カマエカズラ（マメ科）の送粉パートナーとしてのニホンザルの獲得： 拡大造林政策の間接的影響

小林峻^{1), 2)}・伊澤雅子³⁾・傳田哲郎³⁾・真柴茂彦⁴⁾・土肥昭夫⁵⁾・岩本俊孝⁶⁾

- 1) 琉球大学大学院理工学研究科
- 2) (独) 日本学術振興会特別研究員 DC
- 3) 琉球大学理学部海洋自然科学科
- 4) 大分県佐伯市
- 5) 福岡県福岡市
- 6) 宮崎大学教育文化学部

はじめに

ウジルカンダ *Mucuna macrocarpa* Wall. は東南アジアや中国南部、琉球列島などの熱帯や亜熱帯域を中心に分布するマメ科の常緑木性蔓植物である。本種の分布の北限は、大分県佐伯市蒲江（旧蒲江町：以下、蒲江）であるが、最も近い分布地が馬毛島であり蒲江は隔離分布地である（Tateishi & Ohashi, 1981）。本種の蒲江個体群はカマエカズラと呼ばれ、九州では蒲江が唯一の分布地であることから、生育地の一部が1968年に大分県指定天然記念物に指定された。

ウジルカンダは動物を介した特徴的な送粉過程をもつことが報告されている（Toyama *et al.*, 2012）。本種は、送粉の前段階として裂開（explosive opening）という過程を必要としている。裂開とは、堅い竜骨弁の内側にしまい込まれていた雄蕊と雌蕊を露出させ、他花受粉を可能にする過程である（図1a）。

一般に、この過程を必要とする植物では裂開と同時に大量の花粉を放出するので、花を裂開する動物（以下、裂開者）が有力な送粉者になると考えられている（e.g., van der Pijl, 1941; Baker, 1970; Solomon Raju & Purnachandra Rao, 2006）。ウジルカンダの場合も、裂開は自身で行うことができず、この過程を完全に動物に依存している。海外の近縁種では、裂開者は主に花蜜食性のコウモリ類や鳥類であり（Fægri & van der Pijl, 1979; Willmer 2011）、沖縄島においても、本種の花はクビワオオコウモリ *Pteropus dasymallus* のみによって裂開されている（Toyama *et al.*, 2012）。ところが、花蜜食性のコウモリをが分布していない蒲江でも本種の花の裂開が確認され、ニホンザル（以下、サル）*Macaca fuscata* とニホンテン（以下、テン）*Martes melampus* が裂開している

ことが明らかになった（Kobayashi *et al.*, 2014）。サルは両手を器用に用いて花を裂開し、報酬として用意された多量の甘い花蜜を採餌する（図1b）。サルによる裂開数はテンと比べて圧倒的に多いことから、サルの花への貢献度はテンに比べて高い（Kobayashi *et al.*, 2014）。

ところが、カマエカズラは少なくとも1970年代後半までは花が咲くにもかかわらず結実の確認されていなかった（真柴, 2007）。本種の結実には動物による裂開が必須であることから、1970年代後半までは有力な裂開者であるサルが分布していなかったことが考えられる。つまり、何らかの理由でサルの分布域がカマエカズラの分布地を含むようになったと考えられる。

サルが大きく分布域を変える要因はいくつか考えられるが、その1つが生息適地の消失である。サルは植物食寄りの雑食者で、広葉樹林が生息適地である。一方、餌の少ない常緑針葉樹林はサルにとって非好適な環境であるという指摘があり（e.g., Furuichi *et al.*, 1982）、針葉樹林が増加したことで、サルの分布が変化したことを示唆する報告もある（伊藤ら, 1993; 室山ら, 1999）。ただし、特に林縁から50 m以内においては、餌植物が生育するため忌避はされていないとされている（Imaki *et al.*, 2006）。

広葉樹林が伐採され、スギ *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl. などの針葉樹が積極的に植林された政策として拡大造林政策がある（大内, 1987）。この政策では、低山帯などを中心に毎年100 km² 以上が針葉樹林に転換された（船越, 1960）。また、当時の経済情勢を背景に山地部の伐採および針葉樹の植林も進み、針葉樹林の増加がさまざまな野生動物に影響を与えるとともに、人と野生動物の軋轢も顕在化させた（太田ら, 1977; 三浦,

図1 カマエカズラの花 (a) と花を裂開するニホンザル (b)。a における白い矢印は裂開後の花を示し、白の破線で囲った花は裂開前の花を示す。裂開前の花は雄蕊と雌蕊が竜骨弁の内側にあるため見えない。a の右図のスケールバーは 1 cm を示す。a の右図は裂開後の花の拡大図を示す。b のニホンザルは右手で旗弁を持ち上げ花蜜を採餌しており、雄蕊と雌蕊は頬に当たっている。

