

## アフリカ熱帯林における野生生物保全を目指した 日本国内における戦略構築と教育普及

野生生物保全協会 WCS(Wildlife Conservation Society)コンゴ共和国  
西原智昭

日本においてアフリカの自然環境や野生生物保全に関する問題はあまり認識されていないが、日本人も深く関わっている問題が多い。本プロジェクトでは、アフリカ熱帯林の地における野生生物とその生息環境の保全に日本人として貢献できる仕組みを探ることを目指した。講演や勉強会などを通して、アフリカ熱帯林に生息するマルミミゾウの象牙が日本の象牙業界で歴史的に最も好まれてきた中、特に三味線の撥等の素材として日本の邦楽業界では不可欠である点を強調、マルミミゾウという自然遺産と邦楽やそれと関わる伝統芸能など日本の文化遺産とのバランスを問い続けた。解決策の一つとして、マルミミゾウの象牙と同じ性質を持つ新素材の開発に至った経緯や現況も伝えた。ヨウムに関しては、日本を含む世界中からのペット需要により生息数が激減したこと、飼育下繁殖がいまだ困難であること、新たな管理制度が確実に施行されるまではペットとしての売買取引を抑制すべき旨を伝えた。同時に、ヨウム保全を促すためのチラシも作成した上、クラウドファンディングも立ち上げ、コンゴ共和国現地で密猟者から押収後のヨウムの野生復帰プロジェクトを推進してきた。さらに、そうした野生生物の生息環境である森林保全の重要性についても問いかけ、フォトブック作成を通じて FSC 認証制度の理解を深めるイベントも実行した。

キーワード：マルミミゾウ、象牙、ヨウム、ペット、森林、コンゴ共和国

### 1. はじめに

昨今インターネットなどで多岐にわたる様々な情報が溢れているにも関わらず、アフリカ中央部熱帯林地域の自然環境や生物多様性に関しては、日本ではまだあまり知られていない。それがいま危機に陥っていること、そのことに日本人が大きく関わっている事情がある点などを知る人は数少ない。日本人には、古来より、日本列島における自然環境や身近な野生生物を尊重しめるといった習慣や伝統が根付いている一方で、自然環境や野生生物に関して、国外で起こっている事情については疎いのである。

このプロジェクトでは、特に日本人と関わりの深いマルミミゾウ (*Loxodonta africana*

*cycotis*) (象牙利用による) やヨウム (*Psittacus erithacus*) (ペットとしての需要による) など生存危機に直面している野生生物種の保全および、野生生物の生息環境である森林の保全 (特に熱帯材輸入とその利用に関して) に関するテーマを取り扱った。これは次のような危急的な理由のためである。現在コンゴ共和国では、象牙・ヨウムともに現地取引価格が現在以前の4-5倍まで高騰している中(2016年12月現在、現地末端価格で象牙1kgあたり約20,000円; ヨウム一羽あたり約10,000円)、国際社会が象牙国際取引を停止し象牙国内市場をも閉鎖の方向で進んでいるのにも関わらず、日本政府はそうではない; 附属書Iに掲載されたヨウムの国

内取引管理がまだまだ十全でない；森林産物の持続的利用を目指すためのFSC 認証制度の普及が遅れ、それを旨とする企業や生産物も少なく、消費者への流通も遅れている。

本プロジェクトでは自然環境や野生生物保全につながる活動を具体的に指南していく戦略を構築し教育普及を実施していった。

## II. 手法

報告者は、申請団体 WCS のもと一年のうち約 8 ヶ月をコンゴ共和国のヌアバレ・ンドキ国立公園とその周辺域（図 1）現地にて、自然環境保全技術顧問として野生生物保全に従事している。残りの約 4 ヶ月（主に、2017 年 7 月・10 月・11 月、2018 年 3 月）は基本的には日本に滞在し、教育普及目的として、一般向け・学生向けなどへの講演会や勉強会を実施した。特に動物園・水族館での講演の機会を多くした。園館の役割として保全教育の推進が言われて久しいが、いまだ園館側もエンターテインメント中心であり、適切な保全教育が実施されていない現状にあるからである。結果的に来園館者側にも展示されている生き物を学ぶ姿勢が生まれていない（西原ほか 2006）。報告者は園館関係者とは長年に渡る広い人脈があり、かつそれらを統括する JAZA（日本動物園水族館協会 Japanese Association of Zoos and Aquariums）の生物多様性委員会とも強いつながりがあるため、動物園・水族館における保全教育趣旨の講演活動の実施継続へ向けての素地はできていた。これまで東京近郊、東北地方、北海道などでの動物園で講演を実施してきたが、本プロジェクトでは九州・中国・四国など西日本あるいは近畿、東海・甲信越など中部日本の動物園にも幅を広げていき、情報流布と共有の範囲を拡大した。

一方これまで、1) マルミミゾウ由来のハー

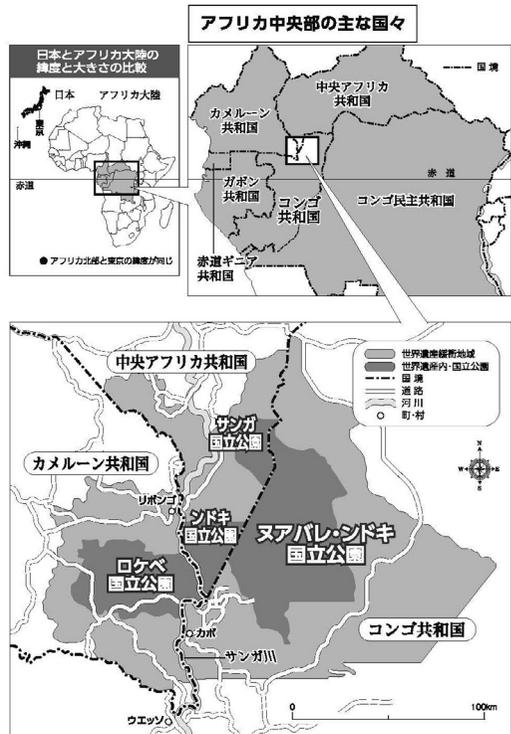


図 1 コンゴ共和国およびヌアバレ・ンドキ国立公園とその周辺域(c)現代書館

ド材象牙への歴史的に根強い需要のある邦楽業界（演奏者、研究者、楽器商など）及び象牙に代替し得る新素材製作に関わる材料科学の研究者との連携による新素材開発を目指してきている、2) ヨウムの売買や管理に詳しい日本の鳥類関係の NGO とも良好な関係を作ってきた、3) FSC 認証制度に関わる組織や日本で FSC 認証林を实践あるいは FSC 認証木材を利用する企業との関係を構築してきた、4) 情報発信の場としてのメディア、国としての方針を議論する場である関連省庁、そして報告者の日本での活動のベースとなり理事を務める NPO 法人アフリカ日本協議会との関係も強化してきた。必要に応じて、関係民間組織との対話や関連省庁との会合なども行なった。

報告者によるアフリカでの活動資金は WCS によりカバーされるが、本プロジェクトでは、

プロジェクトの内容に関わる国内における交通費や宿泊費を予算に計上した。

### III. マルミミゾウの保全

WCSの広域調査により、マルミミゾウ(図2)の生息数は過去10年間で60%以上減少、絶滅の危機に瀕している(Maisels et al. 2013)(図3)。これは、象牙目的の密猟が絶えないからである。ただ日本人としてこれは遠い出来事ではなく、歴史的に日本での象牙利用ではマルミミゾウの象牙が「ハード材」と呼ばれ重宝されてきた素材だったということを知らなければならない。それは、印章にも、三味線の撥(図4)や箏の爪など邦楽器の一部にも使われてきた。特に、邦楽の分野では優れた音へのこだわりから、いまだにその素材への固執が強い(西原ほか2010; 西原による翻訳2012a; Nishihara 2012b; 西原2013; 西原2014a; 西原2014b; 西原2015c; 西原2016b)。

本プロジェクトでの教育普及活動では、合計12回に渡り、主にこうした事実をまず多くの人に知らせてきた。一方で、マルミミゾウという地球上の自然遺産の保護と、邦楽とそれをベースとする歌舞伎や浄瑠璃等の文化遺産の継続との間に横たわる溝とバランスをどのようにすべきか、日本人一人ひとりが考えるべきことだと強調した。同時に、本象牙から最終象牙商品までの透明性が欠如している、象牙製品のネット販売に対する厳しい管理ができていないなど、象牙管理に関わる日本国内の制度にはいまだ不完全さがあることも説明し、その制度の抜本的な改善がなされない限り、象牙製品の購入は控えるべき旨は広く通達してきた。同時に報告者は、象牙管理制度を担う環境省・経産省との対話は継続し、その改善を強く提唱している。

その一方、報告者は、邦楽の演奏者や邦楽の



図2 野生のマルミミゾウの群れ(c)伊藤彩子

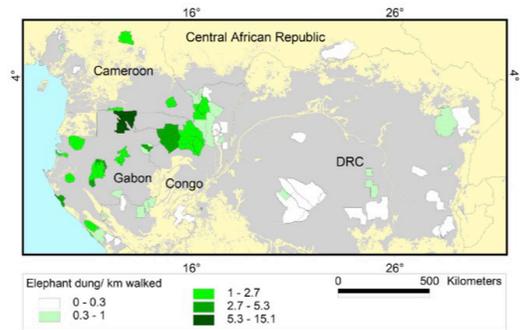


図3 マルミミゾウの生息分布(c)F. Maisels et al. 緑の濃い部分ほど糞の発見頻度が高い、つまり生息密度が高いことを示す。



図4 三味線の象牙製撥(c)PIXTA

楽器を制作する楽器商，邦楽・伝統芸能関係のメディアと学者，さらに素材関係の科学者と2014年以來連携を組み，2016年に任意団体「和楽器の未来を創る研究会」を立ち上げ，マルミミゾウの保全と邦楽演奏という文化遺産の継承をともに可能にするために，分野を超えた議論を通じて，象牙に代わる新素材の開発を手がけてきた。当面は，名古屋大学の素材科学研究室において，実験室レベルで，マルミミゾウの象牙と同じ「硬さ」「吸湿性」という特殊な性質を持つ素材の開発が継続中である。2018年3月段階では，かなり求めるべき素材（図5）に近い小さなブロック（直径約8cm）が完成し始めている。

今後の課題としては次の点が挙げられる。1) 楽器商との協力で，現時点で出来上がっている素材を使って撥の先端や箏の爪を作り，プロの演奏家に実演をしてもらいその感触を検討してもらいつつ，さらなる新素材の品質改善を目指す（図6）；2) さらに大きなブロックの作成には，大掛かりな装置や資金の必要性からしても素材関係の企業との連携が不可欠となるため，協力可能な企業を探していく；3) 日本の伝統芸能と関わる問題であるため文化庁に繰り返し陳情し，文部科学省や環境省，経産省との連携で，新素材開発を国家プロジェクトとして立ち上げるよう継続要請する；4) 新素材の流通を広めていくため，マルミミゾウの象牙がバイオリン

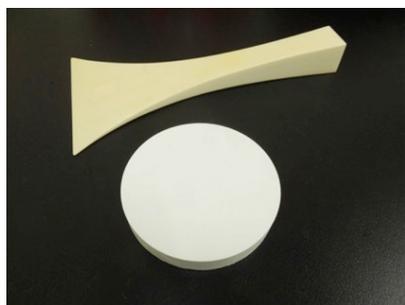


図5 直径8 cmの新素材(©名古屋大学)



図6 新素材を彫る楽器商職人(©名古屋大学)

やピアノの鍵盤など楽器の一部に使われてきた洋楽器部門や，素材としての汎用も可能な印章業界にも働きかけていく；5) こうした事情をさらに多くの人に広めていくために，教育普及の機会を増やしていくなどがあげられる。

#### IV. ヨウムの保全

アフリカ中央部熱帯林地域に生息するヨウム（図7）は，日本を含むヨウムのペットとしての国際的需要の高まりにより，近年大掛かりな違法捕獲と国際違法取引が蔓延してきたため，その生息数は大幅に減少した（Maisels and Strindberg 2016）（図8）。これは，現在に至るまで飼育下繁殖の手法が完全に成功していないため，ペット需要に見合うだけの数を賄えてこなかったためである。また，野生のヨウムの捕獲後は致死率が高く，これもヨウム生息数に大きなダメージを与えてきた（西原 2016c；西原 2017a）。

ヨウム生息国の中で生息数が比較的高いコンゴ共和国では，2011年より違法捕獲（図9）が



図7 野生のヨウム(c)African Parks



図9 密猟者に捕獲されたヨウム(c)西原智昭

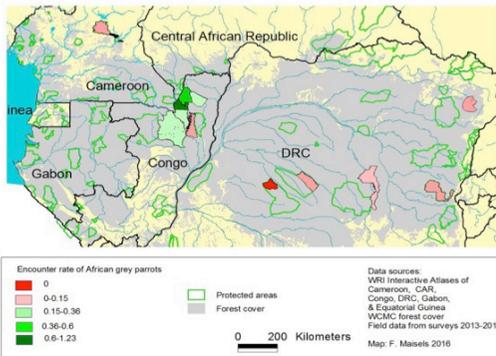


図8 ヨウムの生息分布図(c)F. Maisels and S. Strindberg. 緑の濃い部分ほど糞の発見頻度が高い、つまり生息密度が高いことを示す。

目立つようになり、そのパトロールを強化、密猟者の摘発と捕獲ヨウムの押収を試みてきた。押収されたヨウムは、WCSに所属する獣医の手当のもと、可能な限り野生復帰を目指してきた。

野生ヨウムの絶滅への危惧から、2016年のワシントン条約において、ヨウムは附属書Iに格上げされ、すべての野生ヨウムの国際商取引は禁止されることになった。しかしながら、それに伴いヨウムの単価は上昇し、引き続きコンゴ共和国現地ではヨウムの密猟が頻繁に起こってきている現状である。

ヨウムのペット需要の高い日本(図10)でも、より多くの日本人に野生ヨウムのことを知ってもらい、その危機と保全を訴えたチラシを15,000部作った。日本動物園水族館協会の奨励で、毎年6月15日前後に「オウム・インコ類」



図10 飼育されているヨウム(c)西原智昭

を保有している園にて実施される「オウム・インコの日」に合わせ、全国の動物園に、ヨウム保全のためのキャンペーンを要請した。そのうち要望のあった28園にチラシを配布、そのうち18園から成果報告書をいただいた。その他合計19の団体(大学や専門学校、NGO、サークルなど)や個人あてにチラシを配布し、ヨウムの保全の重要性に関するメッセージを流布した。

ワシントン条約の附属書Ⅰ決議を反映してヨウム需要のある各国に対し、今後野生ヨウムが市場に混在しないための新たな管理制度が要請された。日本では、環境省と経産省が関わる「種の保存法」の中で、管理システムの改善が行われ、最終的に2018年6月にそれが施行されるようである。その概要に関しては、以下の通り、環境省並びに鳥類の保護団体等により明らかにされた。

- 1) 登録規制：新規登録及び更新の際に個体識別措置が求められる。個体識別措置は基本的に脚輪の装着かマイクロチップの導入が必要となる。ただしこの措置は現在個人でヨウムを飼っていて今後手放す気がなければ不要である。動物園は基本的に個別の許可を得て譲渡し等がなされていればこの場合も個体識別措置は必要とはならない。
- 2) 陳列・広告・販売・譲渡などの規制：交付された登録票があれば、陳列・広告・譲渡し等ができる。また、2018年6月施行予定の改正法により、個体識別措置が義務付けられるほか、登録票に有効期限が設けられることになる。ペットショップ等で販売するような商業目的のパターンでは、改正法においては登録又は登録の更新の際に個体識別措置だけでなく、規制適用前から飼育していた個体の登録審査の際に、取得又は輸入に係る経緯を明らかにした書類と、その裏付け書類の提出が求められる。出所不明個体は登録できない。
- 3) 輸入規制：輸入に関しては輸出入に関する経産省宛の手続きが必要になる。ワシントン条約附属書Ⅰ掲載後の輸入であれば許可されないが、ワシントン条約附属書Ⅱ扱いの登録繁殖施設からの個体は輸入が可能である。必要な手続きを踏まずに輸入したことが疑われるのであればそれは外為法違反疑いとなる。

こうした新規制も十全であるとはいえない。現在までヨウムを飼育している個人や動物園では、今後「手放す気がなければ個体識別処置は不要」とあるが、違法ヨウムの混在を防ぐためにもすべての個体に対して個体識別処置が履行されるべきである。また昨今のヨウム販売者の中にはヨウムの有精卵を輸入しているケースがあるが、その仕入れルートや経緯についても新たに規制を掛ける必要があると考えられる。当面は、2018年の新制度の施行に伴い、ペットショップ等での個体識別処置の有無を検証するだけでなく、不十分な管理制度のもと新たなヨウムの購入を控えていく旨を引き続き提唱していく。

