

屋久島の森林生態系と 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全



金谷 整一

Seiichi Kanetani

屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊

手塚 賢至

Kenshi Tetsuka

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所 森林生態系研究グループ

1. はじめに

九州本土から南に約 60km の海上に浮かぶ周囲 132km、面積 505km²の円形の島である屋久島は、その中央に九州最高峰の宮之浦岳（標高：1,936m）をはじめ、九州本土にはない標高 1,800m 以上の峰々が 7 座もある山岳島である（図 1）。この山岳地帯を形作っているのが、第三期末期の約 1,400 万年前

の隆起でできた花崗岩であり（現在もマグマの上昇は 1,000 年で 1m くらいの速度で続いているといわれている）、その突出した険しい地形から「洋上アルプス」の異名をもつ。この海上から屹立する地形と屋久島の西側を流れる黒潮の影響から、他地域にはない豊富な降水量に恵まれ、島内には亜熱帯から亜寒帯に至る森林帯、いわゆる植生の垂直分布がみられる（図 2）。また、南限種や北限種、固有種も

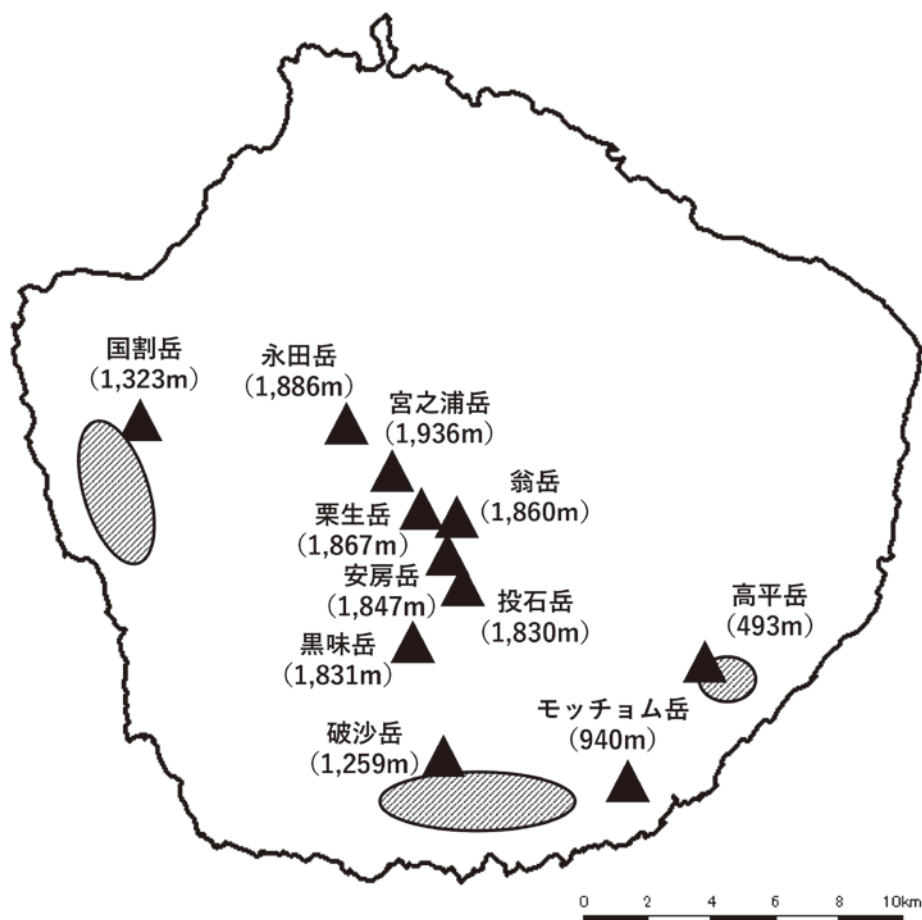


図 1. 屋久島の山岳と、ヤクタネゴヨウの自生地（網掛け）

ヤクタネゴヨウの自生地は、西部の国割岳周辺、南部の破沙岳～モッチョム岳および南東部の高平岳の 3 カ所に分断されている。

多く分布していることから、我が国において極めて高い多様性を持つ特異的（ユニーク）な森林生態系を形成している。このことから屋久島は、1993年に日本で最初に青森県と秋田県にまたがる白神山地とともに世界自然遺産地域に指定された。