1999; 吉田ら, 2002; Shimano *et al.*, 2006; 和田, 2008)。

本研究では、カマエカズラが結実するようになった要因が、重要な裂開者であるサルの分布が拡大造林の影響を受けて変化したことにあるという仮説を立てた。この仮説を検討するにあたり、まず、現在のカマエカズラの分布状況および結実状況を明らかにし、結実が確認されていなかった時代の分布と比較した。次に、サルが分布を変化させたきっかけが拡大造林政策による人工針葉樹林面積の増加であると仮定し、人工針葉

樹林面積の年変化およびサルの分布場所の変化を明らかにした。また、人工針葉樹林の増加が哺乳類の分布に影響を与えたという推定の証拠を補強するために、サル以外の哺乳類で針葉樹林面積の増加の影響を受けて分布を変化させたことが報告されている種について、分布場所が変化したのかを検討した。そして、移動を開始したサルが定着した場所が集落周辺であった要因を明らかにした。これらの情報に基づき、カマエカズラが近年結実するようになった過程を推定した。

方法

調査地

調査はカマエカズラが分布している蒲江の葛原浦地区および波当津浦地区 (32°45' ~ 46°N, 131°51' ~ 52°E) で行った (図 2)。

2012 年の人口は葛原浦地区で 187 人、波当津浦地区で 141 人と、いずれも小規模な集落である。両地区ではかつて炭焼きが盛んに行われていたため、林内や麓に炭焼き釜の跡が点在している。造林政策のもと、針葉樹の木材生産が盛んになると、炭焼きは殆ど行われなくなった。現在では、花卉栽培、漁業、林業などが

中心産業となっており、その他に自家消費のための稲作および畑作が行われている。

両地区を含む蒲江は年間平均気温 17℃、年間平均降水量 2,200 ~ 2,400 mm の温暖で多雨な地域である (大分県, 2001)。太平洋型気候域 (沿海型)・非火山地帯の植生に分類され、アコウ *Ficus superba* (Miq.) Miq., ビロウ *Livistona chinensis* (Jacq.) R.Br. ex Mart., ハマオモト *Crinum asiaticum* L. などの暖地性植物が自生している (大分県, 2001)。カマエカズラの分布する葛原浦および波当津浦はリアス式海岸に面した集落で、海岸の背後に広がっている斜面は急峻で地盤はもろい。

カマエカズラの分布調査

カマエカズラの分布地のうち葛原浦では真柴 (1971) により分布範囲および傾斜方位の調査が実施されたが、それ以降に分布調査は行われていない。また、その他の分布地では同様の調査は行われていない。そこで、真柴 (1971) と分布状況を比較するために、2012 年 6 月に、葛原浦および波当津浦に生育するすべてのカマエカズラの分布を調査した。本種は蔓植物であり 1 個体が広範囲に蔓を伸ばしていることや、蔓が切れた場合でも蔓の途中から根を出して栄養繁殖できることから、本調査では個体を区別せずに蔓が連続して林冠を覆っている最も外側の位置を歩いて GPS (etrex 20J: Garmin) で記録した。得られた位置情報をもとに Garmin BaseCamp (var. 4.1.2: Garmin) を用いて分布範囲の投影面積および傾斜方位を計測したのち、カシミール 3D (ver. 8.9.0) を用いて図化した。

聞き取り調査

カマエカズラ分布地におけるサルの集落周辺へ出没時期や出没場所の変化を明らかにするために、2014 年 5 月および 12 月にカマエカズラの分布している葛原浦地区の 20 名、波当津浦地区の 12 名、計 32 名に聞き取り調査を行った。対象者は調査地域に長く居住している年配の方とし、年齢は 58 歳から 87 歳であった。聞き取りは聞き取り者が直接対象者に対面して行った。サルに関する聞き取り項目は、サルを現在頻繁に目撃する場所、過去に頻繁に目撃した場所、過去から現在に変化した場合は目撃場所の変化が生じた時期の 3 項目とした。また、造林政策はサル以外の哺乳類にも影響を及ぼしていることが報告されているため (三浦, 1999)、サル以外の哺乳類についても、過去に目撃した哺乳類、以前に比べて現在の方が頻繁に集落周辺で目撃する哺乳類、頻繁に目撃するように変化した場合には目撃場所が変化した時期について聞き取りを行った。

文献調査

まず、サルが忌避すると考えられる針葉樹林面積の

図 2 調査地およびカマエカズラの分布。a は調査地の位置、b は葛原浦地区の分布および傾斜方位、c は 1970 年の葛原浦地区における分布および傾斜方位 [真柴 (1971) の図 1 および図 13 を改変]、d は波当津浦地区における分布および傾斜方位を示す。b ~ d の塗りつぶし部分はいずれもカマエカズラの分布および傾斜方位を示し、b ~ d 中のスケールバーは 100 m を示す。右側の円グラフはカマエカズラが生育していた斜面の方位を示す。

