

## 小笠原諸島固有種オガサワラボチョウジの保全について (2)

須貝 杏子 (森林総合研究所)  
渡邊 謙太 (沖縄工業高等専門学校)  
向 哲嗣 (東京都環境局・東京都専門委員)  
加藤 英寿 (首都大学東京・牧野標本館)  
菅原 敬 (首都大学東京・牧野標本館)

### 要 約

オガサワラボチョウジは小笠原諸島に固有な常緑小高木で、絶滅危惧Ⅱ類 (VU) に指定されている。先行研究で若い個体がほとんど見られないと報告されていたが、今回新たに母島の石門に若い個体を多数含む集団のあることが分かった。本論文では、先行研究の他集団とも比較しながら、石門集団の個体群構造を把握した。その結果、ルート沿いで156個体の生育が確認され、開花齢に達していない若い個体が50個体以上含まれた。石門集団は、現存するオガサワラボチョウジの集団の中で、唯一世代更新が行われていると考えられた。更新が正常に行われている石門集団と阻害されている他集団の比較により、その要因を明らかにすることが望まれる。

### I. はじめに

小笠原諸島は、東京から約1,000 km南の太平洋上に位置し、これまでに他の陸地と一度も繋がったことのない海洋島である。そのため、独自の進化を遂げた固有種が多く存在し、特異な生態系が形成されている。これら固有種の中には、分布域が局地的である種や個体数が少ない種など、絶滅に瀕する種も少なくない。本論文の材料であるオガサワラボチョウジ *Psychotria homalosperma* A. Gray は、固有種の1つであり、環境省のレッドデータカテゴリで絶滅の危険が増大している種、絶滅危惧Ⅱ類 (VU) に指定されている (環境省、2012)。

オガサワラボチョウジは、アカネ科ボチョウジ属に分類される常緑小高木である。花は花筒が2 cm程度、花色が白色で、芳香がある。また、性表現については、めしべが長くおしべが短い長花柱花とめしべが短くおしべが長い短花柱花の2つのタイプの花をそれぞれ付ける株が種内に存在する二型花柱性を有することが明らかになっている (Watanabe

*et al.*, 2014)。現在は、父島列島と母島列島に分布しており、先行研究において兄島の中央台地周辺、父島の東平周辺、および母島の乳房山の各集団に関して、個体の分布と個体群構造が報告されている（渡邊ほか、2009）。その中で、いずれの集団においても樹高 2 m 以下、地際直径 5 cm 以下の若い個体がほとんど見られず、何らかの原因でオガサワラボチョウジの更新が強く制限されているのではないかと考えられていた。今回新たに調査を行ったところ、これまでに詳細な調査が行われていなかった母島の石門において若い個体を多数含む大きな集団のあることが分かった。

そこで本研究では、母島の石門においてオガサワラボチョウジの個体の分布と各個体の花型、樹高、地際直径を調査し、個体群構造を明らかにした。そして、先行研究で報告されている他の集団と状況を比較した。さらに、先行研究で調査できていなかった弟島と母島の桑の木山におけるオガサワラボチョウジの探索の結果も記した。

## II. 方法

### 1. 野外調査

2014 年 8 月に母島の石門（北緯 26° 40'30"、東経 142° 09'20"、標高約 300 m）の指定ルートから左右約 5 m の幅のエリアでオガサワラボチョウジの探索を行った。オガサワラボチョウジの各個体の位置情報を GPS を用いて記録した。樹高、地際直径を測った。さらに、花型（長花柱花、短花柱花）を開花している花、もしくはつぼみから判断した。

また、2014 年 8 月と 11 月に母島の桑の木山（北緯 26° 39'45"、東経 142° 09'07"、標高約 250 m）で、同年 11 月に父島列島の弟島（北緯 27° 10'00"、東経 142° 11'30"、面積約 520 ha）でオガサワラボチョウジの探索を行い、個体の位置、樹高、地際直径、花型を記録した。

### 2. 統計解析

統計解析にはソフトウェア R version 3.1.1 を用いた（R Development Core Team, 2014）。オガサワラボチョウジの石門集団について、樹高と地際直径の平均と標準偏差を求めた。1 元配置分散分析を行い、樹高と地際直径の個体サイズに関して花型間での違いがあるか調べた。さらに、個体サイズに関して、樹高と地際直径に相関があるか調べた。また、花型が分かった個体に関して、二項検定を行い、各花型の出現頻度の差を調べた。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 母島・石門

