

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05644

研究課題名（和文）琉球列島の荒野林に産する植物の現状把握に基づく保全指針の提示

研究課題名（英文）Presenting conservation guidelines for plants in heath forests of the Ryukyu Archipelago based on an understanding of the current status

研究代表者

國府方 吾郎（Kokubugata, Goro）

独立行政法人国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号：40300686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：「荒野林」とは、酸性・貧栄養の土壤に成立する熱帯林の一型で、東南アジアを中心に存在する。日本の琉球列島にも荒野林が点在し、そこには特殊環境に適応進化した多様な植物が生育している。一方、近年の開発によって多くの荒野林が消滅し、そこに生きる多くの植物が絶滅の危機に瀕している。本研究では、琉球列島の荒野林に産する植物の把握と保全指針の提示すること目的としている。特筆すべき研究成果として、荒野林特産絶滅危惧植物のケスナヅルを分類学的に正しく把握したこと、新たな保全すべき荒野林を発見したこと、非荒野林から荒野林に進出する際の環境適応に関する知見が得られたことなどが挙げられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、琉球列島に残された荒野林の全体把握と、各荒野林に出現する植物の把握をすることができた。これらの成果は、希少で貴重な荒野林産植物の保全を推進されるといった社会的意義を有する。植物は生物であると同時に環境でもあるため、植物の保全はその生態系の保全にも直結する。海外では、荒野林は食虫植物ウツボカズラなど特異な進化を遂げた植物などが生育する「進化の場」として多くの関連研究が実施されてるが、日本の荒野林については関連研究はこれまでほぼ無かった。また、本研究の荒野林といった特殊環境への適応進化に関する考察は進化生物学的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Heath forests is defined as one of tropical forest types that are established on acidic and oligotrophic soils, mainly in Southeast Asia. Heath forests are also scattered in the Ryukyus in Japan, where various plants that have evolved and adapted to the special environment occur. On the other hand, recent artificial development has resulted in the disappearance of many heath forests, and many plants face threat of extinction there. This study aims to understand the plants occurring in heath forests in the Ryukyu, and to provide guidelines for their conservation. As notable research results, there are taxonomically understanding in a certain threatened plant of *Cassytha filiformis* var. *duripraticola* specifically occurring heath forest, finding of new heath forest required to be conservation crane, and knowledge of environmental adaptation during the expansion from non-wilderness forests to wilderness forests.

研究分野：植物保全学

キーワード：荒野林 琉球列島 絶滅危惧植物 環境適応

## 1. 研究開始当初の背景

荒野林 (Heath forest) とは酸性・貧栄養の土壤に成立する熱帯林の一型でマレーシアやインドネシアなどの東南アジアを中心に存在する。その荒野林は疎林で景観が殺伐としているため、現地では「不毛の地」を意味する *kerangas* と呼ばれている。一方、その荒野林にはウツボカズラなど特殊環境に適応進化した植物種が知られ、生物多様性の創出に貢献する「進化の場」と考えられている。

日本の亜熱帯に位置する琉球列島にも荒野林が複数の島に点在する。その荒野林も殺伐とした景観から価値のない「不毛の地」と認識されやすいため開発によって多くが消滅し、僅かに残った荒野林では、その環境に特異的に生育する多くの植物が絶滅の危機に瀕している。また、その荒野林には葉が矮小化した集団が先行調査で確認されており、現状が続くとそれらの集団は分類実体が解明されないまま絶滅してしまう危険性がある。つまり、琉球列島の荒野林には、緊急な保全対策と更なる研究を要する植物が集中する。しかし、その荒野林に産する植物の現状と分類実体の把握が十分ではなく、適切な保全対策が講じられない状態にある。

## 2. 研究の目的

琉球列島の荒野林に産する植物種の保全を目的として以下を実施する。

- ① 荒野林および出現する植物の現状把握
- ② 形態・分子データを用いた分類実体の把握

## 3. 研究の方法

### 1) 対象地域

琉球列島の奄美大島 (鹿児島県)、沖縄島およびその島嶼部 (沖縄県) を対象地域とする。本研究で新たに発見された荒野林、先行研究で現存が認められた荒野林で調査を実施する。