増減を明らかにするために、大分県および蒲江の人工針葉樹林面積および天然針葉樹林面積のデータを、平成2年版蒲江町統計書第1号（蒲江町総務企画課，1990）および、蒲江町史（蒲江町史編さん委員会，2005）を用いて整理した。ここで用いた蒲江のデータは、2005年に佐伯市に吸収合併される以前の旧蒲江町として整理されたデータである。1965年以前については、市町村単位で整理されたデータが残っていないため、大分県全域の傾向を参考値として使用した。集計時に当該年度のデータが欠損していた場合は、1年前あるいは1年後の数値を使用した。

次にサルの出没状況についての指標として、サルの捕獲数を整理した。これは、サルの分布域が森林から集落周辺に変化すると、農作物に被害が出たり、人への傷害が発生したりして人との軋轢が増すため、捕獲数が増加すると考えられたためである。捕獲数の推移には、狩猟統計（農林省，1923～1960）、および、鳥獣関係統計（林野庁，1961～1971；環境庁，1972～1998；環境省，1999～2005）を用いた。捕獲数のデータは、狩猟獣として扱われていた年は狩猟免許者による捕獲数及び有害鳥獣駆除を目的とした捕獲数を用い、それ以外の年では、有害鳥獣駆除を目的とする捕獲数及び特定鳥獣保護管理計画に基づく捕獲数を使用した。サルの捕獲データも、市町村単位で整理したデータしか残っていないため、大分県全域の傾向を参考値とした。集計する際はデータの無い年が連続することがあったことから、5年ごとに1年あたりの捕獲数を算出した。

サルを集落周辺に定着させる要因として、集落の過疎化、高齢化、農林業者の減少などが挙げられている（三戸・渡邊，1999）。この可能性について検討するために、平成2年版蒲江町統計書第1号（蒲江町総務企画課，1990）および大分県統計年鑑（大分県，1965～2005）を用いて蒲江の総人口および農林業者人口の動態を調査した。

結果

カマエカズラの分布

カマエカズラの分布域は葛原浦で6地点計12.6 ha（図2b）、波当津浦で3地点計1.8 ha（図2d）であり、すべての場所で果実を確認できた。最も面積が広がったのは大分県指定天然記念物区域を含むKD地点で、5.1 haであった。葛原浦における分布を1970年の分布と比較すると、KT1とKHが新たな分布地となっていた（図2b, c）。

真柴（1971）の分布図（図2c）では地点とおおまかな分布域しか記されていないため、面積の増減について正確な比較はできなかったが、分布図を見る限り面積は明らかに拡大していた。KT2では面積が縮小しているが、

この地点は本研究の調査時点に崖崩れにより地面がむき出しになっており、最近自然災害によって植生が破壊されたと考えられる。波当津浦は葛原浦に比べ、分布面積が狭く地点数も少なかった。後述の波当津浦で行った聞き取り調査では1970年代に既に分布していたことになるが、真柴（1971）では未調査であったため、分布地点数や面積について増減の比較はできなかった。傾斜方位は、葛原浦では北東から北西にかけてと様々な方位の斜面に広がっていたが、北向きの斜面だけには、生育していなかった（図2b）。波当津浦では、東から西南西まで広がっており（図2d）、南向きの斜面に分布する傾向が強かった。真柴（1971）による1970年代の分布方位と比較すると、葛原浦ではKT1地点が新たな分布地となったことやKD地点が拡大したことで、北西から北東の方向にも拡大していた（図2b, c）。

聞き取り情報

聞き取り調査を行った葛原浦および波当津浦の両地域で、すべての人が、少なくともその人が幼少期のころにはサルが頻繁に集落に出没することはなかったが、その後、集落に頻繁に出没するようになったと回答した。目撃場所については、集落で目撃されるようになる以前は林道や山中であったが、集落周辺で目撃が増加した後は、自宅の周辺や田畑が圧倒的に多く、以前は見られなかった海岸でも見られるようになったとのことであった（表1）。

これらの他に、葛原浦ではカキやクリの果実を採餌するために山から集落周辺に出没したという証言が複数得られた。また、波当津浦では、過去に存在していたみかん畑で、果実が実る時期になると頻繁に目撃したという証言が複数あった。両地域とも、果実が実る秋に出没するということであった。頻繁に出没するようになった時期については両地域で若干異なっており、葛原浦では1985～1995年くらいと回答した人が65%（n=20）で最も多かったのに対し、波当津浦では1975～1985年と回答した人が73%（n=11）で最も多かった（図3a）。