母島の石門のルート沿いで計 156 個体のオガサワラボチョウジを確認し、計測した (図 1)。さらに、ルートの両脇 5 m を越えた場所にも多数のオガサワラボチョウジが生育していることが目視で確認できた。このエリアは、樹冠の高さが約 20 m に達する外来のアカギ *Bischofia javanica* Blume を主要構成種とし、在来樹のモクタチバナ *Ardisia sieboldii* Miq. やムニンヒメツバキ *Schima mertensiana* (Siebold et Zucc.) Koidz. がわずかに含まれる森林や、樹冠の高さが 10 m 程度で在来樹のモクタチバナ、シマホルトノキ *Elaeocarpus photiniifolia* Hook. & Arn.、ウドノキ *Pisonia umbellifera* (J.R. et G.Forst.) Seem. を主要構成種とする森林が続いているが、オガサワラボチョウジの生育がルート上から断続的に確認できた (図 1)。北進線から堺ヶ岳までのアカギが多いエリアには、全 47 個体中、樹高 4 m 以下の個体が 36 個体、地際直径 10 cm 以下の個体が 43 個体と若い個体の占める割

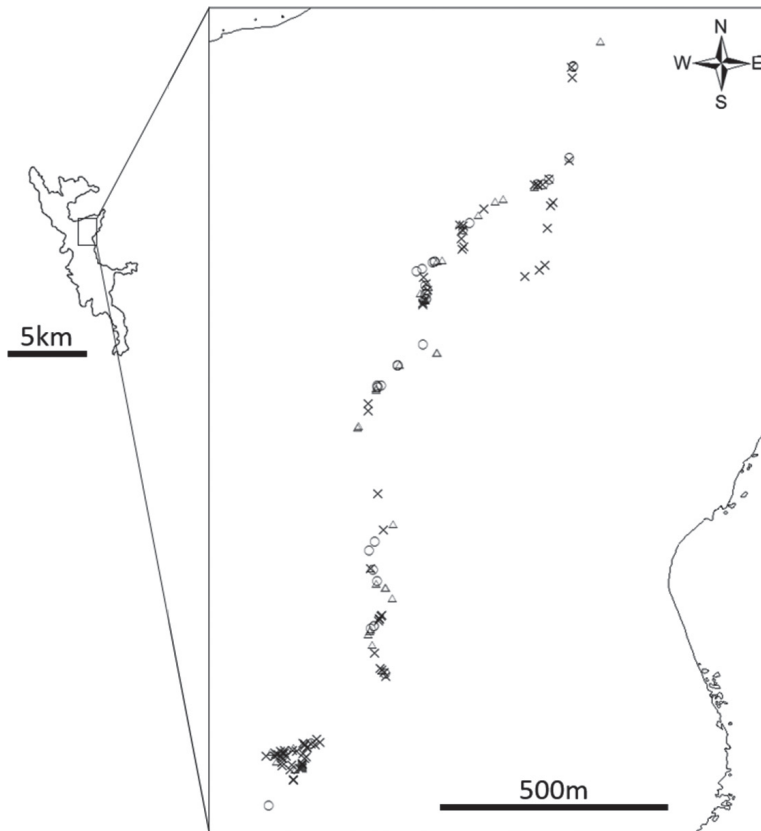


図 1 母島・石門におけるオガサワラボチョウジの分布

△：長花柱花の個体、○：短花柱花の個体、×：花型不明の個体をそれぞれ示す。

合が高かった。一方で、堺ヶ岳より東側のエリアでは、周囲のモクタチバナの幹が細く、本数が多いエリアではオガサワラボチヨウジはほとんどみられず、モクタチバナの幹が太い個体が出てくるとオガサワラボチヨウジの生育がよくみられた。また、若い個体の占める割合は全体の 25% 程度だった。

樹高の平均は、長花柱花で 6.8 m、短花柱花で 6.9 m、花型不明の個体を含めた全体で 5.0 m だった。地際直径の平均は、長花柱花で 20.2 cm、短花柱花で 20.9 cm、花型不明の個体を含めた全体で 12.9 cm だった（表 1）。分散分析の結果、樹高・地際直径ともに、花型による違いは認められなかった（樹高： $F(1, 70) = 0.081$ 、 $p = 0.777$ ；地際直径： $F(1, 70) = 0.144$ 、 $p = 0.705$ ）。

