

森林環境 2024

編著＝森林環境研究会

責任編集＝田中俊徳＋酒井章子

特集

人新世の 生物多様性



公益財団法人

森林文化協会



特 集

人新世の生物多様性

森林環境 2024

<目次>



特集 人新世の生物多様性

序章 私たちは変えることができるのか？

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構研究推進部門准教授 田中 俊徳 …… 6

第一部 生物多様性の現在：何が問題なのか

自然環境の高解像度可視化技術によるネイチャーポジティブの実装

琉球大学理学部 株式会社シンク・ネイチャー 久保田 康裕 …… 13

人と自然の関わりがつくりだす里地里山の生物多様性

神戸大学 内海環境教育研究センター教授 奥田 昇 …… 23

生物多様性が豊かな場所：沿岸生態系の過去、現在、未来

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター教授 仲岡 雅裕 …… 32

生物多様性が豊かな場所：都市の現状と課題

東京大学大学院 工学系研究科特任講師 飯田 晶子 …… 43

国立公園と生物多様性 — 包摂性と実効性のジレンマ—

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構准教授 田中 俊徳 …… 53

第二部 生物多様性の未来：私たちは何ができるのか

自然共生を追求する共創のしくみづくりの挑戦

新潟大学 佐渡自然共生科学センター 里山領域准教授 豊田 光世 …… 67

有機農業の再定義 ～農業と生物多様性の密接な関係を正しく理解するために～

秋田県立大学 地域連携・研究推進センター教授
(兼 同生物資源科学部生物環境科学科教授) 谷口 吉光 …… 75

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 …… 83

私にもできるいきもの探し アプリを通じた生物発見データの統合と利活用

株式会社バイオーム 渥美 圭佑 武 真祈子 藤木 庄五郎 …… 100

小規模事業者にもできる生物多様性の取り組み ～地域雨庭ビオトープの展開～

京都大学名誉教授、(公財)京都市都市緑化協会理事長 森本 幸裕 …… 109

終章 「生物多様性」の多様性

香港浸会大学地理学科准教授 総合地球環境学研究所客員教授 酒井 章子 …… 120

トレンド・レビュー

30by30 達成に向けた海洋の取り組みと展望

横浜国立大学 総合学術高等研究院上席特別教授 松田 裕之 …… 127

自然共生サイトの展望と課題

…… 132

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構准教授

筑波大学 人間総合科学学術院准教授

九州大学 農学研究院助教

九州大学 人間環境学研究院准教授

田中 俊徳

飯田 義彦

楠本 聞太郎

蕭 耕偉郎

インドネシアの首都移転

早稲田大学 人間科学学術院教授 井上 真 …… 141

スマート林業定着に向けた取り組みと課題

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 鹿又 秀聡 …… 147

森林環境税への期待と課題

東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻教授 香坂 玲 …… 155

序章

私たちは変えることができるのか？

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構研究推進部門准教授 田中 俊徳

人類が生物の大量絶滅を引き起こしている

.....

20 世紀、GDP（国内総生産）と科学技術は大いに拡大・発展したが、人類存立の基盤となる自然環境は徹底的に破壊された。例えば、日本では、過去 100 年あまりで、ニホンオオカミなど 7 種の哺乳類、トキなど 15 種の鳥類が「絶滅」した（環境省 2020）。地球上の陸地面積のうちわずか 0.3% を占めるに過ぎない極東の島国にあって、これだけの数の大型生物が絶滅していることは広く知られるべきである。現在は、生物種の第 6 次大量絶滅時代に突入していると言われ、その絶滅スピードは、隕石の衝突によって引き起こされた第 5 次大量絶滅（恐竜の絶滅で知られる）よりも、比べ物にならないほど急速に進んでいる（Ceballos et al. 2015）。絶滅の理由は、人類による乱獲、人類の開発行為によって引き起こされる生息環境の悪化、農薬の過剰利用に起因する生態系の攪乱、気候変動など、いずれも人類が原因である。そして、近年は「人新世（Anthropocene）」という言葉が、新たな時代区分として提起されるまでになった。

人新世は、人類が地質や生態系に不可逆的な影響を与えていることを示す地質年代の一つとして提唱されているもので、その開始時期については議論が進行中であるが、化石燃料や化学物質、放射性物質、プラスチック等の痕跡が地層に幅広く見られ、人口や経済生産性が爆発的に増加した“Great Acceleration（大加速）”の生じた 20 世紀半ば（1950 年代）以降が想定

