を明らかにするため、アカギを駆除したサブプロットと近隣のサブプロットで実生調査区における稚樹の発生状況を調査した。

III. 結果

毎木調査の結果、2008年から幹数、胸高断面面積合計ともに増加していたのはマルハチ、シマホルトノキ、ウラジロエノキ、ともに減少していたのはウドノキ、モンテンボクであった。アカギは幹数は駆除に伴い減少していたが、胸高断面面積合計は増加していた。本数が増加して胸高断面面積合計が減少したのがモクタチバナ、アカテツであった。その他、外来樹種であるガジュマルは0本から5本、ヤマグワは7本から11本に増加していた(図2)。

林床植生は前回調査が台風直後であったため、10 m四方のサブプロット単位の出現頻度は多くの種で減少していた。特に2007年に顕著であった外来雑草類(ベニバナボロギク、ヤンバルツルハッカなど)は消滅するか大きく頻度を落としていた。一方、前回と比較して増加していたのは林床に出現した109種中17種だけで、この中には外来樹種であるガジュマルとヤマグワが含まれていた。絶滅危惧種は前回調査で機会的に出現した実生以外は確認することが

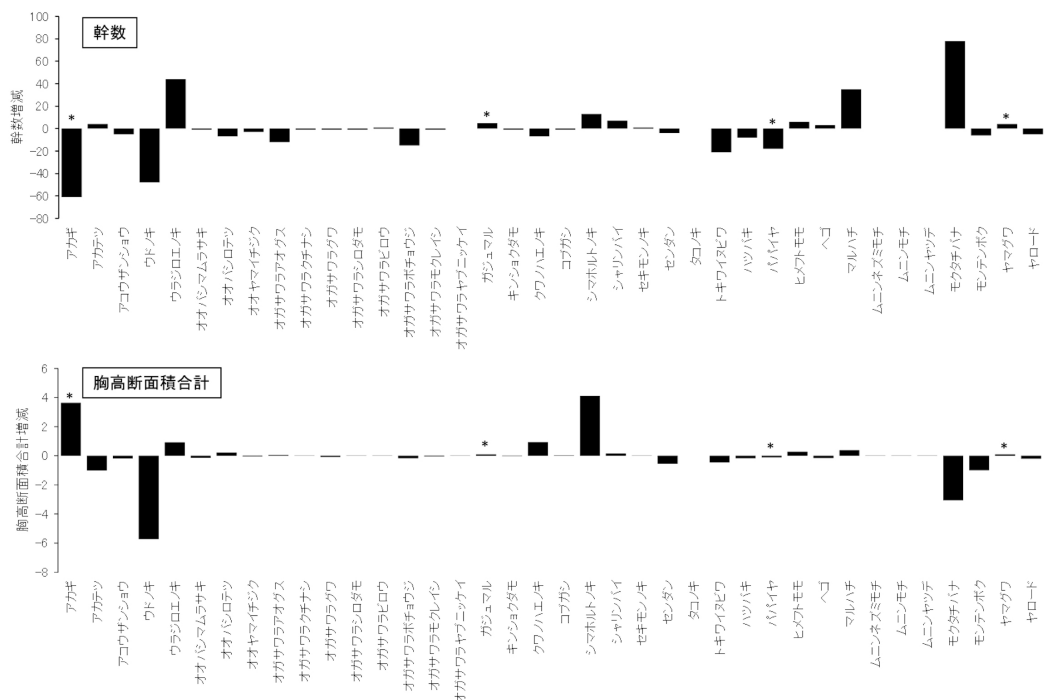


図2 4 ha プロット内における 2008 年から 2016 年の間の DBH ≥ 10 cm の樹木の幹数（上）と胸高断面積合計（下）の変化。アスタリスク（*）は外来種を示す。

でき、レッドリスト CR 指定の 6 種はいずれも今回の調査で確認できた。

実生調査区における稚樹の発生状況はアカギ駆除区では在来種で優占するモクダチバナの個体数が増加しており、外来種ではヤマグがアカギ駆除区でやや増加していたものの、アカギやパパイヤといった外来種の稚樹個体数は減少していた（図 3）。

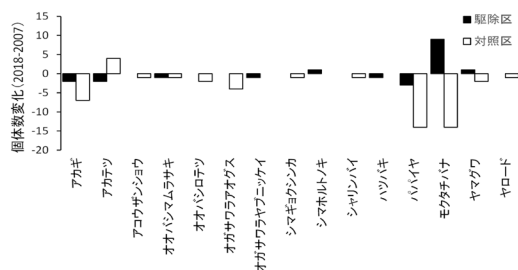


図3 アカギ駆除区と対照区における 2007 年から 2018 年の稚樹個体数変化

IV. 考察

石門で増加していたアカギはこの 10 年間の駆除事業の効果で幹数が大きく減少していた。一方で、アカギの胸高断面積合計は増加していた。これは、アカギの成長が良いため、残っているアカギが駆除して減少した分をカバーして余りある成長を示した結果と考えられる。アカギの駆除事業は林野庁が林地保護の観点から駆除率が最大 30 % と定めており、プロット内にもまだ駆除されていないアカギは多い。胸高断面積合計の増加は近接する在来樹種の更新を抑制している可能性が高く、駆除事業において改善すべき点であると考えられる。

林床植生は前回調査時が台風の後であったため、外来雑草類が顕著であったが、今回の調査では樹冠が回復して林床が暗くなったため、大きく減少していた。従って、通常の石門をモニ

タリングして外来雑草が目につかなくても、既に多くの外来種が埋土種子化していることを示唆する。こうした外来雑草類の対策は石門に限らず、小笠原諸島全体の生物多様性保全上の今後の課題と言える。

石門におけるアカギ駆除事業当初は駆除で形成されたギャップにより明るくなった林床に新たに外来種が侵入・増加することが懸念されていた。しかし、実生調査の結果は概ね在来種が更新しており、絶滅危惧種にも大きな変化は見られなかった。これはギャップの周辺に在来種が多いことから、アカギやその他の外来種より在来種の導入圧が高いことが理由として考えられる。この結果は石門の森林がアカギ駆除や台風の後も順調に回復していることを示唆する。従って、現在の駆除率によるアカギ駆除事業で種組成が変化することは考えにくい。一方で、上述のように切り残したアカギは成長が良かったため、胸高断面積合計は駆除前より増加していた。石門は小笠原の生物多様性の中核をなす地域であることから、可能な限り早期にアカギを駆除することがリスク回避のため望ましい。石門には固有の陸産貝類の生息地でもあるため、アカギの駆除率を上げるには慎重な検討が必要であるが、本研究の結果は、在来植生のモニタリングを継続しながら、アカギ駆除事業の駆除率を上げることを検討する材料になると考えられる。

また、今回の毎木調査ではガジュマルやヤマゲワといったアカギ以外の外来樹種の幹数は増加していた。ガジュマルは露出した石灰岩に着生した実生や樹冠に着生して地上に気根をたらし始めた実生が今回の調査では多く見られた。ガジュマルは戦前から小笠原諸島に持ち込まれていたが、スペシャリスト送粉者であるガジュマルコバチがいなかったため、結実しなかった。しかし、1990年代にガジュマルコバチが

侵入し、小笠原諸島各地で実生が見られるようになった。石門でも樹冠上に気根が地上に達していない未確認の実生が多数着生していると考えられ、ガジュマルの個体数は過小評価されている可能性が高い。これらの結果はアカギ以外の外来種も含めた総合的な外来種駆除対策が必要であることを示している。

謝辞

調査にあたり小笠原国有林には入林許可を頂いた。また、国立公園特別保護地区における調査に係る諸行為については環境省より許可を頂いた。野外調査では東京農業大学の田中信行氏、森林総合研究所の八木貴信氏、飯田佳子氏、母島在住の星善男氏、梅野ひろみ氏、小林佳子氏にご協力いただいた。ここに厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- Abe, T. 2006. Threatened pollination systems in native flora of the Ogasawara (Bonin) Islands. *Annals of Botany* 98: 317-334.
- Abe, T., Tanaka, N. and Shimizu, Y. 2018. Plant species diversity, community structure and invasion status in insular primary forests on the Sekimon uplifted limestone (Ogasawara Islands). *Journal of Plant Research* 131: 1001-1014.
- Chiba, S. and Roy, K. 2011. Selectivity of terrestrial gastropod extinctions on an oceanic archipelago and insights into the anthropogenic extinction process. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 108: 9496-9501.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection*. J. Murray, London.
- Denslow, J. S. 2003. Weeds in paradise: thoughts on the invasibility of tropical islands. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90: 119-127.
- Fukasawa, K., Koike, F., Tanaka, N. and Otsu, K. 2009.

- Predicting future invasion of an invasive alien tree in a Japanese oceanic island by process-based statistical models using recent distribution maps. *Ecological Research* 24: 965-975.
- Sax, D. F. and Gaines, S. D. 2008. Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 105: 11490-11497.
- Shimizu, Y. 2003. The nature of Ogasawara and its conservation. *Global Environmental Research* 7: 3-14.
- Whittaker, R. J. and Fernández-Palacios, J. M. 2007. *Island biogeography*. Oxford University Press, Oxford.

Inventory for forest dynamics and vascular plant diversity in the Sekimon mesic forests, Ogasawara Islands

ABE Shin and ABE Tetsuto

Sekimon Area in Haha-jima Island forms a mesic tall forest rarely seen in the Ogasawara Islands because of its unique environmental conditions such as limestone substrate and cloudy weather. Despite its small area (ca. 25 ha), several endemic endangered species locally inhabit in Sekimon. Expansion of invasive *Bischofia javanica* in the Sekimon forest has been cautioned and a eradication project is ongoing today. We investigated the effects of the eradication project on forest vegetation and endangered plants in the Sekimon forest including unexpected impacts. The number of stems of *B. javanica* is largely decreased due to the eradication. But increased basal area of *B. javanica* from 2008 due to the high growth rate of the remaining trees masked the eradication effects. Alien weed species on the forest floor were mostly disappeared because the forest canopy has recovered from past typhoon disturbance, which would have probably affected the results of previous survey. This suggests that many of alien weed species may exist cryptically in normal forest status as dormant seeds in the Sekimon forest. On the other hand, alien weeds did not dominate in the gaps created by the eradication, suggesting that the eradication rate of *B. javanica* has increased without negative impacts on forest ecosystem in Sekimon. Frequent recruitment of alien *Ficus microcarpa* was observed, suggesting the necessity of additional eradication acts to this species.

Key words: *Bischofia javanica*, invasive alien species, endangered species, eradication project, *Ficus microcarpa*, species composition

トカラ列島の現生サンゴ礁および完新世隆起サンゴ礁の 環境調査

トカラ列島サンゴ礁合同調査グループ

田中健太郎¹・本郷宙軌²・岨 康輝³・藤井琢磨⁴

亜熱帯から温帯の接続水域であるトカラ列島には現生サンゴ礁だけではなく、完新世に離水したサンゴ礁が見られ過去のサンゴ礁環境の情報が記録されている。しかし、アクセスの利便性が低いことから、トカラ列島における現生および完新世離水サンゴ礁の基本的なデータ（種組成、被度、石灰化量など）はほとんど調査されていない。本研究では、主にトカラ列島の現生・完新世離水サンゴ礁で種組成や被度などを観察し、サンゴ礁環境の変遷について考察した。

宝島の東西 2 地点で離水サンゴ礁の種組成・被度を調査した結果、東側サイトでは 7 属 14 種のサンゴが観察され被度は 1.2-12.6%，西側サイトでは 6 属 10 種のサンゴが観察され被度は 3.3-28.9% だった。一方、現生サンゴ礁では東西サイトを含め 22 属のサンゴが観察された。中之島の離水サンゴ礁では 9 属 17 種のサンゴが観察され、被度は 19.1-48.6% だった。現生サンゴ礁では少なくとも 20 属のサンゴが観察された。これらの結果から、トカラ列島におけるサンゴ礁の被度は完新世を通じて大きな変化はなかったと推察される。

キーワード：生物地理学，環境変動，被度，種組成

1. 研究の背景

1. サンゴ礁生態系の重要性和脆弱性

熱帯から温帯に分布する造礁性サンゴは共生藻を持ち、光合成生産物を利用して炭酸塩の骨格を形成しながら生活する。光合成生産物の一部は粘液としてサンゴの体外へ排出され、海洋生物の栄養源となる。熱帯・亜熱帯の沿岸域では造礁性サンゴの骨格成長が活発で、サンゴ骨格の堆積によりサンゴ礁地形が発達する。サンゴ礁の複雑な地形は多様な生活環境をつくり、被食者の避難場所としても機能する。こうした理由からサンゴ礁には多種の海洋生物が生息し多様性の高い生態系が構築されている。また、

サンゴ礁生態系は人間社会と密接に関係し、観光資源および水産資源として活用されている。

現代の造礁性サンゴおよびサンゴ礁生態系は人間活動に由来する環境ストレスの影響下にある。地球規模では大気中二酸化炭素濃度の増加を一因とする地球温暖化により海水温が上昇すると、造礁性サンゴの分布が高緯度に拡大する可能性がある（Yamano et al. 2011）。さらに、大気中の二酸化炭素が海水に溶け込み pH が低下する海洋酸性化も同時に進行し、造礁性サンゴの骨格形成や繁殖に負荷を与える可能性が指摘されている（Anthony et al. 2008; Albright et al. 2010）。地域規模で起きる環境ストレスもサン

1: 東京大学大気海洋研究所 2: 琉球大学理学部 3: 海洋研究開発機構 4: 鹿児島大学国際島嶼教育研究センター
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

ゴ礁生態系に負荷を与える。例えば、土地開発や人口増加に伴う土砂や栄養塩の流入は、河口付近のサンゴ礁に限定し地域規模の負荷を与える (Fabricius 2005)。このように地球・地域規模の人為的な環境ストレスがサンゴ礁生態系に複合的な影響を及ぼしているが、海域ごとに環境ストレス要因とその度合が異なり、影響を及ぼす時間スケール (1 日～数十年間) も異なると考えられる。

2. 完新世離水サンゴ礁

完新世は最終氷期が終わった 1 万 2 千年前から現在までを指す時代区分で、気候が温暖化し海水準が上昇した。こうした地球規模での環境変化は造礁性サンゴの分布や成長に制約を与え、サンゴ礁地形の変遷に寄与した。南西諸島では完新世の海水準変動や地殻変動で離水したサンゴ礁が多く分布し、完新世離水サンゴ礁と呼ばれる。離水サンゴ礁は人為起源の環境ストレスがなかった時代のサンゴ礁の状態 (被度や種組成) を記録している。完新世離水サンゴ礁の測量と年代測定から、隆起速度や海水準変動を算出する研究が行われてきた (中田ほか 1978; 木庭ほか 1979)。近年ではサンゴ礁で掘削されたボーリングコアの年代測定とサンゴ種組成の観察を組み合わせ、完新世を通したサンゴ礁地形の変遷を推定する研究も行われた (Hongo 2012)。

3. 研究地域

日本列島周辺の太平洋沿岸には黒潮によって南方から暖水が輸送されるため、亜熱帯から温帯にかけて造礁性サンゴが分布する (図 1A)。日本列島の太平洋沿岸における造礁性サンゴの分布は千葉県を北限とするが、温帯ではサンゴ骨格の堆積が少ないためサンゴ礁地形は形成されない。現在、サンゴ礁地形の北限地域は壱岐島および対馬と報告されている (Yamano et al. 2012) (図 1A)。

本研究の研究対象であるトカラ列島は奄美諸島と大隅諸島の間に並ぶ 12 の火山島から構成される (図 1B)。日本に分布するサンゴ群集は緯度勾配を持ち、宝島・子宝島・奄美大島以南から八重山諸島に見られる沖縄型群集、種子島以北から紀伊半島沿岸にかけて見られる南日本沿岸型群集に大きく区別できる (座安ほか 2017)。将来の地球規模の環境変動はサンゴ群集の緯度勾配に影響を与える可能性がある。トカラ列島はサンゴ群集が沖縄型から南日本沿岸型へと遷移する海域に位置し、サンゴ群集の種組成は環境変化に対してより鋭敏に応答すると考えられる。そのため、トカラ列島は生物地理学的観点からサンゴ礁生態系を理解する上で重要な地域といえる。また、宝島、小宝島、中之島に露頭する完新世離水サンゴ礁には人間活動に起因する環境ストレスがなかった時代のサン

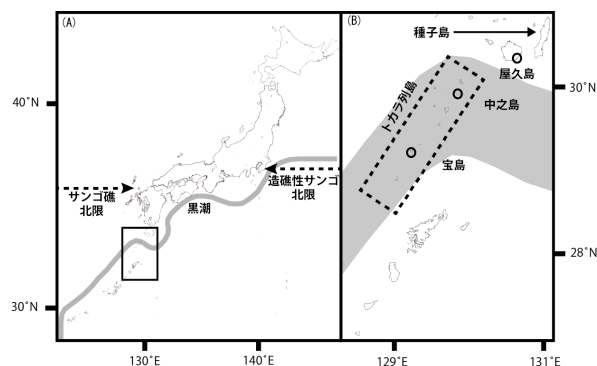


図 1 (A) 黒潮流路と (B) トカラ列島の位置。調査は宝島、中之島、屋久島で行なった。

ゴ礁の状態が記録されている。現生サンゴ礁と離水サンゴ礁で種組成・被度を比較すれば、人為的な環境ストレスがサンゴ礁に与えた負荷を推定できる。このようにトカラ列島の現生・完新世離水サンゴ礁は学術的に非常に重要な調査対象である。しかし、アクセスの利便性が低いため、トカラ列島の現生・完新世離水サンゴ礁の研究はほとんど行われてこなかった。

II. 目的

人為起源の環境ストレスが造礁性サンゴの被度と種組成に与えた影響を理解するため、トカラ列島（宝島・中之島）で現生および完新世離水サンゴ礁のサンゴ被度・種組成・成長速度を観測・比較した。また、比較対象としてトカラ列島より高緯度の屋久島でも調査を行った。

III. 方法

1. 現生サンゴ礁の調査

現生サンゴ礁における造礁サンゴ類の種多様性を明らかにするために、生きている造礁性サンゴ群体の一部を採取した。現地調査は2016年12月（宝島）および2017年4月（中之島）、2018年9月（屋久島）に実施した。調査対象は完新世離水サンゴ礁に近いハビタットとなる10 m以浅とし、宝島では離水サンゴ礁調査2地点の沖合、中之島では島西岸の寄木サイトおよび荷積崎周辺の3サイト（それぞれ、現地潜水従事者に荷積、アイハラ、トウセロと呼称される地点）、北岸のカツオ崎地先、東岸の七ツ山海岸の計6地点にて行った。採集はハンマーおよびタガネを用いて群体の一部を採取し、軟組織の小片を99 % エタノールないし CHAOS 溶液に浸して DNA 解析用標本とし、残りの群体を次亜塩素酸によって軟体部を除去して形態解析用骨格標本作製した。本報告における種同定は骨格の形態を元に行った。

宝島西側の七ツ山海岸では水深4~6 mの位置に等深線に沿うように30 mの側線を3本設置し、ラインインターセプトトランセクト法によって被度の計測を行った。現地で記録したデジタル画像から側線上の造礁サンゴ類を同定し、属ごとの被度を算出した。

2. 完新世離水サンゴ礁の調査（地形測量、化石サンゴの種組成・被度）

化石の保存状態を考慮して宝島では2地点（西側サイトと東側サイト）、中之島では1地点（寄木サイト）、屋久島では1地点（安房サイト）を調査地域に選定した。現地調査では、地形断面の測量および測線上に分布する原地性の化石サンゴの記載を行った。

地形断面の測量は、海岸に直交する測線を設置し、オートレベルおよびハンドレベル、測量尺を用いて実施した。測量値は気象庁の潮位観測値（奄美および屋久島）を用いて平均海面を基準とした値に補正した。

宝島での化石サンゴの記載は、化石サンゴの露出状況が良い海拔約1~2 mにかけて、断面測量の測線に直交する測線（長さ30 m）を10 m間隔で設置し、ライントランセクト法によって被度および種組成の記載を行なった。サンゴの観察用測線は西側サイトで9本、東側サイトで13本とした。

中之島において観察可能な離水サンゴ礁はごく一部だったため、サンゴの観察用測線は4本とした。化石サンゴの観察は宝島での手法と同様に、ライントランセクト法によって被度および種組成の記載を行なった。

屋久島における化石サンゴの記載は露出状況が良い海拔約1~2 mにかけて行った。断面測量の測線に直交する測線（長さ30 m）を5 m間隔で10本設置し（T11-T19）、断面測量の測線に並行する測線（長さ30 m）を5 m間隔で9本設置し（T1-T10）、それらをライントラン

セクト法によって被度および種組成の記載を行った。

造礁サンゴの同定は Veron (1986 ; 2000), 西平・Veron (1995), Wallace (1999) に基づき, Budd et al. (2012) および Huang et al. (2014) をもとにシノニムを整理した。

3. 化石サンゴの年代測定

化石サンゴの年代値を決定するために、測線上から産出した化石サンゴの一部を数点採取した。年代測定に先立ち、試料の続成作用の有無を確認するために、JAMSTEC に設置された粉末 X 線回折装置 (MiniFlex II, リガク) を用いて結晶多形を観察した。続成作用によるカルサイトへの変質がなかった 2 試料 (宝島 1 試料・中之島 1 試料) について、株式会社パレオ・ラボに放射性炭素年代測定を依頼した。測定された Conventional radiocarbon age を基に CALIB Rev. 7.0 (Stuiver and Reimer 1993) を用いて暦年代に補正した。補正には marine13.14c (Reimer et al. 2013) を用いた。また、ローカルリザーバー効果は $\Delta R = 26 \text{ 年} \pm 57 \text{ 年}$ (Yoneda et al. 2007; Hirabayashi et al. 2017) とした。

4. 塊状サンゴ骨格の伸長率解析

宝島、中之島、屋久島において現生と化石の塊状ハマサンゴ (*Porites* sp.) の骨格をコアリング作業またはハンマーによる破碎で採取した。コアリングは直径 2 インチの鉄チューブを用いた。コアリング後の作業穴は、コンクリート栓で塞いだ。ハマサンゴ骨格試料は水道水中で超音波洗浄して乾燥した後、高知大学海洋コア総合研究センターに設置された X 線 CT 装置 (Aquilion PRIME Focus Edition, キヤノンメディカルシステムズ) を用いて密度差として記録される骨格の年輪を撮影した。撮影条件は管電圧 120 kV, 管電流 100 mA で、スライス厚 0.5 mm とし連続スライス画像を得た。画像解析にはソフトウェア Horos (ver 3.3.3) を使った。

成長軸に沿って少なくとも 2 本以上の測線を設け、側線上の低密度部位を挟んで隣り合う 2 つの高密度部位の距離を年間伸長率とした。CT 画像で密度バンド対が明瞭であった宝島の現生サンゴと中之島の化石サンゴの年間成長率を解析した。

IV. 結果

1. 現生サンゴ礁

1) 種組成 (宝島と中之島)

宝島と中之島の現生サンゴ礁で観察された造礁性サンゴを表 1 に示す。比較のため、沖縄型群集と南日本群集の境界に近い種子島 (図 1B) 周辺のサンゴ分布 (杉原ほか 2015) も表 1 に示す。各群集を構成するサンゴ種を区別して表すため、種子島が北限で主に沖縄型群集でのみ見られる種を赤い○、種子島以北まで分布し沖縄型・南日本型群集の両方で見られる種を青い○で示す。今回の調査では、宝島沿岸で 23 属 30 種、中之島沿岸で 24 属 37 種の造礁性サンゴが観察された。このうち、16 属および 13 種が宝島と中之島で共通して観察された。ミドリイシ属の種数が最も多く、宝島と中之島で 7 種ずつ (うち 2 種が共通) が観察された。主に沖縄型群集で見られる種は宝島で 5 種、中之島で 10 種が観察された。沖縄型・南日本型群集で見られる種は宝島で 6 種、中之島で 8 種が観察された。

2) 被度 (宝島)

宝島の西側サイトで観測した現生サンゴ礁の被度と種組成をそれぞれ図 2 に示す。被度は Line 1, 2, 3 でそれぞれ 48, 40, 31 % であった (図 2A)。この側線ではニオウミドリイシ属、ミドリイシ属が優占し、完新世離水サンゴ礁の種組成の傾向と一致する (IV. 2. で後述)。今回の調査では、ニオウミドリイシ属とミドリイシ属で現生サンゴ礁全体の被度の 36-76 % を占めた

表 1 宝島, 中之島で観察された造礁性サンゴ. 比較のため, 種子島の造礁性サンゴも示す.

Species	Takara Island	Nakanoshima Island	Tanegashima Island*
<i>Acanthastrea echinata</i>	○		○
<i>Acropora abrotanoides</i>		○	-
<i>Acropora cf. acuminata</i>	○		-
<i>Acropora cytherea</i>		○	-
<i>Acropora florida</i>		○	●
<i>Acropora gemmifera</i>	○		-
<i>Acropora hyacinthus</i>	○		○
<i>Acropora intermedia</i>	○	○	●
<i>Acropora cf. parahemprichii</i>		○	-
<i>Acropora robusta</i>	○		-
<i>Acropora secale</i>		○	●
<i>Acropora spicifera</i>	○		○
<i>Acropora valida</i>	○	○	●
<i>Alveopora allingi</i>		○	-
<i>Astrea curta</i>	○	○	○
<i>Coelastrea aspera</i>		○	-
<i>Caulastrea cf. flucata</i>	○		-
<i>Coeloseris mayeri</i>	○	○	-
<i>Cyphastrea serallia</i>	○		-
<i>Diploastrea heliophora</i>		○	-
<i>Dipsastraea fuvus</i>		○	●
<i>Dipsastraea lizardensis</i>	○		○
<i>Dipsastraea pallida</i>		○	○
<i>Echinopora gemmacea</i>	○*	○	-
<i>Echinopora lamellosa</i>	○		-
<i>Favites abdita</i>		○	-
<i>Galaxea fascicularis</i>	○	○	○
<i>Goniastrea retiformis</i>		○	●
<i>Hydnophora microconos</i>	○		-
<i>Hydnophora exesa</i>		○	○
<i>Isopora cuneata</i>	○	○	-
<i>Leptastrea transversa</i>	○		-
<i>Leptoria phrygia</i>	○	○	●
<i>Lobophyllia radians</i>	○*	○	-
<i>Millepora dichotoma</i>		○	-
<i>Millepora intricata</i>		○	-
<i>Millepora platyphylla</i>	○		-
<i>Montipora aequituberculata</i>		○	●
<i>Montipora aff. hispida</i>	○		-
<i>Montipora informis</i>	○		-
<i>Pachyseris speciosa</i>		○	○
<i>Pavona maldivensis</i>		○	●
<i>Pavona varians</i>		○	●
<i>Platygyra daedalea</i>	○	○	●
<i>Platygyra sinensis</i>		○	-
<i>Pocillopora grandis</i>		○	-
<i>Pocillopora meandrina</i>	○	○	●
<i>Pocillopora cf. verrucosa</i>		○	-
<i>Porites cf. lutea</i>	○		○
<i>Psammocora contigua</i>	○		-
<i>Stylophora aff. pistillata</i>	○	○	-
<i>Turbinaria cf. reniformis</i>		○	○
<i>Helipora coerulea</i>	○	○	-

* 杉原ほか, 2015 を引用した. ●: 種子島では稀, ○: 種子島が北限, ○: 種子島以北が北限, -: 文献に未掲載.

**宝島では *Echinopora cf. gemmacea* および *Lobophyllia cf. radians* と同定した.

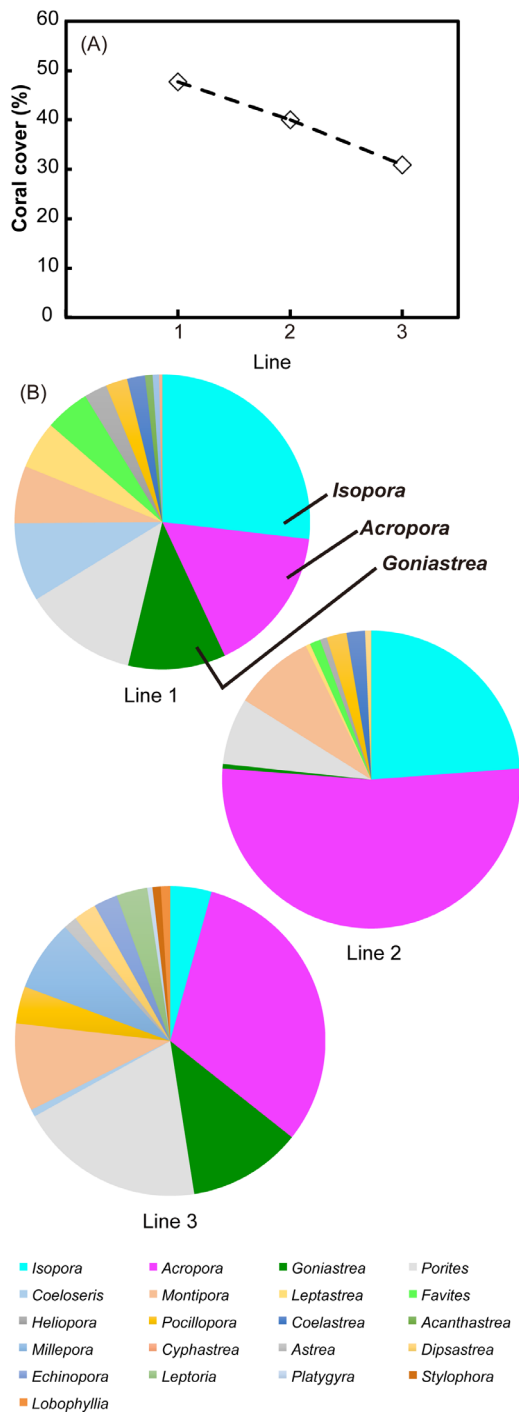


図 2 宝島西側サイトの現生サンゴ礁における (A) 被度, (B) サンゴ群落. ニオウミドリイシ属 (*Isopora*), ミドリイシ属 (*Acropora*), コカメノコキクメイシ属 (*Goniastrea*) が多く観察された.

(図 2B)。コカメノコキクメイシ属 (*Goniastrea*) は現生サンゴ礁の Line 1, 3 で全体の被度の 10-11 % を占めたが, Line 2 ではほとんど観測されなかった。これらの種以外では, ハマサンゴ属 (*Porites*) とコモンサンゴ属 (*Montipora*) が Line 1-3 で多く観測された (それぞれ 7-19 % と 6-9 % の範囲)。

2. 完新世離水サンゴ礁

1) 宝島

西側サイトにおいては海岸から海拔 2 m 程度にかけて離水サンゴ礁が発達していた (図 3A)。陸側の海拔 2 m 以上には植生および砂が堆積しており, 化石サンゴの観察が困難であった。また, 海拔 1 m 以下においては侵食が激しく, 化石サンゴの観察が困難であった。そのため, 露出状態が良い海拔 1 ~ 2 m 程度の範囲で化石サンゴ (例えば図 3B) が観察された。西側サイトにおける地形測量の結果を図 3C に示す。50 m 地点で採取した化石サンゴの年代は 6180 年前であった (図 3C, 表 2)。

西側サイトにおいて観察できたサンゴの被度と種組成をそれぞれ図 3D, 3E に示す。西側サイトでは 6 属 10 種が観察され, 被度は 3.3—28.9 % だった (図 3D, E)。この測線で優占したサンゴは被覆状のニオウミドリイシ属 (*Isopora*) および塊状のコモンキクメイシ (*Goniastrea retiformis*), テーブル状のミドリイシ属 (*Acropora*) で, これらのサンゴで全体の被度の 92 % を占めていた (図 3E)。

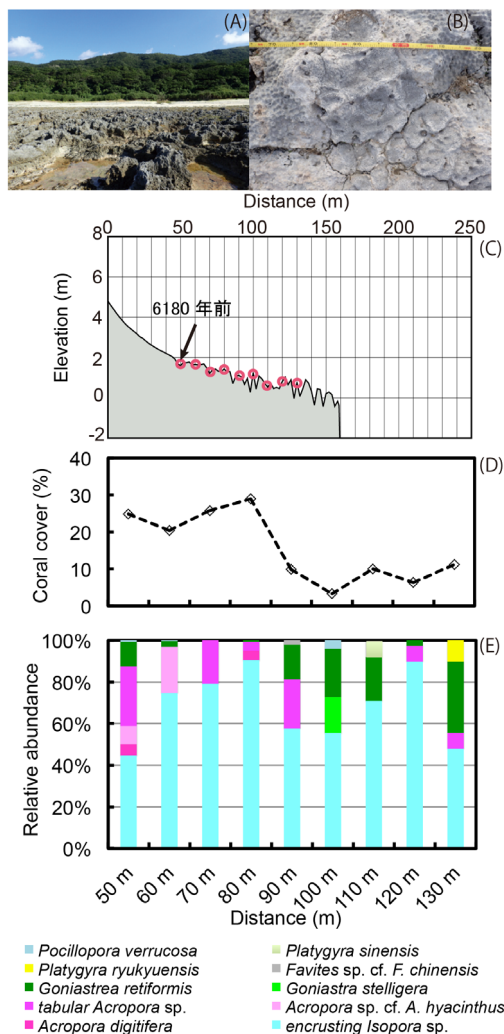


図3 宝島西側サイトの完新世隆起サンゴ礁。(A) 海岸部に発達した離水サンゴ礁。陸側は砂の堆積と生に覆われている。(B) 保存の良い化石サンゴ (ホシキクメイシ: *Goniastrea stelligera*), (C) 地形断面 (赤い丸は被度と群集を観察した側線), (D) 被度, (E) 化石サンゴ群集。

表2 化石サンゴの ^{14}C 年代

Sample ID (Species)	Laboratory code	Elevation above MSL (m)	Conventional ^{14}C age (years BP $\pm 1\sigma$)	Calibrated ^{14}C age (cal years BP $\pm 2\sigma$)
KG-Ta-02-50-770 (<i>Acropora</i> sp.)	PLD-36866	1.6	5909 $\pm$ 23	6180 $\pm$ 130
KG-Nk-L2-400 (<i>Acropora papillare</i>)	PLD-36867	6.0	3936 $\pm$ 22	3710 $\pm$ 180

東側サイトでは海岸から海拔2 m程度にかけて離水サンゴ礁が発達していた(図4A, B). 陸側の海拔2 m以上には植生および砂が堆積しており,化石サンゴの観察が困難だった. また, 海拔1 m以下においては侵食が激しく,化石サンゴの観察が困難だった. そのため,化石サンゴの露出状態が良い範囲は海拔1~2 m程度の範囲だった. 東側サイトにおける地形測量の結果を図4Cに示す.

東側サイトにおいて観察できたサンゴは7属14種であり,被度は1.2~12.6%であった(図4D, E). この測線で優占したサンゴは西側サイトと同様に,被覆状のニオウミドリイ

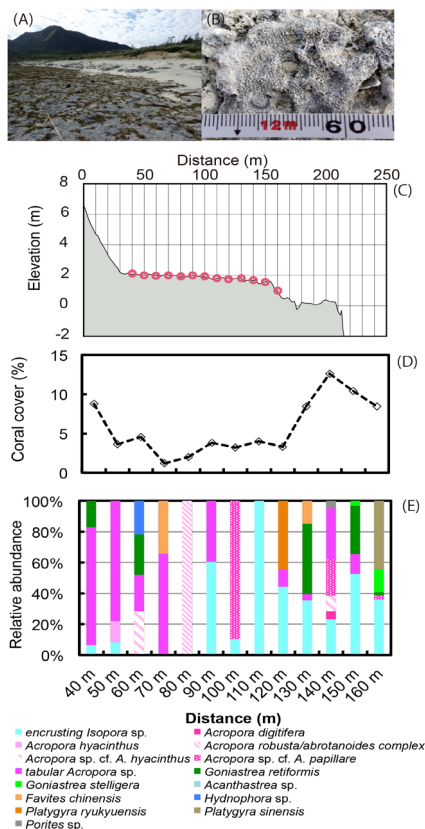


図4 宝島東側サイトの完新世隆起サンゴ礁. (A) 海岸部に発達した離水サンゴ礁. 陸側は砂の堆積と植生に覆われている. (B) 保存の良い化石サンゴ(イボサンゴ: *Hydnophora* sp.). (C) 地形断面(赤い丸は被度と群集を観察した側線). (D) 被度. (E) 化石サンゴ群集.

シ属(*Isopora*)および塊状のコモンキクメイシ(*G. retiformis*), テーブル状のミドリイシ属(*Acropora*)で,これらのサンゴで全体の被度の71%を占めていた(図4E).

2) 中之島

寄木サイトにおいて海拔約3 mから8 mにかけて離水サンゴ礁が発達していた. 離水サンゴ礁の面は24度陸側に傾斜していた(図5A). この離水サンゴ礁の下部には巨礫が堆積しており,サンゴなどはこれらを覆うように堆積していた(図5B). 測線T2上(図5A)で採取した化石サンゴの年代は3710年前であった(表2).

