

市民だからできる 生物多様性への貢献：市民科学

東京都市大学 環境学部特別教授 小堀 洋美

はじめに

生物多様性は、日々の暮らしと経済・社会の基盤であり、社会・生態システムを支えている¹⁾。しかし、人間活動の拡大と加速は、深刻な生物多様性の損失と悪化を招いている。例えば、Global Footprint Network²⁾ が毎年公表している「地球の超過日 (Earth Overshoot Day)」(以下 EOD と略す) は、地球の生態系が 1 年間に供給できる全ての生物資源の容量を人間が使い果たす日を元日からの月日で示している。1970 年の EOD は 12 月末であったが、その後は継続的に早まり、2023 年には 8 月 2 日となった。これは約 7 カ月で人間が地球の供給量を使い果たしていることになる。この 53 年間の累積的な生物資源の赤字は、生物多様性の減少を通じて、漁業資源の枯渇、耕作地の生産性の低下、自然資本のストック・サービス・便益の減少など、経済・社会へも多大な悪影響を与えている。

Richardson ら (2023) らは、プラネタリーバウンダリー (地球の限界) の概念を用いて、気候変動や土地利用変化など多くの項目が地球システム全体の回復力を脅かす危険領域にあり、とりわけ生物圏では、評価した遺伝子と機能面の 2 つの領域でその限界点を超過していることを明らかにした³⁾。最新の国際自然保護連合 (IUCN) によるレッドリスト⁴⁾ では、評価した種の 27% が絶滅危惧種であり、日本の環境省レッドリストでも同等の割合が報告されている。これらの報告は、今を生きる私達が生物多様性の損失を止め

なければ生命と地球が危ないという緊急のメッセージを突き付けている。

本稿では、最初に 1) 生物多様性の回復の実現に向けた重要な視点について述べ、次に市民科学に焦点を当て、2) 市民科学による生物多様性への貢献、3) 日本の市民科学の歴史的展開とその実践、4) 課題解決に向けた提案について述べる。

1. 生物多様性の回復に向けて

生物多様性の損失を止めるために国内外で多様な試みがされてきたが、未だに歯止めがかかっていない。IPBES 生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書⁵⁾は、従来の生物多様性の損失の直接的な要因への対応だけでは問題の解決が難しいことを指摘している⁶⁾。図 1 に示す生物多様性の損失の 6 つの直接的な要因の背景として、人口爆発、持続不可能な経済、制度とガバナンス、紛争、感染症などの間接的な要因に加え、これらの要因を認容している私達の価値観や行動がある。これが、解決を困難にしている理由である。

さらに、2030 年までに生物多様性の損失を止めるだけでなく回復させる

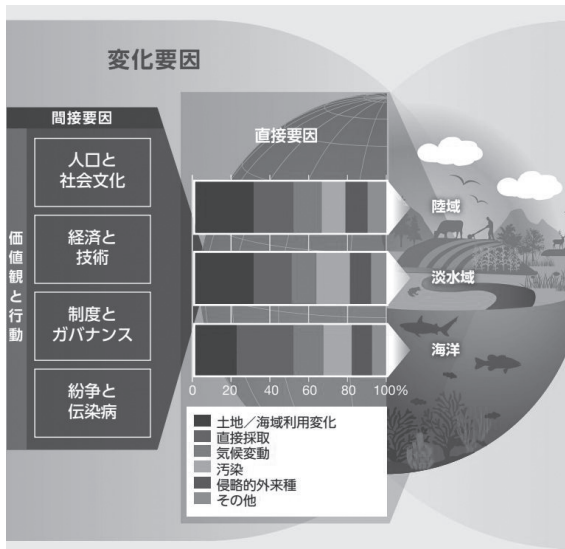


図 1 生物多様性の損失の直接要因と間接要因

注) 生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム (IPBES) (2019)⁶⁾を一部改変

「ネイチャーポジティブ」（自然再興）が、COP15 で採択された「昆明・モントリオール生物多様性枠組」（2022）および日本の「生物多様性国家戦略 2023 - 2030」（2023）の目標になっている。IPBES 報告書では、「今まで通り」から脱却し個人と社会の変容が必要であることを、また、社会変革を促進する緊急かつ協調的な努力により目標を達成できることを指摘している。

個人や市民の行動変容は、主体的な学び、体験を通じた現状認識や課題発見、保全生物学に立脚した生物多様性リテラシーの向上、本稿で述べる市民科学への参画などによって促進されることが考えられる。