されている。

広く知られるように、2020 年以降に世界を席捲した新型コロナウイルスも、大規模な自然破壊によって人類とウイルスが不要な接触をしたことに起因すると考えられている。五箇（2020）が論じるように、新興感染症に関する「問題の根源は人間活動がもたらす生態系システムの崩壊」に起因すると考えることが合理的である。また、人類の膨大なエネルギー消費に起因する気候変動も、すでに危機的なレベルに達しつつある。アメリカ・カリフォルニア州やオーストラリア、ヨーロッパの各地において、乾燥化にともなう森林火災が頻発し、日本においても、線状降水帯やゲリラ豪雨という言葉を聞かない年はなくなった。日本では、一戸当たり 60 人分の召使をエネルギーに代替させている計算になるとも言われる（農業環境技術研究所 2009）。人口増大と人々の飽くなき欲求が地球上のエネルギー消費と総生産を拡大させ続けているが、このペースで資源の収奪が進めば、地球も人類も持続可能でないことは明白である。

そこで問われるのは、いかにすれば、人と自然が共生する社会を構築できるのか、である。20 世紀には、急速な自然破壊に対して、国立公園や鳥獣保護区をはじめとする自然保護制度が拡充されたが、「境界の内側」を守るだけの仕組みでは、気候変動や侵略的外来種、海洋プラスチックのように越境性の高い課題に対して不十分である。また、生物多様性保全の指標となる絶滅危惧種の約半数は、自然保護地域の「外側」にある雑木林や小河川、干潟、農地などに生息、生育している（環境省 2010）。国際的に見ても、生物種の 22 ～ 23% 程度しか既存の自然保護地域に包含されていないことが指摘されている（Juffe-Bignoli et al. 2014）。

これらの事実を踏まえると、人手の入っていない原生自然はもとより、農地や干潟、雑木林、沿岸、近郊といった人間活動と密接に関わる豊かな自然環境を「まるごと」保全する仕組みが必要となる。つまり、従来型の自然保護地域に典型的なように自然と人間を区分して、「白か、黒か」で対応する方策ではなく、豊かな自然環境や地域文化を守りながら、人々がそこに住み続けられるような環境調和型の雇用や産業、ライフスタイルに転換していくことこそが、人新世の生物多様性保全には求められている。言葉では簡単だが、農業ひとつをとってみても、その転換は容易ではない。

30by30：生物多様性保全に向けた世界の潮流

一方、こうした転換を目指す動きは、国際的にも顕著になりつつある。2022年12月には、生物多様性条約COP15がカナダのモントリオールで開催され、「昆明-モントリオール生物多様性枠組」が採択された。2010年10月に愛知県名古屋市で開催されたCOP10で採択された「愛知目標」を引き継ぐ重要な国際枠組みである。中でも、2030年までに陸地と海洋のそれぞれ30%を自然保護地域やこれに類する地域に統合する目標「30by30」(サーティ・バイ・サーティ)は研究者のみならず、多くの関心を集めつつある。「生物多様性の父」とも呼ばれるアメリカ合衆国の生物学者エドワード・O・ウィルソンが、地球の半分(half earth)を生物のために保護することを訴えた著書Half-Earthを知る人もいるだろう。まさか・・・と思われたこの数字に世界が少しずつ近づきつつあることは間違いない。

しかし、課題もある。一つは、すでに自然保護地域に指定しやすい場所は愛知目標等を通じて、指定が進んでいるため、新たに自然保護地域を増やすことは容易ではないという現実である。そこで、ポスト2020枠組みでは、OECM(Other Effective area-based Conservation Measures/その他の効果的な地域指定に基づく保全措置)という言葉に注目が集まっている。これは、「自然保護を目的としていないが、生物多様性の保全において自然保護地域と同等の効果を持つ場所」を意味し、社寺林や企業の森、水源林などがこれに該当すると考えられている。とりわけ、海外では私有地が自然保護地域システムに勘定されていないことも多く、こうした自然地域(OECM)を同定し、土地所有者が持続的に土地管理を行う意欲を高める施策は極めて重要である。ただし、OECMが注目されるあまり、「効果的な保護がなされていない重要な地域」が看過されやすい点には留意する必要がある。OECMが、その字義通り、あくまでeffective=効果的な管理がなされている場所であるのに対して、管理がineffective=「効果的でない」からこそ、喫緊の対応が求められる場所も多数存在する。こうした場所は、往々にして、土地所有形態が複雑で、法や制度が重複し、利害関係者が多く、合意形成や調整が困難であるといった課題を有している(Tanaka 2019)。多

くの科学者が指摘するように、30by30 のような数値目標が重要である一方で、「質より量」をとり、実効性はともかく「指定しやすいところを指定する」ような手法に堕することが無いように私たちは留意しなければならない。