報告者は申請団体のもと、ヨウムの野生復帰のための寄付金を集めるために、クラウドファンディング“JAPAN GIVING”を2017年3月から開始、目標額を250万円に定め、2018年3月時点でおよそ110万円の寄付をいただいた。寄付金はすべて、ヨウムの野生復帰を目指すのに関わる経費に使用されている。それはたとえば、密猟者から押収後に保護した野生ヨウムの獣医によるケアに関わる費用、餌代、ヨウム舎の修繕・新築・その他維持に関わる費用の一部などである。報告書は随時送付しておりコンゴ共和国のヨウムの実情を知らせるとともに、2018年12月まで寄付金呼びかけとヨウムの保全に関する教育普及をも合わせて継続する予定である。

## V. 森林の保全

世界中からの熱帯材の需要はいまだに高く、それゆえ多くの熱帯森林が伐採されてきた。東南アジアの森林の多くが伐採で失われてきた一方、昨今はパームオイル・プランテーションのために多くの森が開発されてきた。南米アマゾンの熱帯林も特に放牧地開発のために多くが消

失してきた。その結果、熱帯材目的の伐採は現在アフリカの熱帯林に殺到してきている（図11）。ただアフリカにおいては、鉱物資源採掘目的の皆伐も頻繁に起こっているだけでなく、人口増加に伴う農地や居住区確保のためにも森林は広く開発されてきている。近年はパームオイル・プランテーションも進出してきており、森林はさらに皆伐されている。こうした事情は、地球上の生物多様性の大きな損失にもつながっている。

アフリカの熱帯林では有用材の植林がごくわずかの樹種を除いて不可能であり、伐採は原則原生林を切り開くということになる。規制が十全でなければ、伐採後原生林が復活してくる可能性はほぼなく、生物多様性に乏しいせいぜい二次林が繁茂する程度である。伐採に必要な不可欠な道路の建設は密猟者への格好のアクセスともなり、密猟に拍車をかける要因ともなっており、それも生物多様性のさらなる喪失に拍車をかけている（西原 2015a）。さらに、アフリカでは森林管理が十全でない部分もあり、結果的に違法伐採は起こっており、その違法木材が安価で輸出されている可能性も否めない。それが世界中に輸出され、本来は国内林業で大方の木材需要をまかなえてきた国では、そうした安価な木材に追われ、国内林業が廃れてきたという



図11 森林伐採現場と木材搬出道路の空撮写真(c)西原智昭

事実もある。日本もその例外ではない。

マルミミゾウもヨウムも、熱帯林という環境があるからこそ生存できる種であり、原生林の大規模な崩壊はその絶滅にさらに拍車をかけることになる。とはいえ、特別な産業や特産物のないコンゴ共和国のような国にとって、林業は国家経済の中核をなすものであり、熱帯林伐採をすべて止めることはできない。問題は、伐採による経済活動と森林保全、すなわち、森林を永続利用できるような形で伐採を実施しながら、原生林維持を原則とした森林生態系と生物多様性保全を両立させるかという点にある。

日本の林業企業はアフリカ熱帯林に参入はしていないが、商社が買い付けに来ていることは事実である。その熱帯材の輸出先として、日本は上位ランキングに入っているため、日本人もこうした事実を知らなければいけない。我々の日常生活の知らないところで、アフリカ熱帯林の過剰な破壊に寄与しかねないからである。それは、ただでさえ衰退した日本の国内の林業の復活にとって、さらに足止めとなりかねないのである。

伐採と森林保全の両立を可能にする現時点でのベストの方法は、林業事業者がFSC（Forest Stewardship Council）認証制度を所有し、かつ、その木材を使用した製品をメーカーや流通が率先して市場に回し、結果的により多くの消費者がそうした商品を購入することである（西原 2015b）。アフリカの熱帯森林を伐採する主にヨーロッパ系の企業ではFSC認証をすでにもっているかあるいはそれを目指しており、ヨーロッパの木材市場においても、FSC認証木材が多く流通している。これに対し、日本ではFSC認証製品の流通がまだ少ないだけでなく、FSC認証制度を知っている一般消費者も数少ない。いかに、FSC認証制度の重要性をより広く日本人に流布していくかが、森林保全における

教育普及の最も大きな課題の一つである。

アフリカ熱帯林現地における FSC 認証をもつ条件には大きく分けて 3 つある。

- 1) 計画伐採：伐採樹種を限定する、伐採対象の樹木の胸高直径は基本的に 60 cm 以上とし若木は伐採対象としない、システムティックに限定された場所のみで伐採する、沼地など生態系にとって重要な場所での伐採は実施しない、年間伐採量を厳格に規定する、伐採区の中の伐採地の間でローテーションを組み一定の伐採後は放置する、伐採樹木から製材に至るまでの透明性の明らかな管理をするなどである；
- 2) 生物多様性保全：伐採区の中での密猟などの野生生物への違法行為を防止するために、自己資金でパトロール隊を配置する；特にマルミミゾウなどの稀少種であり種子散布という重要な生態系サービスをする種を保護することは不可欠であり、そうした動物による種子散布があればこそ、計画伐採後の森林も原生林に復活する素地を持つことになる；
- 3) 社会貢献：伐採会社の労働者への居住・生活条件の確保だけでなく、病院や学校などの設置を通じて地域住民へも貢献する；特にアフリカ熱帯林の場合は元来森林に依拠してきた先住民民族ピグミーの伝統的あり方を尊重する配慮も肝要となる。

教育普及活動の手法として、参加型の「フォトブック」を積極的に使用した。これまでの講演会や動物園等でのガイドは、基本的に「一対多」の型であり、「参加者を選べない」ばかりでなく、質疑応答なども盛んに行われず、そのあとの「理解度の評価」も容易でない、といった欠点が多かったが、フォトブックには、これまでの保全教育の手法とは異なるものを期待できるためである。保全教育ツールとしてフォト

ブックが従来のものにはない画期的な特徴は、まずテーマに関心のある「特定の参加者」を期待できる上、自ら「参加」して独自の「ストーリー展開」で「写真」を選び「メッセージをクリア」に作りながら、写真とメッセージが一体化となったフォトブックを作成していくところにある。そしてそれを参加者同士で「協議」しつつ「修正」を実施し、「正確な情報」を満載した写真付きの「ビジュアル」版であるゆえ、小学生でもあるいは専門分野でない人にも「わかりやすい」保全の教材が完成される。そして、各参加者がその出来上がったフォトブック最終版をもとに、さらに家族・知人など身近なところから「メッセージを広げていく」ことが可能で、その輪の広がりから「普及効果」も期待できるのである。

フォトブック作成イベントは 2017 年 7 月におびひろ動物園と FSC ジャパンの共催で実施された。報告者も、日本とは無関係でないアフリカ熱帯林での事例を紹介した。参加者にとっては、フォトブックを作る過程と、参加者同士でお互いの完成したフォトブックを講評していくという過程で、FSC 認証に関してより十全な理解が得られた。またおびひろ動物園の学芸員の尽力で、それぞれのフォトブックは帯広図書館に寄贈され、さらに多くの人へのメッセージ発信ツールとして、役に立っている。

おびひろ動物園でのイベントでは参加者が少なく、いわば試験的なイベントとはなったが、この経験を生かし、今後はより多くの参加者を望めるような形でイベントの開催を計画している。コープは FSC 認証など認証製品をより多く販売しているので、コープ主催でのイベント開催を、2018 年 8 月を目指して現在計画中である。

## VI. そのほか

助成期間中のメインの活動ではなかったが、報告者は日本国内滞在時に次のような3つの話題提供も実施した。

- 1) 先住民族：アフリカの熱帯林に元来強く依存してきた先住民族ピグミーが、商業伐採等の影響で住処や伝統的な生活様式を追われてきた（西原 2016a；西原 2016b；西原 2017c；西原 2017d；西原 2017e）。農耕民の住む村への定住化や貨幣経済・近代教育の普及もそれに拍車をかけている。アフリカ熱帯林での保全活動の核となるのは、パトロール活動、調査研究、そして将来のエコツーリズムへの進展であるが、いずれにもピグミーの持つ森の知識や森を歩く知恵、追跡技能などが必要不可欠であり、昨今の彼らの伝統文化の消失とその継承の危機は、保全活動にも多大な影響を及ぼす。その意味でも、FSC 認証制度に基づいた先住民配慮が待たれるところである。こうした保全と関わる文脈で、日本ではほとんど知られていない情報提供として先住民族の講演も実施した。また日本にもアイヌという先住民族がおり、彼らとピグミーの状況の情報を共有する重要性、そして日本人としてアイヌの事情ももっと理解すべきだという危急性から、アイヌとの連携も開始した。
- 2) 海洋生態系保全：海産物の利用も森林利用と同じく、人間にとって重要なことであるが、同時にその生態系保全も不可欠である。FSC 認証制度と同様、海産資源についても MSC (Marine Stewardship Council) 認証制度がある。海産資源に多く依存する日本人にはとりわけ重要な案件ではあるが、FSC 認証製品以上に MSC 認証製品の普及や一般消費者への認知度は低く、FSC 認証との延長上でそうした事情に関する講演も実施した。今後は、MSC ジャパンなどと連携しながら、教育普及をサ

ポートしていく所存である。

- 3) 地球環境異変：温暖化、気象変動などが言われて久しいが、地球規模でのその実態を正確に知っている人は多くはない。特に化石燃料など自然界の資源をほとんど輸入に依存している日本人の中には、野生生物利用の問題と同じく「他人事」と思っている人も少なくないと考えられる。2015年12月に採択されたパリ協定などにより解決に向けたある程度の方向性は示されてきたが、具体的にわれわれの日常生活で「何をすべきか」については積極的な提案はなく、多くの人々を巻き込むよううねりとなっていないのも事実である。まずは「知ること・学ぶこと」、そして「確かな情報の共有」と「解決へ向けた具体案な議論」をしなければならない。

そこで、報告者がナショナルジオグラフィック本社から上映許可（非営利で教育目的のみという条件）を得た映像「地球が壊れる前に」（日本語字幕版）の上映を何度か実施した。この映像は、世界の様々な地域での気象変動にまつわる事実を紹介しており、われわれが直面している問題を把握する格好の場となるからである。とりわけ映像ではアフリカでの実情は紹介されていないため、約30年アフリカ中央部熱帯林地域にて、野生生物の研究調査、国立公園管理、熱帯林・生物多様性保全に携わってきた報告者が、その内容を上映後のトークで補填した。特に地球環境変動の根幹でもある森林消失の問題提示とFSC 認証制度の重要性をも説いた。報告者の持つ上映権は、2017年8月より2年間であり、引き続き機会のあるごとに上映とトークを実施していく。

- ## VII. 講演の手法の改善への試み～グループ討論
- これまでの講演は、参加者との質疑応答は

あっても、基本的に登壇者から参加者への一方通行的なものである傾向が強かった。そこで、参加者がもう少し深く議論に参加できるように、単なる「講演会」ではなく、「勉強会」形式に転換を試み始めた。

これは、講演の最中、その中で議論してきた大きなテーマを3つほどに絞り、それぞれのテーマに興味のある参加者が3班に別れ、それぞれの班においてそれぞれの与えられたテーマに対して、その保全を目指すための具体的な解決案を考えてもらう機会とした。通常すべての参加者の前では意見や質問をいいにくい参加者も、グループ討論形式であれば話がしやすくなり、多彩な意見が期待される。討論後は、各班で選ばれた班長が意見をまとめ、報告する(場合によっては、ホワイトボードなどに要点を記載してもらう)。その各班の報告内容を吟味し、それをさらに参加者全員で検討するという形式を取った。参加者からは、参加した意義を感じられたといったような意見をいただいた。特にこの形式は、学生を主とした講演会では功を奏した。普段自ら意見を述べる機会がないせいだろうか、グループ討論により各グループ内で自分の意見を言う機会が生まれたからであろうと推測する。

今後ともこうした機会を継続・改善しつつ、講演会をより実り豊かなものへと進展できたらと考えている。

#### VIII. メディアによる情報発信

助成期間中は、書籍の分担執筆、雑誌への投稿、ネットメディア等、可能な限り信頼に足るメディアを利用して、本プロジェクトのテーマに沿うような情報発信を試みた。書籍・雑誌については下記「文献」に掲載したとおりである。ネットメディアでは、NPJ (News for the People in Japan: 憲法・人権関連ニュースサイト [www.](http://www.)

[news-pj.net](http://news-pj.net)) 主催のインタビューを5回実施したし、アフリカ熱帯林生活の紹介だけでなく、日本人と関わる象牙問題について述べた。インターネットTVであるOPEDの生中継でも象牙問題について語った。さらに、TBSラジオ番組“塙信彦 人生百景『志の人たち』”において、象牙問題についての放送をした。

残念ながら、信頼の置けないメディアはまだまだ多く、影響力のあるメディアの利用がまだまだスムーズに行かないのが現状である。報告者のこれまでのメディアとの経験で、今後日本のメディア、特にマスメディアが改善していくべき課題についてもまとめ、共著の書籍で警鐘を与えた(西原 2017b)。

また報告者は、2018年1月にこれまでのアフリカでの活動の集大成として、「コンゴ共和国〜マルミミゾウとホテルの行き交う森から」(現代書館; 西原 2018) という単著の書籍を刊行した(図 12)。



図 12 西原執筆の書籍表裏表紙(©現代書館)

以下、書籍の紹介文：本書の帯には、報告者の大先輩である京都大学総長・山極壽一氏から「野生生物と人間の境界に立って地球を見渡せる人は数えるほどしかない。それは、生物たちの暮らす世界に入ってその本質を身体で感得する必要があるからだ。著者はその最先端で活躍してきたフィールド研究者である。ゴリラを最初の案内人としてアフリカの熱帯林に分け入った著者は、多くの野生生物の悲惨な実態を目の当たりにすることになった。詳細な観察を通して著者が語り続けてきた事実は、いま私たちに新しい問いを投げかける」という推薦のお言葉をいただいた。

#### ・アフリカ熱帯林での見聞と経験の集大成

京都大学理学部人類学研究室の一大学院生としてアフリカ中央部熱帯林地帯であるコンゴ共和国にてニシゴリラの生態学的研究を始めたのは1989年、その後WCS（ニューヨークに本部を置く国際野生生物保全協会）に属しながら、同地域を中心として、野生生物の調査研究、生物多様性保全、自然環境マネージメントの業務に携わってきた。本書は、その30年弱にわたり現地で見聞き経験してきたことの現時点までの集大成である。しかし、純粋なアフリカ好きや野生動物好きとは異なる立場からの表出であり、単なる紀行文ではない。

#### ・生物多様性保全はわれわれ自身の問題

生物多様性保全などが謳われている昨今、コンゴ共和国などで日常的に起きている野生生物の乱獲危機は一向に収まらず、むしろ悪くなる一方である。象牙、木材、ヨウム、海産物などその対象はあげれば切りがないが、それはアフリカ現地だけでの問題ではない。むしろそれらの問題は国際的な需要に大きく起因する。特に日本を初めとする先進諸国の問題である。いったいどの誰がその課題に向けて具体的な解決策を見出し実行していくのか？そこで、まずは

多くの人に知られていない事実を、日本人として日本語で日本人に伝えていかなくてはならないと思いついたのが本書の執筆の動機であった。

#### ・なぜ従来の自然保護活動や教育が結果を伴っていないか

自然保護活動や保全教育は何年も前から始まっているが、なぜ野生生物の生存状況の大半は改善されてきていないのか。動物が「かわいい」「賢い」「すばらしい」あるいは「かわいそう」、だから「守る」ということだけでは通用しないのは明らかである。保全の問題の根幹には、アフリカ現地での政治体制や経済状況とも深く関わる一方、先進国のライフスタイルとの関連性をも鑑みる必要がある。自然保護NGOの諸活動、学校教育や動物園・水族館などにおける保全教育などはこれまで自己満足の域を出なかったとも言える。たとえばゾウの保全に関して、「象牙を使う者は悪者だ」といった敵視する態度だけでは解決にはつながらない。またクジラの保全に関しても「先住民の生存捕鯨」を無視できない。そこでは「伝統・文化」の精細な歴史的吟味と検討が必要不可欠となる。