個体サイズに関して、石門集団の全個体においては、樹高と地際直径の間に強い正の相関（ $r = 0.82$ 、 $p < 0.001$ ）がみられた（図 2）。また、各花型においても有意な正の相関（長花柱花： $r = 0.54$ 、 $p < 0.001$ ；短花柱花： $r = 0.66$ 、 $p < 0.001$ ）が認められた。

表 1 母島・石門におけるオガサワラボチヨウジの各花型の樹高と地際直径

	個体数	樹高 (m)		地際直径 (cm)	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
長花柱花	35	6.81	2.17	20.15	8.6
短花柱花	37	6.94	1.65	20.93	8.7
花型不明	84	3.32	2.29	6.4	4.8
全体	156	4.96	2.76	12.93	9.8

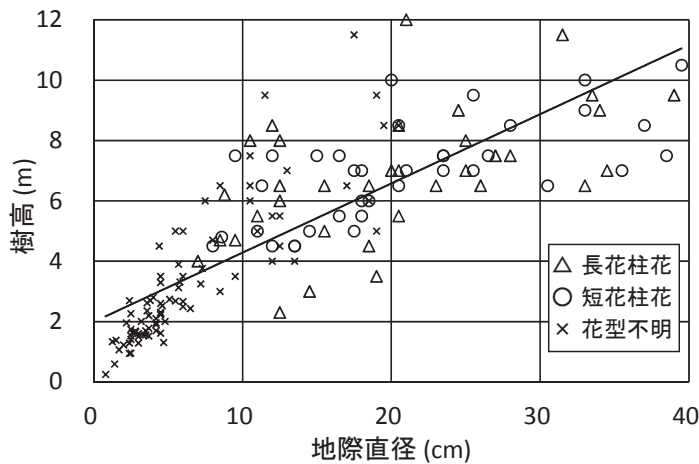


図 2 母島・石門におけるオガサワラボチヨウジの樹高と地際直径の関係  
直線は集団全体に対する回帰直線を示す。

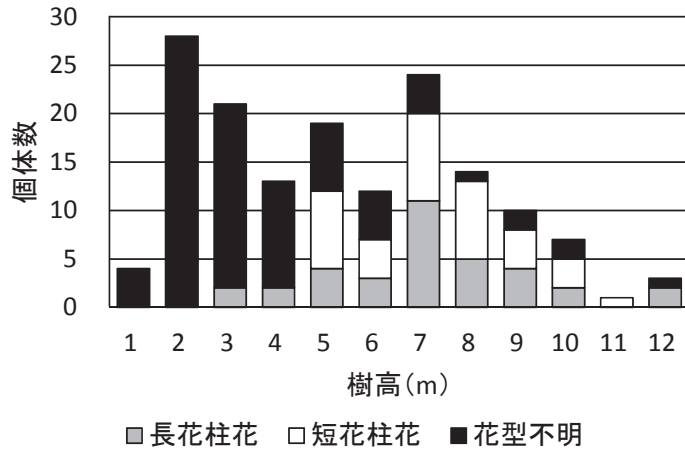


図3 母島・石門におけるオガサワラボチョウジの各花型の樹高階別本数分布

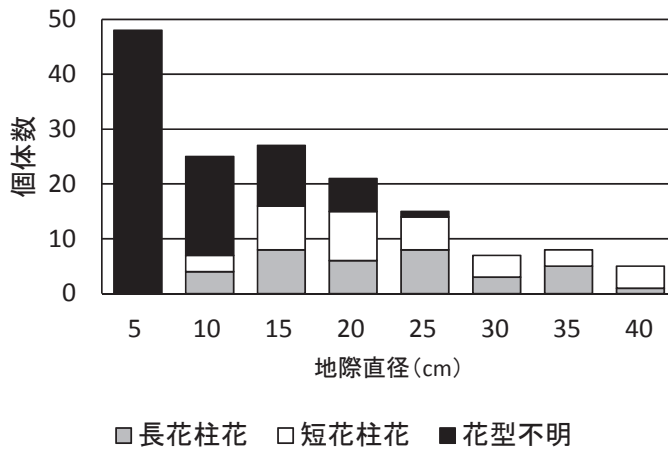


図4 母島・石門におけるオガサワラボチョウジの各花型の地際直径階別本数分布

個体サイズは、樹高が0.2～12.0 m、地際直径が0.8～39.5 cmで、幼個体から成木までまんべんなくみられた(図3、4)。特に、樹高2 m以下の個体が32個体、地際直径5 cm以下の個体が48個体と、若い個体が多く含まれていた。花型不明の個体には、開花齢に達していない若い個体と花を確認できずに花型不明となった個体の両者が含まれているが、概ね樹高4 m以上、地際直径10 cm以上になると開花を確認することができた(図3、4)。