もう一つの課題：自然体験の絶滅

もう一つの懸念は、急速に進む都市化の中で、生物の絶滅だけではなく、「自然体験の絶滅」も生じつつあるという現実である（Soga and Gaston 2016）。2023 年現在、日本では三大都市圏に居住する人口の割合が 53% に及び、90% 以上の住民が市区に在住している。自然と触れ合う時間が多い人ほど協調性や自己肯定感、幸福感が高いといった研究も増加しているように、自然体験を持たない若者が急増しているという事実は、危うい傾向である。例えば、レイチェル・カーソンが「沈黙の春」を発表した 1960 年代、多くの人々は、その意味するところを実体験として理解しただろう。大多数の人々がその青年期を農村で過ごしていたため、「春なのに鳥たちが鳴かない」という、その違和感を、頭ではなく、身体で理解していたはずである（1960 年代までは東京都心にも多くの緑や田畑が残っていた）。しかし、人口の過半がアスファルトだらけの都市に住む現代、どれくらいの若者が、カーソンの警句について身体性を持って理解できるだろう。カーソンが、「センス・オブ・ワンダー」の重要性を説いたように、原体験や原風景なき「正しさ」の追求は、極端になりやすく、世代間による価値観の衝突をも惹起しかねない。

特集の構成：知ることから、行動変容へ

そこで、私たちに問われるのは、人と自然に関する現状の理解に加え、いかにすれば、現在の社会モデル（つまり、自然環境を犠牲とした経済成長至上主義）を変革し、自然環境を守りながら、人々の福利と持続可能性を実現するか、という具体性を持った議論である。

本特集では、第一部において、生物多様性をめぐる現状と課題について、陸域、海域、都市、自然保護地域（特に国立公園）の観点から整理を行い、

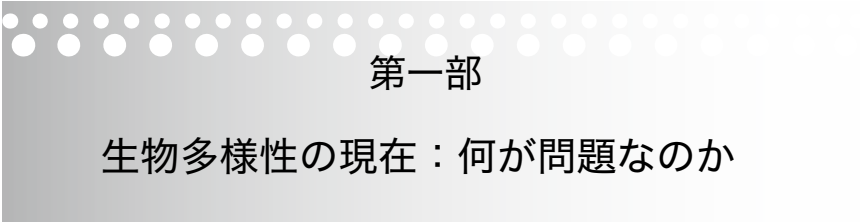
第二部において、生物多様性を守るために、私たちは具体的に何ができるのかについて、自治体や産業、市民の観点から議論を行う。現在の私たちに求められているのは、環境負荷の高い「これまで通り (Business as usual)」を脱して、購買行動や価値認識を「変える」ことだが、そのためにも、生物多様性や自然保護制度の現在地を適切に把握し、何が問題なのかを具体的に知る必要がある。ただし、「知ることから始めよう」という掛け声が、まさに「知ること」で止まることがあまりに多いため、その先の具体的な行動や提案も取り入れたいと本特集は考えている。

半世紀以上前のこと、1970 年に大阪で開催された万国博覧会のテーマは「人類の進歩と調和」であった。確かに科学技術は大いに発展したが、「調和」は果たされただろうか。人新世という言葉が広く浸透しつつある現在、私たちは自然環境との向き合い方を改めて問い直す必要がある。果たして、私たちは変わることができるだろうか。変えることができるだろうか。

森林環境 2024 のテーマは、「人新世の生物多様性」である。

[参考文献]

- Ceballos G, Ehrlich PR, Barnosky AD, Garcia A, Pringle RM, Palmer TM (2015) Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1(5):e1400253.
- Juffe-Bignoli D, Burgess ND, Bingham H, Belle EMS, de Lima MG, Deguignet M, Bertzky B, Milam AN, Martinez-Lopez J, Lewis E, Eassom A, Wicander S, Geldmann J, van Soesbergen A, Arnell AP, O'Connor B, Park S, Shi YN, Danks FS, MacSharry B, Kingston N (2014). *Protected Planet Report 2014*. Cambridge: UNEP-WCMC
- Soga M and Gaston KJ (2016) Extinction of experience: the loss of human-nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(2): 94-101.
- Tanaka T (2019) Governance for Protected Areas "beyond the boundary" - A conceptual framework for biodiversity conservation in the Anthropocene. In Lim M (Eds.), *Charting Environmental Law Futures in the Anthropocene*, Springer: 71-79.
- 環境省 (2010) 里地里山保全活用行動計画～自然と共に生きる にぎわいの里づくり～
https://www.env.go.jp/nature/satoyama/keikaku/1-1_keikaku.pdf (2023/7/6 閲覧)
- 環境省 (2020) 環境省レッドリスト 2020
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf> (2023/7/6 閲覧)
- 五箇公一 (2020) 新型コロナ・パンデミックの危機にみる自然共生の意義と未来. 『ACADEMIA』177, 3-16
- 農業環境技術研究所 (2009) 環境報告書 2009 (2023/7/6 閲覧)
<https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/esreport/2009/03.pdf>