寄木サイトにおいて観察できたサンゴは9属

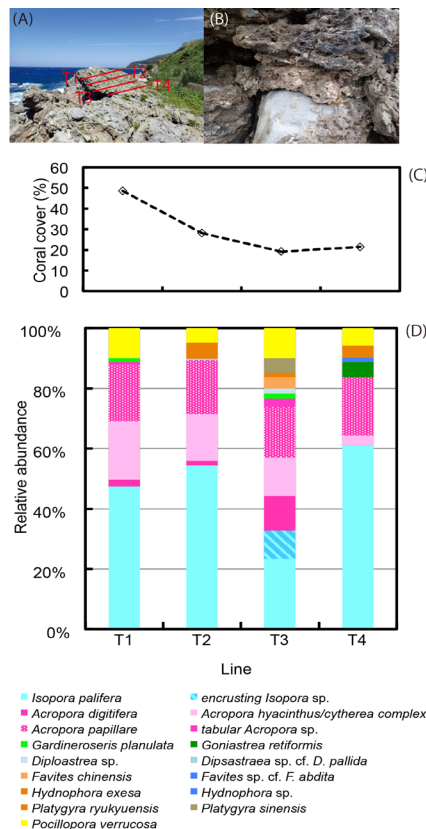


図5 中之島寄木サイトの完新世隆起サンゴ礁. (A) 海岸部に発達した離水サンゴ礁. 陸側は24度傾斜している. 化石サンゴ用の測線は4本(T1~T4). (B) 巨礫を覆うようにサンゴ等が堆積していた. (C) 地形断面. (D) 被度. (E) 化石サンゴ群集.

17種であり、被度は19.1—48.6%であった(図5C, D)．ここで優占したサンゴは被覆状のニオウミドリイシ(*Isopora palifera*)、太枝のタケノコミドリイシ(*Acropora papillare*)、テーブル状のクシハダミドリイシ/ハナバチミドリイシ(*Acropora hyacinthus/cytherea* complex)であった(図5D)．これらのサンゴで全体の被度の81%を占めていた．

3) 屋久島

安房サイトにおいて海拔2 m程度から水深0.5 mにかけて離水サンゴ礁が発達していた(図6A)．この離水サンゴ礁は下位の砂岩および泥岩を覆うように堆積していた．安房サイトにおける地形測量の結果を図6Bに示す．

安房サイトにおいて観察できたサンゴは10属14種であり、被度は0.3—7.4%であった(図6C)．安房サイトでは、離水後に波による侵食を受けたため化石サンゴの保存状態が悪く、トカラ列島のサイトに比べて被度の観測値が極端に低かったと考えられる(図6C)．安房サイトに残存する化石サンゴでは、テーブル状のミドリイシ属(*Acropora* sp.)、ニオウミドリイシ属(*Isopora*)、ハマサンゴ属(*Porites*)、スリバチサンゴ属(*Turbinaria*)が比較的多く観測された．これらのサンゴで全体の被度の68%を占めていた(図6D)．

3. サンゴ骨格の成長

宝島、中之島、屋久島で採取した現生と化石ハマサンゴ骨格のCT画像をそれぞれ図7に示す．ハマサンゴの骨格は夏季に伸長率が大きく低密度となり、冬季は伸長率が小さく高密度となる．図7で夏季に形成された低密度の骨格は黒く、冬に形成された高密度の骨格は白く表示されている．宝島で採取した現生のハマサンゴ(図7A)は1960年から2016年まで連続で成長し、伸長率は~4-9 mm/年の範囲で平均値は6.0

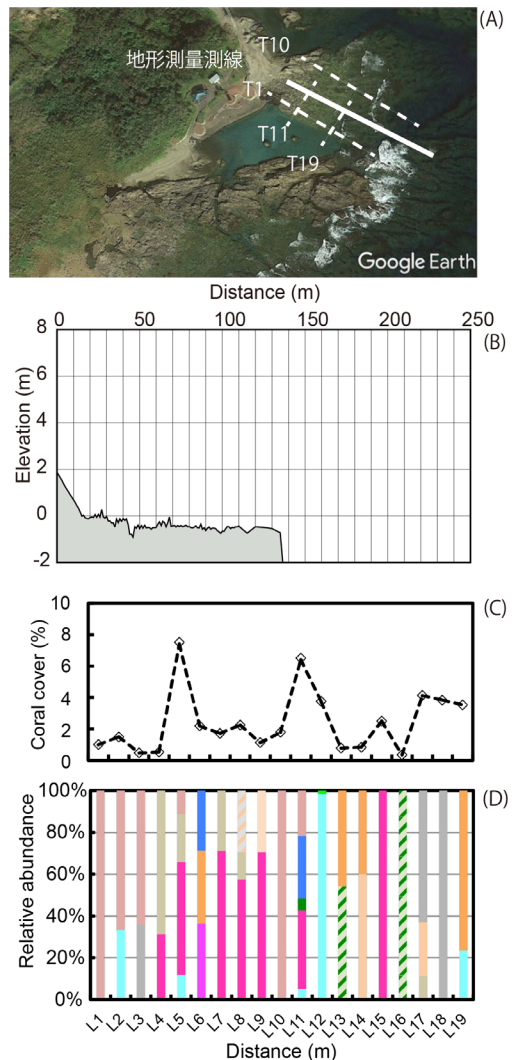


図6 屋久島安房サイトの完新世隆起サンゴ礁．(A) 安房サイトにおいて海拔2 m程度から水深0.5 mにかけて離水サンゴ礁が発達していた．海岸部に見られる離水サンゴ礁．化石サンゴ記載用の測線は地形測量の測線に平行した10本(T1~T10)および直交した測線9本(T11~T19)である．(B) 地形断面．(D) 被度．(E) 化石サンゴ群集．

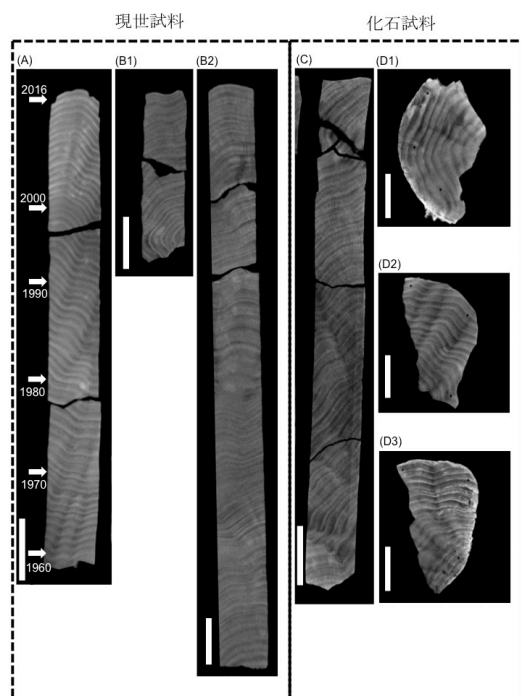


図7 ハマサンゴ(*Porites* sp.)骨格のCT画像。(A)宝島と(B1, 2)中之島から採取した現世試料。(C)宝島と(D1-3)中之島から採取した化石試料。スケールバーは5 cm。

mm/年であった(図8A)。宝島の化石サンゴは不明瞭な低密度バンドが散見された(図7C)。

中之島では現生ハマサンゴの同一群体から2本の骨格コアを採取し(図7B, C), 化石ハマサンゴの同一群体から3つの骨格試料を採取した(図7D1-3)。図7D1と図7D2で示した化石サンゴの伸長率はそれぞれ8-12 mm/年(平均値:9.6 mm/年)および5-10 mm/年(平均値:8.1 mm/年)の範囲を示した(図8B, C)。

V. 考察

1. 現生サンゴ礁

今回の調査で宝島と中之島で共通して観察された13種のうち、5種は沖縄型群集でのみ見られる種で、2種は沖縄型・南日本型群集で見られる種だった(表1)。このように、今回の観察

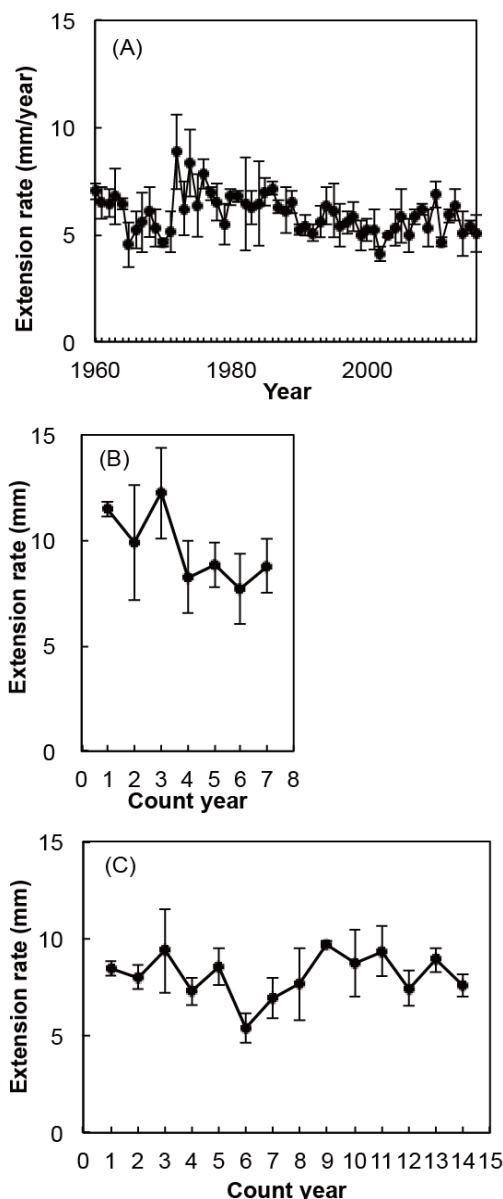


図8 ハマサンゴ骨格の年間伸長率。(A)宝島で採取した現世ハマサンゴ(図7A)。(B)中之島で採取したハマサンゴ(図7-D1)。(C)中之島で採取したハマサンゴ(図7-D2)。

結果は宝島・中之島では沖縄型群集にのみ見られる種だけでなく、南日本型群集で見られる種も散見され、トカラ列島が沖縄型・南日本型群集の接続海域に位置することを示す基礎的なデータを収集できた。将来のサンゴ群集の変遷

を予想するためには、群集の接続海域に位置するトカラ列島で定期的な観測を継続して、環境変動がサンゴ群集の緯度勾配与える影響を観測することが重要といえる。

2. 完新世離水サンゴ礁

宝島と中之島の完新世隆起サンゴ礁では種組成に相違が見られた。宝島の完新世隆起サンゴ礁では *G. retiformis* が優占種として観察されたが（図 3E, 図 4E）、中之島ではほとんど観察されなかった（図 5D）。また、中之島では *Pocillopora verrucosa* が全体の被度の 5-11 % を占めたが（図 5D）、宝島ではほとんど観察されなかった（図 3E, 図 4E）。喜界島と石垣島の現生サンゴ礁（水深 0-5 m）の観察結果から、*P. verrucosa* は水深 1.5 m 付近で最も被度が高く、化石サンゴ礁における *P. verrucosa* の出現率はそのサンゴ礁が形成された水深の指標になりうることを報告された（Sugihara et al. 2003）。*P. verrucosa* が比較的多く観察された中之島寄木サイトの完新世隆起サンゴ礁は浅い水深で形成された可能性が示唆される。一方、宝島の完新世離水サンゴ礁地形では *P. verrucosa* がほとんど見られなかったことから、寄木サイトとは異なる環境で堆積したと示唆される。

3. 現生サンゴ礁と完新世離水サンゴ礁の比較

1) 被度

人為起源の環境ストレスによって、様々な海域で造礁性サンゴの被度が低下していることが報告された。例えば、カリブ海では 1970 年代後半から 2000 年代初頭にかけて、被度が 50 % から 10 % まで減少した（Gardner et al. 2003）。グレートバリアリーフでは 1985 年から 2012 年にかけて被度が 28 % から 14 % まで減少し、その要因としてサイクロン、白化現象、オニヒトデによる食害が示唆されている（De'ath et al. 2012）。

宝島におけるサンゴ礁の被度は過去数千年前

から現在にかけて大きな変化はなかった（図 2A 図 3C）。したがって、宝島では人為起源の環境ストレスがサンゴ被度に与えた影響は限定的だったと推定される。その一因として、地域的な環境ストレスの程度が低いことが考えられる。トカラ列島は先史時代から現在にかけて人口が極めて少ない。そのため、陸域の土地開発や生活排水などに由来するサンゴ礁への土砂や栄養塩の流入は他の海域に比べて極端に少ないと予想される。複数の環境ストレスが複合的に関与すると、単一の環境ストレスに比べてサンゴの成長が阻害されやすいが、トカラ列島では複合的な環境負荷が起きにくかったため、被度が劇的な減少を示さなかったと考えられる。

2) 優占種

本研究で観察した範囲で、サンゴ礁を構成する優占種（ニオウミドリイシ属、ミドリイシ属）は完新世離水サンゴ礁と現生のサンゴ礁で共通していた（図 2B, 3E, 4E, 5D）（屋久島の完新世離水サンゴ礁は保存状態が悪かったためトカラ列島の観測結果と比較できなかった）。ニオウミドリイシ属とミドリイシ属は太平洋各地の完新世サンゴ礁でも優占種として報告されている（Yokoyama et al. 2012; Hongo 2012）。南西諸島（喜界島や小宝島）の完新世離水サンゴ礁でもニオウミドリイシ属やミドリイシ属が優占種として報告された（Hongo et al. 2017）。現生サンゴ礁でもミドリイシ属の被度が高く（図 2B）、種数も豊富だった（表 1）。造礁性サンゴの中でも、ミドリイシ属は特に成長速度が大きく、サンゴ礁地形の発達に大きく貢献する。現生・完新世離水サンゴ礁でミドリイシ属が優占していたことから、ミドリイシ属の骨格がトカラ列島におけるサンゴ礁地形の発達に大きく寄与してきたと推測され、今後もサンゴ礁形成に寄与していくことが推定できる。

謝辞

屋久島の調査では上野大輔博士、北野裕子博士に協力していただいた。現生サンゴの同定は日本造礁サンゴ分類研究会の諸氏（下池和幸博士、立川浩之博士、北野裕子博士、山本広美博士、伊藤馨司氏、島田剛氏）に協力していただいた。ここに謝意を表します。

引用文献

- Albright, R., Mason, B., Miller, M. and Langdon, C. 2010. Ocean acidification compromises recruitment success of the threatened Caribbean coral *Acropora palmata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 20400–20404.
- Anthony, K. R. N., Kline, D. I., Diaz-Pulido, G., Dove, S., and Hoegh-Guldberg, O. 2008. Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 17442–17446.
- Budd, A.N., Fukami, H., Smith, N.D., Knowlton, N. 2012. Taxonomic classification of the reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society* 166: 465–529.
- De'ath, G., Fabricius, K., Sweatman, H. and Puotinen, M. 2012. The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 17995–17999.
- Fabricius, K. E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 50: 125–146.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A. and Watkinson, A. R. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301: 958–960.
- Hirabayashi, S., Yokoyama, Y., Suzuki, A., Miyairi, Y. and Aze, T. 2017. Short-term fluctuations in regional radiocarbon reservoir age recorded in coral skeletons from the Ryukyu Islands in the north-western Pacific. *Journal of Quaternary Science* 32: 1–6.
- Hongo, C. 2012. Holocene key coral species in the Northwest Pacific: indicators of reef formation and reef ecosystem responses to global climate change and anthropogenic stresses in the near future. *Quaternary Science Reviews* 35: 82–99.
- Hongo, C., Lin, K., and Shen, C-C. 2017. Late Holocene reef ecosystem baseline: Field evidence from the raised reef terraces of Kodakara and Kikai Islands, Ryukyu Islands, Japan. *Quaternary International* 455: 8–17.
- Huang, D., Benzoni, F., Fukami, H., Knowlton, N., Smith, N. D. and Budd, A. F. 2014. Taxonomic classification of the reef coral families Merulinidae, Montastracidae, and Diploastracidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society* 171: 277–355.
- 木庭元晴・中田 高・渡部佐知子 1979. 琉球列島, 宝島・小宝島の第四紀後期離水サンゴ礁と完新世後期の海水準. *地球科学* 33: 173–191.
- 中田 高・高橋達郎・木庭元晴 1978. 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動. *Geographical Review of Japan* 51: 87–108.
- 西平守孝 and Veron, J. E. N. 1995. 「日本の造礁サンゴ類」海游舎.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55: 1869–1887.
- Stuiver, M., Reimer, P. J. and Reimer, R. W. 2018. CALIB 7.1 [WWW program] at <http://calib.org> [accessed 2018-11-13].
- Sugihara, K., Nakamori, T., Iryu, Y., Sasaki, K. and Blanchon, P. 2003. Holocene sea-level change and tectonic uplift deduced from raised reef terraces, Kikai-Jima, Ryukyu islands, Japan. *Sedimentary Geology* 159, 5–26.
- 杉原 薫・野村恵一・横地洋之・下池和幸・梶原健次・鈴木 豪・座安佑奈・出羽尚子・深見裕伸・北野裕子・松本 尚・目崎拓真・永田俊輔・立川浩之・木村 匡 2015. 「日本の有藻性イシサンゴ類 ～種子島編～」 国立環境研究所
- Veron, J. E. N. 1986. *Corals of Australia and the Indo-Pacific*.

- University Hawaii Press.
- Veron, J. E. N. 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science.
- Wallace, C. C. 1999. Staghorn Corals of the World. CSIRO.
- Yamano, H., Sugihara, K. and Nomura, K. 2011. Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures. *Geophysical Research Letters* 38: L04601.
- Yamano, H., Sugihara, K., Watanabe, T., Shimamura, and M. Hyeong, K. 2012. Coral reefs at 34 ° N, Japan: exploring the end of environmental gradients. *Geology* 40: 835- 838.
- Yokoyama, Y., Webster, J. M., Cotterill, C., Braga, J. C., Jovane, L., Mills, H., Morgan, S. and Suzuki, A., and the IODP Expedition 325 Scientists. 2011. IODP Expedition 325: Great Barrier Reefs reveals past sea-level, climate and environmental changes during the end of the last Ice age. *Scientific Drilling* 12: 32–45.
- Yoneda, M., Uno, H., Shibata, Y., Suzuki, R., Kumamoto, Y., Yoshida, K., Sasaki, T., Suzuki, A. and Kawahata, H. 2007. Radiocarbon marine reservoir ages in the western Pacific estimated by pre-bomb molluscan shells. *Nuclear Instruments and Methods B* 259: 432–437.
- 座安佑奈・横地洋之・梶原健次・木村 匡・島田 剛・下池和幸・鈴木 豪・立川浩之・長田智史・野村 恵一 2017. イシサンゴ分類の現状と日本造礁サンゴ分類研究会の取組. *タクサ日本動物分類学会誌* 42 : 10-15.

Field study on the recent and Holocene-emerged coral reefs in Tokara Islands

TANAKA Kentaro, HONGO Chuki, SOWA Kohki and FUJII Takuma

The Tokara Islands is an archipelago located at the transition zone from sub-tropical to temperate area in Japan. In the Tokara Islands, modern coral reefs are developed in coastal area. In addition, fossil coral reefs emerged during Holocene are well preserved. However, very few observations of the modern and Holocene-emerged reefs (e.g. species composition, coral coverage and calcification rate) have been conducted because of poor transportation accessibility of the islands. In this study, coral species composition and the coverage were observed in modern and Holocene-emerged Reefs in Tokara Island to better understand the effects of climate change during Holocene on the development of coral reefs.

Coral-species compositions and the coverage of Holocene-emerged reefs were observed in two sites in Takara Island. At the one site in the eastern coast, 7 genera 14 species of reef-building coral species were observed, the coverage being 1.2 – 12.6 %. In another site in the western coast, 6 genera 10 species were observed with the coverage of 3.3 – 28.9 %. In the modern reefs including the eastern and the western sides, 23 genera of corals were observed. At Holocene-emerged coral reef in Nakanoshima Island, 9 genera and 17 species were observed, the coverage being 19.1-48.6 %, while 24 genera of corals were found in the modern reefs. These observations suggest that the coral coverage in the Tokara islands has ranged in the similar range from the middle of Holocene to the present.

Key words: biogeography, climate change, coral coverage, species composition

東京島嶼における鳥類の繁殖分布調査

特定非営利活動法人バードリサーチ伊豆諸島研究グループ

佐藤 望¹・植田睦之¹・守屋年史¹・藤田 薫¹・上田恵介²

離島に生息している鳥類は固有種が多く絶滅しやすい特徴がある。東京都に属する伊豆諸島や小笠原諸島も多くの固有種・固有亜種が生息している。固有種を含む島嶼の鳥類相を維持するためには、それらの分布や繁殖状況を継続的に把握し、それに基づいて保全対策を行なう事が重要だが、そのような仕組みがこれまでなかった。そこで伊豆諸島 10 島、小笠原諸島 2 島において調査コースを設定した。野外調査はボランティア調査員を募集して行った。この結果、306 カ所でラインセンサス法による調査を実施した。また、ラインセンサス時以外に観察された鳥の情報や情報提供があったデータについても記録を残し、それらは 1,309 個のデータが集まった。これらの結果、伊豆諸島で 39 種、小笠原諸島で 9 種の鳥類が繁殖している可能性がある事。各鳥類の分布の詳細も明らかとなった。また、過去の文献などから、各島の鳥類相が変化している事も分かった。今後は本データと環境データによって、各鳥類の生息適地を明らかにしていく。

キーワード：市民科学、モニタリング、保全、固有種

I. 調査の目的と経緯

世界の鳥類のおよそ 17 % は島嶼のみに生息しており、そのうちの 23 % は絶滅の危機に瀕している。また、これまで世界で絶滅した鳥類の 90 % 以上が島嶼の鳥である (Johnson and Stattersfield 1990)。日本においても本土 (本州、北海道、四国、及び九州) を除いた島嶼 (以後、離島) には多くの固有種が生息している。鳥類の日本固有種 22 種 (絶滅 5 種、繁殖固有 6 種含む) のうち、15 種は南西諸島や小笠原諸島、伊豆諸島などの離島のみで生息あるいは繁殖している (日本固有種目録 2015)。また、日本で絶滅した鳥類 14 種のうち、12 種が離島に生息していた種であり (環境省 2014)、離島の鳥類の固有性と脆弱性がよく示されている。

現在においても離島に生息している鳥類の多くは環境改変によって絶滅の危機に瀕している。伊豆諸島では森林面積の減少、噴火による生息地の消失とそれに続く火山ガスによる植生回復の遅れによる生息地の減少やニホンイタチ *Mustela itatsi* やノネコ *Felis catus* など移入種による捕食などの脅威にさらされている (東京都環境局 2014)。また、離島はたとえ近い島同士であっても、種構成が異なるため (高木 2009)、各鳥類の有効な保全をおこなうためには島ごとの種構成を把握する必要がある。

これまで研究者による離島の鳥類相の調査 (たとえば樋口 1973) や、島ごとの鳥類目録 (たとえば大久保 2016) はあるものの、本土と比べて継続的な調査がなされていない。例えば全

1: バードリサーチ 2: 日本野鳥の会
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

鳥類を対象とした網羅的な調査として環境省が1970年代と1990年代に実施した全国鳥類繁殖分布調査では、1970年代には離島は調査されず、1990年代でも一部の離島のみで調査が行われた。また、東京都がこれまで2回実施した東京都鳥類繁殖状況調査でも本土部のみが対象で、伊豆諸島や小笠原諸島では調査を行っていない。

こういった背景から、本助成プロジェクトでは継続的な調査の基盤を整えるために伊豆諸島10島と小笠原諸島2島に調査コースを設定し、市民調査員や研究者と共に2017年、2018年に東京の離島に生息する鳥類を網羅的に調べた。

II. 調査の方法

本調査は市民参加型の調査として実施した。調査方法はラインセンサス法による調査とアンケート調査である。現地調査のために調査コースを設定した。調査コースは世界測地系の3次メッシュ毎に1コースを設置した(図1)。各

コースは車道や林道などの道路を利用して、可能な限りおよそ1kmとした。ラインセンサスは2017年と2018年の5月～6月の間の夜明けから早朝(4:35-9:54)にかけて行ったが一部の調査コースはそれ以外の時間でも調査を実施した。1つのコースは30分を目安に調査を行い、そこで確認できた鳥の種名と個体数、及び繁殖の可能性に関する行動(さえずり、巣材運びなど)も記録し、その場所での繁殖の可能性についてもA～Dの4段階で評価した(表1)。アンケート調査では対象期間を2016年から2018年の3年間として、日時、場所、確認した種、繁殖の可能性の情報を収集した。

ラインセンサスは伊豆諸島10島(伊豆大島、利島、新島、式根島、神津島、御蔵島、三宅島、八丈島、八丈小島、青ヶ島)と小笠原諸島2島(父島、母島)の12島で実施した(図2)。そのうち、八丈小島を除く11島は有人島である。



図1 八丈島のラインセンサスコース。各メッシュにコースを設定した。

表1 繁殖の可能性の区分

繁殖可能性のランクの基準

ランク	繁殖可能性の基準
A	繁殖を確認した
B	繁殖の確認はできなかったが、繁殖の可能性はある
C	生息を確認したが、繁殖の可能性は、何ともいえない
D	姿・声を確認したが、繁殖の可能性は、おそらくない
E	生息は確認できなかったが、環境から推測して、繁殖期における生息が考えられる

(i) 成鳥について

ランク	観察コード	観察事項
A	10	成鳥が巣あるいは巣のあるらしい所にくり返し出入りしている
	11	成鳥が抱卵又は抱雛している。あるいはしているようだ
	12	成鳥が巣のあるらしい所にとびこむと同時にヒナの餌をねだる声がかかれた
	13	成鳥がヒナのフンを運搬している
	14	成鳥が巣のヒナに餌を運搬している（餌をくわえたまま観察者を警戒し移動する気配のない場合を含む）
B	15	擬傷をみた
	30	その種が営巣し得る環境で繁殖期に、その種のさえずり（キツツキ類のドラミングを含める）を聞いた。 ただし、その鳥が冬鳥、旅鳥かもしれない時は除く
	31	求愛行動をみた。ただし、その鳥が冬鳥、旅鳥かもしれない時は除く
	32	交尾行動をみた。ただし、その鳥が冬鳥、旅鳥かもしれない時は除く
	33	威嚇行動、警戒行動により、付近に巣又はヒナの存在が考えられる
	34	巣があるとされる所に成鳥が訪れた。ただし、そこが囀（ねぐら）である場合は除く
	35	追果行動（巣穴掘りを含む）を見た
	36	成鳥が巣材を運搬している。ただし、明らかに周囲に巣を構えていると思われる場合に限る
C	37	成鳥がヒナへの餌を運搬しているが、巣が周囲にあるかどうかかわからない
	50	その種が営巣し得る環境で繁殖期にその種を確認したが、他には繁殖の兆候が認められない。 ただし冬鳥または旅鳥は過去にその場所で繁殖の記録があるもの
D	51	繁殖期に鳴き声を確認したが、さえずりかどうかかわからない
	60	その種の生息を確認したが、その周囲にその種が営巣し得る環境はないと思われる。 例）アマツバメ類、ワシタカ類の上空通過を確認したが、その周囲には営巣可能な環境はないと考えられる場合 冬鳥または旅鳥で、繁殖期に生息がみられたが、過去にその場所で繁殖の記録がないもの

(ii) 巣について

ランク	観察コード	観察事項
A	16	巣立ち後の巣がある。ただし2016 年以降に使用された巣であること
	17	卵のある巣をみた
	18	成鳥がおちついてすわっている巣の近くで、その種が営巣し得る環境でその種の卵殻がみつかった
B	38	巣を発見したが、卵、ヒナともなく、成鳥がそこに来るのを認めなかった

(iii) ヒナについて

ランク	観察コード	観察事項
A	19	ヒナのいる巣を見た
	20	ヒナの声をきいた
	21	巣からほとんど移動していないと思われる巣立ちヒナを見た
B	39	かなり移動可能と思われる巣立ちヒナを見た
	40	家族群を見た

(iv) 鳥類標識調査等において捕獲した場合

ランク	観察コード	観察事項
A	22	鳥類標識調査等で腹中に卵を触れる雌成鳥を捕獲した
	23	鳥類標識調査等で顕著な抱卵斑（指標5）を持つ雌成鳥（場合によっては雄成鳥）を、繁殖期間中の異なった時期に複数回捕獲、もしくは同様の指標 5 の個体を複数捕獲した
	24	鳥類標識調査等で幼綿羽が残る、もしくは全身が幼羽の状態で、第一回冬羽への換羽がまだ始まっていない個体を捕獲した
B	41	鳥類標識調査等で顕著な抱卵斑（指標5）を持つ雌成鳥（場合によっては雄成鳥）を 1 羽のみ、1 回だけ捕獲した
	42	鳥類標識調査等で巣材をくわえた成鳥を捕獲した、もしくは捕獲個体の近くに明らかに巣材と思われるものがあつた
	43	鳥類標識調査等で第一回冬羽へ換羽中の幼鳥を捕獲した
C	52	鳥類標識調査等で総排泄腔の顕著な突出を見せる雄成鳥を捕獲した

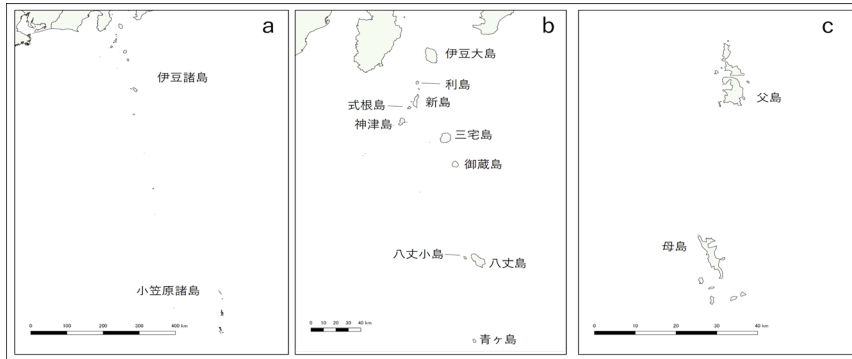


図2 東京島嶼地域の地図. a) 伊豆諸島と小笠原諸島の位置. 父島は本土からおよそ 1000 km 離れている. b) 伊豆諸島 10 島. c) 小笠原 2 島.

III. 結果

1. 調査の実施状況

2017 年と 2018 年のラインセンサスの調査は 51 名のボランティア調査員が参加し、306 コース(計 10,050 分)の調査を実施した. また, 1,309 件のアンケート情報も収集した. なお, アンケートはラインセンサスを行った 12 島以外の無人島のデータも集まったが, 本報告ではそのデータは使用していない.

2. 各島の鳥類相

伊豆諸島では 74 種, 小笠原諸島では 20 種の鳥類が確認された. その中でランクが C 以上の種は伊豆諸島で 39 種, 小笠原諸島で 9 種となった(表 2).

3. 観察頻度

各島でラインセンサスを行ったコースで, どれだけ個体数を観察したのかを表 3 に示した. ここでは島で実施したラインセンサスの総距離とラインセンサスによってカウントした個体数を用いて, 1 km あたりの観察頻度を計算した. また, メッシュ毎でも観察頻度を計算し, 島ごとの最大値と最小値, 及び平均値も示した. なお, 各メッシュの観察頻度は, コースの長さが 500 m 以上あるコースに限った. また, アンケート結果のみで確認されている種については観察頻度の計算ができないため, 表には含まれてい

ない.

4. 固有種・固有亜種の分布

日本固有種及び繁殖固有種 22 種(鳥類日本固有種目録)のうち, 本調査で確認した種は, メグロ *Apalopteron familiare*, アカコッコ *Turdus celanops*, イイジマムシクイ *Phylloscopus ijimae*, ミゾゴイ *Gorsachius goisagi* の 4 種であった. また, 固有亜種であるシマキジ *Phasianus colchicus tanensis*, ミヤケコゲラ *Dendrocopos kizuki matsudairai*, モスケミソサザイ *Troglodytes troglodytes mosukei*, タネコマドリ *Luscinia akahige tanensis*, ナミエヤマガラ *Poecile varius namiyei*, オーストンヤマガラ *P. v. owstoni*, シチトウメジロ *Zosterops japonica stejnegeri* (以上が伊豆諸島に生息), アカガシラカラスバト *Columba janthina nitens*, オガサワラノスリ *Buteo buteo toyoshimai*, オガサワラヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis squamiceps*, ハシナガウグイス *Cettia diphone diphone* (以上が小笠原諸島に生息) も本調査地域に生息しているとされているが(日本鳥学会 2012), 声の聞き取りや目視観察による調査では亜種の明確な識別は難しいため, 本調査は種単位で記載している. そのため亜種ごとの分布域は明らかにできなかった.