#### ・読者層には理系も文系もない

アフリカでの長年にわたる現場の経験をもとに、こうした事情を横断的に真摯に分析と考察を試みたのが本書である。本書の対象読者は限定されない。なぜならば、野生生物保全の問題は野生生物だけの問題ではなく、社会、経済、文化、教育をも含めた視点が望まれるからである。先住民問題も見過すことができないため、その理解も必須となる。理系も文系もない。分野は問わないが、生き物、自然、環境、保全、動物園・水族館、自然科学、教育、国際関係・国際協力、経済、政治、社会、歴史、文化、先住民、芸術など関心のある方にも格好の書籍である。学生など若い方、教育関係に関わってい

る方、自然保護 NGO や動物園・水族館に従事しているスタッフの方には特にお薦めしたい。

・人類と地球の未来へ向けて

われわれ人類は野生生物とその生息環境、そして人類の「ゆりかご」であるアフリカの熱帯林を後世に残していくことはできるのか？また人類の文化遺産や先住民の伝統文化を継承していくことはできるのか？偏った視点・視野からだけでは、それらが崩壊の一途をたどることは確実であることを本書では強調した。

## IX. まとめ～戦略構築と教育普及、今後のビジョン

1. いまだ多くの日本人がアフリカにおける野生生物やその生息環境の実情に明るくないため、特に日本人の利用と関わる項目について継続的な教育普及活動が不可欠である。
2. 象牙であれヨウムであれ、日本国内管理制度が十全でない現況では、象牙製品とペットとしてのヨウムの購入は控える旨を継続して伝えていく。
3. 邦楽の領域で必要不可欠なマルミミゾウ由来に象牙に代替し得る新素材の開発を進展させていくと同時に、素材研究者と楽器商・プロの演奏家との交流をより頻繁にしていくためにもさらなる助成金が必要となる。また民間企業との協力や、洋楽器・印章など他の象牙利用の分野との連携、国家プロジェクトとして立ち上げるための省庁との議論も引き続き履行する。
4. ヨウムの新規国内管理制度の施行に伴い、その適用が適切に実行されるよう、その制度の普及を継続する。
5. 森林保全のために FSC 認証制度の普及を、FSC ジャパンなど関連団体とともにさらに大きく広げる。
6. 教育普及の手法として、フォトブックイベン

ト、グループ討論など、参加者がより深く理解に到達できるような方途を確立していく。

7. 野生生物保全そして日本人とも大に関わる話題として、先住民問題、海洋生態系保全と MSC 認証制度、地球環境変動なども継続して広く教育普及する必要がある。
8. メッセージ伝達に有効でありかつ波及力の高く信頼のおける日本のメディアあるいは有名人などを発掘し、連携を強める。

## 文献

- Maisels, F. et al. 2013. Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa. PLOS ONE March 2013, Volume 8, Issue 3, e59469: 1-13.
- Maisels, F. and Strindberg, S. 2016. Abundance and distribution of *Psittacus erithacus* in Democratic Republic of Congo, Cameroon and the Republic of Congo. Interim report prepared by Wildlife Conservation Society.
- 西原智昭ほか 2006. 来園者の発話分析からみた動物園保全教育のあり方 NPO 法人野生生物保全論研究会監著「生物多様性を未来に伝える 野生生物保全教育入門」少年写真新聞社：129-134.
- 西原智昭ほか 2010. マルミミゾウ（象牙の取引）財・日本自然保護協会編「改訂 生態学からみた野生生物の保護と法律」講談社サイエンティフィック：242-243.
- 西原智昭（翻訳）2012a. 「知られざる森のゾウコンゴ盆地に棲息するマルミミゾウ」（ステファン・ブレイク原著）. 現代図書.
- Nishihara, T. 2012b. Demand for forest elephant ivory in Japan. *Pachyderm* 52 July-December: 55-65.
- 西原智昭 2013. 森のゾウが消えるーマルミミゾウの頭数激減と象牙需要. 岩波科学 Aug. 2013 Vol. 83 No. 8: 0854-0859. 岩波書店.
- 西原智昭 2014a. 象牙の現状とこれから. 邦楽ジャーナル Vol. 329: 18-21.
- 西原智昭 2014b. 象牙問題. 国立民族博物館編「世界民族百科事典」丸善出版：638-639.
- 西原智昭 2015a. アフリカの野生生物の利用とその行方 1 野生動物の生存を脅かすブッシュミートの問題.

- Zoo よこはま No.93 : 16-17.
- 西原智昭 2015b. アフリカの野生生物の利用とその行方  
2 野生植物の生存を脅かす伐採の問題. Zoo よこはま No.94 : 16-17.
- 西原智昭 2015c. アフリカの野生生物の利用とその行方  
3 野生生物利用と人間の文化のあり方. Zoo よこはま No.95 : 16-17.
- 西原智昭 2016a. アフリカの野生生物の利用とその行方  
4 自然界を知る先住民はどこへ, そして動物園の役割. Zoo よこはま No.96 : 16-17.
- 西原智昭 2016b. 森の先住民, マルミミゾウ, そして経済発展と生物多様性保全の是非の現状. 「アフリカ潜在力 第5巻 自然は誰のものか 住民参加型保全の逆説を乗り越える」(シリーズ総編者 大田 至, 編者 山越 言, 目黒紀夫, 佐藤 哲) 京大出版 : 40-71.
- 西原智昭 2016c. 野生のヨウムは救われるのか. 広島市安佐動物公園「すづくり」第45巻第3号 : 10-11.
- 西原智昭 2017a. 『賢さ』が徒となった鳥 ヨウムはなぜ激減したのか? BIRDER 8月号 : 36-38. 文一総合出版.
- 西原智昭 2017b. マスメディアが目指すのは「事実」よりも「新奇・好奇」なものなのか〜アフリカ熱帯林におけるマスメディアとの体験より. 椎野若菜・福井幸太郎編「FENICS 100 万人のフィールドワーカーシリーズ第6巻」古今書院 : 73-89.
- 西原智昭 2017c. アフリカ熱帯林と先住民ピグミーのいま〜森の人々の暮らしと伝統が壊れていく. 先住民民族研究会報告 現代の理論・社会フォーラム 2017年秋号 99-105.
- 西原智昭 2017d. 食卓からみる世界〜アフリカ熱帯林の狩猟採集先住民ピグミーの食の変貌について. グローバルネット 地球・人間環境フォーラム 323号 2017年10月号 : 12-13.
- 西原智昭 2017e. 遠いアフリカのことを身近なこととして考えてみる〜なぜ, ピグミー族は必要なんですか? B.S. TIMES Vol.13 : 2.
- 西原智昭 2018. 「コンゴ共和国 マルミミゾウとホテルの行き交う森から」現代書簡.

2nd International Program Grant

## Strategy building and education in Japan toward wildlife conservation of African tropical forest

NISHIHARA Tomoaki

Conservation issues of natural habitat and wildlife in Africa are mostly unknown in Japan, while many are deeply related with Japanese. This project was aimed to establish how Japanese could contribute to this kind of conservation issues. Through lectures and study meetings etc., the applicant explained that ivory from forest elephants living African tropical forest have been preferred by Japanese ivory users in the history. Particularly the point was insisted that this sort of ivory is essential to be used at the domain of Japanese traditional music instrument such as plectrum of "Shamisen" and that we have to think about a balance between bio-diversity conservation including endangered forest elephants and cultural preservation like Japanese traditional music and its related performances like "Kabuki". One of the potential solutions was also shown, a trial to produce new materials alternative to forest elephant ivory, that have the same features. Concerning African Grey Parrots, the applicant spread out message that wild population of those parrots have been significantly declined due to pet demand from the world including Japan, that its breeding technique has not been developed matching to the pet demand, and finally that pet demand should be refrained until new regulation system is established to avoid contamination of illegally-traded parrots. At the same time, the applicant made leaflet about African Grey Parrots conservation education and spread them out to many people, especially Japanese zoos, and also launched a crowd-funding to try to get donation for parrot releasing to the wild after its confiscation from poachers. In addition, the applicant strengthened on the importance of conservation of tropical forest where those wildlife species are living. One event with public people at the zoo was conducted to create photobooks promoting much deeper understanding of forest conservation, especially the importance of FSC certificates.

Keywords: Forest elephant, Ivory, African Grey Parrot, Pet, Forest, Republic of Congo

## 最絶滅危惧チョウ類ツシマウラボシシジミの 生息域内・域外保全に関する研究

日本鱗翅学会自然保護委員会

矢後勝也<sup>1</sup>・平井規央<sup>2</sup>・小沢英之・佐々木公隆・谷尾 崇<sup>1</sup>・  
伊藤勇人<sup>1</sup>・中村康弘<sup>3</sup>・永幡嘉之<sup>3</sup>・水落 渚<sup>4</sup>・関根雅史<sup>4</sup>・  
神宮周作<sup>5</sup>・久壽米木大五郎<sup>5</sup>・伊藤雅男<sup>6</sup>・徐 培峰<sup>7</sup>・佐藤直人<sup>8</sup>

シカの食害により国内で最も絶滅が危惧されるチョウ類となったツシマウラボシシジミの保全を目的として、a) 生息域外でのより効率的な飼育・繁殖に関する研究、b) 遺伝子解析に関する研究、c) 生息域内での環境復元と野生復帰に関する研究、d) 行政・地域連携に関する活動、の大きく4つの課題に取り組んだ。その結果、飼育・繁殖に関しては代用食実験で大きな成果があった他、これまで死亡率の高かった越冬幼虫の生存率を上げることに成功した。遺伝子解析では日本・中国・台湾の一群とミャンマー産との間に大きな隔たりがあり、互いに交配困難である可能性が高いことが判明した。域内保全では飼育・繁殖個体の放逐を試みたが、様々な条件から安定的に維持させることが困難であった。行政・地域連携に関する活動では、行政機関や生物園、保全団体との会議により連携を図った他、これらの機関との連名で地元の小中学校に標本を寄贈して本種の保全における教育普及活動に寄与した。

キーワード：シカ食害、飼育下繁殖、国内希少野生動物種、野生復帰、環境復元、生物多様性保全

### 1. 緒言

国内では対馬にのみ産するシジミチョウ科のツシマウラボシシジミ *Pithecops fulgens tsushimaensis* Shirôzu and Urata, 1957 (図1) は、現在の日本産チョウ類約250種の中で最も絶滅が危惧されている。1969年に本種繁殖地が上県町の天然記念物となり、2005年の市町村合併により対馬市の天然記念物に指定されたが、その数年後には急激なシカの増加に伴う林床植生の食害およびこれに伴う林内の乾燥化で、本種の好む照葉樹林や針葉樹植林の林床植生が破壊され、幼虫の食草であるヌスビトハギ類や成虫の吸蜜植物が激減し、2013年にはほぼ野生



図1 交尾中のツシマウラボシシジミ (上がオス)

1: 東京大学総合研究博物館 2: 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 3: NPO 法人日本チョウ類保全協会 4: 足立区生物園  
5: 対馬市役所 6: 長崎バイオパーク 7: 台湾師範大学 8: 環境省  
2018. 8. 10 受付 2018. 12. 20 公開

絶滅の状態にまで陥った(矢後 2014; 中村ほか 2015; 矢後ほか 2016)。注目すべきことに、かつて本種は特に珍しい種ではなかったことである。昆虫の中でもチョウ類は、目に付きやすく分布の解明度も高いことから環境指標として現在の生息状況が把握しやすいが、おそらくツシマウラボシシジミだけでなく、多くの植食性昆虫やそれらを捕食する生物も短期間で著しく減少していることが予想される。

ツシマウラボシシジミの本格的な生息域外保全に関しては、2013 年から NPO 法人日本チョウ類保全協会や足立区生物園、東京大学が累代繁殖をスタートさせた。その後は対馬市、環境省、長崎バイオパーク、国立科博附属自然教育園、大阪府立大学、日本鱗翅学会も協働して補強や再導入などを行い、生息域内外の保全を進めながら現在まで何とか絶滅を防いできた(矢後 2016, 2018a)、思うようにうまく繁殖せず、今なお危機的状況が続いている。

本プロジェクトを(公財)自然保護助成基金に申請した経緯としては、2014 年から3年間の予定で環境省による本種の生息域外保全モデル事業を自然環境研究センターが受託し、日本チョウ類保全協会が請負業者として進めてきたが、2016 年度が最終年度で、その翌年度(2017 年度)からの保全計画が当時は空白に近い状態となっていた。2017 年1月に本種が環境省「種の保存法」の国内希少野生動植物種に指定され、保護増殖事業の計画はあったものの、当初は事業が立ち上がる目処は立っておらず、組織も構成されていなかったことから、まずは2017 年度の1年間における系統維持および飼育技術の向上、野生復帰に必要な技術開発の研究を進めるため、日本鱗翅学会自然保護委員会が今回の提携助成(学協会助成)に申請し、採択に至った。

具体的には、上記の機関・施設と連携しながら、

1) 域外保全でのより効率的な飼育・繁殖に関する研究、2) 遺伝子解析に関する研究、3) 域内保全での環境整備と野生復帰に関する研究、4) 行政・地域連携に関する活動、の4つの課題に取り組むことで、本種の保全生物学的研究だけでなく、対馬全体の生態系回復への貢献、さらには各組織との協働保全事例にも寄与することを試みた。この事例を基に、他の絶滅危惧チョウ類における生息域内保全および生息域外保全の模範的役割も目指すことを目的とした。

## II. 材料および方法

### 1. 域外保全での飼育・繁殖に関する研究

本種の累代飼育において最大の難関は越冬幼虫の高い死亡率にある。そこで、考えられるいくつかの要因について検証するため、以下の実験を行った。

#### 1) 代用食による蛹の体サイズおよび成長日数

越冬幼虫の高い死亡率の要因として、「越冬幼虫の成長不良による冬季の耐性不足」が挙げられる。越冬幼虫になる秋季には、新葉や花蕾が人工飼育下では不足しがちとなり、十分な栄養を与えられない状況が起きうる。また、一般に春季に出現する第1化目の野外成虫はかなり大きいことから、体サイズを大きくする必要性が考えられる。そこで本要因を解消するため、代用食での飼育技術の開発に取り組んだ。

この実験区には、ヌスビトハギ類と同じマメ科植物で、実が入手しやすいモロッコインゲン、インゲン(長野県産)、インゲン(兵庫県産)、黒枝豆の無農薬豆4種類を代用食として用いた。この他にも人工飼料インセクタ LFS(日本農産工業株式会社製)を試すことにした。対照区には主要食草の一つであるヌスビトハギの新葉を使用した。飼育容器として、1齢~3齢初期には小型ペトリディッシュ(Φ50×9 mm:

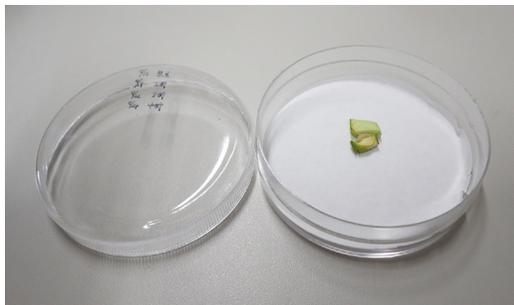
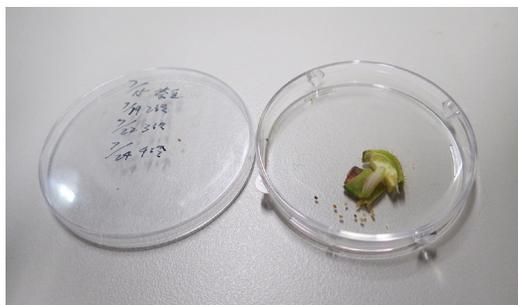


図2 幼虫の飼育容器。a, 1 齢～3 齢初期の飼育で用いた小型ペトリディッシュ (Φ50 × 9 mm : ファルコン社製)。b, 3 齢後期～蛹の飼育で用いた丸プラスチックケース (Φ90 × 33 mm : 志賀昆虫普及社製)。

ファルコン社製), 3 齢後期～蛹には飼育用丸プラスチックケース (Φ90 × 33 mm : 志賀昆虫普及社製) を使用した (図2)。また, 本実験は日長調節が可能なインキュベーター・プラントステーション LED3 [BMS-PS08RGB3 : (株) バイオメディカルサイエンス社製] (図3) を用いて, 23 °C, 16L8D の条件下で行い, 蛹に成長した時点での体サイズを測定した。合わせて各代用食における幼虫の成長日数を比較した。