### 2) 現地調査

各荒野林において、出現する植物の調査を行う。分類見解の検証、矮小化の解明のため、各荒野林から必要最小限の腊葉標本と DNA サンプルを採集する。

### 3) 荒野林に産する絶滅危惧植物の分類把握

環境省・沖縄県指定の荒野林産の絶滅危惧植物 (シンチクヒメハギ・リュウキュウヒメハギ [ヒメハギ科]、イトスナヅル・ケスナヅル [クスノキ科]、ナガバアリノトウグサ [アリノトウグサ科]、オオマツバシバ・イゼナガヤ [イネ科]、イヘヤヒゲクサ [カヤツリグサ科]、タヌキアヤメ [タヌキアヤメ科]) を主対象とする。そのうち、分類見解の再検討の必要性が認められた植物について、形態データと分子データをもとにその分類見解の妥当性を検証する。

### 4) 葉矮小化した集団の分類実体の解明

荒野林と近傍の照葉樹林に生育するギーマ (ツツジ科) などについて、葉形態を測定し、その矮小化を遺伝的に調査する。

## 4. 研究成果

### 1) 荒野林の現状把握

#### (1) 本研究で発見された荒野林

本研究の期間中、沖縄島において3カ所の荒野林（A～C）を発見し、そこに出現する絶滅危惧植物などを調査した。なお、本報告では自生地保全の観点から詳細な位置情報を明示することは差し控える。

#### ① 荒野林 A (沖縄県恩納村)

沖縄島中部に位置する恩納村は荒野林の集中する地域であったが、道路拡張工事などで多くの荒野林が消滅してしまった。荒野林 A は、かつて大規模な荒野林のあった地域の近くで、良好な状態で残存していた（図1）。また、荒野林にみられる典型的な現象である樹木も矮小化も確認された。



図1. 荒野林 A

荒野林 A では、ケスナヅル (*Cassytha filiformis* var. *duripraticola* クスノキ科; 絶滅危惧 II 類)、オオマツバシバ (*Aristida takeoi* イネ科; 絶滅危惧 IB 類) が良好な状態で自生していた。また、ケスナヅルとは同種異変種の関係で、通常は砂丘海岸に自生するスナヅル (*Cassytha filiformis* var. *filiformis*) も確認され、その2変種の混生地が初めて認められた。本研究によって、この2変種の間には雑種が存在することが判明しており (Kokubugata et al. 2024 後述)、その雑種が荒野林 A に存在する可能性がある。



図2. 荒野林 A のケスナヅル



図3. 荒野林 A のオオマツバシバ

#### ② 荒野林 B (沖縄県恩納村)

荒野林 B は荒野林 A から 1.3km 離れており、約 15 年前に開通した道路に隣接していた（図4）。荒野林 A 同様にリュウキュウマツなど樹木の矮小化が確認された。林内にはケスナヅル、オオマツバシバなどの絶滅危惧植物が確認された（図4）。



図4. 荒野林 B

#### ② 荒野林 C (沖縄県金武町)

沖縄島中部に位置する金武町は恩納村と並び荒野林の集中する地域であったが、近年の道路工事によってそのほとんどが消滅してしまった。荒野林 C は付近に位置し、小規模ながら残存していた。林内にはケスナヅル、オオマツバシバなどの絶滅危惧植物が確認された。この荒野林は人工構造物と隣接しており、今後の開発によって消滅してしまう可能性がある（図5）。



図5. 荒野林 C

(1) 先行研究で確認された荒野林の現状把握

① 荒野林 D (沖縄県恩納村)

荒野林 D は沖縄島で最大規模の荒野林である。その林内には、オオマツバシバ、ケスナヅル、ナガバアリノトウグサ (*Haloragis chinensis* アリノトウグサ科; 絶滅危惧 IB 類, 図 6) などの自生が確認された。また、沖縄県指定の絶滅危惧植物 II 類であるタヌキアヤメ (*Philydrum lanuginosum* タヌキアヤメ科, 図 7) の自生も確認された。



