

# 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

## 研究課題別中間評価報告書

### 1. 研究課題名

マレーシア国サラワク州の保護区における熱帯雨林の生物多様性多目的利用のための活用システム開発 (2021年2月～2026年2月)

### 2. 研究代表者

2-1. 日本側研究代表者：市岡 孝朗 (京都大学 大学院地球環境学 教授)

2-2. 相手国側研究代表者：ルニ シルベスター プンガ (サラワク州森林局 上席次官補佐)

### 3. 研究概要

本研究では次世代シーケンシングなどの先端技術を用いて、サラワク州に点在する保護区 (国立公園を含む) における生物の分布域や保護状況、すなわち生物多様性の高さを網羅的に調査する。具体的には、保護区から各分類群 (昆虫・植物・菌類・微生物) の試料を採集し、それら試料の分子情報や外部形態情報などを得る。さらに、それら情報を相手国の各データベース (昆虫、木本・草本、菌類) へ入力して相互に参照できるようネットワーク化し、サラワク州における生物多様性研究のための研究基盤を整備するとともに、科学的な技能を備えた人材の育成に貢献する。さらに、教育・社会普及プログラムとエコツアーの開発を行い、生物多様性の知的資源の価値に対する現地住民や観光客の認識を高める。各保護区の生物の分布域・保護状況 (=生物多様性の高さ) を比較することで、科学的なエビデンス情報に基づいた保護区の優先順位付け (=重要保護区の選定) と保護区管理にも寄与することが期待される。

本研究は、以下の6つの題目から構成されている。

研究題目1：生物多様性科学分野の研究に必要な基盤整備と研究推進

研究題目2：生物多様性の知的資源・情報を活用するための情報プラットフォーム構築

研究題目3：生物多様性科学分野における研究活動への参加を通じた人材育成

研究題目4：生物多様性科学の成果を活かしたエコツアーの開発

研究題目5：生物多様性の知的資源の価値に対する認識を強化する普及プログラムの策定

研究題目6：知的資源としての生物多様性を有効に活用するための国立公園管理制度に関する政策提言

### 4. 評価結果

総合評価：A-

(所期の計画とほぼ同等の取組みが行われ、一定の成果が期待できる。)

研究題目1の多様性解明研究と研究題目3の教育支援は、概ね順調に進捗していると評価する。特に東南アジア圏における次世代シーケンサー（NGS）の導入と分子実験ラボの整備は、学術的なインパクトが大きい。また、生物多様性調査研究用マニュアルやデータ管理の各種マニュアルを準備しつつあり、一部は既に提供している。エコツーリズムや現地の人々の意識の実態把握なども進んでおり、データプラットフォームを利用した研究参加型エコツーリズムなどの新しいアイデアも出てきている。

一方で、個々のテーマについての研究は進んでいるが、さまざまな研究成果をどのように社会実装に結びつけていくかの計画が十分に練りきれていないように思われた。特に、生物多様性情報統合システムの設計の具体案が固まっていない。研究課題タイトルにある「生物多様性多目的利用のための活用システム開発」のためには、データプラットフォーム構築（研究題目2）と、それを利活用するプログラムの実装（研究題目4, 5, 6）が鍵となる。しかしながら、データプラットフォームシステムの具体的な内容としてデータプラットフォームの機能やユーザ等が十分に定まっていないために、このデータプラットフォームを活用するという位置づけにあるエコツアー（研究題目4）や地域普及プログラム（研究題目5）等についても、アイデアの具体化に向けた活動や社会実装の筋道が見えなかった。

今後、マレーシア政府では、生物多様性条約（以下、CBD）ナショナルレポートにおいて政府の取り組みを報告していくことが予測される。本研究の成果を社会に活かす機会であると考えられるため、こうした動向も見据えた新しい展開を期待する。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究開始直後からコロナ禍に見舞われ、渡航制限などのために研究の進展に遅れが出たことは、考慮すべき点である。こうした環境下においても、研究題目1については現地での調査も含め順調に研究が進められていることは評価に値する。