## 2) 幼虫期での日長と越冬との関係

前述の成長不良による耐性不足の他に考えられる越冬幼虫の高死亡率の要因として, 「日長や温度の人為的影響による不完全な休眠および

早期の休眠打破」が挙げられる。そこで, 日長と越冬・非越冬の関係を調べるため, 上記の飼育法とインキュベーター (図2・3) を用いて2 齢期以降の各齢期での日長を 16L8D から 10L14D に変えながら, 18 ± 2 °C の条件下でその影響を確かめる実験を行った。餌には代用食である枝豆を与えた。

## 3) 越冬方法の試行

その他に可能性のある越冬幼虫の高死亡率の理由として, 野外の生息地と異なる湿度条件が考えられる。そこで, 従来の素焼き鉢管理 (図4) による方法 (生存率=越冬幼虫が翌春に無事蛹化した数 : 20 % 前後) とは異なる方法を前年度から採択年度 (2017 年度) にかけて試行した。

素焼き鉢法は直接土や水苔に幼虫が触れるた



図3 室内実験での様子。収納庫は時間調整照明機能付きのインキュベーター (プラントステーション LED3 : バイオメディカルサイエンス社製)。



図4 従来の素焼き鉢を用いた越冬装置

め、高湿度になりすぎて死亡していたようだったことから、新たな方法はプラスチック製の水槽（幅 37 cm × 奥行 21.5 cm × 高さ 24.5 cm）に水を 1/3 ほど入れ、そこに越冬幼虫を入れたステンレス製の金網ケース（長さ 17 cm × 最大  $\Phi$ 7 cm）をストッキング吊るすことで、水気に直接触れないようにした（図 5）。これにより、空中湿度は高く、かつ冬場の乾燥状態も保てるように設定した。ただし、2～3 週間に一度の割合で幼虫が入ったストッキング上に霧吹きも強く吹きかけた。この実験方法によって越冬幼虫が無事に越冬して蛹化した数を検証した。

また、与えた代用食の状態が越冬幼虫の生存率に与える影響も検証した。この実験はインキュベーター（図 3）を用いて、10L14D、18 ± 2 °C の飼育条件下で行い、最終的に蛹化した数を調査した。

#### 4) 低温による蛹への影響

累代飼育下では、交尾させるタイミングをうまく調整しなければならないため、飼育個体の

羽化時期が揃えられるように、蛹化日が早い蛹を低温で保管する状況が必要となる。その一方で、低温管理が長すぎたり、温度が低すぎたりすると、羽化不全となる個体が現れてくる。そこで、温度と日数の条件を変えた複数の実験区で蛹を管理し、その後の羽化の状態を調査することで、最適な温度管理法を見出すための基礎データを収集した。

具体的には、インキュベーター（図 3）を用いて 25 °C ・ 16L8D で飼育した幼虫の蛹化後 2 日目の蛹と 6 日目の蛹（眼が着色する）を 5 °C、10 °C、15 °C の実験区に据えて、7 日間の低温処理後、25 °C で管理し、羽化への影響を調べた。それぞれの実験区には 5 蛹を使用した。

#### 2. 遺伝子解析に関する研究

遺伝子レベルでの保全単位を決定するため、本種の対馬個体群の遺伝子解析を実施し、集団内の遺伝的多様性および遺伝的固有性の解明を目的とした。また、国外の別亜種と比較することで日本固有亜種に特有な遺伝的特徴の把握に

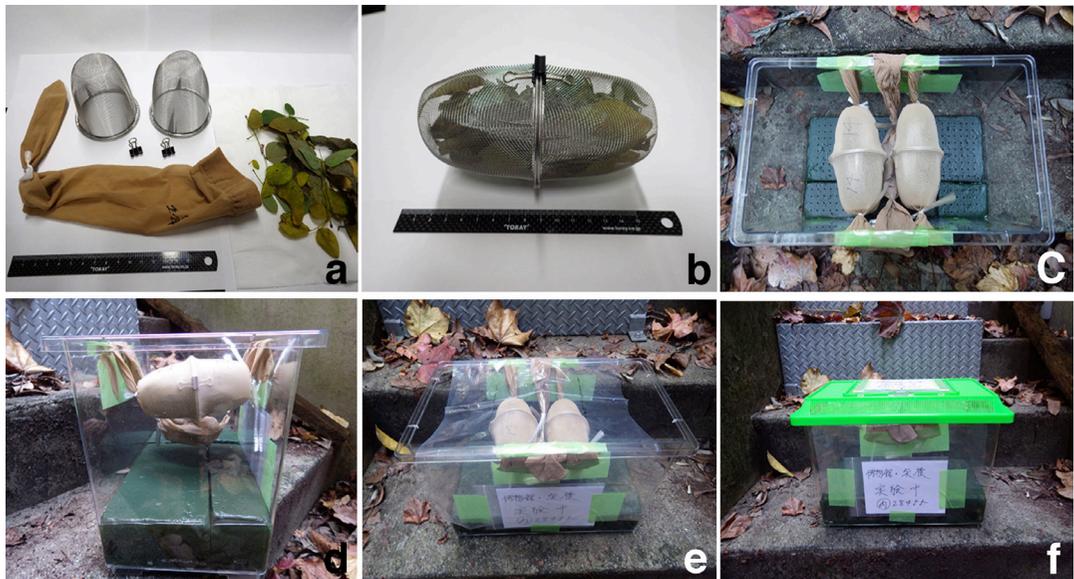


図 5 吊るし法による新たな越冬装置。a, 造巣した越冬幼虫を入れる金網ケースの器具類。b, 造巣した越冬幼虫が入った金網ケース。c, d, オアシスと水を入れたプラスチック飼育ケース内にストッキングで吊るされた越冬幼虫入りの金網ケース。e, 乾燥防止のためにビニールで覆われたプラスチック飼育ケース（蓋を閉める前）。f, 完成した越冬装置。

努めた。合わせて近親交配による適合度の低下を抑えるための繁殖方法を開発するための基礎データの集積を試みた。

#### 1) 解析個体の選定

ツシマウラボシシジミは日本固有亜種 (ssp. *tsushimaensis*), 名義タイプ亜種 (ssp. *fulgens*), 台湾亜種 (ssp. *urai*) の全3亜種で構成されるが(矢後 2007), 本解析の内群としてこれら全亜種を網羅するように選定した。その内訳は日本固有亜種の対馬産10個体, 名義タイプ亜種のミャンマー産4個体, 台湾亜種の台湾産8個体の総計22個体である。このうち, 対馬産は累代飼育により系統保存や野生復帰を行っている創始個体群5個体および2011年以降に得られた創始個体群由来と異なる5個体を用いた。また外群として, ツシマウラボシシジミが所属するヒメシジミ族ヒメシジミ亜族の *Pithecopis* 節 (section) の中から最近縁と考えられるリュウキュウウラボシシジミの沖縄産, 八重山産, ミャンマー産各1個体, さらに *Pithecopis* 節に近縁な *Lycaenopsis* 節に属するヒメウラボシシジミ八重山産1個体を選択した。海外の個体群も含めた遺伝学的解析も行うことにより, 本種の対馬固有亜種における形成過程や分化過程など, 分子生物地理学的な議論の展開も期待できる。

#### 2) 解析法

遺伝子解析用のサンプルとして, 乾燥標本または99%エタノール液浸標本から中脚および後脚の各1本を1.5 ml チューブに入れて擦り潰し, 通常行う手順で全DNAを抽出した。その後, Whinnett et al. (2005) や Gompert et al. (2006), Yago et al. (2009, 2012) などでチョウ類の種内多型や個体群間関係を探るのに適切とされている mtDNA の *COI* 領域の一部をサーマルサイクラーによる PCR 法で増幅し, 次に ABI 3100 automatic sequencer を用いてダイレク

トシーケンスにより塩基配列を決定した。用いた試薬や詳細な方法は Yago et al. (2008) に準拠する。プライマーに関しては, 近年 DNA バーコーディングでよく使われる *COI* 領域の LC01490 と HC02198 (Folmer et al. 1994) の組み合わせを使用した。アライメントには Se-Align Sequence Alignment Program v1.d1. (Rambaut 1996) を用い, ギャップの見られない *COI* (665 bp) から解析を実行した。遺伝子解析では, MEGA 6.06 を用いた NJ 法および ML 法による分子系統解析 (Tamura et al. 2013) および TCS 1.21 (Clement et al. 2000) を用いた MP 法によるハプロタイプネットワーク構築 (Templeton et al. 1992) により本種の集団内または集団間の遺伝的構造の把握を試みた。また, NJ 法では Kimura 2-parameter distance により, ML 法では選択された最適モデル (GTR+I+G) より系統樹を導いた。各枝の信頼性は NJ 法, ML 法でそれぞれ 10,000 回のブートストラップ解析 (Felsenstein 1985) から算出した。Root を付けるための外群として, 分子系統解析ではヒメウラボシシジミの1種のみを指定した。最終的な分子系統樹は NJ 法で得られたブートストラップ値を伴う樹形に, ML 法で得られたブートストラップ値を各枝に付けて表した。

### 3. 域内保全での環境整備と野生復帰に関する研究

#### 1) 保全エリア内の環境復元と野生復帰

これまでに日本チョウ類保全協会が主体で管理する1つの保全エリアと対馬市が主に管理する2つの保全エリアでシカ防護柵(図6)を設置し, 補強や再導入に取り組んできた(日本チョウ類保全協会編集部 2016)。ところが, 期待するほどの大きな成果はまだ上がっていない。その理由は食草および吸蜜植物の回復の遅れが主要因と考えられる。また, 一度シカ食害があった場所では外来植物が繁茂しやすいのも原因と



図6 対馬市が進めているツシマウラボシシジミの生息域内保全の様子。シカ防護柵で保護されている右側だけ林床の植物が残っている。

して挙げられる。そこで、これらの総合的な改善を徐々に進めながら野生復帰を試みた。

#### 2) 保全エリア外での食草・吸蜜植物および生息地の探索

食草ヌスビトハギ類および吸蜜植物の回復遅延が見られることから、これらの移植候補となる野生株がまとまって生える保全エリア外の場所を探索するとともに、現状でのツシマウラボシシジミの生息の有無を調査した。移植候補用の野生株を発見した際には、株数を数えるとともに、GPSでプロット・カウントした後、対馬市や環境省などに位置情報を提供した。

#### 4. 行政・地域連携に関する活動

動植物の保全活動には、保全団体や飼育施設、専門機関だけでなく、行政や地元住民との連携が必須となる。現在、ツシマウラボシシジミの保全には、環境省、長崎県、対馬市、足立区生物園、長崎バイオパーク、日本チョウ類保全協会、日本鱗翅学会、東京大学、大阪府立大学、もやいの会佐須奈などが連携して進められているが、より強固な協働体制が求められる。また、本種に対する地元住民の認知度や保全意識はまだ十分とは言えず、より一層の啓発活動に取り組む必要がある。

そこで、これらの改善策を講じたが、具体的な活動は次章Ⅲにて詳述する。

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 域外保全での飼育・繁殖に関する研究

##### 1) 代用食による蛹の体サイズおよび成長日数

マメ類4種類の実を代用食として食べさせたところ、図7で示されているように、ヌスビトハギ葉と黒枝豆で飼育した蛹の体サイズに有意差は見られなかったが、モロッコインゲン、長野産インゲンおよび兵庫産インゲンを与えた実験区では有意に体サイズが小さかった。中でも兵庫産インゲンでは、大きさのバラつきが他と比べてかなり大きかった。

また、代用食による幼虫の孵化から蛹化までに至る成長日数の変化を調べた結果が図8である。ここで示されたように、ヌスビトハギ葉を与えた場合と比較して、黒枝豆やモロッコインゲンを与えた時には有意に成長日数が短かった。反対に、長野産インゲンや兵庫産インゲンを与えた際には、ヌスビトハギ葉と比べて有意差は見られず、日数のバラつきも大きかった。

以上の2つの結果から、本種の幼虫に与える代用食として、枝豆が非常に優れていることが明らかとなった。

##### 2) 幼虫期での日長と越冬との関係

18±2℃の条件下で、幼虫の各齢期（2齢前期、2齢後期、3齢前期、3齢後期、4齢前期）での日長を16L8Dから10L14Dに変えて越冬・非越冬の関係を調べたところ、図9のデータが得られた。この結果から、1) 2齢期からすでに日長変化に反応すること、2) その反応の影響を受けやすい2齢後～3齢前期に切り替えると死亡率も高くなること、3) 越冬巣がきちんと作れない越冬幼虫の出現率も高くなること、などが明らかとなった。ただし、2齢期のサンプルは少なかったことから、今後の追加実験が求められる。また、越冬巣が弱い幼虫を越冬させると、翌年に蛹化まで至る率も低いらしいことも判明している（データ非図示）。

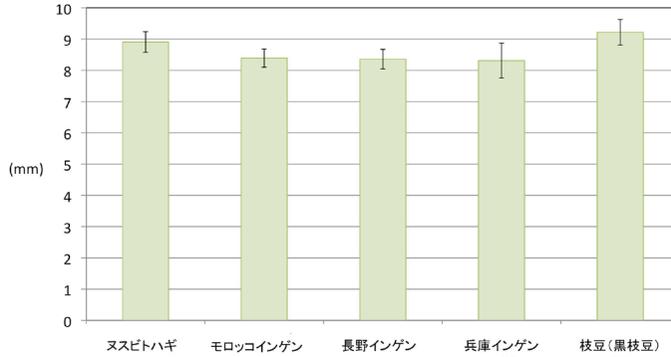


図7 代用食による蛹の体サイズ。23℃, 16L8D下による飼育。実験区に用いた代用食は以下4種:モロッコインゲン (n = 20), 長野県産インゲン (n = 19), 兵庫県産インゲン (n = 19), 黒枝豆 (n = 20)。対照区に主要食草の一つスズビトハギ葉 (n = 14) を使用。縦棒グラフは平均値, 誤差範囲は標準偏差を示す。F検定により等分散。t検定 (平均): \*P<0.01.

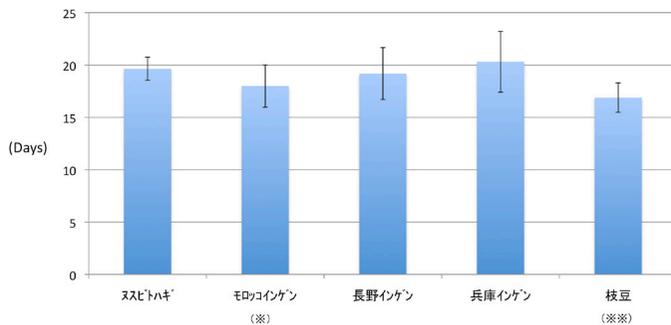


図8 代用食による幼虫の孵化から蛹化までの成長日数。23℃, 16L8D下による飼育。実験区に用いた代用食は以下4種:モロッコインゲン (n = 17), 長野県産インゲン (n = 16), 兵庫県産インゲン (n = 16), 黒枝豆 (n = 18)。対照区に主要食草の一つスズビトハギ葉 (n = 14) を使用。縦棒グラフは平均値, 誤差範囲は標準偏差を示す。F検定により等分散。t検定 (平均): \*P<0.05, \*\*P<0.01.

