

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23780155

研究課題名(和文)三宅島噴火に対する生態系の適応力に関する研究

研究課題名(英文)Ecosystem adaptability under volcanic disturbance on Miyake Island

研究代表者

阿部 晴恵 (ABE, HARUE)

新潟大学・自然科学系・助教

研究者番号：60462272

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：2000年から噴火活動が始まった伊豆諸島三宅島において、攪乱に対する耐性の高い種とそれらの相互作用系は、島嶼生態系の回復のための鍵を握る可能性がある。そこで本研究では、植物とその種子散布系に焦点をあて、構成種の把握とそれらの耐性の評価を行った。その結果、鳥類の糞の中に最も多く含まれていた種子はヒサカキであり、ヒサカキ結果木への訪問数が一番多い鳥類はメジロ(75%)であった。また、糞内のヒサカキ種子の遺伝的多様性は噴火の被害程度との相関はなかった。つまり、これらの種子散布系は噴火による耐性が高く、今後の自然回復において重要な系であることが考察された。

研究成果の概要(英文)：Physiological tolerances in species in addition to ecological tolerance for disturbance in interspecific interactions act as key elements for restoration of a whole island ecosystem. In an effort to study these community recovery processes, we aim to identify the key elements on a seed dispersal system and estimate these ecological tolerance on a volcanic island, Miyake-jima, which experienced an eruption in the summer of 2000. In the results, seeds of *Eurya japonica* were found most frequently in bird feces and Japanese white-eye was the dominant visitor, comprising 75% of all visits to fruiting *Eurya* trees. The genetic diversity of *Eurya* seeds in bird feces were not correlated with index of volcanic damages. The results indicated that the seed-dispersal system of *E. japonica* and White-eye was maintained under volcanic disturbance and act as important elements for forest restoration.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：三宅島 種子散布 鳥類 噴火 遺伝的多様性

1. 研究開始当初の背景

温暖な海洋性気候に育まれた三宅島ではかつて全島が発達した照葉樹林に覆われていたが、2000年から続く噴火活動によってその60%近くが破壊された。噴火後の東京都による災害復興事業では、泥流対策など緊急性の高いとされる土木事業が優先される一方で、泥流の原因となる地表流の発生を防ぐ有効な対策として山腹緑化も試みられている。この際、行政および研究者が協働し、遺伝的多様性を考慮した植栽計画の策定や植栽地域の優先度を設け、自然に任せた植生回復エリアを設置する等、島嶼生態系に配慮した事業が実施されている。この復興計画は、自然災害(攪乱)において、人間の社会生活の保障を優先しつつ自然の生物間相互作用にも注目した先進的なものである。しかし、当初予測されていた以上に植生の回復は早く、現在では、植栽エリアの縮小など計画を変更する必要も生じてきた。このような現状は、温暖多湿な伊豆諸島での植生回復のスピードやその機構についての研究が進んでいなかった結果でもある。すなわち、自然再生事業においても、地域での自然回復能力を見極める研究が必要であり、損なわれた部分を補う施策(例えば土壌改良や植栽、種子散布者の誘引)が不可欠である。

自然回復能力を見極めるためには、まず噴火に耐性のある種の存在とそれらに関わる生物間相互作用に注目する必要がある。噴火後の相互作用系の研究では、申請者らによりヤブツバキと鳥類との関係が調べられている(Abe et al. 2013 ほか)。その結果、噴火という攪乱作用は、1)ヤブツバキ個体そのもの(開花密度、果実の生存率ほか)には負の影響を与えるものの、2)開花密度の低下は鳥類による花粉媒介の効率を上昇させ、受粉率、鳥類に付着した花粉プールの遺伝的多様性に正の影響を与える、という2点にまとめられた。さらに、ラジオテレメトリー法を用い

て推定したメジロの行動圏サイズは、開花密度の低いところで広くなり、上記の結果を裏付けるものであった。つまり、ヤブツバキメジロの花粉媒介系は噴火のような大きな攪乱に対して耐性を持っており、花粉媒介者である鳥類は高影響地域に様々な植物の種子を糞として運んでいくという別の相互作用を生む可能性も示唆された。

このため、本研究では、植物とその種子散布系が破壊された島嶼生態系回復の鍵となる可能性が高いと考え、噴火による被害の異なる場所において系の構成種の把握及びそれらの適応力の評価を行う。

2. 研究の目的

植生の回復、つまり種子散布とそれに関わる動物(鳥類と外来種のホンDOIタチ)に注目し、噴火による被害の異なる場所(植生回復状況の異なる場所)において、系の構成種の把握及びその役割の評価を行う。これにより今後の植生回復に伴う相互作用系の強度や自然回復における重要性の予測を行う。

3. 研究の方法

鳥類相の把握

噴火の被害程度の異なる複数地点、つまり植生回復の異なる地点(植生指数 NDVI に基づく)において、ラインセンサス法を用いて鳥類相の把握とその密度の調査を行う。

糞内の種子構成(量的評価)