これらの種, 亜種の多くは東京都レッドデー

表2 島ごとの繁殖可能性のある鳥類リスト。Aは繁殖確認。Bは繁殖の可能性を確認。Cは生息を確認。Dは生息を確認したが恐らく繁殖していない、を意味する。

学名	和名	大島	利島	新島	式根島	神津島	三宅島	御蔵島	八丈島	八丈小島	青ヶ島	父島	母島
<i>Phasianus colchicus</i>	キジ	B	B	B	B	-	B	-	B	-	-	-	-
<i>Columba janthina</i>	カラスバト	B	B	C	-	B	B	B	B	A	C	B	C
<i>Streptopelia orientalis</i>	キジバト	B	B	B	-	-	B	B	B	B	C	-	-
<i>Treron sieboldii</i>	アオバト	C	B	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-
<i>Phoebeastria nigripes</i>	クロアシアホウドリ	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-
<i>Calonectris leucomelas</i>	オオミズナギドリ	-	B	-	-	-	D	A	C	C	-	-	-
<i>Oceanodroma tristrami</i>	オーストンウミツバメ	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-
<i>Sula leucogaster</i>	カツオドリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	B
<i>Phalacrocorax capillatus</i>	ウミウ	C	D	D	-	C	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gorsachius goisagi</i>	ミゾゴイ	C	-	-	-	C	D	-	-	-	-	-	-
<i>Egretta sacra</i>	クロサギ	C	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cuculus poliocephalus</i>	ホトトギス	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	-	-
<i>Apus pacificus</i>	アマツバメ	D	C	C	C	C	C	C	B	C	-	-	-
<i>Scolopax rusticola</i>	ヤマシギ	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-
<i>Larus crassirostris</i>	ウミネコ	D	B	D	C	C	B	-	B	A	-	-	-
<i>Synthliboramphus wumizusume</i>	カンムリウミスズメ	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-
<i>Pandion haliaetus</i>	ミサゴ	D	-	-	D	-	C	-	-	-	-	D	-
<i>Milvus migrans</i>	トビ	C	C	C	C	C	C	C	C	-	-	-	-
<i>Butastur indicus</i>	サシバ	B	C	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-
<i>Buteo buteo</i>	ノスリ	D	C	-	-	-	D	-	-	-	-	B	A
<i>Ninox scutulata</i>	アオバズク	B	B	-	-	B	B	B	B	-	C	-	-
<i>Dendrocopos kizuki</i>	コゲラ	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	-	-
<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	サンコウチョウ	B	-	-	-	B	B	-	-	-	-	-	-
<i>Lanius bucephalus</i>	モズ	C	-	B	-	-	A	-	A	-	-	-	-
<i>Corvus corone</i>	ハシボソガラス	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. macrorhynchos</i>	ハシブトガラス	C	C	C	C	B	B	B	B	C	-	-	-
<i>Poecile varius</i>	ヤマガラ	B	-	A	A	B	A	B	A	B	-	-	-
<i>Parus minor</i>	シジュウカラ	A	B	B	A	B	A	B	A	A	-	-	-
<i>Hirundo rustica</i>	ツバメ	A	A	B	A	A	C	A	C	-	C	D	D
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	ヒヨドリ	C	C	B	C	A	A	B	A	A	C	B	B
<i>Cettia diphone</i>	ウグイス	A	B	B	B	A	A	B	A	A	B	B	A
<i>Phylloscopus ijimae</i>	イイジマムシクイ	-	B	-	-	B	A	B	A	A	B	-	-
<i>Apalopteron familiare</i>	メグロ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
<i>Zosterops japonicus</i>	メジロ	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	A
<i>Locustella pleskei</i>	ウチヤマセンニュウ	-	-	-	-	-	B	-	B	A	-	-	-
<i>Cisticola juncidis</i>	セッカ	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Troglodytes troglodytes</i>	ミソサザイ	A	-	-	-	-	A	B	B	B	-	-	-
<i>Spodiopsar cineraceus</i>	ムクドリ	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zoothera dauma</i>	トラツグミ	-	-	-	-	-	-	B	A	-	-	A	A
<i>Turdus celanops</i>	アカコッコ	-	C	-	-	C	A	B	A	A	C	-	-
<i>Luscinia akahige</i>	コマドリ	-	B	-	-	-	B	B	B	B	A	-	-
<i>Monticola solitarius</i>	インビヨドリ	B	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A
<i>Ficedula narcissina</i>	キビタキ	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	オオルリ	B	-	B	-	-	B	-	-	-	-	-	-
<i>Passer montanus</i>	スズメ	A	C	B	A	A	A	C	A	-	A	-	-
<i>Motacilla cinerea</i>	キセキレイ	C	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-
<i>M. alba</i>	ハクセキレイ	C	C	-	-	C	D	-	-	-	-	-	-
<i>Chloris sinica</i>	カワラヒワ	B	B	B	B	-	B	-	B	-	B	-	D
<i>Emberiza cioides</i>	ホオジロ	A	B	A	B	B	A	C	A	C	C	-	-
<i>Bambusicola thoracicus</i>	コジュケイ	B	-	-	-	-	A	B	B	-	-	-	-

表3 島ごとのラインセンサスで観察された1 kmあたりの個体数、島内でラインセンサスを実施したコースの総距離と各鳥の観察個体数から1 kmあたりの個体数平均を計算した。コースごとの1 kmあたりの観察個体数で島内の最大値と最小値も記載した。

※平均＝島全体での個体数/島全体のトランセクト長

島名	調査した メッシュ数	キジ			カラスバト			キジバト			ウミウ			ミゾゴイ			ホトトギス		
		平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少
大島	(n=76)	0.46	4.19	0.00	0.60	4.59	0.00	1.04	8.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	3.72	0.00
利島	(n=7)	2.42	4.25	0.61	1.76	12.28	0.00	2.75	3.65	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	5.58	0.00
新島	(n=19)	0.36	1.78	0.00	0.04	0.65	0.00	0.40	4.05	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.23	0.00
式根島	(n=5)	0.94	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.61	0.00
神津島	(n=21)	0.00	0.00	0.00	0.09	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.14	0.00	0.59	2.14
三宅島	(n=48)	0.05	1.78	0.00	1.45	7.47	0.00	0.75	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	6.10	0.00
御蔵島	(n=8)	0.00	0.00	0.00	1.28	4.97	0.00	0.15	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.99	0.00
八丈島	(n=70)	0.50	3.79	0.00	0.73	2.93	0.00	3.92	17.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	11.05	0.00
八丈小島	(n=2)	0.00	0.00	0.00	66.02	111.08	51.56	1.45	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
青ヶ島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	6.89	13.66	0.99	0.18	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	1.61	0.00
父島	(n=10)	0.00	0.00	0.00	0.16	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
母島	(n=16)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

島名	調査した メッシュ数	アマツバメ			ウミネコ			トビ			ノスリ			コグラ			サンコウチョウ		
		平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少
大島	(n=76)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	2.84	0.00	0.01	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
利島	(n=7)	0.33	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
新島	(n=19)	0.73	3.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
式根島	(n=5)	1.25	1.77	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
神津島	(n=21)	0.50	2.67	0.00	0.95	11.44	0.00	0.18	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.14	0.00
三宅島	(n=48)	0.65	6.66	0.00	0.19	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	6.22	0.00	0.02	0.86	0.00
御蔵島	(n=8)	1.21	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00
八丈島	(n=70)	0.56	5.65	0.00	0.45	13.60	0.00	0.01	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
八丈小島	(n=2)	5.30	19.84	0.64	24.58	99.18	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
青ヶ島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
父島	(n=10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
母島	(n=16)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

島名	調査した メッシュ数	モズ			ハシボソガラス			ハシブトガラス			ヤマガラ			シジュウカラ			ツバメ		
		平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少
大島	(n=76)	0.01	0.74	0.00	0.46	6.72	0.00	1.42	8.67	0.00	0.96	4.29	0.00	1.16	12.00	0.00	0.76	8.84	0.00
利島	(n=7)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	21.20	1.31	0.00	0.00	0.00	2.31	3.44	1.22	1.10	4.87	0.00
新島	(n=19)	0.04	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	3.91	0.00	2.39	6.59	0.00	0.40	4.05	0.00	0.69	5.87	0.00
式根島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	11.05	0.00	0.31	1.21	0.00	2.03	3.68	0.60	2.65	7.98	0.00
神津島	(n=21)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	20.49	0.00	4.05	18.80	0.00	0.05	1.14	0.00	0.50	5.48	0.00
三宅島	(n=48)	0.32	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	18.55	0.00	2.42	17.20	0.00	0.69	4.78	0.00	0.13	3.07	0.00
御蔵島	(n=8)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	2.37	0.00	0.91	3.31	0.00	2.34	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00
八丈島	(n=70)	0.26	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	4.88	0.00	0.34	5.99	0.00	0.97	5.75	0.00	0.07	2.16	0.00
八丈小島	(n=2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.91	0.00	1.45	5.95	0.00	0.00	0.00	0.00
青ヶ島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.97	0.00
父島	(n=10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
母島	(n=16)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	2.58	0.00

島名	調査した メッシュ数	ヒヨドリ			ウグイス			イイジマムシクイ			メグロ			メジロ			ウチヤマセンニュウ			ミソサザイ		
		平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少
大島	(n=76)	0.08	2.33	0.00	7.63	38.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	30.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.45	0.00
利島	(n=7)	0.66	3.44	0.00	6.04	15.62	2.83	0.88	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	13.18	24.55	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
新島	(n=19)	4.57	10.08	0.00	3.60	9.07	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.42	15.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
式根島	(n=5)	7.96	15.32	3.07	5.30	16.51	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	13.29	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
神津島	(n=21)	4.19	9.87	0.00	5.86	16.36	0.00	0.36	3.43	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	12.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
三宅島	(n=48)	7.26	14.69	0.00	6.03	20.25	0.00	8.47	51.82	0.00	0.00	0.00	0.00	8.87	33.17	0.00	0.69	14.74	0.00	0.91	5.18	0.00
御蔵島	(n=8)	7.10	19.39	0.00	12.92	38.41	2.63	12.54	26.82	4.85	0.00	0.00	0.00	7.78	19.87	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55	10.41	0.66
八丈島	(n=70)	10.56	31.61	0.00	4.43	24.59	0.00	8.38	38.57	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	34.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	8.83	0.00
八丈小島	(n=2)	6.75	7.00	5.95	9.16	17.85	6.37	20.72	23.55	11.90	0.00	0.00	0.00	45.78	54.11	19.84	2.41	9.92	0.00	6.75	8.91	0.00
青ヶ島	(n=5)	4.90	9.64	2.11	12.88	20.72	4.22	2.72	8.03	0.00	0.00	0.00	0.00	13.97	25.66	4.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
父島	(n=10)	2.11	5.47	0.00	5.85	13.68	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.96	14.90	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
母島	(n=16)	1.41	6.20	0.00	4.69	10.12	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08	12.08	0.00	5.86	12.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

島名	調査した メッシュ数	ムクドリ			トラツグミ			アカコッコ			コマドリ			インヒヨドリ			キビタキ		
		平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少	平均	最大	最少
大島	(n=76)	0.04	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	4.91	0.00	0.00	0.00	0.00
利島	(n=7)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.12	0.00	0.11	0.44	0.00	0.22	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00
新島	(n=19)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00
式根島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00
神津島	(n=21)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	10.08	0.00	0.05	0.57	0.00
三宅島	(n=48)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	11.14	0.00	3.16	31.09	0.00	0.11	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00
御蔵島	(n=8)	0.00	0.00	0.00	0.08	0.96	0.00	1.28	4.97	0.00	7.40	13.38	1.97	0.08	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
八丈島	(n=70)	0.00	0.00	0.00	0.36	6.62	0.00	3.11	12.29	0.00	3.48	18.66	0.00	0.40	5.01	0.00	0.00	0.00	0.00
八丈小島	(n=2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.46	15.87	14.00	0.00	0.00	0.00	0.96	1.98	0.64	0.00	0.00	0.00
青ヶ島	(n=5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.26	17.68	0.00	1.5	3.62	0.00	0.36	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
父島	(n=10)	0.00	0.00	0.00	0.74	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00
母島	(n=16)	0.00	0.00	0.00	0.39	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00

タブック（東京都 2014）、環境省レッドデータブック（環境省 2014）絶滅危惧種に指定されている（表 4）。本土から比較的離れた八丈島や三宅島に固有種固有亜種は多く生息していたが、本土から 2 番目に近い利島は例外的に生息していた。

樋口（1973）は 1970 年から 1973 年にかけて伊豆諸島 10 島を調査し、各島で繁殖している陸生鳥類を調べている。本調査と樋口（1973）の結果を比較すると表 5 のような結果となった。

表 4 伊豆諸島に生息する固有種・固有亜種の繁殖状況

学名	和名	固有性	環境省	東京都(伊豆諸島)	東京都(小笠原諸島)
<i>Columba janthina</i>	カラスバト		NT	EN	-
<i>C. j. nitens</i>	アカガシラカラスバト	固有亜種	CR	-	CR
<i>Phoebastria nigripes</i>	クロアシアホドリ		-	NT	-
<i>Calonectris leucomelas</i>	オオミズナギドリ		-	NT	-
<i>Oceanodroma tristrami</i>	オーストンミツバメ		NT	NT	EN
<i>Sula leucogaster</i>	カツオドリ		-	NT	-
<i>Gorsachius goisagi</i>	ミゾゴイ	繁殖固有	VU	CR	-
<i>Egretta sacra</i>	クロサギ		-	CR	-
<i>Synthliboramphus wumizusume</i>	カンムリウミスズメ		VU	VU	-
<i>Pandion haliaetus</i>	ミサゴ		NT	NT	-
<i>Butastur indicus</i>	サシバ		VU	CR	-
<i>Buteo buteo</i>	ノスリ			VU	-
<i>B. b. toyoshimai</i>	オガサワラノスリ	固有亜種	EN	-	EN
<i>Ninox scutulata</i>	アオバズク		-	EN	-
<i>Dendrocopos kizuki matsudairai</i>	ミヤケコガラ	固有亜種	-	VU	-
<i>Poecile varius namiyei</i>	ナミエヤマガラ	固有亜種	EN	EN	-
<i>P. v. owstoni</i>	オーストンヤマガラ	固有亜種	EN	EN	-
<i>Phylloscopus ijimae</i>	イジマムシクイ	繁殖固有	VU	VU	-
<i>Apalopteron familiare</i>	メグロ	固有種	EN	-	EN
<i>Locustella pleskei</i>	ウチヤマセンニュウ		EN	EN	-
<i>Troglodytes troglodytes mosukei</i>	モスケミソサザイ	固有亜種	-	EN	-
<i>Zoothera dauma</i>	トラツグミ		-	NT	-
<i>Turdus celaeonops</i>	アカコッコ	固有種	EN	EN	-
<i>Luscinia akahige tanensis</i>	タネコマドリ	固有亜種	VU	VU	-

表 5 1970 年代と 2010 年代の猛禽類を除く繁殖陸鳥類相の比較

学名	和名	大島	利島	新島	式根島	神津島	三宅島	御蔵島	八丈島	八丈小島	青ヶ島
<i>Phasianus colchicus</i>	キジ	■	●	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Columba janthina</i>	カラスバト	■	■	■	○	■	■	■	■	■	■
<i>Streptopelia orientalis</i>	キジバト	■	■	■	■	○	■	■	■	■	●
<i>Treron sieboldii</i>	アオバト	●	●	■	■	■	■	●	■	■	■
<i>Cuculus poliocephalus</i>	ホトトギス	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Apus pacificus</i>	アマツバメ	○注	■	■	■	■	■	■	■	■	○
<i>Dendrocopos kizuki</i>	コガラ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	サンコウチョウ	●	■	■	■	●	●	■	■	■	■
<i>Lanius bucephalus</i>	モズ	■	○	■	○	○	■	○	■	○	○
<i>Corvus corone</i>	ハシボソガラス	●	■	■	■	■	■	■	■	■	○
<i>C. macrorhynchos</i>	ハシブトガラス	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Poecile varius</i>	ヤマガラ	■	○	■	●	■	■	■	■	■	■
<i>Parus minor</i>	シジュウカラ	■	■	■	■	■	■	■	■	●	■
<i>Hirundo rustica</i>	ツバメ	●	●	●	●	●	■	●	■	■	■
<i>Delichon dasypus</i>	イワツバメ	■	■	■	■	○	○注	■	■	○	■
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	ヒヨドリ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cettia diphone</i>	ウグイス	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Phylloscopus ijimae</i>	イジマムシクイ	○	■	○	○	■	■	■	■	■	■
<i>Zosterops japonicus</i>	メジロ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Locustella pleskei</i>	ウチヤマセンニュウ	■	○	■	■	■	■	○	■	●	○
<i>Cisticola juncidis</i>	セッカ	■	■	■	■	■	■	■	○	■	■
<i>Troglodytes troglodytes</i>	ミソサザイ	●	■	■	■	■	■	■	■	■	○
<i>Spodopars cineraceus</i>	ムクドリ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Zoothera dauma</i>	トラツグミ	○	■	○	■	○	○	■	■	■	■
<i>Turdus celaeonops</i>	アカコッコ	■	■	○	○	■	■	■	■	■	■
<i>Luscinia akahige</i>	コマドリ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Monticola solitarius</i>	インヒヨドリ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ficedula narcissina</i>	キビタキ	■	●	■	■	●	■	■	■	■	■
<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	オオルリ	■	■	●	■	○	●	■	■	○	■
<i>Passer montanus</i>	スズメ	■	■	■	■	■	■	■	■	○	■
<i>Motacilla cinerea</i>	キセキレイ	■	■	■	■	○	■	■	■	■	■
<i>M. alba</i>	ハクセキレイ	●	●	■	■	○	●注	■	■	■	■
<i>Chloris sinica</i>	カワラヒワ	■	■	■	■	○	■	○	■	○	■
<i>Emberiza cioides</i>	ホオジロ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Bambusicola thoracicus</i>	コジュケイ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

○：1970 年代(樋口1973)のみ確認 ●：2010 年代(本調査)のみ確認 ■：両年代で確認 注：2010 年代に確認したが繁殖の可能性は確認できなかった

IV. 考察

1. 調査の精度について

本調査は世界測地系3次メッシュごとにラインセンサスを行った。全国鳥類繁殖分布調査ではおよそ10平方キロメートルごとに調査を実施して、分布図を作成しているのに対し、本調査はおよそ1平方キロメートルごとに調査を実施している。そのため、他の繁殖分布調査よりも詳細な分布状況を把握できている。特に陸生鳥類で早朝にさえずる種に関しては精度の高い分布図となっている。一方でアオバズクのように夜行性の鳥類や海鳥に関しては早朝のラインセンサス法では、十分にデータが取る事が難しいため、本調査で網羅的に捉えられていない可能性がある。

本調査は5月～6月にかけて行っているため、繁殖期が長いハト類に関しては繁殖状況が十分に把握できていない可能性がある。カラスバトは頻繁に島間移動する事が分かっている（安藤ほか2017）。そのため、時期によって繁殖地が異なるかもしれない。本調査ではキジバトが神津島で1羽も観察されなかったが、樋口（1973）や神津島村役場（2012）ではそれぞれ繁殖鳥、留鳥となっている。そのため、本調査期間中以外の時期では神津島でも繁殖をしている可能性がある。

2. 繁殖の可能性について

本調査では、伊豆諸島で39種、小笠原諸島で9種の鳥類の繁殖ランクがA-Cのものを確認した。繁殖の可能性を判断する指標の1つである囀りに関しては種によって聞き取りやすさが異なる。また、ヒヨドリのように囀りなのかそうでないかを判断するのが難しい種については、繁殖の可能性が過小評価になっている可能性がある。そのため、種によってA-Bランクの行動を確認した地点数が少ないが、過小評価の可能性はある。

3. 観察頻度について

全種の最大値を見ると、カラスバトの111.08羽/km（八丈小島）、ウミネコの99.18羽/km（八丈小島）、メジロの54.11羽/km（八丈小島）、イイジママシクイの51.82羽/km（三宅島）、カワラヒワの55.27羽/km（青ヶ島）が50羽/kmを超えていた。八丈小島は本調査地で唯一の無人島で、移入された哺乳類の種数も少ないため、カラスバトやウミネコの繁殖地として高密度に利用していると考えられる。

高木・樋口（1992）では三宅島でニホンイタチ導入後、アカコッコが減少した事を報告しているが、本調査ではアカコッコの観察頻度の最大値が青ヶ島（17.68羽/km）、八丈小島（15.87羽/km）、八丈島（12.29羽/km）、三宅島（11.14羽/km）、御蔵島（4.97羽/km）の順だった。青ヶ島、八丈島、三宅島はニホンイタチが導入されている（Hasegawa 1999）。観察頻度の最大値とニホンイタチの有無に強い相関はなさそうであるが、ニホンイタチの生息環境などを考慮した解析を行い、外来種の影響を評価すべきだろう。

4. 固有種の分布について

伊豆諸島に生息している固有種・固有亜種の多くは伊豆諸島の中でも比較的本土から離れている御蔵島、三宅島、八丈島で多く確認されたが、本土から近い利島もイイジママシクイ、アカコッコ、タネコマドリが確認された（表2）。これらの種が確認されたのは、利島の中でも標高の高いところであった。利島は、周辺の島と鳥類相が異なっている。有人島で利島の近くに位置する伊豆大島や新島は人口が比較的多いに対して、利島の人口は314人（東京都2017）と比較的少ない事や、近隣諸島よりも噴火の影響が少ない事が影響している可能性がある。一方で、利島は周辺の島に生息しているヤマガラが生息していない。利島が周辺の島と鳥類相が異なる要因は、今後明らかにしていきたい。

神津島や御蔵島などに生息しているミソサザイは亜種モスケミソサザイと考えられるが、伊豆大島で確認されたミソサザイは本土との距離が近いこと、亜種ミソサザイの可能性がある。伊豆大島のミソサザイが今後、どのような分布変化をするのかは興味深い。

5. 1970年代から現在までの鳥類相の変化

1970年～1973年にかけて行われた樋口(1973)の調査結果と本調査を比較する事で、分布が拡大した種と縮小した種が明らかとなった。1970年代よりも3島以上で生息している鳥の数が減少した種はモズ *Lanius bucephalus*, イワツバメ *Delichon dasypus*, イイジマムシクイ, トラツグミ *Zoothera dauma*, カワラヒワ *Chloris sinica* であった。一方、3島以上、生息地を拡大させた種はアオバト *Treron sieboldii*, サンコウチョウ *Terpsiphone atrocaudata*, ツバメ *Hirundo rustica*, ハクセキレイ *Motacilla alba* であった。分布が縮小した5種のうち、イワツバメは海岸の岩場など調査コースが設定されていない場所で繁殖しているため、トラツグミは夜間に囀るため、それぞれ早朝のラインセンサスでは確認できなかった可能性がある。イイジマムシクイは大島、新島、式根島で確認できなかったが、樋口(1973)は「新島と神津島では比較的少なく、式根島と大島では非常に稀であった。」と述べており、元々個体数が少なかった可能性がある。

分布が拡大した4種のうち、ツバメを除く3種は1970年代では観察されていない。アオバトとサンコウチョウ、ハクセキレイは本土部で分布が拡大している種(植田 私信)なので、離島にもその勢力を拡大していると考えられる。

V. 最後に

本調査は、調査に参加いただいた多くの方々の力なしには実施することができなかった。これらの方々にお礼を申し上げたい。

VI. 引用文献

- Hasegawa, M. 1999. Impacts of introduced weasel on the insular food web. In Ohta, H. (ed) Diversity of reptiles, amphibians and other terrestrial animals on tropical islands: origin, current status and conservation: 129-154.
- 樋口広芳 1973. 伊豆諸島の鳥類 (I). 鳥 22 : 14-24.
- Johnson, T. H. and Stattersfield, A. J. 1990. A global review of island endemic birds. Ibis 132: 167-180.
- 環境省 2014. 「レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 2 鳥類」株式会社ぎょうせい
- 日本鳥学会 2012. 「日本鳥類目録改訂第7版」日本鳥学会
- 西海 功 2015. 鳥類日本固有種目録 (2015年3月版). http://www.kahaku.go.jp/research/activities/project/hotspot_japan/endemic_list/ (2018.11.22 閲覧)
- 大久保香苗 2016. 三宅島の鳥類目録の整理 日本鳥類目録改訂以降の知見. Strix 32: 217-237.
- 高木昌興 2009. 島間距離から解く南西諸島の鳥類相. 日本鳥学会誌 58 : 1-17.
- 東京都 2017. 東京の島に行ってみよう! <http://www.koho.metro.tokyo.jp/2017/07/11.html> (2018.11.22 閲覧)
- 高木正興・樋口広芳 1992. 伊豆諸島三宅島におけるアカコッコ *Turdus celanops* の環境選好とイタチ放獣の影響. Strix 11 : 47-57.
- 東京都環境局 2014. 「レッドデータブック東京 2014 - 東京都の保護上重要な野生生物種 (鳥しょ部) 解説版」東京都環境局

Tokyo islands breeding bird atlas

SATO Nozomu, UETA Mutsuyuki, MORIYA Toshifumi,
FUJITA Kaoru and UEDA Keisuke

Many bird species on the Tokyo Islands (Izu Islands and Bonin Islands) are endangered and endemic. It is necessary to continuously survey the breeding distribution of these birds for their conservation. For long-term monitoring, we used about 1 km/km² of transects on 10 islands of the Izu Islands and on 2 islands of the Bonin Islands. Fifty one citizen scientists surveyed 306 transects. We also collect 1,309 data of breeding data on Tokyo islands, and then we revealed each bird breeding distribution. By comparing previous similar studies with our data, we found that the composition of bird species has changed since the 1970s.

Key words: citizen science, monitoring, conservation, endemic species

隠岐諸島固有の生物群集が創出する森林構造と 生態系サービスの解明

島根大学森林生態環境学研究グループ
藤巻玲路¹・久保満佐子¹・山下多聞¹

島根県隠岐郡隠岐の島町（島後）にて、森林植生の構造および森林溪流水の水質調査を行った。山地の高尾闊葉樹林の森林構造調査では、尾根部において高木種に暖帯性のウラジログシヤスダジイと並んで、冷温帯に一般的なミズナラや亜高山性のクロベが認められた。低木類には、暖帯性のヒサカキやイヌガシが認められた。土壌は交換性陽イオンに乏しく酸性で、土壌の化学性としてはやや未熟な性質を示した。

海岸部の森林調査において、西海岸の植生は、近年の松枯れの影響と海からの風の影響で最大樹高は 5 m 程度だった。一方、南海岸では、樹高が 8 m 程度で松枯れもなく、常緑針葉樹や常緑広葉樹によって閉鎖されている森林が発達していた。森林溪流水の水質は、一般の森林溪流水に比べ Na・Cl の濃度が高く、海塩の影響が強く現れていた。また、一部の溪流水では比較的高い濃度の NO₃ が検出され、森林の水質調整機能が劣化している可能性が懸念される。

キーワード：山地森林植生、冷温帯性樹種、暖温帯性樹種、土壌化学性、海岸植生、溪流水質

1. はじめに

隠岐諸島は島根半島の北約 50 km、北緯 36 度東経 133 度付近に位置する諸島である。主な島は、知夫里島、中ノ島、西ノ島の三島から構成される島前と、島後水道を隔てた島後の一島からなる。島後は隠岐諸島の中では最も大きく、面積は約 242 km² で、隠岐諸島の最高峰である大満寺山（標高 608 m）も島後に所在する。

約 2 万年前の水期には、隠岐諸島は海面の低下によって本州島根半島と陸続きとなった。この時代に、現在では北方性植物種とされるイタヤカエデやユズリハ、亜高山性のクロベあるいは日本海に分布しているスギ（ウラスギ）が逃避地として比較的温暖な隠岐諸島に侵入してき

たと考えられている。その後の海面上昇により、約 1 万年前に現在のような離島になった。現在は対馬暖流の影響で比較的温暖な気候下であり、トベラなどの南方系樹種も分布し、またオキシャクナゲ等の固有種も観察される。

1963 年にほぼ全域が大山隠岐国立公園に指定されるとともに、2013 年には隠岐ユネスコ世界ジオパークに認定されている。隠岐諸島は、その地質学的なユニークさだけでなく、生物学的ユニークさや人の営みのユニークさも含めて評価されている。生物学的ユニークさには、オキサンショウウオやオキシャクナゲのような隠岐諸島固有種の存在だけでなく、温暖な低標高地にも冷温帯性植物のミズナラやオオイワカガ

1: 島根大学生物資源科学部
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

ミなどが分布することなどが含まれている。

植物の分布については、国立公園指定やジオパーク認定の際に樹木を含めた植物種リストが作成されている。また、隠岐の固有種や稀少種などの記載もなされているが、それらは個々の生物種としての記載にとどまっている。一方で、この地域では、天然生スギ林など一部を除いて、生物群集の共存様式である群集構造や生息地（ハビタット）としての生態系構造を詳しく調べた事例に乏しい。また同様に、特異な種構成をもつ森林の立地環境や生態系サービスなどについての調査事例についても欠けている。

本研究では、高い生物多様性を維持する隠岐諸島の森林の生態系構造を解明することを目的とした。具体的には、隠岐諸島の中でも発達した森林が存在する島後島において、山地林および海岸林を選定し、樹種構成および森林構造の調査を行った。また、植生基盤となる土壌の特性や、森林河川水の水質を調査・記載し、隠岐諸島独自の森林生態系構造の特徴について考察した。

山地林の調査は、高尾暖地性瀟葉樹林（北緯 36 度 17 分，東経 133 度 18 分）にて行った。当地は、国立公園特別保護地区に指定されており、高い自然度を残している山地林であり、隠岐の自然植生を良く反映していると考えた。当地では、土壌の化学性についても調査を行った。

海岸林調査では、季節風の影響を受けやすい島後西海岸に位置する福浦岬（北緯 36 度 17 分，東経 133 度 10 分）と、季節風の影響が小さい南海岸に位置する加茂松島と呼ばれる小島（北緯 36 度 10 分，東経 133 度 16 分）で行った。

森林河川水の調査は、隠岐島後の河川の分布を確認し、なるべく島後全体をカバーするように上流部河川水の採取地点を選定した。最終的に、島後で 70 地点の河川水を採取し、分析に供した。

II. 隠岐島後の山地林の森林構造と立地環境

1. はじめに

高尾暖地性瀟葉樹林は、隠岐島後の北部，中村地区東谷にあり，約 13 ha の常緑広葉樹林である。希少植物が確認され，1928 年に国の天然記念物に指定されているほか，現在では国立公園特別保護地区にも指定されている。隠岐島後の山地林植生としては非常に自然度の高い森林が残されている。

本研究では，隠岐島後の山地林を代表する高尾暖地性瀟葉樹林にて森林調査および土壌環境調査を行ったので，その結果を報告する。

2. 調査地と調査方法

2-1) 森林構造の調査

高尾瀟葉樹林内の北向き斜面下部および尾根部に 400 m² の調査枠を設けた（北緯 36 度 17 分，東経 133 度 18 分）。斜面下部（標高 215 m）は比較的平坦地形であり，調査枠は 20 m×20 m とし，尾根部（標高 250-275 m）は尾根地形の細長い形状を反映させるため，尾根に沿って 40 m×10 m の調査枠とした。

胸高直径 4 cm 以上の木本個体を成木，胸高直径 4 cm 未満かつ樹高 2 m 以上の木本個体を稚樹と分類し，調査枠内の成木個体と稚樹個体すべてについて樹種・幹数を記録した。成木個体については胸高直径も測定し，幹の胸高断面積を算出した。

2-2) 土壌環境の調査

各調査サイトにてスコップを用いて土壌断面を 2 箇所作成し，土壌の観察を行った。その際，基岩となる層位に達し，それ以上掘り進めることが困難な深度を有効土壌深とした。また，各調査サイトにて，100 ml 採土円筒をもちいて表層 0-5 cm の土壌をそれぞれ 5 箇所から採取し実験室に持ち帰って分析に供した。

土壌は，容積重を測定した後，pH(H₂O)，陽イオン交換容量 (CEC)，交換性陽イオン類 (Na，

K, Mg, Ca) の濃度を分析し、塩基飽和度を算出した。

3. 結果と考察

3-1) 高尾暖地性闊葉樹林の森林構造

表 1 に、尾根サイトおよび斜面下部サイトを確認された木本種成木の幹数と胸高断面積合計を示す。尾根サイトにおいては、18 種が成木として出現していた。胸高断面積の優占度

は暖温帯性のウラジログシ (*Quercus salicina*) が最も大きく、次いで亜高山で一般的なクロベ (*Thuja standishii*) が優占していた。また、暖温帯の常緑広葉樹として代表的なスダジイ (*Castanopsis sieboldii*) や、冷温帯で一般的なミズナラ (*Q. crispula*) が成木として確認できた。したがって、高尾暖地性闊葉樹林の尾根部には暖温帯性の樹種と冷温帯・亜高山性樹種の混交

表 1 高尾暖地性闊葉樹林尾根サイトにおける成木（胸高直径 4 cm 以上）個体の個体数および胸高断面積

種名	学名	生活型	幹本数 (/400m ²)	胸高断面積合計 (cm ² /400m ²)	断面積優占度 (%)
尾根サイト					
ウラジログシ	<i>Quercus salicina</i>	常緑広葉	11	15357	51.5
クロベ	<i>Thuja standishii</i>	常緑針葉	7	3824	12.8
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	落葉広葉	7	1818	6.1
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	常緑広葉	3	1663	5.6
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>	落葉広葉	1	1605	5.4
コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	落葉広葉	2	1378	4.6
イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	落葉広葉	4	1356	4.5
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	常緑広葉	8	832	2.8
シキミ	<i>Illicium anisatum</i>	常緑広葉	1	500	1.7
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	常緑広葉	8	381	1.3
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	常緑広葉	4	347	1.2
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	常緑広葉	1	207	0.7
モミ	<i>Abies firma</i>	常緑針葉	2	166	0.6
モチノキ	<i>Ilex integra</i>	常緑広葉	1	121	0.4
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	常緑広葉	2	110	0.4
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	常緑針葉	1	92	0.3
タンナサワフタギ	<i>Symplocos coreana</i>	落葉広葉	1	46	0.1
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	常緑広葉	2	31	0.1
斜面下部サイト					
モミ	<i>Abies firma</i>	常緑針葉	3	17640	48.0
イタヤカエデ	<i>Acer mono</i>	落葉広葉	1	6692	18.2
イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	落葉広葉	3	3174	8.6
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	常緑広葉	20	2841	7.7
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	落葉広葉	1	2327	6.3
コハウチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i>	落葉広葉	2	1838	5.0
ウラジログシ	<i>Quercus salicina</i>	常緑広葉	4	1010	2.8
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	常緑広葉	8	558	1.5
ヤブニツケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i>	常緑広葉	5	394	1.1
ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i>	落葉広葉	1	137	0.4
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	常緑広葉	1	81	0.2
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	常緑広葉	1	15	0.0
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	常緑広葉	1	15	0.0

林と言える。

斜面下部サイトにおいては、13 種が成木として確認され、胸高断面積合計の優占度ではモミ (*Abies firma*)、イタヤカエデ (*Acer mono*) が大きく占めている。しかしこれらは、調査枠内に出現したのはそれぞれ 3 個体、1 個体と個体数としては少ない。

尾根サイトにおいて稚樹として出現した木本種は 16 種、幹総数 65 で、隠岐固有種のオキシシャクナゲ (*Rhododendron japonoheptamerum*

var. *okiense*) が最も幹本数が多かった (表 2)。

一方で、斜面下部サイトで出現した稚樹は 9 種、幹総数 74 で、尾根サイトより少ない種数となった。また、斜面下部サイトに出現した樹種は全て常緑広葉樹であった。

尾根部サイトの胸高直径の頻度分布図は、逆 J 字型を示した (図 1)。小さいサイズでは常緑広葉樹の割合が多いものの、針葉樹や落葉広葉樹も認められる。したがって、次世代の更新においてもおおそ現在と同様の林相になること

表 2 高尾暖地性潤葉樹林における稚樹 (胸高直径 4 cm 以下樹高 2 m 以上) の幹本数

種名	学名	生活型	幹本数 (/400m ²)
尾根サイト			
オキシシャクナゲ	<i>Rhododendron japonoheptamerum</i> var. <i>okiense</i>	常緑広葉	10
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	常緑広葉	9
ダイセンミツバツツジ	<i>Rhododendron lagopus</i> var. <i>lagopus</i>	落葉広葉	8
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	常緑広葉	7
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	常緑広葉	6
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	常緑広葉	6
シキミ	<i>Illicium anisatum</i>	常緑広葉	4
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	常緑広葉	3
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	常緑広葉	3
アオハダ	<i>Ilex macropodum</i>	落葉広葉	2
ヤマトアオダモ	<i>Fraxinus longicuspis</i>	落葉広葉	2
クロベ	<i>Thuja standishii</i>	常緑針葉	1
シラキ	<i>Neoshirakia japonica</i>	落葉広葉	1
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	常緑広葉	1
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	常緑針葉	1
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	常緑広葉	1
斜面下部サイト			
ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i>	常緑広葉	16
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	常緑広葉	14
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	常緑広葉	13
アオキ	<i>Aucuba japonica</i>	常緑広葉	10
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	常緑広葉	10
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>	常緑広葉	5
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	常緑広葉	3
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	常緑広葉	2
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	常緑広葉	1

が予想される。

一方斜面下部サイトにおいては、成木では常緑広葉樹の 10-20 cm の直径階の個体が最も多い。胸高断面積では優占していた針葉樹や落葉広葉樹は、小さいサイズの直径階にはほとんど認められない。このことから、斜面下部サイトでは、次世代の更新で現在の針広混交林から常緑広葉樹林に遷移していくものと考えられる。

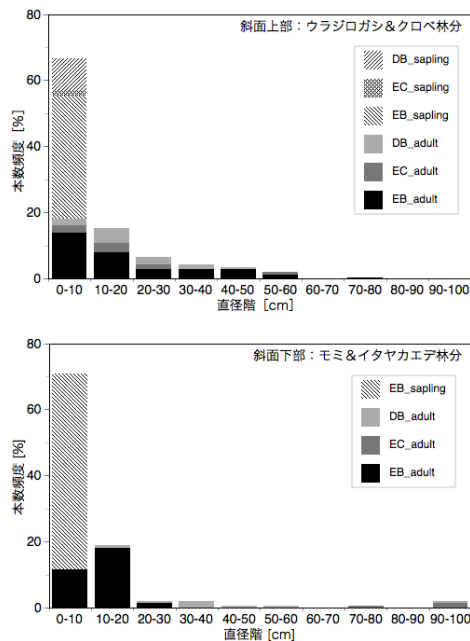


図1 尾根サイト(上)および斜面下部サイト(下)の成木と稚樹の直径階分布。常緑広葉樹成木(■), 常緑針葉樹成木(■), 落葉広葉樹成木(■), 常緑広葉樹稚樹(▨), 常緑針葉樹稚樹(▨), 落葉広葉樹稚樹(▨)。

表3 高尾暖地性闊葉樹林の有効土壌深および表層土壌(0-5 cm)の性質。容積重・pH・CEC・交換性陽イオン類、塩基飽和度は5地点の平均を示す。

	尾根	斜面下部
有効土壌深 (cm)	20-40	50 以上
容積重 (g/100ml)	74.1	68.9
pH (H ₂ O)	4.2	4.7
CEC (cmol _e kg ⁻¹)	28.9	41.9
交換性 Na (cmol kg ⁻¹)	0.242	0.398
交換性 K (cmol kg ⁻¹)	0.388	0.606
交換性 Mg (cmol kg ⁻¹)	0.455	0.872
交換性 Ca (cmol kg ⁻¹)	0.390	0.796
塩基飽和度 (%)	8.0	10.3

3-2) 土壌環境

表3に尾根サイトおよび斜面下部サイトの土壌の特性を示す。いずれの土壌も酸性を示し、土壌容積重が大きく土壌中の孔隙が少ない。この傾向は、斜面下部に比較して尾根部で特に顕著であった。また、尾根部は概して土壌が浅く、植物の生育にとっては斜面下部より厳しい環境と言える。

CEC、交換性陽イオン類は尾根部で低く、土壌の酸緩衝や植物のミネラル供給の指標となる塩基飽和度も尾根部の方が低い値を示した。一般に CEC は土壌の母材となる鉱物の風化が進むと増加する。交換性陽イオン類も、土壌化が進む過程で鉱物中からの放出や大気からの沈着で増加する。表3に示した土壌特性は、全般に尾根部サイトの土壌は斜面下部サイトと比較して土壌が未熟であることを示している。

4. まとめ

本研究では、隠岐島後の山地林の代表として、高尾暖地性闊葉樹林の森林構造と土壌環境を調査した。当調査地の樹種構成は、暖温帯性の常緑広葉樹と冷温帯・亜高山性の針葉樹・落葉広葉樹の混交林であった。尾根部は、土壌環境としては厳しい条件にあるが、多様性が高く、また次世代の更新においても現在と同様の林相を維持すると予想される。一方で土壌環境の制限が比較的緩やかな斜面下部では、次世代の更新で常緑広葉樹林に遷移すると考えられる。

隠岐諸島特有の、南方系の植物種と北方系の植物種が混交する森林は、尾根部のような土壌環境が厳しい条件下で維持されることが推測される。

III. 隠岐島後福浦岬および加茂の森林植生発達

1. 調査方法

本研究では、まず隠岐島後の海岸林の樹種構成及び森林構造を明らかにするため、比較的踏

査の容易であった御崎地区福浦岬（北緯 36 度 17 分，東経 133 度 10 分）において調査を実施した。当地は島後の西海岸に位置し，半島状に外洋に突き出している地形のため，季節風の強い影響を受ける厳しい環境下にある。また，松枯れが近年進行し，立ち枯れ木が散在している。西海岸との比較のため，季節風の影響が比較的小さい南海岸の加茂松島（北緯 36 度 10 分，東経 133 度 16 分）においても簡易な調査を実施した。

西海岸調査地は海岸に突き出た半島状の地形であり，海岸線から半島を貫く歩道に沿って長さ 440 m，幅 2 m，標高差 92 m のベルトランセクトを設けた。ランセクト内の木本種を記載するとともに，10–30 m の間隔で区切り 13 区間に分けてデータを整理した。ランセクトの区切り地点では高木層の樹高や草本植生高を測定した。

南海岸調査地である加茂松島は，加茂地区の入江にある小島で，面積約 2,500 m²，最高標高 16 m である。ここでは林内を踏査し木本種の記載と一部樹種の樹高測定を行った。