2. 市民科学による生物多様性への貢献

2-1 市民科学の定義と原則

市民科学とは、広義には「専門家以外の一般の人々（市民）が自分の知力、余暇時間、リソースを用いて科学研究や知識の生産に参加すること」と定義され、多くの場合は専門家や多様な組織との連携で行われる^{7,8)}。なお、市民科学における「市民」には、研究を本職とする科学者以外の生徒・学生、全ての社会の構成員が含まれる。

市民による科学活動の歴史は長く、現在まで連綿と続けられてきた。しかし、19 世紀末頃から職業科学者とその研究組織が設立されると、市民が科学研究に果たす役割は極めて限定的となった。また、科学は一般の人にとっては理解しがたい“象牙の塔”の産物となり、科学への不信感も生じた。

市民科学という言葉やその概念は比較的新しく、1995 年に英国と米国で誕生した。市民科学には多様な分野や活動が含まれ、また、従来の研究者が行う「管理された環境や規範」の枠外で実施されることが多いため、ヨーロッパ市民科学協会は「市民科学の 10 の原則」（2015）を公表した（表 1）⁹⁾。この原則は、市民科学のガイドラインとして 30 以上の言語に翻訳され、広く活用されている。その第 1 項には、市民科学プロジェクトは、市民が新たな知識を獲得し、科学への理解を深める試みであること、第 2 項には、市民科学プロジェクトが科学的成果をもたらすこと、と記されており、科学的成果を重視している点が他の教育プログラムや活動と異なる特徴である。

表 1 市民科学の 10 の原則

(日本語訳・小堀)

1	市民科学プロジェクトは、市民が科学の新たな知識を獲得し科学への理解を深める試みである 市民は貢献者、協力者またはリーダーとしてプロジェクトで有意義な役割を担うこと
2	市民科学プロジェクトが科学的成果をもたらすこと 例えば、科学的な問い(疑問)に答えること、保全活動、管理手法の決定や環境政策に資すること
3	研究者と市民科学者が協力することで双方にとって利益があること 利益とは研究の成果物の出版、学びの機会、社会的な利益、科学的な貢献を通じての満足感や、政策に影響を与える可能性など
4	市民科学者が望めば科学研究の多様なステージ(ステップ)に参加できる 科学的な疑問について追求すること、調査方法を考えること、データを収集・分析し、その結果についてやり取りを行うこと
5	市民科学者はプロジェクトからフィードバックが得られること 例えば、市民科学者のデータがどのような研究、政策をもたらし、社会的な成果に使用されたかについて明らかにすること
6	市民科学は研究アプローチの一つであり、他の研究と同様にその限界、偏りがあることを念頭に置いた配慮がされるべきである しかし、市民科学は従来の科学的なアプローチと異なり、市民の参加と科学の民主化をもたらす
7	市民科学プロジェクトから得られたデータやその属性情報は誰もがどこでも利用でき、その結果はオープンアクセスが可能な形で公表すること データは、安全性やプライバシーの問題が生じない限り、プロジェクトの進行中も終了後も共有する
8	市民科学者にはプロジェクトの公表データや出版物で謝辞を記すこと
9	市民科学プロジェクトの評価は、その科学的成果、データの質、参加者の経験、社会的、政治的なインパクトなどを、広く多面的な視点から行うこと
10	市民科学プロジェクトリーダーには著作権、知的所有権、データ共有の合意、機密保持、帰属権、環境への影響に関する法的、倫理的問題への配慮が求められる

(注) メタデータ: データセットの属性情報(作成者、日付、容量、更新日など)や関連する説明のこと。データについてのデータである。メタデータを利用することで、データセットの管理や検索が可能となる。

European Citizen Science Association(2015)⁹⁾ より和訳

市民科学の類似語も多数あり、日本では「市民科学」と「シチズンサイエンス」が併用されている。米国では citizen science と community science を併記する傾向が高まっている。

2-2 市民科学がもたらす変革

市民科学は、科学、教育、社会に変革を起こしている¹⁰⁾。科学研究の分野では、多くの市民が科学研究に参画することが、従来の科学の在り方を変え、「科学の見える化」と「社会化」をもたらしている。市民は、従来の学問の枠を超えた分野横断的課題、研究者や行政が関心を持たない課題や身近な課題にも主体的に取り組み、市民科学のオープンサイエンスとしての特徴を活かし、その成果を公開することで「科学の見える化」を可能にしている。特に ICT の進展は、2010 年以降の市民科学に量的・質的な飛躍をもたらした。また、対象分野、規模、データの精度、手法は格段に飛躍し、データ収集のためのスマートフォン、モバイルアプリ、安価なセンサーなどにより教育の機会に恵まれなかった人々にもアクセスが可能となり、「科学の社会化」が促進されている。