本稿では、屋久島の森林生態系に関する近年の研究成果を踏まえて簡単に整理するとともに、我が国で最も精力的な保全活動が進められている絶滅危惧種ヤクタネゴヨウ（屋久種子五葉：*Pinus amamiana* (*P. armandii* var. *amamiana*)) (Yahara *et al.*, 1987) (図3) について紹介する。

2. 屋久島の森林植生

屋久島の森林植生は標高によって大きく支配され、以下の5つの気候帯に区分される。標高0～



図2. 国割岳西斜面の植生

海岸から山頂まで垂直分布が観察できる。林冠層から突出しているのは、ヤクタネゴヨウ。



図3. 破沙岳周辺におけるヤクタネゴヨウの巨木

100m は亜熱帯－照葉樹林移行帯となり、ガジュマル *Ficus microcarpa* や絞め殺し植物といわれるアコウ *F. superba* var. *japonica*、メヒルギ *Kandelia obovata* 等が分布する。標高 100～800m の照葉樹林帯は、イスノキ *Distylium racemosum*、スタジイ *Castanopsis sieboldii*、タブノキ *Machilus thunbergii*、ウラジロガシ *Quercus salicina* およびヤクタネゴヨウ等の多種多様な照葉樹（常緑広葉樹）を中心に構成される。標高 800～1,200m は照葉樹林－ヤクスギ林移行帯で、照葉樹とスギ *Cryptomeria japonica* が混生する。標高 1,200～1,600m はヤクスギ林帯であり、大径のスギ、モミ *Abies firma*、ツガ *Tsuga sieboldii* およびハリギリ *Kalopanax septemlobus* 等が林冠を優占する。一般的にこの気候帯は冷温帯となり、日本本土では出現するブナ *Fagus crenata* やミズナラ *Quercus crispula* 等は分布していない。標高 1,600m 以上は風衝低木林となり、主にヤクシマダケ（ヤクザサ）*Pseudosasa owatarii* およびヤクシマシャクナゲ *Rhododendron yakushimanum* によって地表は被覆されている。スギも標高 1,800m 付近まで分布しているが、いずれも矮小化したり幹や枝が折損しており、風雨に曝され白化した「白骨木」も多くみられる（図4）。

ところで、屋久島の森林を語る上で忘れてはならないのが、縄文杉を筆頭に樹齢数千年を超え巨木になるスギであろう。全国的にみると、スギは春先の花粉症の原因樹種として厄介者であるが、屋久島の森林生態系にとっては貴重な構成員である。屋久島



図4. 安房岳周辺の風衝低木林

ヤクザサとヤクシマシャクナゲの群集内にスギの生残木と白骨木が点在する。

で「ヤクスギ」と称されるのは、樹齢1,000年を超える個体で、それ未満だと「コスギ」と呼ぶ。屋久島におけるスギは、江戸時代、年貢として米の代わりに納める平木（屋根を葺く材料：長さ48cm、幅10cm、厚さ7mm）として、明治以降では建築材として大量に伐採された歴史をもつが、現在でも島内には広大な天然林が維持されている（金谷・吉丸、2007）。

遺伝解析によると、最終氷期の逃避地と考えられている屋久島のスギは、現在では南限地でありながら本土の集団と比べて遺伝的多様性が高いことが明らかとなり、このことは大面積のスギ天然林が維持されてきた結果であると考えられている（津村、2012）。また全国のスギ天然林は、太平洋型（オモテスギ）および日本海型（ウラスギ）に分けられ、屋久島は前者に属するとされていた（津村、2012）。しかしながら、最近の解析では、屋久島は独自のクラスター（グループ）を形成し、日本本土の太平洋型および日本海型の2つのグループと遺伝的に異なることが明らかになっている（Tsumura *et al.*, 2014；内山・松本、2018）。

