

平成21年 4月27日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18370038
 研究課題名 (和文) 南硫黄島の生物多様性と適応放散的種分化の初期過程に関する研究
 研究課題名 (英文) Study for biodiversity of Minamiwojima Island and early process of plant speciation on adaptive radiation
 研究代表者
 加藤 英寿 (HIDETOSHI KATO)
 首都大学東京・大学院理工学研究科・助教
 研究者番号：50305413

研究成果の概要：小笠原諸島南硫黄島は国内で最も謎に満ちた地であり、山頂部を含めた学術調査は過去2回実施されただけである。そこで2007年6月に東京都との合同で南硫黄島自然環境調査を25年ぶりに実施し、生物多様性の現状を把握すると共に、植物の集団遺伝学的・分子系統学的解析に基づく種分化過程の推定などを試みた。その結果、小笠原諸島に広く分布する種の場合、南硫黄島個体群は遺伝的に大きく分化していることなどが明らかとなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2007年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	9,500,000	2,850,000	12,350,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：多様性

1. 研究開始当初の背景

小笠原諸島は、大小約20あまりの島々からなる海洋島で、極めて独自性の高い生物相が見られる。その中でも南硫黄島は唯一手つかずの自然が残され、原生自然環境保全区域に指定されている。しかしその隔絶された位置や上陸の困難さ故に、山頂部を含む学術調査は1936年と1982年に行われたのみで、その後20年以上もの間、学術調査は行われていない。よって南硫黄島は未だ国内で最も謎に満ちた地域であり、その自然環境の現状は全く不明であった。

また南硫黄島は父島や母島などの小笠原

群島に比べて標高が高く、600m以上は常に雲がかかる雲霧帯となっているため、島の上部と下部では水分環境などが大きく異なっている。また南硫黄島の成立年代(数千年～数万年前に陸化)は、小笠原群島の成立年代(数100万年以上前に陸化)に比べて非常に新しいことから、この島の生物集団は適応放散的種分化の初期過程の段階にあると推測される。

2. 研究の目的

本研究では、調査機会の極めて少ない南硫黄島の生物多様性や自然環境の現状を把握

するため、南硫黄島の学術総合調査を実施する。また現地調査において植物集団の標本試料と DNA サンプルを採取し、適応放散的種分化の初期段階における集団の形態的・遺伝的多様性のパターンを明らかにする。加えて他の島々の集団を加えた解析を通して、移入の歴史や集団の形成過程を推定し、形態的特徴や遺伝的分化に基づく分類群の位置付けについても検討する。最終的には、調査で得られた植物の標本および DNA 資料をデータベース化して恒久的に保存し、将来において南硫黄島の変遷過程を検証することが可能な条件を整えることを目標とする。

3. 研究の方法

2006 年度：南硫黄島調査の事前準備と、過去の北硫黄島調査などで採集された植物の DNA サンプルを用いてマイクロサテライトマーカーによる集団遺伝学的解析などを行った。

2007 年度：海況が安定する 6 月中旬に南硫黄島に赴き、現地調査および標本・DNA のサンプリングを実施した。また垂直分布に沿った温度・湿度の測定と土壤環境の分析や、群落組成と構造の変化および相互の対応関係を解析した。得られた DNA サンプルのうち、シロテツ属・ムラサキシキブ属・タブノキ属などを対象として、マイクロサテライトマーカーを用いて集団遺伝学的解析を行った。

2008 年度：小笠原諸島全域の集団解析結果を加え、集団の遺伝的構造の比較や個体レベルの遺伝子流動の推定を通して、集団の成立過程を推定した。また、異なる環境に生育する集団間に大きな遺伝的分化がみられるのか、それとも列島間や地域間で大きな遺伝的分化がみられるのか、を調べることによって集団分化に対する生態的要因と非生態的要因の影響を考察した。そして、遺伝的なグループを把握した上でそれらの間の系統関係を、葉緑体 DNA と核リボソーム DNA の塩基配列情報を用いて推測した。

4. 研究成果

(1) 今回の調査で採集された標本の同定を行った結果、95 種（未同定種も含む）が確認された。南硫黄島において初めて記録された植物は、ミズスギ、オオハナワラビ属の 1 種、コケシノブ科の 1 種、ホングウシダ、ナチシケシダ、シンクリノイガ、イネ科の 1 種、テンツキ属の 1 種、コ克蘭の 9 種であった。過去に発表されたフロラリスト（大場、1982）と、今回の調査によって確認された種を合わせると、本島には、シダ植物 44 種、双子葉植物 58 種、単子葉植物 26 種、合計 128 種が分布していることがわかった。