図 6 ナガバアリノトウグサ



図 7 タヌキアヤメ



図 8 シンチクヒメハギ

③ 荒野林 E (沖縄群島の北部小島嶼 ※小面積の島であるため、島名は非公開)

荒野林 E は琉球列島で最大規模の荒野林である。その林床には、オオマツバシバ、イトスナヅル (*Cassytha pergracilis* クスノキ科; 絶滅危惧 IA 類, 図 10)、ケスナヅル、ナガバアリノトウグサ、シンチクヒメハギ (*Polygala polifolia* ヒメハギ科; 絶滅危惧 IA 類, 図 8) などが確認された。また、荒野林 E の荒野林の近くには沖縄県によって絶滅危惧 II 類に指定されているウバメガシ (*Quercus phillyreoides* ブナ科) の自生も確認され、貴重な荒野林であることが再確認された。荒野林 E は近くに道路が通っているものの、これ以上の開発計画はなく、今後も良好な状態で保全されると推測される。

③ 荒野林 F (沖縄群島の北部小島嶼 ※小面積の島であるため、島名は非公開)

荒野林 F は荒野林 E がある島の隣の島に存在し、その林内には、オオマツバシバ、ケスナヅル、ナガバアリノトウグサ、シンチクヒメハギ、ヒメネズミノオ (*Sporobolus hancei* イネ科; 絶滅危惧 IA 類, 図 9) などが確認された。



図 9 ヒメネズミノオ

④ 荒野林 G (沖縄群島の南部小島嶼 ※小面積の島であるため、島名は非公開)

荒野林 G の林内には、オオマツバシバ、イトスナヅル (図 10)、ケスナヅル、ナガバアリノトウグサなどが確認された。イトスナヅルは半寄生植物で、先行研究によると、寄主植物がイネ科の 2 種しか知られていなかったが (Kokubugata & Yokota 2012)、荒野林 G では、あるシダ植物に寄生していることが確認された。荒野林 G は遊歩道がある景勝公園内にあり、今後は踏みつけによる植物へのダメージが懸念される。



図 10 イトスナヅル

## ⑤ 荒野林 H (奄美大島奄美市)

荒野林 F はこれまで知られている琉球列島の荒野林のなかで最北に位置する。その林内にはオオマツバシバが確認された。

## 2) 荒野林産植物の分類把握に関する主な研究成果

### ① スナヅルとケスナヅルの雑種

スナヅルとケスナヅルは、前者が無毛の茎を有し、後者が有毛の茎を有することで区別されている。しかし、葉緑体 DNA マーカーを用いた解析によって遺伝タイプと茎の毛の有無は必ずしも一致しないことが示され、両者を区別する分類見解の妥当性を検証する必要性が指摘された (Kokubugata et al. 2012)。以上より、ケスナヅルとスナヅルを分類学的により正しく把握するため、ゲノム縮約解読法 (MIG-seq) によって一塩基多型を抽出し、詳細な系統解析を行った。

ネットワーク解析の結果、有毛の茎をもつ個体のグループ (つまり、ケスナヅル) と無毛の茎をもつ個体のグループ (つまり、スナヅル) に区別された。さらにネットワーク上で中間に位置する個体が確認された。STRUCTURE 解析の結果、その中間に位置する個体は有毛の茎をもつ個体のグループと、無毛の茎をもつ個体のグループの遺伝子要素を持ち合わせていることが示された。

以上の結果より、有毛の茎をもつケスナヅルと無毛の茎をもつスナヅルの雑種であることが確認された。スナヅル属における雑種の存在は本報告は今回が初めてとなる。これらの雑種のなかには茎が有毛の個体と無毛の個体が混在することが示され、このことがケスナヅルとスナヅルを区別する分類見解を不明瞭にしていたことが示された。

### ② 中国におけるケスナヅルの分布

かつてケスナヅルは日本と台湾だけに分布すると考えられていた。我々は中国広東省で有毛な茎をもつスナヅル (種として) を発見した。その広東産の個体について形態比較と分子系統解析を行ったところ、ケスナヅルに分類されることが明らかとなった。これらの結果より、ケスナヅルは東アジアに広く分布する可能性が示唆された。

