

東京都の島の植物と 生物多様性

—伊豆諸島から小笠原まで—



社団法人日本植物学会 編
可知直毅・村上哲明 責任編集

表紙

上左：三宅島

上右：オオシマツツジ(神津島)

下左：ヒメツバキ(兄島)

下右：母島属島

撮影：加藤英寿

大扉

上左：サクユリ(伊豆大島)

上右：ヒナノシャクジョウ(神津島)

下左：モンテンボク(父島)

下右：エダウチムニンヘゴ(南硫黄島)

撮影：加藤英寿

東京都の島の植物と 生物多様性

—伊豆諸島から小笠原まで—



社団法人日本植物学会 編
可知直毅・村上哲明 責任編集

目 次

はじめに	3
東京都の島——伊豆諸島と小笠原諸島の地図	4
伊豆諸島と小笠原諸島の特徴	
一 島の成立過程と自然環境、生物相の概観 — 可知直毅	6
小笠原諸島と伊豆諸島の植生と固有植物種 加藤英寿	14
遺伝子からみた小笠原の野生植物の生態とその保全 吉丸博志	22
花と昆虫の関係から小笠原の生態系の異変を見る 安部哲人	28
伊豆諸島における噴火後の植生の再生	
一 噴火とともに生きる野生植物たち — 上條隆志	34
生殖様式が異なるシダ植物と噴火活動の関係 村上哲明・山本薫	40
参考文献	46
伊豆諸島と小笠原諸島の植物を知るための参考図書	
各章の参考図書	



首都大学東京・小笠原研究施設

*この冊子は、2011年度科学研究費補助金(研究成果公開促進費)により作成しました。

はじめに

日本の都道府県のなかで一番広い海をもっているのがどこかご存知でしょうか。実は東京都なのです。東京都には小笠原諸島と伊豆諸島が含まれるので、沖縄県よりも広い海域をもっています。これらの島々には、世界中でも、ここにしか見られない地域固有の植物種（固有種）や他の地域では非常に稀な準固有種が多数見られます。

2010年10月に名古屋でCOP10が開催されたこともあり、生物多様性に対する一般市民の関心が高まっています。さらに、2011年6月には、小笠原諸島がユネスコの世界自然遺産に登録されました。野生生物を適切に保全するには、まず、それらのことをよく知ることが必須です。そこで、研究者の出番です。日本植物学会には、小笠原諸島や伊豆諸島の野生植物種の研究を長年にわたって実施してきた研究者が多数所属しています。

今回、日本植物学会の年次大会を10年ぶりに東京で開催する機会にあわせて、一般の皆様にも小笠原諸島と伊豆諸島の野生植物の多様性と研究成果を最新の情報も含めて知っていただくために、公開講演会を企画し、同時にその内容をよく理解していただくために、この冊子を作成することにしました。

東京都には、九州南部と似た暖地性の植物も豊富に見られる伊豆諸島、さらにその南に位置し、亜熱帯から熱帯性の植物が自生する小笠原諸島が含まれています。小笠原は他のどの陸地からも遠く離れているゆえに、そこでしか見られない固有生物種が多数存在し、独自の植物相・生物相が形成されている島でもあります。一方、伊豆諸島は日本本土から距離的に近いものの、やはり大陸と陸続きになったことはありません。それに加えて、現在も定期的に噴火などの火山活動が見られ、それによって独特な植生や固有種、準固有種が存在すると考えられている場所でもあります。

この冊子では、東京都の島々にどのような野生植物種や植生が見られるか、それらが昆虫などの動物とどのように関わり合いながら生存しているかについてわかりやすく紹介しています。さらに、これらの自然を保全していくうえでの課題についても解説します。今回のシンポジウムや冊子を通して、これらの島々の自然を守っていく方法を皆さんも一緒に考えていただければ幸いです。

植物学会公開講演会実行委員会代表 村上哲明

（首都大学東京・牧野標本館 教授）

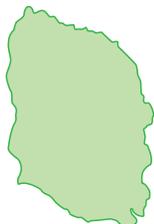
東京都の島——伊豆諸島と小笠原諸島の地図



島の形と大きさの比較



山手線内側 65km²



大島 91km²



三宅島 55km²



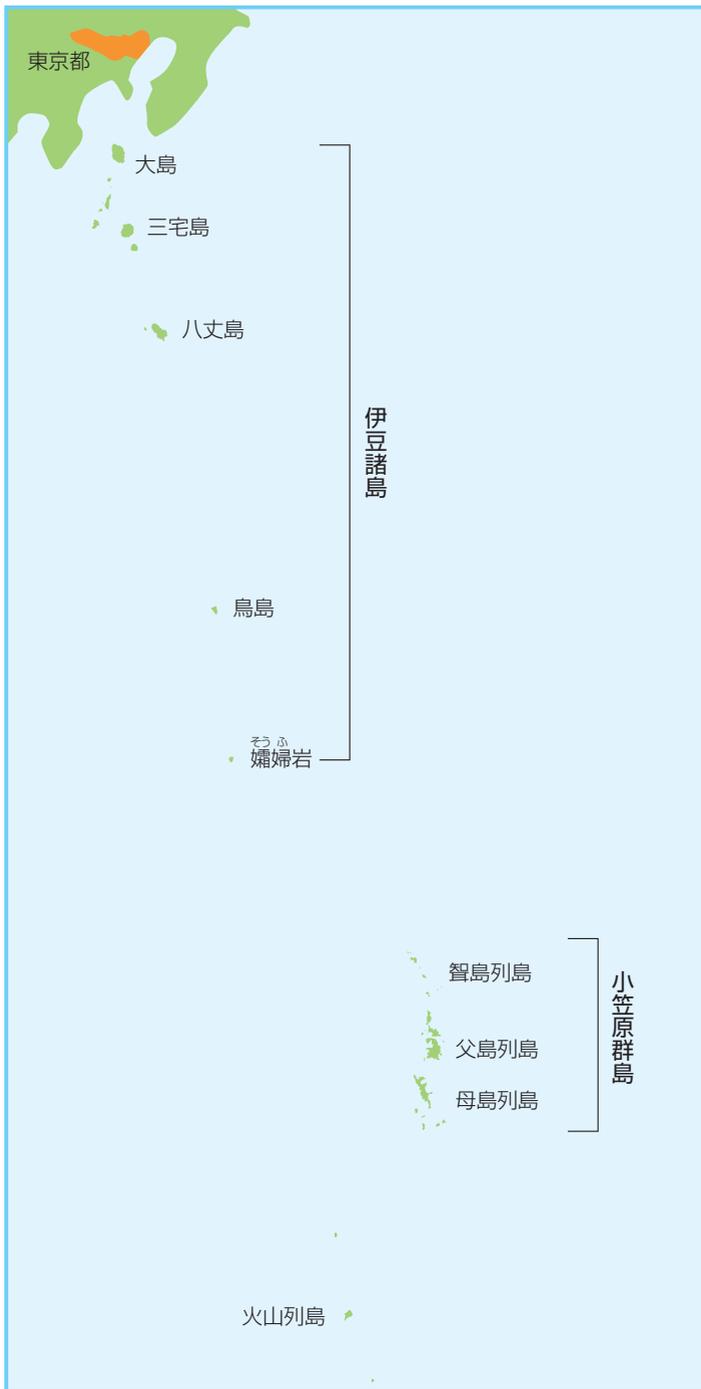
八丈島 71km²



父島 24km²



母島 21km²



伊豆諸島と小笠原諸島の特徴

—島の成立過程と自然環境、生物相の概観—

可知 直毅 (首都大学東京・小笠原研究委員長)

小笠原諸島と伊豆諸島の島々に、遠い昔、海を越えて生物が渡ってきた。その生物の子孫は、やがて、島の環境に適した独自の姿と性質をもつように進化し、固有種となった。固有種を含む島の生態系は環境の変化による影響を受けやすい。島の生物相を把握し、固有の生態系を守るために、国内外の多くの研究者が調査を進めている。

太平洋に浮かぶ、首都・東京の島々

宇宙から日本を見ると、弓なりの形をした本州のちようど真ん中あたりから、太平洋上をほぼ南に向かって島々が連なっていることがわかります。この島々の連なりは東京湾から1300 km以上も点々と続いています。本州に近いところに比較的かたまって点在するのが伊豆諸島、その先が小

笠原諸島です。小笠原諸島は、2011年6月29日に日本で4番目となる世界自然遺産に登録されました。世界自然遺産をもつ先進国の首都は世界でもスイスのベルンと東京だけでしょう。

これだけ南にあるので、当然ながら気候も日本の他の地域とは大きく異なっています(図1)。小笠原の父島では最寒月の2月でも平均気温が

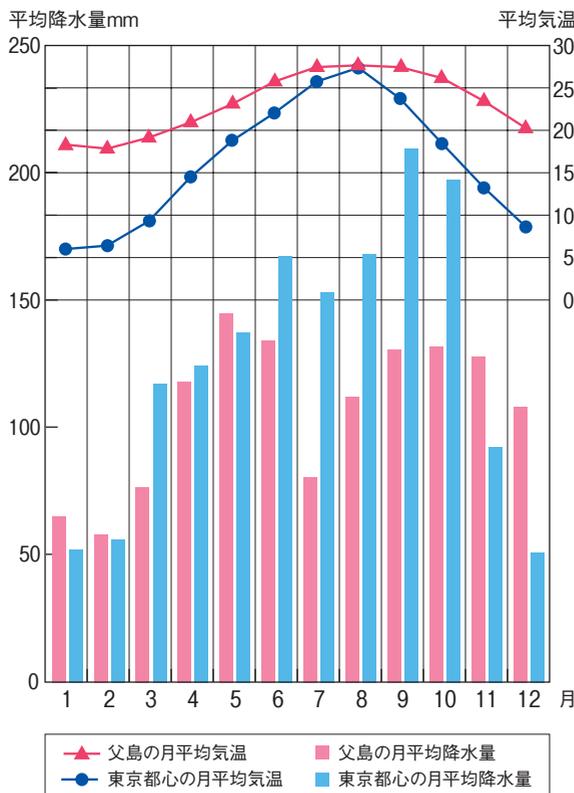


可知 直毅

首都大学東京・大学院理工学研究科生命科学専攻教授。専門は植物生態学。外来種駆除が島嶼生態系に与える影響について研究中。主な著書(共著)に、『植物生態学』(朝倉書店)、『はじめてのえころじ』(裳華房)など。

17℃、最暖月の8月の平均気温は27℃、年平均気温が23℃です。年間を通して寒暖の差が小さい海洋性気候で、那覇よりも冬は暖かく、夏は涼しいのです。その一方で、年降水量は約1200 mmと都心部よりも少なく、乾燥した気候です。八丈島は、伊豆諸島の中では最南部に位置する島ですが、小笠原諸島よりはるかに北に位置して、年平均気温は18℃です(もちろん、年平均気温