2. 結果と考察

西海岸では合計 54 種の本木が出現し，その内訳は常緑広葉樹 9 種，常緑針葉樹 2 種，落葉広葉樹 43 種であった（表 4）。海拔高が上がるにつれて樹冠高は高くなり（図 2），区間に出現する樹種数は増加した。樹種の増加は種組成のシフトをとめない，海岸から内陸部まで出現する樹種，海岸から離れた内陸部に出現する樹種にわけられた。

すべての区画に出現したのはトベラ（*Pittosporum tobira*）のみであり，ついでカシワ（*Quercus dentata*）が多く出現し，ともに樹冠構成種となった。クロマツ（*Pinus thunbergii*）は近年のマツ枯れで衰退し，半数の区画でクロマツはみられなかった，マツ枯れからの回復途

上であることと海からの風の影響で海拔高 92 m のランセクト終点においても最大樹高は 5 m 程度であった。

南海岸調査地は樹高 4–6 m で閉鎖林冠を形成していた。林冠構成樹種は 13 種であり，そのうち 3 種は次世代の幼木が不在であった（表 5）。南海岸調査地では合計 37 種の本木が出現し，その内訳は常緑広葉樹 19 種，常緑針葉樹 6 種，落葉広葉樹 12 種であった。西海岸調査地とは異なり枯死したマツ類は少なく樹冠が常緑針葉樹や常緑広葉樹によって閉鎖され落葉広葉樹が少なくなったと考えられる。

西海岸調査地と南海岸調査地とで出現樹種を比較すると，西海岸では落葉広葉樹の割合が高く（80 %），南海岸では常緑樹の割合が高い（68 %）。西海岸調査地と南海岸調査地に共通して出現する種は，常緑広葉樹 6 種，常緑針葉樹はクロマツ 1 種，落葉広葉樹で 7 種だった。特に，いずれの調査地も，山地に一般的で冷温帯性のナナカマド（*Sorbus commixta*）が混交している海岸林である点が興味深い。西海岸調査地も南海岸調査地も島根県の本土側海岸林にみら

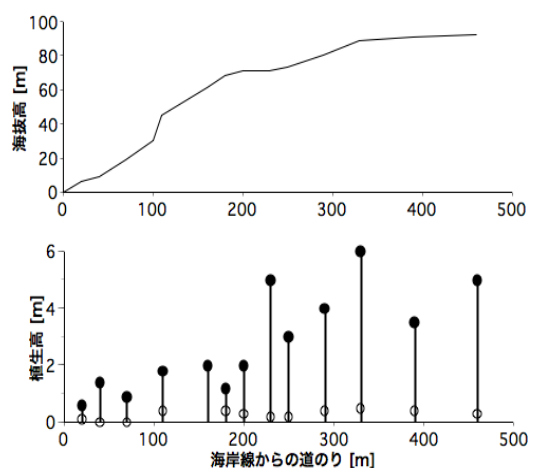


図 2 西海岸のベルトランセクトの海拔高（上）とランセクト区切り地点の高木層（●）および草本層（○）の植生高（下）

表 4 隠岐島後西海岸調査地に出現した木本性樹種

		調査区間の海拔高 (m)												
樹種	学名	6-9	9-19	19-30	30-45	45-61	61-68	68-71	71-71	71-73	73-80	80-89	89-91	92
ハイネズ	<i>Juniperus conferta</i>	●												
クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	●		●		●		●				●	●	●
トベラ	<i>Pittosporum tobira</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
テリハノイバラ	<i>Rosa luciae</i>		●			●	●				●		●	●
サルトリイバラ	<i>Smilax china</i>		●	●	●					●	●	●	●	●
アカメガシワ	<i>Maillotus japonicus</i>		●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
エビヅル	<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>lobata</i>		●	●	●	●	●	●		●	●	●		●
ナワシロイチゴ	<i>Rubus parvifolius</i>			●									●	
マルバグミ	<i>Elaeagnus macrophylla</i>			●										●
スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>			●	●	●								
ヒョウタンボク	<i>Lonicera morrowii</i>			●	●				●				●	●
ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i>			●			●	●		●	●	●	●	●
カシワ	<i>Quercus dentata</i>			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i>				●					●		●	●	
ツタウルシ	<i>Toxicodendron orientale</i>				●		●			●	●			
マユミ	<i>Euonymus hamiltonianus</i>				●		●					●	●	
ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>				●		●	●	●	●	●	●	●	●
エビガライチゴ	<i>Rubus phoenicolasius</i>					●								
クサイチゴ	<i>Rubus hirsutus</i>					●								
マルバアキグミ	<i>Elaeagnus umbellata</i> var. <i>rotundifolia</i>					●		●						
エノキ	<i>Celtis sinensis</i>					●				●	●	●	●	
スルデ	<i>Rhus javanica</i>					●	●	●	●				●	●
カスミザクラ	<i>Cerasus leveilleana</i>						●			●	●			
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>						●			●	●			
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>						●						●	●
ヤマグワ	<i>Morus australis</i>						●			●			●	●
イスビワ	<i>Ficus erecta</i>						●		●	●	●		●	●
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>						●	●		●	●	●		●
ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>						●	●		●	●	●	●	●
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>						●	●	●	●	●	●	●	●
サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>							●						
イワガサ	<i>Spiraea blumei</i>							●		●	●	●		

表 4 隠岐島後西海岸調査地に出現した木本性樹種 (つづき)

イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>							●		●	●	●	●	●
アキグミ	<i>Elaeagnus umbellata</i>								●					●
スダジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>								●					●
クズ	<i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i>								●	●			●	
ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>								●		●		●	
ムベ	<i>Stauntonia hexaphylla</i>									●				
ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum tenuifolium</i>									●				
カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>									●	●			●
タラノキ	<i>Aralia elata</i>									●	●		●	●
キツタ	<i>Hedera rhombea</i>										●			
ツノハシバミ	<i>Corylus sieboldiana</i>										●			
アオツツラフジ	<i>Cocculus trilobus</i>											●		
ハゼノキ	<i>Toxicodendron</i> <i>succedaneum</i>											●		
ハリギリ	<i>Kalopanax septemlobus</i>											●		
イヌザンショウ	<i>Fagara schinifolium</i>											●		●
ヤマザクラ	<i>Cerasus jamasakura</i>											●		●
カシワモドキ	<i>Quercus</i> x <i>anguste-</i> <i>lepidota</i>											●	●	●
アケビ	<i>Akebia quinata</i>												●	
オニヒヨウタンボ ク	<i>Lonicera vidalii</i>													●
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>													●
ナガバモミジイチ ゴ	<i>Rubus palmatus</i> var. <i>palmatus</i>													●
ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>													●
出現種数/区間		3	5	11	10	11	18	15	12	24	23	22	25	30

表5 南海岸調査地（加茂松島）に出現した林冠構成樹種

生活型	樹種	学名	後継幼木の有無
常緑針葉	アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	
	クロベ	<i>Thuja standishii</i>	
	クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	不在
	ネズミサシ	<i>Juniperus rigida</i>	
	モミ	<i>Abies firma</i>	不在
常緑広葉	カクレミノ	<i>Dendropanax trifidus</i>	
	スタジイ	<i>Castanopsis sieboldii</i>	
	ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	
	ヒメユズリハ	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	
	モッコク	<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	
	ヤブニツケイ	<i>Cinnamomum tenuifolium</i>	
落葉広葉	ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>	
	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	不在

れるハマビワ (*Litsea japonica*) やハマヒサカキ (*Eurya emarginata*) は出現しなかった。

IV. 隠岐島後の森林渓流水質

1. はじめに

降水が森林植生に降り注ぎ土壤に浸透して行く過程で水質に変化が生じるため、森林から流れ出す河川渓流水の水質は雨などの降水の水質と大きく異なる。従って、渓流水の水質は、森林が持つ生態系サービスのうち、水質調整機能を反映したものとなる。

本研究では、隠岐島後の全域にわたって森林渓流を調査し、島後の森林における水質調整機能についての状況を調査した。

2. 調査方法

隠岐島後の河川分布から、上流部に集落等の人為的な排出源がない源流部を採水地として選んだ。なるべく島後全体をカバーするように採水地を選定し、最終的に、全体で 70 箇所での採水を行った。

採水はポリプロピレン製容器で直接渓流より採水し、島根大学に持ち帰り、pH、電気伝導度 (EC)、陽イオン類 (Na, K, Mg, Ca) および陰イオン類 (Cl, NO₃, SO₄) の分析を行った。

pH、EC の分析はそれぞれガラス電極式 pH メーター (HORIBA, D-21) および導電率計 (HORIBA, ES-51) を用いて行った。陽イオンと陰イオンは、孔径 0.2 μm メンブランフィルターで濾過した後、イオンクロマトグラフィー (DIONEX, ICS-1600) を用いて分析した。

3. 結果と考察

表 6 に、各種分析項目の 70 渓流の平均値と最大・最小値を示す。また比較のため、木平ら (2006) によって報告された日本全国 1278 渓流の平均値も示した。

隠岐島後の渓流水は、全国の平均値に比べて高い EC を示した。イオン類の濃度で見ると、Na および Cl の濃度が極めて高く、それぞれ陽イオンと陰イオンのほとんどを占めている。隠岐島後の渓流水の EC が高いのは、高濃度の

表6 隠岐島後の森林河川の水質。EC の単位は (mS m⁻¹)、イオン類は (μmol L⁻¹)。全国平均値は木平ほか (2006) より引用。

	EC	pH	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
平均	12.48	6.53	601	53	92	88	546	24	76
Max	23.50	9.07	1322	146	281	438	1183	59	412
Min	6.69	5.15	349	14	37	22	261	0	34
全国平均	7.01	6.84	216	16.2	53.7	133	120	25.7	60.1

Na と Cl によるものであり、これは海塩が大きく影響していると考えられる。

地理的にみると、島後の北西部の河川において Na の濃度が $1000 \mu\text{mol L}^{-1}$ を超えるケースが多かった。これは特に冬季の北西季節風の影響が強い地域に海塩の影響が強く出ること示唆している。同様に、一部の地域で Mg, Ca, SO_4 などが高い河川が見られるが、これらも海塩の影響が主な要因とみることができる。

一部の河川でやや高い NO_3 濃度が観測された。河川への窒素流出は、沿岸域の富栄養化を引き起こし、水系の生物多様性や生産性にも悪影響を及ぼしうる。窒素はもともと植物や土壌微生物の生物的要求量の高い元素であり、通常、健全な森林からは河川への窒素の流出は少ないとされる。河川への NO_3 の流出は、窒素飽和現象などにより森林の水質調整機能が劣化した森林でよく見られる病兆として報告されている (Aber et al. 1998)。河川の集水域となる森林の状態とともに、森林河川の渓流水質は今後も注視する必要があるだろう。

V. まとめ

本研究では、隠岐島後の森林の生態系構造を解明することを目的とし、山地林および海岸林を選定し、樹種構成および森林構造の調査を行うとともに、土壌の特性や、森林河川水の水質を調査した。

山地林の調査 (II) を行った高尾暖地性瀾葉樹林は、暖温帯性樹種と冷温帯・亜高山性樹種が混交する森林であることが認識された。同地の土壌調査の結果はまた、尾根部のような土壌環境の厳しい条件下で特に高い多様性が維持されていることを示唆している。一方、土壌による制限がやや緩和されている斜面下部のような環境では、現在の温暖な気候に適した植生への遷移が進行していると考えられた。

海岸林の調査 (III) においては、季節風の影響が強い立地である西海岸において、落葉樹の混交割合が増加していることが確認できた。このこともまた、厳しい立地環境で高い多様性が維持されていることを示しているのかもしれない。ただし、近年の松枯れという攪乱が生じている立地であり、今後の遷移がどのようになるのか、さらに追跡するべきだろう。さらに、山地性の樹種が海岸林でどの様に維持されているのかは依然として明らかになっていない。

森林河川水質の調査 (IV) では、一部の河川で窒素の流出が起きており、森林の物質循環に関する機能が損なわれつつある可能性が示唆された。このことは、土壌の薄さや立地条件の厳しさと関係があるかもしれないが、窒素流出が起きている集水域となる森林の状況を確認する必要がある。

隠岐の独特な植生は、土壌や気象などの立地環境が厳しい条件下で維持されている可能性が考えられる。しかしそのことは一方で、生態系の基盤となる物質循環に関する生態系サービスはやや脆弱な環境ともいえる。隠岐の独特な植物相の遷移とともに、隠岐諸島における生態系サービスについても今後も注視する必要があるだろう。

引用文献

- Aber, J. D., McDowell, W., Nadelhoffer, K., Magill, A., Berntson, G., Kamakea, M., McNulty, S., Currie, W., Rustad, L. and Fernandez, I. 1998. Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems: hypotheses revisited. *BioScience* 48: 921-934.
- 木平英一・新藤純子・吉岡崇仁・戸田任重 2006. わが国の渓流水質の広域調査. *日本水文科学会誌* 36: 145-149.

Forest structure and ecosystem service of plant communities in Oki islands, western Japan

FUJIMAKI Reiji, KUBO Masako, YAMASHITA Tamon

Forest structure and streamwater chemistry were investigated at Oki-Dogo island, Shimane Prefecture, western Japan. High concentrations of Na and Cl were observed in forest streams around Dogo island, probably influenced by sea salt. In several forests, relatively high concentration of NO₃ was detected, suggesting the degradation of ecosystem service such as regulation of water quality.

Investigation of forest structure and soil at a ridge site in Takao broadleaf forest, mountainous area in Dogo island, revealed that species composition of crown trees is mixture of trees common in warm temperate forest such as *Quercus salicina* and *Castanopsis sieboldii*, and those common in cool temperate or subalpine forest such as *Q. crispata*, *Thuja standishii*. Shrubs were composed by plants common in warm temperate forest, such as *Eurja japonica* and *Neoltsea aciculata*. Soil was acidic and poor in exchangeable cations, indicating immature chemical properties.

We also Investigated the forest structure in coastal area. Forest development was poor in the western coast of Dogo island, due to dieback of Pine-wilt disease and strong wind from Japanese sea. Contrary, evergreen conifer and broadleaf forest were established in the southern coast.

Key words: mountainous forest, cool temperate trees, warm temperate trees, soil chemistry, coastal forest, stream water chemistry

伊豆諸島における大型土壤動物の特性解明と 外来種影響に関する調査

伊豆諸島土壤動物研究グループ
岸本年郎¹・初芝伸吾²

海洋島と考えられている伊豆諸島には、固有の分類群も知られているが、土壤動物相に関する知見は少ない。今回、伊豆諸島の大型土壤動物相の把握を目的に 9 島において現地調査を行い、4,000 頭を超すサンプルを採集した。ハネカクシ科甲虫においては、既存の知見と今回の調査を合わせて同諸島から 13 亜科 84 属 132 種がリストアップされた。このなかには伊豆諸島から初記録となる 10 種が含まれ、各島からの初記録は 66 例を数えた。最も本州に近く、面積も大きい大島の種数が少なく、面積は大きくなく、本土からの距離もある御蔵島の種数が多いことは、火山活動による噴火の影響等の有無が関連していると考えられる。興味深い成果として、アバタコバネハネカクシ属の一種 *Nazeris* sp. が御蔵島から発見され、海洋島からは初の本属の生息確認となった。今後は得られたサンプルを元に、ファウナ調査や系統地理学的な研究を進めると共に、外来種影響等の群集生態学的研究も課題である。

キーワード：甲虫、ハネカクシ科、南部フォッサマグナ、アバタコバネハネカクシ

1. はじめに

伊豆諸島にはサクユリ、ミクラミヤマクワガタ等の固有の分類群、伊豆半島と共通種のカガタカゲ、トカラ列島との共通種のアカコッコ等、興味深い生物たちが生息し、注目すべき生物相を形成しているが、小笠原諸島と比較すると、その自然や生態系に対する一般の関心は低いのが現状である。一般的に、地表や土壤中に生息する大型土壤動物は、移動能力に乏しく、種分化が生じやすいため、地域的な固有種が多く存在する。伊豆諸島からは固有種の大型土壤動物としてシノハラヒトフシムカデ *Monotarsobius shinoharai* やワラジムシ目のカタクラクキワラジムシ *Styloniscus katakurai*、ハチジョウハヤシワラジムシ *Lucasioides hachijoensis*、ハチジョウコシビロダンゴムシ

Spherillo hachijoensis、ハンテンコシビロダンゴムシ *S. punctatus* 等が知られているが (Takano 1979; Nunomura 1987; 2007)、調査は不十分であると考えられる。クモ類に関しては小野 (2001) の報告により、168 種がリストアップされているが、土壌性種についてはまだ追加種が期待される状況である。

近年の地質学的研究により、伊豆諸島は本土と接続のない海洋島であると考えられようになっている。フォッサマグナ南部においてフィリピン海プレートが相模トラフもしくは駿河トラフの下に沈み込んでいるが、フィリピン海プレートの北端に位置する伊豆・小笠原島弧は、海洋地殻より厚いため本州弧に沈みこむことなく、本州への衝突を繰り返していると考えられる。伊豆半島はこうしたプレートの動きに乗っ

1: 富士のくに地球環境史ミュージアム 2: 東京蜘蛛談話会
2019.3.14 受付 2019.4.5 公開

て、本州に衝突した陸塊であるとされる。(藤岡・平田 2014) そして、伊豆半島と伊豆諸島に生物地理学的な連関があることが、オカダトカゲ *Plesitodon latiscutatus* (Okamoto et al. 2006) やミスジマイマイ *Euhadra peliomphala* (Shimizu and Ueshima 2000; Hayashi and Chiba 2004; 林・千葉 2009) の事例で明らかになってきている。伊豆諸島及び伊豆半島はその成因が日本列島の他の場所とは異なったユニークな場所であるが、生物地理学的な検討はこれまで詳細にはなされてこなかった。そもそも海洋島には本土部とは異なる特徴的な生物群が存在することが多いものの伊豆諸島からは少数の固有種が知られていただけである。また、近年はヤンバルトサカヤスデやリュウキュウツヤハナムグリといった土壌性の外来生物も伊豆諸島に侵入しているが、これらの分布の現状や、生態系影響についての把握も必要である。

以上のような背景を踏まえ、生物地理学的な視点から、地域的な分化を引き起こしやすいと考えられるものの、これまでの知見が不十分であった大型土壌動物を対象に、各島の大型土壌動物相の解明と今後の分子系統・系統地理学的な解析のためのサンプル採集を兼ねた採集調査を実施した。また、外来種侵入の現状についての調査も実施した。

II. 調査地・調査方法

1. 調査地

伊豆諸島の主要島である大島、利島、新島、式根島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島及び青ヶ島の9島において現地調査を実施した。実施日程と調査箇所数は以下の通り。調査箇所については、GPS 端末により緯度・経度を記録した。調査場所については、狭い範囲で調査した場所もあれば、林道沿い等で比較的広範囲の場所も含む。

・大島

調査日程：2017 年 5 月 8 日 -12 日
2018 年 6 月 21 日 -22 日
2018 年 6 月 28 日 -29 日

調査箇所：11 地点

・利島

調査日程：2018 年 4 月 12 日 -14 日
2018 年 7 月 1 日 -2 日

調査箇所：7 地点

・新島

調査日程：2017 年 4 月 26 日 -28 日
2018 年 6 月 30 日 -7 月 1 日

調査地点：5 地点

・式根島

調査日程：2017 年 4 月 24 日 -26 日
2017 年 6 月 30 日 -7 月 1 日

調査地点：6 地点

・神津島

調査日程：2017 年 4 月 23 日 -24 日
2018 年 5 月 15 日 -19 日
2018 年 6 月 22 日 -23 日
2018 年 7 月 1 日 -2 日

調査地点：14 地点

・三宅島

調査日程：2017 年 3 月 14 日 -17 日
調査地点：10 地点

・御蔵島

調査日程：2018 年 4 月 20 日 -24 日
調査地点：10 地点

・八丈島

調査日程：2017 年 3 月 12 日 -14 日
2017 年 4 月 2 日 -3 日
2017 年 4 月 7 日 -8 日

調査地点：11 地点

・青ヶ島

調査日程：2017 年 4 月 3 日 -7 日
調査地点：9 地点

合計 9 島 72 地点

2. 調査方法

調査はハンドソーティング法による。約 5 mm ～ 7 mm のスリットの入った水切りかご(図 1) で、森林の落葉落枝層をふるい(図 2)、下のバットに落ちた大型土壤動物を吸虫管で捕獲した(図 3)。また、適宜林道脇等の側溝、朽木、石下等の環境からも採集を行った。調査対



図1 ハンドソーティング法での採集に使用した水切りかご



図2 ハンドソーティング法で落葉落枝層をふるう



図3 吸虫管を利用して土壤動物を捕獲する

象として捕獲した分類群は、昆虫綱 Insecta (甲虫目 Coleoptera, カメムシ目 Heteroptera), クモ目 Arachnida, ワラジムシ目 Isopoda, ヤスデ目 Diplopoda, ムカデ目 Chilopoda, ナガミズ目 Haplotaxida である。

甲虫目とカメムシ目については、主に酢酸エチルで殺虫し、乾燥標本として保存し、ナガミズ目は水洗の後、水に入れ、徐々にエタノールを注いで麻酔した後、半日程度 10 % ホルマリン液で固定し、5 % アルコールにて保存した。それ以外の分類群については約 80 % エタノールで固定・保存した。また、一部の分類群の個体については、無水エタノールで固定・保存し、分子系統解析用のサンプルとして保管した。また、外来種の現状を調査するために、ヤンバルトサカヤスデ、サツマゴキブリ、リュウキュウツヤハナムグリについて探索し、発見位置を GPS 端末で記録した。

神津島は神津島動植物の保護に関する条例、御蔵島は御蔵島村自然保護条例によって、島内での動植物の採取と島外への持ち出しが原則禁止されている。今回の調査については、神津島村及び御蔵島村に、それぞれ捕獲・持出しについての申請を行い、許可を受けたうえで調査を行った。

III. 結果と考察

現地調査の結果 4,000 個体を超える大型土壤動物が採集された。現在、これらについて整理・同定を進めているところである。ここでは同定分析の進んでいる甲虫目ハネカクシ科 Staphylinidae についての結果を報告する。

1. ハネカクシ科

ハネカクシ科は、世界で約 58,000 種、日本で約 2,400 種が知られる生物界最大の種数を誇る科である。地表、川辺、朽木中、海浜、潮間

帯, キノコ, 樹液, 動物遺体, 洞窟, 地中, 樹上, 花上, アリの巣, シロアリの巣等, 様々な生態的地位に進出している分類群であるが, もっとも種数が多く見られるのは森林の土壌である. これまでに伊豆諸島からのハネカクシ科の記録を集計したところ 122 種の記録が確認された (安立 1937; Watanabe 1961; 2015; 澤田・渡辺 1969; 渡辺・相馬 1972; 川畑 2009; 柴田ほか 2013; 亀澤・野村 2013; Nomura et al. 2013; 渡辺 2016)

今回の現地調査で追加された種を含め, 島ごとの分布状況の一覧表を作成した (表 1). 既知であったものは○を, 今回の調査で新しく発見された種については●で示した. また, 伊豆諸島からはじめての確認となる種には和名の右側に★を付した. 合計で 13 亜科 84 属 132 種がリストアップされた. 亜科別に見ると, ヨツメハネカクシ亜科 Omaliinae が 6 種, ハバビロハネカクシ亜科 Proteininae が 2 種, アリヅカムシ亜科 Pselaphinae が 18 種, シリホソハネカクシ亜科 Tachyporinae が 12 種, ヒゲブトハネカクシ亜科 Aleocharinae が 11 種, デオキノコムシ亜科 Scaphidinae が 4 種, ヒラタハネカクシ亜科 Piestinae が 2 種, ツツハネカクシ亜科が 5 種, セスジハネカクシ亜科 Oxytelinae が 11 種, メダカハネカクシ亜科 Steninae が 6 種, チビブトハネカクシ亜科 Euaesthetinae が 1 種, アリガタハネカクシ亜科 Paederinae が 25 種, ハネカクシ亜科 Staphylininae が 29 種であった. これ以外にも未同定種が若干残っている.

○伊豆諸島初記録種

下記の 10 種については, 今回の調査で伊豆諸島から初めて確認された.

ムネボソヨツメハネカクシ

Boreaphilus japonicus Sharp

大島・式根島・御蔵島から初確認された.

諸島外の分布: 本州, 隠岐, 四国, 九州; 韓国, 中国, 極東ロシア.

フタモンヒゲブトハネカクシ

Aleochara verna Say

大島から初確認された.

諸島外の分布: 北海道, 本州, 四国, 九州; 全北区.

キバネセミゾハネカクシ

Myrmecocephalus sapida (Sharp)

神津島から初確認された.

諸島外の分布: 本州, 佐渡島, 九州, 下甕島, 種子島, 屋久島, 奄美大島; 北朝鮮, 韓国, 東洋区.

オチバハネカクシ

Brachida clara Weise

利島・新島・式根島・御蔵島から初確認された.

諸島外の分布: 本州, 四国, 九州, 対馬, 五島列島, 屋久島, 種子島, トカラ列島, 沖縄島, 石垣島.

ムネトゲセスジハネカクシ

Anotylus shibatai (Ito)

利島から初確認された.

諸島外の分布: 本州, 四国, 九州

本種は奈良県吉野町妹山から記載された種で, 生息の確認されている場所は西日本の数か所が中心で, 関東地方からは千葉県富山からの記録 (岸本 1993) が 1 例あるのみである.

アバタコバネハネカクシ属の一種

Nazeris sp.

御蔵島から初確認された.

本種については後述する.

表1 伊豆諸島で確認されたハネカクシ科の一覧。(○は既知の記録, ●は今回新たに確認されたもの, 和名の★は伊豆諸島初記録)

学名	和名	大 島	利 島	新 島	式 根 島	三 宅 島	神 津 島	御 蔵 島	八 丈 島	青 ヶ 島
<i>Geodromicus hermani</i>	ハーマンミズギワヨツメハネカクシ							○		
<i>Boreaphilus japonicus</i>	ムネボソヨツメハネカクシ★	●			●			●		
<i>Eudectus rufulus</i>	シリプトヨツメハネカクシ							●	○	
<i>Eusphalerum kojimai</i>	コジマハナムグリヨツメハネカクシ							○		
<i>Eusphalerum mikurajimaense</i>	ミクラジマハナムグリヨツメハネカクシ							○		
<i>Nipponophloeostiba verrucifera</i>	チビヒラタヨツメハネカクシ							○	○	
<i>Megarthus japonicus</i>	ハバヒロハネカクシ	●	●			○			○	●
<i>Proteinus crassicornis</i>	チビハバヒロハネカクシ							●	○	
<i>Batriscenaulax longipes</i>	ナガスネアリヅカムシ	○								
<i>Batriscenellus fallax</i>	ヒメハラクボアリヅカムシ					○		○		
<i>Batriscenellus similis</i>	アナバラアリヅカムシ	○								
<i>Coryphomodes dionysius</i>	フタアナムネトゲアリヅカムシ					○				
<i>Tribasodes</i> ? sp.						○				
<i>Diartiger fossulatus izuinsulicola</i>	コヤマトヒゲフトアリヅカムシ			○		○	○	○		
<i>Diartiger toshioi</i>	ミクラヤマトヒゲフトアリヅカムシ							○		
<i>Nipponozethus</i> sp.										○
<i>Pseudoplectus</i> ? sp.										○
<i>Aphilia</i> sp.										○
<i>Trissemus alienus</i>	ナミエンマアリヅカムシ					○		○		
<i>Plagiophorus fujiiyamai</i>	フジヤマダルマアリヅカムシ	○				○			○	
<i>Morana elegans</i>	トウカイマメアリヅカムシ	○								
<i>Tychus dichotomus</i>	タイリクモリアリヅカムシ									
<i>Ctenisodes discendens</i>	ホソクシヒゲアリヅカムシ							○		
<i>Raphitreus brunneus</i>	ヒゲフトエクボアリヅカムシ	○								
<i>Saltisedes brunneus</i>	セダカアリヅカムシ	○				○				
<i>Lasinus</i> sp.		○								
<i>Cilea limbifera</i>	フタデンツヤヒメマルクビハネカクシ					○			○	
<i>Coproporus evanescens</i>	アカセマルチビマルクビハネカクシ								○	
<i>Coproporus scitulus</i>	クロチビマルクビハネカクシ					○		○	○	
<i>Sepedophilus armatus</i>	クロゲヒメキノコハネカクシ					○		○	○	
<i>Sepedophilus germanus</i>	ムクゲヒメキノコハネカクシ	○						○		
<i>Sepedophilus kobensis</i>	カタモンヒメキノコハネカクシ					○		○		
<i>Sepedophilus pumilus</i>	ハスモンヒメキノコハネカクシ							○	○	
<i>Sepedophilus tristiculus</i>	ツヤヒメキノコハネカクシ					○		○		
<i>Sepedophilus varicornis</i>	クロヒメキノコハネカクシ					○		○		
<i>Tachinus diminutus</i>	コクロマルクビハネカクシ							○		
<i>Tachinus mimus</i>	キベリマルクビハネカクシ							○		
<i>Tachyporus celatus</i>	クロズシリホソハネカクシ					○				
<i>Aleochara parens</i>	コクロヒゲフトハネカクシ	○	●		○	○		○	○	
<i>Aleochara verna</i>	フタモンヒゲフトハネカクシ★	●								
<i>Aleochara fucicola</i>	ツヤケシヒゲフトハネカクシ	●							○	
<i>Myemecocephalus japonicus</i>	ウスチャセミゾハネカクシ							○		
<i>Myrmecocephalus sapidus</i>	キバナセミゾハネカクシ★						●			
<i>Brachida clara</i>	オチバハネカクシ★		●	●	●			●		
<i>Holobus kashmirica benefica</i>	ヒメハダニカブリケシハネカクシ								○	
<i>Holobus yasumatsui</i>	ハダニカブリケシハネカクシ						○		○	
<i>Diaulota aokii</i>	アオキツツムネウミハネカクシ	○								
<i>Drusilla sparsa</i>	アカニセセミゾハネカクシ	●	●	●			●	○		
<i>Zyras optatus</i>	コモンクロアリノスハネカクシ				●		●	○		
<i>Scaphisoma conforme okinawense</i>	オキナワケシデオキノコハネカクシ									○
<i>Scaphisoma galloisi</i>	ガロアケシデオキノコムシ							○		
<i>Scaphisoma rufum</i>	アカケシデオキノコムシ							○		

表1 伊豆諸島で確認されたハネカクシ科の一覧。(○は既知の記録, ●は今回新たに確認されたもの, 和名の★は伊豆諸島初記録)(つづき)

学名	和名	大島	利島	新島	式根島	三宅島	神津島	御蔵島	八丈島	青ヶ島
<i>Scaphobaecera japonica</i>	トビイロホテイケンデオキノコムシ							○		
<i>Siagonium gracile</i>	ホソヒラタハネカクシ								○	
<i>Siagonium haroldi</i>	アカモンヒラタハネカクシ					○		○		
<i>Eleusis humilis</i>	ホソウスバツツハネカクシ							○		
<i>Osorius angustulus</i>	フトツツハネカクシ	●		●				○		
<i>Ororius taurus</i>	ツノフトツツハネカクシ		●		●	○		○		
<i>Nacaeus longulus</i>	ナガモリツツハネカクシ					○		○	○	
<i>Thoracophorus certatus</i>	ヤマトホソツツハネカクシ							○	○	
<i>Anotylus cognatus</i>	セスジハネカクシ								○	
<i>Anotylus crassicornis</i>	ヒゲフトセスジハネカクシ								○	
<i>Anotylus funebris</i>	イブシセスジハネカクシ								○	
<i>Anotylus japonicus</i>	ヒラタセスジハネカクシ							○		
<i>Anotylus laticornis</i>	ヒメクロセスジハネカクシ							○	○	
<i>Anotylus lewisius</i>	ルイスツヤセスジハネカクシ	●	●	●	●	○		○	○	
<i>Anotylus mimulus</i>	シワバネセスジハネカクシ								○	
<i>Anotylus shibatai</i>	ムネトゲセスジハネカクシ★		●							
<i>Oxytelus incisus</i>	アカセスジハネカクシ								○	
<i>Oxytelus piceus</i>	キバネセスジハネカクシ	○				○		○	○	
<i>Platystethus operosus</i>	クロヒメカワベハネカクシ					○			○	
<i>Stenus alienus</i>	ホソフタホシメダカハネカクシ	○								
<i>Stenus macies</i>	ドウボソナガメダカハネカクシ					○		○	○	
<i>Stenus japonicus</i>	ヒメメダカハネカクシ								○	
<i>Stenus flavidulus flavidulus</i>	ズグロメダカハネカクシ								○	
<i>Stenus rugipennis</i>	キアシホソメダカハネカクシ							○	○	●
<i>Stenus gestroi</i>	オオメダカハネカクシ								○	●
<i>Stenaelthethus sunioides</i>	ニセメダカハネカクシ								○	
<i>Astenus maculipennis</i>	フタホシシリグロハネカクシ					○			○	
<i>Astenus suffusus</i>	オオシリグロハネカクシ					○	●		○	●
<i>Astenus brevipes</i>	ヒメシリグロハネカクシ					○		○	○	
<i>Astenus chroroticus</i>	ヤマトシリグロハネカクシ		●		●		●		○	
<i>Astenus latifrons</i>	キアシハラグロハネカクシ									○
<i>Nazeris</i> sp.	アバタコバネハネカクシ属の一種★							●		
<i>Homaeotarsus japonicus</i>	ヤマトナガエハネカクシ		●					○		
<i>Echiaster unicolor</i>	ホソクビサビハネカクシ							○		
<i>Domene curtipennis</i>	コマルズハネカクシ	○	●	●		○	●			
<i>Lobrathium partinum</i>	サキアカバツツナガハネカクシ								○	
<i>Hypomedon debilicornis</i>	ヒメトガリハネカクシ					○	●		○	
<i>Isocheilus staphylinoides</i>	ニセトガリハネカクシ	●				○			○	
<i>Lithocharis nigriceps</i>	クロズトガリハネカクシ					○		○		●
<i>Medon prolixus</i>	ウミベトガリハネカクシ	●				○			○	
<i>Paederus fuscipes</i>	アオバアリガタハネカクシ					○			○	
<i>Scopaeus virilis</i>	チビヒメクビボソハネカクシ	●				○		○	○	
<i>Rugilus ceylanensis</i>	キバネクビボソハネカクシ					○			○	
<i>Rugilus rufescens</i>	クビボソハネカクシ	○				○		○	○	
<i>Rugilus japonicus</i>	ツマクビボソハネカクシ					○	●	○	○	
<i>Sunesta setigera</i>	タチゲクビボソハネカクシ					○	●	○	○	
<i>Pinophilus lewisius</i>	ルイスクビフトハネカクシ				●	○		○	○	
<i>Pinophilus rufipennis</i>	アカバクビフトハネカクシ								○	
<i>Oedichirus lewisius</i>	クロバネアリガタハネカクシ	○					●	○	○	
<i>Palaminus japonicus</i>	アラハダドウナガハネカクシ					○			○	
<i>Procirrus lewisii</i>	クビナガハネカクシ	○					●			
<i>Diochus japonicus</i>	コガシラホソハネカクシ★	●						●		

表1 伊豆諸島で確認されたハネカクシ科の一覧。(○は既知の記録, ●は今回新たに確認されたもの, 和名の★は伊豆諸島初記録)(つづき)

学名	和名	大島	利島	新島	式根島	三宅島	神津島	御蔵島	八丈島	青ヶ島
<i>Heterothops cognatus</i>	ホソチビツヤムネハネカクシ		●			○	●	○	○	
<i>Heterothops rotundiceps</i>	オオメチビツヤムネハネカクシ★		●	●				●		
<i>Bisnius germanus</i>	チャイロニセコガシラハネカクシ					○		○	○	
<i>Cafius algarum</i>	ヒメアバタウミベハネカクシ	●				○	●	○	○	
<i>Cafius histrio</i>	ホソアバタウミベハネカクシ	●				○	●	○	○	
<i>Gabronthus sulcifrons</i>	タデミゾチビコガシラハネカクシ					○			○	
<i>Neobisnius inornatus</i>	スソアカヒメホソハネカクシ								○	
<i>Neobisnius pumilus</i>	アカバヒメホソハネカクシ								○	
<i>Philonthus aeneipennis</i>	ドウガネコガシラハネカクシ					○				
<i>Philonthus amicus</i>	ズホンヒゲナガコガシラハネカクシ			○					○	
<i>Philonthus discoideus</i>	チビカクコガシラハネカクシ									
<i>Philonthus lewisius</i>	オオドウガネコガシラハネカクシ			○					○	
<i>Philonthus macrocephalus</i>	アカヒラタコガシラハネカクシ							○		
<i>Philonthus nudus</i>	ツヤウミベコガシラハネカクシ								○	
<i>Philonthus rectangulus</i>	カクコガシラハネカクシ	○							○	
<i>Philonthus spinipes</i>	オオアカバコガシラハネカクシ	○								
<i>Philonthus sublucanus</i>	キヌコガシラハネカクシ					○				
<i>Philonthus tardus</i>	ヘリアカバコガシラハネカクシ					○		○	○	
<i>Philonthus wuesthoffi</i>	ニセヒゲナガコガシラハネカクシ								○	
<i>Phucobius simulator</i>	アカバウミベハネカクシ								○	
<i>Quedius simulans</i>	ナミツヤムネハネカクシ					○		○		
<i>Aulacocypus parvulus</i>	チビドウガネツツガタハネカクシ★	●								
<i>Creophilus maxillosus</i>	オオハネカクシ							○	○	
<i>Algon graphicollis</i>	ムネビロハネカクシ★		●	●						
<i>Megalinus japonicus</i>	オオキバネナガハネカクシ									
<i>Megalinus suffusus</i>	キバネナガハネカクシ	○				○		○		
<i>Liotesba punctiventris</i>	アカバツヤクビナガハネカクシ							○		
<i>Xanthophius angustus</i>	ズグロヒメナガハネカクシ								○	
既知種数		19	0	3	1	50	1	57	69	2
新規確認種数		14	13	7	7	0	14	6	0	5
総種数		33	13	10	8	50	15	63	69	7

