

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 6 月 14 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：18780125

研究課題名 (和文) 島嶼生態系における侵入種の拡散および適応機構の解明

研究課題名 (英文) Establishment, expansion and adaptive characteristics of an invasive tree (*Bischofia javanica*) in Pacific islands.

研究代表者

山下 直子 (YAMASHITA NAOKO)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員

研究者番号：70353901

研究成果の概要 (和文)：

島嶼生態系における侵入種の拡散パターンを明らかにするために、小笠原諸島の侵入樹種アカギ (*Bischofia javanica*) を対象として、アカギの種子散布距離を推定した。また、地域的にアカギを根絶した際の非根絶区からの再加入リスクを定量化し、上木根絶後の森林管理手法を提案することを目的とした。アカギ実生の発生は、上木枯殺後 2 年経過するとかなり低くなることから、少なくとも 2 年間は下層で発生したアカギを駆除する必要がある。在来樹種の実生発生率は、アカギや他の外来種に比べて極端に少なく、その要因の 1 つとしてクマネズミによる種子食害が考えられた。アカギ上木枯殺区において、種子トラップ内に鳥散布によるアカギ種子の落下が確認された。アカギ種子の再加入率は、最も近い結実木から 70m 以内で高かったがそれ以上離れると低なり、最長散布距離は 144m であった。したがって、今後根絶区への再加入リスクを考えた場合、非根絶区から 70m 以内はハイリスクであり、おおよそ 150m 程度離れるとリスクはかなり低いと思われる。アカギを除去するだけでは、在来種の発生や定着を促進する効果が低く、むしろそれまで被圧されていた他の外来種の成長を促進し、繁殖量を増殖させてしまうことが明らかとなった。在来種の森林を再生させるためには、アカギ駆除と同時に、他の外来樹種の駆除をおこなう必要がある。また在来種の種子を食害している外来動物のクマネズミの駆除をおこなうことも、在来種の実生発生量を増加させるためには有効であると思われる。

研究成果の概要 (英文)：

Aim of this study was to evaluate the risk of re-establishment of invasive tree *Bischofia javanica* after eliminating the *B. javanica* using glyphosate herbicide. Seedling emergence ratio of *B. javanica* was decreased nearly zero 2 years after killing the upper trees. So it is important to remove emerged *B. javanica* seedlings at least 2 years after the elimination of upper trees. Seedling emergence was much lower for native trees, and damage by invasive rodent *Rattus rattus* may be the one factor of restricting the number of seedlings. After killing the *B. javanica* trees, seeds of *B. javanica* was dispersed by birds and fall into the seeds traps. The rate of seeds re-entering was high in the traps located within 70m from nearest mother tree. To kill reproductive trees of *B. javanica* not contribute to increase emergence and growth of native trees, rather enhance the seedling establishment of *B. javanica* itself and reproductive success of other alien trees. To conserve native forest, it is necessary to kill not only *B. javanica* but also other alien trees at one time.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 1,400,000 | 0 | 1,400,000 |
| 2008年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 2009年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,500,000 | 630,000 | 4,130,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学、林学・森林工学

キーワード：森林生態・保護・保全

1. 研究開始当初の背景

ハワイ諸島やガラパゴス諸島と並ぶ日本を代表する海洋島である小笠原諸島は「東洋のガラパゴス」と呼ばれ、この独特な生態系が評価されて、2003年に世界自然遺産国内候補地に選定されている。しかし、これまでの研究により多くの外来生物が、その貴重な在来生態系に深刻な被害を与えていることが明らかとなっている。侵入種の排除を実践するにあたっては、その種の生態的特徴や侵入ルート、侵入成功要因、および在来生態系に与えるインパクトを明らかにすることが不可欠である。本研究で対象とするアカギ (*Bischofia javanica*) は、小笠原以外でも東・南アフリカやフロリダ、ハワイに導入されており、生態系への悪影響が報告されている。林野庁はアカギの在来生態系への影響が深刻化したことにより、平成12年度よりアカギの駆除事業やボランティアによる稚樹の抜き取りなどを実施している。そのような中で、駆除した地域に非駆除区から鳥散布による種子の加入があり、アカギが再生しつつある状況が確認されており、確実かつ効率的な駆除対策の確立が必要である。