図1 東京都心と父島の月ごとの平均気温と平均降水量



(1981~2010年の平均値。気象庁発表による)

が16℃の都心部よりは暖かいです)。そして、近くを流れる黒潮の影響で降水量が3000mmを上回り、こちらは温暖でかつ湿潤な気候です。

小笠原諸島は、小笠原群島と火山列島（硫黄列島）、西之島、南鳥島、沖ノ鳥島で構成されます。小笠原群島は、父島列島、母島列島、聳島列島からな

ります。

小笠原で一般の人が住んでいるのは父島と母島だけです。伊豆諸島は、北端の大島から始まり青ヶ島や鳥島を経て、^{そうふ} 嬬婦岩までの間にある100ほどの島から構成されます。このうち、人が住んでいるのは10島です。どちらも、諸島の一部が、小笠原国立公園、富士

箱根伊豆国立公園に属しています。

伊豆諸島と小笠原諸島の起源と形成後の噴火の影響

小笠原群島が現在の姿になったのは、約300万年前といわれています。一方、硫黄列島の起源はずっと新しく、南硫黄島は約3万年前に形成されたことが2007年の調査で明らかになりました。伊豆諸島も島によって時期は異なるものの、多くの島は100〜200万年前に海底火山の活動によって生じたと考えられています。

伊豆諸島や小笠原諸島の島々は、^{*} 海底火山によってつくられたことは共通しています。ただし、島ができただけで火山の噴火の影響を強く受けている島とそうでない島があります。このことが島の景観や生物相の違いを生み出しています。たとえば、伊豆諸島の三宅島は20世紀以降でも4回の噴火を経験しました。こ

伊豆諸島の島々（撮影：加藤英寿）



大島：上空から三原山。



新島：向山から宮塚山。



神津島：南部から三浦湾・多幸湾と天上山。



三宅島：中腹部から山頂部。



御蔵島：乙女峠から長滝山。



青ヶ島：池之沢火口と丸山。

小笠原諸島の島々 (撮影：加藤英寿)



聳島：中央部。ノヤギの食害で大部分が草原化した（現在はノヤギ駆除終了）。



媒島：屏風山。ノヤギが駆除された現在も表土の流出が続く。



母島：南島からの遠望。



母島：南崎から乳房山。



硫黄島：東南部の海岸から翁浜・播鉢山。



南硫黄島：中腹部から山頂部。

各島の面積（1km²以上の島のみ）と標高の最高地点、文献記録などで確認された維管束植物の分類群数（加藤英寿作成、複数の資料に基づく）

	面積 (km ²)	最高標高 (m)	維管束植物の分類群数
大島	91.06	764	806, 662, 777
利島	4.12	508	609, 282, 552
新島	23.87	432	639, 290, 505
式根島	3.9	109	357, 164, 322
神津島	18.87	572	546, 389, 642, 577
三宅島	55.44	775	551, 600, 647
御蔵島	20.58	851	527, 528, 516
八丈島	69.52	854	662, 702, 786
八丈小島	3.08	617	
青ヶ島	5.98	423	358, 253, 215
鳥島	4.79	394	95, 91
鴛島	2.57	88	127, 141
媒島	1.58	155	98
弟島	5.2	229	104, 186
兄島	7.87	254	129, 185
父島	23.80	326	313, 355
母島	20.21	462	254, 279
向島	1.45	137	81, 89
姉島	1.43	117	43, 82
妹島	1.22	216	63, 98
姪島	1.13	113	39, 76
北硫黄島	5.57	792	113, 129
硫黄島	23.16	169	100, 92
南硫黄島	3.54	916	103, 129
南鳥島	1.51	9	52

のような島では火山活動と深く関わった植物の分布や生態が観察できません。一方、小笠原諸島の鴛島列島、父島列島、母島列島は、少なくとも100万年前以後は火山の噴火はありません。また硫黄列島は、海底火山が噴火して海面に現れてから、わずかに数万年しかたっていないと考えられています。

十島十色、自然の多様性と固有性が育まれる「島」という環境

小笠原諸島と伊豆諸島には、世界中でそこで見られない貴重な生物種（固有種）が多数生息しています。特に小笠原諸島では、生物進化の見本が現在でも多数見られることが評価され、2011年6月に世界自然遺産と

して登録されました。世界自然遺産第1号のガラパゴス諸島（エクアドル）も、ガラパゴスゾウガメやダーウインフィンチなど多くの固有種が生息していることが評価されています。ただ、小笠原はガラパゴス諸島のわずか74分の1の狭い面積の中に多くの固有種が生息している点の特徴です。

それにしても、なぜ、島には、多くの固有種が生息しているのでしょうか。海底火山によって形成された伊豆諸島と小笠原諸島の島々は、日本本土とは一度も陸続きになったことがありません。島ができた直後は、そこにはほとんど生物が生息していなかったはずです。ですから、現在、島で見られる動植物は、人間が運んできたもの以外は、すべて海を越えてたどりついたものの子孫ということになります。

海を渡るためには、植物であれば種子や果実が海流や気流に乗るか、鳥によって運ばれるかしかありません。そ



図3 オオハマボウ。アオイ科。日本では屋久島以南に分布する。葉に長い毛があり、種子は内部に空隙があり、海水に浮かぶ。



図2 小笠原諸島に固有のモンテンボク。葉には毛がないか、短い。種子の内部に空隙はなく、海水に沈む（撮影：加藤英寿）。

のため、島にたどりついた植物は、本州や大陸、太平洋の島々に分布している植物のごく一部だったはずだ。また、はるばる海を越えることができた植物は、大陸に分布する同じ種の植物の中でも、すこし変わった性質をもつものだったかもしれません。さらに、たどりついた島は、競争相手となる種が少なかったために、本州や大陸で分布していた地域の環境とは異なる環境にも、どんどん分布を広げていったものもあったはずだ。

同じ祖先の子孫が異なる環境に進出していったら、それぞれの環境に適応したものが残り、おたがい交雑しなくなり、それぞれが新しい種(固有種)に分化することが起きます。これを適応放散といいます。島は適応放散によって、独自の種(固有種)が生まれやすい場所なのです。

とくに小笠原諸島は、どの大陸からも非常に遠く離れており、生物がたど

りつくことは、滅多になかったはずだ。幸運にもたどりつけた生物の子孫の中には、競争相手も、天敵もまったくないところで、新天地の環境に適応しながら独自に進化したものもいたはずだ。その結果、多数の固有生物種が生じたと考えられています。

島にたどりついた祖先種から新しい種が生まれた典型的な例を紹介しましょう。

小笠原の固有種であるモンテンボク(図2)は野生のハイビスカスの仲間です。太平洋の島々や東南アジアの海岸に広く分布するオオハマボウ(図3)と同じ祖先から分化したと考えられています。オオハマボウの種子は海水に浮くため海流に乗って遠くの島へ運ばれます。モンテンボクの祖先の種子も海流に乗って小笠原にたどりついたと想像されます。ところが、現在の小笠原ではモンテンボクは、海岸近くだけでなく内陸にも分布してお



図5 小笠原諸島の代表的な自然植生である兄島の乾性低木林。



図4 外来生物のノヤギによって森林が破壊された、智島列島媒島の裸地と草地（撮影：畑憲治）。

島で独自の進化をとげた固有種が地球から消滅することを意味します。また、これらの生物種は、競争が厳しくない環境で進化したので、トゲや毒など天敵に対する備えも十分に

東京都の島の植物研究の重要性

関係しているものもあります。

り、その種子は海水に浮かずに沈んでしまいます。すなわちモンテンボクは、内陸の環境で分化していくあいだに、種子の浮遊性（海流に運ばれて散布する能力）を失ってしまったのです。

伊豆諸島は日本本土から距離が近いので、小笠原ほど固有種の割合は高くはありませんが、それでも、少なからぬ固有種・準固有種が分布しています。伊豆諸島は、三宅島や大島を初め、現在も火山活動が見られる島も少なくありません。伊豆諸島の固有生物種には、このような火山活動と密接に関係しているものもあります。



図7 上陸がむずかしい無人島には、泳いで上陸しなければならない。写真は東島への上陸。



図6 漁船からゴムボートに乗り換えて無人島（媒島）に向かう研究者。

小笠原諸島の歴史(可知、2011)

100万年以上前	小笠原群島形成
数万～数千年前	火山列島形成
1830年	ハワイを経由して欧米系・ポリネシア系移民約30名が定住
1875年	人口71人。開拓時代の幕開け
1911年	人口4521人
1944年	人口7711人 小笠原の要塞化が進み島民6886名が強制疎開 軍隊2万人以上が駐留
1945年	戦争終結。米軍統治が始まる 一部欧米系島民帰島 外来植物の繁茂、ノヤギによる森林植生の衰退
1968年	施政権返還。島民帰島
1972年	小笠原国立公園制定
2011年	人口2489人。世界自然遺産に登録

はありません。残念なことに、人間による開発、あるいは人間が外からこれらの島々に持ち込んだ生物(外来生物)などの影響によって、急速に個体を減らしている固有種が少なくあ

りません。絶滅が危惧される種が小笠原諸島と伊豆諸島には非常に多いのです(図4)。

多数の固有種を含む、世界的に貴重な自然環境が日本の首都に存在するというのは実はすごいことです(図5)。

ですから、首都である東京都と東京都が設置した首都大学東京は、率先してこのような貴重な自然を守る義務があると考えています。多数の無人島を含む小笠原諸島と伊豆諸島の島々の調査には多くの困難がありますが、私たち研究者は幾多の問題を乗り越えてこれまで研究を続けてきました(図6～8)。もちろん、まだまだ調べなければならぬことも多く、知れば知るほど、適切に野生生物を保全するうえで課題や問題点が多いこともわかってきました。この小冊子を通じて、まずは小笠原諸島と伊豆諸島の野生植物種のこと、そしてそれらの現状を知っていただきたいと思えます。

図8
東島で固有種のオオハマギキョウの生育状況を調査する研究者。



キーワード

海底火山 海底にある火山。噴火によって大量に噴出した溶岩が海水に冷やされてかたまり、島を形成することがある。また、大きな海底火山の山頂が海面に突き出て島になることもある。

世界自然遺産 世界遺産のうち、地形や生物、景観を指定するもの。日本の世界自然遺産は屋久島、白神山地、知床、小笠原諸島の4つ(2011年時点)。

適応放散 1つの祖先種が環境の多様性に応じて多くの種に分化すること。

小笠原諸島と伊豆諸島の

植生と固有植物種

加藤 英寿 (首都大学東京・牧野標本館)

伊豆・小笠原諸島の植生の様相は、他の同緯度地域とは大きく異なる。国内山林の主要な構成種であるカシ・ナラ類が伊豆諸島ではほとんど見られず、小笠原諸島はブナ科植物が自生していない。海で囲まれ、遠く離れていることは、ドングリの移動を阻むほどの障壁であるが、固有種など島の独自性を生み出す原動力でもある。