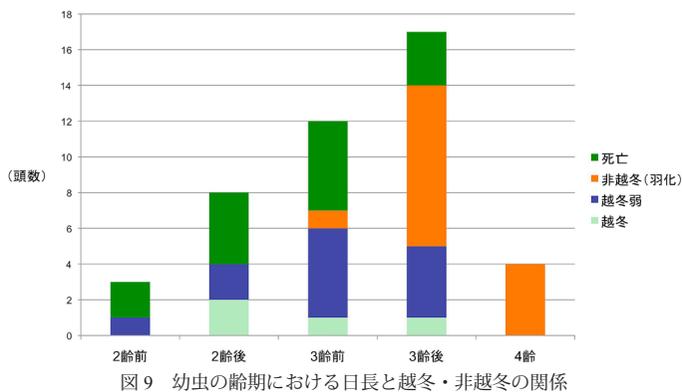


図9 幼虫の齢期における日長と越冬・非越冬の関係

### 3) 越冬方法の試行

前年の実験から枝豆の生豆と冷凍豆での越冬幼虫の大きさの違いと成長日数の違いに有意差

はないことが判明していたが, 続いて生豆と冷凍豆で育てた越冬幼虫を用いて, 従来の素焼き鉢管理による方法 (蛹までの生存率 20% 前後)

とは異なる吊るし法を試行した結果、表1のように生豆飼育による越冬幼虫の蛹化率、つまり生存率は81%、冷凍豆飼育での生存率は57%で、いずれも素焼き鉢管理法での生存率を上回り、特に生豆飼育個体の生存率は極めて高いことが判明した。この新しい越冬方法は、今後の累代飼育に極めて有効な手段になりうる。

#### 4) 低温による蛹への影響

蛹化後2日目の蛹と6日目の蛹を5℃、10℃、15℃の実験区に設置して、7日間の低温処理後、25℃で管理して羽化への影響を調べた結果が図10である。サンプル数がやや少ないが、少なくとも10℃以下で7日間の蛹管理は、蛹化後2日目と6日目の蛹の双方とも、多少のリスクがあることが明らかとなった。同様の実験をより短い低温処理日数で試行することが、今後必要となってくるであろう。

## 2. 遺伝子解析に関する研究

mtDNAのCOI領域に基づいた分子系統解析により得られた系統樹が図11である。また、同一の遺伝子情報からハプロタイプネットワークも構築している(非図示)。図11によると、ツシマウラボシシジミ3亜種のうち、日本固有亜種と名義タイプ亜種は単系統群として示された一方で、台湾亜種は枝の支持率が低いものの側系統群と見なされ、日本固有亜種は台湾亜種に内包する結果が得られた。

日本固有亜種の対馬産10個体は系統保存や野生復帰の創始個体群(A~E)も含めてすべて同一のミトコンドリアハプロタイプで構成されていることが明らかとなった。また、日本固有亜種は台湾産やミャンマー産のハプロタイプとも異なり、独自のハプロタイプを持つことが示された。一方で、この対馬産の日本固有亜種は台湾亜種と遺伝的にかなり近縁であるという意外な結果(約0.2%)も得られた。これは大陸を介して両個体群が分断または各地域に進入

した時期がかなり浅いことが推測される。

日本固有亜種と台湾亜種のミトコンドリアハプロタイプだけで判断するならば、両亜種は互いにほぼ同一の個体群と見ても差し支えない程度の遺伝的差異しかないとも言える。両亜種間の形態的差異も実は乏しく、台湾亜種の方が平均的に大きくなる傾向が多少見られることその他、台湾亜種の裏面亜外縁に見られる黄褐色線は時々灰褐色となるものが出現する程度である。そのため、近交弱勢に伴う遺伝的劣化と見られる状況が万が一起こった場合、対馬産個体群に台湾産個体群を補強することも重要な手段の一つとして考えられる。ただし、発生回数や越冬態に関して遺伝的に固定された差異がある可能性もあり、これらの点では詳細な調査が必要となる。ちなみに台湾産では、ほぼ同一の産地で得られた8個体の中に4つのハプロタイプが含まれていたことから、遺伝的多様性は高く保たれているように見える。

ミャンマー産の名義タイプ亜種は日本固有亜種や台湾亜種とは遺伝的距離がかなり大きいことが判明した。本種のタイプ産地はインドのアッサム地方で、ミャンマーとは隣接する。それ以外の生息地としてタイやラオスには分布せず、距離を隔てて中国(浙江)、台湾、ベトナム北部そして日本(対馬)といった大陸沿岸部に分布することから、名義タイプ亜種は残りの2亜種とは分布的にも遺伝的にも大きく隔離されている可能性が考えられる。交尾器の形態も精査することで、将来的に分類学的再検討を行うことも考えられる。

mtDNAに関して一定の成果が得られたものの、核DNAの遺伝子解析については資金の枯渇やサンプルの古さ、量的不足、プライマーのアンマッチングなど様々な理由から成し得ることができなかった。そのため、今後は解読できなかった核DNAの複数領域の増幅・解読によ

表1 生豆・冷凍豆飼育での越冬幼虫の吊るし法による蛹化までの生存率

番号	越冬幼虫数	蛹化数	生存率
YA(生豆飼育)	16	13	81%
YB(冷凍豆飼育)	14	8	57%

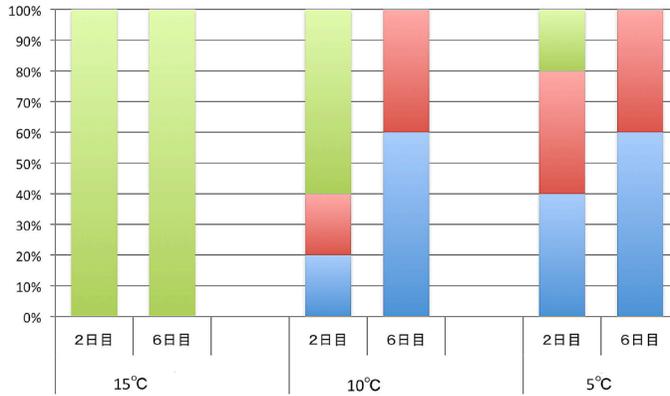


図10 蛹の低温処理による影響

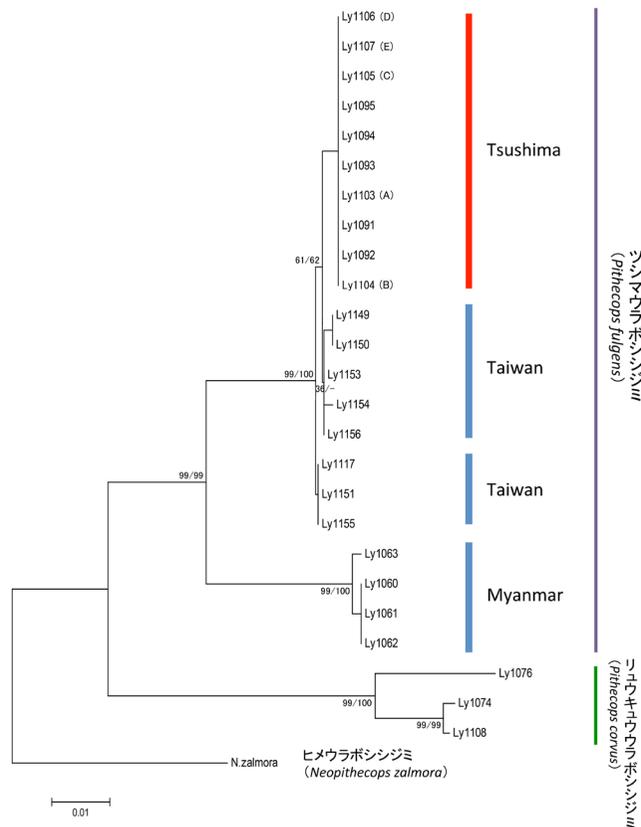


図11 ツシマウラボシジミ (*Pithecopus fulgens*) の分子系統樹. 樹形はミトコンドリア DNA の *COI* (665 bp) に基づいて NJ 法により構築. 各枝の数値は NJ 法 (左) と ML 法 (右) によるブートストラップ値で, 50% 以上の値のみが表示されている.

り塩基配列を決定し、個体群内または個体群間レベルでの系統解析やネットワーク解析を進める必要がある。このように本種の遺伝的構造を明らかにしながら、近親交配による適合度の低下を抑えるための繁殖方法を開発し、保全のための再導入や補強などに適したデータを集積していくべきであろう。

### 3. 域内保全での環境整備と野生復帰に関する研究

#### 1) 保全エリア内の環境復元と野生復帰

対馬市やチョウ類保全協会、環境省に協力して、これまでに3つの保全エリアで設置されているシカ防護柵内での環境整備を行った。特にシカ食害が一度あった場所では外来植物が繁茂しやすいことから、防護柵内での外来植物の除去を重点的に行った(図12)。

再導入や補強による定着および繁殖・産卵の経過を調査するため、足立区生物園や日本チョウ類保全協会が域外保全で育てた飼育個体の幼虫を環境整備したシカ防護柵内の食草に付けた(図13)。来年までモニタリングを継続し、この結果を見ながら、今後の具体的な方法をさらに検討する。

新たな問題として、保全エリアの一つで再導入個体群の絶滅が起こったが、対馬市や日本チョウ類保全協会の調査によると、この要因は

本種の急激な増加による寄生蜂や寄生蠅、クモのような天敵の大量発生であることが判明した。シカ食害により植食性昆虫全体が激減している中、このチョウ幼虫が増加すると、集中的に寄生または捕食されるものと考えられる。そのため、本種の保全には保全エリア内の植物の多様性、ひいては植食性昆虫全体の多様性を回復させることが必須と言える。

#### 2) 保全エリア外での食草・吸蜜植物および生息地の探索

今回は対馬の北側に位置する上島を中心に計14地点を調査した。このうちヌスビトハギ群落が見つかった場所は4地点、ケヤブハギ群落が見出された所は1地点に留まった。ただし、この1地点がシカ防護柵を伴った椎茸栽培を行うホダ場で、高さ30cm以上のケヤブハギ48株とヌスビトハギ185株の大群落を形成(図14)しており、今後の食草移植やツシマウラボシジミの再導入の候補地としても期待できる。

元来、ツシマウラボシジミが好む環境は杉植林内の椎茸ホダ場であることから、ホダ場の地権者等と連携しながら生息地の環境整備を進めることで、本種の域内保全と農業・林業との共存共栄を模索することも今後の重要な課題であろう。



図12 保全エリア内での外来植物除去の様子

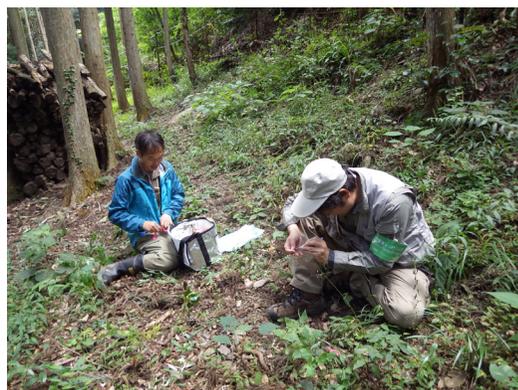


図13 保全エリア内に生える食草に幼虫を付ける様子



図 14 今回の調査で発見した食草ケヤブハギの大群落

#### 4. 行政・地域連携に関する活動

6・7月に各1回ずつ、対馬にて環境省、長崎県、対馬市、足立区生物園、長崎バイオパーク、日本チョウ類保全協会、東京大学、大阪府立大学、日本鱗翅学会の代表者数名による会議を設け、現状と今後の保全に向けた話し合いを行った。また、12月にも長崎バイオパークにて会議を開催し、情報を共有して来年以降の連携方針を固めた。

現地での本種の保全に関する教育普及活動の一環として、10月には日本鱗翅学会の他に、環境省、対馬市、足立区生物園が、連名で東京大学にて飼育された個体の標本を地元の小中学校へ寄贈した(矢後 2018b)。この寄贈は報道機関でも取り上げられ(図 15)、地元では大いに注目された。このような活動を広げることで、子供達への環境教育や郷土愛の育成にも貢献している。

#### IV. 謝辞

本研究を進めるにあたり、境 良朗先生にはツシマウラボシジミのかつての生息環境や対馬産昆虫類の現状についてご教示頂いた。故・國分英俊先生および山本武能博士には対馬の植物に関して様々なアドバイスを賜った。読売新聞社からは新聞記事の転載許可(No. 1181548)



図 15 対馬市立佐須奈小中学校へのツシマウラボシジミ標本寄贈に関する記事(読売新聞 2017年11月11日付)

を頂いた。もやいの会佐須奈および(一財)自然環境研究センターには、日頃から生息域内外の様々な保全活動でご支援頂いている。また、成果の一部は環境省の生息域外保全推進モデル事業および保護増殖事業により許可を得てなされたものである。各氏・各団体に心よりお礼を申し上げる。

#### 引用文献

Clement, M., Posada, D. and Crandall, K. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* 9: 1657-1660.

Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using bootstrap. *Evolution* 38: 16-24.

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. and Vrijenhoek, R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan

- invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294-299.
- Gompert, Z., Nice, C. C., Fordyce, J. A. and Forister, M. L. 2006. Identifying units for conservation using molecular systematics: the cautionary tale of the Karner blue butterfly. *Molecular Ecology* 15: 1759-1768.
- 中村康弘・永幡嘉之・久壽米木大五郎・神宮周作・西野雄一・深澤いづき・矢後勝也 2015. ツシマウラボシシジミの現状と生息域外保全. *昆虫と自然* 50 (2) : 4-7.
- 日本チョウ類保全協会編集部 2016. Action for Butterflies チョウの舞う豊かな自然を将来へ. チョウの舞う自然(22) : 14-17.
- Rambaut, A. 1996. Se-A1: Sequence Alignment Editor. Evolutionary Biology Group, Department of Zoology, University of Oxford, Oxford. Available from: <http://evolve.zoo.ox.ac.uk/software.html/>
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipiński, A. and Kumar, S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- Templeton, A.R., Crandall, K.A. and Sing, C.F. 1992. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data III. *Genetics* 132: 619-633.
- Whinnett, A., Zimmermann, M., Willmott, K.R., Herrera, N., Mallarino, R., Simpson, F., Joron, M., Lamas, G. and Mallet, J. 2005. Strikingly variable divergence times inferred across an Amazonian butterfly 'suture zone'. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 272: 2525-2533.
- 矢後勝也 2007. ツシマウラボシシジミ. 矢田 脩編「新訂原色昆虫大圖鑑」北隆館 : 66-67.
- Yago, M., Hirai, N., Kondo, M., Tanigawa, T., Ishii, M., Wang, M., Williams, M. and Ueshima, R. 2008. Molecular systematics and biogeography of the genus *Zizina* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Zootaxa* 1746: 15-38.
- Yago, M., Nakahara, S., Abe, W., Isohata, Y., Tomokuni, M. and Ueshima, R. 2009. A discovery of *Acytolepis puspa* (Lepidoptera, Lycaenidae) in the Kanto district, Japan: a geographic range extension, dispersal pathway inferred from ecology, morphology and molecular analyses. *Transactions of the Lepidopterological Society of Japan* 60: 9-24.
- Yago, M., Yokochi, T., Kondo, M., Yahya, B., Peggie, D., Wang, M., Williams, M., Morita, S. and Ueshima, R. 2012. Revision of the *Euthalia phemius* complex (Lepidoptera: Nymphalidae) based on morphology and molecular analyses. *Zoological Journal of the Linnean Society* 164: 304-327.
- 矢後勝也 (日本鱗翅学会自然保護委員会) 2014. 「ツシマウラボシシジミの保全に関わる要望書」の提出について. *日本鱗翅学会和文誌「やどりが」* (240) : 40-41.
- 矢後勝也・平井規央・神保宇嗣 (編) 2016. 「日本産チョウ類の衰亡と保護 第7集」日本鱗翅学会 : 354.
- 矢後勝也 2016. 在来種の放チョウによる分布拡大. 井上大成・石井 実編「環境 Eco 選書 12. チョウの分布拡大」北隆館 : 422-433.
- 矢後勝也 2018a. 生息域内外での昆虫保全の取り組み. 野村周平・神保宇嗣・井手竜也・丸山宗利監修「特別展昆虫」読売新聞社・フジテレビジョン : 66-67.
- 矢後勝也 2018b. 昆虫学の最近の進歩と今後の展開 : 保全生物学・自然保護. *昆虫 (ニューシリーズ)* 21(1) : 48-58.



2nd Academic Association Grant

## Study on in-situ and ex-situ conservation of *Pithecopis fulgens tsushimanus*, the most critically endangered butterfly in Japan

YAGO Masaya, HIRAI Norio, OZAWA Hideyuki, SASAKI Kimitaka,  
TANIO Takashi, ITO Hayato, NAKAMURA Yasuhiro,  
NAGAHATA Yoshiyuki, MIZUOCHI Nagisa, SEKINE Masashi,  
SHINGU Shusaku, KUSUMEKI Daigoro, ITO Masao,  
HSU Yu-Feng and SATO Naoto

The lycaenid butterfly, *Pithecopis fulgens tsushimanus* Shirôzu and Urata, 1957, is distributed only in Tsushima Island. In recent years, however, this species has become the most critically endangered of Japanese butterflies due to the impact on its habitats of overbrowsing by Sika deer. We addressed the following four tasks in order to conserve and increase the population of the endangered species: a) more effective captive breeding under artificial conditions; b) population genetic analyses; c) environmental reconstruction and reintroduction; d) collaborative conservation activities carried out by government and local administrations alongside local communities. As a result, the study on captive breeding produced significant achievements, particularly in experiments on overwintering and alternative hostplants. The genetic analyses showed that the populations in Japan, China and Taiwan are phylogenetically quite distant from the nominotypical subspecies in Myanmar. This genetic difference may indicate that the two clusters most likely could not interbreed with each other and that the Japanese and its adjacent populations are considered as a species distinct from *P. fulgens*. In the in-situ conservation, breeding individuals were released in the wild. However, it was difficult to stably maintain the reintroduced population for various reasons. In the conservation activities among governments and local communities, liaison meetings were held by several parties from faculties, societies and zoos. Moreover, four specimens of *P. fulgens* were donated to a local elementary and junior high school under the joint signatures of the parties, so this activity contributed to education and enlightenment in conservation of the species.