市民科学は教育にも変化をもたらしている。市民が科学研究のプロセスに関わることで、市民は科学的な知識・技術を習得し、その結果、価値観や行動の変化、問題解決への意欲などの教育的な学びを通じて、個人の行動変容が生じている。また、科学的なエビデンスに基づいた思考、判断、イノベティブなアイデアを科学に持ち込むことにも市民科学は貢献している。さらに、得られた成果は、課題解決、政策提言、持続可能な社会の形成などを通じて、社会の革新にも活かされている。市民科学は、個人、科学、教育、社会の変革を同時に行えることも強みである¹¹⁾。

2-3 市民科学の多様な展開

2010 年以降、市民科学の組織化や整備が進展した。2013～2016 年には欧州、米国、オーストラリアで市民科学の学会が設立された。市民科学のポータルやハブも作られており、例えば「SciStarter」¹²⁾ は、数千の市民科学プロジェクトに関する情報にオンラインでアクセスでき、情報の検索も可能である。具体的には教材、教育手法、評価手法などの情報が掲載されて

おり、研究者、企画者と市民の交流の場としても活用されている。市民科学プロジェクトの実施主体も、大学・研究機関、博物館、NPO、行政、企業、メディアなど多様である。日本でも 2022 年に NHK が科学教育番組「シチズンラボ」の放送を開始し、不思議な現象の解明につながるデータ提供などを視聴者に依頼し、市民科学の促進に寄与している。

日本では、内閣府が第 5 期科学技術基本計画（2016-2020 年度）の中でオープンサイエンスとシチズンサイエンス（市民科学）について言及している¹³⁾。また、最近では、日本学術会議が G7 の学術会議と合同で各国首脳に対する共同声明「インターネット時代のシチズンサイエンス」を発表した。声明では、シチズンサイエンスの開発は学校教育の段階から開始し、あらゆる年齢層の市民を対象とした科学訓練、さらに芸術や人文科学、法、教育、社会科学、倫理的観点の統合に対しても、より一層の努力が必要であることが述べられている¹⁴⁾。

2-4 市民科学のアプローチ

市民科学は、一般的に図 2 に示すフローに従って進められる。インプットでは、テーマの設定が重要である。テーマについては市民が容易な方法で精度の高い科学的なデータを収集でき、楽しみながら継続的にできることが望ましい。また、市民科学におけるアプローチは多様で、アプローチによる分類の考え方が提案されている。以下 2 つの分類の考え方を紹介する。

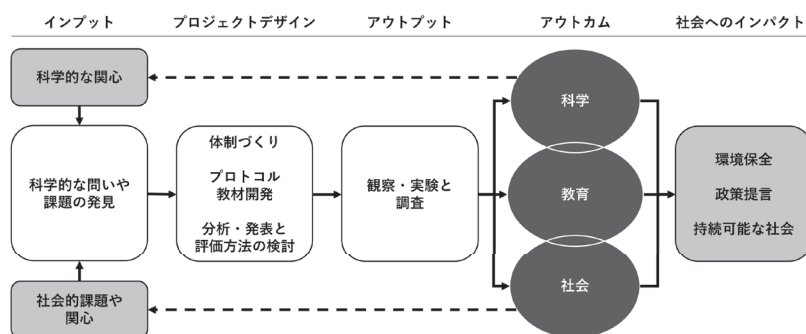


図 2 市民科学のフロー

表2 科学研究への市民の関与の程度に基づく市民科学の分類

研究のステップ	貢献型	協働型	共創型
1. テーマの設定			
2. 情報収集			
3. 研究の計画			
4. データの収集			
5. データの整理			
6. データの分析			
7. 結果の公表			

薄い灰色は、一部のプロジェクトでは市民参加で行われることを示す

一つ目は、研究への市民の関与の程度による分類である（表2）（Shirk ら, 2012）¹⁵⁾。「貢献型」では、市民は研究プロセスの中のデータ収集のみに参加する。「協働型」では、それに加えて企画やデータの整理と結果の公表に参加する。「共創型」では、市民が企画者となり、研究者や研究機関との対等なパートナーとして全ての研究ステップに参加する。傾向として国内外ともに「貢献型」が多く、特にオンラインを用いた市民科学ではその傾向が強まっている。一方、新たな社会形成に向けて地域の多様なセクターと実施する「共創型」の意義も認識され、このような市民科学の取り組みも徐々に増えている。