一方、サル以外の哺乳類について聞き取りを行ったところ、目撃したことがある哺乳類として8種が挙げられた（表2）。

表1 過去と現在のサルの目撃場所（複数回答）。数値は有効回答者に占める割合（%）を示す。

	自宅周辺	集落の田畑	林道	山中	海岸
葛原浦 (n=20)					
以前のサルの目撃場所	5	25	95	90	0
現在の目撃場所	100	100	30	0	10
波当津浦 (n=9)					
以前のサルの目撃場所	0	11	100	100	0
現在の目撃場所	89	100	0	33	11

図3 集落における哺乳類の目撃が多くなった時期。aはニホンザルが葛原浦と波当津浦でそれぞれ頻繁に目撃されるようになった時期、bはキュウシュウジカが葛原浦と波当津浦でそれぞれ頻繁に目撃されるようになった時期を示す。

表2 ニホンザル以外に以前から目撃されていた野生哺乳類

和名	証言者数の割合(%, n=29)
ニホンイノシシ	100
キュウシュウジカ	83
ニホンテン	28
ニホンイタチ	3
タヌキ	7
ニホンアナグマ	3
ムササビ	7
ニホンノウサギ	3

ニホンイノシシ *Sus scrofa leucomystax* (以下、イノシシ) については、住民が交代で追い払いをしていたという証言も得られた。また、テンについてはニワトリを襲われたことがあるという証言が得られ、ムササビ *Petaurista leucogenys* については家の小屋に巣穴を空けられたという証言が得られており、人間活動に何らかの影響を及ぼした種が、以前から生息していた種として記憶されている傾向があった。

サル以外の哺乳類で、サル同様に以前は集落に出てくることは稀であったが、現在では集落に頻繁に出現するようになった種としてキュウシュウジカ *Cervus nippon nippon* (以下、シカ) とイノシシが挙げられた。特にシカによる農林業被害が深刻であるという回答が多かった。そこで、シカが出没するようになった時期について聞き取りを行ったところ、両地域とも1985～1995年くらいと回答する人が葛原浦で80%、波当津浦で45%と最も多かったが、1975～1985年くらいと回答する人も葛原浦で15%、波当津浦で18%あった(図3b)。

針葉樹林面積、捕獲数、人口の推移

大分県における針葉樹林面積は1950年から1985年にかけて増加傾向であり、特に1955年から1960年にかけては、その面積が急激に増加した(図4a)。

また、1955年には針葉樹林面積に占める人工針葉樹林の割合は9%であったが、1960年はその割合が94%となり、大幅に人工針葉樹林の割合が大きくなった。

蒲江の針葉樹林面積についての統計資料は1966年からしか残っていない。1966年以降では、1960年代から1980年にかけて増加した(図4b)。しかし、その後は針葉樹林面積の増加は見られなかった。人工針葉樹林と天然針葉樹林の割合は、大分県全体の傾向と同様、1965年以降については、約90%が人工針葉樹林であった。しかし、1965年以前の状況については資料がなく不明であった。

大分県におけるサルの捕獲頭数は、1945年から55年には0頭であった(図4a)。ところが、1960年から捕獲が確認され、1970年には年平均捕獲数が50頭を超えるまで増加した。その後、1985年には年平均捕獲数が100頭を超え、現在では年間300頭以上捕獲される年もある。

蒲江の人口は1950年代に最も多かった。しかし、1960年から、人口は減少しはじめ、1975年には戦前の

図4 針葉樹林面積、ニホンザル捕獲数、人口の推移。aは大分県における針葉樹林面積とサルの捕獲数の推移を示し、bは蒲江における針葉樹林面積と人口の推移を示した。針葉樹林面積は『平成2年版蒲江町統計書第1号(蒲江町総務企画課：1990)』、人口は『蒲江町史(蒲江町史編さん委員会：2005)』、サルの捕獲数は『狩猟統計および鳥獣関係統計(農林省：1950-1960, 林野庁：1961-1971, 環境庁：1972-1998, 環境省：1999-2005)』より作図した。針葉樹林面積は『公・私有林における林木の生産を目的とする林地面積』の値を用いた。

人口を下回った。その後、現在に至るまで人口の減少は続いている（図 4b）。また、人口の減少と並行して、農林業者人口も減少しており、1965 年には 2000 人近くあった農林業者人口も、2005 年には約 10 分の 1 まで減少した（図 4b）。