花型が明らかになった個体は156個体中72個体で、長花柱花が35個体、短花柱花が37個体だった(表1)。二項検定を行ったところ、各花型の出現頻度に有意な差はみられなかった( $p = 0.91$ )。

## 2. 母島・桑の木山

母島の桑の木山において、指定ルート沿い全域でオガサワラボチヨウジの探索を行ったところ、計 11 個体がみつかった。個体サイズは、樹高が 1.2 ~ 9.5 m、地際直径が 2.2 ~ 28.0 cm だった。花型が分かった個体は、樹高・地際直径ともに最大値を示した 1 個体のみで、短花柱花だった。

## 3. 弟島

父島列島の北部に位置する弟島では 2 日間に渡り、島の中央部を南北にほぼ縦断するように旧道沿いを中心にオガサワラボチヨウジの探索を行った。その結果、天海山の北東斜面（北緯 27° 09'43"、東経 142° 11'26"、標高約 150 m）において、2 個体のみ分布が確認できた。いずれも花型は不明であったが、樹高は 10.0 m と 8.0 m、地際直径は 30.0 cm と 20.0 cm と十分に大きな個体だった。

# IV. 考察

## 1. 母島・石門の集団の個体群構造

先行研究では、樹高 1 m 以下、地際直径 5 cm 以下の幼個体は父島の東平で 1 個体確認されたのみで、父島の他のエリアや兄島、および母島の乳房山では全く見つからなかった（渡邊ほか、2009）。一方で、今回調査した石門では、最も小さい個体は高さ 0.2 m、地際直径 0.8 cm で、開花齢に達していない若い個体が 50 個体以上含まれ、ごく最近も世代更新が進んでいることが明らかになった。このエリアは、現存するオガサワラボチヨウジの集団の中で、唯一世代更新が行われている集団である可能性が高いため、今後も石門で継続した調査を続け、更新状況や繁殖システムを明らかにしていく必要がある。

石門のルート沿いでは植生が徐々に変化していく中で、オガサワラボチヨウジは断続的に生育していた。今回見つかった石門集団もこれまでに見つかった他の集団も、いずれも自然度の高い地域に生育していたことから、オガサワラボチヨウジは遷移の進んだ成熟した森林を好む傾向があると考えられる。さらに、石門集団の中では、北進線から堺ヶ岳までのアカギが多いエリアと堺ヶ岳より東側のモクダチバナを中心とした在来樹で構成されるエリアでは、若い個体の占める割合が大きく異なっていた。石門の中でもエリアによって種子の発芽率や実生の定着率などが異なる可能性があるため、石門集団の分布域を広く網羅して調査を行っていくことが求められる。

## 2. オガサワラボチョウジの繁殖システムに関して

花型が明らかになった個体に関して、花型の出現頻度は今回調査した石門では短花柱花：長花柱花 = 1 : 1 であった。同様に母島の乳房山の集団も両花型の出現頻度に有意な差がなかったが、父島と兄島の集団では短花柱花の割合が長花柱花の2倍以上だった (Watanabe *et al.*, 2014)。繁殖システムに関して、父島列島と母島列島で何らかの違いが生じている可能性がある。

二型花柱性の植物は基本的には異なる花型同士の受粉で結実するが、同じ花型同士の受粉では結実しないという同型花不和合性をもつことが知られている (Ganders, 1979)。この二型性の遺伝様式については、サクラソウ属 *Primula*などを例にスーパージーン・モデルが提唱されていて (Dowrick, 1956)、対立遺伝子 Ss のヘテロ接合では短花柱花が、ss のホモ接合では長花柱花が表現型となる。同型花不和合性が維持されている場合には、SS のホモ接合の組み合わせは作られず、Ss : ss = 1 : 1、つまり短花柱花と長花柱花が同じ割合で出現する。しかし、同型花不和合性が崩壊して和合性をもつようになると、SS : Ss : ss = 2 : 1 : 1、つまり短花柱花：長花柱花 = 3 : 1 になる。