二つ目は、プロジェクトの目標と得られる成果に基づく4分類である（図3）（Dillon ら, 2016）¹⁶⁾。「科学主導型」は科学研究を主な対象とし、多くは科学者が主導する。「政策主導型」は政策立案者が政策目標の達成のために市民を巻き込み、政策への理解や参加を促す。「個人の興味・関心型」には、市民の内発的な動機に基づく環境観測や生き物調査などが含まれる。「社会課題への関心型」は、環境や社会課題への懸念やその解決のための挑戦を目指している。

変革を可能にする望ましいアプローチについては、議論が進行中である。現在は、変動性 (Volatility)、不確実性 (Uncertainty)、複雑性 (Complexity)、曖昧性 (Ambiguity) に代表される「VUCA (ブーカ) の時代」と言われ、生物多様性や気候変動をはじめとする絡み合った正解のない“厄介な問題群”と向き合うことが求められている。図4には、Dillon ら (2016)

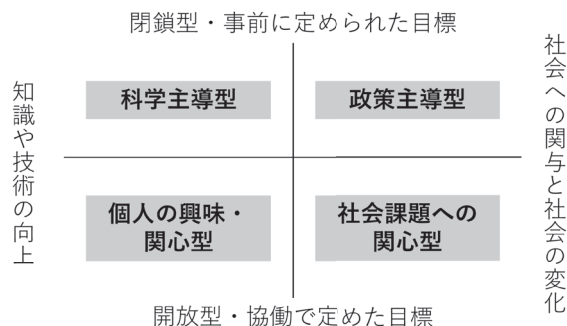


図3 市民科学の目標と成果に基づく分類

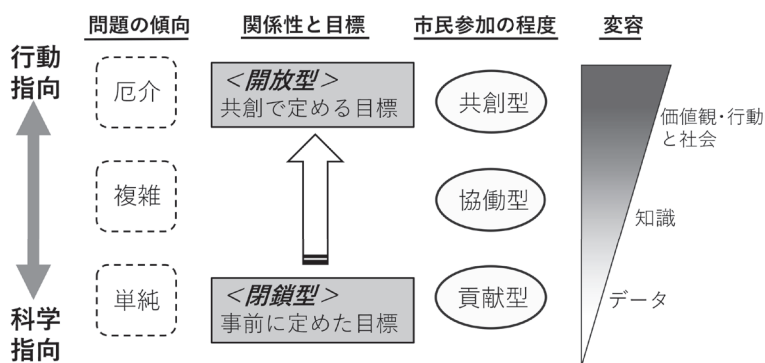


図4 変革のための市民科学のアプローチ

をもとに作成した、変革を目指す市民科学のフレームワークを示した¹⁶⁾。変革を目指す市民科学は、行動指向で、オープンアクセスが可能で、事前に目標は定めず、多様な組織との連携による共創型アプローチであること、そして個人の価値観や行動の変容と社会の変革を可能にする取り組みであることが求められる。

3. 日本の市民科学の歴史的展開と実践

筆者は、日本で最初の市民科学の包括的な著書¹⁰⁾で日本の市民科学史について述べた。その中で、「市民科学」という用語が使用される前の活動でも、市民科学の定義に含まれる取り組みについては、その事例として記述している。本節では、日本の生物多様性に関する市民科学の歴史的展開とその実践の概要を述べる。

3-1 生物調査

1950年代から市民による生物調査は開始されている。市民による調査の先駆けは、1950年代に徳島県阿南市の2つの海岸で市民と小学生により個別に実施されたウミガメの上陸調査であろう¹⁷⁾。これは世界で最も長期にわたり継続されている市民によるウミガメ調査で、アカウミガメの個体群の変動パターンの理解に活用されている。また、ガンカモ類の生息調査も長い歴史をもっている。

3-2 公害時代の市民調査

1960年代中頃からの10年間は、高度経済成長により各地で環境破壊や公害が顕在化した。1963年には、大規模石油化学コンビナート建設計画に対し、近隣の三島市、沼津市、清水町の住民（高校生や農民を含む）が手作りの計測器などを用いて植物も対象とした環境測定を実施した¹⁸⁾。その報告書は健康被害を科学的に立証し、政府の建設計画撤回につながった。