マレーシアのサラワク州を含むボルネオでは、生物多様性の宝庫といわれながらその実態が必ずしも十分に調査されておらず、既知種の標本・情報が乏しく、新種記載・分類・インベントリに必要の機器やインフラも無い状況である。こうした状況から、正確に種数や多様度を把握した研究は稀少であり、生物種のインベントリそのものを構築する本研究のインパクトは高い。また、本研究によりマレーシアに次世代シーケンサーが導入され、DNA情報に基づく生物の種判別・系統解析技術が確立されれば、それらを活用した研究や資源管理を自前で実施できる能力を相手国自らが獲得することになる。相手国と先進国の対等な関係の構築につながる本研究の貢献は大きく、相手国研究者らの能力強化によって国際的にも重要な成果が得られることが期待される。本研究は、このような先端的な研究体制基盤を東南アジア諸国の中で先駆けて実現しようとする点で、大きな意義がある。

2022年8月以降は多くの日本人研究者が現地に渡り、次世代シーケンサーや三次元画像作成・処理・解析システムが導入され（研究題目1）、留学生の受け入れも進み（研究題目3）、研究計画はおおむね順調に進捗しはじめていると評価する。個別の生物群に対する多様性解明研究に

関しては、論文出版を含む研究活動も順調に進んでおり、生物多様性の基盤研究部分は国際的に評価されるレベルである。

他方で、研究題目 2「生物多様性の知的資源・情報を活用するための情報プラットフォーム構築」に関しては、生物多様性情報統合システムの設計の具体案を十分に検討できていないように思われた。例えば、現時点では標本の画像アーカイブが作られているが、これらのデータの活用先の中核となるデータプラットフォーム自体の基本的なシステム設計の方針（どのような利用ソフトウェアを使用してデータベースを作るか等）が示されていないため、システム構築には遅れがあると推測される。また、本研究で得られた生物多様性情報に外部者がアクセスできるよう、これらの情報をまずはデータペーパーとして発表し、研究データをオープン化していくことも必要である。相手国側とも協議してできるだけ早くデータベースの機能や利用対象者などの内容を固め、それらの情報を統合するシステムの具体化を急いでほしい。

上記のデータベース構築自体の遅延のため、これらのデータをエコツーリズム（研究題目 4）や地域の普及活動（研究題目 5）などの社会実装の中で活かしていく方向性が見えず、政策への反映（研究題目 6）を含めて最終的な相手国機関への実装の姿が明確になっていない。研究題目 6 においては、本研究の成果・エビデンスに基づいた生物多様性多目的利用のための活用システム開発に向けて、政策提言の内容のみならず政策の提出手順も明確にする必要がある。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

研究代表者は本分野の研究実績を十分に有し、研究をリードする力を有している。研究代表者が高い実績を持つ研究題目 1 においては、相手国研究者とともにサラワク州内の国立公園を始めとする全面的保護地域（TPA）を訪問し、菌類・植物・昆虫・土壌節足動物・両生爬虫類など広範囲の分類群にわたる生物を対象にした DNA 情報と形態分類情報の取得のための試料採取調査計画（SBPS: Survey on Biodiversity in Protected areas of Sarawak）を 2022 年 8 月以降順次実施している。現地でニーズの高い哺乳類・鳥類などの試料収集分析については、研究体制や本研究の中でどこまで取り組むのかについて未だ定まっていないものの、今後の調査は加速していくと思われる。

次世代シーケンサーは、コロナの影響で 9 ヶ月遅れたものの、2022 年 9 月にサラワク州森林局とサラワク州生物多様性センターに導入された。三次元画像作成・処理・解析システムの現地でのトレーニングも開始され、今後有効に活用されることが期待される。分子実験ラボの整備は急速に進んでおり、次世代シーケンサーを用いた迅速で的確な種・系統判別技術の確立に向けてのプロセスが進んでいる。

