

## 令和3（2021）年度 成果報告書

- 【1. 日本側拠点機関名】国立大学法人京都大学 野生動物研究センター
- 【2. 日本側コーディネーター氏名】野生動物研究センター・特任教授・幸島司郎
- 【3. 日本側協力機関名】京都大学、東京農業大学、東京工業大学、中部大学
- 【4. 研究課題名】大型動物研究を軸とする熱帯生物多様性保全の国際研究拠点
- 【5. 研究分野】野生動物保全学：野生動物の保全にかかわる生態学、動物行動学、遺伝子科学、環境科学、繁殖生理学、動物福祉学、環境教育学
- 【6. 実施期間】平成29年（2017年）4月1日～令和4年（2022年）3月31日（5年間）
- 【7. 全交流期間を通じた目標】

熱帯雨林など、地球上の生物多様性ホットスポットを有する、ブラジル、インド、中国、マレーシア、インドネシアでは、近年の著しい経済発展と開発のため、生物多様性保全が緊急の課題となっている。世界的課題である熱帯生態系の多様性保全には、ゾウやトラ、オランウータン、イルカ、ワシなど、大型動物の研究と保全が重要な意味を持つ。これらの多くは、その種を守ることが他の多くの生物や環境を守ることに繋がるアンブレラ種であると同時に、保全活動などで各生態系のシンボルとなるフラッグシップ種だからである。しかし、大型動物は寿命が長く行動圏も広いため、その研究や保全は困難であり研究者もまだ少ない。したがって、新たな研究技術の開発や若手研究者育成、保全のための社会的仕組みの構築が求められている。このため、2012年に日本学術会議の統合生物学委員会に野生動物保全のための総合的学問領域「ワイルドライフサイエンス」の創生を目指す分科会が設置された。京都大学野生動物研究センターはこれまで、霊長類研究所とともに、ワイルドライフサイエンスの創生と国際的な実践のために、熱帯諸国及び優れた研究技術を持つ英国の研究機関と、オランウータンやイルカなど多様な野生動物に関する共同研究や様々な研究交流事業を推進してきた。本計画では、これまでの交流実績をもとに、日本と相手国研究者、特に若手研究者や大学院生が対等な関係で、1) 日本が得意とする音声や画像、ゲノム、生化学成分の高度解析、及びバイオリソングやドローン技術などの大型動物研究に利用できる新たな先端研究技術の共同開発と、それを利用した共同研究、2) ヒトと野生動物の共存に必要な共同研究、及び野生生物の研究・保全・教育はもちろん、地域の経済活性化と環境保全にも貢献できる自然生息地型動物観察施設「フィールドミュージアム」整備のための共同研究、3) 国際セミナーや研修、共同研究、大学院教育連携による若手人材育成、などを推進することで、これまでの事業で構築してきた、日本が核となる熱帯生物多様性保全に関する国際研究協力ネットワークを拡大・強化して、京都大学に熱帯生物多様性保全の国際研究拠点を構築することを目標としている。世界の熱帯域を繋ぐ研究協力によって、生物多様性保全に関するユニークな国際貢献を果たしたい。

## 大型動物研究を軸とする熱帯生物多様性保全の国際研究拠点



## 令和3（2021）年度 成果報告書

## 【8. 交流相手国との世界的水準の研究交流拠点の構築状況】

本事業では、相手国研究機関であるブラジルの国立アマゾン研究所、インドのインド科学大学、マレーシアのマレーシア科学大学、中国の中山大学、インドネシアのボゴール農科大学、イギリスのケンブリッジ大学と協力して、先端研究技術の共同開発、それを利用した以下のような世界的水準の共同研究をさまざまな野生動物を対象として行なった。

ブラジルとの共同研究では、絶滅危惧種であるアマゾンマナティーの野生復帰事業（本事業経費外）のための研究や、都市孤立林に生息するナマケモノ類や霊長類の生態・行動研究などを行なった。アマゾンマナティーの研究では、バイオロギングによる野生復帰マナティーの行動モニタリング技術の開発を通じて、世界で初めて成功したアマゾンマナティーの野生復帰に貢献した。ナマケモノ研究では、野生個体の体温や心拍数の長期記録に初めて成功し、彼らがエネルギー消費を極端に抑えた体温調節を行なっていることを明らかにした。