考察

ニホンザルの集落周辺への出沒

長岡（1995）が大分県北部の耶馬溪で行った調査では、1960 年代まではサルを目撃数自体が少なく、目撃場所も林道や山奥であったのに対し、1970 年代以降は目撃数が増加し、目撃場所も人里や集落周辺が大部分を占めていた。また、1970 年代から大分県でサルの捕獲数が増加しはじめており、1985 年以降は年平均 100 頭以上捕獲されていた。つまり、集落周辺におけるサルの目撃数が増加した時期と捕獲数が増加しはじめた時期はおおよそ一致する。葛原浦や波当津浦においても、1960 年代以前は集落周辺でのサルの目撃数は少なく、1970 年代以降に波当津浦、1980 年代以降に葛原浦で目撃されるようになっていた。このことから、蒲江においてサルが集落周辺に出沒するようになった時期は、大分県全域における傾向と同様、1970 年代後半からである可能性が高い。また、1980 年代からは全国的にニホンジカによる被害が出始めた時期である（三浦、1999）。葛原浦や波当津浦でも多くの人が 1980 年代からシカを集落周辺で頻繁に目撃し、農林業被害が出るようになったと証言しており、シカの被害が発生し始めた時期についても全国的に被害が報告され始めた時期とおおよそ一致していると考えられる。

長岡（1993, 1996）は大分県において行われた造林政策による針葉樹林の増加によって、サルによる県内の農業被害が増加したこと指摘している。ところが、サルが忌避するとされる針葉樹林面積は 1955 年ごろから増加傾向である一方、サルの捕獲数の増加は針葉樹林面積が急激に増加した 1960 年から約 10 年後の 1970 年頃から起こっていた。これは、サルが新たに人工針葉樹林に変化した地域から移動するまでには一定の時間がかかっていたことを示している。伊藤ら（1993）は、この理由として、育林に多くの人手を必要とする伐採後 10 年までは人が集落に多く入りこむためサルが集落に出沒しにくい状況が作られるという人為的な影響と、伐採地に植樹された直後は幼樹であるため、林床部分が草本類や灌木類に覆われた場合にはサルに有利になるという環境の影響の可能性を指摘している。後者の場合は、林木が生長し、サルの餌とならない針葉樹林になるとサルの群れが伐採地を忌避することになり、それに至るまでに一定のタイムラグが生じるということである。本研究や長岡（1995）でも、サルの集落周

辺での目撃の増加は 1970 年代以降であることから、大分県でも伐採あるいは植林後、10 年程度経ってからサルが集落周辺に出沒するようになったと考えられる。これらのことを加味すると、大分県内の多くの地域で造林政策による針葉樹林の増加がサルの分布域の移動のきっかけとなっていたと考えるのは妥当である。また、拡大造林政策の影響を受けたと考えられているシカの場合でも、集落周辺への出沒時期は造林が積極的に行われた時期から 10 年以上遅れていたため、集落に出沒するまでのタイムラグはサルだけにみられる現象ではないかもしれない。

大分県の傾向をふまえて、蒲江におけるサルの集落周辺への出沒過程を考察する。まず、長谷部言人の資料を整理した天笠・伊藤（1978）の分布図や本研究における証言から、カマエカズラの分布地周辺は 1920 年代からサルが生息していた地域であったといえる。三浦（1999）は、戦前は集落から近い地域が伐採対象になっていたと述べており、蒲江でも戦前は林木の伐採は集落周辺で行われていたと思われる。ただし、蒲江では炭焼きも盛んに行われていたことから、必ずしも針葉樹が植樹されたわけではないと考えられる。しかし、炭焼きを行うことに伴うサルの追い払い効果もあり、1950 年以前はサルの主な生息地は本来の生息適地である広葉樹林が残る山地部であったと考えられる。

大分県全体の造林政策の進行の傾向と蒲江における傾向が同じであるとすれば、1950 年代からの造林政策により、山地部の広葉樹林が伐採され針葉樹林となっていたと考えられる。しかし、聞き取り調査の結果から、集落周辺で頻繁に目撃されるようになったのは、葛原浦では 1985～1995 年くらい、波当津浦では 1975～1985 年くらいであった。そのため、造林事業の実施直後にサルの群れが造林地から大きく移動したわけではなく、針葉樹林が十分に生長した後に移動したと考えられる。

集落周辺でサルの目撃が増加した要因として、サルが集落周辺に定着したことが考えられるが、三戸・渡邊（1999）は人口の減少、それに伴う農林業者人口の減少や高齢化、その結果としての追い払いを行う人の減少をその要因に挙げている。本研究で対象とした両地域においても三戸・渡邊（1999）の指摘する要因を全て満たしており、サルの集落周辺への出沒を阻止できなかったことが、サルが集落周辺に定着した要因と考えられる。

畑などで容易に採餌できることを学習したサルの群れは集落周辺に留まるようになる（三戸・渡邊、1999）。蒲江でもこのように集落周辺に定着したと考えられる。現在の波当津浦や葛原浦は、水田や野菜などの畑が集落周辺に広がっており、背後は山地である。この環境は、田畑と森林が隣接しているという点でサルが農作物に