3-3 地域レベルでの活動の展開

1970年代の後半以降、社会の関心の対象は公害から地域の豊かな自然・生物を知る活動やその保全活動へと次第に変化が見られた。その一例として、20年以上にわたる継続的な野鳥観測の取組を紹介する。福岡市、横浜市、北海道・ウトナイ湖の公園では、市民と公園管理者らが22～24年間、毎日野鳥観察を行い、飛来した種を記録した。筆者の研究室ではその記録を解析し、越冬地として日本に飛来する渡り鳥の滞在期間が福岡市で10日、横

浜市で30日、ウトナイ湖で47日、それぞれ短縮していることから、渡り鳥への温暖化の影響を明らかにした¹⁹⁾。20年以上におよぶ毎日の継続的な観察は、研究者や行政ではできない、市民ならではの成果である。

3-4 広域のおよび全国規模のネットワーク

2000年代には、各地域で個別に行われてきた市民科学プロジェクトが次第にネットワーク化され、広域的な活動へと発展した。その一例として2003年に始まった「モニタリングサイト1000」を紹介する。このプロジェクトでは、環境省のイニシアティブにより、100年にわたって環境の基礎情報を収集し自然環境の質的・量的な変化を早期に把握することを目的として、日本の代表的な8つの生態系を対象として全国の約1,000か所にモニタリングサイトが設置された。主な運営は日本自然保護協会が行い、行政、地域のNGO団体、市民、科学者が協働して各々の役割を果たしている。開始から15年が経過した調査結果からは、里山のチョウ類や干潟のシギ・チドリ類の大幅な減少、特定外来種であるアライグマの分布拡大などが明らかにされている²⁰⁾。

3-5 ICTの活用と国際プロジェクト

2010年代以降、スマートフォンなどを用いたオンラインの活用が開始された。多くは研究者が主導し、市民に写真、画像、位置情報などのデータ収集を依頼する形態である。2013年には2大学の連携により「花まるマルハナバチ国勢調査」²¹⁾が開始された。また、世界規模の市民科学のプラットフォームである「iNaturalist」²²⁾「eBird Japan」²³⁾など、地球規模の生物多様性のデータベースであるGBIF（地球規模生物多様性情報機構）へ情報を提供できるプロジェクトも開始された。GBIFに登録されているデータのうち、市民科学プロジェクトによる成果は50%以上を占めている²⁴⁾。現在、地球上で同定されている種数は約175万種で、地球上に1,000万～3,000万種が存在すると仮定すると、世界の生物の83%～94%はまだ種名が付けられていない。そのため、GBIFへ情報を提供できるプロジェクトへの参加の意義は大きい。特に、iNaturalistは世界の全生物群を対象とした唯一のプラットフォームで、各国から700万人が登録している。iNaturalistへ

の参加は市民でも容易で、観察者がスマートフォンのアプリから野生生物の写真を投稿すると、位置情報と撮影日時などが共有され、撮影した生物の種名が分からない場合も AI が種名の候補を提案してくれる。その後、世界の登録者によって種が同定される。なお、希少種などは削除あるいは場所が特定できないよう配慮されている。iNaturalist を用いたオーダーメイドのプロジェクトの実施も可能で、市民も参加した取り組みへの汎用性が高い。ここでは、現在実施されている、iNaturalist を用いて実施した事例を紹介する。

1) コロナ禍での世界の都市を対象としたプロジェクト

コロナ禍によって野外での多くのプロジェクトは中止を余儀なくされたが、「City Nature Challenge (CNC)」²⁵⁾ は、コロナ禍でも実施が可能であった。このプロジェクトは米国の2つの博物館が主催し、世界の都市の生物多様性を知ることが目的としており、コロナ禍中の2020年でも、4日間の観察プログラムに世界の40か国244都市の41万人が参加した。Kishimoto and Kobori は、東京のオーガナイザーとして「CNC-Tokyo」を企画すると共に、新型コロナの第1回緊急事態宣言前後（2019年と2020年）の参加者の行動変化を分析した²⁶⁾。図5は参加者の行動ログから得た観察地点を示している²⁶⁾。2019年はイベント実施場所であった図中(1)をはじめ、大規模な公園(2)、里山や河川敷(3,4)、山地(5)などに集中する傾向があった。しかし、2020年は多くの参加者が自宅や職場付近での観察を余儀なくされた結果、観察地点は広く分