伊豆・小笠原諸島の植物相調査

伊豆・小笠原諸島は約30の島々が南北1000km以上にわたって連なっています。島が誕生した年代や地形・地質、気象・気候条件などが異なることから、それぞれの島ごとに個性に富んだ多様な生態系をもっています。とくに大陸から遠く離れた海洋島である小笠原諸島には、独自

性の高い生物相と生態系があります。維管束植物では約160もの分類群が小笠原に固有のものであるといわれています。伊豆諸島は小笠原ほど多くはありませんが、変種などの種内分類群を含めると約40の固有の維管束植物が知られています (P10参照)。

伊豆・小笠原諸島の植物相は、調査が断片的であり、現時点で全体を語ることは困難です。理由のひとつ

に、小さな無人島まですべての島をくまなく調査するのは難しいという点があります。空港がない島が多く、島へ渡るのに時間がかかり、海が荒れると定期船が何日も欠航するため、内地の研究者が島を直接訪れて調査をする機会是非常に限られます。無人島には定期船や港もありませんから、上陸することさえ困難を伴い、ときに命がけです。



かとう ひでとし
加藤 英寿

また、昔からの開発や外来生物の影響によって、自然環境が大きく変貌し、すでに多くの種が消滅してしまつた島もあります。外来植物が定着して、在来植物との区別がつかなくなっていることもあります。

そして、島の植物ならではの特徴が調査を難しくしているケースもあります。島嶼地域の植物は同じ種であつても島ごとに微妙に形が異なつていたり、1つの島の中でも複雑な変異を示すことが多いものです。分類学的な見解が未だに定まらないものも数多くあります。これまでに作成された各島の植物目録は数多くのシノニム（同じ分類群につけられている別名）が含まれることが多いため、文献や標本の精査が必要です。今後は、現地調査で得られた標本や各地の標本庫に納められている標本を参照しながら、厳密に証拠標本に基づいた「植物誌」を編纂したいと

考えています。

代表的な島々の植物相

伊豆諸島の伊豆大島（大島）、神津島、御蔵島、八丈島の4島の植物相について紹介します。同じ伊豆諸島であるにも関わらず、島ごとに興味深い特徴があります。

小笠原諸島は、列島ごとの植物相の特徴について説明します。

●伊豆大島

伊豆半島から東方約20kmの位置にあります。島の中央には、過去に何度も噴火を繰り返している三原山があります（最近の噴火は1986年）。三原山では、溶岩流やスコリア（火山噴出部の一種）の噴出年代の違いなどによって、さまざまな遷移段階にある植物群落を見ることができます。

比較的最近に噴火の影響を受けた山頂部にはハチジョウススキ・ハチジョ

ウイタドリなどの草本群落やオオバヤシャブシ・ニオイウツギなどの低木林が広がります。長い年月にわたって噴火の影響を受けていない山麓部には、スタジイやタブノキが優占する森林が発達しています。そのほか、海岸部の海蝕崖にはイソギクやスカシユリ・ハマカンゾウを見ることができます。



伊豆大島・三原山

1986年に流れた溶岩（中央の黒い部分）の中にハチジョウススキやハチジョウウイタドリが侵入しつつある。



シマホタルブクロ
 (2010.7.18 青ヶ島)
 ホタルブクロの変種。花冠は基本種に比べて小さく、白色の花を多数咲かせる。伊豆諸島と関東地方太平洋沿岸地域に分布するが、地域間で花の大きさに変異があり、送粉昆虫が異なることによると考えられている。

ヤマハハコ
 (2010.11.10 御蔵島)
 おもに本州中部以北の山地に生育する多年草。本州では草丈30~70cm、葉の長さは6~9cmになるが、御蔵島では草丈5~15cm、葉の長さは3cm程度で、見た目がまったく異なる。



イズノシマダイヤモンドソウ (2010.11.8 御蔵島)
 ダイヤモンドソウの変種。茎や葉に毛が多く生え、伊豆諸島と房総半島に分布する。



オオシマツツジ (2008.5.18 神津島)
 伊豆半島と伊豆諸島に分布。花の色や大きさに変異が多い。神津島の天上山では、砂丘の中に浮かぶ島のように点在し、独特の景観を生み出している。



サクユリ (2011.8.8 伊豆大島)
ヤマユリの伊豆諸島固有変種。葉の幅が広く、花も大型で花被に褐色の斑点が少ないが、ヤマユリとの中間型も時々見られる。



ヒナノシャクジョウ
(2011.8.1 神津島)
伊豆諸島の樹林内には、葉緑素をもたず、菌類と共生して生活をする植物が数多く見られる。小型で繊細なものが多く、見つけることは非常に難しい。



ユノミネシダ (2009.10.28 三宅島)
2000年の噴火で多くの植物が被害を受けたが、ユノミネシダは噴火後に急速に分布を拡大している。名前の由来である和歌山県湯の峰温泉で発見されたことから、火山ガスに含まれる二酸化硫黄に耐性をもつと考えられている (p38参照)。



ハチジョウグワ (2010.5.31 神津島)
本土のヤマグワに比べ、葉が厚く光沢があり、鋸歯の先が鋭くとがる。神津島の人々は、果実が赤いうちから甘くて食べられるミズガーノ (写真左) と、果実が赤いうちは酸っぱくて食べられないイシガーノ (写真右) に分けている点が興味深い。

●神津島

「花の百名山」と称される天上山を有しており、山頂部には岩礫地や砂丘、風衝低木林、湿原などの景観を見ることができません。多様な植生環境ゆえに、植物の種類も非常に多く、最近では国内ではきわめて珍しいタヌキノシヨクダイが島民によって発見されています。小さな島ですが、植物相の奥の深さを感じさせられます。

●御蔵島

島の周囲は急峻な崖に囲まれています。中腹部に広がる国内最大規模のスタジイ林をはじめ、山頂部の風衝低木林やササ群落、湿原など、伊豆諸島のなかでもつとも自然度の高い植生が残存しています。山頂部にはミクラザサやミクラジマトウヒレンなど、伊豆諸島でもここで見ることのできない植物も生育しています。

●八丈島

南東部に東山(三原山、標高701m)、北西部に八丈富士(854m)があります。火山

活動の歴史が古い東山にはスタジイの優占する照葉樹林が発達しています。約300年前まで噴火活動していた八丈富士は、タブノキなどの萌芽林や低木林が広がっています。ハチジヨウベニシダやハチジヨウイタドリなどのように八丈の名を冠した植物は多いのですが、そのほとんどは八丈島だけでなく伊豆諸島に広く分布しています。八丈島は入植の歴史が古く、花卉園芸を主とした農業が盛んなことから、植栽されていた植物が野生化したなど、人為的な影響が広がっています。

●小笠原諸島

伊豆列島、父島列島、母島列島の3列島を合わせた小笠原群島と、その南南西に位置する火山(硫黄)列島、そして沖ノ島などの離島から構成されています。

最北の島々である伊豆列島は、現在はいずれの島も野生化して増殖したノヤギの食害によって島の大部分が裸地化・草原化し、多くの植物種が消滅したと考えられます。現在で

はノヤギはすべて駆除され、ヤロードやモクタチバナなどの在来樹種が回復しつつありますが、一方でギンネムやヤダケなどの外来植物が勢いを増している島もあります。

父島列島や母島列島は、標高や水分条件の違いにより湿性高木林や乾性低木林、乾性型矮低木林と呼ばれる植生が見られ、それぞれの植生環境に適応放散的に種分化した分類群(シロテツ属やムラサキシキブ属など)が生育しています。父島と母島以外の属島は現在無人島ですが、戦前にはほとんどの島に人が住んでいました。そのため、過去の開発の影響に加え、人が持ち込んださまざまな外来植物(アカギヤトクサバモクマオウなど)の拡大が問題になっています。

火山(硫黄)列島のうち、過去に人が定住したことが無く手つかずの自然が残されている南硫黄島は、原生自然環境保全地域に指定され、島への立入りが厳しく制限されています。標高の最高地点は伊



ムニンハナガサノキ
(2005.6.11 父島)

小笠原群島に固有のつる性植物。小笠原諸島ではさまざまな性表現を示す植物が見られ、なかでもこの植物は両性個体と雄個体からなる「雄性雌雄両全異株」という珍しい性表現で知られる（写真は雄花）。



父島の中央山・東平地域
数多くの固有植物が自生している。

キーワード

シノニム 別名。生物の分類群（おもに種）には1つの学名しか与えられない。複数の学名がある場合、それらをシノニムという。

証拠標本 分類群を決めるなど、生物を研究したときの根拠となった実際の標本。

雲霧林 熱帯・亜熱帯地域の、つねに霧に覆われているような湿度が高い山地に発達する森林。

豆・小笠原諸島のなかでもっとも高い916mで、標高792mの北硫黄島でも同様に、山頂部は雲霧林となり、国内ではここでしか見ることのできないエダウチムニンヘゴやナンカイシダなどが生育しています。一方で島全体が比較的平坦な硫黄島は、過去の開発や戦争によって本来の植生はほとんど失われ、ギンネムやランタナなどの外来植物が繁茂しています。



オオハマギキョウ (2005.10.29 姉島)

小笠原群島に固有で、ハワイに近縁種があると考えられている。数多くの葉を展開しながら数年間かけて成長し、開花時には高さ2~3mにまで達するが、結実後に枯れてしまう1回繁殖型の植物。



シマウツボ (2011.3.29 母島)

小笠原群島に固有で葉緑体をもたず、オガサワラピロウなどの根に寄生する植物。2~3月に地面から花茎を出し、鮮やかな黄色の花を咲かせる。



エダウチムニンヘゴ (2007.6.22 南硫黄島)

国内で唯一、幹の途中で枝分かれする木性シダ。南硫黄島と北硫黄島の雲霧林に生育する。



ヒメツバキ (2006.6.14 兄島)
小笠原群島固有。父島や母島でもっとも普通に見られる樹種で、小笠原村の村花として親しまれている。南西諸島に分布するイジユに近縁で、同種とする説もある。



ヒメフトモモ (2005.9.18 兄島)
小笠原群島固有。非常に変異が多く、風衝地では樹高20~50cmで地面を匍匐し、中腹部の台地では樹高1~4mの低木、谷筋などの湿った斜面では樹高10mを越える高木にもなり、適応放散的に種分化しつつあると考えられる。



ムニンタツナミソウ (2005.4.8 父島)
父島列島固有の多年生草本。花筒が細長く4~6cmもあり、強い芳香を放つ。口吻の長いガによって送粉されていると推測される。