南硫黄島において過去に記録があった絶

滅危惧種（準絶滅危惧も含む）23 種のうち 18 種を本調査で確認した。確認された絶滅危惧種は、踏査した範囲内では、海岸部を除いて島内の広い範囲で確認され、標高が高い地点ほど絶滅危惧種数が多い傾向があった ($r = 0.536, p < 0.0001, n = 50$)。各種毎に確認された分布範囲を前回調査と今回調査間で比較すると、一部の種を除きほぼ同様の種が多かった。絶滅危惧種の地域個体群は、25 年間で分布していた範囲に大きな変化はなかったものの、消失や新規加入などの入れ替わりがかなりの頻度（おそらく半数近く）で生じた可能性が示唆された。人為の影響が及んでいない状態であってもこのような変化が生じている、このことから絶滅危惧種の保全にあたっては現在分布している地域だけでなく、周辺の生育適地を保全することが重要であるといえる。

(2) 調査期間中(2007 年 6 月 19 日～25 日)の気温の平均値から遡減率を求めたところ、標高 500m 以上の地点で湿潤断熱減率 ($0.47^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) を示した。また、5%ごとの湿度の測定値頻度を求め、標高別にみると、標高 500m 以上の地点で 95%～100%の頻度が最も高かった。ただし、山頂(911m 地点)は強風の影響で雲霧の発生が不安定であると考えられ、747m 地点と比較して湿度の変動係数が大きかった。12cm (45.8%)、20cm (40.8%) における表層土壌の土壌水分は山頂部で最も高かった。

こうした環境に対応して木本層(胸高 1.3m 以上)、草本層(胸高 1.3m 未満)、着生層の群落組成と構造を解析した。クラスター分析によって木本層の群落は P1(911m)～P3(521m)、P4(375m)、P5(59m)という 3 つのグループに区分され、雲霧林が一つのグループとして区分できた。また、着生層の種数は標高が減少するとともに急激に減少した。群落構造は山頂部で最大直径が大きく、最大樹高は減少しており、強風などの影響が考えられた。着生層種数/総種数(0.56～0.40)、着生層種数/草本層種数(0.88～0.55)から 500m 以上の雲霧林では、各着生層種数比が高かった。したがって、林床が暗く、空中湿度高い雲霧林では草本層より着生層の発達が著しいと考えられた。

(3) シロテツ属・ムラサキシキブ属・タブノキ属について、南硫黄島集団に加えて、小笠原諸島全域の集団を含めて、マイクロサテライトマーカーによる集団遺伝学的解析を行った結果、いずれの属も、南硫黄島集団の遺伝的多様性は低い傾向が認められ、島内で標高差による遺伝的分化は検出されなかった。また南硫黄島集団と他集団の間に形態的な分化は認められなかったが、遺伝的には大きく分化していることが明らかとなった(図 1、2)。これらの結果は、南硫黄島が他の島から

遠く隔離されていることや、成立年代が非常に新しいため、創始者効果の影響が残っていることによるものと考えられる。またオオバシロテツやオオバシマムラサキのように広域に分布している種は、同じ島内でも遺伝的に分化している群が認められ、それらは生育環境の違い(例えば湿性地と乾性地)と対応していることが明らかとなった(図1、2)。

ムラサキシキブ属については、葉緑体DNAの非コード領域や核DNAのITS領域の塩基配列を決定し、これに基づく分子系統樹を構築した。その結果、父島列島や母島列島の乾燥地の集団が系統樹の枝の先に位置し、それ以外の各列島の湿性地の集団(南硫黄島集団を含む)が根元に位置する傾向がみられた。よって、乾燥地に生育する集団は湿性地の祖先集団からそれぞれの環境へ進出・適応した可能性が示唆された。これは、小笠原諸島の乾燥した低木林や矮性型低木林は島の低平化と雲霧帯消失による乾燥化によって比較的最近成立したという Shimizu (1992) の考察と矛盾しない結果であった。