Keywords: Overbrowsing by Sika deer, Captive breeding, National Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Reintroduction, Environmental restoration, Biodiversity conservation

第2期国際的プログラムに関する助成

## 室戸ユネスコ世界ジオパークにおける河川流域の環境調査活動

室戸ジオパーク推進協議会

和田庫治・中村有吾・仙頭杏美・高橋 唯・川越桂太・

室戸ジオパーク河川調査チーム\*

比較的長期のタイムスパンにおける河川環境を総合的にとらえるため、水生生物調査による水質評価を行った。室戸ジオパーク内を流れる羽根川、東ノ川、佐喜浜川の水質は、濁り（透視度）、導電率、水生生物種などの観点からみても、極めて良好である。水生生物調査と、透視度による水質調査は、いずれも簡便でかつ精度が高く、地域住民（小学生を含む）とともに河川水質評価方法として優れた方法である。ただし、夏から秋にかけては、昆虫の羽化や、台風シーズンに重なることもあって、必ずしも多くの種が観察できるわけではない。水生生物調査は冬～春にかけて行うのがよい。水生生物の観察・同定には、携帯型顕微鏡を用いた。実際の河川水と水生生物に直接触れ、さらに顕微鏡で観察することで、環境学習の側面も期待できる。

キーワード：河川水質、水生生物、透視度、環境学習、小学生、地域住民

### 1. 研究の背景および目的

室戸ユネスコ世界ジオパーク（以下、室戸ジオパーク）は、高知県南東部・室戸半島の先端部にあり、室戸市全域の248平方キロメートルがジオパークに認定されている（図1）。

高知県の森林率は83%で全国1位であるが、そのうち65%を人工林が占めている。1960～1980年頃に植林された針葉樹林の荒廃が進んでおり、斜面災害の発生や、河川への影響について地域住民から問題が提起されている。また、近年では増えすぎた野生動物による食害の問題が、森林の荒廃に影響すると考えられている。室戸ジオパークでは、第1期（2015年度）国際的なプログラムに関する助成を受け、2016年に地域住民（小学生を含む）とともに河川水質の調査をおこなった。その結果、室戸市内の

河川は平常時はきわめて水質が良好であることや、台風等に伴う増水時に顕著に濁ることが確

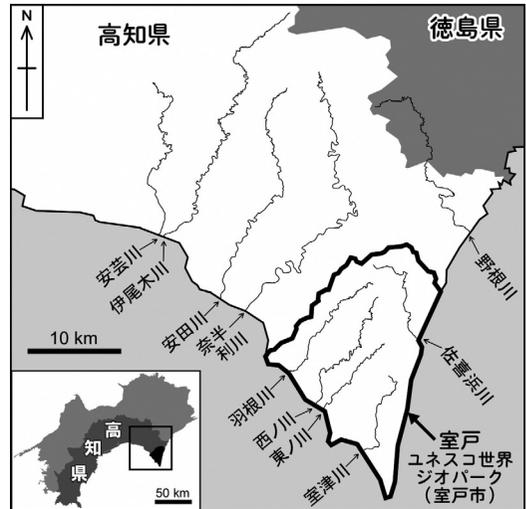


図1 研究対象地域と河川

2018. 6. 29 受付 2018. 12. 20 公開

\*室戸ジオパーク河川調査チームメンバー（敬称略）：相川豊喜、井出雄樹、小笠原優、松尾拓哉、米澤慶一、吉良川放課後子ども教室、佐喜浜放課後子ども教室、中川内放課後子ども教室、石川妙子（調査指導、河川生物研究者）

かめられた。しかしながら、この調査結果は短い調査期間におけるものであり、長期的な変化はいまだ明らかでない。また、室戸市外の河川との比較まで至っておらず、室戸の流域環境について相対的に評価する必要がある。

高知県内では既に、水生生物調査にもとづく河川水質の評価にかかわる研究がいくつかおこなわれている（たとえば、大西・加藤 2013；江口ほか 2014；井上ほか 2015）。本研究においても水生生物調査を中心とした河川水質モニタリングを行い、室戸ジオパーク内の河川流域の環境評価を行う。

## II. 研究地域の特性

高知県東部、室戸半島の主要部分は「室戸ユネスコ世界ジオパーク」に認定されている（室戸市域に一致。図 1）。室戸ジオパークの全面積のおよそ 82 % が森林（約 50 % が人工林）、3 % が耕作地である。この地域では明治時代より製炭業（土佐備長炭）が盛んであり、これに伴って森林の維持・管理がおこなわれてきた。室戸半島の地質の大部分が古第三紀以降の堆積岩（タービダイト層）で、山間部では地すべりや崩落がたびたび発生した（たとえば、1707 年に発生した加奈木崩れ）。主要な河川は佐喜浜川、室津川、東ノ川、西ノ川、羽根川で、佐喜浜川が南東方向に流れる他は、いずれも北東から南西方向に流れ土佐湾に注ぐ。河川の両岸には小規模な谷底平野がひろがる。また、海岸部には海成段丘がきわめて良く発達している。

室戸ジオパークは太平洋に突き出す特異な地形によって、海洋の影響を受けやすい自然環境にある。とくに、年降水量が 2300 mm を越えることや、台風が頻繁に襲来することで知られる。2017 年に室戸付近に上陸または接近した台風は、台風 3 号（7 月 4 日に室戸に上陸）、5 号（8 月 7 日、上陸）、18 号（9 月 17 日、上陸）、

21 号（10 月 22 日、接近）、22 号（10 月 29 日、接近）である。とくに、10 月 22 日の日降水量は 161 mm であった（以上、気象庁のウェブサイトによる）。

## III. プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、河川水質を継続的に調査するとともに、河川に影響する地形、地質、植生、生態系などの環境因子調査を進め、地域住民とともに河川環境についての理解を深める（図 2）。地域住民への周知と調査プロジェクトへの参加の呼びかけは、2017 年 7 月 11 日から 20 日にかけて、室戸市内 7 か所で開催した「ジオパークいどばた会議（ジオばた会議）」でおこなった（図 3）。とくに、透視度測定などの簡便な方法や、水生昆虫の生息調査など地域住民が参加しやすい調査手法を用いて、地域住民が主体的に参加できる調査体制を構築する。特に、河川への土砂流入の実態をモニタリングすることで、河川流域の環境保全に貢献することを目的とする。

また、2017 年 6 月 23 日には、昨年度より室戸ジオパークの河川調査に参加していただいた地域住民（相川豊喜氏、井出雄樹氏、小笠原優氏、松尾拓哉氏、米澤慶一氏）とともに、これまでに調査結果と、室戸市における現在の河川

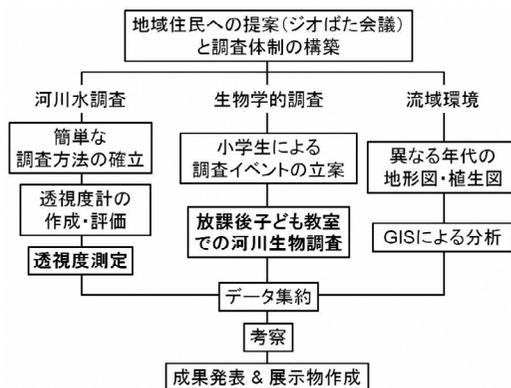


図 2 プロジェクト概要（流れ図）



図3 ジオパークいどばた会議（ジオばた会議）の様子（2017年7月）

の状況を確認した。その結果、

- 1) 室戸ジオパークの河川は水質が非常に良い
- 2) 台風等による降水イベントがあると、水位の上昇と透視度の低下がいち早くおきるが、降水の終了後速やかに(1~2日で)水位低下、透視度の回復がおこる
- 3) 台風がくりかえし来ると、透視度の回復が遅くなる
- 4) 台風シーズン以外はほとんど濁らない
- 5) 羽根川沿いの3ヶ所で現在工事を行っており工事が終わるまで調査できないといったことが確認された。

#### IV. 水生生物調査

透視度は降水や水位上昇に対応する河川のにごりを評価する上で有効な手段であることは、昨年度までの調査で明らかとなった（室戸ジオパーク推進協議会 2018）。よって、この手法は室戸ジオパークにおける河川水質調査法として、今後継続調査を行っていく。しかし、降雨

イベントに対する透視度の変化は一時的なものであり、河川水質の長期的な評価には適さない。そこで、比較的長期のタイムスパンにおける河川環境を総合的にとらえるため、水生生物調査による環境評価をおこなう。この水質評価法は、これまで様々な河川において適用されてきた（たとえば、森ほか 2002；関ほか 2012；野崎 2012）。本研究では、地域住民や小学生と共同調査を行う上で比較的扱いやすいと考えられる環境省水大気環境局・国土交通省水管理国土保全局（2012）のマニュアルにもとづいて、調査をおこなった。2017年度に調査をおこなったのは、羽根川、東ノ川、佐喜浜川である。調査は、石川妙子氏の指導の下、地域の小学生（放課後子ども教室）の協力を得た。

2017年度の調査地点を図4および調査結果を表1に示す。調査地点は、2016年と同様に、羽根川、東ノ川、佐喜浜川の中～下流の、河岸・河床に安全に到達できる地点を選定した。生物

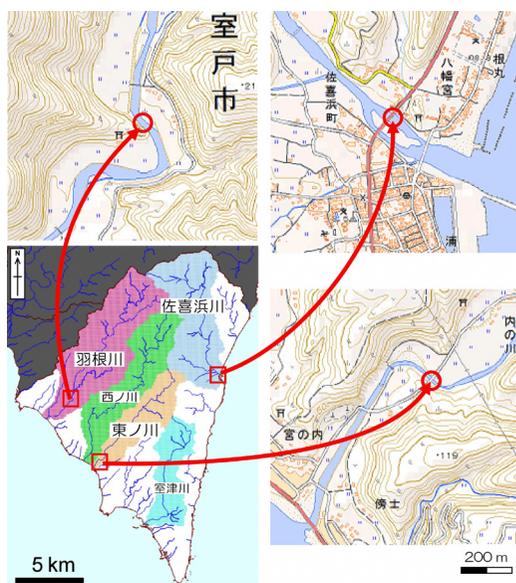


図4 水生生物調査地点. 国土数値情報(行政区域:平成27年, 河川:平成18年, 流域メッシュ:平成21年)を利用して筆者らが作図. 詳細地図は国土地理院作成の地形図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) を利用.

表1 水生生物調査結果 (2016~2018)

河川名	羽根川	羽根川	西ノ川	東ノ川	佐善浜川	佐善浜川	佐善浜川	佐善浜川
日時	2016/6/24 10:00	2017/8/2 10:00	2016/12/27 10:30	2016/12/27 14:00	2017/9/9 10:00	2016/11/16 15:00	2017/11/1 15:00	2018/2/26 14:00
天候	はれ	はれ	あめ	はれ	はれ	はれ	はれ	はれ
川幅 (m)	10	10	15	20	3	(10)	30	20
生物採取場所	川の中心	川の中心	右岸	全体	右岸	川の中心	左岸	左岸
水深 (cm)	10~150	30	30	20	20~30	(10~50)	30~50	20~30
流れの速さ (m/s)	0.59	0.56	1.59	左岸0.37 右岸1.52	0.43	0.64	0.65	0.63
川底の状態	巨礫	大礫	巨礫 (30cm)	巨礫	巨礫	巨礫	巨礫 (3~8cm)	礫 (~30cm)
水におい	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
透明度 (cm)	100<	100<	90	(にごりなし)	100<	100<	100<	100<
その他	pH5.5~6 導電率35~38μS							
その他	pH6.0 導電率52μS							
その他	pH5.5~6 導電率76μS							
その他	pH6.5~6 導電率76μS							
1 アミカ類	Blepharoceridae indet.							
2 ナミウスムシ	<i>Dugesia japonica</i>							
3 カワガサ類	<i>Kamimuraia tibialis</i>							
4 サワガニ	4							
5 アガヒトビケラ類	<i>Geotrupes japonica</i>							
6 ヒラカゲロウ類	<i>Rhyacophilidae</i> indet.							
7 フユシ	<i>Geotrupes</i> spp.							
8 ヘビトンボ	Simuliidae indet.							
9 ヤマトビケラ類	<i>Procladius grandis</i>							
10 ヨコエビ類	Glossosomatidae indet.							
11 イシムシガイ	Gammaridae indet.							
12 ヤマトビケラ	<i>Clitona retroplicata</i>							
13 カワニナ類	<i>Macrosaenura radicans</i>							
14 クラジボタル	<i>Semiothisa japonica</i>							
15 コオニヤウマ	<i>Laelid eremita</i>							
16 コガサマトビケラ類	<i>Stenonema albicollis</i>							
17 ヒラカゲロウ類	<i>Cheumatopsyche</i> spp.							
18 ヤマトシジミ	Psephenidae indet.							
19 ニギヨウトビケラ	<i>Corbicula japonica</i>							
20 ヒガサガトビケラ	<i>Geotrupes japonica</i>							
21 イソコブシムシ類	<i>Stenopsycha namurata</i>							
22 ニホシムシ	<i>Geotrupes japonica</i>							
23 ヒラカゲロウ類	<i>Stenopsycha namurata</i>							
24 ミズカマキリ	<i>Geotrupes japonica</i>							
25 アリカサリガニ	<i>Stenopsycha namurata</i>							
26 エラミミズ	<i>Stenopsycha namurata</i>							
27 サカサカイ	<i>Stenopsycha namurata</i>							
28 エスリカサリ	<i>Stenopsycha namurata</i>							
29 フユウハシ類	Psychodidae indet.							
水質降級の原因								
その他の生物	チナガエビ、ウグイ、ヌマササギ、カワヨシノボリ	チナガエビ、ウグイ、カワヨシノボリ、ウグイ、カワヨシノボリ						

の採取場所は、水深 50 cm までの河床である。生物採取地点付近において、ピンポン玉が 5 m ないし 10 m の区間を流れる時間をストップウォッチで計測することで流速を測った。その結果は 0.43 ~ 0.65 m/s で、調査河川の流速は速い。河川水の透視度はいずれも 100 以上で、水の濁りは認められない。ハンナ社製導電率計 DiST5 で測定した導電率は 76 ~ 82  $\mu$ S と、低い値が計測された。

水生生物調査を行った 3 河川では、環境省水大気環境局・国土交通省水管理国土保全局 (2012) のマニュアルに従って、水質階級 I (きれい) ~ 水質階級 IV (大変きたない) の 4 段階に区分した。その結果を以下に示す。

羽根川では、2017 年 8 月 2 日の午前に調査を行った。確認できた示標種は、カワゲラ、ナガレトビケラ、ヒラタカゲロウ、ヘビトンボ (以上、水質階級 I)、カワニナ、コガタシマトビケラ (以上、水質階級 II) である。種数・個体数ともに、水質階級 I を示標する種が多く、調査時点での羽根川は水質が「きれい」であることがわかった。

東ノ川 (2017 年 9 月 9 日、午前) で確認できた示標種は、サワガニ、ヒラタカゲロウ (多数)、ヘビトンボ、コオニヤンマ、コガタシマトビケラで、種数・個体数ともに、水質階級 I を示標する種が多い。

佐喜浜川では、2017 年 11 月 1 日に調査を行った。しかしこの時点ではヒラタカゲロウ、ヘビトンボなど少数の個体しか見つからなかった。前月 22 日、29 日の 2 回の台風接近による増水によって、水生生物が流出したと考えられる。

2018 年 3 月 26 日午後再度調査したところ、カワゲラ、ナガレトビケラ、ヒラタカゲロウ、ヘビトンボ、ヒルなど、多数の示標種が確認できた。ここでも、種数・個体数ともに、水質階級 I を示す種が多い。

以上のように、2017 年度調査結果によると、羽根川、東ノ川、佐喜浜川の水質階級はいずれも「I」であり、「きれいな」水質であることがわかった。これは、2016 年度調査結果 (室戸ジオパーク推進協議会 2018) とも一致しており、これらの河川の水質が過去数年間にわたって良好に保たれていることを示す。

## V. おわりに

以上のように、室戸ジオパーク内を流れる羽根川、東ノ川、佐喜浜川の水質は、濁り (透視度)、導電率、水生生物種などの観点からみても、極めて良好であることがわかった。