害を与えやすい条件である（望月ら，2009）。現在も過疎の状態が続いていることも、集落への出沒が続いている要因であると考えられる。

ところで、聞き取り調査の結果から、葛原浦においてサルが頻繁に集落周辺に出沒するようになったのは1985～1995年くらいなのに対し、波当津浦では1975～1985年くらいであり、隣り合う集落にもかかわらずサルの出沒時期には地域差があった。これは、波当津浦では集落周辺の山地部でみかんの栽培をしていたためサルを誘引していた可能性があることと、もともとサルの群れが近くにいたためであることが考えられる。逆に、葛原浦では、以前はサルの群れが集落周辺あるいは近くの山中にも定住していなかったことで、波当津浦より集落内で目撃され始めた時期が遅れたと考えられる。

カマエカズラの裂開者獲得

現在の蒲江においてカマエカズラの送粉過程において重要な役割を果たしているのはサルである（Kobayashi *et al.*, 2014）。ここでは、サルの分布域の変化によって、カマエカズラが裂開者としてサルを獲得し、繁殖に成功するまでの過程を推察するが、その前にカマエカズラがまだ定着から日が浅く、十分に成熟していなかったためではないかという可能性について検討しておく必要がある。これは、本種が九州では蒲江のみに分布しているためである。本種が蒲江のみに分布している理由としては、もともと古くから広く分布していたものが蒲江に遺存個体群として残っている可能性、種子が海流散布によって偶然蒲江に漂着した可能性、人為的に持ち込まれた可能性が考えられている（真柴，1971；中西，1994）。しかし、生育地の集落名には江戸時代から葛原浦が用いられており、地名の由来がカマエカズラであるとされていることから（角川日本地名大辞典編纂委員会，1980），少なくとも江戸時代には葛原浦ではカマエカズラが集落周辺に分布していたと考えられる。つまり、蒲江では少なくとも150年以上前から生育していることになる。真柴（1971）は50年以上前から花は咲いていたにもかかわらず結実していなかったということを示しているが、本研究で1970年に比べて拡大した分布域でも結実が確認されていたことから、150年以上前から分布していた本地域において、生育が不十分であったために結実していなかったということは考えにくい。

葛原浦でカマエカズラの結実が観察されるようになったのは1980年代以降とされている（真柴，2007）。本研究ではこれが、サルの分布拡大と関連しているという仮定のもとに検証を行った。聞き取り調査の結果から、1980年代以降にサルが集落周辺に定着したと考えられ、カマエカズラが結実するようになった時期と

一致する。天笠・伊藤（1978）や本研究の結果からはサルが調査地周辺に全く分布していなかったわけではなかったと考えられるが、集落周辺で目撃されるのは主に秋であった。カマエカズラの花期は5月にピークがあり（Kobayashi, 2013），以前からサルが集落周辺に出沒していた時期とは一致しない。そのため、サルが集落周辺に定着する以前はサルとカマエカズラの花が出会うことがない状態であった可能性が高い。1980年代以降サルが集落周辺に定着すると、サルとカマエカズラの花が接触する機会が増加したと考えられる。以上からカマエカズラがサルを裂開者として獲得したプロセスを整理すると、1950～1960年代に積極的に行われた拡大造林政策による針葉樹林面積の増加をきっかけにサルの分布域が変化し始め、1970～80年代に人口減少と高齢化が進んだことでサルが集落周辺に定着し、定着したのと同時に集落周辺で開花しており、多量の蜜を分泌するカマエカズラをサルが餌として認識し、花を裂開するようになったと考えられる。

一方、蒲江におけるもう1種の裂開者であるテンについては、集落周辺に以前から生息していたという意見が複数得られた。そのため、拡大造林などの影響の有無にかかわらず裂開を行っていた可能性がある。それにも関わらず、1980年代まで結実がみられなかったことは、Kobayashi *et al.*（2014）が指摘しているように、テンによる花の裂開数は少なく、裂開者あるいは送粉者としてのカマエカズラの繁殖への貢献度が低いということをサポートしている。

本種の分布域は、真柴（1971）による調査時に比べ拡大しており、尾根を越えていたり北向き斜面方向に分布域が広がったりしていた。分布域が拡大した要因として、林業者の減少により蔓刈りがなくなったことなども考えられるが、本種が裂開者を獲得し送粉を成功させ結実するようになったことで、栄養繁殖のみではなく種子散布も行うようになったことが要因の1つと考えられる。種子散布の方法については現在のところ明らかになっておらず、今後の課題である。

これまで、人間活動による野生生物への影響は、野生生物の保全や森林の管理など野生生物と人間の関係という観点から議論されてきた。しかし、本研究で示したように拡大造林が群集内の種間関係に対して間接的に影響を与えることがあることもあり得る。ただし、本研究では、調査地の造林以前から近年までの局所的な森林の変遷のデータが残っていなかったことやサルの分布の変化がアンケートに頼らざるを得なかったことなどいくつかの問題点があり、拡大造林の間接的な影響の定量的評価には至らなかった。拡大造林の間接的な動植物への影響を詳細に検討するためには、森林の変遷や対象とする動物種の分布や行動の変遷について長期的なデータの蓄積が必要であり、検討にあつ