3. 近年の新種発見

屋久島で確認されている維管束植物は1,500種を超え、そのうち固有種は47種および固有変（亜）種は31種に達する（Yahara *et al.*, 1987）。また屋久島には、北限種あるいは南限種も多く分布する。このように屋久島には、多種多様な植物相が確認されている。しかしながら、現在でも屋久島の低地照葉樹林では、新種の発見が相次いでいる。

例えば、ヤクノヒナホシ *Oxygyne yamashitae*、タブガワヤツシロラン *Gastrodia uraiensis*（台湾で発見。日本では屋久島で初確認。その際、和名がついた）、タブガワムヨウラン *Lecanorchis tabugawaensis* およびヤクシマソウ *Sciaphila yakushimensis* 等である（手塚ら、2017）。これらは「菌従属栄養植物」といって、光合成をせずに（葉緑体をもたずに）、菌に共生して生活している。しかしながら、これらの植物は、気づかれないうちに、開発やさまざまな要因によってその自生地が破壊されあるいは失われ、絶滅してしまう可能性が高いことが懸念されている（手塚ら、2017）。

現在でも屋久島には、見知らぬ植物（新種）が、ひっ

そりと分布している可能性がある。この奥深い「生命の島」にとって、さらなる詳細な植物相の調査が必要なかもしれない。

4. 屋久島の森林植生に被害を及ぼす様々な要因

(1) 病害虫獣害

近年、日本各地の森林ではニホンジカ *Cervus nippon* による食害被害が顕著になっているが、屋久島でも例外ではない。屋久島に分布するヤクシカ *C. n. yakushimae* ニホンジカの亜種の中でも特に小型であるが、貴重な森林の林床植生に大きなインパクトを与えており、多様性の減少のみならず、固有種等の希少な野生植物の絶滅が危惧されている（湯本・松田、2006）。この対策として防鹿ネット柵の有効性は明らかにされたが、併せてヤクシカの大規模な頭数制限も望まれている（寺田ら、2013）。一方で、ヤクシカの生息頭数と森林生態系への影響には単純な関係はみられなかったことから、順応的管理（保護管理をする際、不可逆な変化を避ける予防原則と有効性をチェックして随時計画の見直しを行う）の必要性も指摘されている（辻野、2014）。

カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* は、ブナ科樹木萎凋病菌 *Raffaelea quercivora* を媒介させ、日本の各地でミズナラやコナラ *Quercus serrata* 等の集団枯損、いわゆる「ナラ枯れ」被害を引き起こしている。屋久島において、その分布は確認されていたが、目立った被害はなかった（後藤、2006）。しかし、2007年にカシノナガキクイムシによるマテバシイ *Lithocarpus edulis* の集団枯損が確認されている（後藤ら、2016）。その後、被害は急速に終息し、この要因としてマテバシイ枯損木でのカシノナガキクイムシの低い増殖力が考えられている（後藤ら、2016）。

南九州地方では、旧武家屋敷などに生垣としてイヌマキ *Podocarpus macrophyllus* が植栽されていることが多く、これを食害するキオビエダシヤク *Milionia basalis* によって大きな被害が生じている。屋久島南西部の照葉樹原生林では、1993年から2003年にかけて、キオビエダシヤクが大発生し、イヌマキと同科のナギ *P. nagi* が食害を受け、多くの個体が枯死している（相場、2016）。

(2) 外来種

以上に述べた在来種に加え、本来、屋久島に自然

分布しない外来種の問題も深刻さが増している。外来の哺乳類としてタヌキ *Nyctereutes procyonoides* およびヤギ *Capra aegagrus* 等が低地照葉樹林内で目撃されており、食害被害や従来の種子散布様式の変化による森林生態系への影響が懸念されている(辻野・揚妻-柳原, 2006)。

また、毎春に林道沿いや攪乱跡地で白い花を咲かせるアブラギリ(油桐) *Vernicia cordata* は、トウダイグサ科アブラギリ属の落葉高木の外来種とされる(図5)。アブラギリは、ヤクシカの不嗜好性植物であるため、それ以外の樹種が被害を受け、アブラギリの更新が促進されている(池本, 2015)。