他方、コロナ禍による大幅な渡航制限下で、相手国とどのような対応策を講じてきたかは明確ではなく、相手国機関の研究分担事項等において、マレーシア側との国際共同研究の実施体制が適切に計画されていたかについては検討の余地がある。研究題目 2 のデータプラットフォーム構

築の部分では進捗が遅れが見られるため、早急に研究チーム体制を拡充して遅れを取り戻す努力が求められる。データプラットフォーム構築の遅れが、エコツアー開発・普及プログラム・政策提言（研究題目 4, 5, 6）においても深刻な影響を及ぼさないよう留意してほしい。また、研究終了後に相手国研究者がプラットフォームを持続的に活用していくための体制を確実にするためにも、各研究題目の最終的な着地点を具体的に示すことが求められる。

研究代表者のビジョンや信念を理解したメンバーがプロジェクトを支えている点は心強い。しかしながら、6つの研究題目からなるチーム全体でのコミュニケーションは必ずしも十分とは言えないため、研究成果をどのように社会実装に結びつけるかについて、相手国や国内の研究分担者、および JICA や JST とも協議を重ね、今後の進め方を具体化していただきたい。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

先述したように、早急にデータプラットフォームの構築体制を拡充して研究を進めてほしい。また、収集されたデータを活用する研究題目 3, 4, 5, 6 についても両国の研究者で最終的な社会実装の姿とゴールへの道筋について意識を共有していただきたい。研究の基本的な方向性は良いと考えられるので、生物多様性研究とエコツーリズムやアウトリーチにあたる社会実装を具体的にどのように接続していくのかについて、筋道と最終地点のイメージを関係者全員で詰めたうえでバックキャスト的に取り組んでいくことが必須である。

研究題目 1 では「昆虫・植物・菌類・微生物の複数の分類群を対象に、15 箇所以上の国立公園から試料を集め、次世代シーケンサーを用いて得た分子情報と三次元画像読取装置を用いて得た外部形態情報を分析して、系統生物地理学・分類学における最先端研究を進める。」という目標が掲げられている。既に 3 箇所の保護区で試料採集が完了していることから、今後も採集作業が順調に進めばプロジェクト期間中に 15 箇所の保護区での試料の採集自体は可能と考えられるが、採集した試料の DNA 分析には時間を要する。このため、残りのプロジェクト期間中に各保護区の生物多様性の高さを比較するには、対象とする保護区や対象種に優先順位をつけて取り組んでいくことが重要である。残された研究期間内に社会実装の成果が確実にあがるよう、研究の進め方を工夫することが必要であるが、先に述べたように、CBD ナショナルレポートへの貢献などにより研究成果が社会的に活用される道筋を探ることも有効であると考えられる。

生物多様性の保全是喫緊の地球規模課題であり、研究の方向性は妥当なものである。研究対象地域は世界的にも貴重な生物種の宝庫であることから、その生物多様性インベントリを拡充することは、相手国のみならず日本を含めた世界的な科学技術の貢献となる。多様性解明研究に関しては、論文などのかたちで既に多くの成果が上がりつつある。また、生物多様性調査研究用マニュアルやデータ管理の各種マニュアルの作成や提供を通じて相手国への技術移転が進むことが期待され、科学的な成果は見込めると考えられる。データプラットフォームにおける標本・サンプルデータの管理は、2 名のポスドク研究員が担当しており、日本人の若手育成に貢献している。

また、多くの日本人若手研究者が本研究に参加し、現地での経験を積んでいる。

ただし、生物多様性条約（CBD）や生物多様性観測ネットワーク（GEO BON）などの国際的な動きと本研究チームの連携は弱い。「グローバル化に対応した日本人人材の育成」という点では、本研究の成果を CBD、GEO BON にインプットする機会を積極的に設定し、そのプロセスに若手が参加することも望ましいと考えられる。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