ワダンノキ (2008.12.20 母島)
母島の山地に生育するキク科の木本性植物。海洋島では草本性の祖先から木本に進化する現象がしばしば見られる。

遺伝子からみた小笠原の

野生植物の生態とその保全

吉丸 博志（森林総合研究所）

植物のDNAの塩基配列を分析し、遺伝子構造の違いを知ること、近縁種間の識別や交雑の有無、地域集団間の遺伝子交流の度合いなどを知ることができる。遺伝子の解析が小笠原の植生の保全と復元に、どのように活躍しているか、その一端を紹介する。

オガサワラグワ — 移入種による遺伝子汚染 —

オガサワラグワ(図1)はクワ科の雌雄異株の樹木で、小笠原諸島の弟島、父島、母島のみに分布しています。内地(本土)のクワの仲間比べると格段に大きく成長する樹種で、大きな個体は胸高直径が1.5mを超えるものもあります。かつては原生林の中に多数の巨

木が生育していたと思われませんが、その材が非常に緻密で高価であったため、明治以来の開拓期に大量に伐採され、昭和の初期にはすでに非常に希少になつてしまつていたことが報告されています。現在では絶滅危惧IA類(環境省)に指定されています。現存する成木は植栽を含めても170本以下と推定され、それらの成木の周囲には次世代となるべき実生や稚樹をなかなか発見するこ

とができませぬ。

オガサワラグワの災難は過剰な伐採だけでなく、外来種であるシマグワが移入されて父島や母島にはびこつた影響があります。現在は、個体数の多いシマグワから飛んでくる花粉がオガサワラグワにかかり、オガサワラグワのほとんどの種子が雑種になつてしまつてい状態、次世代の更新が困難になっています。唯一、弟島ではまだシマ



よし丸 博志

森林総合研究所森林遺伝研究領域長。専門は樹木の集団遺伝学。短い塩基配列情報で樹種識別を可能にするDNAバーコーディングやサクラの栽培品種の系統解析なども進めている。理学博士。おもな著書(共編)に「屋久島の森のすがた」(文一総合出版)など。



図1 オガサワラグワ

左：弟島で撮影。巨岩がごろごろした地形の中に生育。

中：切株。母島の湿性高木林の中には、このような大きな切株が今でも朽ちずに残っている。

右：葉。整ったハート型をしている。

グワの侵入がなく、純粋なオガサワラグワの種子ができていますが、実生や雑樹はほとんど見ることができません。これは、ノヤギの食害の影響が強いと考えられています。

なるべくすべてのオガサワラグワの成木を探索して、GPSを利用した位置図を作成したところ、弟島で35個体、父島で22個体、母島で107個体のオガサワラグワに見える成木が発見されました。しかしながら、そのなかには古い時代にできた雑種が含まれている可能性があるため、両種を識別できるDNAマーカーを開発して調べたところ、父島では2個体(2/22=9%)、母島では5個体(5/107=5%)が雑種と判定されました。雑種の中には直径50cmを超えるものもあり、かなり古い時代から雑種ができていたと考えられます。弟島では雑種の個体はありませんでした。

オガサワラグワの雌木にできた種子を蒔いてみると、さまざまな葉の形をもつ実生ができてきます。DNAマーカーによってこれらはすべて雑種と判定されましたが、元となる両種よりもしい欠刻が見られます(図2)。なお、雑種と判定された実生はほとんどの場合に、長くても1年以内に欠刻のある葉が出現するので、それ以上の期間を経ても欠刻の葉がでてこない実生は、純粋なオガサワラグワの可能性が高いと考えられます。しかし、自然状態では純粋な種子の割合は非常に低いと思われる、現在の古木が枯れると次世代の見通しがたたないのが実情です。

各島のオガサワラグワ集団の関係を探るために、DNAマーカーの1種であるマイクロサテライトマーカーを開発して、すべてのオガサワラグワ成木の遺伝子型を調査しました。その結果から各個体の遺伝的組成をもとに^{*}遺伝的な保全管理ユニット(MU)を推定したところ、6個のユニットに分かれることがわかりました(図3)。

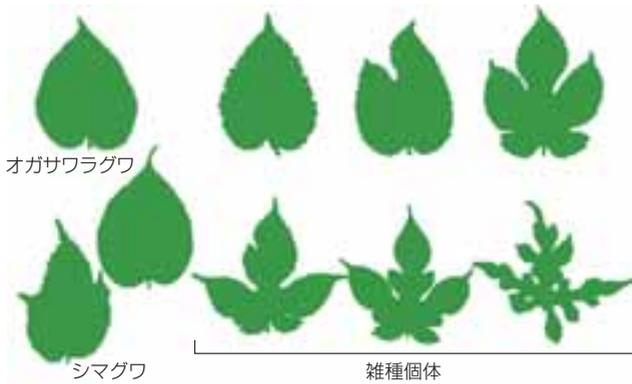


図2 左端が典型的なオガサワラグワおよびシマグワの葉形。そのほかはDNAマーカーによって雑種と判定された（谷尚樹ら、2008）。下の写真は父島のオガサワラグワの近くで見られた雑種の実生。

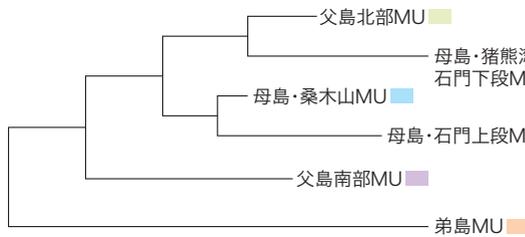
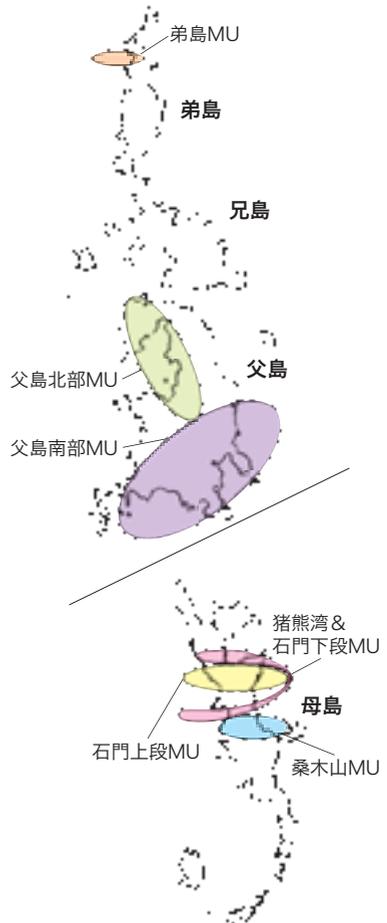


図3 マイクロサテライトマーカーによるオガサワラグワの遺伝的管理ユニット (MU) の推定 (谷尚樹ら、2008)

上：管理ユニット間の遺伝的關係。父島北部は母島猪熊湾と石門下段に近く、植栽の可能性が示唆される。母島の桑木山と石門上段、父島南部、弟島が本来の自然集団の近いものと推察される。

右：3島のオガサワラグワ集団で推定された管理ユニット。母島猪熊湾と石門下段の集団は植栽であることが言い伝えられている。



このうち、母島の石門下段のものは昭和2年に植栽されたと言い伝えられており、また猪熊湾のものも細くてサイズのそろった集団で、これも植栽と考えられます。両者は遺伝的組成もよく似ており、同じユニットとなりました。また、父島北部のものは、これらに近い遺伝的關係をもち、母島由来の実生が植栽された可能性が高いと推察されます。その結果、本来の小笠原諸島に固有な自然集団は、弟島、父島南部、母島の石門上段と桑木山にあることが示唆されました。



図5 西島遠景。島の中央部の窪地に在来種が生育し、周囲はモクマオウ林または草原である。



図4 オガサワラビロウ。

現存する古木の遺伝子を残すための1つの方法として、各古木の冬芽から組織培養によってクローンを育てる技術が確立されています（森林総合研究所・林木育種センターによる）。これらのクローンを増殖すること、クローン同士の交配による次世代の種子や苗木を育てて植栽することが、復元の1つの道筋と考えられます。その際には、上記の管理ユニットを考慮して、各島で固有の遺伝子を残す配慮が必要です。また、オガサワラグワの自立のためには、将来的にシマガワの駆除が望まれるところです。

オガサワラビロウ
— 隠蔽種の検出 —

オガサワラビロウ(図4)は、九州南部から南西諸島、台湾、中国南部に分布するビロウの変種です。小笠原諸島全体に広く分布して個体数も多く、ほとんどの島でふつうに見ることがができます。

父島の属島の1つである西島(図5)では、長い間、ノヤギやクマネズミがはびこり、植生や種子を食べてしまったため、樹木の幼樹はほとんど見当たりませんでした。在来樹種の林は島の中央の窪地の限られた地域にのみ残り、島の周囲は外来種のモクマオウ林または草原という状態でした。

近年、ノヤギが駆除され、さらに2008年にはクマネズミの駆除が成功したので、植生の回復が期待されています。この島で遺伝的多様性の回復をモニタリングする目的で、オガサワラビロウのマイクロサテライトマーカーを開発し、それを用いて島内の成木個体とネズミ駆除後に出てきたと思われる実生の遺伝子型を調査していました。そのとき、思いがけず、互いにまったく交配していないと思われる2つの集団の存在が発見されました。

非常に不思議に思われたので、他の島においてもいくつかの地域で個体の

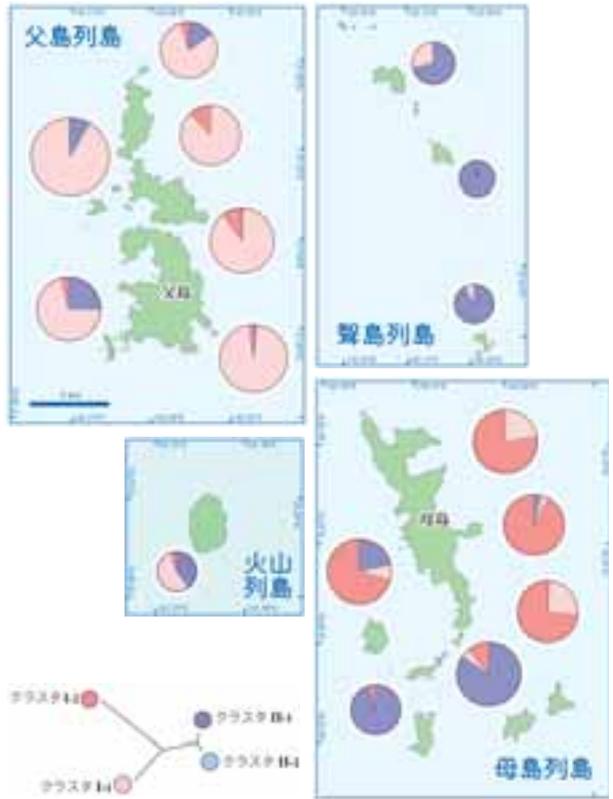


図6 小笠原諸島におけるオガサワラビロウの遺伝構造(大谷雅人ら、2010) 西島で少なかったクラスターⅡは、母島の属島や聟島列島で比較的多いことが明らかとなった。なお、クラスターⅠとⅡは、それぞれより細かく2つに分けられる。