外来の病害として、長年、日本全国のマツ林で問題となっているマツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* が引き起こすマツ材線虫病も忘れてはな



図5. 世界自然遺産地域内(西部林道沿い)に侵入したアブラギリ



図6. 南西部の道路沿いにおいてマツ材線虫病で枯死したクロマツ

らない。屋久島では、1970年代から被害が確認されていたが、近年、海岸沿いに生えるクロマツ *Pinus thunbergii* に加え(図6)、ヤクタネゴヨウへの被害が確認され、それらの被害量が増加している(手塚ら, 未発表)。屋久島の標高800m以上に分布し、ここを南限とするアカマツ *P. densiflora* への被害の拡散も懸念され、森林植生の変化といった生態学的脅威が高まっている。

(3) 越境大気汚染物質

近年、PM2.5で話題となった越境大気汚染物質の飛来についても、その実態が明らかになりつつある(図7)。中国大陆との間にある東シナ海に物理的な障壁がない屋久島では、将来的に植生に対する影響の顕在化が懸念されている(永淵, 2000; 久米ら, 2011; 三宅ら, 2012)。特に、絶滅危惧種ヤクタネゴヨウに対する影響が指摘されており(Kume *et al.*, 2010; 三宅ら, 2013)、今後の推移について注視していく必要がある。

5. 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全

(1) ヤクタネゴヨウ

多種多様な植物が分布する屋久島の中で、絶滅危惧種に指定されるものも多い。その中で、屋久島と種子島のみ自生するマツ科マツ属の常緑高木であるヤクタネゴヨウについては、近年、調査研究や保全活動が積極的に実施されている樹種の一つである(金谷・吉丸, 2007)。

ヤクタネゴヨウの推定生残数は屋久島で2,000個体、種子島で300個体とされ(金谷・吉丸, 2007)、日本に自生するマツ属樹種の中で唯一レッドデー



図7. 西部地域における越境大気汚染物質を観測している様子

ブックに「絶滅危惧IB類(EN)(環境省, 2019)」とされる。屋久島におけるヤクタネゴヨウは、主に標高300～900mの非常に険しい尾根筋に分布している(金谷・吉丸, 2007)。ヤクタネゴヨウの衰退(個体数減少)については、以前からマツ材線虫病による被害とみられていた(林, 1988; 矢原, 1994)。その後、病原体であるマツノザイセンチュウの接種試験により、ヤクタネゴヨウに対する病原性は確認されている(寺下・松本, 1986; 戸田ら, 2001)。ヤクタネゴヨウはマツ材線虫病に対して強いとの指摘もみられたが(辻本・吉田, 1983)、このことは、クロマツと比較して遅い病徴進展(秋庭, 2006)に起因するのかもしれない。しかしながら、野外におけるヤクタネゴヨウ枯死木からもマツノザイセンチュウが検出されていることから、本病がヤクタネゴヨウの重要な枯死(衰退)要因であることが示唆されている(金谷・吉丸, 2007)。ほかにも、ヤクタネゴヨウの枯死木からは、ニセマツノザイセンチュウ *B. mucronatus* (Kanetani *et al.*, 2001) や日本での初記載となる *B. osumiana* (Kanzaki *et al.*, 2014) が検出されてるが、その例は非常に少なく、病原性は確認されておらず、ヤクタネゴヨウの衰退への影響は不明である。しかしながら、マツ材線虫病の被害拡大は、ヤクタネゴヨウの地域個体群の消失あるいは種の絶滅に直結する可能性が非常に高いことには疑いない。ヤクタネゴヨウの保全に際し、マツ材線虫病対策は、最優先であり喫緊の課題となっている。

なお最近、ヤクタネゴヨウに特異的に共生する菌根菌ヤクタネショウロ(屋久種子松露: *Rhizopogon yakushimensis*) の存在が明らかにされた(Murata *et al.*, 2017; Sugiyama *et al.*, 2018)。つまり、ヤクタネゴヨウを保全することは、希少なヤクタネショウロも保全することと同義となる。