相手国メンバー4 名が JICA 長期研修生として日本の大学院へ留学して意欲的に研究を進めており、その研究活動は現地の研究者にもよい刺激を与えている。上記の留学生らは、帰国後も相手国において自立した研究を進めていくことが期待できる。このように、生物多様性研究に関しては人材育成が進み、継続的に発展していくと考えられる。

相手国側研究者の自立性・自主性の獲得には、供与機材の次世代シーケンサーを相手国研究機関が使いこなせることが不可欠であるため、研究経験のある生物多様性センターのスタッフが、経験の少ない森林局のスタッフを手助けするなど、機関の垣根を越えた協力・支援体制を確立することも必要である。したがって、森林局と生物多様性センターの間の協力・連携体制の強化にも引き続き尽力いただきたい。現状では次世代シーケンサーが導入され、現地研究者のトレーニングが開始されたばかりであるため、現地研究者によるインパクトの高い研究成果の創出や論文公表については、プロジェクト後半での更なる躍進を期待したい。

研究題目 6 では、最終年度に相手国研究機関や国立公園を管理する関係部局に対して、「知的資源としての生物多様性を有効に活用するための国立公園管理制度に関する政策提言」を行う計画である。これが実現すれば、本研究課題の成果を基として、国立公園内の生物多様性を知的資源として利用するために有効な制度やしくみの構築に反映することが可能である。生物多様性条約の下でのナショナルレポート作成にたずさわった経験を持つ研究者が相手国チームにいるため、本研究の成果は研究期間終了後も相手国で活用されることが期待される。現時点では未着手であるが、できるだけ早期に政策提言の内容についての具体的なイメージを関係者で共有し、提言先についても検討を進めてほしい。

#### 4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

1. 研究題目 2 のデータプラットフォーム構築に向けた体制を拡充することが必須である。研究終了時以降に相手国研究者が自立的に研究を実施するための体制構築や、データプラットフォームの維持・運営方針や体制、データポリシー等は、未だ定まっていない。早急にこれらの方針を確定するとともに、データプラットフォームを活用するエコツアーリズムの設計や普及活動の設計方針を策定する必要がある。残り 1~1 年半後に終了評価を迎えることから時間的な余裕はないため、優先的に取り組んでいただきたい。
2. 研究題目 6 の政策提言は、研究題目 1~5 の結果（エビデンス）に基づいたものでなければ

ならず、最終的な社会実装の姿を明示するものとなる。できるだけ早い段階で、どのような提言書を誰に提出するのか（対象省庁、部局など）、その具体案と手順を相手国研究者と共有したうえで対応を進めてほしい。

3. 研究題目間の立て付けそのものが、綿密に設計されていない可能性がある。生物多様性研究基盤整備（研究題目 1）、データプラットフォーム構築（研究題目 2）、人材育成（研究題目 3）、エコツアー開発（研究題目 4）、普及プログラム策定（研究題目 5）の間の相互連関を高めるためには、エコツアー開発や普及プログラム策定などのアウトリーチ活動と本研究の基盤である基礎研究部分を接続する取り組みを、具体的に研究計画の中に落とし込んでいく必要がある。また、エコツアー開発や地域活動の側面から、研究題目 1 や 2 へのインプットも組み込んだ研究の視点も必要である。
4. 研究成果の社会実装のあり方について、国際的な要請やマレーシア政府のニーズ、JST や JICA の関心と合致していない部分がある。さまざまな社会的要請や関係者のニーズに耳を傾け、研究成果を役立てる方法を多面的かつ柔軟に検討いただきたい。研究代表者のビジョンをつよく押し出して研究を進めていただくことは歓迎するが、社会実装については SATREPS 関係者の意見もうまく取り入れながら、様々な要請やニーズの理解に努めてほしい。

以上

## 成果目標シート (雛形: 適宜変更してご利用ください)

研究課題名	マレーシア国サラワク州の国立公園における熱帯雨林の生物多様性活用システムの開発
研究代表者名 (所属機関)	市岡孝朗 (京都大学)
研究期間	2019採択 (2020年4月1日～2025年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	マレーシア国/サラワク州森林局、サラワク州生物多様性センター、世界自然保護基金マレーシア
関連するSDGs	(主)目標 15. 陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する 目標 4. すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する 目標 8. 包摂的かつ持続可能な経済成長及びすべての人々の完全かつ生産的な雇用と働きがいのある人間らしい雇用 (ディーセント・ワーク)を促進する