サンプリングを行って遺伝構造を調査したところ、西島で少ないほうの集団(クラスター*)は母島の属島と聟島列島に多く、父島とその属島では少ないことがわかりました(図6)。「小笠原植物図譜」によれば、「母島とその属島に本種の変わり物で、メイジマビロウと呼ばれるものがあるが、これは葉が柔

らかく葉柄部にトゲがない」と書かれており、これに相当するものと思われる。しかし、これらが確実に別種であることや、母島から遠く離れた聟島列島および父島の近くにも同じものが生育していることは、遺伝子の解析により初めて確かなものとなりました。固有種の適正な保全のためには、種を

正確に認識することが不可欠ですので、形態だけではわからない隠蔽種の検出は、遺伝子解析の重要な長所であり役割であると思われます。

植栽における遺伝構造への配慮

小笠原諸島は世界自然遺産一覧への登録が決定しましたが、外来種対策が最重要課題であると指摘されています。外来種の駆除をしたあとに、自然な植生の回復が遅れると思われるときには、環境復元のために在来の樹木種の植栽が必要な場合があります。このような場合、植栽する樹木の種子や苗木は、伝子からみてなるべく近い関係にあるものが望ましいといえます。けれども、遺伝子に重点をおいた地域集団の構造に関する情報は、まだほとんどの樹種で得られていないのが実情です。

そこで、植栽候補となる広域分布種6種(オガサワラビロウ、タコノキ、テリハボク、モモタマナ、ムニンヒメツバ



タコノキ。小笠原固有種。何本もの気根がタコの足のように出る。



シマホルトノキ。小笠原固有種。大木になる。アカガシラカラスバトの餌として重要。



ムニンヒメツバキ。小笠原固有種。ツバキに似た白い花が咲く。琉球のイジユが近縁。



右の赤い葉が混じっているのがモモタマナ。その左がテリハボク。ともに海岸林の主要構成種。小笠原以外にも太平洋の多くの島に分布する。



DNAマーカー 生物の種や系統の目印
となる違いを示すDNA配列。

マイクロナサテライトマーカー 数塩基の
単位配列の反復数の違いによるマーカー。

遺伝的な保全管理ユニット(MU) 遺伝
的観点から別々に管理すべき集団。

クラスタ 遺伝子型データからランダム
交配の単位として推定された集団。

キ、シマホルトノキ)についての遺伝解析が、環境省、森林総合研究所、首都大学東京によって進められています。また、小笠原で種分化が進んでいるクスノキ科、トベラ科、ミカン科、ハイノキ科などの樹種についての遺伝解析も、首都大学東京など複数の機関で進められています。このような情報が蓄積することにより、遺伝構造に配慮した環境復元のための植栽が可能になると思われます。

花と昆虫の関係から

小笠原の生態系の異変を見る

安部 哲人（森林総合研究所九州支所）

小笠原では外来種が生態系に多大な影響を与えている。その影響は競争や食害などの直接的なものだけでなく、間接的効果も大きいことがわかってきた。小笠原のポリネーター相の変化はその一つである。このような、相互作用の解明は、外来種の駆除効果を予測するうえで重要である。

植物が種子をつくるために
必要不可欠な生物とは

野生植物の多くは自力で種子を作る
ことができませぬ。種子を作るために
は虫や鳥などの他の生物に花粉を運ん
でもらう必要があることから、植物に
とって、このような生物との結びつき
は非常に重要です。花粉を運ぶ生物の
ことをポリネーター（花粉媒介者、送

粉者）といいます。花粉を運んでもら
うために、植物は、さまざまな方法で
ポリネーターを誘惑しています。

ポリネーターには、ハチやハエ、チ
ョウ、甲虫、鳥、コウモリなどさまざ
まな種類の生物がいます。植物はもつ
とも上手に花粉を運ぶポリネーターに
来てもらうため、彼らが好む蜜や匂い
を分泌したり、好む色の花をつけるよ
うになりました。こうして、ある植物



と人 哲 べ 安
あ べ と 人

森林総合研究所九州支所主任研究員。
専門は植物の繁殖生態、保全生態。小
笠原諸島をおもなフィールドとして送
粉や外来種、絶滅危惧種に関する研究
を続けている。小笠原の送粉系研究で
2008年森林学会奨励賞受賞。

はハチを誘って花粉を運ばせる、別の
植物はチョウに運ばせる、というよう
な多様な生物間のつながりが形成され
たのです。花とポリネーターとの関係
の歴史は非常に長く、恐竜時代にまで
さかのぼることができます。いま私た
ちが見ている花の色や形などの多様性
は、植物とポリネーターとの長い付き
合いによって生み出されたものなの
です。



図1 小笠原諸島で見られる植物相

上左：固有種の多様性が高い兄島の乾性低木林。

上右：木生シダのマルハチが密生する母島の湿性高木林。

左：かく乱跡地で繁茂して開花する外来植物のギンネム。



小笠原諸島のポリネーターと花

小笠原諸島(図1)は、日本の南1000 kmの海上に浮かぶ孤島群で、大陸とつながったことがない海洋島です。このため島の生態系は大海を越えて渡って来ることができた、限られた生き物だけで構成されています。生物の種数自体は多くないのですが、長期にわたって隔離されていたことで独自の特徴をもつように進化した種や、島の中

つた社会性のハナバチを欠いているという点です。小笠原固有のハナバチ類は単独で営巣する種ばかりで、オガサワラクマバチ以外は小型です(図2)。これらのハナバチたちは枯れ木の中に小さな巣を作ります。営巣していた木が海に流されて、島まで到達したと考えられています。

での種分化で生じた固有種(小笠原諸島のみ)に生息する種(高い割合を占めています。花とポリネーターとの関係も、ほかの場所とは違っています。最大の特徴はマルハナバチやミツバチとい

貧弱なポリネーター相に呼応するかのように、海洋島では小さく地味な色の花をつける植物が多いといわれています(図3)。花の多くは、どの生物も蜜をとりやすく、ポリネーターを限定しない形ですが、例外的に長い筒型の花をもつ固有種もみられます。

1980年代末から90年代にかけて、小笠原のポリネーター相に変化が現れました。固有のハナバチ類が著しく数を減らしてしまったのです。花を観察しても、訪れるのは外来種セイヨウミツバチばかり、という状態になってしまいました(図4)。



図2 小笠原でポリネーター（花粉媒介者）となっている固有ハナバチ

上左：西島でハマゴウに訪花するアサヒナハキリバチ。
 上右：父島でムニンフトモモに訪花するオガサワラクマバチ（撮影：杉浦真治）。



図3 小笠原の固有種の花たち
 どのポリネーターでも蜜をとりやすい形の花が多いが、筒状の花もある。

右：ユズリハワダン（キク科）。
 下右：ムニンタツナミソウ（シソ科）。
 下左：シマクマタケラン（ショウガ科）。



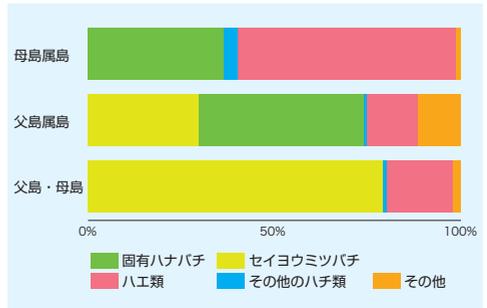


図4 数を増やしている外来種のセイヨウミツバチ
 左：母島で外来種のシロバナセンダングサに訪花するセイヨウミツバチ。
 上：各島群におけるポリネーター相の違い。父島・母島ではほとんどがセイヨウミツバチである。

ポリネーター相変化の原因

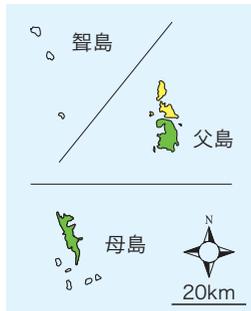


図5 グリーンアノールは緑色、セイヨウミツバチは黄色と緑色の島に分布する。固有ハナバチは緑色の島以外に分布。

当初、固有ハナバチ類の減少の原因は、明治時代に養蜂のために持ち込まれたセイヨウミツバチではないかと考えられていました。蜜や花粉をめぐる競争に固有ハナバチが負けてしまったという仮説でした。ところが調べてみると、固有ハナバチが衰退している島は父島と母島だけです。セイヨウミツバチは父島に隣接する無人島(兄島、弟島など)にも分布を広げています(図5)。しかし、これらの無人島では、セイヨウミツバチと固有ハナバチが共存しており、ともにさまざまな花を訪れています。そこで、セイヨウミツバチと

の競争による影響はそれほど強くないと考えられるようになりました。

一方で、外来種グリーンアノールの捕食が原因ではないかという説が提唱されました。グリーンアノールはアメリカや西インド諸島原産の小型のトカゲで、昼行性であり、主に昆虫類を捕食します。1960年代に小笠原に侵入し、現在では父島・母島のいたるところで見られるようになりました(図6)。

セイヨウミツバチが導入されたのは1880年代。グリーンアノールを犯人と考えるほうが辻褄が合います。そこで、検証のため、グリーンアノールをケージで飼育し、小笠原の主なポリネーターを餌として与える実験(図7)を行ってみました。その結果、固有ハナバチやハエ類、ガ類は旺盛に捕食し、セイヨウミツバチだけは捕食しないことがわかりました。

森林の伐採や植栽、農薬の使用など、小笠原の固有ハナバチの減少に関係



図6 ノヤシの花序でハ工を捕食するグリーンアノール。



図7 飼育ケージを用いたグリーンアノールの捕食実験。

している要因はほかにも考えられます。これら複数の要因が少しずつ影響している可能性も否定できませんが、主要因はグリーンアノールの捕食である、と現在では考えられています。

ポリネーター相が変わった影響

ポリネーター相の変化を植物側か

ら見てみましょう。単に花粉の運び役が変わっただけなら、それほど問題はなさそうです。しかし、残念ながら、セイヨウミツバチは、固有ハナバチ類と違って、外来植物を好むのです。

一般にセイヨウミツバチはさまざまな植物の花を訪れます。大きな巣で繁殖するため、たくさんの蜜や花粉が必要で、資源量（蜜量や花粉量、花の数など）が多い植物から優先的に訪花する習性があります。父鳥と母鳥では、明治時代の入植以来、外来植物が優占する場所が増えています。これも、セイヨウミツバチが外来植物に訪花しやすい原因でしょう。また、外来植物のなかにはミツバチなどの社会性ハナバチが分布する地域由来のものもあります。もともと社会性ハナバチと強い関係を持ちながら進化してきた花なので、これらのハチ類の誘引に長けていると考えられます。一方、小笠