コガシラホソハネカクシ

Diochus japonicus Cameron

大島から初確認された。

諸島外の分布：本州，隠岐，四国，九州，対馬，奄美大島；韓国，中国。

チビドウガネツツガタハネカクシ

Aulacocypus parvulus Sharp

大島から初確認された。

諸島外の分布：本州；韓国，中国。

オオメチビツヤムネハネカクシ

Heterothops rotundiceps Sharp

利島・式根島・御蔵島から初確認された。

諸島外の分布：本州，屋久島；韓国

ムネビロハネカクシ

Algon grandicollis Sharp

利島及び新島から初確認された。

諸島外の分布：北海道，本州，淡路島，隠岐，四国，小豆島，九州，対馬，屋久島；韓国，北朝鮮，中国。

○ 島ごとの確認種

大島：既知種が 19 種，ハバビロハネカクシ *Megarthrurus japonicus*，フトツツハネカクシ *Osorius angustulus* 等 14 種が新たに追加され，計 33 種が確認された。

利島：同島ではこれまでに本科の記録は見いだせなかった。ヤマトシリグロハネカクシ *Astenus chroloticus*，ホソチビツヤムネハネカクシ *Heterothops cognatus* 等 13 種が確認され，これらはすべて同島からの初記録となる。

新島：既知種が 3 種，ルイスツヤセスジハネカクシ *Anotylus lewisius*，コマルズハネカクシ *Domene curtippennis* 等 7 種が新たに追加され，計 10 種が確認された。

式根島：既知種が 1 種，ツノフトツツハネカクシ *Osorius taurus*，ルイスクビブトハネカクシ *Pinophilus lewisius* 等 7 種が新たに追加され，計 8 種が確認された。

三宅島：既知種が 50 種で，今回の調査では新たに追加された種は認められなかった。

神津島：既知種が 1 種，クロバネアリガタハネカクシ *Oedechirus lewisius*，クビナガハネカクシ *Procirrus lewisii* 等 14 種の追加があり，計 15 種が確認された。

御蔵島：既知種が 57 種，シリブトヨツメハネカクシ *Eudectus rufulus*，オチバハネカクシ *Brachida clara* 等 6 種の追加があり，計 63 種が確認された。

八丈島：既知種が 50 種で，今回の調査では新たに追加された種は認められなかった。

青ヶ島：既知種が 2 種で，キアシホソメダカハネカクシ *Stenus rugipennis*，クロズトガリハネカクシ *Lithocharis nigriceps* 等 5 種が新たに追加され，計 7 種が確認された。

以上の合計で，島からの初確認となった記録は 66 例となった。

島ごとに確認種数が多い順に並べると，八丈

島 (70 種)，御蔵島 (63 種)，三宅島 (50 種)，大島 (33 種)，神津島 (15 種)，利島 (13 種)，新島 (10 種)，式根島 (10 種)，青ヶ島 (7 種) となっている。

各島の東京都心からの距離では大島 (120 km)，利島 (約 130 km)，新島 (約 150 km) 式根島 (約 160 km)，神津島 (約 170 km)，三宅島 (約 180 km)，御蔵島 (約 200 km) 八丈島 (約 290 km)，青ヶ島 (約 360 km) の順に遠く，面積では広い順に大島 (91.1 km²)，八丈島 (69.1 km²)，三宅島 (55.4 km²)，新島 (23.2 km²)，御蔵島 (20.6 km²)，神津島 (18.5 km²)，青ヶ島 (6.0 km²)，利島 (4.1 km²)，式根島 (3.9 km²) となっている。面積と種数の散布図を作成した (図 4)。本州からの距離も近く面積も大きい大島の種数が八丈島，御蔵島，三宅島よりもかなり少ない点が注目される。ハチ目有剣類 (深澤・宮野 2010) やアリ (Terayama 1983; 寺山・久保田 2002) では大島の種数が最も多いことが知られており，ハネカクシ類の分布パターンは，「島に生息する生物の種数は，種の供給源である大陸からの距離と島の面積による」という島の生物地理学の基本的な原則と一致していない。このことについては，未だ調査不足という側面も多少はあるかもしれないが，活発な火山活動により度々噴火の影響を受けていることで，大島

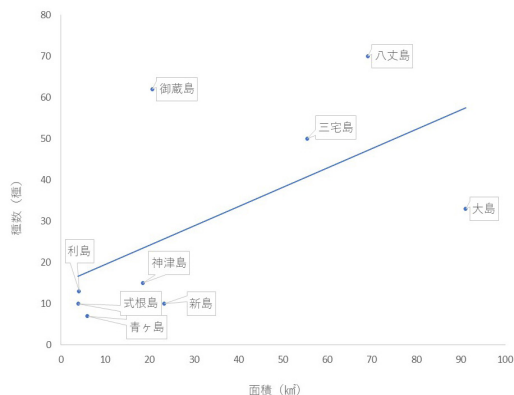


図 4 伊豆諸島各島の面積とハネカクシ種数の散布図

の種のいくつかが絶滅していることが関連しているのかもしれない。一方で、御蔵島は島の面積が 20.6 km² と小さいにも関わらず、全体で 2 番目に種数が多い。このことは、御蔵島が有史以来噴火の記録がない島で、全島が発達した照葉樹林に覆われていることが大きく関連していると考えられる。八丈島と三宅島の種数の多さは面積の大きさが、利島と式根島の種数の少なさは面積の狭さが影響しているものであろう。面積が狭く最も遠い青ヶ島の確認種数が最も少ないのは、ハチ目有剣類と同様である。

○アバタコバネハネカクシ属の一種について

今回の調査で最も驚くべき成果はアバタコバネハネカクシ属の一種 *Nazeris* sp. (図 5) の発見である。本属の種は後翅が退化しており、日本からはこれまでに 25 種 (1 種は不明種) が知られていた。また、森林性であり、日本列島内で異所的種分化を引き起こし、種が多様化している群である。世界では旧北区とその周辺の東洋区に百数十種が知られているが、これまで海洋島からは本種は知られていなかった。今回、御蔵島で発見された種は *N. optatus* 種群に属するもので、オス交尾器を含む形態は伊豆半島のアマギアバタコバネハネカクシ *N. watanabei* に酷似している。分類学的に同種であるか否かに

ついては更なる検討が必要であるが、アマギアバタコバネハネカクシと系統的に近縁なことは間違いないと考えられる。御蔵島は伊豆諸島のなかでは、ハネカクシ相が比較的良く調べられている島であったが、これまでに見つからなかったのは、本種の生息場所が特殊なことが挙げられよう。本種の生息が確認されたのは、高標高地のササ草原に限られている。御蔵島の低標高地には発達した森林が広がっており、通常ハネカクシをはじめとする土壤動物はそうした環境に豊富であるため、これまでの調査は成熟した森林で行われることが多かったと考えられる。今回、本種の生息が確認されたのは、標高 500 m 程度から雄山山頂部 (約 850 m) に至るまでのササ草原のみであった (図 6)。本土に生息する本属も通常は発達した森林にのみ見いだされることが多く、ササ草原で見られることはほとんどない。高標高地に本種の出現が限られるのは、気候との関連で、本土では低地にも見られる本属の種が低緯度になるほど、生息できる高度が上がるのかもしれない。いずれにせよ、今回の発見は本属の海洋島におけるはじめての発見であり、後翅が退化して飛べない土壌性の小さな昆虫が伊豆諸島のなかで御蔵島の高標高地にのみ分布することは、生物地理学的に極めて興味深く、今後、分類学的研究及び分子



図 5 御蔵島で見いだされたアバタコバネハネカクシ属の一種 *Nazeris* sp.



図 6 アバタコバネハネカクシ属の一種の生息地 (御蔵島雄山山頂付近)

系統地理学的研究を進め、その起源に迫りたいと考えている。

2. その他分類群の今後の研究の展望

ハネカクシ科甲虫以外の分類群については、現在、整理・分析を進めているところであるが、クモ類ではイトグモ *Loxosceles rufescens* を八丈島から伊豆諸島初記録として確認する等、諸島初・各島初となる種がいくつも発見されており、また諸島固有種の可能性の高い未記載種らしきものも得られている。また、ワラジムシ目でも固有らしい未記載種の存在や島初記録のものが発見されている。ダンゴムシ類では予備的行った分子系統解析で、島間の分化が進んでいるものも見つかっており、今回得られたサンプルを元に分子系統地理学的解析も進めて行く予定である。また、ハネカクシ以外の甲虫類、カメムシ類、ムカデ類、ヤスデ類、ミミズ類についても同定を進め、faunaに関する報告を順次報告していく予定である。

3. 外来種の侵入状況

ヤンバルトサカヤスデ *Chamberlinius hualienensis* は既知であった八丈島では、山中まで広く侵入していることが明らかになり、また、青ヶ島にも侵入していることが判明した。それ以外の島では侵入は確認されなかった。

サツマゴキブリ *Opisthopteria orientalis* は既知であった三宅島、八丈島、青ヶ島の他に、御蔵島と神津島に侵入していることが確認された。神津島においては集落周辺で1個体が確認されたのみで、未だ侵入から時間が経っていない可能性があり、今後の拡大に注意が必要である。

リュウキュウツヤハナムグリ *Protaetia pryori* は、既知の神津島、八丈島、青ヶ島で確認された。発生地の特徴を把握すべく幼虫の確認にも努めたが、八丈島と青ヶ島で少数の幼虫を認めたのみで、発生地の特定には至っていない。記

録のない島での確認はなかったが、本種の成虫が出現する時期と、今回の調査が時期的にはほとんど重なっていなかったため、本種の生息状況の把握のためには、別途の調査が必要と考えられた。

以上、未だ多くの標本・データは整理・分析途中であるが、ハネカクシ科甲虫においては、これまでに未発見の分類群の発見を含め多くの成果が得られた。今回の現地調査により、伊豆諸島の大型土壌動物相に関する基礎的な標本・資料が得られたと考えている。今後はそれぞれの分類群における島ごとの分布状況等を整理・公表するとともに、分子系統地理学的な解析も進めて行く予定である。また、新たな外来種の侵入や既侵入の外来種の拡大については今後も注意深く調査を進める必要があるだろう。また、今回は検討対象としていないが、外来種影響を含めた群集構造の把握といった生態学的な調査・研究も今後の課題である。

謝辞

本調査を行うにあたり、現地調査及び各種分類群の情報、採集法やその保存方法の教示を頂く等、以下の方々にはたいへんお世話になった。この場を借りて厚くお礼申しあげる。伊藤雅道（駿河台大学）、唐沢重考（鳥取大学地域学部）、村瀬真史（鳥取大学地域学部）、仲條竜太（アジア航測株式会社）、直海俊一郎（千葉県千葉市）、小木万布（御蔵島観光協会）、坂倉理一郎（日本甲虫学会）。

引用文献

- 安立綱光 1937. 伊豆大島のハネカクシ相. 日本の甲虫, 1: 52-60.
藤岡換太郎・平田大二 2014. 「日本海の拡大と伊豆孤の衝突—神奈川の大地の生い立ち」有隣堂.
深澤 悟・宮野伸也 2010. 東京都伊豆諸島のハチ目有

- 剣類. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 11: 11-28.
- Hayashi, M. and Chiba, S. 2004. Enhanced colour polymorphism in island populations of the land snail *Euhadra peliomphala*. Biological Journal of the Linnean Society 81: 417-425.
- 林 守人・千葉 聡 2009. 伊豆諸島および伊豆半島におけるシモダマイマイの生態的・遺伝的変異. 日本生態学会関東地区会報 58: 38-43.
- 亀澤 洋・野村周平 2013. 伊豆大島からのアリガタハネカクシ亜科 Pinophilini 族 2 種の記録. さやばね (New Series) 10: 25-26.
- 川畑喜照 2009. 伊豆諸島八丈島の甲虫 III. 神奈川虫報 165: 17-23.
- 岸本年郎 1993. ムネトゲセスジハネカクシ房総からの記録. 甲虫ニュース 104: 6.
- Nomura, S. Kamezawa, H. and Arai, S. 2013. A review of pselaphine beetles (Coleoptera, Staphylinidae) from the Izu-shoto Islands, Tokyo, Japan. Elytra, New Series 3: 31-43.
- Nunomura, N. 1987. Studies on the terrestrial isopod crustaceans in Japan, IV. Taxonomy of the Trachelipidae and Porcellionidae. Bulletin of the Toyama Science Museum 11: 1-76.
- Nunomura, N. 2007. Terrestrial isopod crustaceans from Hachijo Island, Izu Islands, middle Japan. Bulletin of the Toyama Science Museum 30: 17-36.
- Okamoto, T., Motokawa, J., Toda, M. and Hikida, T. 2006. Parapatric distribution of the lizards *Plestiodon* (formerly *Eumeces*) *latiscutatus* and *P. japonicus* (Reptilia: Scincidae) around the Izu Peninsula, central Japan, and its biogeographic implications. Zoological Science 23: 419-426.
- 小野展嗣 2001. 伊豆諸島のクモ類. 国立科博専報 37: 261-277.
- 澤田玄正・渡辺泰明 1969. 御蔵島の昆虫相. 東京農業大学農学集報 14: 1-48.
- 柴田泰利・丸山宗利・保科英人・岸本年郎・直海俊一郎・野村周平・Volker Puthz・島田 孝・渡辺泰明・山本修平 2013. 日本産ハネカクシ科総目録 (昆虫綱: 甲虫目). 九州大学総合研究博物館研究報告 11: 69-218.
- Shimizu, Y. and Ueshima, R. 2000. Historical biogeography and interspecific mtDNA introgression in *Euhadra peliomphala* (the Japanese land snail). Heredity 85: 84-96.
- Takano, M. 1979. Taxonomical studies on the Japanese myriapoda. I. A new species of the genus *Monotarsobius* (Chilopoda: Lithobiidae) from Miyake-jima Island. Edaphologia 19: 35-39.
- Terayama, M. 1983. Biogeographic study on the ant fauna of the Izu and the Ogasawara Islands. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 38: 93-103.
- 寺山 守・久保田 敏 2002. 東京都のアリ. 蟻 26: 1-32.
- Watanabe, Y. 1961. The staphylinid-fauna of the middle and southern Izu Island. Journal of Agriculture Science, Tokyo University of Agriculture 6: 348-356.
- Watanabe, Y. 2015. Two new species of *Eusphalerum* (Coleoptera, Staphylinidae) from Mikura-jima Island of the Izu Islands off central Honshu, Japan. Elytra, New Series 5(1): 17-22.
- 渡辺泰明 2016. 伊豆御蔵島のハネカクシ相. Mikurensis 5: 3-14.
- 渡辺泰明・相馬州彦 1972. 三宅島の昆虫相. 東京農業大学農学集報 17: 1-58.

Survey of the soil macrofauna and effects of alien species in the Izu Islands

KISHIMOTO Toshio and HATSUSHIBA, Shingo

In the Izu Islands, which are considered to be oceanic islands, endemic species are also known, but there is little knowledge about soil fauna. A field survey was conducted on 9 islands for the purpose of understanding the soil megafauna of the Islands, and over 4,000 samples were collected. As a result, in the staphylinid beetles, 13 subfamily and 84 genera and 132 species were listed from the islands, combining former studies and this project. Among these, 10 species which are the first records from Izu Islands are included, and the first records from each island count 66 cases. There are few species in Oshima Island close to Honshu and large in area and many species in Mikura-jima Island. As a noteworthy result, *Nazeris* sp. found from Mikura-jima Island was the first discovery of this genus from oceanic Island. From now on, we plan to advance the faunal study of the islands and phylogeographical research. Ecological research such as the effects of alien species is also an important issue in the future.

Key words: Coleoptera, Staphylinidae, South part of Fossa Magna, *Nazeris*

沖縄諸島のトカゲモドキ個体群の健全性評価

島の爬虫両生類保全研究チーム
栗田隆気¹・戸田 守²・前之園唯史³

琉球列島の中部の 11 島嶼に分布するトカゲモドキは島嶼個体群間で遺伝的、形態的に分化しており、2 種 5 亜種に分類されている。このことから種・亜種、もしくは島嶼個体群それぞれを独立した保全単位として扱うべきだと考えられる。しかし、本地域の主要島である沖縄島以外の島に分布する個体群では生息状況に関する知見が著しく不足しており、保全上どの個体群で優先度が高いのか明らかでない。そこで本研究では、生息密度、遺伝的多様性、年齢構成の三面から個体群の生息状況を推定し、絶滅のリスクが高い個体群を特定しようと試みた。その結果、伊平屋島、阿嘉島、渡名喜島で生息密度が低く、また、遺伝的多様性も低いことが明らかになった。年齢構成は、検討できた島では大きな違いは見られなかった。以上のことから、伊平屋島のイヘヤトカゲモドキ、阿嘉島のケラマトカゲモドキ、渡嘉敷島のマダラトカゲモドキで保全上の優先度が高いと考えられた。

キーワード：琉球列島、ゲノムワイド・ジェノタイプング、一塩基多型、遺伝的多様性、骨年輪法

1. プロジェクトの背景と概要

1. トカゲモドキ類について

トカゲモドキは有鱗目（トカゲ・ヘビの仲間）ヤモリ下目トカゲモドキ科のヤモリ類の総称で、主に北半球の低緯度地域から 6 属 38 種が知られている（栗田 2018）。トカゲモドキ科は他のヤモリ下目から、瞼を有し眼を閉じることができる、指の腹側に指下薄板（微細な毛が集合した構造でヤモリが垂直面に張り付くのに用いる）を持たない、卵の殻は石灰化せず羊皮紙質である等の特徴で区別される（Kluge 1987）。

トカゲモドキ科 6 属のうち、東アジア地域にはトカゲモドキ属 *Goniurosaurus* が分布している。本属は中国南部からベトナム北部およびその近隣の離島に 13 種、日本の琉球列島中部（以下、

中琉球）に 2 種 5 亜種が生息しているが、中間地域である八重山諸島や台湾からは知られていない。これは、過去には広い範囲に連続的に本属が分布していたが、その後地域絶滅が進行した結果、遠く離れた地域に残されたかのように分布するに至ったと解釈されている。このような分布様式を示し、なおかつそれぞれの地域で固有化している状態を『遺存固有』と言い、遺存固有種は日本と中国大陆の生物相が古い時代から強い関連性を以て成立してきたことを示している。

日本産トカゲモドキ類は沖縄島およびその周辺離島の 10 島と徳之島に分布している。これらの島嶼個体群は遺伝的、形態的に他の個体群から分化していることが知られており（Honda

1: 千葉県立中央博物館 2: 琉球大学熱帯生物圏研究センター 3: 株式会社かんきょう社
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

et al. 2014), 上述のように沖縄島および周辺離島に分布するクロイワトカゲモドキ *G. kuroiwae* と徳之島に分布するオビトカゲモドキ *G. splendens* の2種に分類されている。また、前者はクロイワトカゲモドキ *G. k. kuroiwae* (沖縄島, 屋我地島, 瀬底島, 伊江島, 古宇利島), イヘヤトカゲモドキ *G. k. toyamai* (伊平屋島), ケラマトカゲモドキ *G. k. sengokui* (渡嘉敷島, 阿嘉島), マダラトカゲモドキ *G. k. orientalis* (渡名喜島), クメトカゲモドキ *G. k. yamashinae* (久米島) の5亜種に分類されており (Honda and Ota 2017), 琉球列島に分布する爬虫両生類でこれほど多数の種・亜種が認められる例は他に知られていない (図1)。これらは, もともと一つの陸塊であった中琉球地域が多数の島嶼に分離したことに伴って, 日本産トカゲモドキ類の共通祖先の間に交流がなくなり, 変異が蓄積した結果, いくつかの個体群は種として識別できるほど他から分化したことによる。このように一種が多数の種にわかれ, 異なる地域において固有化した状態を『新固有』と言い, 中琉球が生物の種分化の舞台としての役割を担ってきたことを示すものである。

トカゲモドキはこのように遺存固有と新固有両方の状態を示すグループとして非常に特徴的であり (Ota 1998), 琉球列島, さらには東アジア地域の生物相の形成過程を明らかにするうえで高い学術的価値を有している。

2. 日本産トカゲモドキ類が直面する脅威と科学的知見の蓄積状況

1で述べた学術的貴重性から, クロイワトカゲモドキは1978年に沖縄県の天然記念物に, オビトカゲモドキは2003年に鹿児島県の天然記念物に指定され, 捕獲等を含む無許可での現状変更が禁止された。しかし, トカゲモドキ類は現在まで減少の一途をたどっていると考えられており, 開発行為等による生息地の消失・劣化, ノネコ, イタチ, マングースなどの外来種による捕食, 違法捕獲などの要因が疑われている (環境省 2014)。そのため, 環境省レッドリスト 2018 では3亜種が絶滅危惧種 IA 類, 2種・亜種が IB 類, 1亜種が II 類として選定された。さらに, すべての種が「絶滅のおそれのある野生動植物種の保存に関する法律」における国内希少野生動植物種または緊急指定種に指定されたことで, 捕獲, 譲渡, 飼養などが強く制限さ

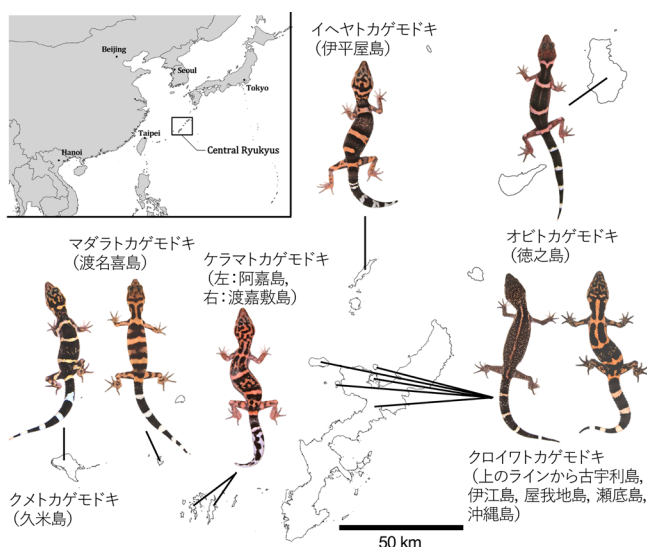


図1 日本産トカゲモドキ類の分布および分類体系

れ、これらの種の保全に向けた枠組みが作られ始めている。

種の保全の次の段階として、トカゲモドキの11島嶼個体群について保全上の優先度を設定し、予算や人員を適切に振り分けることが必要となる。保全上の優先度は生活史や生態などといった個体群の特性を島嶼個体群間で比較して設定されることが望ましい。日本産トカゲモドキ類については、これまで専ら沖縄島に分布するクロイワトカゲモドキで知見の蓄積が進められてきた。これらには、一年を通した活動性、日周活動、活動温度、繁殖期、幼体の加入時期、一年の産卵回数、産卵環境、寿命、年齢構成、個体成長、採餌戦略、餌動物、捕食者など、本種の基礎生態であったり個体群の生息状況を把握したりするために非常に重要となる知見が含まれている (Tanaka and Nishihira 1987, 1989; Kurita and Toda 2013; Kurita et al. 2013; Werner et al. 2005, 2006)。

一方、沖縄島の周辺の小島嶼に分布する種・亜種や個体群については、一部で採餌戦略や繁殖生態について断片的に情報があるのみで (たとえば Werner et al. 2004)、その他の生態については「おそらくクロイワトカゲモドキと類似した特性を持っているだろう」と推測されているに過ぎない。これは、沖縄島と比べて周辺離島では調査における時間的、金銭的、人的な負担がより大きく、継続的な調査やモニタリングが実施されにくいこと、個体群によっては生息密度が低いためか学術研究として十分な厚みのあるデータを採るのが難しいことなどが大きな理由だと考えられる。しかし、個体群の保全上の優先度を設定するには周辺離島の個体群の生態的特性に関するあらゆる科学的知見の集積、それが困難であれば、少なくとも個体群の生息状況を推測できるだけのデータを得ることが強く望まれる。

3. 本プロジェクトの目的とその達成に向けた戦略

そこで本プロジェクトでは、(1) 沖縄諸島の小島嶼に分布するトカゲモドキ個体群の生息状況を明らかにすること、そしてその知見に基づき (2) 保全上優先度の高い個体群を特定することの2点を主目的として位置づけた。

生息状況の調査には、ラインセンサスや罟などの発見・捕獲記録から単位努力量あたり捕獲効率を求め生息地点数や個体密度を推定する方法、糞などの痕跡の密度から個体密度を推定する方法、標識再捕法によって個体群サイズを推定する方法などが一般的である。しかし、これらはトカゲモドキ類の生態では適用できなかったり、2で述べた時間的、人的、予算的な問題を解決するものではないというハードルがある。

それに対して、本プロジェクトでは、一般的に個体群サイズと遺伝的多様性に正の関係が見られることを踏まえて (Frankham 1996)、遺伝的多様性を個体群の生息状況の良好さを表す指標として利用し、それを島嶼個体群間で比較することで、保全上の優先度の高い個体群を特定できるだろうと考えた。すなわち、遺伝的多様性が高く保たれている個体群は個体群サイズが大きい傾向にあるため、生息状況もよいだろうと仮定し、逆に遺伝的多様性が低い個体群は個体群サイズが小さく、生息基盤が脆弱で、保全上の重要性が高いと判断して、優先度を設定しようと試みた。

比較的多くの個体が見られ、プロジェクト期間中に十分な数の試料が収集できる見込みのある個体群では、個体群の生息状況が良好に保たれているかどうかの指標として寿命や年齢構成が利用できる。そこで、個体群間でこれらに差があるかどうかを検討して、淘汰圧の大きさの違いを検出することを試みた。

また、本プロジェクトは、上述した2つの目的を柱としつつ、もう一つ副次的な目的を有している。個体群の生息状況を把握することが難しい種には、トカゲモドキ類をはじめ調査であっても攪乱を最小限に抑えるべき絶滅危惧種、隠棲的であったり生息微環境が特殊であったりするために発見例が少ない稀種、また、アクセスが困難な地域にのみ分布する種・個体群などが含まれる。このような種では、野外踏査を主とした調査では生息状況を議論できるほどデータが集まらず、だからと言って集団遺伝学的アプローチを適用して遺伝的多様性や個体群サイズを推定するとしてもやはりサンプル数が少なすぎて信頼に足る結果は得られないというケースが非常に多い。この点について、本プロジェクトでは、(3) 一つの個体群から得るサンプル数が小さくても、一サンプルあたりのデータ量（解析する遺伝子座数）を大きくすることで、高い精度で個体群の遺伝的多様性を推定する (Nazareno et al. 2017)、という方針の有効性を検討した。このアプローチでトカゲモドキ個体群の遺伝的多様性について信頼できる結果が得られれば、上記のような「難調査種」についても遺伝的多様性や個体群サイズを推定する道が開ける。さらに、普通種であっても野外での継続的な調査に要する時間的、人的、予算的コストを削減できるため、個体群の生息状況のスクリーニングに大きな変化をもたらすことが期待される。

II. 調査方法等

1. 野外における生息状況調査

2017年5月から2018年9月にかけて、沖縄県の島嶼である沖縄島北部、伊平屋島、伊江島、渡嘉敷島、阿嘉島、座間味島、渡名喜島、久米島の8島でトカゲモドキの生息状況調査を行った。調査では、夜間に1人から3人でトカゲモ

ドキの生息に適した環境を踏査した。なお、調査地にはこれまでに生息が確認されている地点だけでなく、調査がされておらず生息しているかどうかわからない地点も加え、各島において網羅的に生息地点の情報を得られるようにした。調査ルートは崖沿い、露岩沿い、細い林道など、面的な広がりがないことから、人数による発見効率の上昇は比較的小さかったと考えられるので、個体の発見頻度は単に単位時間当たりの発見個体数とした。

個体を発見した場合は、日付、日時、天候、気温、発見地点の緯度経度、頭胴長（吻の先端から総排泄孔までの長さ）、体重を記録した。また、カラーチャート入りの写真を撮影し、色と模様を記録した。一部の個体は宿舎に持ち帰り、スペクトロメーターで色彩を定量化した。計測・記録後、尾の先端5 mm程度を切除し、99 %エタノール中に採取した組織を保存して、遺伝子解析用サンプルとした。また、指切り法による個体標識を施し、同一個体の複数回採集を避けるよう工夫した。切除した指は3で述べる齢推定に供するまで10 %ホルマリン中に保存した。

なお、日本産トカゲモドキ類は全種・亜種が種の保存法に基づく国内希少野生動植物種および鹿児島県または沖縄県の天然記念物に指定され、厳重に保護されているため、本調査は環境省から捕獲等許可を、沖縄県教育委員会から現状変更許可を取得して行われた。

2. 個体群の遺伝的多様性と独自性の検証

1) 一塩基多型を用いた分析

各島なるべく地点が散らばるように8個体（阿嘉島のみ4個体）分の組織を選択し、フェノール・クロロホルム法によって粗全DNAを抽出した。また、本チームの栗田・戸田が本プロジェクトの開始以前に沖縄島中北部の2地点、沖縄島本部半島、沖縄島南部、および徳之

島で採集した各 8 個体分のサンプルも続く遺伝解析に加えた。

各サンプルから核ゲノム中の一塩基多型を有する座位を探索するために、ゲノムの一部領域のみを濃縮するライブラリ調整作業を行った。これには GRAS-Di® (Genotyping by Random Amplicon Sequencing-Direct) 技術を利用した。GRAS-Di はランダムプライマーを用いた PCR で核ゲノムの一部領域を増幅し、増幅産物を第 2 世代ショートリード型シーケンサーで配列決定するものである。配列決定には Illumina NextSeq 500 を使用した。以上の解析は (株) 生物技研へ委託して行った。得られたデータは FastQC (Andrews 2010) でクオリティチェックと解析の前処理を行い、続いて解析ソフトウェア Stacks (Catchen et al. 2011) で処理して 5 本以上のリードがある座位を抽出した。

各個体群の遺伝的多様性の指標として、平均ヘテロ接合度 (H_o) を計算した。2 倍体生物のある一遺伝子座に着目すると、両親から受け継いだ対立遺伝子が同じものである個体 (ホモ接合体; AA, aa) と異なっている個体 (ヘテロ接合体; Aa) がいる。すべての個体のうちヘテロ接合を持つ個体の割合がヘテロ接合度で、ヘテロ接合度を解析したすべての遺伝子座で平均したものが平均ヘテロ接合度となる。縮小傾向にあり、絶滅が危惧される個体群では、一般的に平均ヘテロ接合度が低くなる (Frankham et al. 2002)。

個体群の遺伝的独自性はサンプル間で共通して得られた遺伝子座を結合した配列データ (supermatrix) を作成し、最尤法によって系統推定を行って、各島嶼個体群を代表するサンプルが単系統を成すかを調べた。系統推定にはソフトウェア RAxML (Stamatakis 2014) を使用した。また、100 回のブートストラップ解析を行って、内分枝の支持率を求めた。

2) ミトコンドリア DNA を用いた分析

ミトコンドリア DNA は母系遺伝するため有効集団サイズが両性遺伝する核 DNA の半分しかなく、系統の淘汰が生じやすい。したがって、個体群間の分化を高精度で検出できるという利点がある。

そこで、一塩基多型を解析した 13 個体群のうち、8 個体群 (沖縄島北部、沖縄島南部、伊平屋島、伊江島、渡嘉敷島、阿嘉島、渡名喜島、久米島) について、14-24 個体分の組織サンプルを選び、ミトコンドリア DNA の ND1 から ND2 遺伝子にまたがる 497 bp を増幅・配列決定した。本分析は通常の PCR と ABI 3130xl Genetic Analyzer を用いたサンガー法による配列決定で行った。各個体のハプロタイプを決定し、個体群のハプロタイプ多様度、塩基多様度を推定した。また、固定指数 (F_{ST}) から個体群間の遺伝的分化の程度を推定した。以上の解析には Arlequin version 3.5 (Excoffier and Lischer 2010) を使用した。

3. 骨切片の観察による齢推定

齢推定には左前肢の第二指 (人差し指) を用いた。10 % ホルマリンで保存した指から鱗と皮膚を除去し、一晚流水で洗浄した。次に 5 % 硝酸中で 90-120 分脱灰し、再び一晚流水で洗浄した。顕微鏡下で中節骨のみを取り出し、凍結マイクロトームで長軸に対して垂直方向に厚さ 20 μm の切片を作成した。切片を 60 分間マイヤーヘマトキシリン溶液で染色し、続いて 30 分間の洗浄を行ってから、プレパラートに封入した。

クロイワトカゲモドキの指骨の断面には成長停止線 (lines of arrested growth; LAGs) と呼ばれる年輪が冬期にできること、一年に一本形成されることが先行研究で明らかになっている (Kurita and Toda 2013)。本プロジェクトでも一つの LAG につき一冬期を越冬したものとみな

し、指を採取した時期と LAG の数から個体の年齢を推定した。LAG の数え方は先行研究にしたがった。

個体群の年齢構成の代表値として、最大寿命と年齢が上位から 25 % にあたる個体の年齢を用いた。

III. 調査結果とトカゲモドキの保全上の意義

1. 生息状況調査の結果に基づく保全の優先度

調査を実施した 8 島のうち、座間味島を除く 7 島でトカゲモドキの生息を確認することができた。座間味島は確実な分布記録がなく、「座間味」と記載されたラベルがつけられた 1 個体の標本が琉球大学付属博物館に収蔵されているのみであり、調査による発見が期待されたが、今回は発見することができなかった。以降、詳細な地点名は省くが、本調査で新たに生息が確認された場所について記述する。

伊平屋島ではこれまで島中部の 2 つの山塊で生息が知られていたが、本調査ではより南の山塊 1 か所から生息が確認された。

伊江島では島北部の沿岸域から東部の丘陵地までの 4 か所で確認されていたが、新たに島南

部の崖地と西部の畑地からも発見された。

阿嘉島では生息の根拠となった 1 個体が 1981 年に採集されて以降、30 年以上見つかっていなかったが、2017 年になって 1 か所で生息が確認された。本チームはそれを受けて生息状況調査を行い、2017 年に確認された地点から 1 km 以上離れた地点で生息を確認した。

渡名喜島ではこれまで島南部の 1 か所で生息が知られていたが、同じ山塊の離れた 3 か所で新たに確認された。

久米島では主に島北西部の台地から中部の山地にかけて、また島南部の山地で生息が知られていたが、本調査で北東部の山地と南端の海岸崖地からも生息が確認された。

沖縄島と渡嘉敷島ではこれまでに生息が確認されていた地点で個体を発見するに留まった。

調査一晩あたりの出現個体数は渡嘉敷島で最も多く 19 個体、次に久米島の 13.6 個体、そして沖縄島北部の 13.1 個体、伊江島の 10.2 個体が続いた。一方、他の 3 島では阿嘉島 6.3 個体、渡名喜島 4.5 個体、伊平屋島 2.7 個体となり（表 1）、生息密度が低いことが示唆された。

このうち、とくに保全上重要な知見は、これ

表 1 本プロジェクトで解析を行った日本産トカゲモドキの個体群およびその生態的・遺伝的特性

	クロイツ					
	国頭村	大宜味村	東村	本部半島	島南部	伊江島
発見頻度（個体／晩）	13.1					10.2
解析座位数	8,248	13,238	12,993	9,793	9,671	9,532
平均ヘテロ接合度 (H_o)	0.0273	0.0625	0.0594	0.042	0.044	0.0334
mtDNA 分析サンプル数	24				20	24
ハプロタイプ多様度 (h)	0.9312				0.6474	0.2355
最大寿命	5-6			6-7	4-5	6-7
上位 25%年齢	3≦			3≦	3≦	3≦
	オビ	イヘヤ	マダラ	ケラマ		クメ
	徳之島	伊平屋島	渡名喜島	渡嘉敷島	阿嘉島	久米島
発見頻度（個体／晩）		2.7	4.5	19	6.3	13.6
解析座位数	4,810	9,805	10,853	9,186	4,319	9,591
平均ヘテロ接合度 (H_o)	0.0354	0.0187	0.0212	0.0377	0.0218	0.0205
mtDNA 分析サンプル数		19	16	21	14	14
ハプロタイプ多様度 (h)		0	0	0.0952	0	0.2637
最大寿命				6-7		6-7
上位 25%年齢				4≦		4≦

まで生息自体が疑わしかった阿嘉島に複数の生息地があると明らかになったことである。30年以上も追加の個体が見つかっていなかったのは、トカゲモドキ類は行動範囲が狭く、好適な環境がある場所から遠く離れることがほとんどないため、人と出会わなかったことが原因だと考えられる。今回見つかった2地点間には、道幅の広い林道が一本通っているものの、大部分はトレイル等のない山地で覆われており、山中にはトカゲモドキの生息に適した環境が存在しているのかもしれない。本個体群では、今後さらに詳細な生息地点の確認調査が必要である。また、同様のことは座間味島を含むこれまでに分布が確認されていない近隣の島嶼にも言うことで、今後本格的にトカゲモドキの生息調査を行うことの必要性が示唆される。

また、渡名喜島についてもこれまでは良好な環境を保っている1か所で生息が知られるのみであったが、園地や墓地などにも生息していることがわかった。したがって、既に人の手が入った環境とだからと言って無制限に整備・管理をするのではなく、本種が恒久的に生息できるような策を講じるべきであろう。