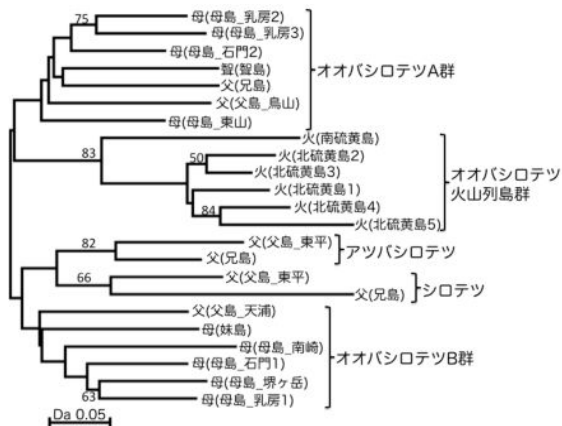


図1. シロテツ属集団のマイクロサテライトマーカー解析に基づくNJ樹状図

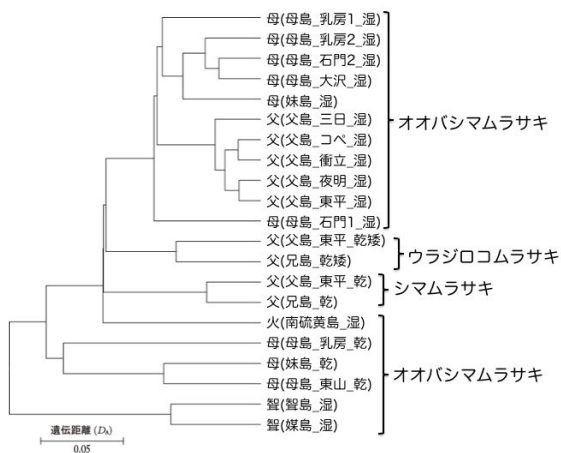


図2. ムラサキシキブ属集団のマイクロサテライトマーカー解析に基づくUPGMA樹状図

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

①Tsuneki, S., Mori K., Kaneko S., Isagi Y., Murakami N. and Kato H., Identification and characterization of eight microsatellite loci in *Machilus pseudokobu* (Lauraceae), an endemic species of the Bonin Islands, Conservation Genetics, (in press), 査読有り

②藤田卓・高山浩司・朱宮丈晴・加藤英寿, 南硫黄島の維管束植物相, 小笠原研究 33: 49-62, (2008) 査読無し

③朱宮丈晴・高山浩司・藤田卓・加藤英寿, 南硫黄島における垂直分布にそった雲霧の形成と植生パターン, 小笠原研究 33: 63-87, (2008) 査読無し

④加藤英寿・堀越和夫・朱宮丈晴・天野和明・宗像充・加藤朗子・苅部治紀・中野秀人・可知直毅, 南硫黄島自然環境調査の概要, 小笠原研究 33: 1-29, (2008) 査読無し

⑤Mori, K., Kaneko, S., Isagi, Y., Murakami, N. and Kato, H., Isolation and characterization of ten microsatellite loci in *Callicarpa subpubescens* (Verbenaceae), an endemic species of the Bonin Islands. Molecular Ecology Resources, Vol.8, 1423-1425, (2008), 査読有り

⑥Kato, S., Kaneko, S., Isagi, Y., Murakami, N., Kato, H., Isolation and characterization of microsatellite loci in *Melicope quadrilocularis* (Rutaceae), an endemic plant species of the Bonin Islands, Japan, and cross-species amplification in closely related taxa., Conservation Genetics, Vol.8, 1487-1490, (2007), 査読有り

[学会発表] (計13件)

①加藤英寿・森啓悟・加藤朗子・常木静河 (2009) 小笠原諸島における固有植物群の遺伝的多様性とその保全. 第120回日本森林学会大会(京都)

②加藤英寿・森啓悟・加藤朗子・常木静河 (2009) 小笠原諸島における絶滅危惧種の遺伝的多様性. 日本生態学会第56回大会(岩手)

③常木静河・村上哲明・加藤英寿 (2009) 外部形態および集団遺伝学的解析からみた小笠原産タブノキ属植物の分化. 日本植物分類学会第8回大会(仙台)

④須貝杏子・村上哲明・加藤英寿 (2009) センダンの形態的差異と遺伝的分化. 日本植物分類学会第8回大会(仙台)

⑤加藤英寿・藤田卓・川上和人 (2008) シン

ポジウム「南硫黄島の自然とその現状-25年ぶりの調査結果から」(企画者). 日本生態学会第55回大会(福岡)

⑥加藤英寿・藤田卓・高山浩司(2008) 2007年南硫黄島自然環境調査の概要. 日本植物分類学会第7回大会(八王子)

⑦常木静河・村上哲明・加藤英寿(2008) 小笠原諸島産タブノキ属植物の形態変異と遺伝的分化. 日本植物分類学会第7回大会(八王子)

⑧藤田卓・高山浩司・加藤英寿(2008) 植物相と絶滅危惧種の25年間の個体群動態. 日本生態学会第55回大会(福岡)

⑨藤田卓・高山浩司・加藤英寿(2008) 南硫黄島における絶滅危惧種の分布と個体群の変遷. 日本植物分類学会第7回大会(八王子)

⑩森啓悟・村上哲明・加藤英寿(2008) 小笠原産ムラサキシキブ属の遺伝構造と集団分化の解明. 日本進化学会第10回大会(東京)

⑪常木静河・村上哲明・加藤英寿(2008) 小笠原産タブノキ属植物の遺伝学的実態はどうなっているのか. 日本進化学会第10回大会(東京)

⑫常木静河・村上哲明・加藤英寿(2007) 小笠原諸島産タブノキ属植物の形態変異と遺伝的分化. 日本植物学会第71回大会(野田)

⑬森啓悟・村上哲明・加藤英寿(2007) 小笠原固有種オオバシマムラサキの遺伝構造. 日本進化学会第9回大会(京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 英寿 (KATO HIDETOSHI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：50305413

(2) 研究分担者

菅原 敬 (SUGAWARA TAKASHI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：10226425

可知 直毅 (KACHI NAOKI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30124340

(3) 連携研究者

なし