水生生物調査と、透視度による水質調査は、いずれも簡便でかつ精度が高く、地域住民とともに河川水質評価方法として優れた方法である。室戸ジオパークでは、今後もこれらの手法による調査を、地域住民 (小学生を含む) とともに継続する予定である。また、これまでに十分な調査を行えなかった室津川や、室戸ジオパーク外の河川についてもデータを収集し、比較・分析を進めていきたい。

水生生物調査は、2016 年、2017 年ともに、夏から秋にかけて行った。多くの水生昆虫は夏から秋にかけて羽化し、生活場所を陸上へとかえていく。よって、この時期は水生昆虫の種類・個体数が少なく、体長も小さい。また、この時期に多い台風の襲来が、個体数に影響する可能性が高い。よって、水生生物調査は冬~春にかけて行うのがよい。

本調査では、防寒および安全確保のために、ライフジャケットおよび胴付き長靴を使用した (図 5)。参加者 (特に小学生) の安全確保のためのライフジャケットの着用は不可欠だが、夏季の気温の高い時期の着用は決して快適ではない。その意味でも、冬季は調査がやりやすい。

水生生物の観察・同定には、携帯型双眼実体



図5 ライフジャケットおよび胴付き長靴を着用した安全対策



図6 顕微鏡を用いた水生生物観察の様子

顕微鏡（ニコン・ファーブル、20倍）を用いた、顕微鏡で生物を観察した参加者（小学生）の多

くが感嘆の声をあげる。実際の河川水と水生生物に直接接触れ、さらに顕微鏡で観察することで、環境についての理解は一層深まるであろう。(図6)

#### 引用文献

- 江口葉月・石田一馬・井上光也・加藤元海 2014. 四万十川上流域における河川環境と底生生物. 黒潮圏科学 7: 123-131.
- 井上光也・小原直子・加藤元海 2015. 仁淀川源流域における河川環境と底生動物. 黒潮圏科学 8: 118-125.
- 環境省水大気環境局・国土交通省水管理国土保全局編 2012. 「川の生きものを調べようー水生生物による水質判定ー」環境省・国土交通省: 36.
- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/> (2018年6月閲覧)
- 森 明寛・永美敏正・南條吉之・若林健二・道上隆文・奥田益算 2002. 水生生物による河川の水質評価調査. 鳥取県衛生環境研究所報 66-68.
- 室戸ジオパーク推進協議会 2018. 室戸ユネスコ世界ジオパークにおける住民参加型の河川と森林の保全調査システム構築. 公益財団法人自然保護助成基金成果報告書 26: 295-304.
- 野崎隆夫 2012. 大型底生動物を用いた河川環境評価: 日本版平均スコア法の再検討と展開. 水環境学会誌 35: 118-121.
- 大西由希子・加藤元海 2013. 鏡川上流域における河川環境と底生生物. 黒潮圏科学 6: 208-216.
- 関 誠一・中嶋智子・鶴鷹圭三・片山哲郎・川原崎功 2012. 底生動物を用いた河川環境評価. 京都府保環研年報 57: 69-75.



2nd International Program Grant

## River environmental research in Muroto UNESCO Global Geopark

WADA Koji, NAKAMURA Yugo, SENTO Azumi, TAKAHASHI Yui,  
KAWAGOE Keita and Muroto Geopark River Investigation Team

Our project has established an investigation system for the river environment in Muroto UNESCO Global Geopark operated by local people and students with geopark staff. This investigation system includes a method of evaluating turbidity of river by water transparency and biological water quality assessment based on macroinvertebrate communities. Water quality was investigated in three rivers, Hane River, Higashinokawa River, and Sakihama River, with elementary school students since 2016. Students collect aquatic insects from the river bed and identify species by a portable microscope. This research has found Muroto rivers to be very high quality. Students enjoyed participating in this investigation project, and it provided them with a vital opportunity to learn about their local environment while having fun.

Keywords: River water quality, Macroinvertebrate, Water transparency, Environmental study, Elementary school students, Local people

## 白神山地ブナ林の100年モニタリング

### 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会

石橋史朗<sup>1</sup>・谷口哲郎<sup>2</sup>・中静 透<sup>3</sup>・石田 清<sup>4</sup>・蒔田明史<sup>5</sup>・  
赤田辰治<sup>4</sup>・神林友広<sup>6</sup>・齋藤宗勝<sup>7</sup>・松井 淳<sup>8</sup>・神 真波<sup>9</sup>・  
中山隆志<sup>10</sup>・平川久仁夫<sup>10</sup>・石橋育子<sup>10</sup>・日下部玄<sup>11</sup>

白神山地世界遺産核心地域に分布する典型的でかつ構造の異なる3つのタイプのブナ林について、動態と更新に関するモニタリングを行っている。調査は、研究者、地域市民ボランティアや学生ボランティアにより行われており2018年で20年目となる。2017年度は、これまでの調査の継続と共に、次の10-20年の継続体制整備のために、機材の更新、モニタリングサイトの整備、モニタリング参加者増加を目的としたPRを行った。また、一般市民へのアウトリーチとして、ガイドブックの作成、20周年記念シンポジウムの準備を行った。

3つのブナ林は、時々台風などで大木が倒れるというようなことはあるが、小径の樹木が成長することにより、その減少が補われ、全体としては少しずつ林の現存量は大きくなっている。ただし、最近約20年間で種子の大豊作は1回しかなく、それによる実生の供給も多かったとはいえない。今後もこうした傾向を長期にモニタリングし続けてゆく必要がある。

キーワード：世界遺産、20周年、森林動態、市民参加

### 1. 世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会の概要

白神山地は1993年に世界自然遺産に指定され、その管理は白神山地世界遺産地域連絡会議（以下「連絡会議」、環境省、林野庁、青森県、秋田県により1995年発足、2010年からは、地元市町村がオブザーバーとして参加）が行っている。白神山地は、多雪環境にある世界でもユニークなブナ林生態系が世界遺産指定の要件であるが、そのモニタリング手法開発のため、環境省予算による「白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管

理に関する研究」が1998～2002年度に行われ、1999年からブナ林のモニタリングが開始された。

しかし、この研究予算終了とともにモニタリング自体も継続されないという状況に至った。そこで、この研究に参加していた研究者が中心となり、地域の市民の協力を得て、「世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査会（以下、調査会）」を結成した。調査会には、研究者（盛岡大学、東北大学、秋田県立大学、弘前大学、奈良教育大学など）、青森県、秋田県の地域市民ボランティア、さまざまな大学の学生ボランティアが参加し、その後もいくつかの活動助成

1: 遠野地方森林組合 2: NPO 職員 3: 総合地球環境学研究所 4: 弘前大学 5: 秋田県立大学 6: 深浦町 7: 盛岡大学 8: 奈良教育大学 9: 柏木農業高等学校 10: 一般市民 11: 北海道大学  
2018. 6. 28 受付 2018. 12. 20 公開



図1 白神山地の世界遺産地域とモニタリングサイト。濃い網掛けは核心地域，薄い網掛けは緩衝地域（森林生態系保護地域の区分による）。

を受けながら，延べ2,000名以上のボランティア参加によりブナ林のモニタリングを継続し，2018年でちょうど20年目になる。これらのモニタリング結果は，2010年に設置された白神山地世界遺産地域科学委員会のモニタリング計画の中にも位置付けられており，毎年報告を行っている。科学委員会のモニタリング計画の中でも，最も長期で，かつ安定して行われているモニタリングのひとつであり，重要な情報を発信し続けている。

## II. モニタリングの意義と調査会への期待

気候変動シナリオを用いたブナ林への影響予測研究では，2100年頃には白神山地の大部分がブナの分布適域から外れるという予測もある。実際に，この地域の年平均気温は1980年ころよりも約0.5℃上昇しているほか，積雪環境などにも変化がみられている。また，2016年は東北に初めて台風が直接上陸するなど，気候変動の影響は顕著になりつつある。

一方，東北地方におけるニホンジカの分布拡

大はますます顕著となっており，2016年には遺産地域でも初めて観察された。さまざまな対策は打たれ始めているものの，植物の食痕観察や実際の森林への影響調査などが今後重要になる可能性は高い。したがって，今後10－20年間は，気候変化でも，シカ問題でも重要な変化が起こる可能性が高く，モニタリングの重要性は大きくなっている。

こうした変化をいち早くとらえ対策を考えるためにモニタリングは重要であり，とりわけ人類共通の財産である世界遺産白神山地では，一般市民も共に参加して，これらの状況やその深刻さを十分に認識することが望ましい。

調査会ではこのような目的意識をもって，1999年にモニタリング調査が始まって以来，2016年まで18年間（19回）のモニタリングを毎年継続してきた。モニタリングの結果は，初期4年間のデータから現状を分析したものを学術論文としてまとめたほか（中静ほか2003），10年間のデータを報告書にまとめ（白神山地ブナ林モニタリング調査会2009），10周年の記念シンポジウムを開催して一般に公開した。また，2010年に白神山地の科学委員会が設立され，モニタリング計画が策定された際には，そのモニタリング活動の一部として正式に位置づけられ，毎年科学委員会に対してモニタリング結果を報告してきた。

しかし，機材の老朽化に伴う更新，参加者のロジスティックサポートが問題点として明らかになっているほか，一般市民への結果の普及をさらに進める必要性が明確となっている。

## III. 活動の目標

以上のことから，今年度の活動の目標を以下のように定めた。

- 1) ブナ林の動態に関するモニタリング調査の継続

- 2) 次の 10 - 20 年の継続体制整備
  - 老朽化した機材の更新
  - モニタリングサイトの整備
  - モニタリング参加者の拡大
- 3) 一般市民へのアウトリーチ
  - ガイドブック・報告書
  - 20 周年記念シンポジウムの準備

#### IV. 活動結果

##### 1. モニタリング活動の実績

- 6月23 - 24日 リター・シードトラップ  
トラップ，微気象観測装置の設置，  
助成金執行に関する会議，ガイドブック  
作成に関する会議の開催 21名参加
- 7月28 - 29日 リター・シードトラップ  
内容物の回収 16名参加
- 8月25 - 27日 クマゲラサイトにおける  
杭の打ち直し 8名参加・9月のモニタリ  
ング調査の準備 6名参加
- 9月7 - 10日 モニタリング調査（高木，  
低木，実生，ササ，低木，リター・シー  
ドトラップ内容物の回収），クマゲラサイ  
トにおける杭の打ち直し 32名参加(図2)
- 10月6 - 7日 リター・シードトラップ内  
容物の回収 14名参加
- 11月1 - 3日 リター・シードトラップ  
内容物の回収，トラップ撤収，報告書・  
ガイドブック・シンポジウムに関する会  
議 33名参加
- 1月27 - 28日 総会，シンポジウムおよ  
びガイドブックに関する議論 35名参加



図2 モニタリング集合写真（2018年9月）

##### 2. 資料整理と分析

モニタリング活動は，6月から10月まで計13日間のべ89名の参加をえて，順調に調査を行うことができた．リタートラップの内容物に関しては，乾燥したあと葉・枝・種子に分離し，重量や個数を計測した．毎木調査データの入力は完了し，現在分析が行われている．

モニタリング結果の解析の一部については，昨年度のデータを用いて予備的な解析を行っている．例えば9月に昨年度の実生データ，シードトラップの種子データ，サイト毎の微気象データについて解析した結果を白神山地世界遺産地域科学委員会に報告した．

##### 3. 活動の継続体制の整備

###### 1) 機材の更新

老朽化が明確になってきた，調査プロットの杭の更新のため，新たに耐久性の高い杭を購入した．また，安全性確保のため，個数の増加や更新が必要であった，エマーゼンシーキット，ハチスプレー，熊スプレーなどは購入し使用している．

###### 2) モニタリングサイトの整備

調査プロットの杭の打ち直しについては，8月と9月に延べ16人が作業を行った（図3）．これまでの作業で，3サイト（尾根，クマゲラ，ヤナダキのうちの2サイト（尾根およびクマゲ



図3 杭の打ち直し



図4 発行したガイドブック

ラサイト)については終了した。登山口から一番遠いヤナダキサイトについては、杭を現地まで搬入したものの、時間や参加者の不足により更新作業ができなかった。来年度に計画的に更新する予定である。

### 3) モニタリング参加者の拡大

今年度、モニタリング調査参加者延べ97人の中、新たな参加者は21人であったが、その大半は大学生および大学院生であった。また、新たな参加者を募集するために「白神山地(核心地域での)ブナ林モニタリング調査へのお誘い」を作成して秋田県の白神ガイドレベルアップ講習会や青森県のボランティア組織などへの配布を行ったところ、若干名の参加があった。

### 4) ブナ林の観察ガイドブックの作成および広報

モニタリング参加者からふだん感じている白神山地に関する疑問を収集し、40問を選んだ。それらに応える形の文章作成を調査会内部で分担し、最終的に29のQ&Aにまとめたガイドブックを作成し、3月末に発行した(図4)。

シンポジウムについては、環境省、秋田県、青森県などとの調整を行い、2018年10月に行われる青森県、秋田県の白神山地指定25周年

記念行事のなかで行うことに決定した。

## V. モニタリング結果の概要

### 1. モニタリングサイト

調査会のモニタリングは、3か所(図5)で行われており、いずれもその調査項目と設定は同じである。しかし、ブナ林の状況はそれぞれ違っている。標高の高い尾根サイトは、直径1mを超える大径のブナがたくさんある一方、それらが枯死したり倒れたりすることで形成された林冠ギャップも多く、林内はチシマザサや低木類が非常に繁茂している。これとは対照的に、中程度の標高にあるクマゲラサイトは、古い地滑りあとに成立したと考えられる一斉林のような直径のそろった林分を含み、樹高も高い。林床は未熟土壌のためか、チシマザサや低木は少ない。最も標高の低いヤナダキ(赤石川)サイトは日本海側のブナ成熟林として典型的な森林で、細い樹木から太い樹木を含み、チシマザサや低木も林内の明るさに応じて粗密がある。

### 2. モニタリング項目

調査会では、3地点に各1haの固定コドラートを設置し、同じ項目についてモニタリングしている(表1)。それぞれのサイトで地形測量

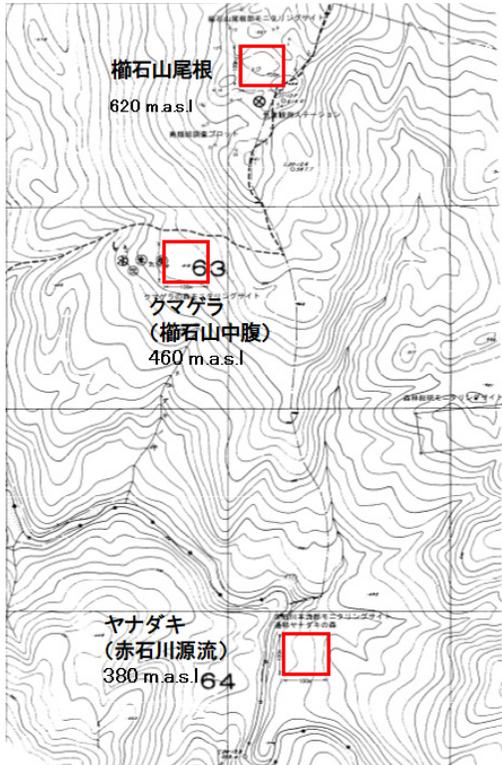


図5 モニタリングサイトの位置

が行われ、気象条件（地温、夏の気温と湿度、光条件）が観測されており、地温からは積雪期間も知ることができる。

特に、ブナを中心とした個体群動態がモニタリングされており、種子生産量、50 cm 未満の実生、直径 5 cm 以下の低木、それより大きい成木など、樹木の生活史全体に関するモニタリングができるように設計されている。

### 3. 林分構造

3つのモニタリングサイトは、その成立過程や歴史を反映して、その林分構造に大きな違いがある。

尾根サイトは太いブナが多いものの、ブナの密度は低く、ブナ以外の低木・亜高木の密度が非常に高い。これに対してヤナダキ（赤石川）サイトでは、ブナも細い個体から太い個体までL字型の分布をしており、典型的なブナ林の林分構造をしていると言える。クマゲラサイトは、地形の判読により、地滑り地形の部分とそうで

表1 モニタリング項目

調査項目	観測頻度	観測期間	調査内容
調査方形区	設定時のみ	1999	1ha プロット3箇所(赤石川河岸、櫛石山中腹、櫛石山尾根) 地形測量
成木	毎年	1999-	胸高直径5cm以上の樹木を対象 胸高直径(毎年)、位置 樹高(一部の樹木)
低木	毎年	2000-	樹高30cm以上、2×5m枠×10個/プロット 胸高直径、高さ(毎年)
ササ	毎年	2000-	すべての稈、2×5m枠×10個/プロット 根本直径、稈長(発生当年のみ)、生死(毎年)
実生	毎年	1999-	高さ30cm未満、1×1m枠×40個/プロット 高さ(毎年)
種子	夏季のみ毎月	1999-	0.5m <sup>2</sup> のシートトラップ×20個/プロット 1か月ごとに回収、仕分け 種子数(状態:未熟、虫食い、しいな、健全)、リター量
光条件	5年に1回	2000, 2005年, 2010年, 2015 年	全天写真(2000年) 実生枠(1×2m)につき一地点、地表、ササの上(2m)
地温	毎時	1999-	各プロット1点
気温・湿度	夏季のみ毎時	1999-	各プロット1点

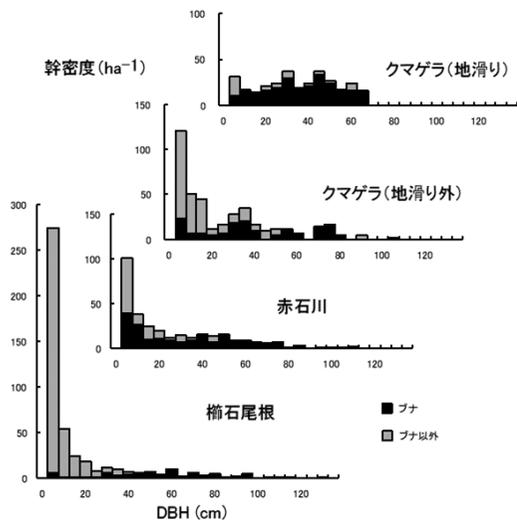


図6 各モニタリングサイトの直径分布. クマゲラサイトは地滑りの地域とそうでない地域に分けて示してある.