(2) 屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊

ヤクタネゴヨウの保全を語る上で、欠かせない団体がある。それは、ヤクタネゴヨウの保全において最も基礎となる分布情報の収集を目的として、著者らによって1999年に結成された「屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊」である(金谷・吉丸, 2007)。この隊では、毎月1回の分布調査(分布位置の記録、個体サイズの測定等)を、2017年までに全162回を実施した結果、延べ1,072名が参加し、2,518本

のヤクタネゴヨウ生残個体の分布を確認した(金谷ら, 2018)。この活動の中で、世界自然遺産地域および屋久島生態系保護地域に隣接する国有林内で、新たに300個体を超えるヤクタネゴヨウの分布が確認されたことから(寺田ら, 2013)、2014年3月に九州森林管理局(2014)によって「瀬切川ヤクタネゴヨウ希少個体群保護林(61.54ha)」が指定されている(図8)。

なお、この調査隊は分布調査に加えて、九州森林管理局によって造成された採種林・見本林の管理や、シンポジウムの開催等の啓蒙活動も積極的に行っている(金谷・吉丸, 2007)。

(3) 民・官・学によるマツ材線虫病対策

屋久島では、1970～1990年代前半に多くのマツ枯被害が生じた(筆者ら, 私信)。この期間、ヤクタネゴヨウに対する被害は定量的に示されていないが、今でも西部地域に累々と並ぶ白骨木の多さから、その影響の大きさが推し量られる。近年でも、低地のクロマツ林においてマツ材線虫病被害が確認されたことから、ヤクタネゴヨウへ被害が及ばないよう「民・官・学」で情報を共有し効果的な防除活動を実施することを目的として2005年に「マツ枯対策連絡協議会(屋久島支部および種子島支部)」が立ち上げられた。この会では、クロマツやアカマツの南限集団の保全にも配慮し、屋久島を世界自然遺産



図8. 瀬切川左岸に広がるヤクタネゴヨウの自生地
写真の中央から右側にある急峻な尾根筋にヤクタネゴヨウが分布している。ここで、島内で最大径の個体を確認した。

地域に相応しい「松枯れ0の島」にすることを目指している。その一環として、「松枯れ110番」を開設し、屋久島町の町報に記事を掲載して、島民からのマツ枯被害木の情報収集にも努めてきた（図9）。

これまで、種子島の自生地集団における保全の活動例（金谷・吉丸，2007）にならい、屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊、林野庁屋久島森林管理署および屋久島森林生態系保全センター、環境省屋久島自然保護官事務所、鹿児島県熊毛支庁屋久島事務所、屋久島町役場、（国研）森林総合研究所によって、マツ枯被害木の伐倒駆除を基本として対応してきた。しかしながら、ここ数年、全島的にマツ材線虫病が拡大し、世界自然遺産地域に含まれる西部地域のクロマツやヤクタネゴヨウに被害が及ぶようになり、それらの枯死木からもマツノザイセンチュウが検出されている（手塚ら，未発表）。2018年度以降は、これまで以上の予算および人員を投入し、被害拡大を阻止すべく活動を推進している（図10）。

マツ材線虫病対策は、枯死木の伐倒駆除と併せて、予防が重要であり、媒介者であるマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* を対象にした殺虫剤の空中散布などが有効とされる。しかしながら、薬剤の散布については、さまざまな議論もあり、なかなか実施できない。一方で、殺線虫剤の樹幹注入の効果については、「グリーンガード（酒石酸モランテル液剤）」シリーズを用いて、試験的に示されている（金谷ら，2008，2014）。しかしながら、金銭的成本および労力的コスト（危険地での作業含む）を考慮すると、全生残個体への殺線虫剤の施用は不可能である。そのため、殺線虫剤の樹幹注入はコアゾーン内に分布する個体や、母樹（種子供給源）と



図9.「町報やくしま」に掲載された「松枯れ110番」の記事

図10. 屋久島におけるマツ枯損木の伐倒駆除の様子

なる個体等、保護すべき順位が高い個体（あるいは集団）を対象として、集中的に実施するのが現実的であろう。併せて、周囲のマツ材線虫病による枯損木の伐倒駆除の徹底的な実施はもちろんであるが、将来、感染木（源）になる可能性のあるクロマツを予め伐採すれば、効果は高まると考えられる。