インドとの共同研究では、絶滅危惧種であるアジアゾウやドール、ユキヒョウなどの研究を行なった。野生アジアゾウの研究では、行動調査と音声分析によって、これまでアフリカゾウに比べて未解明だったアジアゾウの音声レパートリーを明らかにしたほか、群れの他個体に危険を知らせる音声タイプも特定した。飼育下アジアゾウ研究では、毛に含まれるストレスホルモンの分析により、毛中コルチゾール濃度によって本種のストレスを評価できることを示した。これらの研究でインドの若手研究者2名がそれぞれ学位を取得した。また、インドでの共同研究がきっかけで始まったキルギス共和国でのユキヒョウ研究では、肉食獣である本種がかなり植物を食べることや、繁殖と関連した匂い付け行動の実態などが初めて明らかにされた。

マレーシアとの共同研究では、オランウータン、マレーバク、ジャコウネコ類、テングザル、イルカ類などの研究を行なった。絶滅危惧種のマレーバクなど、熱帯雨林の塩場に集まる動物のカメラトラップ画像と塩場の水のミネラル分析によって、塩場には主に草食獣がナトリウム補給のために集まることを明らかにした。また、樹上性の強いオランウータンも、地上に降りて塩場を利用することが初めて明らかになった。さらに、環境DNA分析によって塩場を利用する動物種を特定できることを初めて示した。DNAのメチル化分析によってネコ科動物の年齢推定が可能であることを示した論文、ジャコウネコ類などのボルネオ島の食肉目9種が活動時間をずらす時間的棲み分けなどが共存していることを示した論文は、それぞれScientific reportsに掲載され高く評価された。特に後者は、2021年に掲載された1980本以上の生態学関連論文の中でも特に多くダウンロードされた（上位3%以内）。マレー半島沿岸で行なったイルカ類の音響調査から、音声でスナメリとシナウスイロイルカの種判別が可能であり、音響による分布調査によって2種の分布が異なることを明らかにした。

中国との共同研究では、アカゲザルやコロブス類等の霊長類やロリス類の研究を行なった。海南島南部のアカゲザルに関して、DNAで推定した血縁関係と個体間の交渉頻度を比較した結果、父系よりも母系の血縁が個体間の交渉頻度に影響を与えていることがわかった。コロブス類の甘味受容体と苦味受容体の遺伝子配列と機能を検討し、甘味受容体が機能を失う方向に進化していることなどを明らかにした。また、マカク類では、苦味受容体TAS2R38の多様性が他の霊長類と大きく異なることを見いだした。さらに、日中共通の問題となっているスローロリス類の違法貿易を防ぐために、ゲノム解析や腸内細菌叢の解析を実施した。

インドネシアとの共同研究では、ジャワルトン、スラウェシマカク類（クロザル等）などの霊長類、ロリス類、マレーヒョケザル、ジャコウネコ類等の研究をおこなった。霊長類では、ジャワルトンの性や成長段階による食性や日周活動パターンの違いを明らかにした。また、スラウェシマカクの毛色に関する遺伝子（MC1R）の配列と変異、ジャワルトンとクロザル等の味覚受容体遺伝子と摂食行動の関係、樹液を食物とするロリス類の腸内細菌相を明らかにした。また、マ

## 令和3（2021）年度 成果報告書

レーヒヨケザルに関しては、その活動パターンを初めて明らかにし、最近観察された大量死の原因が、極端な乾燥とそれに伴う主要食物である若葉の不足である可能性が高いことを示した。

イギリスとの共同研究では、化石などに含まれる古 DNA や環境 DNA 解析およびゲノム解析、ドローンやカメラトラップで撮影した画像の解析による野生動物研究手法などの共同開発を行なった。DNA 解析では、日本の本州で出土した 32500 年前のヒグマ化石から抽出した古 DNA の塩基情報の解読に成功し、解読した塩基配列情報から、ヒグマは少なくとも 2 回、ユーラシア大陸から本州に移動したことを明らかにした。また、日本の絶滅危惧種であるイヌワシのゲノム解析によって、その保全に重要な遺伝的多様性に関する情報を初めて明らかにした。画像解析では、ドローンで撮影した野生馬など、野生動物の画像を解析することによって個体の位置関係の計測や個体判別を行い、結果を機械学習を利用して解析する手法などを開発した。