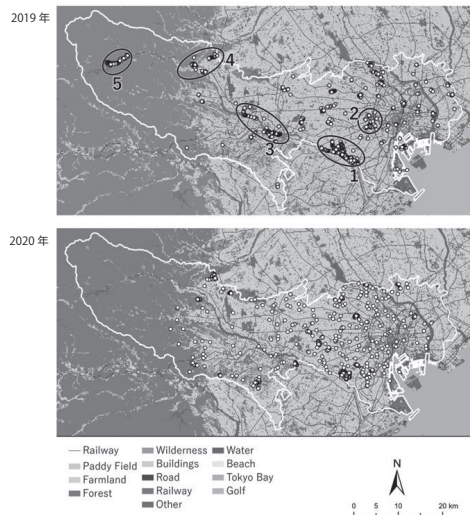


図5 新型コロナウイルスの第1回緊急事態宣言前と解除後（2019年と2020年）のCNCにおける観察場所の分布

注）図中1～5は、2019年におけるCNC参加者の行動をクラスター分析した際の観察群を示している

散し、市民科学の弱点であるデータの偏りを軽減する結果となった。なお、2020年は2019年と比較して参加者数は47%減少したが、生物の同定率は72%増加した。同定率の向上は、コロナ禍での巣ごもりや時間的な余裕によると考えられる。

なお、CNCには戦禍のウクライナからも参加している。2023年にはキーウなど数都市から238名が参加し、観察数は1万を超えた。これらの数値は参加都市の中でも高かった。戦禍や大災害による被災地で生きる人々は、バイオフィリア（生命に対する愛）を深く感じ、生きる力をもらうと言われている。CNCは平常時のみならず、コロナ禍や戦争などの非常時においても人々が生命、生き物とのつながりを大切に考える機会となっている。

2) パラオ共和国の国立公園での国際連携による生物調査

2019年、パラオ共和国の国立公園（Ngardok Nature Reserve）で、国際連携による初めての市民科学による生物調査プロジェクトを筆者ら3名が企画者として実施した。このプロジェクトではiNaturalistを活用した専用のwebサイトを立ち上げ、連携組織としてパラオ共和国（自然保全局、国立博物館）、米国（スミソニアン博物館、San Diego大学、ニューヨーク州立大学）、日本（東京都市大学）が役割分担して実施した。同国立公園は湿地、樹林地、草原・サバナ、湖からなるラムサール条約の登録湿地でもある。調査地域にはラン科の植物が多く、レッドリスト記載種も観察された。調査には地元住民、教員養成大学の学生、高校生などが参加し、通常は立ち入り禁止となっている国立公園で、地元の生物・環境の多様性の素晴らしさを学ぶ機会となった（図6）²⁷⁾。

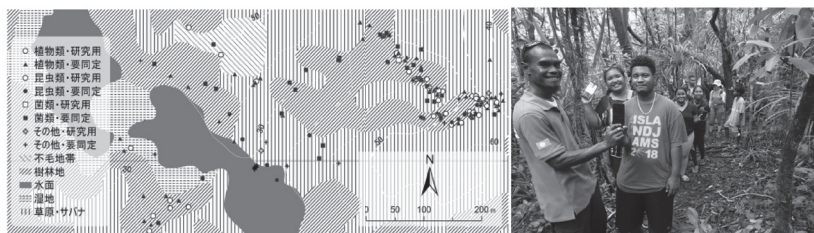


図6 パラオ共和国における市民参加による生物調査の結果と活動の様子

4. 生物多様性を回復させる市民科学進展のための提案

市民科学は様々な可能性がある一方で、解決すべき課題も抱えている。生物多様性の回復を目的とした市民科学のさらなる進展のために、以下を提案する。

1) 生物多様性のリテラシーの普及

生物多様性の保全活動、特に生態系の復元には、生物多様性への正しい理解が必須である。しかし、生物多様性の学習は学校教育、社会教育で疎かにされているため、市民だけでなく社会全体の生物多様性のリテラシーを高めることを提案したい。そのためには、保全生物学会（Society for Conservation Biology）が作成した保全教育のガイドライン²⁸⁾が参考となる。