### 成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	・自然科学全般・技術の高度な発展を担う人材の育成 ・観光産業の活性化と生物資源利用の基盤情報集積 ・一般社会の文化水準の向上
科学技術の発展	・熱帯林の生物多様性に関する基礎情報量の増大 ・生物多様性の定量的評価のための調査・解析手法の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	・動植物のタイプ標本とその三次元画像 ・熱帯林に生息する膨大な生物のDNAバーコード情報 ・広範な地域の生物多様性インベントリー情報
世界で活躍できる日本人材の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際研究プロジェクトでの指導力向上、国際貢献活動での問題解決能力の向上など)
技術及び人的ネットワークの構築	・広範な地域の生物多様性情報を集積・解析し、その結果を社会に発信する研究者・実務者ネットワークの構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・熱帯雨林の生物多様性を高度に維持・利用するための国立公園統合システムに関する提言 ・熱帯林の生物多様性活用に関する学術論文・著作 ・熱帯林の生物多様性のデータ活用のためのインターフェース構築(それに基づく生物多様性情報活用のためのプログラム・マニュアル・解説書の出版を含む)

Ver.170401

### 上位目標

国立公園の生物多様性の安定的な保護と地域住民による生物多様性資源の持続的で衡平な利用や知識・文化水準の向上に貢献する。

国立公園における生物多様性保護と生物多様性に関する知識活用を促進・支援する公園管理システムの構築に資する政策提言を行う。

### プロジェクト目標

熱帯林の生物多様性に関する情報を集積するための研究基盤を構築してその運用を軌道に乗せ、生物多様性情報を教育・産業に活用するシステムを確立する。

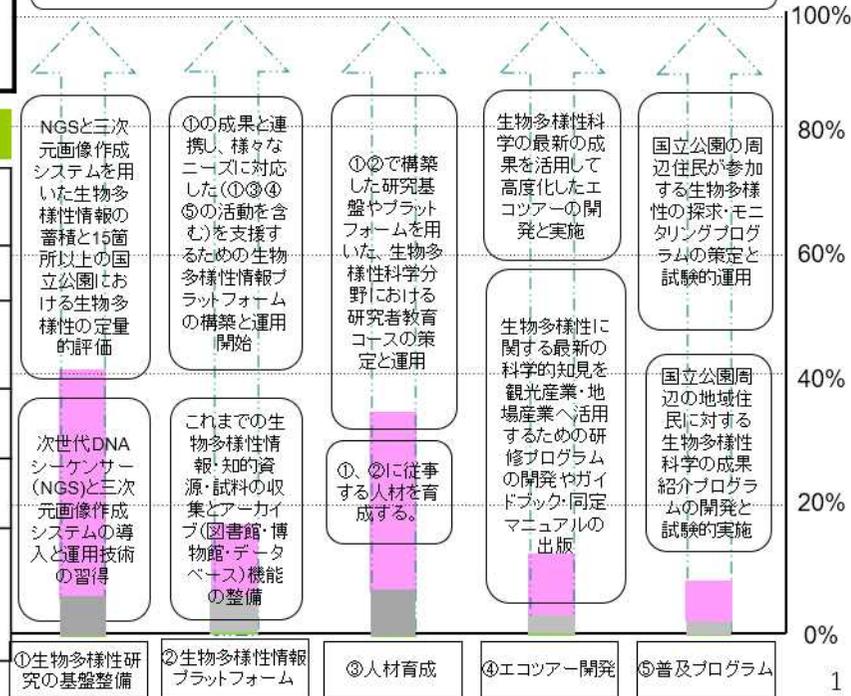


図1 成果目標シートと達成状況 (2023年3月時点)