以上の共同研究に加え、各相手国持ち回りで開催した国際ワークショップで、本事業の特徴的な社会貢献目標の一つである、研究・保全だけでなく、環境教育や環境保全、地域の経済活性化にも貢献できる自然生息地型生物観察施設「フィールドミュージアム」のアイデアを参加国間で深化・共有し、各国での実現のための努力を行なった。特に、本事業がきっかけとなって始まり、協力を続けてきた、京都大学野生動物研究センターと国立アマゾン研究所による JST—JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS) 「“フィールドミュージアム”構想によるアマゾンの生物多様性保全」事業によって、世界で最初のフィールドミュージアムがブラジルのマナウスに設立されたことも、本事業の大きな成果である。2019年の国際ワークショップはマナウスのフィールドミュージアムで開催したことにより、フィールドミュージアムに関する理解が深まり、各参加国におけるフィールドミュージアム実現への機運が高まった。

## 【9. 次世代の中核を担う若手研究者の育成】

各相手国における大型動物に関する共同研究を通じて、相手国と日本の若手研究者の研究技術や国際コミュニケーション能力を向上させるとともに、毎年、各相手国からの若手研究者を計 12 名（各国 2 名）、約一ヶ月間日本に受け入れて、大型野生動物に関する研究技術の向上を目指した研修と日本の野生動物に関する共同研究を、世界自然遺産であり野生動物研究センターが観察施設を持つ屋久島、および京都大学や連携動物園・水族館の施設などで行った。この研修および共同研究は、毎年、京都大学の大学院生中心とする日本の若手研究者計 20 名と合同で行ったもので、フィールドワークだけでなく次世代シーケンサーを使ったゲノム解析やドローン利用など、先端的な野生動物の研究法を日本と相手国の若手研究者が協力して開発し習得しながら、屋久島の貴重な野生動物研究を進め、その保全に貢献することを目的としたもので、京都大学大学院理学研究科の正式なカリキュラムとなっている。これらの研修と共同研究の後、京都大学において、国際セミナーをおこない、これまでの共同研究と研修の成果に関する情報を共有するとともに、ゲストスピーカーとして招いたゲノム解析、音響解析、バイオロギングなど先進的研究手法による優れた研究を行っている研究者による講演と討論により、今後の共同研究に有用な情報交換を行なった。これらは全て英語を公用語として行われ、研究能力の向上だけでなく、次世代の中核を担う相手国や日本の若手研究者の国際コミュニケーション能力の向上や研究ネットワークの形成に大きく貢献したと多くの相手国コーディネーターから高く評価された。特に、これまで希薄だった熱帯諸国の若手研究者間の交流とネットワーク形成に貢献できたことが、本プログラムの特徴的な貢献として高く評価された。2020年度と2021年度はコロナ禍のため、海外からの参加はできなかったが、3年間だけでも相手国からの若手研究者が計 36 名参加した。これに加えて、各研究課題に必要なゲノム解析、音響解析、バイオロギングなどの先端研究技術習得とデータ解析のために、3年間で計 7 名の相手国若手研究者が適宜日本を訪れて研修と



## 令和3（2021）年度 成果報告書

共同研究を行なった。そのうちマレーシアから来日した4名がその結果をもとに学位（博士号2名と修士号2名）を取得している。

## 屋久島と京都大学での実習と共同研究



## 【10. 中間評価指摘事項への対応】

中間評価における各指摘事項に関しては、それぞれ以下のように対応した。

相手国拠点と共同で熱帯性の大型稀少動物の保全に関わる生態および行動研究を精力的に進め、学術的価値の高い成果が得られた点は評価できる。相手国拠点との国際セミナーをはじめ、多岐にわたる交流実績があり、熱帯諸国間の研究者交流の基幹の役割を果たしている。また、本課題のセミナーを契機としてキルギスとの国際共同研究を開始することになったことは波及効果とみなせることから、目標達成に期待が持てる。研究成果に関しては、分野・研究対象を考えると、2年間で多くの成果が生み出されるもの、インパクトファクターの高いジャーナルへの成果が求められるものでもないのかもしれない。それらのことを差し引いても、論文という有形の成果はもっとあってしかるべきである。

