

わが国の産業・社会の基盤資源としての昆虫類の生物情報データベースおよび大規模標本の整備

① 計画の概要

昆虫は地球上で量的、質的に最も繁栄し、地球環境や人間生活と密接不可分の関係を有する。国内には、日本列島の地理的、気候的な特徴を反映し、欧州全体の種数に匹敵する 10 万種以上の昆虫が生息するとされる。今日のグローバル化・地球温暖化時代において、昆虫は生物多様性の重要な役割を担うばかりでなく、他方では作物加害、重篤な人畜感染症や植物病害を媒介するリスク生物としても重要性が増している。本研究計画では、この豊かな多様性を経済活動と国民の健康維持に生かすための学術的基盤を形成することを目標に、1) 大規模な昆虫標本の収集とその形態変異・生理生態・地理的分布等の種情報のデータベース化、2) DNA バーコードをはじめ分類同定ならびに系統識別用の遺伝子情報の蓄積、3) 農業害虫、衛生害虫、有用昆虫、環境指標種等、国内の代表的昆虫の全ゲノム解析、4) 代表的昆虫の寄生・共生微生物のメタゲノム、シングルセル・ゲノム解析、5) マイクロ CT 等を用いた 3D 形態情報の集積による昆虫の形態形質のデジタル化・計量化による自動検索・同定システムや、微量元素分析に基づく発生源特定技術の開発を行う。

これによって、生物情報と標本資源を集積するとともに、近未来に活用できる新たな技術を確立する。衛生害虫による感染症の国内における流行の危険に対して適切な対応をとるためにも、また食品安全等に関して科学的な根拠に基づき国際間の交渉を行い、貿易の促進とわが国のヒトや動植物の健康保護を両立するためにも、昆虫の生物情報データベースおよび大規模標本の蓄積整備が必要である。また、本研究計画の成果は、生物多様性科学に飛躍的発展をもたらす。環境分野での国際的活動において日本が先導的な役割を果たすことを可能にする。科学的知見に基づく政策や具体的な対策の実施は、生物多様性の保全と持続可能な利用を通じて、豊かな自然共生社会の実現に大きく寄与する。



② 学術的な意義

昆虫の最大の特色はその種多様性にあり、昆虫の生物情報データベースおよび大規模標本の整備は、生物多様性科学の発展に中心的な役割を果たす。日本は世界の生物多様性のホットスポットの1つであり、アジア地域の昆虫学者と連携し、調査を実施するとともに標本とその種情報を組織的にカタログ化・収蔵することで、アジア地域における昆虫多様性学の拠点として、国際的に貢献することができる。実用化規模のDNA バーコードデータならびに3Dを含む形態情報を既存のアジア・太平洋地域産昆虫種情報とリンクさせた昆虫の同定・検索支援システムは、類似物のない独自のシステムであり、広くアジア全域での農業害虫や検疫対象害虫・感染症媒介昆虫・有用昆虫を同定し、情報検索を行うための基盤ツールとしてきわめて実用性が高い。また、蓄積されたDNA情報から特定の目標昆虫用のカスタムメイド・マイクロアレイを開発し、PCR多型・1塩基多型等の鑑別法を適用できるようになれば、防疫施設での重要害虫の簡易同定をはじめ、さまざまな用途に迅速な同定システムを提供できる。これらの成果は、分散する情報資源に異分野の専門家を含む幅広い利用者が自らアクセスして同定と統合検索を行うことを可能とし、農業あるいは植物検疫上重要な昆虫の研究基盤を飛躍的に強化するとともに、農作物の輸出入検疫や農業生産の現場を支える技術となることが期待される。本研究計画は、昨今のグローバル化や地球温暖化により侵入や分布拡大が懸念される感染症媒介昆虫や薬剤抵抗性害虫研究の基盤整備にも貢献するものであり、代表的昆虫種の寄生・共生微生物のメタゲノム、シングルセル・ゲノム解析も包含する。これらの革新的なゲノム解析や微量元素解析の成果は、宿主昆虫の種・系統・地理的分布の精密な同定や外来性昆虫が保有する病原の国内侵入の監視や感染症の解析等の幅広い研究に貢献すると考えられる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