## 3) 荒野林における葉矮小化に関する主な研究成果

荒野林および非荒野林に生育するギーマ (*Vaccinium wrightii* ツツジ科)、アデク (*Syzygium buxifolium* フトモモ科)、シバニッケイ (*Cinnamomum doederleinii* クスノキ科) について、自生地環境における葉形態の比較および集団遺伝構造解析を行った。さらにギーマに関しては、共通圃場栽培実験を行うことで、形態的可塑性の評価を行った。

対象種について、九州南部から琉球列島全域にわたって、形態データの計測のため網羅的なサンプリングを行った。特に荒野林が存在している奄美群島に属する奄美大島、沖縄諸島に属する沖縄島およびその小島嶼部においては、同一の島内の荒野林および非荒野林集団を対象としてサンプリングをおこなった。

自生地環境における葉形態比較の結果、いずれの種においても荒野林および非荒野林集団間で優位に葉形態の差異が認められ、荒野林集団では著しく葉面積が低下していることが明らかとなった。これら葉の小型化は、荒野林特有の貧栄養土壌や乾燥、強光環境への適応形質であることが考えられる。ギーマについて、さらに栽培環境下で形態的可塑性の有無について調査した結果、栽培条件下においても荒野林および非荒野林集団間で同様の葉形態の差異を維持する傾向が認められた。以上より、荒野林集団の小型の葉形態は遺伝的に固定されている可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kokubugata, G., S. Kakishima, A. Abe, K. Nakamura, K.-f. Chung and M. Yokota	4. 巻 49
2. 論文標題 Phylogenetic relationships among Populations of <i>Portulaca okinawensis</i> (Portulacaceae) in the Ryukyu Archipelago of Japan using MIG-seq SNP Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B	6. 最初と最後の頁 33-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50826/bnmnsbot.49.1_33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kokubugata, G., S. Kakishima, K. Chung, C. Ishii and M. Yokota	4. 巻 75
2. 論文標題 Reappraisal of Intraspecific Taxonomy of <i>Cassytha filiformis</i> (Lauraceae)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Acta Phytotaxonomica et Geobotanica	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 國府方吾郎・柿嶋聡・石井千賀子・鐘國芳・傳承新・横田昌嗣
2. 発表標題 形態・DNAデータを用いた東アジアにおけるケスナヅルとスナヅルとの雑種の分布把握
3. 学会等名 沖縄生物学会第61回大会（四学会合同沖縄大会2024，西原）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 國府方吾郎・柿嶋聡・石井千賀子・鐘國芳・横田昌嗣
2. 発表標題 スナヅルとケスナヅルは区別すべきか 茎の毛の比較と分子系統解析に基づく分類考察
3. 学会等名 日本植物分類学会第22回大会（千葉）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東拓朗・柿嶋 聡・横田昌嗣・國府方吾郎・牧 雅之
2. 発表標題 与論島及びトカラ列島に産するマンネングサ属の未記載分類群
3. 学会等名 本植物分類学会第22回大会（千葉）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 國府方吾郎
2. 発表標題 特別展「植物」特別講演会，植物の謎に迫る!!
3. 学会等名 NHK文化センター オンライン特別講座（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國府方吾郎
2. 発表標題 小笠原と琉球の植物はどれくらい近縁か？ - 2 つの地域に産する植物の系統関係 -
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 國府方吾郎	4. 発行年 2021年
2. 出版社 平凡社	5. 総ページ数 717
3. 書名 日本の野生植物1（タヌキアヤメ科，p. 192）	

1. 著者名 國府方吾郎	4. 発行年 2021年
2. 出版社 平凡社	5. 総ページ数 741
3. 書名 日本の野生植物2 (スベリヒコ科, pp. 217-218)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

琉球の植物 <a href="http://www.kahaku.go.jp/research/activities/project/hotspot_japan/ryukyus/db/list.html">http://www.kahaku.go.jp/research/activities/project/hotspot_japan/ryukyus/db/list.html</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊東 拓朗  (Ito Takuro)  (10827132)	東北大学・学術資源研究公開センター・助教    (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
その他の国・地域	中央研究院 (台北)	台湾大学	
中国	浙江大学	浙江理工大学	