ない部分が明瞭に分かれる. 地滑り部分では太い個体はなく, 比較的中径のブナが多い. 地滑り以外の部分については, ヤナダキサイトのよなブナ原生林に近い形をしている (図6).

#### 4. 現存量の変化

森林の現存量はゆるやかな増加傾向にある (図7). 胸高断面積合計はクマゲラサイトで最も高く, 尾根サイトでもっとも低かったが, いずれのサイトもこの20年間で見ると増加傾向

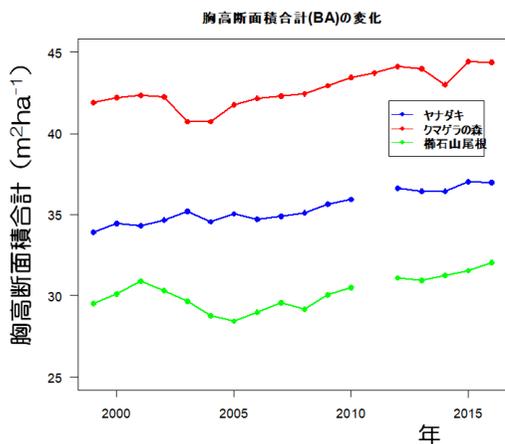


図7 胸高断面積合計の変化

が明らかであり, 森林として発達しつつあることがわかる.

この現存量増加を, 生存個体の成長による増加分と, 枯死個体による減少分に分離してみると, 成長量はほぼ一定しているのに対して, 枯死量は特定の年に集中していることがわかる. とくに, 2002~2004年の減少分は大きく, この数年間にこの地域を大きな台風が通過し, 風倒木を生じたという原因による (図8). 最近の20年間を通じて, この時期ほど大きな枯死量を生じたことはなく, 頻度は低いがこうした大きな台風が来ることによって, 森林の現存量は減少し, そのほかの時期には微増するというのが一般的であると考えられる. また, このことは, 気候変化によって予測されている台風の大型化がブナ林に対しても大きな影響を与える可能性を示唆する.

#### 5. 樹木密度の変化

死亡率は樹木のサイズによって異なっている (図9). 一般的には死亡率はサイズの小さい個体と大きな個体で大きく, 中間的なサイズで小さくなる. 大きなサイズでは, 台風や老衰などの枯死で高くなるのに対して, 小さい個体では, 他の樹木との競争に負け, 被圧されることで死亡率が高くなると考えられる (Nakashizuka & Kohyama 1995). その傾向は, とくに尾根サイトと, クマゲラサイトの地滑り外の部分で顕著

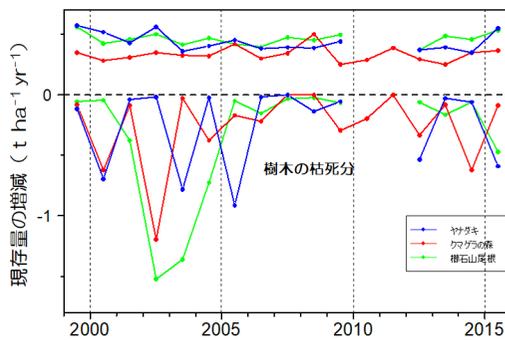


図8 成長と枯死からみた現存量変化

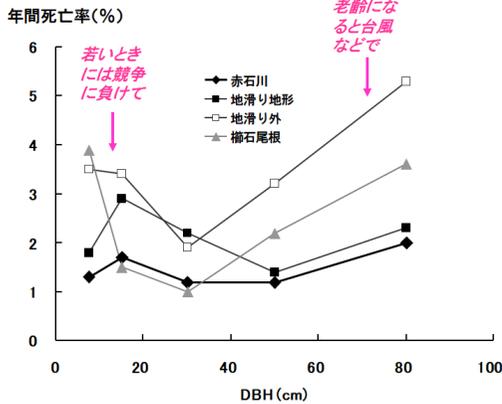


図9 サイズごとの死亡率。クマゲラサイトは、地滑り部分とそうでない部分とに分けて計算してある。

である。クマゲラサイトの地滑り部分では、最近大径の個体が倒れる傾向が出てきており、少しずつ成熟林分の形に近づいてきているが、これまでは大きなサイズの個体の死亡率が低く、小さい個体の死亡率が高かった。

新規加入については、サイトごとの差が大きいものの、周囲に大きいサイズの樹木が少ない（局所的な林冠木密度の小さい）場所で大きい傾向がある（図10）。つまり、林冠木が少なく、明るい場所では新規加入個体が多く、暗い場所では少ないということである。

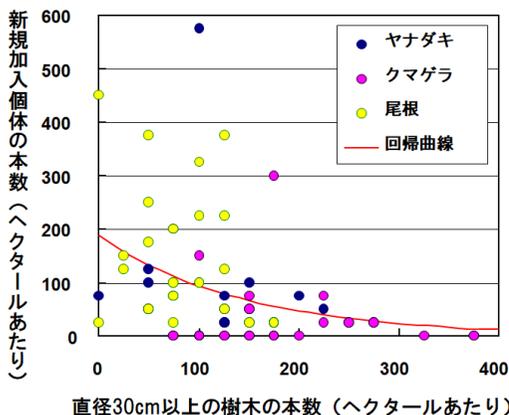


図10 局所的な林冠木密度（20 m × 20 mでの直径30 cm以上の樹木密度）と新規加入個体の密度

尾根サイトでは最近大径木の倒木が多く、林内全体が明るくなっているため、新規加入個体が多い。これに対して、クマゲラサイトは一斉林に近いため、林内は一樣に暗い傾向があり、新規加入は少ない傾向がある。

## 6. 種子生産量の年変動

ブナの種子生産の年変動は大きいことが知られている。白神のこれまでのデータでも、2000年の種子生産が最大で、尾根サイトでは、1 m<sup>2</sup>あたり800個、健全な種子だけで見ると500個強の種子が生産されていた（図11）。種子生産量は、尾根、クマゲラ、ヤナダキサイトの順に減少し、この順番は標高の高さと一致する。つまり、標高の低いところでの種子生産量が少ない。

また、種子生産数全体における虫の被害率も変動する。2000年の大豊作のあと、2005年にもかなり種子が生産されているが、2000年の場合よりもかなり虫害率が高い。ヤナダキサイ

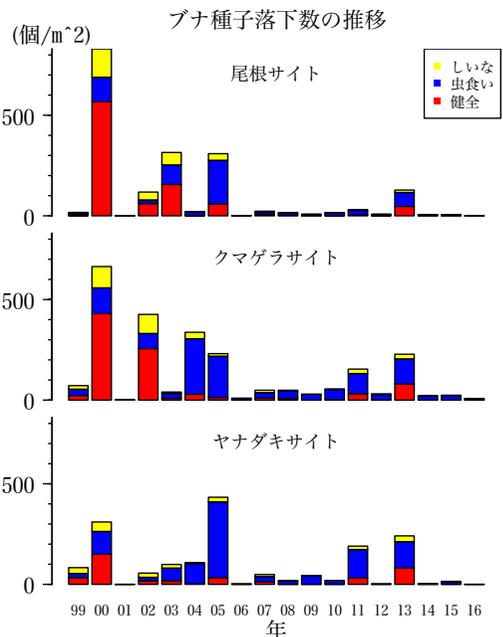


図11 ブナの種子生産の変化。シードトラップによる調査データ（2015年まで）を整理したもの。

トでは、ほとんどの種子が昆虫の食害を受けている。この食害は、ブナヒメシクイというガの幼虫によるものがほとんどと思われるが、前年にブナの種子生産があったため、害虫の個体群が高いまま維持された可能性が高い。こうした傾向は、ブナの種子生産が大きく年変動する理由のひとつと考えられている（今 2009）。

いずれにしても、2000 年以降、ブナの大豊作が見られないという点は、注目すべき点である。文献などによれば、ブナの豊作年は 5 - 7 年に一度と言われているが、白神においてはそれほど頻度が高くなく、後に述べるように、ブナの更新にとっても望ましい状況ではないと言える。

### 7. 実生の発生量の変化

ブナの種子は通常休眠性がなく、種子が生産された翌年にほぼすべて発芽する。実際にブナ実生の密度変化をみると、2000 年の豊作があり、翌年にはある程度の実生が発生するものの、1 年以内に死亡する個体が多く、翌年以降の実生密度は高くない（図 12）。最も実生密度の高い尾根サイトでも、平均すると 1 m<sup>2</sup> あたり 1 本程度の実生しかなく、クマゲラ、ヤナダキとも、1 m<sup>2</sup> あたり 0.5 本以下となっている。2 年目以降の実生の死亡率はやや低くなるが、それでも、大豊作の翌年をピークに、次第に実生密度が減少する様子が顕著である。ヤナダキなどは大豊作そのものがあまりないため、このまま種子生産のない年が続けば、ブナの実生が林床にほとんどない状態になってしまう。

### 8. 全体のまとめ

全体としてみると、白神山地のこの 3 つの林分は、時々台風などで大木が倒れるというようなことはあるが、小径の樹木が成長することにより、その減少が補われ、全体としては少しずつ林の現存量は大きくなっている。ただし、最近約 20 年間で種子の大豊作は 1 回しかなく、

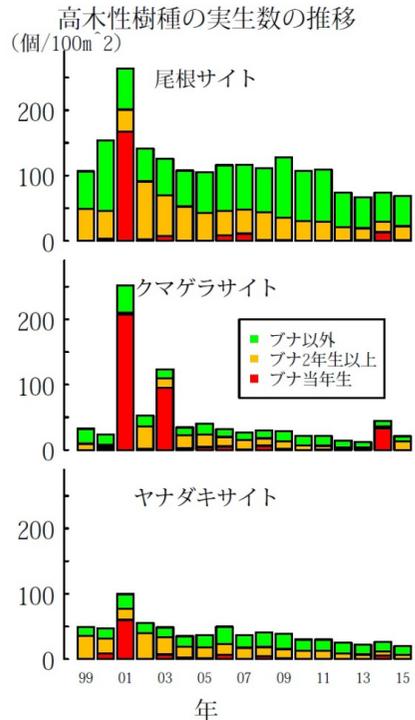


図 12 ブナ実生密度の推移。毎年 9 月初旬頃に実生センサスを行っているため、その時期には当年生実生の大部分は枯死していると考えられるため、実際に発芽した実生の数はこれよりも多い。

それによる実生の供給も多かったとはいえない。今後もこうした傾向を長期にモニタリングし続けてゆく必要がある。

## VI. 調査会の今後の展望

今後、これまでのモニタリング活動を継続することはいうまでもないが、2018 年度はモニタリング開始 20 周年にあたり、その記念行事を通じて活動の広報や新たな参加者の獲得を行い、モニタリングの維持・継続をより確実なものにしてゆくことが重要である。特に、以下の 2 点は 2018 年度の大きな目標としたい。

### 1. モニタリングサイトの杭の打ち直し

3 つのモニタリングサイト全部での杭の打ち直しを予定し、必要な杭の購入はできたものの、予想以上に消失している杭が多く、位置の特定

に時間がかかり、打ち直し作業が難航した。最も遠いモニタリングサイトは、登山口から片道2時間半を要するが、杭の運搬上げは終わったものの、打ち替えることはできなかった。2018年度に計画的に行う予定である。

## 2. 新たな参加者の勧誘

今年度新たにモニタリング活動に参加してもらえたのは、大学生や大学院生がほとんどであり、一般の方の新規参加は少なかった。「白神山地ブナ林モニタリング調査へのお誘い」を作成して秋田県の白神ガイドレベルアップ講習会や青森県のボランティア組織などへの配布を行ったが、関心はしめされるものの、実際の参加は少なかった。さらに広い範囲に配布するとともに、すでに参加されている一般の方々に口コミで参加者の募集を伝えてもらう。

2018年度は、モニタリング開始20周年のシンポジウムを行う予定であり、一般市民に分かりやすいシンポジウムにしてモニタリングの意義や参加の重要性を訴える。こうしたイベントでモニタリング体験などを行うことも効果があると考え、計画中である。また、2017年度に作成したガイドブックをさまざまな機会に配布

し、調査会の存在をアピールするなどの新たな試みを計画している。また、ウェブサイトを実践するとともに、頻繁に更新し、SNSなどを利用して、広報に努める。

## 引用文献

- 今 博計 2009. ブナにおけるマスティングの適応的意義とそのメカニズム. 北海道林業試験場研究報告 46 : 53-83.
- Nakashizuka, T. and Kohyama, T. 1995. The significance of the asymmetric effect of crowding for coexistence in a mixed temperate forest. *Journal of Vegetation Science* 6: 509-516.
- 中静 透, 斎藤宗勝, 松井 淳, 蒔田明史, 神林友広, 正木 隆, 長池卓男, 杉田久志, 金指達郎, 関 剛, 太田敬之, 櫃間 岳, 八木貴信, 橋本 徹, 酒井 暁子, 壁谷大介, 高田克彦, 星崎和彦, 丑丸敦史, 大場信太郎, 福田貴文, 新井伸昌, 阿部みどり, 上迫正人, 田中健太, 市栄智明, 鈴木まほろ, 乾陽子, 中川弥智子, 黒川紘子, 藤森直美, 鮫島弘光, 畑田 彩, 堀 真人, 沢田信一 2003. 白神山地における異なった構造をもつブナ林の動態モニタリング. 東北森林学会誌 8 : 67-74.
- 白神山地ブナ林モニタリング調査会 2009. 「世界遺産白神山地ブナ林モニタリング調査報告書：平成 11 ～ 20 年度」環境省東北地方環境事務所.

2nd International Program Grant

## One hundred years of monitoring of beech forests in Shirakami Mountains

ISHIBASHI Shiro, TANIGUCHI Tetsuro, NAKASHIZUKA Tohru,  
ISHIDA Kiyoshi, MAKITA Akifumi, AKADA Shinji,  
KANBAYASHI Tomohiro, SAITO Munekatsu, MATSUI Kiyoshi,  
JIN Manami, NAKAYAMA Takashi, HIRAKAWA Kunio,  
ISHIBASHI Ikuko and KUSAKABE Gen

Forest dynamics and regeneration have been monitored for three beech stands with different forest structure in the core area of World Natural Heritage at Shirakami Mountains. The monitoring has been conducted by researchers, local citizen and student volunteers for 20 years since 1999. In fiscal 2017, we continued the survey with updating equipment, renewing posts in monitoring sites. In 20 years, the biomass of the three beech forest stands has been increasing gradually, though some sudden tree falls due to typhoons caused small decrease. In the last twenty years there has been only one good seed year, and the recruits of new seedlings were not abundant. It is necessary to continue monitoring these trends over the long term in the future. We also tried to increasing monitoring participants to keep sustainable monitoring activities in next 10 to 20 years. As an outreach to the general public, we published a guidebook and prepared a symposium commemorating the 20th anniversary.

Keywords: World Heritage, 20th anniversary, Forest dynamics, Citizen participation