図8 固有絶滅危惧種であるオオハマギキョウから盗蜜するセイヨウミツバチ。花の横から蜜を吸うために、中央に立つつめしべに触れることがない。

適さない構造のためか、盗蜜も確認されています（図8）。これでは、花粉媒介者として機能しません。

現在、父鳥と母鳥は外来植物の結実が良い一方、固有植物は花粉不足のため結実が少なくなっています。このままでは、固有植物の衰退を招きかねません。また、小笠原のハナバチとともに進化してきた花の特徴が、新しいポリネーターによって変わってしまう可能性も危惧されます。原因の一端は、グリーンアノールとセイヨウミツバチにあります。彼らが直接、植物を枯らしているわけではありません。種と種の間接的変化が間接的におよぼした影響だったのです。

固有のポリネーター相を回復させるために

小笠原のポリネーター相を回復させるためには、グリーンアノールを根絶または減らすことが重要です。現在、環境省は粘着トラップを用いたグリーンアノールの排除区を試験的に設置して効果を調べています(図9、10)。

また、父島・母島でも海岸部に固有ハナバチが残存している地域があります。なぜ海岸部にだけ残っているの



図9 粘着トラップにかかったグリーンアノール。



図11 中通島。満潮時には写真のように父島(左端)と分離する。このためグリーンアノールが侵入できず、固有ハナバチが生存している。



図10 母島に設置されているグリーンアノール排除柵。柵の内側でグリーンアノールの捕獲と、その効果の調査が行われている。

かは研究の余地がありますが、その典型的な場所が中通島(図11)です。ここは潮が満ちると父島から分離する陸繋島のような島で、グリーンアノールは侵入できません。中通島には固有ハナバチが多数生息しており、隣接する父島の海岸部にも少ないながらも固有ハナバチを確認できます。固有ハナバチの個体数を回復させるとき必要になる可能性も強いので、残された個体群は大事に維持していく必要があります。

小笠原のポリネーターの衰退は、日本全国に広がっている外来種問題を検討する際に、種同士の相互作用系を慎重に考慮すべきことを示す貴重な事例といえます。

キーワード

ハナバチ 自分や幼虫の餌を花粉や蜜などの花由来資源に依存するハチ。頻繁に花を訪れるため有力なポリネーターになりやすい。

伊豆諸島における噴火後の植生の再生

—噴火とともに生きる野生植物たち—

上條 隆志 (筑波大学)

噴火によって植物は大きな影響を受け、新たな植生へと移り変わる。噴火があること、島であること、その2つの条件がそろったとき、植物の遷移はどのように進むのか？ また、植物はどのように噴火とともに生きてきたのか？ 三宅島の調査研究からひもといってみよう。

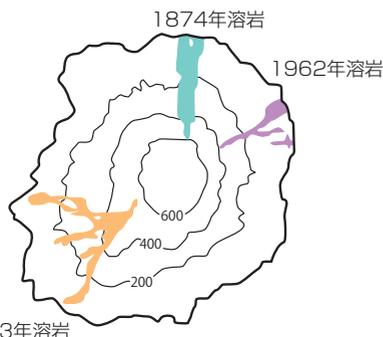


図1 2000年噴火前の三宅島における、1874年溶岩流、1962年溶岩流、1983年溶岩流の分布。国土庁土地局（1987）をもとに作成した。

火山島の植生を三宅島から見る

火山の噴火は、植生を大規模かつ強度に破壊します。その一方で、過去の植生とは異なった新しい植生が誕生するきっかけともなります。火山活動が活発な伊豆諸島の島々における植生は、噴火と切り離して考えることはできません。

伊豆諸島の三宅島は20世紀以降も

筑波大学大学院生命環境科学研究科准教授。1988年から、伊豆諸島の三宅島、八丈島で植生の研究をはじめ。主な所属学会は、植生学会、日本生態学会、日本森林学会。主な著書（共著）に『攪乱と遷移の自然史』（北海道大学出版会）など。植生学会賞受賞。



かみじょう たか し
上條 隆志

4回も噴火している火山島です。もっとも新しい噴火は2000年に起こりました。それまでの噴火では、溶岩の流出とスコリア（岩滓。火山噴出部の一種）放出がおもな現象でしたが、2000年の噴火では、大量の火山灰を放出し、その後も火山ガスを噴出しています。噴火の様相の違いは、植生にも影響を与えました。

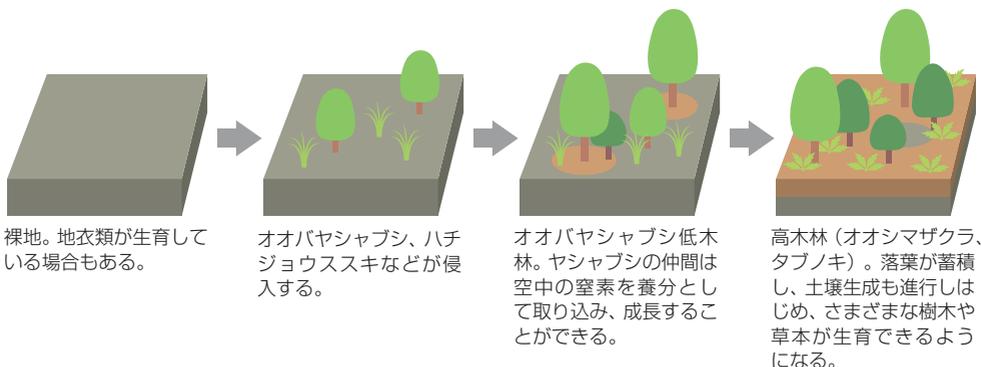


1983年溶岩流

1962年溶岩流

1874年溶岩流

図2 三宅島の1983年溶岩流、1962年溶岩流、1874年溶岩流上の植生。噴火から16年経過した1983年溶岩流上の中央の樹木はオオバヤシャブシである。37年経過した1962年溶岩流上では、裸地の部分は減少し、オオバヤシャブシの低木林になっている。125年経過した1874年溶岩流上では、タブノキ・オオシマザクラが優占する高木林となっている。



裸地。地衣類が生育している場合もある。

オオバヤシャブシ、ハチジョウススキなどが侵入する。

オオバヤシャブシ低木林。ヤシャブシの仲間は空中の窒素を養分として取り込み、成長することができる。

高木林（オオシマザクラ、タブノキ）。落葉が蓄積し、土壌生成も進行しはじめ、さまざまな樹木や草本が生育できるようになる。

図3 三宅島の溶岩上での遷移過程。溶岩の隙間に植物が侵入し、その植物の下には落葉がたまり、そこに他の植物が侵入するため、部分的（パッチ状）に植生が増加していく。パッチ同士がつながると裸地の部分はなくなっていく。

植生遷移の研究には、植生の時間変化を直接観察する方法と、成立年代が異なる立地を比較して、時間変化を明らかにする方法があります。後者は、一人の人間が直接観察することができない、数十年から数千年といった長期的な遷移を対象とするのに適しています。また、植生遷移には、*一次遷移と*二次遷移という区分があります。溶岩上など生態系が完全に破壊された状態から始まる遷移は一次遷移です。ゼロからのスタートなので、もつとも発達した生態系である極相に達するまで非常に時間がかかり、一人の人間が過程を観察し続けることは不可能です。そこで、一次遷移の観察は、成立年代が異なる立地の植生を比較することが必要となります。

三宅島では、噴火年代の異なる溶岩

2000年噴火前の植生遷移
— 溶岩上の一次遷移 —

流が流れて形成された地形が、鳥の中腹から麓にかけて分布しています(図1)。1999年に三宅島での現地調査が行われましたが、このとき、生態系が生まれてからの年齢(溶岩が流れ出てからの年数)が換算されました。1983年溶岩流は16歳、1962年溶岩流が37歳、1874年溶岩流が125歳となります。

16歳の溶岩流上では、落葉広葉樹のオオバヤシャブシや多年生草本のハチジョウイタドリなどが点々と生育しているにすぎず、溶岩がむき出しの裸地が大部分を占めています(図2の1983年溶岩流)。次に、37歳の溶岩流上では、裸地の割合は少なくなり、オオバヤシャブシからなる低木林が成立するようになります(図2の1962年溶岩流)。さらに、125歳の溶岩流上になると、落葉広葉樹のオオシマザクラ、常緑広葉樹のタブノキなどからなる高木林が形成されています(図2

の1874年溶岩流)。このことから、三宅島の溶岩流上の一次遷移は、裸地→オオバヤシャブシ低木林→オオシマザクラ・タブノキ林であると整理することができます(図3)。

**空中窒素を固定する
オオバヤシャブシの存在**

遷移の初期に出現する種を遷移初期種、遷移の後期に出現する種を遷移後期種と呼びます。オオバヤシャブシは代表的な遷移初期種です。種子が小型の風散布型なので、広い地域に散布され、新しい溶岩流上にもたどり着きます。

ただし、溶岩流は土ではなく、マグマがかたまつたものです。植物が成長するのに必要な栄養素である窒素がほとんど存在せず、普通の植物は成長することはできません。しかし、オオバヤシャブシをはじめとするハンノキ類の根には、大気中の窒素分子を固

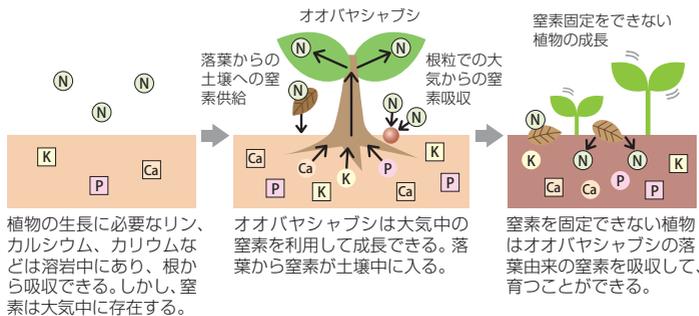


図5 オオバヤシャブシの遷移の促進効果

窒素は植物の生育に必要なだが、大気中に存在するため、普通の植物は利用できない。しかし、ヤシャブシ類は、根粒の微生物が窒素を固定するため、取り込むことができる。また、ヤシャブシの落葉などから窒素が土壌に入れば、ほかの植物も利用できるようになる。



図4 根粒。放線菌が共生している。



図7 タブノキの洞吹き。普通は芽がでないはずの幹や枝から、直接に若い枝が伸びてくる（撮影：羽柴敬子）。



図6 三宅島2000年噴火後の山腹斜面（2001年撮影）。噴火後に形成された浸食谷がみえる。

植物が大きくなり、森林が鬱閉うっぺいしてくると、オオバヤシヤブシの芽生えの定着はなくなります。一方、タブノキやスタジイなどの遷移後期種は暗い森林内でも、種子が発芽し、定着できます。このような過程を経て、溶岩流の植生は、オオバヤシヤブシ林からタブノキ林やスタジイ林へと移り変わっていきます。