先行研究で、父島の集団において人工授粉実験による花型間の和合性が調べられており、短花柱花間では低い結果率ではあった (5.9%) が、部分的和合性があることが示された (Watanabe *et al.*, 2014)。よって、父島の集団において、短花柱花の割合が長花柱花よりも高かったことは、短花柱花間の部分的同型花和合性によって説明できると考えられる。一方で、母島においては石門と乳房山の2集団ともに短花柱花と長花柱花の出現頻度に有意な差はみられなかったため、母島の集団は父島の集団とは異なり、短花柱花間の同型花和合性をもっていない可能性も考えられる。今後、母島においても、特に更新が正常に行われている石門において繁殖システムを明らかにする必要があると考えられる。

オガサワラボチョウジの自然結果率は、非常に低いことが明らかになりつつある (渡邊ら、投稿準備中)。今回の調査では、石門集団の自然結果率を調べることができていないが、更新が正常に行われている石門集団でも自然結果率を明らかにすることで、他の集団との比較ができる。これにより、石門以外の集団で更新が上手く進んでいない要因を明らかにできる可能性がある。

## 3. 保全に関して

上の項でも述べたが、母島の石門のオガサワラボチョウジは更新が正常に進んでいる保全上重要な集団であることが明らかになった。今後、石門と他の分布域で何が違うのかを明らかにする必要がある。種子の発芽率や実生の定着率、定着後の生長量や成木の結果率



など各ステージにおいてどのような障害があるのか、土壤水分などの生育環境の違いはあるのかを調べ、オガサワラボチョウジの種特性を解明することで、各集団を保全していく上で必要な情報を提供できるようになるだろう。

また、遺伝学的な背景については依然明らかにされていないので、今後の課題として挙げられる。父島と母島列島間に遺伝的な違いがあるのか、各集団内の遺伝子流動がどうなっているのが明らかにされれば、オガサワラボチョウジを保全していく際の空間的ユニット〔進化的重要単位 (ESU) や管理単位 (MU)〕(Moritz, 1994) を設定できると期待される。

さらに、小笠原諸島のような海洋島において、異型花柱性が維持されている事例の報告は少ない。ハワイでは同じボチョウジ属植物 11 種全てが形態的には二型花柱性であるが機能的には雌雄異株化していることが報告されている (Sakai *et al.*, 1995)。このように、特異な性表現をもつオガサワラボチョウジに関して、その繁殖システムと繁殖成功に関して抱えている問題点を明らかにすることが保全上の観点からだけでなく、進化学的観点からも重要である。

## 謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費「小笠原諸島の自然再生における絶滅危惧種の域内外統合的保全手法の開発」(4-1402、代表者：川上和人) により行われた。

日本自然保護協会の藤田卓博士には石門におけるオガサワラボチョウジの分布について貴重な情報を提供していただいた。小笠原総合事務所国有林課、環境省関東地方環境事務所、東京都小笠原支庁土木課自然公園係には調査にあたり便宜を図っていただいた。須貝杏子と渡邊謙太は、客員研究員として首都大学東京小笠原研究施設を利用させていただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- Dowrick VPJ (1956) Heterostyly and homostyly in *Primula obconica*. *Heredity* 10: 219-236.
- Ganders FR (1979) The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany* 17: 607-635.
- 環境省 (2012) 第 4 次レッドリスト [植物 I (維管束植物)]. <http://www.env.go.jp/press/files/jp/20557.pdf>, 2012 年 8 月 28 日公表, 2014 年 10 月 15 日参照.
- Moritz C (1994) Defining 'Evolutionarily Significant Units' for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 9: 373-375.



- R Development Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing, version 3.1.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sakai AK, Wagner WL, Ferguson DM & Herbst DR (1995) Origins of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2517-2529.
- 渡邊謙太・加藤英寿・菅原 敬 (2009) 小笠原諸島固有種オガサワラボチョウジの保全について. 小笠原研究年報 32: 11-26.
- Watanabe K, Kato H & Sugawara T (2014) Distyly and incompatibility in *Psychotria homalosperma* (Rubiaceae), an endemic plant of the oceanic Bonin (Ogasawara) Islands. *Flora* 209: 641-648.