2. 研究の目的

アカギはトウダイグサ科の常緑・半常緑高木で、1900年代のはじめより小笠原諸島に用材・薪炭材生産目的で導入されたが、戦後特に利用されることもなく放置されてきた。種子が鳥により散布され、近年父島・母島・弟島では天然更新を行なっている。アカギは特に湿性高木林に多く侵入し、旺盛な成長と繁

殖力によってシマホルトノキ、ウドノキ、オガサワラグワなどの在来植物を被圧している。現在、上木を対象として除草剤を用いた枯殺処理がおこなわれているが、埋土種子や鳥散布により更新しているアカギが目立ち、このまま放置すれば元のアカギ林が再生する危険性が高い。本研究では、島嶼生態系における侵入種の拡散パターンを明らかにするために、小笠原諸島の侵入樹種アカギ (*Bischofia javanica*) を対象として、アカギの種子散布距離を推定した。また、地域的にアカギを根絶した際の非根絶区からの再加入リスクを定量化し、上木根絶後の森林管理手法を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) アカギ種子散布距離の推定とアカギ上木枯殺後の種子と実生の動態

小笠原父島にある森林総合研究所コーヒー山試験地において調査をおこなった。180x180m(3.68ha)の試験区内に20m間隔で100か所種子トラップを設置し、10月から3月まで約2週間間隔で、落下する種子の数、食害の有無を調べた。また、実生については、ノヤギによる実生の食害を排除するために、80x100mの範囲にヤギ柵を設置し、その中に1x1mコドラートを30か所設置し、3~4カ月間隔で発生する実生をマーキングし、種ごとに数をカウントした。2007年11月に試験区内180x180m(3.68ha)の範囲に存在するすべてのアカギを駆除した。直径約3cm以上~成木までの個体は、伊藤(2005)の方法によりラウンドアップ注入による薬剤処理により枯

殺し、それ以下のサイズ個体は、実生も含めて引き抜けるものは引き抜き、それ以外は刈り払い後に切り目を入れてラウンドアップを塗布した。実生調査区を設置したヤギ柵内は、枯殺処理後 2008 年、2009 年に下層で発生したアカギと他の外来種の駆除をおこなった。種子落下量のモニタリングと実生調査は、2005 年から 5 年間おこなった。また、駆除区を含む 340x340m(11.56ha)の範囲におけるアカギ結実個体のマッピングをおこない、トラップ内の種子数と結実個体までの距離について解析した。

(2) 森林構造と埋土種子との関係

上木に外来樹種の侵入が見られない地域において、埋土種子中の外来種の侵入の有無を明らかにするために、小笠原諸島母島の乾性低木林と湿性高木林各 4 か所において、20x20m 区内の毎木調査、下層植生調査をおこない、調査区内にランダムに 5 か所(30x30cm 深さ 5cm)の土壌を採取しプランターにまきだし、発生する実生を種ごとにカウントした。

4. 研究成果

(1) 上木アカギの枯殺後の種子散布と実生の動態

樹幹への除草剤(ラウンドアップ)注入による上木枯殺後、新たに発生した実生は、全 14 種でそのうち 10 種が在来種で、4 種が外来種であった。そのうち最も多く発生したのはアカギの実生で、次にウラジロエノキ、シマグワであった。在来種では、ムニンエノキ、オガサワラビロウ、アカテツ、モモタマナ、モクタチバナ、クロツグなどの発生が確認されたが、個体数はわずかであった。一方発生した実生は全 10 種と少なく、そのうち 2 種が外来種であった。2005 年からの 5 年間に、試験区内に落下した種子は全 18 樹種で、そのうち最も多かったのはトクサバモクマオウ、次いでギンネムであり、全落下種子のうち約 80%が外来種だった。枯殺の前後における落下種子数の増加率は、非枯殺区より枯殺区で高く、特に外来種のシマグワとギンネムで高かった(図 1)。アカギ種子は、アカギ除去区のトラップにも確認されており、鳥散布による再加入であると考えられた(図 2)。その加入数は、2008-2009 年で 2.46 個 m^{-2} 、2009-2010 年で 14.88 個 m^{-2} 、年平均 8.6 個 m^{-2} であった。除去区に散布されたアカギ種子と、最も近い結実木までの距離との関係は、結実木から約 70m を境に急激に下がり、このプロットで測定された最長散布距離は 144m であ