「保全生物学」²⁹⁾は、生物多様性の危機に呼応して1980年代末に米国で誕生した学際的な分野である。その使命は、生物多様性を保全し、持続的に管理するための戦略を開発し実行することで、理論と実践からなる。保全生物学会は1985年に設立され、同学会では上記の使命の達成には教育が重要であるという認識からガイドラインを作成した。ガイドラインは、特定の個人が達成すべき事項を規定するのではなく、保全リテラシーに必要な知識体系とその原則を示している。筆者は、保全生物学の第一人者の一人であるPrimackと共著で保全生物学の日本で最初の包括的な学術書³⁰⁾を著し、保全生物学の原則と実践のあり方について詳細に記した。それらに基づいた教育についても、保全生物学に立脚した保全教育³¹⁾や地域をつなぐ生物多様性保全を目指した生涯教育³²⁾について、自身の実践事例も含めて紹介している。

ガイドラインの原則は現在でも通用するが、新たな知見や日本の特性にも配慮した内容を取り入れることを提案する。

2) 情報を一元化したポータルやハブの構築を提案

日本ではオンラインでの市民科学プロジェクトは急速に増えており、市民

が参加したいプロジェクトを見つけることが難しくなっている。このため、市民科学プロジェクトの検索ができ、情報を一元化したポータルやハブの構築を提案する。ポータルは、持続的な運営ができる大学や公的な組織が担うのが望ましいであろう。

3) ビッグデータの活用における市民と専門家の連携体制の構築

AI やスマートフォンを用いた市民調査は、市民科学の主流化を図る上で重要なツールとなってきている。特に、特定の分類群に特化し、研究者によってアルゴリズムの開発とアプリの運営がされ、データが公開されているプロジェクトでは、信頼性の高いデータが得られている。一方、全分類群を対象としたアプリでは、目的によって使い分ける必要がある。観察された種と分布の偏り、同定精度などの課題は、機械学習を用いても緩和することが難しく³³⁾、データの活用には様々な工夫が必要である³⁴⁾。そのため、データを公開して、データの問題や有望性をだれでも検証できるようにするとともに、市民科学のビッグデータの活用に向け、種分布モデルの解析などマクロ生態学者との連携強化を提案したい。

4) 市民科学や生物多様性を実践できる専門教員の配置

市民科学は科学的な成果を得ることが重要な目的であるため、研究者からのアドバイスや協力は欠かせない。しかし、市民科学に協力的な大学教員や研究者は少ないのが現状である。研究者の努力に依存するのではなく、近年増えている大学の地域連携センターやオープンユニバーシティ（すべての人に開かれた学びの場）に、市民科学や生物多様性の教育や実践を専門とする教員を配置することを提案したい。

おわりに

2030 年までに生物多様性の減少を阻止し、回復軌道に載せることは極めて厳しいのが現状である。日本では、生物多様性について社会への浸透はまだ十分ではなく、絶滅危惧種や外来種問題と限定的に捉えられているのが現状である。一方で、生物多様性をめぐる自然資本と同義語との解釈が、国際

組織、企業、投資家の間では広がっており、生物多様性をめぐる活動も活発化してきたことは望ましい。しかし、30by30 などの認定を得ることを目的とした安易な活動や“グリーンウォッシュ”に対しては、社会全体での監視が必要である。そのためには、個人および社会全体で生物多様性に関するリテラシーを高めることが重要である。

市民科学の原則、保全生物学の原則を皆で共有し、複雑で厄介な生物多様性の課題に対して、包括的で科学的なエビデンスに基づいた集合知を用いてネイチャーポジティブや自然共生社会の形成に貢献できることを期待している。

〔謝辞〕

本稿に引用した筆者が企画した市民科学プロジェクトには、多くの市民、関係者のご尽力をいただいた。また、プロジェクトの共同企画者として、岸本慧大氏（慶應義塾大学）、Omar Faustino 氏（Ngardok Nature Reserve）、Theresa Lally 氏（San Diego State Univ.）に協力していただいた。また、本稿の執筆に当たっては、岡安聡史氏に編集を担当いただいた。ここに感謝の意を表する。なお、本稿で紹介した筆者の研究は科研費 18H01073 の成果の一部である。

〔参考文献〕

- 1) 小堀洋美（2021）進行する生物多様性の損失。和田武編著、小堀洋美著「地球環境保全論」創元社。219-256
- 2) Global Footprint Network (2023) "National Footprint and Biocapacity Accounts 2023 Edition"
- 3) Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W. N., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L., & Rockström, J. (2023) Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37): doi:10.1126/sciadv.adh2458.
- 4) IUCN 日本委員会. THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES
<https://www.iucn.jp/program/redlist/>
- 5) IPBES (2019) "Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services"
- 6) 生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム（IPBES）(2019) ipbes 生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書 政策決定者向け要約. 環境省（翻訳：環境省・公益財団法人地球環境戦略研究機関（IGES））.