ては、影響の種類ばかりでなく、造林時期と影響の発現の間のタイムラグや分布の変化に長い時間がかかる植物と短期的に分布を変化させる（移動も含む）ことのできる動物との空間スケールの違いなども考慮することが必要であると考ええる。

謝辞

本研究にあたり、河野淳一氏には現地での情報提供および調査の援助をしていただいた。佐伯市波当津浦地区、葛原浦地区、丸一尾浦各地区の方には、調査に協力していただいた。大分県および佐伯市の各行政機関には天然記念物および国定公園内における調査許可をいただいた。（財）自然環境研究センターの中島絵里氏および滝口正明氏には文献の収集にご協力いただいた。2名の匿名の査読者と編集者には、本稿に対し有益な助言を多数いただいた。以上の方々に深く感謝し上げる。本研究の一部は、JSPS 科研費（特別研究員奨励費：25・114）、琉球大学国際サング礁研究教育ハブ形成プロジェクト、および2012年度富士フィルム・グリーンファンドの助成を受けて行われた。

引用文献

- 天笠敏文、伊藤仁子 1978: 大正時代のニホンザルの分布—長谷部アンケート調査による—。にほんざる 4: 96-106.
- Baker HG 1970: Two cases of bat pollination in Central America. *Rev Biol Trop* 17: 187-197.
- Furuichi T, Takasaki H, Sprague DS 1982: Winter range utilization of a Japanese macaque troop in a snowy habitat. *Folia Primatol* 37: 77-94.
- Fægri K, van der Pijl L 1979: *The Principles of Pollination Ecology*. Third revised edition. Pergamon Press, Oxford.
- 船越昭治 1960: 日本林業発達史。地球出版、東京。
- Imaki H, Koganezawa M, Maruyama N 2006: Habitat selection and forest edge use by Japanese monkeys in the Nikko and Imaichi area, central Honshu, Japan. *Biosphere Conserv* 7: 87-96.
- 伊藤栄一、奥村宣禎、川島真理子 1993: 「猿害」を通してみた山村経済の変貌。岐阜大学農学部研究報告 58: 17-26.
- 角川日本地名大辞典編纂委員会 編 1980: 角川日本地名大辞典 44 大分県。角川書店、東京。
- 蒲江町史編さん委員会 2005: 蒲江町史。蒲江町、大分。
- 蒲江町総務企画課 編 1990: 平成2年版蒲江町統計書第1号。蒲江町、大分。
- 環境庁 1972～1998: 鳥獣関係統計。環境庁、東京。
- 環境省 1999～2005: 鳥獣関係統計。環境省、東京。
- Kobayashi S 2013: Interaction between *Mucuna macrocarpa* (Leguminosae) and mammals in Kamae, Oita, Japan -Appearance of alternative pollination partners-. Master's Thesis, University of the Ryukyus.
- Kobayashi S, Denda T, Mashiba S, Iwamoto T, Doi T, Izawa M 2014: Pollination partners of *Mucuna macrocarpa* (Fabaceae) at the northern limit of its range. *Plant Species Biol* doi: 10.1111/1442-1984.12065
- 真柴茂彦 1971: カマエカブラを探る。採集と飼育 33: 214-219.
- 真柴茂彦 2007: 県南地域の希産種について。大分県の植物—大分県植物研究会会報— (17): 21-24.
- 三戸幸久、渡邊邦夫 1999: 人とサル社会史。東海大学出版、東京。
- 三浦慎悟 1999: 野生動物の生態と農林業被害 共存の論理を求めて。全国林業改良普及協会、東京。
- 望月翔太、村上拓彦、芝原知 2009: 樹林コリドーがニホンザルの農作物被害に与える影響。景観生態学 14: 109-118.
- 室山泰之、鳥居春己、前川慎吾 1999: 近畿地方における野生ニホンザルの分布と保護・管理の現状。ワイルドライフ・フォーラム 5: 1-15.
- 長岡寿和 1993: 過去の林業政策の資料からみたニホンザルの生息環境の変化について。霊長類研究所年報 23: 86-87.
- 長岡寿和 1995: 大分県のニホンザルの生息分布および生息地の環境変化と猿害。霊長類研究所年報 25: 112.
- 長岡寿和 1996: 大分県のニホンザルの生息分布および生息地の環境変化と猿害。霊長類研究所年報 26: 75.
- 中西弘樹 1994: 種子はひろがる 種子散布の生態学。平凡社、東京。
- 農林省 1923～1960: 狩猟統計。農林省、東京。
- 大分県 1965～2005: 大分県統計年鑑。大分県、大分。
- 大分県 2001: レッドデータブックおおい—大分県の絶滅のおそれのある野生生物—。大分県生活環境部生活環境課、大分。
- 太田嘉四夫、阿部永、小林恒明、藤巻裕蔵、樋口輔三郎、五十嵐文吉、桑畑勤、前田満、前田明一、高安知彦 1977: 野ネズミ類の群集生物学的研究。北海道大学農学部演習林研究報告 34: 119-159.
- 大内幸雄 1987: 拡大造林政策の歴史的展開過程。林業経済研究 111: 3-11.
- 林野庁 1961～1971: 鳥獣関係統計。林野庁、東京。
- Shimano K, Yatake H, Nashimoto M, Shiraki S, Matsuki R 2006: Habitat availability and density estimations for the Japanese hare by fecal pellet counting. *J Wild Manage* 70: 1650-1658.
- Solomon Raju AJ, Purnachandra Rao S 2006: Explosive pollen release and pollination as a function of nectar-feeding activity of certain bees in the biodiesel plant, *Pongamia pinnata* (L.) Pierre (Fabaceae). *Curr Sci* 90: 960-967.
- Tateishi Y, Ohashi H 1981: Eastern Asiatic species of *Mucuna* (Leguminosae). *J Plant Res* 94: 91-105.
- Toyama C, Kobayashi S, Denda T, Nakamoto A, Izawa M 2012: Feeding behavior of the Orii's flying-fox, *Pteropus dasymallus inopinatus*, on *Mucuna macrocarpa* and related explosive opening of petals, on Okinawajima Island in the Ryukyu Archipelago, Japan. *Mamm Study* 37: 205-212.
- van der Pijl L 1941: Flagelliflory and cauliflory as adaptations to bats in *Mucuna* and other plants. *Ann Bot Gard Buitenzorg* 51: 83-93.
- 和田一雄 2008: ニホンザル保全学 猿害の根本的解決に向けて。農山漁村文化協会、東京。
- Willmer P 2011: *Pollination and Floral Ecology*. Princeton University Press, New Jersey.
- 吉田洋、林進、堀内みどり、坪田敏男、村瀬哲磨、岡野司、佐藤美穂、山本かおり 2002: ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) によるクマハギの発生原因の検討。哺乳類科学 42: 35-43.