6. おわりに

屋久島の森林生態系は、世界自然遺産地域として厳かな価値を十分に有しており、依然として未知の部分が残る神々しいことには変わりはない。一方で、抱えている厳しい問題が多く、特にマツ材線虫病に対しては、待ったなしの状態となっている。これまでの「民・官・学」の三位一体の活動では、限界があるのも事実である。この現状を打破するため、「民・官・学」へ新たに「産」の参加、いわゆる薬剤会社等の協力があれば、より大きな成果を得られるのではないかと考えている。将来的に世界自然遺産地域である屋久島の森林生態系の保全に対し、「民・官・学・産」の四者協働が果たす役割に大きな期待を寄せているのは、著者だけではないであろう。

参考文献

- 相場慎一郎 (2016). 屋久島の森林研究 (第3回) - 照葉樹林の動態 (その3、害虫の大発生) -. 洋上アルプス 260 : 3, 林野庁屋久島森林生態系保全センター.
- 秋庭満輝 (2006). マツノザイセンチュウの病原性と病原力の多様性. 日本森林学会誌 88 : 383-391.
- 後藤秀章 (2006). カシノナガキクイムシの屋久島における分布と生態. 九州森林研究 59 : 87-89.
- 後藤秀章・所 雅彦・濱口京子 (2016). 屋久島におけるカシノナガキクイムシによるマテバシイ集団枯損の記録. 九州森林研究 69 : 47-52.
- 林 重佐 (1988). ヤクタネゴヨウ (アマミゴヨウ) の保護と保存. 林木の育種 147 : 11-13.
- 池本 翔 (2015). 外来樹木アブラギリの分布拡大アブラギリの定着とヤクシカとの関係. 屋久島学 2 : 93-96.
- Kanetani S, Akiba M, Nakamura K, Gyokusen K, Saito A. (2001). The process of decline of an endangered tree species, *Pinus armandii* Franch. var. *amamiana* (Koidz.) Hatusima, on the southern slope of Mt. Hasa-dake in Yakushima Island. Journal of Forest Research 6: 307-310.
- 金谷整一・荒田洋一・池亀寛治・手塚賢至・秋庭満輝・中村克典 (2014). ヤクタネゴヨウに樹幹注入した殺線虫剤のマツ材線虫病予防効果と樹体内有効成分濃度. 樹木医学研究 18 : 111-117
- 金谷整一・荒田洋一・水之浦義輝・池亀寛治・手塚賢至・秋庭満輝・中村克典・川口エリ子・吉丸博志. (2008) 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウにおける殺線虫剤の樹幹注入1年後の効果. 森林防疫 57 : 28-35
- 金谷整一・吉丸博志 (2007). 屋久島の森のすがた「生命の島」の森林生態学. 247pp, 文一総合出版, 東京.
- 金谷整一・村田政穂・中村克典・池亀寛治・長野広美・手塚賢至 (2018). ヤクタネゴヨウ全木調査完遂記念シンポジウム. 屋久島学 6 : 65-102
- 環境省 (2019). 【維管束植物】環境省レッドリスト 2019. [https://www. http://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf](https://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf)
- Kanzaki N, Akiba M, Kanetani S, Tetsuka K, Ikegame H. (2014). *Bursaphelenchus osumiana* n. sp. Tylenchomorpha: Aphelenchoididae) isolated from dead *Pinus armandii* var. *amamiana* in Osumi Islands in Japan. Nematology 16: 903-916.
- Kume A, Nagafuchi O, Akune S, Nakatani N, Chiwa M, Tetsuka K. (2010). Environmental factors influencing the load of long-range transported air pollutants on *Pinus amamiana* in Yakushima Island, Japan. Ecological Research 25: 233-243.
- 久米 篤・渡辺幸一・永淵 修・朴木英治 (2011). 広域大気汚染の現状と森林生態系への影響 - 屋久島と立山の事例 -. 日本生態学会誌 61 : 97-106.
- 九州森林管理局 (2014). 瀬切川 (せぎれがわ) ヤクタネゴヨウ希少個体群保護林. <https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/keikaku/hogorin/syokubutsu/segiregawayakutanegoyo.html>.
- 三宅隆之・永淵 修・金谷整一・横田久里子・手塚