- 7) Oxford English Dictionary (2014) Citizen Science
- 8) Kobori, H., Ellwood, E.R., Miller-Rushing, A.J., and Sakurai, R. (2018) Citizen Science. Encyclopedia Ecology 2nd. Elsevier
- 9) European Citizen Science Association (2015) 10 Principles of Citizen Science
<https://www.ecsa.ngo/documents/>
- 10) 小堀洋美 (2022) 市民科学のすすめ. 文一総合出版.
- 11) Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T. and Miller-Rushing, A.J. (2016) Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31: 1-19
- 12) SciStarter. <https://scistarter.org>
- 13) 内閣府. 第5期科学技術基本計画 <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
- 14) Gサイエンス学術会議共同声明 (2019) インターネット時代のシチズンサイエンス (仮訳). 学術の動向 24: 9_116-9_119
- 15) Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E. and Bonney, R. (2012) Public Participation in Scientific Research: a Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society* 17(2): 1-20
- 16) Dillon J., Stevenson, R.B. and Wals, A.E.J. (2016) Introduction to the Special Section Moving from Citizen to Civic Science to Address Wicked Conservation Problems. *Conservation Biology* 30(3): 450-455
- 17) Kamezaki, N. and Matsui, M. (1997) A Review of Biological studies on Sea Turtles in Japan. *Japanese Journal of Herpetology* 17(1): 16-32
- 18) 飯島伸子, 西岡昭夫 (1973) 公害防止運動. 高橋 裕 他編 岩波講座 現代都市政策VI 都市と公害・災害. 岩波書店.
- 19) 小堀洋美 (2013) 冬鳥シーズンが短くなっている! ? ~市民科学が明らかにした, 冬鳥への温暖化の影響. *BIRDER* 36(1): 70-71
- 20) 環境省自然環境局生物多様性センター (2019) モニタリングサイト 1000 第3期とりまとめ報告書概要版 日本の自然に何が起こっている? -市民・研究者・行政が力をあわせてわかってきたこと- (2021年9月一部訂正)
<https://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/reports/>
- 21) 花まるマルハナプロジェクト. クラウドシステムを用いた市民参加型マルハナバチ類国勢調査
http://hanamaruproject.s1009.xrea.com/hanamaru_project/
- 22) iNaturalist <https://www.inaturalist.org>
- 23) eBird Japan <https://ebird.org/japan/>
- 24) Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A. and Turak, E. (2017) Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213(B): 280-294
- 25) City Nature Challenge. Los Angeles County Museum of Natural History Foundation <https://www.citynaturechallenge.org>
- 26) Kishimoto, K. and Kobori, H. (2021) COVID-19 pandemic drives changes in participation in citizen science project "City Nature Challenge" in Tokyo. *Biological Conservation* 255: 109001 1-8
- 27) 小堀洋美, 戸金大, Faustino, O., Lally, T., 岸本慧大 (2020) 国際連携によるパラオ共和国でのWEBを活用した種の多様性の市民科学プロジェクトの展開, 日本環境学会第46回研究発表会 発表予稿集 56-57
- 28) Trombulak, S.C., Omland, K.S., Robinson, J.A., Lusk, J.J., Fleischner, T.L., Brown, G. and Domroese, M. (2004) Principles of Conservation Biology: Recommended Guidelines for Conservation Literacy from the

- Education Committee of the Society for Conservation Biology. Conservation Biology 18:(5) 1180–1190
- 29) Primack, R.B. (2002) Essentials of Conservation Biology
- 30) チャード・プリマック, 小堀洋美 (1997) 保全生物学のすすめ～生物多様性保全のためのニューサイエンス. 文一総合出版.
- 31) 小堀洋美 (2009) 保全生物学に立脚した保全教育の立場から. 環境教育 19:(1)77–78
- 32) 小堀洋美 (2013) 地域をつなぐ生物多様性保全を目指した生涯学習—新たな市民科学の確立に向けて. 環境教育 23:(1)19–27
- 33) 久保田康裕 (2023) 市民科学と生物多様性ビッグデータと AI. 日本生態学会自由集会.
- 34) 久保田康裕 (2020) 生物多様性ビッグデータを活用した自然環境の保全利用技術の高度化. 国立公園 784, 18–21