> 論文文化までに時間を要する研究分野が多いが、ご指摘にしたがって参加研究者に論文文化の加速をお願いした。その結果、年間の発表論文数が増加した。

若手研究者育成の観点では、実績が着実に上げられている。ただ、国内の大学院生、PD研究員の育成ができていくかについて、学会発表後論文化するまでのプロセスを含め、自己点検することが強く求められる。また、若手研究者対象のセミナー、シンポジウムでは、受講対象を広げ、他大学の若手研究者にもよい刺激を与える波及効果を期待したい。

> 参加研究者に学会発表後に論文化するまでの指導の強化をお願いした。また、若手研究者対象のセミナー、シンポジウムは、他大学や相手国以外の若手研究者にも、なるべく多く参加してもらうため、JSPS 霊長類学・ワイルドライフサイエンス・リーディング大学院の国際シンポと共催で開催した。特に2020年度と2021年度はオンラインで開催したため、結果的に他大学や参加国以外からも多くの若手研究者が参加した。

今後の研究交流活動計画は、熱帯生態系における生物多様性の保全という方向で、個々の研究、活動をどのように有機的に結びつけていくかが課題である。また、このプロジェクトで目指している野生動物の保全、さらにその彼方にある生物多様性の保全は、アンブレラと称している

## 令和3（2021）年度 成果報告書

種の「生息地」の保全のもとに成立すると考えられるが、研究対象としている種と生息地環境との関係を明らかにすることを目指した研究が少なく、この側面からの研究の進展が期待される。

>ご指摘にもとづいて、今後の研究交流活動に関して参加研究者間で議論し、生物多様性保全のためには、各動物種の研究に加えて、各生物種と生息地環境および人間社会との関係に関する研究をさらに強化し、フィールドミュージアムの概念を軸にして、個々の研究や活動を有機的に結びつけることが重要であるとの認識を共有した。

経費負担面では、対等な研究交流が達成されておらず、相手国拠点の経費による受入を増やすことを期待したい。

>ご指摘のように対等な経費負担（1：1）とはなっていないが、少なくとも相手国研究者の日本への渡航経費の全額と相手国での日本側研究者の滞在経費の一部（研究機関の宿泊施設利用など）は相手国が負担してきた。相手国研究機関に相手国での研究経費など、更なる負担をお願いしたが、2020年度と2021年度はコロナ禍のため、渡航経費やワークショップ開催経費の支出もなくなり、相手国での研究の多くも止まってしまったため、相手国の負担はほとんどなくなってしまった。

さらに、ブラジル、中国、英国との研究成果が認められないことから、これらの国との論文公表および学会発表につながる成果が期待される。

>参加研究者に発表や論文化の加速をお願いした結果、ブラジル、中国、英国との研究成果が増加した。

## 【11. その他の成果・今後の課題・展望等】

その他の成果としては、2017年度に、京都大学で飼育ゾウの福祉に関する国際研究集会を開催したことがきっかけとなり、2019年6月に京都大学で開催された第14回国際環境エンリッチメント会議（IECC2019Kyoto）で、飼育ゾウの福祉と保全に関する特別セッションを企画・開催した（参加者約150名）。また、2017年度にキルギス共和国から2名の研究者を招聘して、神戸市立王子動物園において「ユキヒョウシンポジウム2018：野生からの出張セミナー」（参加者62名）を行なったことをきっかけに、インドの共同研究者とも協力して、2018年からキルギスのパミール高原でもユキヒョウの食性、繁殖、遺伝子に関する共同研究を開始した（本事業経費外）。その後、中国やネパール、ブータンのユキヒョウ研究者とも研究交流を進めた。これらの活動によって、絶滅危惧動物の世界的シンボルであるゾウとユキヒョウの保全と福祉に関する国際研究協力ネットワークを日本側研究機関が中心となって強化した。

今後の展望としては、京都大学内の組織改変により、京都大学野生動物研究センターが人員補強されたことにより、本事業によって形成された野生動物保全に関する国際研究協力ネットワークを発展させ、ゲノム科学や環境DNA、情報科学などにもとづいた新研究技術開発と、それらを駆使した国際共同研究をさらに進め、今後も世界的水準の研究交流拠点を維持するための体制が整いつつある。一方、生物多様性保全のために必要な、野生動物と生息地環境および人間社会との関係に関する研究を進めるための人材と予算の確保、また、屋久島での国際研修や共同研究など、若手研究者育成に向けた活動の継続的実施に向けた予算の獲得が今後の課題である。