生物情報収集において、日本はアジア・太平洋地域の昆虫類に関する約50万件の種情報昆虫学データベース KONCHU と約35万点のアジア太平洋地域産昆虫標本データベース AIIC を公開し、国際的に高い評価を得ている。一方、欧米には、スミソニアン国立自然史博物館 (標本数3500万点) をはじめ膨大な昆虫コレクションがあるが、国内の標本収集、収蔵状況は最大の九州大学コレクション (400万点) でも世界で10位以下である。種同定の重要ツールであるDNAバーコードに関する研究や、比較ゲノム研究、種内変異解析も日本では不十分である。アジア各国における、衛生害虫、農業および畜産害虫の種情報の集積と正確な同定技術の確立は、国民生活上、農業振興上きわめて重要であり、他国の後塵を拝することのないよう、情報の集積と体系化、利用のためのネットワーク化を推進しなければならない。マイクロCT等を用いた3D形態情報の取得については、先導するドイツのグループとの共同研究により、異分野の専門家も含めて広く利用できる同定・統合検索支援システムの構築を目指す。

④ 実施機関と実施体制

【実施機関】大学(北海道大学、東京大学、東京工業大学、東京農業大学、京都大学、京都工芸繊維大学、神戸大学、愛媛大学、九州大学、長崎大学)、独立行政法人 国立科学博物館、国立研究開発法人(農業・食品産業技術総合研究機構、国立環境研究所)、国立感染症研究所。実施の中心となる九州大学大学院比較社会文化研究院と農学研究院、東京大学大学院農学生命科学研究科、国立感染症研究所昆虫医科学部、および国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構では、それぞれの組織で一部の構成員が研究計画へ参加することについて正式に合意されている。

【実施の主体となる機関の役割】(1) 標本資源の集積と管理：北海道大学、東京農業大学、京都大学、愛媛大学、九州大学、長崎大学、国立環境研究所、農業・食品産業技術総合研究機構および国立感染症研究所はアジアを中心に調査を実施し標本を集積させる。(2) ゲノム解析等：ゲノム解析は、東京大学、九州大学、国立感染症研究所へ次世代および第3世代のDNAシーケンサーを導入して進める。マイクロCTは神戸大学と京都工芸繊維大学に、共生微生物のシングル・セルゲノム解析装置は東京工業大学に設置し進める。微量元素分析は国立感染症研究所が中心に進める。特に農業害虫、衛生害虫、天敵昆虫、有用昆虫、環境指標種等の全ゲノム解析を行う。(3) データベース化(システム開発、構築公開作業)：既にシステムの開発、Web上での各種データベースの公開実績がある、農業・食品産業技術総合研究機構、九州大学、東京大学が他機関と連携して行う。集積した標本に基づく昆虫の種や形態、DNAバーコード、文献、ゲノム(共生微生物を含む)、微量元素の情報を一括して検索できる統合検索支援システムを開発し、公開する。(4) 全研究機関の連携の調整：平成30年に九州大学に設置された昆虫科学・新産業創生研究センターが担う。

⑤ 所要経費

総経費：100億円 内訳：1) 設備投資：30億円 標本収蔵室等の設備拡充23億円；次世代シーケンサー、第3世代シーケンサーおよび附属機器；計3,000万円×10台(更新有り)；昆虫凍結用冷凍庫300万円×50台；核酸抽出ロボット、サーマルサイクラー等一式5,000万円；ゲノム解析用サーバー1,000万円×5台、2,000万円×5台；マイクロCT1,000万円×5台
2) 人件費 2億円×10年 a. 博士研究員20名；標本収蔵拠点部門：5名；ゲノム解析部門(メタゲノム含む)：4名；微量物質解析部門：4名；データベース構築部門：5名；海外対応部門：2名；b. 機器オペレーター技術員10名；c. データ解析専門員10名；d. データベース構築専門員5名
3) 運営費 機器のランニングコスト通算9億円；データベース構築、公開費通算9,000万円；外注による解析通算10億円；共同利用機器使用料等通算1,000万円；4) 消耗品費 試薬等通算15億円；5) 旅費(海外調査費用を含む)通算10億円 6) その他 海外協力体制構築、会議費等 通算5億円