Summary

Appearance of New Relationship between *Mucuna macrocarpa* (Fabaceae) and Japanese Macaque as Pollination Partner: Indirect Effect of Afforestation Policy

Shun KOBAYASHI^{1), 2)}, Masako IZAWA³⁾, Tetsuo DENDA³⁾, Shigehiko MASHIBA⁴⁾,
Teruo DOI⁵⁾, Toshitaka IWAMOTO⁶⁾

¹⁾ Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus

²⁾ Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

³⁾ Faculty of Science, University of the Ryukyus

⁴⁾ Saiki City, Oita Prefecture

⁵⁾ Fukuoka City, Fukuoka Prefecture

⁶⁾ Faculty of Education and Culture, University of Miyazaki

Mucuna macrocarpa (Fabaceae) is a vine plant that is distributed mainly in tropical and subtropical areas, as well as in a limited region around a village in Kamae within Kyushu, Japan, although no seeds were observed in this region until the late 1970s. This species requires a pollination partner for seed setting, which was recently found to be the Japanese macaque (*Macaca fuscata*) in Kamae. We hypothesized that the recent seed setting observed is related to the change in the distribution of the Japanese macaque in recent years as a result of the afforestation policy introduced in the 1950s-1960s. The changes in afforestation activity, distribution of the Japanese macaque, and human population dynamics were investigated. Interviews with villagers revealed that Japanese macaques had seldom appeared in or near the village until the 1960s, but have frequently been observed within the village since the 1970s-1980s, which corresponds to the same period of time when the appearance of *M. macrocarpa* seeds was first noted. Depopulation and the decrease in farmers and foresters that occurred at the same time as afforestation might have enabled macaques to enter and settle in the village. One reason for the 10-year time lag between the first appearance of Japanese macaques and afforestation could be that the macaques only began to move out of the forest once the conifer forest had grown to a certain level. These results suggest that the afforestation caused a change in the distribution of Japanese macaques, allowing them to exploit *M. macrocarpa* flowers as a new food item. Consequently, afforestation might have indirectly caused seed setting of *M. macrocarpa* in Kamae.

Key words: afforestation policy, explosive opening, *Macaca fuscata*, *Mucuna macrocarpa*, pollination

小林 峻 琉球大学大学院理工学研究科
〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1

Shun KOBAYASHI Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, Senbaru 1, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan
e-mail: cheirotonus.jambar@gmail.com