定する放線菌(図4)が共生します(根粒)。ほかの植物が利用できない大気中の窒素分子を十分に使えるので、溶岩流でも生育できると考えられています。窒素はオオバヤシヤブシの葉、枝、幹に送られます。これらの器官が枯死して地面に落ちることで、溶岩流に窒素が供給されます。その結果、窒素固定を行わない植物でも、溶岩流で生育できるようになります。このように遷移の進行を速める効果を「促進効果」と呼びます(図5)。

三宅島2000年噴火の植生変化
— 火山灰の上での二次遷移 —

三宅島2000年噴火は2000年7月から始まり、8月にかけて山頂が大噴火し、大量の火山灰を放出しました。2001年以降も、二酸化硫黄を中心とする火山ガスの噴出が続いています。これら一連の火山活動によって、森林の約60%にあたる2500ヘクタールが被害を受けたと推定されています(図6)。

火山灰があまり堆積しなかった場所では、植物がある程度は生き残り、そこから遷移が始まります。このような遷移を二次遷移といい、多くは植生の変化が速く、数年間の変化を直接観察できます。

噴火直後の変化として顕著だった再生様式は、すべての枝葉が落ちた樹木の幹から直接新しい枝が出てくる「洞吹き」です(図7)。しかし、噴出



図8 三宅島の中腹部での2000年噴火後の植生変化。2001年(写真左)に生えていた樹木の多くは火山ガスの影響で枯れてしまった。2007年(写真右)に群生しているのは、オオバヤシバシとハチジョウススキ。



図9 群生するユノミネシダ。2005年に撮影(撮影:松家大樹)。

が続く火山ガスの影響で、胴吹きした樹木は枯死してしまいました。

その後は、ハチジョウススキやオオシマカンスゲなどの草本植物が著しく増加してきました。オオシマカンスゲは、火山灰の堆積に埋もれた株が再生したものです。現在、増加傾向が顕著なのは、ハチジョウススキ、オオバヤシバシ、ヒサカキなどです(図8)。

ハチジョウススキをはじめ、増加している種の多くは、2000年以前にも普通に生育していた種です。しかし、

キリシマノガリヤスやシマタヌキランのように噴火前には分布が限られていた種も増加しています。とくに、ユノミネシダ(図9)は、噴火前には、ほとんど確認されていなかった植物で、噴火

後に特異的に増加しました。群生地が火山ガスの影響の強い島の東部にあるので、火山ガスに対する耐性が強い植物と考えられています。現在、火山ガスの放出量は、少しずつ減っているのですが、この先は、新しい姿の森へと変化していくにちがいません。

噴火とともに生きてきた 伊豆諸島の植物たち

伊豆諸島はいずれも火山島です。三宅島と同様に火山活動が活発な伊豆大島では、1986年にも噴火しています。また、八丈島、神津島などについても有史以降の噴火活動の記録があります。その一方で、御蔵島のように5000年前以降、噴火していない島もあり



図10 三宅島の切替畑。手前の作物はアシタバで、奥の樹木はオオバヤシャブシ。アシタバは自生の野生植物で、食用となり、伊豆諸島の名産品でもある。

ます。このような古い島で、オオバヤシャブシのような遷移初期種は、どこに生えているのでしょうか。

一つめの場所は、山頂部や海岸部で

す。環境条件が厳しく、草原や裸地となつていきます。三宅島で現在増加しはじめたキリシマノガリヤスなどは、御蔵島でも山頂の岩場やミヤマクマガザサの草原で見ることができません。

二番目は、山が崩れた急斜面地です。

多くの島は、火山活動、侵食、台風、海食などにより、急斜面地が存在します。そのような場所には遷移初期種が侵入できます。

三番目には、人間の活動エリアです。

畑や道など人間が切り開いた土地に侵入し、生息しています。

オオバヤシャブシやハチジョウススキは、島ではごく身近な植物です。人々は、これらの植物を利用してきました。

キーワード

オオバヤシャブシは畑に肥料木として植栽されます。そして、オオバヤシャブシ材を伐採・火入れた後、再び農地として使います。これは切替畑と呼ばれ、現在も多くの島で行われています（図10）。ハチジョウススキは、八丈島では家畜の飼料として利用されています。噴火とともに生きてきた野生植物は、人々の生活も支えてきたという、ユニークな側面ももっているのです。

一次遷移

生態系が完全に破壊された状態から始まる遷移。原則的には、火山の溶岩上や氷河の後退跡などの、植物や土壌がまったくない状態からはじまる。

二次遷移

山火事跡地や放棄畑のように土壌の植物や土壌中の種子などがあらかじめ存在する状態からはじまる遷移。

極相

遷移が進行し、それ以上変化しなくなつた定常状態のこと。

溶岩流

溶岩が流れ出したもの、または、それが冷えてかたまつたあとにできた地形。

生殖様式が異なるシダ植物と

噴火活動の関係

村上 哲明・山本 薫 (首都大学東京・牧野標本館)

伊豆諸島には、他の地域ではほとんど見られない準固有種の植物が多数見られる。準固有種の一つであるハチジョウウベニシダは、本土に多い普通種のベニシダに比べて古い性質をもっており、有性生殖を行う。ハチジョウウベニシダが伊豆諸島で生き残ってきたのは、植生を破壊する定期的な火山活動のおかげであるという研究結果が得られた。

ベニシダと無配生殖

オシダ科のベニシダは、日本本土(本州、四国、九州)でもっとも普通に見られるシダ植物種です。この種は、無配生殖と呼ばれる特殊な生殖方法で増えます。

シダ植物も、その大多数は他の高等生物と同様、普通に有性生殖を行います。シダ植物の有性生殖では、まず、胞

子体(複相 $2n$)上の胞子囊ほうしのうで減数分裂が起こり、単相(n)の胞子が形成され

ます。次に、その胞子が発芽して生じた前葉体*(n)に造精器と造卵器が形成されます。成熟した前葉体が雨水などに濡れると、精子が造精器から放出され、造卵器中の卵までたどり着き、受精します。受精で生じた接合子($2n$)が細胞分裂をくりかえして発達し、次世代の胞子体($2n$)になります。

首都大学東京・大学院理工学研究科生命科学専攻教授。牧野標本館の標本管理責任者。専門は植物と菌類の生物学的種分類、分子系統地理。日本植物学会奨励賞受賞(1993)、日本進化学会研究奨励賞受賞(2004)、日本植物分類学会学会賞受賞(2004)。



村上 哲明

一方、無配生殖をするシダ植物種では、胞子体上に、正常な減数分裂を経ない非減数の胞子($2n$)が形成されます。この胞子から生じた前葉体($2n$)の一部の細胞から、直接、次世代の胞子体($2n$)が形成されます(図1)。無配生殖では、子どもは親と遺伝的に同一のもの(クローン)ばかりになります。遺伝的に多様な子孫を生み出すのに重要な「染色体の減数」と「受



図1 無配生殖を行うシダ植物の生活環。孢子体と配偶体（前葉体）の染色体の数が同じである。有性生殖をするシダ植物は減数分裂を行って、染色体数が孢子体の半数である配偶体をつくり、受精する。



図3 ハチジョウベニシダ。有性生殖を行う。八丈島では島中に見られる。本州では沿岸のごく限られた場所にしか見られない。ベニシダに比べて葉の裂片が細いといわれるが外見からの識別は困難。



図2 ベニシダ。無配生殖を行う。本州、四国、九州ではもっとも普通に見られるシダ植物。

有性生殖をするハチジョウベニシダ

ところが、同じベニシダの仲間であっても、伊豆諸島には、準固有種のハチジョウベニシダ(図3、4)が広く分布しています。ハチジョウベニシダは、有性生殖を行い、無配生殖をするベニシダとは別種とされてはいますが、外部形態では区別できません。ハチジョウベニシダのほうが葉の裂片が細い傾向が見られるものの、ベニシダには、非常にさまざまな葉型のもの

「精」の2つのプロセスがないからです。けれども、子孫を増やすことだけに着目すれば、無配生殖は有性生殖よりもはるかに有利です。有性生殖をするシダ植物では、陸上で生活しているにもかかわらず、精子が他の前葉体の卵細胞まで、雨水の中を泳いでいかなければならないからです。実際に、無配生殖で増えるベニシダ(図2)は、日本本土に広く分布する普通種なのです。

があるからです。さらに、遺伝子を解析しても、共有する遺伝子が多く、区別できません。

ハチジョウウベニシダは、日本本土では沿岸沿いのごくごく限られた場所で見られませんが、ところが、その名前の通り、八丈島では島中でハチジョウウベニシダだけが見られます。ただし、伊豆諸島のうち、本州にもっとも近い伊豆大島では、ベニシダとハチジョウウベニシダの両方が見られます。



図4 大島の鈴端の森に生育するハチジョウウベニシダ。

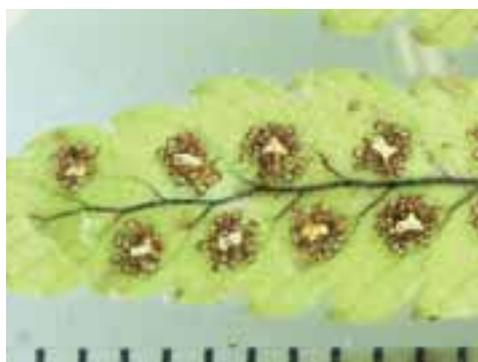


図5 ハチジョウウベニシダの葉の裏の孢子囊群。右の1は孢子囊から取り出した孢子。有性生殖をするので、64個の孢子が入っている。右の2は無配生殖をするベニシダの1孢子囊中の孢子で、32個。



左はハチジョウウベニシダの前葉体。ハート型をしているのは多くのシダ類に共通である。右はそれから発生した次世代の孢子体。大きさは5cmほど。

だけの集団は存在しませんでした。また、ハチジヨウベニシダは島の東部に集中して分布していることがわかりました(図7)。

伊豆大島は、これまでの地質学的な研究から、各地でもっとも最近に溶岩が流れた時代がわかっています。そこで、溶岩が流れた年代とベニシダ類の分布との関係を調べてみました(図7)。すると、比較的最近(200~300年前)に溶岩が流れた地域に、ハチジヨウベニシダが多く見られることがわかりました。また、近くを溶岩が流れて影響が大きかった地域では、ハチジヨウベニシダがより多く見られました。

準固有種のハチジヨウベニシダは、火山活動のおかげで生き延びてきた?