各調査地において鳥類およびイタチの糞を採取する。糞内の種子の種構成及び量を計量し、各動物種による種子散布への貢献度の量的評価を行う。

対象樹木の生育状況と遺伝的多様性

糞内における主要な樹種については生育状況(着葉・花芽数・訪問鳥類)および成熟木と種子の遺伝的多様性を調べ、調査地間の比

較を行う。

攪乱に対して適応的な系の抽出と評価
上記を総合して、鳥類もしくはイタチによる種子散布系について各調査地における系の強度を推定し、どの鳥類が植生回復に関わる種子散布に貢献するのか、どの植物が効果的に種子散布され、植生回復に効いてくるのかについて、具体的な構成種の把握と系の評価を行う。

4. 研究成果

鳥類相の把握

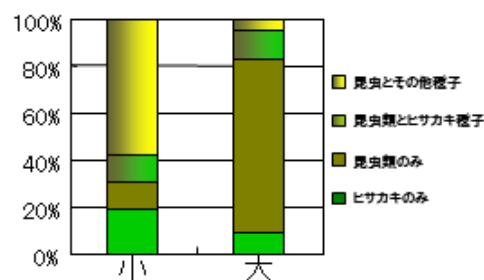
果実の種子散布期後の冬期に、噴火の被害程度の異なる 10 地点において、ラインセンサス法を用いて鳥類相の密度調査を行なった。その結果 13 の鳥類が確認された： 21 メジロ (*Zosterops japonica*), 16 ウグイス (*Cettia diphone*), 10 ヒヨドリ (*Hypsipetes amaurotis*), 7 ハシボソガラス (*Corvus corone*), 4 キジバト (*Streptopelia orientalis*), 3 ジョウビタキ (*Phoenicurus auroreus*), 3 ゴゲラ (*Dendrocopos kizuki*), 3 ヤマガラ (*Parus varius*), 2 カワラヒワ (*Carduelis sinica*), 2 コマドリ (*Erithacus akahige tanensis*), 2 アカコッコ (*Turdus caelaenops*), 1 ウソ (*Pyrrhula pyrrhula*), 1 シジュウカラ (*Parus major*)。これらのうち、大型のハシボソガラスと渡り鳥のウソを除く 11 種が種子散布者候補であると考えられる。また、高被害地域ではメジロとウグイスが 23.3% と 40% を占め、その他の鳥類は 10% 以下であった。

糞内の種子構成 (量的評価)

高被害地において採取された糞内 (N = 56) から最も多く出現するのは昆虫類 98% であり、果実種子は 2% のみであった。果実種子はヒサカキ種子が 90% を占めた。一方、低被害地

(N=42) では、種子を含む糞が最も多く、80% を占めた。出現種はヒサカキ 58%、フウトウカズラ 15%、オオムラサキシキブ 12%、タブノキ 2%、その他 13% の順。採取された糞は、高被害地では鳥類が約 82%、イタチ 15%、不明 3%、低被害地では鳥類 88%、イタチ 9%、不明 3% (ヒキガエル?) であった (図 1)。

図 1. 噴火の影響異なる調査地における鳥類糞内の種子の構成



大：高被害地 小：低被害地

対象樹木の生育状況と遺伝的多様性

糞中に多く含まれるヒサカキについて、被害程度の異なる地域における生育状況の調査を行った。また種子散布を行う鳥類相の把握をするため 2 日間計 14 時間のヒサカキ成熟木 (各調査地 2 本) への鳥類の訪問をカウントした。さらに成熟木と散布される種子の遺伝的多様性を把握するために、SSR マーカー 7 座を開発し、うち多型のあった 4 座を使用して成熟木と糞内種子の遺伝的多様性の評価を行った。

-1 成熟木の生育状況

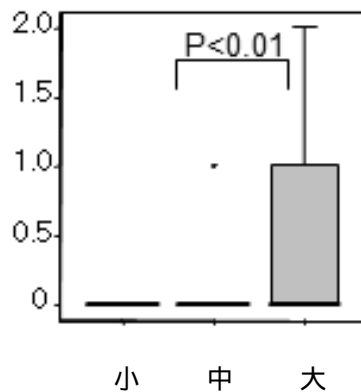
火山ガスの影響を受け続けている 2 地点 (A)、2003 年時点では噴火の影響をやや強く受けていたが、その後火山ガスの影響が低下している 3 地点 (B)、火山ガスの影響が低い 4 地点 (C)、計 9 地点においてヒサカキの生育状況を調査した。各調査地から調査木 (雌株) 5-6 本を選定し、着葉率、花芽数、結果数について調査を行った。その結果、着葉

率は、A 地点では 60%以下と低い値であったものの、それ以外の地点では 90%以上の着葉率があり、ガスの低下によって着葉状況も回復傾向にあると推察された。同様に、花芽数も A 地点では少ないものの、それ以外の地域ではガスによる花芽形成への影響はほとんどないと考えられた。結果数は、低被害地から順に 67%、48%、24%であり、噴火の影響が大きくなるほど低くなる傾向があった ($P < 0.001$)。