った(図 3)。調査プロットの優占樹種であるムニンヒメツバキは、種子トラップには多数の種子が落下しているが、その約半数がクマネズミによる食害を受けており(図 4)、実生の発生も確認されなかった。

アカギ上木の除去後、散布される種子の種類数よりも発生する種数がかかなり少なく、発生を抑制している要因の 1 つとして、クマネズミによる食害が考えられた。実際、在来優占種であるムニンヒメツバキの種子の約半数がクマネズミによる食害を受けており、クマネズミからの食害を防ぐことで、実生の発生率が高まる可能性がある。今後、父島や母島のように大きな島においても、自然保護区域などの限られた面積だけでも、クマネズミの侵入を防ぐための技術を確認する必要がある。

アカギ上木の除去によって、林内は以前に比べて明るくなり、ウラジロエノキなどのパイオニア性樹種やモクタチバナなどの遷移後期樹種の発生が確認された。しかし、林内はパイオニア性樹種が定着できるほど明るくなく、むしろ埋土種子由来のアカギ実生の生存率を高め、定着を促進していることが明らかとなった。モクタチバナやアカテツなどのやや耐陰性のある在来種の実生については、アカギ実生が繁茂する前に駆除することで、定着率を高めることができると思われる。

アカギ駆除区において、鳥散布によるアカギ種子の再加入が確認され、年平均で 8.6 個 m^{-2} であった。駆除区へのアカギの再加入について、最も近い結実木からの距離が 70m 前後で、再加入数が大きく変化した。再加入数と結実木からの距離は、散布者であるヒヨドリ の行動パターンに大きく左右されるものであるが、アカギと同様種子サイズのヒヨドリ の体内滞留時間は平均で約 12 分程度と推定されることから(Fukui, 2003)、鳥散布によるアカギ種子の移動はほとんどが母樹から約 70m 以内であり、数キロにわたる散布は極めて稀であることが予想された。このプロットで確認された最長散布距離が 144m であったことから、今後根絶区への再加入リスクを考えた場合、非根絶区から 70m 以内はハイリスクであり、おおよそ 150m 程度離れたらリスクはかなり低いと思われる。

アカギ実生の発生は、上木枯殺後 2 年経過するとかかなり低下することから、少なくとも 2 年間は下層で発生したアカギを駆除する必要がある。アカギを除去するだけでは、在来種の発生や定着を促進する効果が低く、むしろそれまで被圧されていた他の外来種の成長を促進し、繁殖量を増殖させてしまうこと

が明らかとなった。したがって、在来種の森林を再生させるためには、アカギ駆除と同時に、他の外来樹種の駆除をおこなうことが不可欠である。また在来種の種子を食害している外来動物のクマネズミの駆除をおこなうことも、在来種の実生発生量を増加させるためには有効であると思われる。

上木のアカギを駆除した後、今回の研究期間内には在来種の実生の発生数が大幅に増えることは確認されなかった。アカギを駆除したことにより樹冠が明るくなり成長が促進され、在来種の中には、駆除前よりも種子落下数が増加傾向にあるものもあったが、種子や実生の動態については、今後も長期的なモニタリングを継続することによりアカギ除去の効果を検証していく必要がある。