- 賢至・橋本尚巳・木下 弾・伊勢崎幸洋 (2013). 屋久島および霧島における無機イオン成分の針葉への乾性沈着. 大気環境学会誌 48: 92-100.
- 三宅隆之・永淵 修・手塚賢至・横田久里子・金谷 整一 (2012). 屋久島における地表オゾン濃度とその変動要因. 大気環境学会誌 47: 252-260.
- Murata M, Kanetani S, Nara K (2017). Ectomycorrhizal fungal communities in endangered *Pinus amamiana* forests. PLOS ONE 12(12): e0189957.
- 永淵 修 (2000). 屋久島における大陸起源汚染物質の飛来と樹木衰退の現状. 日本生態学会誌 50: 303-309.
- Sugiyama Y, Murata M, Nara K (2018). A new *Rhizopogon* species associated with *Pinus amamiana* in Japan. Mycoscience 59: 176-180.
- 寺田仁志・川西基博・大屋 哲・手塚賢至・斉藤俊浩・金谷整一 (2013). 屋久島瀬切川左岸のヤクタネゴヨウ林について. 鹿児島県立博物館研究報告 32: 73-94.
- 寺田仁志・手塚賢至・荒田洋一 (2013). 世界自然遺産登録地屋久島西部地区でのシカによる生態系被害回復モニタリングー防鹿ネット柵設置後3年間の植生変化ー. Nature of Kagoshima 39: 167-176.
- 手塚賢至・山下大明・末次健司・辻田有紀・布施健吾 (2017). 「屋久島低地照葉樹林の多様性とその保全」ー新種発見が相次ぐ菌従属栄養植物が明らかにする世界ー. 屋久島学 4: 63-107.
- 寺下隆喜代・松本憲二郎 (1986). ヤクタネゴヨウに対するマツノザイセンチュウの病原性. 日本林学会九州支部研究論文集 39: 159-160.
- 戸田忠雄・千吉良治・久保田権・中島勇夫 (2001). ヤクタネゴヨウのマツノザイセンチュウ接種結果. 林木の育種 198: 29-32.
- 辻本克己・吉田茂二郎・米盛恒司 (1983). ヤクタネゴヨウの分布と天然性林の林分構造についてー種子島における学術参考保護林についてー. 日本林学会九州支部研究論文集 36: 45-46.
- 辻野 亮 (2014). 屋久島におけるヤクシカの個体群動態と人為的攪乱の歴史とのかかわり. 奈良教育大学自然環境教育センター紀要 15: 15-26.
- 辻野 亮・揚妻ー柳原芳美 (2006). 鹿児島県屋久島の森林で発見された外来哺乳類ータヌキ・ノイヌ・ノネコ・ヤギ. 保全生態学研究 11: 167-171.
- 津村義彦 (2012). 日本の森林樹木の地理的遺伝構造 (1) スギ (ヒノキ科スギ属). 森林遺伝育種 1: 17-22.
- Tsumura Y, Uchiyama K, Moriguchi Y, Kimura M, Ueno S and Ujino-Ihara T (2014). Genetic differentiation and evolutionary adaptation in *Cryptomeria japonica*. G3: Genes Genomes Genetics, g3. 114.013896.
- 内山憲太郎・松本麻子 (2018). スギの遺伝的地域性識別のための SNP パネルの開発と利用. 森林総合研究所研究報告 17: 141-148.
- 矢原徹一 (1994). “絶滅”についての生物学的理解を深めるために. 科学 64: 611-616.
- Yahara T, Ohba H, Murata J, Iwatsuki K (1987). Taxonomic review of vascular plants endemic to Yakushima Island, Japan. Journal of Faculty of Science, University of Tokyo 14: 69-119.
- 湯本貴和・松田裕之 (2006). 世界遺産をシカが喰うシカと森の生態学. 212pp, 文一総合出版, 東京.