阿嘉島、渡名喜島では上述のように生息地点自体が十分に把握されていなかったことに加えて生息密度が他の島よりも低いことが疑われ、同じく密度が低いと推定された伊平屋島の個体群とあわせて保全上の優先度が高いと考えられた。

2. 個体群の遺伝的多様性と独自性からみた保全の優先度

GRAS-Di® で作成したライブラリの配列データを Stacks でまとめた結果、各個体群1個体以上から検出された遺伝子座数は4,319–13,238であった(表1)。これらの遺伝子座から各個体群について平均ヘテロ接合度を計算したところ、沖縄島中北部の2地点で0.0625およ

び0.0594と高い値を示し、続いて沖縄島南部0.0440、本部半島0.0420となった。一方、遺伝的多様性が低いのはいずれも周辺離島の個体群で、阿嘉島0.0218、渡名喜島0.0212、久米島0.0205、そして伊平屋島0.0187となった。

同様の結果はミトコンドリアDNAのハプロタイプ多様度でも確認され、解析した個体群のうち、阿嘉島、渡名喜島、伊平屋島で多様度が0だった(それぞれの個体群が単一のハプロタイプしか持っていなかった)。

一塩基多型に基づく系統解析(図2)では、(1) 徳之島に生息するオビトカゲモドキと沖縄諸島に生息する種クロイワトカゲモドキの間に大きな遺伝的分化が生じていること、(2) 沖縄島の中に遺伝的に分化した2系統が分布していること、(3) 沖縄島本部半島と伊江島の個体群は非

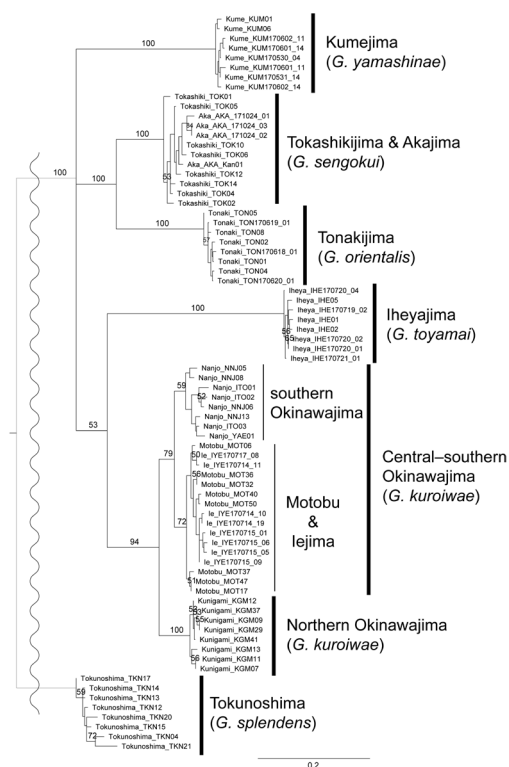


図2 ゲノムワイドジェノタイピングデータに基づいて最尤法によって推定された日本産トカゲモドキ類の系統樹。内分枝の数値はブートストラップ値を示す。

常に近縁であることなど、先行研究と一致する結果が得られた。また、先行研究では沖縄島の2系統が分布を接している中北部で交雑していることが示されているが (Kurita et al. 2018)、今回の解析も中北部の2か所でとくに遺伝的多様性が高いことを示しており、異なる2系統の交雑を捉えた結果であると考えられた。

今回新しく得られた知見として、一塩基多型の分析ではケラマトカゲモドキの渡嘉敷島と阿嘉島の個体群を十分に識別することができず、両島に大きな遺伝的分化は生じていないことがわかった。ただし、ミトコンドリア DNA のハプロタイプに着目すると、両島で共有されていたものはなく、遺伝距離は小さいながらも分化が生じていることが示唆された (表 2)。以上の結果は、渡嘉敷島と阿嘉島の個体群は非常に新しい時代に隔離され、ごく最近になって遺伝的分化が生じ始めたことを示唆している。

遺伝子分析の結果は、遺伝的多様性が低い伊平屋島、久米島、渡名喜島、阿嘉島で保全上の優先度が高いことを示している。阿嘉島と渡嘉敷島の個体群の遺伝的分化の程度は小さいものの、ミトコンドリア DNA は既に独自性を獲得しており、種分化や新規環境への適応の原動力となる多様性を種内に維持するという観点から、両方の個体群の保全が求められるだろう。

3. 個体群の年齢構成

個体群の年齢構成を個体の推定年齢から復元した結果、当該個体群における個体の寿命は沖縄島北部で5-6年、伊江島、渡嘉敷島、久米島で6-7年と推定された (表 1)。また、先行研究のデータから、本部半島では6-7年、沖縄島南部では4-5年が寿命と推定されており (Kurita and Toda 2013)、島嶼個体群は比較的長命であることが示された。

年齢が上位 25 % の個体は、沖縄島の各個体群と伊江島では3歳以上、渡嘉敷島と久米島では4歳以上となった。

ただし、これらの分析では年齢構成を復元するのに十分な数のサンプルを得られなかった個体群を扱っていないことに注意が必要で、1および2で保全上の優先度が高いと予想された3島の個体群を含めることができなかった。

この結果を以て年齢構成の地理的パターンを論ずることは難しいが、沖縄島、伊江島で渡嘉敷島、久米島より寿命もしくは年齢構成が若く推定されたのは、沖縄島や伊江島では他2島よりも開発の程度が高い場所でサンプリングしたことを反映している可能性がある。沖縄島北部のやんばる地域には良好な原生林が残っているものの、今回調査の対象とした沖縄島北部の個体群は集落のすぐ裏手にある舗装済み林道に生息し

表 2 ミトコンドリア DNA の個体群間分化。対角線より下に固定指数を、上に有意な分化が見られた個体群の組み合わせをプラス (+) で示す。

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 沖縄島北部		+	+	+	+	+	+	+
2 沖縄島南部	0.912		+	+	+	+	+	+
3 伊平屋島	0.926	0.965		+	+	+	+	+
4 伊江島	0.931	0.850	0.991		+	+	+	+
5 渡嘉敷島	0.951	0.974	0.997	0.992		+	+	+
6 阿嘉島	0.947	0.973	1.000	0.993	0.945		+	+
7 渡名喜島	0.948	0.970	1.000	0.991	0.997	1.000		+
8 久米島	0.933	0.965	0.993	0.988	0.991	0.993	0.994	

ている個体であり、やんばるの森林奥地に比べれば、人的攪乱の影響を強く受けていても不思議はない。また、伊江島は島の大部分が農地に転換されており、多数の小さな生息地にトカゲモドキが散在している。このように断片化した生息地では生息に適さない環境の影響（たとえば温湿度の低下や外来種の侵入機会の増加）を強く受けると考えられる。

IV. 難調査種の生息状況調査に関する考察

1. 日本産トカゲモドキ類の保全

本プロジェクトでは、野外での生息密度調査、遺伝的多様性調査、年齢構成調査の3つの側面から沖縄島の周辺の小島嶼に分布するトカゲモドキ個体群の保全上の重要性を評価した。対象とした個体群のうち、伊平屋島、阿嘉島、渡名喜島のものは生息密度が低く遺伝的多様性も低いことが明らかになった。異なるアプローチで推定された保全上重要な個体群が一致をみるということは、これらの調査結果の信頼性の傍証と言える。したがって、伊平屋島のイヘヤトカゲモドキ、阿嘉島のケラマトカゲモドキ、渡名喜島のマダラトカゲモドキは保全の優先度がとくに高い個体群であると結論づけられた（表1）。

これらの個体群に共通するのは、生息密度が低いというだけでなく、生息が確認されている地点数が他の集団より明らかに少ないという点である。伊平屋島、阿嘉島、渡名喜島の生息地においてトカゲモドキの生息を可能ならしめる要因の追及には今後さらなる研究が必要なものの、このことは、これらの島のトカゲモドキが特定の環境条件に強く依存して生息しており、なおかつそういった環境条件を満たす地点が島内に少ないことを強く示唆している。この場合、生息のキーとなる要因の解明を急ぐべきなのは変わらないが、まずは既知の生息地とその環境を安定化させているであろう周辺域において環

境を改変しかねない利用・開発を避け、なおかつ侵入する外来種を当該地域から除去することがもっとも重要であると考えられる。生息地の環境保全はどの個体群でも種の保全に直結する取り組みであるが、その重要性はこれらの3島ではことさら高いと言えるだろう。

2. 調査が難しい種、地域を今後いかに扱うか

日本産トカゲモドキ類は島間で遺伝的、形態的に分化しており、島嶼個体群ひとつひとつを保全すべき最小単位として扱うことが望ましいため、各島での生息状況を把握する必要がある。しかし、沖縄島およびそれと橋でつながっている3島を除けば、沖縄島や奄美大島からフェリーや航空機で渡航する必要があり、多数の島を少数の研究者や保全関係者で頻繁に確認したり、長期モニタリングをすることは非現実的である。

時間、人、予算による制限は、本プロジェクトで扱ったアクセスしにくい小島嶼域だけでなく、生物保全の現場で共通の課題である。これに対して、たとえば近年話題となっている環境DNAは、簡便な野外調査（水の採取）で、短時間のうちに、精度よく生物相の調査を行うためのツールとして期待されている（Rees et al. 2014）。環境DNAの利用が隆盛した背景には、微量DNAを分析する科学技術の発展によるところが大きい。だとすれば、種の生息状況調査においても、科学技術の発展が解決策を提示してくれる可能性がある。

本プロジェクトでは、個体群の健全性のパラメータとして非常に重要な遺伝的多様性（ここでは平均ヘテロ接合度）を、1個体群につき4または8個体という限られたサンプル数から推定して、実際の野外調査での結果と比較し、保全上優先度の高い個体群について高い共通性を見出すことができた。これは生物の核ゲノムから大量の一塩基置換サイトを探索する方法が確

立されたことによる部分が大きく、従来の遺伝解析では精度の高い解析を行う場合、25–30 個体分ものサンプルが必要とされる (Hale et al. 2012). 少数サンプルから個体群の遺伝的多様性を推定することが今後一般的になれば、絶滅危惧種の保全では時間、人、予算による制限を緩和することができると思われる。さらに、稀種やアクセスが難しい地域に分布する難調査種でさえも、これまでに博物館や大学に収蔵された断片的なコレクションから個体群の生息状況を窺い知ることが可能になると期待される。

V. 謝辞

本プロジェクトを遂行するにあたって高橋洋生氏、佐藤文保氏、皆藤琢磨氏にご助言を賜った。深くお礼申し上げる。

本プロジェクトにおけるトカゲモドキ類の取扱いは種の保存法に基づく捕獲等許可および沖縄県の文化財保護条例に基づく現状変更許可を受けて行った。

VI. 引用文献

Andrews, S. 2010. FastQC: A quality control tool for high throughput sequence data. Available online at: <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>

Catchen, J., Amores, A., Hohenlohe, P., Cresko, W. and Postlethwait, J. 2011. Stacks: Building and genotyping loci de novo from short-read sequences. *Genes, Genomes, Genetics* 1: 171–182.

Excoffier, L. and Lischer, H. E. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources* 10: 564–567.

Frankham, R. 1996. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. *Conservation Biology* 10: 1500–1508.

Frankham, R., Ballou, J. D. and Briscoe, D. A. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, New York.

Hale, M. L., Burg, T. M. and Steeves, T. E. 2012. Sampling for microsatellite-based population genetic studies: 25 to 30 individuals per population is enough to accurately estimate allele frequencies. *PLoS ONE* 7: e45170.

Honda, M. and Ota, H. 2017. On the live coloration and partial mitochondrial DNA sequences in the topotypic population of *Goniurosaurus kuroiwaie orientalis* (Squamata: Eublepharidae), with description of a new subspecies from Tokashikijima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. *Asian Herpetological Research* 8: 96–107.

Honda, M., Kurita, T., Toda, M. and Ota, H. 2014. Phylogenetic relationships, genetic divergence, historical biogeography and conservation of an endangered gecko, *Goniurosaurus kuroiwaie* (Squamata: Eublepharidae), from the Central Ryukyus, Japan. *Zoological Science* 31: 309–320.

環境省 2014. 「レッドデータブック 2014 — 日本の絶滅のおそれのある野生生物 — 3 爬虫類・両生類」ぎょうせい, 東京.

Kluge, A. G. 1987. Cladistic relationships in the Gekkonoidea (Squamata, Sauria). *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*.

栗田隆気 2018. アジアのヤモリ類の多様性 2. トカゲモドキ属—I. Caudata 2: 45–52.

Kurita, T. and Toda, M. 2013. Validation and application of skeletochronology for age determination of the Ryukyu ground gecko, *Goniurosaurus kuroiwaie* (Squamata: Eublepharidae). *Asian Herpetological Research* 4: 233–241.

Kurita, T., Honda, M. and Toda, M. 2018. Species delimitation and biogeography of the Ryukyu ground geckos, *Goniurosaurus kuroiwaie* ssp. (Squamata: Eublepharidae), by use of mitochondrial and nuclear DNA analyses. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Biology* 56: 209–222.

Kurita, T., Kawamura, R. and Toda, M. 2013. Limestone cave as a cradle of the Ryukyu ground gecko, *Goniurosaurus kuroiwaie*. *Herpetological Review* 44: 569–572.

Nazareno, A. G., Bemmels, J. B., Dick, C. W. and Lohmann, L. G. 2017. Minimum sample sizes for population genomics: An empirical study from an Amazonian plant species. *Molecular Ecology Resources* 17: 1136–1147.

- Ota, H. 1998. Geographic patterns of endemism and speciation in amphibians and reptiles of the Ryukyu Archipelago, Japan, with special reference to their paleogeographical implications. *Researches on Population Ecology* 40: 189–204.
- Rees, H. C., Maddison, B. C., Middleditch, D. J., Patmore, J. R. M. and Gough, K. C. 2014. The detection of aquatic animal species using environmental DNA—a review of eDNA as a survey tool in ecology. *Journal of Applied Ecology* 51:1450–1459.
- Stamatakis, A. 2014. RAxML version 8: A tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30: 1312–1313.
- Tanaka, S. and Nishihira, M. 1987. A field study of seasonal, daily, and diel activity patterns of *Eublepharis kuroi*. *Herpetologica* 43: 482–489.
- Tanaka, S. and Nishihira, M. 1989. Growth and reproduction of the gekkonid lizard *Eublepharis kuroi*. In Matsui M., Hikida T., Goris R.C. (Eds.), *Current Herpetology in East Asia*. Japan. The Herpetological Society of Japan, Kyoto: 349–357.
- Werner, Y. L., Takahashi, H., Mautz, W. J. and Ota, H. 2005. Behavior of the terrestrial nocturnal lizards *Goniurosaurus kuroi* and *Eublepharis macularius* (Reptilia: Eublepharidae) in a thigmothermal gradient. *Journal of Thermal Biology* 30: 247–254.
- Werner, Y. L., Takahashi, H., Yasukawa, Y. and Ota, H. 2004. The varied foraging mode of the subtropical eublepharid gecko *Goniurosaurus kuroi orientalis*. *Journal of Natural History* 38: 119–134.
- Werner, Y. L., Takahashi, H., Yasukawa, Y. and Ota, H. 2006. Factors affecting foraging behaviour, as seen in a nocturnal ground lizard, *Goniurosaurus kuroi*. *Journal of Natural History* 40: 439–459.

Evaluation of population status of eublepharid geckos distributed in Okinawa Islands

KURITA Takaki, MAENOSONO Tadafumi and TODA Mamoru

Goniurosaurus kuroiwae (Squamata: Eublepharidae) species group, which is distributed in 11 islands of the central part of the Ryukyu Archipelago, Japan, diverges genetically and morphologically among island populations and has been classified into two species and five subspecies. This indicates that each species/subspecies or each island population deserve as a separate conservation unit. However, information on population status of these populations except the largest Okinawa Island is almost completely absent, and thus priority of conservation planning and actions among the populations is difficult to be set. This study aimed to identify populations that face high extinction risks according to three factors of population status, namely, population density, genetic diversity, and age structure. Population density, as well as genetic diversity, were low in Iheya Island, Aka Island, and Tonaki Island. Age structure was not obviously different among examined populations. Therefore, conservation priority should be high in *G. k. toyamai* in Iheyajima, *G. k. sengokui* in Akajima, and *G. k. orientalis* in Tonakijima.

Key words: Ryukyu Archipelago, genome-wide genotyping, single nucleotide polymorphism, genetic diversity, skeletochronology

対馬下島における残された生物多様性ホットスポットの探索と 希少植物種の分布調査

対馬植物研究会

鈴木浩司¹・中西弘樹²・山本武能³

対馬は九州と朝鮮半島の間に位置し、国内では対馬でしか見られないような希少植物種が分布しており、日本の生物多様性ホットスポットの一つである。また、日本の生物多様性の成り立ちを理解する上でも重要な地域である。しかし、近年、シカ食害による森林内の林床植生の衰退が著しく、希少種の存続を脅かしている。そこで、希少種の分布および生育状況をより正確に把握するために、対馬を代表する希少種のこれまで知られていない新たな自生地の探索を試みた。シマトウヒレン（絶滅危惧 IA 類）、ツシマノダケ（絶滅危惧 IB 類）、ムラサキカラムツ（絶滅危惧 IB 類）、ハナナズナ（絶滅危惧 IA 類）およびナガバサンショウソウ（絶滅危惧 II 類）を対象に白獄と龍良山を中心とした山中や谷筋、および低地エリアを探索し、前 4 種については新たな自生地を複数ヶ所発見することができた。そうした場所は、対馬の新たな生物多様性ホットスポットとして注視すべきであろう。一方、低地に生育するハナナズナに関しては、既知の自生地以外の自生地を発見することはできなかった。

キーワード：絶滅危惧種、生息域保全、草本植物、固有種、生物地理

1. はじめに

対馬（長崎県）は九州本土と朝鮮半島の間の対馬海峡のほぼ中央に位置し、本土からは約 120 km、朝鮮半島からは約 55 km 離れている。島は南北約 72 km、東西に最大約 18 km の細長い形をし、複雑に入り組んだリアス式海岸が見られ、中央部には多島海が見られる。島の面積は約 700 km² で、佐渡島、奄美大島に次いで大きい。九州本土よりも朝鮮半島に近いこともあって、近年は多くの韓国人観光客で賑わっている。

対馬は対馬暖流に囲まれているため比較的温暖で、島内各地に照葉樹林が見られる。特に龍良山麓に広がる龍良山原始林は国の天然記念物にも指定されている貴重な照葉樹林である。ま

た、白獄は日本および大陸系の両方の植物が数多く見られることから、洲藻白獄原始林として国の天然記念物に指定されている。

現在の対馬海峡（九州本土と釜山の間）は約 180 km あるが、過去数度の氷期においては海面が下降し、大陸と日本は陸続きだったと考えられている（長岡 2001）。そのため、朝鮮半島から日本列島へ大陸系植物が陸地伝いに対馬を経由して移動したと考えられる。現在でも、対馬まで分布を拡げている大陸系の植物が複数種知られ、それらは遺存的に取り残されたと考えられる（伊藤 1997）。また、対馬に取り残された大陸系植物がさらに種分化したと思われる対馬固有種も見られる。これらの植物は国内では対馬でのみ見られるため、対馬は日本の中で

1: 富山県立大学 2: 亜熱帯植物研究所 3: 対馬市
2018.12.1 受付 2019.4.5 公開

独特の生物多様性を持つ地域ということができる。また、日本列島の生物多様性の成立過程を知る上でも対馬の生物多様性を理解することは重要であろう（伊藤 1997）。

実際、国内では対馬でのみ見られる大陸系の植物として、タンナチョウセンヤマツツジ *Rhododendron yedoense* var. *hallaisanense*, オオチダケサシ *Astilbe chinensis* var. *davidii*, オオチョウジガマズミ *Viburnum carlesii* var. *carlesii*, チョウセンキハギ *Lespedeza maximowiczii*, アレチアザミ *Breia segetum*, ハクウンキズゲ *Hemerocallis hakuunensis*, ハナナズナ *Berteroella maximowiczii*, チョウセンカラスウリ *Trichosanthes kirilowii* var. *kirilowii*, ムラサキカラムツ *Thalictrum uchiyamae*（現在は平戸島でも見つかっている）などが知られている（伊藤 1997）。また、世界中で対馬でしか見られない対馬固有種（固有変種を含む）としてシマトウヒレン *Saussurea insularis*, ツシマノダケ *Tilingia tsushimensis*, ヒメマンネングサ *Sedum zentaro-tashiroi*, ツシマギボウシ *Hosta tsushimensis* var. *tsushimensis*, ツシマアカシヨウマ *Astilbe tsushimensis*, ツシマヒナノウスツボ *Scrophularia kakudensis* var. *toyamae* が知られている（伊藤 1997, 加藤・海老原 2011, 中西 2013, 東 2015）。

このように、対馬は貴重な植物が数多く生育しているが、明治期以降の森林の開発はこれらの希少種や固有種の生育地を狭め、さらに近年のシカ頭数の増加による草本植物への食害圧は林床植生の衰退、森林土壌の流出を引き起こし、これら希少種・固有種の多くは絶滅に瀕している（東ほか 2013, 東 2015）。

著者らはこれまで過去の文献・標本記録から対馬の特に草本生の希少種・固有種の生育状況を調査し、また、シカ食害からこれらの種を守るために活動してきた（東ほか 2013, 東 2015,

鈴木ほか 2018）。なお、最近の調査では対馬島内のシカ頭数は推定で 39,200 頭（平成 27 年）とされ、それより 2 年前の平成 25 年の推定値約 46,000 頭よりやや減少しているが、依然として高いシカ密度を保っている状況である（長崎県 2017）。

これまでの調査の結果、これら希少種・固有種の分布状況（具体的な場所や個体数など）を把握することができたが、それらの場所はすでに一部の人に知られている登山道沿いの比較的人目につきやすい場所のみであった（故に、情報を得ることができた）。逆に、これまであまり人が入らないような場所において丁寧に探索すれば、これら希少種・固有種の新たな自生地を見つけることができるのではないかと考えた。多くの希少種が絶滅の危機に瀕している中で、新たな自生地の発見は種の保存・保全という観点から非常に重要であり、また、より効果的な種の保全対策および各種対策の優先順位を検討する上でも有益であろう。本調査はそれに資する情報を集積することを目的とする。

II. 調査地および方法

調査地は対馬下島全域としたが、具体的にはこれまで数多くの希少種の生育が確認されている白嶽および龍良山を中心に、その周りに広がる山系および谷筋を探索し、希少種が生育している、またはシカ食害の少ない生物多様性が高い（残っている）場所を探した。

当研究会が助成を受けた第 26 期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成によりシカ柵を設置して植生回復試験を行っている対馬最南端の神崎半島は照葉樹林が広がり標本記録上はいくつかの低地生の希少種の生育が確認されている。そこで、低地生の希少種を探索するために、神崎半島を含む下島南部の低地でも調査を行った。

山中の探索においては、シマトウヒレン（キ

ク科, 対馬固有種, 絶滅危惧 IA 類, 白獄のみ), ツシマノダケ (セリ科, 対馬固有種, 絶滅危惧 IB 類, 白獄と龍良山), ムラサキカラマツ (キンポウゲ科, 対馬, 平戸, 朝鮮南部, 絶滅危惧 IB 類, 白獄と龍良山) の 3 種の自生集団を探すこととした。この 3 種は対馬島内で最も自然が残されているとされる場所 (白獄, 龍良山) においてのみ知られる種で, これらの種が自生していれば, そこは生物多様性が高いと判断できると考えたからである。

本調査では対馬下島の主に 2 つの山地エリアで探索を行った。一つは白獄エリアで, 白獄を中心に黒土山～白獄～遠見山～城山の稜線および谷筋を探索した。二つ目は龍良山エリアで, 龍良山を中心に, 木柵山～龍良山～萱場山の稜線と谷筋および矢立山である。龍良山エリアでは瀬川流域の主な支流でも探索を行った (図 1 ～ 3)。

対馬は全体として堆積岩である対州層群が広がり, そこを火成岩類が貫いている。白獄エリアの稜線には石英斑岩が露出した岩場が多く見られ, 白獄山頂には 2 つの岩山がそびえ, そうした崖や斜面などに希少種が生育している。龍良山エリアは内山盆地を囲むように山が連なり, 火成岩類が露出した岩場の急斜面などに希少種が残っている (高橋 1976, 長岡 2001)。白獄, 龍良山はともに古来より信仰の対象とされ, それ故に太古からの姿を留め, 結果的に豊かな生物多様性が残されたと考えられる。

低地生の希少種に関しては, ハナナズナ (アブラナ科, 対馬と大陸, 絶滅危惧 IA 類) とナガバサンショウソウ (イラクサ科, 対馬ほか九州, 絶滅危惧 II 類) を対象に, ハナナズナに関しては神崎半島を含む島南部の低地において道路際の斜面を中心に, (図 1 の低地エリア, 図 4), また, ナガバサンショウソウについては龍良山エリアの瀬川流域で探索を行った。

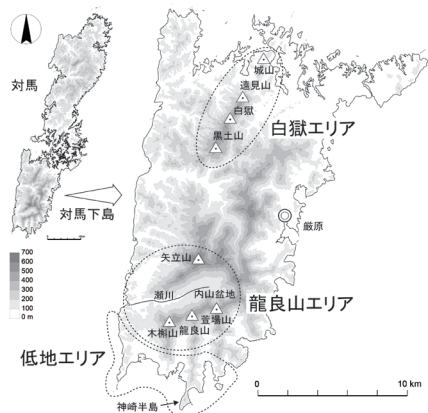


図 1 対馬下島における調査エリア概要図



図 2 白獄から遠見山方向の稜線



図 3 龍良山の山頂岩場からみた矢立山, 内山盆地(瀬川)を挟んで中央の高いピークが矢立山, 左下に龍良山原始林が広がる。



図 4 神崎半島からみた浅藻湾と豆敷崎 (左奥)。

III. 調査結果

1. シマトウヒレン

シマトウヒレン *Saussurea insularis* はキク科トウヒレン属の1種で、対馬固有種。環境省レッドリスト2018では絶滅危惧IA類(CR)に選定されている(環境省2018)。なお『改訂新版日本の野生植物』では本種は情報不足(DD)と記されているが、誤りである。シマトウヒレンは白獄の山頂付近の岩場や草地に自生し、草丈約25～50cm、9月から10月にかけて、数個～十数個の頭花をつける。環境省の『レッドデータブック2014』で、「2012年調査では確実な自生を確認できなかった。シカ食害により減少している」とわざわざ記されているように、個体数はかなり少ないことが分かる(環境省2015)。本調査において、2017年9月に既知の自生地(白獄山頂付近)で調査したところ、少なくとも6個体を確認できた(内、花茎を伸ばし蕾を付けていた個体は3個体)。その後、白獄山頂以外の白獄エリアで探索を行ったところ、3ヶ所でシマトウヒレンの自生を見つめることができた(図5)。確認できたのは20個体程度だが、現地はシカが(ヒトも)近づけないような急斜面にありそれ以上の十分な調査をできなかったため、個体数はもう少し多いと思われる。シマトウヒレンの新たな自生地を見つけることができたが、依然として確認できた個体数が少ないことに変わりはない。また、白獄エ



図5 白獄エリアで発見したシマトウヒレン

リア以外ではシマトウヒレンは見つかっていない。

2. ツシマノダケ

ツシマノダケ *Tilingia tsushimensis* はセリ科の多年生草本で、対馬固有種。9月ごろに花茎(20cm～50cm程度)を伸ばし複数の花序を付ける。環境省レッドリスト2018では絶滅危惧IB類(EN)に選定されている(環境省2018)。ツシマノダケは過去の標本記録から少なくとも対馬島内5ヶ所(白獄、龍良山、有明山、御岳、豊)に分布していたが、近年は白獄と龍良山の山頂付近の2ヶ所でのみ確認されている(東ほか2013)。著者の1人が白獄で2012年に調査したところ16個体を確認できた。2017年と2018年に再度同じ場所の個体数を確認したところ、2017年は3個体、2018年は4個体しか確認できなかった。内、1個体は比較的大きく、30cm程度の花茎を複数伸ばし、花を咲かせていた。

白獄エリアで白獄山頂付近以外の自生地を探索したところ、上述の新たに見つかったシマトウヒレンと同じ場所にツシマノダケの自生が見つかった。さらに探索を進めると白獄山頂以外に計4ヶ所でツシマノダケの自生を確認できた。いずれも急斜面にあり、そのうち3ヶ所ではそれぞれ少なくとも20個体を確認した。白獄山頂を含めて白獄エリアでは合計5地点100個体程度のツシマノダケを確認できた。その内、開花個体は8個体であった(図6)。

ツシマノダケのもう一つの自生地である龍良山山頂付近では2012年の時点で72個体を確認し、その後、さらに周辺から20数個体を確認しており、龍良山では100個体程度の自生を確認していた(東ほか2013)。2017年に同じ場所を確認したところ、72個体が生育していた場所では7個体しか確認できず、その周辺では40数個体を確認できた。しかし、2018年に再



図6 岩の割れ目にひっそりと佇むツシマノダケ。生育環境が悪いせいかな、かなり貧弱な個体である。



図7 龍良山エリアで新たに見つかったツシマノダケ自生地。この写真に少なくとも5個体写っている。

度同じ場所で確認したところ、合計17個体しか確認できなかった。

その後、龍良山エリアで龍良山山頂以外の自生地の探索を行った。その結果、エリア内の1ヶ所でツシマノダケの自生地を発見することができた(図7)。この場所はアカガシ林内のやや明るい場所で、18個体のツシマノダケを確認できた。周囲を丁寧に探索したが、それ以上は見つからなかった。開花個体はなかったが、内2個体は比較的大きかった。

ツシマノダケは白獄エリア内の5ヶ所と龍良山エリアの2ヶ所の合計7ヶ所の自生地を確認することができた。そのうち、5ヶ所は本調査において新たに発見した地点である。個体数は2018年の時点で合計約100～150個体程度と言えるだろう。そのうち、開花個体は10個体程度であった。

3. ムラサキカラマツとオオミヤマカラマツ

ムラサキカラマツ *Thalictrum uchiyamae* とオオミヤマカラマツ *Thalictrum filamentosum* は非常に類似しており、区別するには根の形状を見るのが良いが、現実的には個体を掘り起こして確認するわけにはいかないので本稿ではすべてムラサキカラマツとして扱う(両者を区別しない)。両者とも国内では対馬と平戸島に分布し、朝鮮半島にもある。ムラサキカラマツは環境省レッドリスト2018では絶滅危惧IB類(EN)に選定されている(環境省2018)。一方、オオミヤマカラマツは特に選定されていない(おそらく種の存在が認識されていないと思われる)。

対馬において、ムラサキカラマツはツシマノダケと同じ分布パターンを示し、これまで白獄と龍良山の山頂付近でのみ確認されていた。個体数は比較的多く、龍良山では山頂付近の崖に数百個体が自生する(図8)。一方で、白獄では近年急速に数を減らしており、注意が必要である。

白獄エリアおよび龍良山エリアで探索したところ、シマトウヒレン、ツシマノダケが新たに見つかった場所では必ずと言っていいほどムラサキカラマツが自生しているのが確認された(図5のシマトウヒレンの根元および右に、図7のツシマノダケの写真の右下に写っている)。



図8 龍良山エリアのムラサキカラマツ

また、ムラサキカラマツは自生しているが、シマトウヒレン、ツシマノダケが見られなかった場所も複数見つかった。つまり、これら3種の中でムラサキカラマツは比較的広く分布していることが分かった。

4. ハナナズナ

ハナナズナ *Berteroella maximowiczii* はアブラナ科の多年生草本で、対馬の他に大陸にも分布する。広島県・岡山県で確認されていたが、現在は両県で絶滅したとされる。環境省レッドリスト 2018 では絶滅危惧 IA 類 (CR) に選定されている (環境省 2018)。

対馬においてハナナズナは島内に広く分布していたことが標本記録から明らかであるが (東 2015)、シマトウヒレンやツシマノダケとは異なり、山地ではなくて、海岸に近い低地に生育している。そのため、おそらく道路整備や宅地開発などにより急速に生育地が減少し、さらにシカ被害により絶滅の危機に瀕してしまっていると考えられる。

現在、ハナナズナは下島の1ヶ所でしか確認できない (図9)。これまで何度も周囲を探索したが、新たな集団は発見できていない。また、島南部の神崎半島でも標本が取られているのでかつては分布していたが、現在では確認されていない。

既知の自生地における状況だが、2014年には少なくとも11個体 (開花個体は5個体) を確認しており多くても20～30個体程度と思われた (東 2015)。同じ場所で2017年に調査したところ、丁寧に観察したが、10個体しか確認できなかった。さらに、2018年では2個体 (ともに開花個体) しか確認できなかった (図10)。原因としてはシカ被害もあるが、今年の猛暑による乾燥に加え、集中豪雨により斜面の崩落が進み、小さい個体は砂礫に埋まってしまったと考えられる。



図9 対馬下島に自生するハナナズナ



図10 ハナナズナの生育状況 (2018年)。

その後、本調査期間中、下島南部の低地エリアにおいてハナナズナの探索を行ったが、発見には至っていない。また、機会があるごとに下島に限らず、かつてハナナズナの自生が確認されている場所で探索を行っているが、現在までに新たな自生地を発見できていない。

5. ナガバサンショウソウ

ナガバサンショウソウ *Pellionia yosiei* はイラクサ科の多年草で、湿った林内に生育する。環境省レッドリスト 2018 では絶滅危惧 II 類 (VU) に選定されていて (環境省 2018)、対馬以外では宮崎県と鹿児島県 (鹿児島県 2016) に生育している。対馬では龍山山エリアの瀬川の流域に自生が確認されていたが、2015年の集中豪雨による土石流で自生地の谷が埋まってしまった。そこで、同じ流域で谷に沿って探索したところ、谷川沿いの数カ所で散発的に自生していることが確認できた (図11)。しかし、川の流れ次第ではそうした場所も崩壊や土砂に埋まってしまう可能性があるため、今後も注意が必要であろう。



図 11 対馬に自生するナガバサンショウソウ

なお、シマトウヒレン、ツシミノダケ、ムラサキカラムツ、オオミヤマカラムツ、ハナナズナ、ナガバサンショウソウは「長崎県未来につながる環境を守り育てる条例」により、特に保護を図る必要のある希少な野生動植物として指定され、その捕獲・採取・殺傷・損傷が禁止されている。また、その他の法律等により採取・損傷等が規制されている場合がある。

IV. 最後に

本調査の結果、山地生の希少種、シマトウヒレン、ツシミノダケ、ムラサキカラムツはこれまで知られている自生地以外の新たな自生地を複数ヶ所見つけることができた。とはいえ、シマトウヒレン、ツシミノダケに関しては全体として十分な個体数が生育しているとはいえず、また、過去に採取された標本と比べても現存の個体は小さいものが多い。白嶽山頂ではかつてはシマトウヒレンがあちこちで生育していたと聞く。次の段階としてかつての光景を取り戻すためにはどうしたら良いのかを検討していきたい。

また、今年 2018 年は「50 年に一度の記録的大雨」が何度も対馬を襲ったと聞く、実際、対馬で調査するたびに谷筋が土砂に埋まり、微地形が変わっているのを目撃している。低地だけではなく、白嶽や龍良山の山頂付近でも岩場を

土砂が流れた跡が見られる。大雨に伴う斜面の崩落や土壌の流出は林床植生の衰退に拍車をかけるだろう。自然のこととはいえ、そうした環境の変化に対して希少種保全の観点からどのようなことが可能なか（すべきなのか）も考えていかなければならない。

引用文献

- 東 浩司 2015. 対馬に生育する対馬固有種および国内希少植物種の過去の分布記録と現状. 日本植物園協会誌 50 : 93-97.
- 東 浩司・掛澤明弘・小森晴香・岡崎純子 2013. 対馬の照葉樹林に生育するツシミノダケ（セリ科）の過去の分布記録と現状. 分類 13 : 93-101.
- 伊藤秀三 1997. 日韓海峡域の植物と植生の地理学. 長崎大学教養部紀要（自然科学篇）38 : 25-51.
- 鹿児島県 2016. 植物絶滅危惧 I 類（603 種）（平成 27 年度改訂）. <http://www.pref.kagoshima.jp/ad04/kurashikankyo/kankyo/yasei/reddata/plant-list1.html>（2018 年 11 月 3 日閲覧）
- 環境省 2015. 「レッドデータブック 2014 ―日本の絶滅のおそれのある野生生物― 8 植物 I（維管束植物）」ぎょうせい、東京.
- 環境省 2018. 環境省レッドリスト 2018 の公表について. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/109278.pdf>（2018 年 11 月 3 日閲覧）
- 加藤雅啓・海老原淳（編）2011. 「日本の固有植物」東海大学出版会 : 503.
- 長岡信治 2001. 対馬と対馬海峡. 町田洋・太田陽子・河名俊男・森脇 広（編）「日本の地形 7 九州・南西諸島」東京大学出版会、東京 : 106-109.
- 長崎県 2017. 第 2 種 特定鳥獣（ニホンジカ）管理計画. <https://www.pref.nagasaki.jp/shared/uploads/2017/04/1493341836.pdf>（2018 年 10 月 12 日閲覧）
- 中西弘樹 2013. 長崎県の固有植物について. 長崎県生物学会誌 73 : 10-13.
- 鈴木（東）浩司・福原達人・伊藤麻子・中西弘樹. 2018. 対馬神崎半島におけるシカ排除による植生回復試験. 自然保護助成基金成果報告書 26: 51-58.
- 高橋 清 1976. 対馬の地質. 長崎県生物学会（編）「対馬の生物」長崎県生物学会、長崎 : 11-19.