-2 種子散布を行う鳥類相

3 種(メジロ、ウグイス、シジュウカラ)によるヒサカキ結実木の訪問と採食が確認された。うち、メジロが訪問数の 75% を占めた。また、鳥類の訪花頻度は火山ガスの影響が大きい地点で高い傾向があり ($P < 0.05$; 図 2)、種子散布も火山ガスの影響が大きい地点で効率的に行われていることが示唆された。

図 2 : 噴火の影響異なる調査地における鳥類の訪問数 (N/10h)



大: 高被害地 中: 中被害地 小: 低被害地

-3 成熟木の遺伝的多様性

伊豆半島集団との比較を行なった。その結果、三宅島の集団の遺伝的多様性は高く (伊豆半島: ヘテロ接合度の期待値: $H_e = 0.592$ 、三宅島の値は以下)、遺伝的分化はほぼみられなかった ($F_{st} = 0.06$)。次に、調査地の遺伝的構造の把握のために、被害程度の異なる地

点に 0.3ha の 8 調査地を設定し、プロット内すべての成熟木について、調査地間の遺伝的構造を比較した。その結果、ヘテロ接合度の期待値 (H_e) は 0.750 (伊々谷) から 0.589 (坪田)、平均 0.681 と比較的高い値であった。標高及び被害程度との相関は見られなかった。プライベートアレル数は 0 から 1.750 (平均 0.792)、ローカルコモンアレル (25%) は 0.500 から 1.750、平均 1.042 であり、標高及び被害程度との相関は見られなかった。総じて、坪田、伊ヶ谷プロットで遺伝的多様性が高く、伊豆、雄山プロットで遺伝的多様性が低い結果であった。

-4 糞内種子の遺伝的多様性

散布された糞内のヒサカキ種子の遺伝的多様性を評価した。その結果、高被害地 (南戸林道) の鳥類の糞 4 個内の種子 (計 9 個) の H_e の平均は 0.198、中被害地 (伊々谷) の糞 12 個内の種子 (計 21 個) の H_e の平均は 0.289、低被害地 (坪田) の糞 13 個内の種子 (計 29 個) の H_e の平均は 0.213 であり、散布された種子の遺伝的多様性に差は中被害地で比較的高い値だったものの、統計的な差は見られなかった。また、種子の解析率は 15%以下であり、さらにヌルアレルが疑われることから、遺伝的多様性の値は過小評価である可能性が高い。このため、今後は DNA の精製など解析率を上げるための工夫が必要である。

攪乱に対して適応的な系の抽出と評価

本研究の結果は、下記の 4 点にまとめられた。

1. 糞内の構成は、高被害地では昆虫が主であり、全調査地を通じて多く含まれた果実種子はヒサカキであり、
2. ヒサカキの生育状況は高被害地で着葉率が低いものの回復傾向にあり、結果数は高被害地で有意に低くなる傾向が見られた。また、
3. 種子散布を行う鳥類は主にメジロであり、高被害地で鳥類の訪問数が多くなった。さらに、
4. 散布種

子の遺伝的多様性は中被害地で比較的高い値だったものの、統計的な差は見られなかった。

以上を考察すると、潜在的に確認された鳥類が必ずしも果実を散布するわけではなく、主に昆虫を食べている鳥類が多いこと、その中で果実散布として重要な鳥類はメジロであること、また、散布される果実はヒサカキが多いことが明らかになり、これらの種子散布系の強さと自然回復への重要性が指摘された。また、鳥類による種子散布の効率は高被害地で高くなるものの、散布される種子の遺伝的多様性は調査地間で差がないことから、噴火による影響によって全体的に生産される種子量が少ない高被害地において、少ない果実が効率よく散布されている可能性があることが明らかになった。さらに、噴火の影響の大きいところでは、ヒサカキの種子散布が主なものの、それらの調査地では結実や生存個体が確認されていない植物の種子が少数確認されたことから、ヒサカキなどの火山ガスに対する耐性のある植物の存在は、高被害地への鳥類散布型種子植物の遷移促進に貢献している可能性が指摘された。

今後の課題として、種子の遺伝解析率が低いことから、解析率を上げるための工夫が必要であることが挙げられる。さらに、現在解析中であるが、外来種のホンダイタチの糞からも昆虫のほかにも多くの果実種子が見られたため、外来種による種子散布が噴火後の植生回復に果たす役割も大きいと考えられる。このため、今後はホンダイタチによる種子散布の効果を検証する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 1件)

阿部晴恵 島嶼における種間相互作用系の研究. GREEN LETTER NO. 35, p.65, 2013

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

阿部 晴恵 (ABE Harue)
新潟大学・自然科学系・助教
研究者番号: 60462272

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

高橋 俊守 (TAKAHASHI Toshimori)
宇都宮大学・農学部・准教授
研究者番号: 20396815
長谷川 雅美 (HASEGAWA Masami)
東邦大学・理学部・教授
研究者番号: 40250162

(4)研究協力者

吉川 徹朗 (YOSHIKAWA Tetsuro)
森林総合研究所・森林植生研究室・研究員