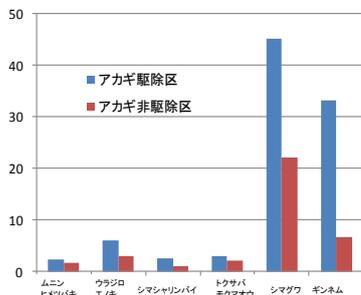


図1. アカギ上木の駆除前(2005-2007)に対する駆除後(2008-2009)の落下種子量の比率

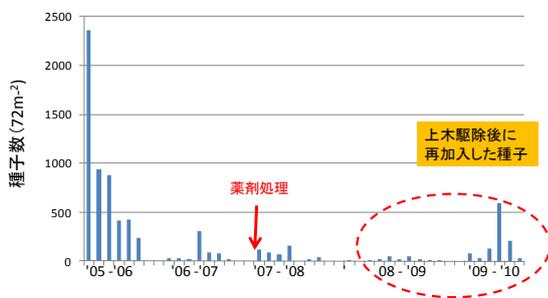


図2. アカギ落下種子数の推移

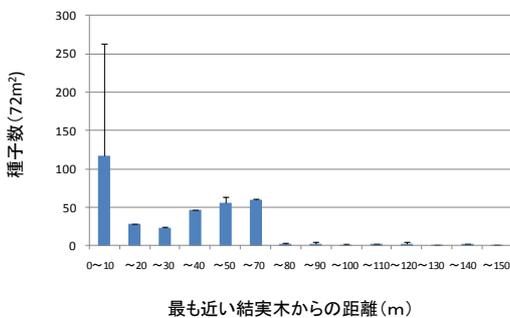


図3. 上木駆除後に再加入したアカギ種子(2008-2010) Mean 1/2SD

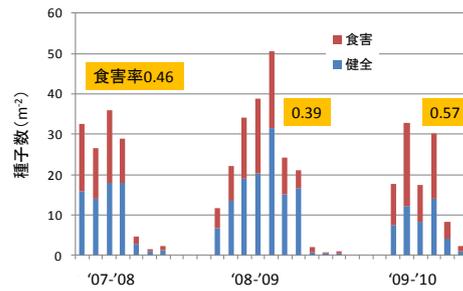
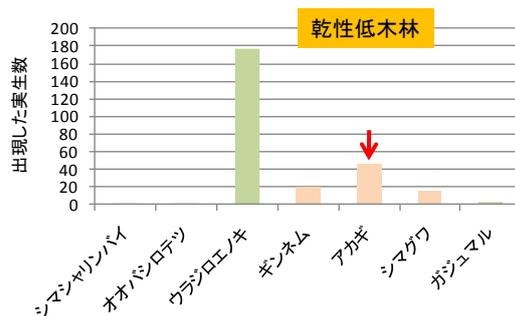


図4. ムニンヒメツバキ種子落下数の推移

(2) 上層に外来樹種の侵入が見られない地域における埋土種子構造

林内土壌をまきだした結果、発生した実生の80%が草本で、最も多かったのは外来種のスズキであった。木本で最も多かったのは、アカギの実生で、侵入の著しい湿性高木林だけではなく、乾性低木林の土壌にも埋土種子化していることが明らかとなった(図5)。今回調査区を設定した林分は、上木に外来樹種が入っていない場所であり、外来種の種子は、ヒヨドリなどにより散布されたものと考えられる。在来樹種で埋土種子として確認されたのは6種あり、そのうち2種がパイオニア性、3種が低木種で、高木性はムニンエノキ1種であった。本プロットの高木層の構成種であるシマホルトノキやオガサワラグワ、ウドノキ、アカテツ、イヌグス、ムクロジなどの樹種は確認されなかった。これらの樹種は、埋土種子由来ではなく実生バンクにより更新してきたものと考えられるが、調査区にはこれらの実生が存在せず、クマネズミによる種子食害が実生発生数を制限している可能性が考えられた。したがって、このような現在は在来種で構成される森林においても、今後台風などの攪乱により林冠ギャップが形成された後には、在来の高木種が更新する可能性は低く、光環境の変化と地温の上昇をトリガーとして埋土種子化している外来種が一斉に更新し、在来林に置き換わる危険性が高いことが明らかとなった。今後、在来林の保全を進めていく上で、現状は上木として外来種の侵入が確認されない森林においても、攪乱後の森林構造の変化を注視していく必要がある。