Research for biodiversity hotspots for conservation of rare plant species in Tsushima Island

SUZUKI Hiroshi, YAMAMOTO Takenori and NAKANISHI Hiroki

Tsushima is located between Kyushu main land and the Korean Peninsula, where rare and endemic plant species are distributed, and it is one of the biodiversity hot spots in Japan. However, in recent years, forest floor vegetation is remarkably damaged due to deer grazing and the survival of the rare plant species have been threatened. Therefore, in order to conserve the rare plant species, we attempted to explore unknown habitats of the rare plant species. We explored ridges of a mountains and valleys around Mt. Shiradake and Mt. Tatsura, where are the center of distributions of some rare plant species, *Saussurea insularis* (CR), *Tilingia tsushimensis* (EN), *Thalictrum uchiyamae* (EN). As a results, we found some new localities for these plant species. On the other hand, we also explored lowland forest to find new locality of *Berteroella maximowiczii* (CR). However, we could not find any new locality for this species.

Key words: endangered species, habitat conservation, herbaceous plant, endemic species, biogeography

噴火の影響を受け続ける口永良部島の自然調査

「人と共に生きる鹿児島島の自然遺産」収集保存事業グループ

金井賢一¹・池 俊人¹・久保紘史郎¹

口永良部島の生物相は新岳の噴火によりしばしば攪乱を受けてきた。とくに 2015 年の噴火では火砕流、火山ガス、降灰により広範囲の植生が破壊された。本研究では、島全体にわたって動植物の標本や生息情報を収集するとともに、2015 年噴火が生物相に与えた影響を重点的に調査した。

火口から海岸部まで火砕流が達した向江浜地区では、火砕流跡地とその周辺環境において植物、昆虫を調査した。火砕流通過地帯でベートトラップによりアリ類の生息状況を調査したところ、植生が完全に破壊された環境で数種のアリが 1 年 5 ヶ月後まで生存していることを確認した。火砕流の温度が比較的低かったことが地中・材営巣性のアリの生存を可能にしたと考えられるが、植生のない状態でどのようにして餌を調達したのかは不明である。

2016 年 3 回の調査で 9 目 56 科 190 種の昆虫を確認したが、そのうち 7 目 34 科 91 種が新記録種であった。今後調査を継続すれば、さらに多くの種が追加される可能性が高い。淡水産魚類は 5 科 8 種が確認された。これらの記録は鹿児島県立博物館研究報告 36 号（2017 年）に掲載済みである（金井 2017; 池 2017）。それ以外の動物や植物については同定作業が完了し次第報告の予定である。標本はすべて鹿児島県立博物館に収蔵されている。今回の研究成果は、2017 年 12 月 23 日～2018 年 2 月 25 日に開催される企画展「口永良部島の自然」にて一般に公開されている。

キーワード：火砕流跡地、アリ類、淡水魚、新記録種

口永良部島は屋久島の北西約 12 km に位置し、北琉球の大隅諸島に属する火山島である（図 1）。新岳火口は 2014 年 8 月 3 日に噴火し、その後 2015 年 5 月 29 日には火砕流を伴う爆発的噴火を生じた。これにより全島民は避難を余儀なくされ、約半年後の 12 月 25 日に帰島することができた。

南九州では過去 4 回のカルデラ形成を伴う大規模な噴火があり（加久藤、阿多、始良、鬼界）、その他にも小規模な噴火が継続している（例えば 2011 年 1 月 26 日霧島山系新燃岳噴火）。南九州に生息する生物は、これらの噴火を乗り越



図 1 大隅諸島

1: 鹿児島県立博物館
2017.11.27 受付 2019.4.5 公開

えてきたものである。噴火直後の状況を知ること、過去の噴火を生きのびた生物がどのように再興するのかを知る上で重要だが、いままであまりそのような研究は知られていない。

そこで、県立博物館では噴火後1年を経過した時点から口永良部島の状況を調査し、その結果を企画展として広く一般に披露することを目指した。調査結果のまとめにはまだ至っていないが、途中経過を随時まとめているので報告する。

今回の報告書で述べるのは、以下の3テーマである。

I. 口永良部島の昆虫相調査

II. 火砕流跡地に生存していたアリ相

III. 口永良部島の淡水産魚類相

植物分野に関しては、現在結果を集計しているので割愛する。

I. 口永良部島の昆虫相調査

口永良部島の昆虫については、2001年に「生態系多様性地域調査（口永良部島公園区域拡張調査）報告書」が出ている（鹿児島県環境技術協会 2001）。それまでの文献を調査した結果がまとめられており、7目58科216種がリスト化されている。増補改訂琉球列島産昆虫目録（東 2002）では、種ごとに分布する島を示しているが、北琉球に関しては手薄である。例えばカマキリ類は口永良部島に1種も記録がない。その後2013年に東京環境工科専門学校が調査して昆虫16種の新分布記録を報告しているが、これはポスターをweb上に公開しているのみで、印刷物になっていないようである（<http://kuchinoerabu-jima.org/img/2013-12tec.jpg>）。福田（2015）では、2010年10月の蛾の記録（14科113種）が報告されている。著者はその他に口永良部島に関してまとめた報告を確認していないが、個々の図鑑類に新分布記録を散見し

ている。例えば日本産セミ科図鑑（林・税所、2011）ではそれまでに記録の無いクマゼミが報告されており、バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑（日本直翅類学会 2006）には島嶼ごとの分布表が掲載されている。

今回は上記の報告と照らし合わせて、調査結果の中で新分布記録の昆虫をカウントした。

1. 調査日程と調査者

4月28日～30日 金井賢一

7月25日～28日 山根正気、金井賢一

10月17日～20日 山根正気、金井賢一

2. 調査結果

種名の前に◎がついているものは、今回新たに分布が確認された種である。

蜻蛉目（トンボ目）ODONATA

オニヤンマ科 Cordulegasteridae

・オニヤンマ *Anotogaster sieboldii*

ヤンマ科 Aeschnidae

・カトリヤンマ *Gynacantha japonica*

トンボ科 Libellulidae

・ウスバキトンボ *Pantala flavescens*

蟷螂目（カマキリ目）MSANTODEA

カマキリ科 Mantidae

・ハラビロカマキリ *Hierodula patellifera*

ハナカマキリ科 Hymenopodidae

◎サツマヒメカマキリ *Acromantis satumensis*

同翅目（ヨコバイ目）ORTHIPTERA

アオバハゴロモ科 Flatidae

・アオバハゴロモ *Geisha distinctissima*

セミ科 Cicadidae

・クマゼミ *Cryptotympana facialis*

・クロイワツクツク *Meimuna kuroiwa*

・ツクツクボウシ *Meimuna opalifera*

・ニイニイゼミ *Platypleura kaempferi*

・ヒメハルゼミ *Euterpnosia chibensis*

異翅目（カメムシ目）HETEROPTERA

オオホシカメムシ科 Largidae

- ・オオホシカメムシ *Physopelta gutta*
- ・ヒメホシカメムシ *Physopelta cincticollis*
- ナガカメムシ科 Lygaeidae
- ◎オオモンシロナガカメムシ
Metochus abbreviatus
- ヘリカメムシ科 Coreidae
- ◎ヒゲナガヘリカメムシ *Notobitus meleagris*
- カメムシ科 Pentatomidae
- ・チャバネアオカメムシ *Plautia crossota*
- ◎ミナミアオカメムシ *Nezara vividula*
- 直翅目（バッタ目） ORTHOPTERA**
- カマドウマ科 Rhaphidophoridae
- ◎マダラカマドウマ *Diestrammena japonica*
- コオロギ科 Gryllidae
- ◎オカメコオロギ属の一種 *Loxoblemmus* sp.
- ◎ナツノツヅレサセコオロギ
Velarifictorus grylloides
- キリギリス科 Tettigoniidae
- ◎カヤキリ *Pseudorhynchus japonicus*
- ◎ヒサゴクサキリ *Agroecia luteus*
- ツユムシ科 Phaneropteridae
- ◎サトクダマキモドキ *Holochlora japonica*
- オンブバッタ科 Pyrgomorphidae
- ・オンブバッタ *Atractomorpha lata*
- バッタ科 Acrididae
- ・ショウリョウバッタモドキ *Gonista bicolor*
- ・トノサマバッタ *Locusta migratoria*
- ・ハネナガイナゴの一種 *Oxya* sp.
- ・マダラバッタ *Aiolopus tamulus*
- 双翅目（ハエ目） DIPTERA**
- デガシラバエ科 Pyrgotidae
- ◎フトハチモドキバエ *Adapsila fusca*
- ハナアブ科 Syrphidae
- ◎ナカグロコシボソハナアブ
Allobaccha nubilipennis
- ・ナガヒラタアブ *Asarkina porcina*
- ムシヒキアブ科 Asilidae

- ◎アオメアブ *Cophinopoda chinensis*
- メバエ科 Conopidae
- ◎ウスグロメバエ *Zodion cinereum*
- 膜翅目（ハチ目） HYMENOPTERA**
- クモバチ科 Pompilidae
- ・オオシロフクモバチ *Episyron arrogans*
- スズメバチ科 Vespidae
- ・オオフトオビドロバチ
Anterhynchium flavomarginatum
- ・スズバチ *Oreumenes decoratus*
- ◎カタグロチビドロバチ *Stenodynerus chinensis*
- ・ムモントックリバチ *Eumenes rubronotatus*
- ・キアシナガバチ *Polistes rothneyi*
- ◎キボシアシナガバチ *Polistes mandarinus*
- ・セグロアシナガバチ *Polistes jadwigae*
- ・コガタスズメバチ *Vespa analis*
- ツチバチ科 Scoliidae
- ・アカアシハラナガツチバチ
Campsomeris mojiensis
- アナバチ科 Sphecidae
- ・コクロアナバチ *Isodontia nigella*
- ◎クロアナバチ *Sphex (Sphex) argentatus*
- ミツバチ科 Apidae
- ・アマミクマバチ
Xylocopa (Alloxylocopa) amamensis
- ・ニッポンヒゲナガハナバチ
Eucera (Synhalonia) nipponensis
- 鞘翅目（コガネムシ目） COLEOPTERA**
- ハンミョウ科 Cicindelidae
- ・ハンミョウ *Cicindela chinensis*
- オサムシ科 Carabidae
- ◎キュウシュウツヤゴモクムシ
Trichotichnus vespertinus
- シデムシ科 Silphidae
- ◎モモブトシデムシ *Necrodes nigricornis*
- クワガタムシ科 Lucanidae
- ・ノコギリクワガタ 口永良部島亜種

Prosopocoilus inclinatus kuchinoerabuensis

- ・ネプトクワガタ *Aegus laevicollis*

コガネムシ科 Scarabaeidae

- ・カドマルエンマコガネ *Onthophagus lenzii*
- ・オオカンショコガネ *Apogonia major*
- ・フタスジカンショコガネ *Apogonia bicarinata*
- ・オオコフキコガネ *Melolontha frater*

◎マメコガネ *Popillia japonica*

- ・アオドウガネ *Anomala albopilosa*
- ・ドウガネブイブイ *Anomala cuprea*
- ・ヒメコガネ *Anomala rufocuprea*
- ・シロテンハナムグリ *Protaetia orientalis*
- ・カブトムシ口之永良部島亜種

Trypoxylus dichotomus tsuchiyai

タマムシ科 Buprestidae

- ・アヤムネスジタマムシ *Chrysodema lewisii*

コメツキムシ科 Elateridae

◎シロモンサビキコリ *Agrypnus scutellaris*

◎オオフタモンウバタマコメツキ

Paracalais larvatus

カッコウムシ科 Cleridae

◎イガラシカッコウムシ *Tillus igarashii*

コメツキモドキ科 Languriidae

- ・ニホンホホビロコメツキモドキ

Dauledaya bucculenta

テントウムシ科 Coccinellidae

◎クリサキテントウ *Harmonia yedoensis*

◎ニジュウヤホシテントウ

Epilachna vigintioctopunctata

ゴミムシダマシ科 Tenebrionidae

- ・モンキゴミムシダマシ *Diaperis lewisi*

カミキリモドキ科 Oedemeridae

◎カトウカミキリモドキ *Xanthochroa katoi*

◎ハイイロカミキリモドキ *Eobia cinereipennis*

◎ツマグロランプカミキリモドキ

Eobia chinensis

カミキリムシ科 Cerambycidae

- ・クロカミキリ *Spondylis buprestoides*

- ・ヨツスジトラカミキリ

Chlorophorus quinquefasciatus

- ・アメイロカミキリ *Stenodryas clavigera*

- ・オビレカミキリ *Euseboides matsudai*

- ・ムツボシシロカミキリ *Olenecamptus taiwanus*

ハムシ科 Chrysomelidae

◎キボシツツハムシ *Cryptocephalus perelegans*

◎アカガネサルハムシ *Acrothinium gaschkevitchii*

◎ウリハムシ *Aulacophora femoralis*

- ・クロウリハムシ *Aulacophora nigripennis*

向江浜 (1ex. 25.VII)

◎オキナワイチモンジハムシ

Morphosphaera coerulea

ゾウムシ科 Curculionidae

◎ニセマツノシラホシゾウムシ

Shirahoshizo rufescens

オサゾウムシ科 Rhynchophoridae

◎オオゾウムシ *Sipalinus gigas*

鱗翅目 (チョウ目) **LEPIDOPTERA**

アゲハチョウ科 Papilionidae

- ・アオスジアゲハ *Graphium sarpedon*

- ・ミカドアゲハ *Graphium doson*

- ・モンキアゲハ *Papilio helenus*

- ・ナガサキアゲハ *Papilio memnon*

シロチョウ科 Pieridae

- ・ウスキシロチョウ *Catopsilia pomona*

- ・ツマベニチョウ *Hebomoia glaucippe*

シジミチョウ科 Lycaenidae

- ・アマミウラナシジミ *Nacaduba kurava*

- ・クロマダラソテツシジミ *Chilades pandava*

- ・ヤマトシジミ *Zizeeria maha*

タテハチョウ科 Nymphalidae

- ・アカタテハ *Vanessa indica*

- ・イシガケチョウ *Cyrestis thyodamas*

- ・リュウキュウムラサキ *Hypolimnas bolina*

- ・カバマダラ *Danaus chrysippus*

- ・ヒメジャノメ *Mycalesis gotama*
- セセリチョウ科 Hesperidae
- ◎キマダラセセリ *Potanthus flavus*
- ・イチモンジセセリ *Parnara guttata*
- ・チャバネセセリ *Pelopidas mathias*
- ボクトウガ科 Cossidae
- ・ゴマフボクトウ *Zeuzera multistrigata leuconota*
- ハマキガ科 Tortricidae
- ◎マツアトキハマキ *Archips oporana*
- ・クロシオハマキ *Archips peratratus*
- ◎スギハマキ *Homona issikii*
- ◎コシロアシヒメハマキ
Hystichoscelus spathanum
- ◎コアシブトヒメハマキ *Cryptophlebia distorta*
- マイコガ科 Heliodinidae
- ◎キイロマイコガ *Stathmopoda auriferella*
- ツトガ科 Crambidae
- ◎シロスジツトガ *Crambus argyrophorus*
- ・モンキシロノメイガ *Cirrhochrusta brizoalis*
- ◎モンキノメイガ *Pelena sericea*
- ◎コガタシロモンノメイガ *Pileocera sodalis*
- ◎ムラサキクルマメイガ *Clupeosoma purpureum*
- ◎ツマアカシマメイガ *Orthopygia nannodes*
- ◎ヒメミツテンノメイガ *Mabrya nigriscripta*
- ◎フタマタノメイガ *Pagyda arbiter*
- ◎ナカオビノメイガ *Hydriris ornatalis*
- ・シロモンノメイガ *Bocchoris inspersalis*
- ・ハグルマノメイガ *Nervina procopia*
- ◎ナカキトガリノメイガ *Preneopogon catenalis*
- ◎オオキノメイガ *Botyodes principalis*
- ・ミナミウコンノメイガ *Pleuroptya sabinusalis*
- ◎ホソミスジノメイガ *Pleuroptya chlorophanta*
- ◎コツチイロノメイガ *Syllepte cissalis*
- ・ミツシロモンノメイガ *Glyphodes actorionalis*
- ◎フタホシノメイガ *Glyphodes bipunctalis*
- ◎イカリモンノメイガ *Agrioglypta itysalis*
- ◎ケブカキイロノメイガ *Thliptoceras amamiale*
- ◎シロテンウスグロノメイガ
Bradina atopalis erectalis
- ◎ウスオビクロノメイガ
Herpetogramma fuscescens
- ◎コキモンウスグロノメイガ
Herpetogramma pseudomagnum
- ◎モンキクロノメイガ
Herpetogramma luctuosale zelleri
- ◎キアヤヒメノメイガ *Diasemia accalis*
- ◎タケノメイガ *Crypsiptera coclesalis*
- メイガ科 Pyralidae
- ・キベリトガリメイガ *Endotricha minialis*
- ◎ウスベニトガリメイガ *Endotricha olivacealis*
- ◎コマエジロホソメイガ *Polyocha diversella*
- シャクガ科 Geometridae
- ◎サザナミシロアオシャク
Thalassodes immissarius
- ・ヨツモンマエジロアオシャク
Comibaena procumbaria
- ・コヨツメアオシャク
Comostola subtiliaria nympha
- ◎ウスキトガリヒメシャク *Scopula confusa*
- ◎ナミスジチビヒメシャク *Scopula personata*
- ・ギンバネヒメシャク *Scopula epiorrhoe*
- ・シモフリシロヒメシャク *Scopula coniaris*
- ◎トビスジヒメナミシャク *Orthonama obstipata*
- ◎ヤスジカバナミシャク
Eupithecia mandschurica japonica
- ◎サビイロナミシャク
Pseudocollix hyperythrus catalalia
- ◎ハグルマエダシャク *Synegia hadassa*
- ・ツマジロエダシャク *Krananda latimarginaria*
- ◎クロフシロエダシャク *Dilophodes elegans*
- ・ヤクシマフトスジエダシャク *Cleora minutaria*
- ・オオマエキトビエダシャク
Nothomiza oxygoniodes
- ◎ヒメウコンエダシャク *Corymica arnearia*

- ◎ウスキツバメエダシヤク *Ourapteryx nivea*
- ヒトリガ科 Arctiidae
- ・ツマキホソバ *Eilema laevis*
- ◎ヒトテナカスジコケガ *Cyana unipunctata*
- ◎ヒメホシコケガ *Lyclene dharmabutleri*
- カイコガ科 Bombycidae
- ◎クワコ *Bombyx mandarina*
- スズメガ科 Sphingidae
- ◎ハネナガブドウズズメ *Acosmeryx naga*
- ◎ブドウズズメ *Acosmeryx castanea*
- ヤガ科 Noctuidae
- ◎ウラギンキヨトウ *Mythimna hamifera*
- ◎マメチャイロキヨトウ *Mythimna stolidia*
- ◎アオフシラクモヨトウ *Antapamea conciliata*
- ・スジキリヨトウ *Spodoptera depravata*
- ・ヒメツマキリヨトウ *Callopistria duplicans*
- ・マダラツマキリヨトウ *Callopistria repleta*
- ・ナカウスツマキリヨトウ *Callopistria maillardi*
- ◎ウスキツマキリコヤガ *Lophorhiza lunifera*
- ◎アトキシジクマコヤガ *Oruza mira*
- ◎ヒメゴマフコヤガ
- Metaemene atriguttata maculata*
- ・オキナワウスイロコヤガ *Azumaia micardiopsis*
- ・クロスジユミモンクチバ *Melapia japonica*
- ◎キマエコノハ *Eudocima salaminia*
- ◎タイワンキシタクチバ *Hypocala subsatura*
- ・シャクドウクチバ *Mecodina nubiferalis*
- ・ソトハガタアツバ *Olulis puncticinctalis*
- ・ウスグロセニジモンアツバ *Paragona inchoata*
- ・モンクロキシタアツバ *Hypena sagitta*
- ・クロキシタアツバ *Hypena amica*
- ・ウスツマアツバ *Bomolocha perspicua*
- ・ソトウスグロアツバ *Hydrillodes lentalis*
- ◎マルバネウスグロアツバ *Hydrillodes pacificus*
- ◎シロテムラサキアツバ *Paracolax pryeri*
- ◎シロヘリアツバ *Simplicia mistacalis*
- ・ヤクシマコブヒゲアツバ

Zanclognatha yakushimalis

◎シラナミアツバ *Herminia innocens*

◎オオシラナミアツバ *Hipoepa fractalis*

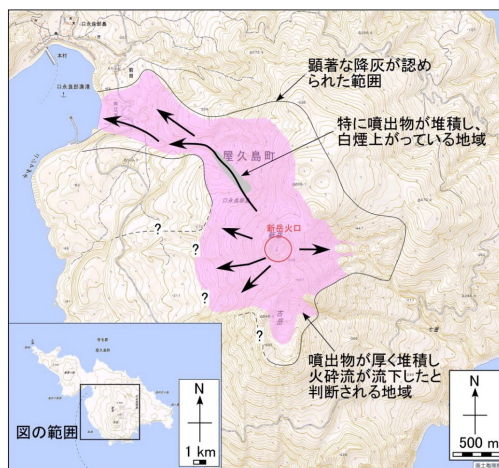
◎トビイロトラガ *Sarbanissa subflava*

3. まとめ

今回の調査で、9目56科190種の昆虫を確認したが、そのうち7目34科にわたる91種が新分布とされた。口永良部島は調査が不足している地域であり、発表されたデータも少ない。さまざまな時期に調査することで、今後も新しい知見を蓄積していくことが必要であろう。特に灯火装置を必要とする蛾類については、調査回数を増やすほどに新たな記録が期待できる。

II. 火砕流跡地に生存していたアリ相

口永良部島は1980年の噴火を最後に静穏であったが、2014年8月3日に新岳山頂が噴火した。このときの火砕流は火口を中心にした狭い範囲に限定された。しかし、2015年5月29日にさらに規模の大きい噴火が発生し、火口からほぼ全方向へ火砕流が広がった。この噴火では西・北西方向に走流したものは海岸部の向江浜までが到達し（産業技術総合研究所、2015a；図2）、また南西方向では海上を1 km



ほど進んだ（産業技術総合研究所 2015b）。この噴火で全島民が 2015 年 12 月まで半年間島外に避難を余儀なくされた。

今回の火砕流は 100 ～ 400 °C と通常の火砕流に比べ低温であった（産業技術総合研究所 2015a）。そのため、隣接地からの生物の再移住は陸伝いに可能であり、また火砕流を生き延びた生物の存在も想定された。

著者らは 2016 年 4 月から 10 月にかけて 3 回調査に入り、火砕流跡地である向江浜とその周辺でアリ相を調査し、比較した。

1. 調査

1) 日程と調査者：調査は全て 2016 年である。

4 月 28 日～ 4 月 30 日：金井

7 月 25 日～ 7 月 28 日：山根、金井

10 月 17 日～ 10 月 20 日：山根、金井

なお 4 月の前田地区および向江浜地区、7 月と 10 月の向江浜地区は、噴火による火砕流や雨による土石流の恐れにより立ち入り禁止区域に指定されており、屋久島町に許可を得て調査を行った。

2) 調査地（図 3）

以下の異なった環境で調査を実施した：(a) 火砕流の影響を全く受けていない林床（向江浜：図 4）、(b) 火山性ガスの影響で樹木が立ち枯れ、あるいは胴吹き芽を形成している林床（前田～向江浜間：図 5）、(c) 火砕流によって樹木がなぎ倒された環境（向江浜：図 6）、

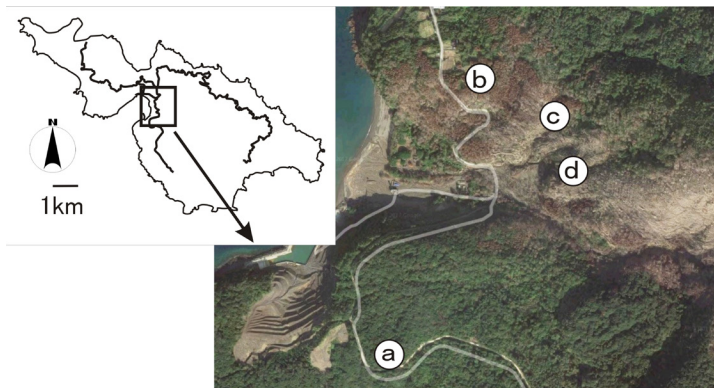


図 3 調査地（口永良部島向江浜）。(a) 火砕流の影響のない林床、(b) 火山性ガスの影響で立ち枯れのある林床、(c) 火砕流により樹木がなぎ倒された環境、(d) 火砕流後に土石流によって表土が安定しない環境。



図 4 火砕流の影響がない林床



図 5 火山性ガスの影響で立ち枯れのある林床



図6 火砕流によって樹木がなぎ倒された環境



図7 火砕流後に土石流によって表土が安定しない環境

表1 各調査区でのベイト誘引率

	(a) 無影響		(b) ガス影響地		(c) 火砕流影響地			(d) 火砕流・土石流影響地	
	7月		4月	7月	4月	7月	10月	(d-1) 10月	(d-2) 10月
設置ベイト数	30		11	30	11	30	20	10	30
誘引されたベイト数	30		9	30	8	27	18	8	20
誘因率	100%		82%	100%	73%	90%	90%	80%	67%

(d) 火砕流の後に土石流によって表土が落ち着かず植生の回復がない環境(向江浜:図7)。(d)についてはさらに(d-1)やや植生の回復が見られる場所との境界線近くおよび(d-2)中央部に分けて、その違いを見た。なお、3回の調査で毎回データをとれたのは(c)の環境のみで、残りは調査ごとに取捨選択して行った(表1)。

3) 調査方法

各調査地でライントランセクトを設定し、蜂蜜ベイトを用いて誘引されたアリを採集した。およそ30%に希釈した蜂蜜を3cm×2.5cmのカット綿にしみこませ、約2m間隔に10個～30個配置した。設置後約60分までの間に2～3回見まわり、ベイトにきたアリを全種について1～数個体ピンセットで採集し、80%エタノールの入ったサンプル管に固定した。その後マウントして標本作製し、同定した。

ベイトに誘引されたアリの行動や営巣場所の確認もおこなったが、本稿では詳しくは述べな

い。火砕流跡地ではイエローパントラップを用いて、アリにとっての潜在的な餌の存在を調査したが、まだ解析は終わっていない。

2. 結果

各調査において設置したベイト数およびアリ類が誘引されたベイトの数と誘因率を表1に示す。これによれば、どの環境下でもベイトにアリ類は誘引されていた。また火砕流・土石流の影響は(a)無影響>(b)火山ガス>(c)火砕流>(d)火砕流・土石流と、攪乱が激しいほど誘因率が下がる傾向を見せた。

設置されたベイトに、どのような種がどれくらいの頻度で誘引されていたかを表2に示す。表中の%は、それぞれの種が誘引された頻度を示している。合計して100%を超える場合には、一つのベイトに2種以上が来ていたことを示している。(a)～(d)の4地域では合計10種がベイトに誘引された。そのうちオオズアリ *Pheidole noda* (F. Smith), ミナミオオ

ズアリ *P. fervens* F. Smith は全ての環境で誘引されており、アメイロアリ *Nylanderia flavipes* (F. Smith) は比較的攪乱の小さな環境で、オオシワアリ *Tetramorium bicarinatum* (Nylander) は攪乱の大きな環境で、クロヒメアリ *Monomorium chinense* Santschi は火砕流影響地でのみ確認された。残りの5種は偶発的に、ごく少数誘引されていた。

さらに、火砕流影響地 (c) では、オオズアリが4月、7月に誘引されていたにもかかわらず10月には見られなくなり、ミナミオオズアリの誘引率が47%から75%へと上昇している。また10月調査で土石流・火砕流影響地 (d) の中で比較すると、比較的攪乱の小さい周辺部ではミナミオオズアリ (60%) > オオシワアリ (10%) だが、攪乱の激しい中央部ではミ



図8 バイトに誘引されたオオズアリのメジャーワーカー

ナミオオズアリ (37%) = オオシワアリ (37%) と、オオシワアリが増加している。

オオズアリ属の種はワーカー (働きアリ) にメジャー (大型) とマイナー (小型) の2型がある。オオズアリ、ミナミオオズアリでは、どの環境下でもマイナーワーカーに加えてメジャーワーカーも多数誘引されていた (図8)。オオシワアリも大量にワーカーが動員されており、帰巣個体を追跡して枯れ木内に巣があることも確認した。

3. 考察

1) 火砕流を生きのびたアリ類

今回火砕流地帯でベイトに誘引されたオオズアリ、ミナミオオズアリは、メジャーワーカーを大量に動員していた。もし2015年6月以降に女王アリが巣を創設したならば、1年後にこれだけ多くのメジャーワーカーを保有することは非常に難しいことから、この2種は火砕流が地表を襲った際に、おそらく地下の巣内で生き残ったと想像される。また、火砕流・土石流地帯でオオシワアリが多量に動員されていたが、これもコロニーの創設後1年しか経過していない巣の規模とは思われない。向江浜で火砕流が流れた幅は140～300mあり、これらの種が火砕流の影響の無い地帯からベイトに誘引されたとは考えられない (近隣地域からの採餌のためのアリ道形成は確認できなかった)。隣接地域

表2 誘引されたアリの種数と頻度

	(a) 無影響			(b) ガス影響地			(c) 火砕流影響地			(d) 火砕流・土石流影響地	
	7月	4月	7月	4月	7月	10月	4月	7月	10月	(d-1) 10月	(d-2) 10月
設置ベイト数	30	11	30	11	30	20	10	30	20	10	30
オオズアリ	80%	73%	80%	9%	17%	0%	20%	7%	0%	20%	7%
ミナミオオズアリ	27%	9%	47%	55%	47%	75%	60%	37%	60%	37%	37%
オオシワアリ				0%	7%	0%	10%	37%	10%	37%	37%
アメイロアリ	27%	18%	10%	36%							
クロヒメアリ				9%	37%	35%					
トゲハダカアリ					3%	10%					
タテシナウメマツアリ				9%							
アシジロヒラフシアリ	3%										
キイロシリアゲアリ			3%								
オオハリアリ											3%

からコロニーごと移住してきた可能性を完全に排除することはできないが、ほぼ完全な裸地で餌資源に乏しい場所にあって引っ越すことのメリットは考えにくい。以上のことから、火砕流跡地で確認された種の少なくとも一部は火砕流を生き延びたと強く推定される。生き残った理由としては、今回の火砕流は温度が低かったこと（樹木は枯れて倒れたが、燃えたあとは確認されなかった）、滞留時間が短かったことが上げられる。

2) 環境の変化に伴うアリ相の変化

噴火前の2014年4月29日の写真（図9）では、向江浜には樹林が写っており、その中を道路が走っていた。照葉樹林の中に小さな攪乱地があったと思われる。火砕流により大規模な攪乱地が創出され、それによりアリ相が変化した。具体的には照葉樹林（a）で多く観察されたアメロアリは（c）や（d）では攪乱後見られなくなり、ミナミオズアリとオオシワアリが優占するようになったと推定される。クロヒメアリも火砕流地帯（c）では増加したことが想定される。オオズアリは森林で優先する種であるが、競争種がいない場合開けた場所にも進出する。本種は火砕流跡地で生きのびたと考えられるが、7月から10月にかけて（c）で見られな



図9 2011年4月29日に海上から撮影した向江浜。写真左下のセメント工場から上に向かって、火砕流が流れた谷が走っている。

くなったことから、今後攪乱の大きな地域では減少していくことが予想される。こうした変化を確認するには、今後少なくとも数年間のモニターが必要であろう。

III. 口永良部島の淡水産魚類相

口永良部島には小規模な河川がいくつかあるものの、島内の淡水魚については、これまで断片的な情報があるだけである（中坊編2013；米沢・四宮2016）。今回、口永良部島で淡水魚類の採集調査を行う機会を得たので、その結果を報告する。

1. 調査地点

筆者は2016年10月26日と27日の2日間、島内の河川や湿地の4水系5地点（図10、表3）において、淡水魚類の採集調査を行った。

Aは島の西部にある河川で、下流部は傾斜も小さく、緩やかに海岸に流下していた。

Bはかつて水田だったが、現在は耕作放棄されて湿地となっており、その中を小河川が流れ、途中の流れが緩やかな場所にはホテイアオイが

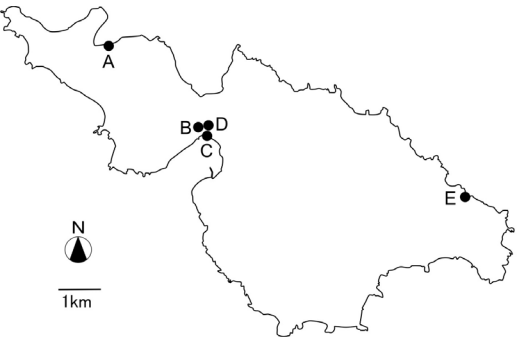


図10 口永良部島での調査地点

表3 調査地点の概要

地点	水系	河川形態	流幅(m)
A	岩屋泊地先の川	下流部	1.5
B	本村地先の湿地	湿地と小河川	0.5-3.0
C	本村地先の川	下流部	2
D	"	側溝	1
E	湯向川	下流部	1.5

水面に密生している。さらに流下した先の本村集落では暗渠となり、本村港で海岸に達する。CとDは同じ河川だが、Bの河川よりもわずかに東側に位置する。この河川もBの河川と同様に本村集落内では暗渠となり、本村港で海岸に達する。Cは海岸の護岸から海までの数十mの範囲で、砂礫の間や植物の根元などに魚類や甲殻類が生息していた。Cより上流にあるDは金岳小・中学校の前に位置し、コンクリート三面張りの側溝で、底には砂利が堆積し、魚類の他にオニヌマエビやテナガエビ類も多数生息していた。

Eは島の東部にある湯向川の下流で、温泉からの温排水が流入しているため水温が高かった。河口付近では人頭大の転石の間を、急傾斜を海に流下している。

採集方法にはタモ網を用いて、1地点あたり数十分間の採集を行うこととした。採集した魚類の一部は当館に持ち帰り、同定に供した。同定には中坊編（2013）を用い、本報告で使用した標準和名もこれに従った。

2. 結果と所見

今回、口永良部島で確認できた淡水魚類は、5科8種であった（表4）。

種数は非常に少なく、純淡水魚はドジョウのみであった。その他はすべて通し回遊魚である。原因としては口永良部島の地史の他に、陸水域の規模が極めて小さいことや、度重なる火山噴火の影響などが考えられる。

確認された通し回遊魚の分布域をみると、オオクチユゴイ、ユゴイ、テンジクカワアナゴ、ナンヨウボウズハゼなどの、琉球列島を主な分布域としている種が多いことが分かる。黒潮による仔魚が散布されたことで、口永良部島に生息していることが強く示唆される。

今回確認できなかった淡水魚類としては、オオウナギが挙げられる。口永良部島ではしばしば観察されており、当館の久保紘史郎氏も2016年11月17日に前田集落近くの金ヶ迫川で、全長約1mの個体を観察している。

文献によれば、口永良部島からは他にもルリボウズハゼが確認されている（中坊（編）2013；米沢・四宮2016）。米沢・四宮（2016）は、さらにタウナギ属の1種の目撃例があることも述べている。今回はこれら2種を確認できなかったが、今後も調査が行われて、より知見が蓄積されることが期待される。

謝辞

屋久島町には立入禁止区域への立入許可を頂いた。山根正気氏には調査に同行して頂き、灯火採集などに協力を頂くと共に、調査について助言を頂いた。福田輝彦氏には蛾類の標本作製・同定で大変お世話になった。守山泰司氏にはキマダラセセリについてご教示頂いた。

「えらぶ年寄り組」の山口英昌氏には、情報提供や安全確認についてご支援いただいた。屋久島町役場口永良部出張所の川東久志氏には、噴火前の口永良部島の環境写真を提供いただいた。

一般財団法人鹿児島県環境技術協会の米沢俊彦氏には、口永良部島の淡水魚の情報について教えていただいた。

以上の方々に心から感謝申し上げます。

表4 観察した淡水魚類

標準和名	地点別の観察個体数					標準体長 (mm)
	A	B	C	D	E	
ニホンウナギ		1				約130
ドジョウ		1				約60
オオクチユゴイ			5			19.7-26.5
ユゴイ			11			20.4-52.0
テンジクカワアナゴ		2	1			34.0-79.0
ボウズハゼ				3		28.3-46.0
ナンヨウボウズハゼ	3					17.3-19.2
クロヨシノボリ		6	1		1	26.8-50.0

引用文献

- 東 清二(監修) 2002. 「増補改訂琉球列島産昆虫目録」 沖縄生物学会, 西原町(沖縄県): 570.
- 福田晴夫・守山泰司 2013. 鹿児島県産チョウ類の分布ノート. *Satsuma* 150: 3-40.
- 福田輝彦 2015. 黒島, 硫黄島, 口永良部島 10 月の蛾類採集記録. *Satsuma* 154: 17-24.
- 林 正美・税所康正 2011. 「日本産セミ科図鑑」誠文堂新光社, 東京: 223.
- 池 俊人 2017. 口永良部島で観察した淡水魚類. 鹿児島県立博物館研究報告 36: 25-27.
- 鹿児島県環境技術協会 2001. 生態系多様性地域調査(口永良部島公園区域拡張調査) 報告書. 環境省請負業務, 鹿児島: 161.
- 金井賢一 2017. 口永良部島の昆虫(2016 年). 鹿児島県立博物館研究報告 36: 15-23.
- 小林裕和・松本 武 2011. 「日本産コガネムシ上科図説 第 3 巻(食葉群 2)」昆虫文献六本脚, 東京: 178.
- 中坊徹次(編) 2013. 「日本産魚類検索 全種の同定, 第三版」東海大学出版部, 秦野: 415.
- 日本直翅類学会編 2006. 「バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑」北海道大学出版会, 札幌: 687.
- 産業技術総合研究所 2015a. 口永良部島 2015 年 5 月 29 日噴火の噴出物分布(速報). 火山噴火予知連絡会.
- 産業技術総合研究所 2015b. 口永良部島 2015 年 5 月 29 日噴火の火砕流. 火山噴火予知連絡会.
- 米沢俊彦・四宮明彦 2016. 汽水・淡水産魚類. 鹿児島県環境林務部自然保護課 編「改訂・鹿児島県の絶滅のおそれのある野生動植物 動物編 ― 鹿児島県レッドデータブック 2016」一般財団法人鹿児島県環境技術協会, 鹿児島: 71-108.