シダ植物の配偶体は造卵器と造精子の両方つけますが、一つの配偶体内では通常、受精できません。ハチジ

ヨウベニシダも同じで、配偶体に形成された精子は、別の配偶体の造卵器まで泳がなければ受精できません。

溶岩流によりすべての植物が壊滅し、そこから植生が徐々に回復していくとき、無配生殖をするベニシダなら、外から胞子が1個飛んでくるだけで、子孫を増やすことができます。一方、ハチジヨウベニシダでは、少なくとも2つの胞子が飛んできて別々の配偶体をつくる必要があります。しかも、両者は1m以内の距離になければなりません。それ以上離れると、精子が隣の配偶体まで泳ぎ着くことができないからです。

いかにも、ベニシダの方が溶岩流の上では増えやすそうに思えます。しかし、実際には逆で、最近溶岩が流れた場所のみハチジヨウベニシダが分布しているのです。そもそも増えるだけなら無配生殖の方が圧倒的に有利です。しかし、無配生殖をすると、子

孫は親と同一の性質をもったものばかりになります。一方、有性生殖をする一組の親からでもさまざまな性質をもった(明るい環境下での成長速度、乾燥や病虫害に対する耐性の程度等が異なる)子孫が生まれます。溶岩が流れた場所は、裸地から遷移が進んでいきます。このように次々と変化していく環境下では、多様な性質をもった子孫が生まれる有性生殖の方が有利になる可能性があるといわれています(メイナード・スミス 1985)。

いずれにしても、進化の過程では、有性生殖をしていたものに突然変異が起こり、無配生殖をするものが生まれたと考えられます。つまり、ハチジヨウベニシダの方が、もともとの性質を昔から維持してきた、より原始的な種なのです。ハチジヨウベニシダから二次的に生じたベニシダは、有性生殖をやめたことで、個体数を増やしやすくなったため、日本本土全体に分布

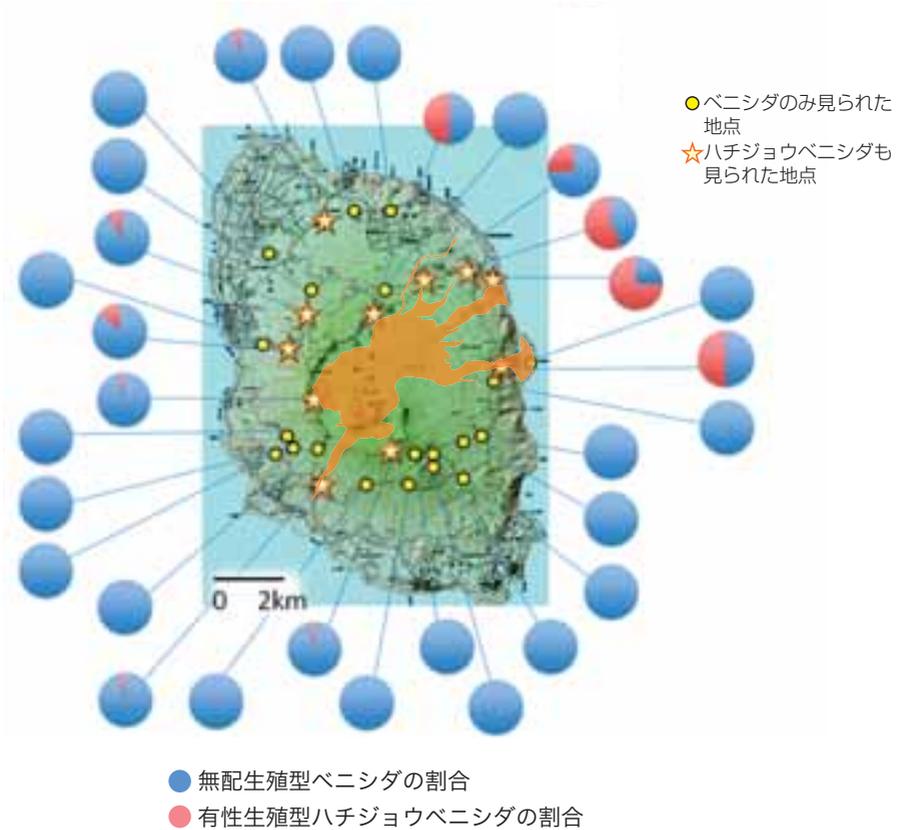


図7 伊豆大島における、溶岩流の年代とベニシダ類の分布の関係。円グラフはベニシダ（青色）とハチジョウベニシダ（赤色）の分布の割合。オレンジ色の部分はおよそ200～300年前に溶岩が流れたエリアで、この周辺にハチジョウベニシダが多い（山本ら、未発表データ）。

🔑 **キーワード**

無配生殖 シダ植物が行う無性生殖。有性生殖から正常な減数分裂と受精のプロセスが抜けたもの。

前葉体 シダ植物における配偶体（精子や卵といった配偶子をつくるもの）。ハート型の小さなコケのような形状。

準固有種 その地域では普通に見られる場合もあるが、他の地域ではごくまれにしか見られない種。

ゲノム 生きるために必要な、必要最小限の遺伝子のセット。

を広げたと考えられます。その一方で、ハチジョウベニシダが伊豆諸島に残存していることは興味深い事実です。火山活動は、すべての生物を壊滅させるだけのようには思われがちですが、反対に、原始的な性質をもっている準固有種を生きながらえさせてきたことになるからです。定期的な火山活動があるからこそ、貴重な固有種や準固有種が維持されているといえるのです。

参考文献

- 伊豆諸島と小笠原諸島の植物を知
るための参考図書（刊行年順）
- 東京都利島村役場著『利島の鳥・利島
の植物』（東京都利島村役場・1998）
- 大島自然愛好会著『伊豆大島の植物』
（大島町・2000）
- 小笠原野生生物研究会著『小笠原の植
物フィールドガイド』（風土社・2002）
- ダニエル ロング・稲葉慎編著『小笠
原ハンドブックー小笠原シリーズ2』
（南方新社・2004）
- 神奈川県立生命の星・地球博物館『東
洋のガラパゴス小笠原ー固有生物の
魅力とその危機ー』特別展図録・解説
（2004）
- 東京都御蔵島村編『みくらの森は生き
ている』（東京都御蔵島村・2005）
- BIRDER 編集部編『三宅島の自然ガ
イド』（文一総合出版・2007）
- 可知直毅・安部哲人・杉浦真治編『小
笠原における外来種対策とその生態
系影響』『地球環境』Volume 14, No.1
（国際環境研究協会・2009）
（[http://www.airies.or.jp/publication/
earth/earth14_1.html](http://www.airies.or.jp/publication/earth/earth14_1.html) から無料でダウ
ンロード可）
- 小笠原野生生物研究会著『小笠原の植
物フィールドガイド2』（風土社・20
08）
- 樋口秀司編『伊豆諸島を知る辞典』（東
京堂出版・2010）
- 有川美紀子著・宇津孝写真『小笠原自
然観察ガイド（改訂版）』（山と溪谷社・
2010）
- 清水善和著『小笠原諸島に学ぶ進化
論』（技術評論社・2010）
- 八丈島インタープリテーション協会
編『八丈島の植物ガイドブック（改訂
版）』（八丈島観光振興実行委員会発行・2
011）
- 各章の参考図書（刊行年順）
- 伊豆諸島と小笠原諸島の概要
ー島の成立過程と自然環境、生物相の概観ー
（P6-13）
- 奥富清・梶原洋一著『伊豆諸島植生の
特質』宮脇昭編『日本植生誌 関東』（至
文章・1986）
- 可知直毅著『世界自然遺産・小笠原の
過去、現在、未来』『科学』Vol.81 No.8
（岩波書店・2011）
- 小笠原諸島と伊豆諸島の植生と固有
植物種（P14-21）
- 御蔵島村教育委員会『フィールド図鑑
御蔵島の植物・動物』（東京都御蔵島
村・2007）
- 七島花の会・神津島著『伊豆七島フィ
ールドノート 神津島花図鑑』（日本出
版ネットワーク・2011）

遺伝子からみた小笠原の野生植物の生態とその保全 (P22-27)

豊田武司編著『小笠原植物図譜(増補改訂版)』(アポック社・2003)

谷尚樹ら著「小笠原諸島における絶滅危惧種オガサワラグワの保全遺伝子と保全計画の立案」『生物科学』Volume 59, No.3 (農山漁村文化協会・2008)

大谷雅人ら著「小笠原諸島固有ヤシ科植物オガサワラビロウには2つの隠蔽種が含まれる? —遺伝構造および形態データによる検証—」(日本生態学会第57回・2010)

花と昆虫の関係から小笠原の生態系の異変を見る (P28-33)

トーマス・D・スィーレイ著、大谷剛訳『ミツバチの生態学—社会生活での適応とは何か』(文一総合出版・1989)

種生物学会編『共進化の生態学—生物間相互作用が織りなす多様性』(文一総

合出版・2008)

伊豆諸島における噴火後の植生の再生—噴火とともに生きる野生植物たち— (P34-39)

国土庁土地局『土地保全図三宅島地区』(1987)

上條隆志著「三宅島の植物図鑑・三宅島2000年噴火後の植生遷移」

上條隆志著「火山島の一次遷移」重定南奈子・露崎史朗編著『攪乱と遷移の自然史』(北海道大学出版会・2008)

上條隆志著「森の遷移」中村徹編著『森林学への招待』(筑波大学出版会・2010)

生殖様式が異なるシダ植物と噴火活動の関係 (P40-45)

山本明・中池敏之著「ハチジョウベニシダについて」(国立科学博物館研究報告B類(植物学)・1983)

中池敏之・山本明著著「伊豆大島にお

けるベニシダ類の観察」(国立科学博物館研究報告B類(植物学)・1984)

J・メイナード・スミス著、寺本英・梯正之訳『進化とゲーム理論』(産業図書・1985)

岩槻邦男編『日本の野生植物シダ』(平凡社・1999)

倉田悟・中池敏之編『新装版・日本のシダ植物図鑑4』(東京大学出版会・2004)

国土地理院『火山土地条件図伊豆大島』(2006)

●関連ホームページ

小笠原自然情報センター

<http://ogasawara-info.jp>

首都大学東京小笠原研究委員会

<http://www.tmu-ogasawara.jp>

東京都の島の植物と生物多様性

—伊豆諸島から小笠原まで—

社団法人日本植物学会 編

責任編集

可知直毅・村上哲明

〒111-3100 三三三

東京都文京区本郷二丁目二七—一

電話 〇三—三八—四—五六七五

<http://jsj.or.jp/index-j.php>

2011年9月19日 発行

編集協力

河合佐知子

デザイン・印刷

(株)相模プリント

〒252-0144

相模原市緑区東橋本一丁目四—一七

電話 〇四—二七—二二七五

©社団法人日本植物学会



噴煙を上げる三宅島(2001年11月3日撮影)
撮影：可知直毅

裏表紙
兄島に上陸する研究者

撮影：可知直毅