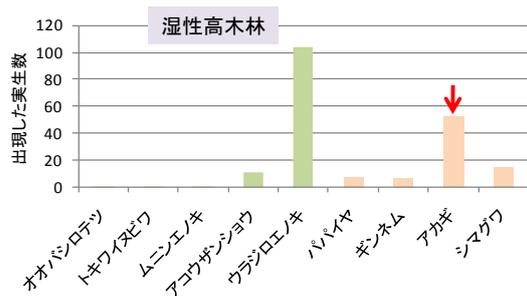


図5. 乾性低木林および湿性高木林における埋土種子構造 (黄緑：在来種、オレンジ：外来種)

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5件)

- ① 石田厚、中野隆志、矢崎健一、松木佐和子、山路恵子、清水美智留、山下直子 (2009) 小笠原乾燥尾根部に成育する植物の葉と茎の生理生態学的特性 Ogasawara Research 34(1):9-23 [査読あり]
- ② 石田厚、矢崎健一、大曾根陽子、山下直子 (2009) 小笠原外来樹種の生理生態 地球環境 14(1):85-88 [査読あり]
- ③ Nishida, T., Yamashita N., Asai, M., Kurokawa, S., Enomono, T., Pheloung, C. P. and Groves, R. H. (2008) Developing a pre-entry weed risk assessment system for use in Japan. Biological Invasions 11:1319-1333. [査読あり]
- ④ 山下直子 (2008) 小笠原諸島の侵入樹木アカギの生理生態的馴化および可塑性に関する研究 北海道大学演習林研究報告、65. 1:19-59 [査読あり]
- ⑤ Ishida A., Nakano T., Yazaki K., Matsuki S., Koike N., Lauenstein L. D., Shimizu M. and Yamashita N. (2008) Coordination between leaf and stem traits related to leaf carbon gain and hydraulics across 32 drought-tolerant angiosperms. Oecologia 156(1):193-202 [査読あり]

[学会発表] (計4件)

- ① Yamashita, N. and Kawahara, K. (2009) Responses in seedling establishment of native forest trees and the invasive *Bischofia javanica* in the Bonin Islands of the subtropical Pacific, following the killing of *B. javanica* adult trees. Proceeding of the international symposium on Aliens in southern islands. Poster abstract P13. 2009年12

月14日 東京大学(東京都)

- ② 山下直子、河原孝行 (2009) 小笠原の侵入種アカギと在来種の種子と実生の動態 第120回日本森林学会大会学術講演要旨集 pp805. 2009年3月26日 京都大学(京都市)
- ③ Nishida, T., Yamashita, N., Asai, M., Kurokawa, S., Enomoto, T., Pheloung, P. C., Groves, R. H. (2009) A risk assessment system for plants before their entry in Japan -an adaptation of the Australian weed risk assessment system. 国際生物多様性の日シンポジウム -外来種の来た道・行く道- ポスター発表 国連大学ウ・タント国際会議場(東京都)
- ④ 石田厚、山下直子 (2008) 光変動環境に対するアカギと在来樹種の反応 第40回種生物学シンポジウム、講演要旨集:21-25 デュープレックスセミナーホテル(茨城県守谷市)

[図書] (計4件)

- ① Yamashita, N., Tanaka, N., Hoshi, Y., Kushima, H. and Kamo, K. (2010) Seed and seedling demography of invasive and native trees of subtropical Pacific islands. Part II Impact of alien invasive species. In Restoring the oceanic island ecosystem. Impact and management of invasive alien species in the bonin islands (eds. K. Kawakami and I. Okochi) pp93-102. Springer.
- ② 山下直子 (2009) アカギ 日本樹木誌 I、p51-59. 日本林業調査会
- ③ 山下直子 (2009) アカギ (第1章 森林と樹木 侵入種、厄介者) 森林大百科 独立行政法人森林総合研究所編 朝倉書店 p24-26.
- ④ 山下直子 (2009) 移入種の扱い (第2章 森林の成り立ち 攪乱・環境問題など) 森林大百科 独立行政法人森林総合研究所編 朝倉書店 p55-57.

[その他] (計1件)

- ① 山下直子 (2008) アカギの侵入をクマネズミが助けた 森林総合研究所関西支所研究情報 88:2
URL:http://www.fsm.affrc.go.jp/Joho/res_info_088.pdf

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 直子 (YAMASHITA NAOKO)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員

研究者番号：70353901