Study on the natural history of Kuchinoerabu Island, an island repeatedly disturbed by volcanic eruptions

KANAI Kenichi, IKE Toshihito and KUBO Koushirou

The biota of Kuchinoerabu Island has been repeatedly damaged by eruptions of Shin-dake. In particular, the vegetation was extensively destroyed by the 2015 eruptions that were accompanied with pyroclastic flows, volcanic gas and ash-fall. In this research plants and animals and their distribution data were amassed from various parts of the island, with special attention to the effect of the pyroclastic flow on the flora and fauna.

At Mukae-hama, lying on the course of one of the pyroclastic flows, the plants and insects were sampled. The survey on the ant fauna revealed the survival of some ant species for one year and 5 months without any vegetation. This could be possible because of the relatively low temperature of the flow, but it is not known how they got food in the sterile land.

Among the insects (190 species belonging to 56 families in 9 orders) collected during three collecting trips, 91 species belonging to 34 families in 7 orders were new to the island. Further collection effort should add many more new records. Eight species (5 families) of freshwater fish were collected. These records were already reported in Bulletin of the Kagoshima Prefectural Museum, 36 (2017) (Kanai 2017; Ike 2017). The records of other animals and plants will be reported immediately after identification. All the specimens are deposited in the Kagoshima Prefectural Museum.

The results of this research were exhibited to the public from 23rd December 2017 to 25th February 2018 as a museum project: The Natural History of Kuchinoerabu Island.

Key words: pyroclastic flow, ants, freshwater fish, new records

伊豆諸島の地下生菌はいつ、どこからやってきたのか —海洋島の大型菌類の多様性解明と保全に向けた基礎的研究—

島嶼菌類研究グループ

折原 貴道¹・山本 航平²・大場由美子³・阿部 晴恵⁴

トリュフ類やショウロなどに代表される地下生菌は、きのこ（大型の子実体）を形成する菌類のさまざまな系統にわたって収斂的に進化している菌群である。地下生菌は子実体内部の胞子を自力で散布できず、主に小動物に摂食により胞子を広域散布していると考えられている。そのため、伊豆諸島などの海洋島への分散には不向きな形態と考えられるが、実際には、伊豆諸島の森林にも複数種分布している。本研究では、伊豆諸島の森林（主にスダジイ林）における地下生菌の多様性を明らかにし、それらがいつ、どこから、どのように伊豆諸島へ分布を広げたのかを探るとともに、それらの種組成や遺伝的多様性から、伊豆諸島の森林の特殊性を評価することを目標とした。調査の結果、伊豆諸島から合計 12 属 22 種の地下生子囊菌・担子菌類が確認された。それらの種について他地域産標本との遺伝的分化の比較を行ったところ、供試したすべての種について、明瞭な遺伝的分化が確認されなかった。中には北琉球など地理的に離れたサンプルと遺伝的に近似しているものもあり、これらの地下生菌は、比較的近年に複数地域から広域分散により伊豆諸島に分布を広げた可能性が示唆された。

キーワード：きのこ、島嶼生物地理、菌根菌、環境評価、シクエストレート菌

1. 序論

伊豆諸島の島々では、海を越えた種子散布に本来不向きであるスダジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatusima ex Yamazaki et Masiba がしばしば森林を形成し、海洋島としては特異な林相をなしている。先行研究において、伊豆諸島のスダジイは遺伝的に南関東の個体群に近いことが示されている (Aoki et al. 2014)。スダジイは様々なきのこ類（菌根菌）と地中で外生菌根を形成し共生しており、このような菌根共生は宿主樹木の生長や森林の維持に不可欠である。日本本土と同様、伊豆諸島のスダジイ林にも多様なきのこ類が見られるが、これらの多様性に

についての学術的知見はこれまでにほとんど得られていない。また、伊豆諸島の菌根菌のルーツも直接的に解明されておらず、宿主であるスダジイと必ずしもルーツが同じであるとは限らない。しかし、筆者らのこれまでの予備的調査において、伊豆諸島に見られる菌根菌の中には、地中やリター層にきのこ（大型の子実体）を形成する、地下生菌とよばれる菌類も複数確認された。これら地下生菌の特殊な生態に着目し、地下生菌の多様性と系統を調べることで、伊豆諸島の大型菌類（きのこ類）の特殊性、ひいては伊豆諸島の森林の特殊性を評価することを、本研究の最終的な目標とした。

1: 神奈川県立 生命の星・地球博物館 2: 栃木県立博物館 3: 静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育部 4: 新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター
2019.1.21 受付 2019.4.5 公開

地下生菌に含まれる菌類のうち、有名なものとしては、子囊菌門に含まれるトリュフ類 (*Tuber* spp.) や、担子菌門に含まれるショウロ (*Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. Fr.; 松露) が挙げられる。地下生菌は菌類の多数の系統から収斂進化した菌群であり、担子菌門、子囊菌門のきのこ類の他、ケカビ門の一部の分類群 (アツギケカビ目やグロムス亜門) においてもトリュフ型の孢子集合体 (孢子果) を地中に作るものが知られている (折原・出川 2018) (図 1)。地下生菌の子実体は主に類球形～垂球形で、多くの場合、柄は退化し、孢子を形成する組織が外皮に被われた状態で成熟する。ほとんどの地下生菌は、孢子の形成細胞 (担子器や子嚢など) から自力で孢子を射出する仕組みも失っているため、風を利用して自力で孢子を遠方へ散布することができない。その代わりに、多くの地下生菌はそれぞれの分類群特有のにおいを有しており、それによってげっ歯類や節足動物などの小動物を誘引し、子実体を摂食されることにより、孢子を遠方へ散布していると考えられている。

このような孢子散布様式を前提とすると、地下生菌の分布範囲は菌食動物の行動範囲に強く影響を受けることが予想される。それゆえ、海を越えた広域分散は難しいと考えられる。しかし、前述のように、実際には海洋島である伊豆諸島にも、複数の地下生菌が分布している。こ



図 1 地上生イグチ類の一種、キッコウアワタケ (左) とその共通祖先から進化した地下生菌、ジャガイモタケ (右)。筆者らにより、後者に対して新属 *Heliogaster* Orihara & K. Iwase が設立された (Orihara et al. 2010)

れら伊豆諸島の地下生菌は、いつ、どこから、どのように伊豆諸島へ分布を広げたのか。この謎の一端が明らかになれば、これまでに見地から、伊豆諸島の森林 (特にスダジイ林) の特殊性の評価が可能になると期待される。同時に、同地での地下生菌多様性を明らかにすることは、未解明である伊豆諸島のきのこ類多様性を解明してゆくうえでも重要である。本研究課題では、これらの点を目標として、分類学的、系統学的、および集団遺伝学的手法に基づいて、伊豆諸島およびその周辺地域での地下生菌の基礎的調査研究を実施した。

II. 試料と方法

1. 調査地、調査方法、および観察方法

本研究の主な調査対象地は伊豆諸島と隣接する本州の諸地域 (伊豆半島および関東地方) とした (図 2)。伊豆諸島については、大島、神津島、三宅島、御蔵島および八丈島で野外調査を実施した。地下生菌の採集にあたっては、一



図 2 伊豆諸島における調査実施地。調査を行った島嶼をグレーでハイライトした。白地図はテクノコ白地図イラスト (<http://technocco.jp/>) を利用した。

一般的な園芸用レーキを用いてリター層および土壌表層を掻き分け、探索を行った。地下生菌の採集だけでなく、それらに系統的に関連する可能性のある地上生きのこ類の子実体の採集も併せて行った。採集した子実体はアルミホイルに包んで持ち帰り、子実体組織から DNA 抽出を行った後、温風乾燥 (48 °C, 48 時間) もしくは真空凍結乾燥により、標本を作成した。光学顕微鏡による子実体微細構造の観察には、OLYMPUS BX50 (オリンパス株式会社) および MT5310L (メイジテクノ株式会社) を用いた。顕微鏡下での画像撮影には、顕微鏡用デジタルカメラ DP-12 (オリンパス株式会社) および WRAYCAM-NOA2000 (株式会社レイマー) を使用した。採集標本は神奈川県立生命の星・地球博物館 (KPM) に収蔵されている。

2. 分子的手法

子実体からの DNA 抽出は、Indicating FTA Card (Whatman Co. Ltd., England) を用いる方法 (Orihara et al. 2012a) もしくは電子レンジを用いた抽出法 (Izumitsu et al. 2012) を適用した。DNA 情報に基づく解析にあたっては、以下の DNA 領域を研究に供試した：核リボソーム RNA 遺伝子 (rDNA) ITS 領域および大サブユニット (LSU), 翻訳伸長因子遺伝子 *TEF-1* (*EF-1 α*), RPB ポリメラーゼの最大のサブユニットをコードする遺伝子 *RPB1* (ITS 領域以外はそれぞれ一部分)。各 DNA 領域の PCR 増幅に用いたプライマーペアは以下の通りである：ITS1F (Gardes and Bruns 1993)・ITS4 (White et al. 1990) ; LR0R・LR5 (Vilgalys and Hester 1990) ; EF1-983F・EF1-2218R および EF1-1567R (Rehner and Buckley 2005; 一部のサンプルについてはプライマー配列を部分的に修正したものを使用); *RPB1*-TO-Bf/*RPB1*-TO-Br (本研究で新たに設計したプライマーセット。 *RPB1* 遺伝子ドメイン A-C 領域を増幅。)。PCR 以降、

シーケンスデータを得るまでの手法は Orihara et al. (2012b) に従った。

各データセットのアラインメントには SeaView version 4.6 (Gouy et al. 2010) および MAFFT v. 7 (Katoh and Standley 2013) を用いた。ヌクレオチド配列の相同性比較は米国国立生物工学情報センター (NCBI) 提供の BLAST 検索 (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) を利用した。

III. 結果

1. 伊豆諸島の地下生菌相

これまでの野外調査の結果、担子菌門および子囊菌門に含まれる 12 属 22 種の地下生菌が確認された (表 1)。以下に島ごとの地下生菌相について報告する。

1) 八丈島

八丈島での調査は 2016 年 10 月および 2017 年 4 月に実施した。それ以前に実施された調査時の記録を含め、8 属 14 種の地下生菌が確認され、調査を実施した伊豆諸島の島嶼の中で、最も属数・種数が多かった (表 1)。島北部の八丈富士 (西山) 山麓ではスダジイをはじめとする外生菌根形成樹種からなる植生が発達せず、採集された地下生菌もアルボヴァ属の一種 *Alpova* sp. およびヒメノガステル属の一種 *Hymenogaster* sp. のみであったのに対し、南部の三原山 (東山) 周辺に広がるスダジイ林ではその他 12 種が採集され、地下生菌の多様性が非常に高いことが示唆された (図 3)。

2) 御蔵島

御蔵島調査は 2017 年 4 月及び 2018 年 3 月に実施した。御蔵島には島内の広範囲にわたりスダジイが優占する森林が広がっており、伊豆諸島の島嶼の中でも特に原生的な自然植生が残されているとされる (御蔵島自然研究グループ 1995)。本研究において、島内の広域にわた

表1 伊豆諸島から採集された地下生菌（担子菌類および子囊菌類のみ）

	分類群 Taxa	採集地（島嶼名）
担子菌門ハラタケ綱 Basidiomycota, Agaricomycetes		
ハラタケ目 Agaricales		
ヒメノガステル属の一種 1	<i>Hymenogaster</i> sp. 1 (<i>H. niveus</i> spp. complex)	八丈島
ヒメノガステル属の一種 2	<i>Hymenogaster</i> sp. 2 (<i>H. niveus</i> spp. complex)	伊豆大島
ヒメノガステル属の一種 3	<i>Hymenogaster</i> sp. 3	御蔵島
ステファノスポラ属の一種	<i>Stephanospora</i> sp. 1（黄土色系統）	八丈島
ステファノスポラ属の一種	<i>Stephanospora</i> sp. 2（淡黄色系統）	八丈島
イグチ目 Boletales		
ネズミツチダマタケ	<i>Rossbeevera griseovelutina</i> Orihara	八丈島、神津島
アオブメクロツバタケ	<i>Rossbeevera eucyanea</i> Orihara	八丈島、御蔵島？
ツチダマタケ属の一種	<i>Rossbeevera</i> sp.	八丈島
ウスベニタマタケ	<i>Turmalinea persicina</i> Orihara	神津島
チャイボホシノタマタケ（新称）	<i>Octaviania durianelloides</i> Orihara	八丈島
ホシミノタマタケ属の一種	<i>Octaviania</i> "sp. E" (Orihara et al. 2012b)	八丈島
ホシミノタマタケ属（バルケーア亜属）の一種	<i>Octaviania</i> subg. <i>Parcaeae</i> sp.	神津島
アルボヴァ属の一種	<i>Alpova</i> sp.	八丈島
ベニタケ目 Russulales		
コイシタケ類似種	<i>Russula</i> sp. (sequesterate)	御蔵島
ヒメツチグリ目 Geastrales		
スクレロガステル属の一種	<i>Sclerogaster</i> sp.	伊豆大島
子囊菌門 チャワンタケ綱 Ascomycota, Pezizomycetes		
ユーロチウム目 Eurotiales		
ツヅレシロツチダンゴ類似種	<i>Elaphomyces</i> aff. <i>mutabilis</i>	伊豆大島
ツチダンゴ属の一種（黄色菌糸に被われるタイプ）	<i>Elaphomyces</i> aff. <i>citrinus</i>	八丈島、神津島
ツチダンゴ属の一種（黒色タイプ）	<i>Elaphomyces</i> sp. (black fruitbody)	御蔵島、八丈島
ツチダンゴ	<i>Elaphomyces granulatus</i> Fr. s. l.	八丈島
コウジカビ属の一種	<i>Aspergillus</i> sp. (sequesterate) (Orihara et al. 2018)	八丈島、神津島
チャワンタケ目 Pezizales		
クルミタケ属の一種	<i>Hydnotrya</i> sp.	八丈島
セイヨウショウロ属の一種	<i>Tuber</i> "sp. 18" (Kinoshita et al. 2011)	神津島

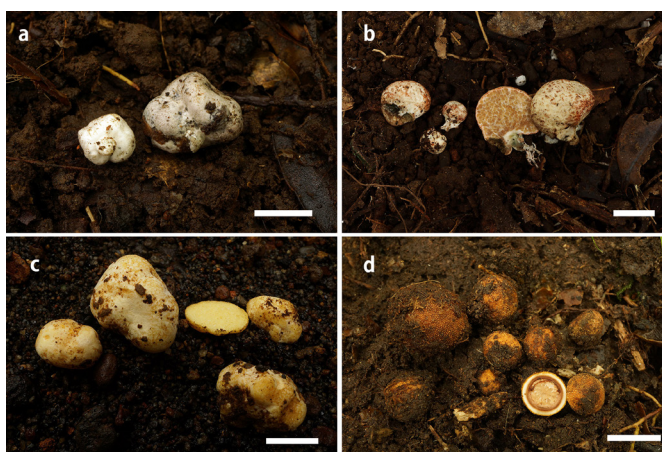


図3 八丈島で採集された地下生菌（一部）：a. ネズミツチダマタケ *Rossbeevera griseovelutina*；b. チャイボホシノタマタケ *Octaviania durianelloides*；c. ステファノスポラ属の一種 *Stephanospora* sp. 2；d. ツチダンゴ（広義） *Elaphomyces granulatus* s. l. スケールは1 cm.

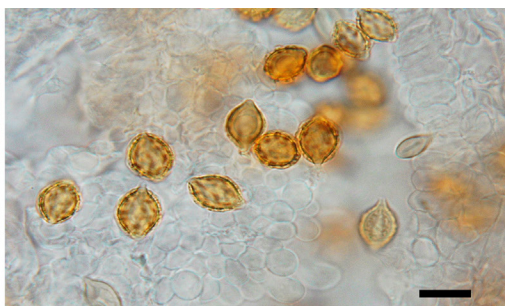


図4 ヒメノガステル属の一種 *Hymenogaster* sp. 3 (御蔵島産): 左: 子実体 (スケール: 1 cm). 右: 担子孢子 (スケール: 10 μ m).

り地下生菌調査を実施したものの、採集された地下生菌は4属4種に留まった。しかし、他の島嶼では採集されなかったヒメノガステル属の一種の地下生菌が島内のいたる所で採集され (合計9標本)、海洋島に特徴的な創始者効果 (founder's effect; Mayr 1942) が生じている可能性が考えられた (図4)。本種の他にも、コイシタケ類似種 *Russula* sp. はこれまでに伊豆諸島内の他の島嶼では発見されておらず、独特の地下生菌相を有していることが示された。以上の御蔵島の地下生菌相については、折原・出川 (2018) において報告を行った。

3) 三宅島

三宅島では2018年3月に調査を行った。三宅島では、島南部の大路池周辺を始めとして、スダジイ林が局所的に広がっている。本調査では調査実施期間を十分に確保できなかったこともあり、地下生菌の発生は確認されなかった。

4) 伊豆大島 (大島)

大島では、2016年8月に野外調査を実施した。それ以前に採集されていたものを含め、3属3種の地下生菌 (*Hymenogaster* aff. *niveus* [sp. 1] *Elaphomyces* aff. *mutabilis*, *Sclerogaster* sp.) が確認された (表1, 図5)。島内にはスダジイの優占する植生が断続的に広がっているものの、度重なる噴火の影響からか、島面積に比して、地下生菌の種数および子実体数のいずれも多くなかった。



図5 スクレロガステル属の一種 *Sclerogaster* sp. (伊豆大島産)。スケールは1 cm。

5) 神津島

神津島では、2017年10–11月にかけて調査を実施した。3日間の調査であったものの、6属6種の地下生菌が採集された (表1)。ウスベニタマタケ *Turmalinea persicina* Orihara, ホシミノタマタケ属パルケーア亜属の一種 *Octaviania* subg. *Parcaeae* sp., およびセイヨウシウロ属の一種 *Tuber* “sp. 18” (Kinoshita et al. 2011) は伊豆諸島内で唯一、神津島から採集されたものである。特に、ウスベニタマタケは主に西日本に産する種で、静岡県中部以東の東日本ではこれまで発生が確認されていない (Orihara et al. 2016; 図6)。今回の神津島における本種の記録は隔離分布のパターンを示す、新たな発見となった。上記 *Tuber* “sp. 18” はいわゆるトリュフの一種であり、現在までに標本の所在が確認されている唯一の伊豆諸島産のトリュフ標本である (図6)。



図6 神津島産の地下生菌：a. ウスベニタマタケ *Turmalinea persicina*；セイヨウショウロ属の一種 (*sp. 18*) *Tuber* “sp. 18” (Kinoshita et al. 2010). スケールは 5 mm.

6) 伊豆半島 - 関東地方で採集された地下生菌

伊豆諸島に最も距離的に近接した地域である伊豆半島および関東地方においても、複数回にわたり地下生菌探索を実施した。これまでに、伊豆諸島で確認された22種のうち11種について、伊豆半島 - 関東地方においても分布が確認された。一方で、ガウチエリア属 *Gautieria*、ヒステランギウム属 *Hysterangium*、アロラマイセス属 *Aroramyces*、アカダマタケ属 *Melanogaster*、ショウロ属 *Rhizopogon*、ジャガイモタケ属 *Heliogaster* など、伊豆半島 - 関東地方ではしばしば採集されるにも拘らず、これまでの伊豆諸島調査で発生が確認されなかった地下生菌の属も多かった。

2. 伊豆諸島産地下生菌の遺伝的分化と生物地理学的特性

伊豆諸島における調査で採集された地下生菌22種のうち、種レベルで同一であることが確認された、国内の他地域産標本について、核リボソームDNAのITS領域および大サブユニット (LSU) のシーケンスでの相溶性比較を行った (表2；*EF-1α* および *RPB1* 遺伝子については一部のサンプルのみでの比較を行ったためここでは割愛する。)。比較に供試した伊豆諸島産の14種のシーケンスはいずれも、国内他地域産の標本からのシーケンスと非常に高い相溶性を示し (ITS: 99.6–100 %; LSU: 99.9–100 %), 明確な遺伝的分化はみられなかった。特に、国

表2 伊豆諸島産および他地域産地下生菌の核rDNAヌクレオチド相溶性の比較。複数の塩基のピークが重なるサイトは比較から除外した。

分類群	採集地		核rDNAヌクレオチド相溶性	
	伊豆諸島	比較サンプル	ITS領域	LSU領域
<i>Rossbeevera griseovelutina</i> (ネズミツチダマタケ)	八丈島	兵庫県兵庫市北区	99.9% (909/910 bp)	100% (893/893 bp)
<i>R. eucyanea</i> (アオゾメクロツバタケ)	八丈島	鳥取県鳥取市	99.9% (914/915 bp)	100% (892/892 bp)
<i>Octaviania</i> sp. "E"	八丈島	神奈川県小田原市	100% (1150/1150 bp)	100% (929/929 bp)
<i>O. durianelloides</i> (チャイボホシノタマタケ)	八丈島	神奈川県南足柄市	-	100% (889/889 bp)
<i>Octaviania</i> subg. <i>Parcaeae</i> sp.	神津島	鹿児島県種子島	100% (494/494 bp)	100% (943/943 bp)
<i>Turmalinea persicina</i> (ウスベニタマタケ)	神津島	鹿児島県屋久島、長崎県対馬	99.9% (1123/1124 bp)	100% (957/957 bp)
<i>Alpova</i> sp.	八丈島	大分県豊後大野市	-	99.9% (904/905 bp)
<i>Stephanospora</i> sp. 1 (黄土色系統)	八丈島	神奈川県小田原市	99.9% (767/768 bp)	99.9% (940/941 bp)
<i>Russula</i> sp. (sequestrate) (コイシタケ類似種)	御蔵島	鹿児島県種子島、茨城県鹿嶋市	100% (723/723 bp)	-
<i>Hymenogaster</i> sp. 1 (<i>H. niveus</i> spp. Complex)	八丈島	和歌山県上富田町	99.6% (667/670 bp)	99.9% (924/925 bp)
<i>Hydnотrya</i> sp.	八丈島	京都府京都市	99.8% (658/660 bp)	100% (852/852 bp)
<i>Tuber</i> sp. 18 (puberulum group)	神津島	新潟県佐渡島、北海道せたな町	99.7% (640/642 bp)	-
Trichocomaceae sp. (sequestrate)	八丈島	沖縄県、和歌山県 他	100% (591/591 bp)	100% (912/912 bp)
<i>Elaphomyces</i> aff. <i>mutabilis</i> (ツツレシロツチダンゴ；広義)	八丈島	静岡県下田市	-	99.9% (923/924 bp)

内の広範囲からサンプリングされたウスベニタマタケ *Turmalinea persicina* とホシノタマタケ属パルケーア亜属の一種 *Octaviania* subg. *Parcaea* “sp. 5” については、伊豆半島を含む東海地方など、伊豆諸島に比較的近い地域で採集された標本よりも、北琉球（種子島・屋久島）および長崎県対馬から採集された標本ときわめて高い相同性を示した。

IV. 考察

1. 伊豆諸島の地下生菌の種多様性と種組成の特徴

伊豆諸島の島嶼には、大島や三宅島といった、今なお活発な火山活動を有する島嶼と、過去数百年以上火山活動の見られない島嶼に分けられる。調査回数や調査日数にばらつきはあるものの、本研究における野外調査の結果、前者に属する大島や三宅島では、良好な状態で維持されているスダジイ林においても、地下生菌の種数は少ない傾向にあった（三宅島ではこれまでに採集記録なし）。一方、後者に属する八丈島（特に南部）や御蔵島、神津島においては、一見して大島や三宅島における森林と類似した環境であっても、地下生菌の種多様性や発生子実体数は高い傾向にあった。このことについては、十全な考察をするにはデータが十分でないが、火山噴火による一次遷移の影響や、それに伴う森林の成立時期と関連がある可能性も考えられる。本研究により得られた知見が、地下生菌をはじめとする微生物多様性に基づく森林環境の評価に発展してゆくことが期待される。

御蔵島では、確認された種数は4種と多くはないものの、島内のスダジイ林の広範囲にわたりヒメノガステル属の一種 *Hymenogaster* sp. 3 の発生が見られた。これは、2017年4月および2018年3月の二度の調査のいずれでも同一傾向であった。この傾向は、海洋島である

御蔵島にまで分散した地下生菌のうち、特に本種が御蔵島の環境に適応的に定着・分散したことによるものと考えられる。同様に、Doi (2001) は、一般的に発生が稀な子囊菌 *Hypocrea mikurajimensis* Doi が、御蔵島では多産することに言及している。これらのことから、御蔵島のヒメノガステル属菌 (*Hymenogaster* sp. 3) および *H. mikurajimensis* 集団間において、海洋島に特徴的な創始者効果 (founder's effect; Mayr 1942) が生じていることも予想される (折原・出川 2018)。今後、島内各地のヒメノガステル属の一種の集団間での遺伝的関係を精査することにより、本種の御蔵島内での定着のシナリオがより明確になると考えている。

2. いつ、どこから伊豆諸島へ地下生菌がやってきたのか

地下生菌が子実体を小動物に摂食されることで胞子を遠方へ散布することを前提とすると、伊豆諸島のような、陸棲哺乳類や節足動物の侵入が困難な海洋島へ地下生菌が分布を広げるとは難しいと予想される。しかし、本研究における調査の結果、伊豆諸島には担子菌門、子囊菌門のいずれにおいても、多種多様な地下生菌が産することが確認された (表1)。さらに、核リボソーム DNA ITS および LSU シーケンスの比較の結果、供試した地下生菌の全ての種において、少なくとも上記の DNA 領域に関しては、国内他地域産のサンプルと明確な遺伝的分化が生じていないことが示された (表2)。現状では、これら地下生菌のこ類を対象とした、分子時計を利用した包括的な系統樹上での分岐年代推定の実施が困難なため、具体的な年代を示すことはできない。しかし、上記の結果は、島嶼形成もしくは森林の形成と必ずしも対応せず、多くの地下生菌が比較的近年のうちに伊豆諸島へ流入・定着したことを示唆している。

Aoki et al. (2014) は、日本各地のシイ属樹

種の遺伝的構造を比較解析し、伊豆諸島（八丈島および神津島）のスダジイは遺伝的に伊豆半島 - 南関東のスダジイ集団と共通することを示した。表2に示した比較対象種の多くは、明瞭な地理的分化が示されなかったものの、ウスベニタマタケおよびホシミノタマタケ属パルケーア亜属の一種 *Octaviania* subg. *Parcaea* “sp. 5” については、伊豆諸島に比較的近い地域産のサンプルよりも、北琉球〜対馬産の一部のサンプルとシーケンスの相同性が高かった。今後、各地からの採集サンプル数が増えれば、伊豆半島など伊豆諸島に近接した地域からも遺伝的に近い集団が確認される可能性は否定できないが、本研究の結果に基づけば、少なくとも一部の伊豆諸島産地下生菌は、宿主であるスダジイと地理的起源が同一でないことが考えられる。

それでは、海を越えた広域分散に不向きと考えられてきた地下生菌は、如何にして短期間に伊豆諸島へ分布を広げたのか。現時点で明確な結論は出せないが、この謎の広域分散のシナリオを解くヒントになり得る知見を挙げておく。Healy et al. (2013) は、セイヨウシヨウロ属 *Tuber* を含む、子囊菌門のチャワンタケ目の多数の系統の地下生菌が、子実体とは別に地表面に綿毛状の胞子マットを形成していることを明らかにした。これら胞子マットの機能は未解明であるが、その内部に形成される無数の栄養繁殖型の無性胞子が、子実体とは異なる方法での広域散布に役立っていると考えられる。セイヨウシヨウロ属の地下生菌 (*Tuber* “sp. 18”) は本研究において神津島でも採集されており、このような胞子マットが地下生菌の広域分散に及ぼす役割を明らかにしてゆく必要がある。もう一点、考慮すべきは、伊豆半島や関東地方などで安定して発生が見られる地下生菌の中に、これまでの複数回にわたる伊豆諸島での調査で確認されない属や種が複数存在することであ

る。このような分布パターンを示す地下生菌の中には、生物相の分布境界として知られるトカラ海峡やケラマ海峡を挟んで、同種内で顕著な遺伝的分化がみられる種も確認された (Orihara 2017)。もちろん、今後調査を重ねるにつれ、その数は減ってゆくことが考えられるが、伊豆諸島へ分布を広げている地下生菌とそうでない地下生菌の間にどのような繁殖戦略・遺伝的特性の違いがあるかが明らかになれば、本研究で示唆された伊豆諸島産地下生菌の広域分散のシナリオも解明されるであろう。

3. 地下生菌からみる、伊豆諸島の森林の特殊性

以上のように、伊豆諸島と、近接地域である伊豆半島 - 関東地方の地下生菌相を比較すると、両者は必ずしも種組成が共通するとは言えない (表1-2)。また、伊豆諸島産の一部の地下生菌については、主な宿主樹木であるスダジイとは地理的起源が異なる可能性も示された。その根本的原因是な未解明であるが、この結果は、伊豆諸島の森林を構成する樹種がたとえ本州の近接地域のそれと類似していても、両地域の菌類相は必ずしも共通でないことを示唆するものである。このことを踏まえて、今後伊豆諸島における森林生態系の評価を進めてゆくべきと筆者らは考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、野外調査および標本提供にご協力いただいた皆様にお礼申し上げます。

引用文献

- Aoki, K., Ueno, S., Kamijo, T., Setoguchi, H., Murakami, N., Kato, M. and Tsumura, Y. 2014. Genetic differentiation and genetic diversity of *Castanopsis* (Fagaceae), the dominant tree species in Japanese broadleaved evergreen forests, revealed by analysis of EST-associated

- microsatellites. PROS ONE 9: e87429
- Doi, Y. 2001. A new species of *Hypocrea* (Ascomycota, Hypocreales) from Mikurajima Island, Japan (御蔵島から発見されたボタntaxe属 (子囊菌門, ボタntaxe目) の1新種). Memoirs of the National Science Museum Tokyo, Japan 37: 113–118.
- Gardes, M. and Bruns, T. D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts. Molecular Ecology 2: 113–118.
- Gouy, M., Guindon, S. and Gascuel, O. 2010. SeaView version 4: a multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building. Molecular Biology and Evolution 27:221–224.
- Healy, R., Smith, M. E., Bonito, G. M., Pfister, D. H., Ge, Z. W., Guevara, G. G., Williams, G., Stafford, K., Kumar, L., Lee, T., Hobart, C., Trappe, J., Vilgalys, R. and McLaughlin, D. J. 2013. High diversity and widespread occurrence of mitotic spore mats in ectomycorrhizal Pezizales. Molecular Ecology 22:1717–32.
- Katoh, K. and Standley, D. M. 2013. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: Improvements in performance and usability. Molecular Biology and Evolution 30: 772–780.
- Izumitsu, K., Hatoh, K., Sumita, T., Kitade, Y., Morita, A., Gafur, A., Ohta, A., Kawai, M., Yamanaka, T., Neda, H., Ota, Y. and Tanaka, C. 2012. Rapid and simple preparation of mushroom DNA directly from colonies and fruiting bodies for PCR. Mycoscience 53: 396–401.
- Kinoshita, A., Sasaki, H. and Nara, K. 2011. Phylogeny and diversity of Japanese truffles (*Tuber* spp.) inferred from sequences of four nuclear loci. Mycologia 103: 779–794.
- Mayr, E. 1942. Systematics and the origin of species. Columbia University Press, New York.
- 御蔵島自然研究グループ 1995. 御蔵島原生自然域の植生学的研究. 第4期プロ・ナトゥーラ・ファンダ助成成果報告書: 73–77.
- 折原貴道・出川陽介 2018. 御蔵島の地下生菌相の特徴. Mikurensis 7: 31–38.
- Orihara, T. 2017. Phylogeography of sequestrate fungi in Leccinoideae (Boletaceae)— a possibility of recent transoceanic dispersal. Proceedings of the Asian Mycological Congress 2017, Ho Chi Minh City, Vietnam, 10–13 Oct. 2017.
- Orihara, T., Sawada, F., Ikeda, S., Yamato, M., Tanaka, C., Shimomura, N., Hashiya, M. and Iwase, K. 2010. Taxonomic reconsideration of a sequestrate fungus, *Octaviania columellifera*, with the proposal of a new genus, *Heliogaster*, and its phylogenetic relationships in the Boletales. Mycologia 102: 108–121.
- Orihara, T., Smith, M. E., Ge, Z.-W. and Maekawa, N. 2012a. *Rossbeevera yunnanensis* (Boletaceae, Boletales), a new sequestrate species from southern China. Mycotaxon 120: 139–147.
- Orihara, T., Smith, M. E., Shimomura, N., Iwase, K. and Maekawa, N. 2012b. Diversity and systematics of the sequestrate genus *Octaviania* in Japan: two new subgenera and eleven new species. Persoonia 28: 85–112.
- Orihara, T., Lebel, T., Ge, Z.-W., Smith, M. E. and Maekawa, N. 2016. Evolutionary history of the sequestrate genus *Rossbeevera* (Boletaceae) reveals a new genus *Turmalinea* and highlights the utility of ITS minisatellite-like insertions for molecular identification. Persoonia 37: 173–198.
- Orihara, T., Ohmae, M., Yamamoto, K. and Degawa, Y. 2018. *Aspergillus* becomes a truffle — enigmatic, bright yellow, hypogeous ascomata found from Japan. Proceedings of the 11th International Mycological Congress (IMC11), San Juan, Puerto Rico, 16–21 July 2018.
- Rehner, S. A. and Buckley, E. 2005. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. Mycologia 97: 84–98.
- Vilgalys, R. and Hester, M. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. Journal of Bacteriology 172: 4238–4246.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis M. A., Gelfand D. H., Sninsky J. J. and White T. J. (eds.) PCR Protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, USA: 315–322.

Addressing the enigma of the unexpectedly high diversity and biogeographic origins of truffles and truffle-like fungi in Izu Islands

ORIHARA Takamichi, YAMAMOTO Kohei, OBA Yumiko and ABE Harue

Truffles (including truffle-like fungi) are considered to rely their spore dispersal on animal mycophagy, thus, their transoceanic dispersal is less likely although not impossible. However, not a few truffle species have been collected from the Izu Islands, oceanic islands extending from the south of the Kanto District and Izu Peninsula, Japan. To clarify the species diversity and biogeographical origin of truffles in Izu Islands, we have made multiple field surveys in Hachijo, Mikura, Miyake, Izu-oshima and Kozu Islands. We collected 22 truffle and truffle-like species of 12 genera in Basidiomycota and Ascomycota from the Izu Islands. Interestingly, comparison of nuclear ITS and LSU rDNA sequences showed remarkably high nucleotide sequence similarity between specimens from Izu Islands and other localities in Japan, suggesting that all the 14 truffle species subjected to the analysis had been migrated to Izu Islands rather recently even though the formation of these islands and their forests were considered to be older. In some cases, the Izu-Islander specimens are genetically closer to geographically distant specimens than to those from adjacent regions (i.e., Tokai-Kanto Districts). These show that species diversity of truffles is unexpectedly high in Izu Islands, and suggest that at least several of them in those islands have different biogeographical origins from their major mycorrhizal host trees, *Castanopsis sieboldii*, which is known to be originated from southern Kanto District.

Key words: mushrooms, island biogeography, mycorrhizal fungi, environmental evaluation, sequestrate fungi

表紙解説

左上：男女群島の女島・前浜の潮間帯調査地（男女群島海洋生物調査団）

右上：宮古島のリュウキュウアカショウビン（鳥類巢内共生系研究会）

中央：ミクラミヤマクワガタ（黒色型）（山階鳥類研究所御蔵島の希少動物保全研究グループ）

左下：大東諸島唯一の哺乳類ダイトウオコウモリ（大東諸島生物相研究グループ）

右下：対馬の龍良山エリアのムラサキカラムツ（対馬植物研究会）

自然保護助成基金 助成成果報告書
自然保護助成基金設立 25 周年特別記念号
「島嶼の自然環境についての基礎調査」

Pro Natura Foundation Japan 25th Anniversary Special Issu

2019 年 3 月 30 日発行

編集・発行 公益財団法人 自然保護助成基金
〒150-0046 東京都渋谷区松濤 1-25-8 松濤アネックス 2F
電話 03-5454-1789
e-mail office@pronaturajapan.com
Web site <http://www.pronaturajapan.com>
印刷 昭和情報プロセス株式会社