⑥ 年次計画

【全体】(初年度) 標本収蔵施設的设计・建設と機器類の設置。(2~10年度) 共同研究を通して国の内外から昆虫類の膨大な量の標本を収集し、その大規模標本から形態、生理生態、地理的分布、DNAバーコード等の情報を得るとともに、代表的な昆虫とその寄生・共生微生物については全ゲノム解析を行う。これらの情報に文献情報を加えてデータベースを構築し、検索・同定システムを開発する。(10年度) 10年間の成果を取りまとめて最終評価を行うとともに、研究継続計画を策定する。

【雇用と人材育成】毎年度、博士研究員を20名(標本収蔵拠点部門：5名；ゲノム解析部門(メタゲノム含む)：4名；微量物質解析部門：4名；データベース構築部門：5名；海外対応部門：2名)、機器オペレーター技術員を10名、データ解析専門員を10名、データベース構築専門員を5名、雇用する。各実施機関において、標本に基づく形態学的解析、ゲノム解析、微量物質解析、データベース構築の専門家の育成も行う。

⑦ 社会的価値

本研究計画が遂行されれば、生物多様性科学の基礎となる昆虫分類学が発展し、害虫・天敵昆虫の同定技術が躍進するとともに、昆虫の機能利用による新しい産業が生まれる基盤が整備されるので、昆虫の知的価値や経済的・産業的価値への国民の理解が深まると期待される。また、名古屋議定書に基づき遺伝資源の利用を推進してABS指針の実施を円滑に進めるためにも、そして衛生植物検疫措置の適用に関する協定が定める国際ルールのもとで、科学的な根拠に基づいて国際間の交渉を行うためにも、本研究計画により作成されたデータベースは有用である。さらに、SDGsへは以下の3点で貢献する。1) 農地周辺の昆虫の多様性が解明され、花粉媒介昆虫や天敵昆虫のより有効な利用が可能となり、「目標2」の持続可能な農業の促進に貢献する。2) 感染症媒介昆虫の研究を促進し、感染症対策研究の発展に寄与することを通して「目標3」の人々の健康的な生活の確保に貢献する。3) 陸域生態系で最も種レベルの多様性が高い生物は昆虫なので、生物多様性の把握を促進することにより「目標15」の陸域生態系の保護に貢献する。

⑧ 本計画に関する連絡先

阿部 芳久(一般社団法人 日本昆虫学会)

学術研究領域番号 14-7 (昆虫科学の大規模基盤構築と近未来技術)
わが国の産業・社会の基盤資源としての
昆虫類の生物情報データベースおよび大規模標本の整備
昆虫：地球上で量的・質的に最も繁栄し、人間社会のあらゆる面に関係する生物群
リスク…農作物被害・人畜感染症媒介…ベネフィット…花粉媒介・天敵昆虫・物質生産
SDGsへの貢献 1) 持続可能な農業、2) 健康的な生活の確保、3) 陸域生態系の保護
本研究計画の妥当性
・ 日本学術会議 応用昆虫学分会と日本昆虫科学連合(17の昆虫関連の学協会)の共通認識に基づく提案
・ 日本学術会議 応用昆虫学分会と日本昆虫科学連合が公開シンポジウムを共催してアピール
・ 日本学術会議 応用昆虫学分会の提書「昆虫分類・多様性研究の飛躍的な拡充と基盤整備の必要性」(2014年)
・ 日本学術会議 応用昆虫学分会と獣医学分会、病原体学分会が提書「衛生害虫による被害の現状及び衛生動物学教育研究の強化」を取りまとめ中
日本昆虫科学連合
Union of Japanese Societies for Insect Sciences
JISA