第一部

生物多様性の現在：何が問題なのか

自然環境の高解像度可視化技術による ネイチャーポジティブの実装

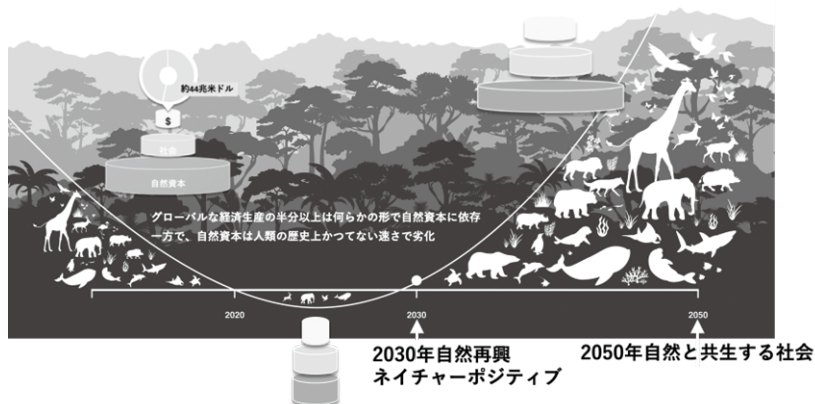
琉球大学理学部 株式会社シンク・ネイチャー 久保田 康裕

はじめに

2015 年国連持続可能な開発サミットで採択された「持続可能な開発目標 (SDGs)」は、2030 年までに達成すべき 17 の目標を掲げている。この中には、「海の豊かさを守ろう」、「陸の豊かさも守ろう」など、生物多様性に関わる目標が含まれている。また、17 の目標の関係性を表す SDGs ウェディング ケーキモデルは、生物圏を基盤にし、その上に社会と経済が成立している階層構造を明示している。このモデルの中の生物圏の量的・質的側面は生物多様性に置き換えることができる。生物多様性の昆明・モントリオール生物多様性枠組では、2030 年までに「自然を回復軌道に乗せるために生物多様性の損失を止め反転させるための緊急の行動をとる」ことが宣言され、いわゆる「自然再興 (ネイチャーポジティブ)」と呼ばれる国際目標が掲げられた。これは、2050 年までに生物多様性を十分に回復させ「自然と共生する社会」を実現するための前段階の目標で、カーボンニュートラルの実現にも呼応したものである。

かつて、自然保護と経済発展は二項対立的に捉えられていた。「自然を守るのか、自然を開発して経済を取るのか」といった論争である。しかし、SDGs や生物多様性条約枠組における目標設定から鑑みて、「生物多様性は社会経済の持続可能性や、さらには人類の生存可能性に直結する」という、生物多様性を必要条件とした新たな社会経済システム構築に向けた認識が醸

図1 SDGs ウェディングケーキモデルに基づいて、社会と経済の持続可能性を考える。経済と社会を支える基盤は、生物多様性からなる自然資本であり、自然資本のパイが痩せ細ると、社会経済も縮小する。したがって、生物多様性の保全再生を基点として、社会経済の持続可能性を強化する世界的なアクションが求められている



成されていることが理解できる（図1）。

生物多様性保全再生に関する野心的な目標を時限に沿って達成するには、戦略的で実効性のある行動計画（アクションプラン）が不可欠である。本論では、日本の陸域の生物多様性に焦点を当てて、土地の空間的利用・保全計画の観点から、ネイチャーポジティブや自然と共生する社会を実現するための課題、その解決の手立てとして、生物多様性の高解像度可視化技術の有望性を解説する。

ネイチャーポジティブの実現に向けたアクション

私たちがまずは理解すべきことは、生物多様性が失われていく生態学的な仕組みである。そのうえで、その仕組みを反転させるアクションを実装する必要がある。生物多様性が消失する主な要因は、森林伐採、農地や森林管理の放棄、外来種の侵入、農業・化学肥料による生息環境^{かくらん}の攪乱など、人為活動による土地の物理的・質的な改変である。これによって1) 野生生物の生息適地が縮小、2) 種分布が減少、3) 種の個体群サイズが縮小する。した

がって、ネイチャーポジティブへ向かうには、1) 野生生物の生息適地を破壊・劣化させる人為活動を抑制すること、2) 種の地域的な消失や絶滅を抑止すること、3) 種分布や種個体数分布を再生すること、が必要である。具体的には、生物多様性の消失を回避・抑止するための保護区拡大、生物多様性の増大を生み出す土地の自然再生、さらには自然再生する土地を確保するための暮らし（消費や供給）の変革である。後者には、食品ロスや肉食消費量を削減することで農地拡大（土地改変）を抑止することや、環境再生農業の推進、生物資源の科学的管理、違法伐採の抑止なども含まれる。

以上の1)、2)、3)を推進する初歩的アクションが、地域指定に基づく保全措置（area-based conservation measure）になる。昆明・モントリオール生物多様性枠組において、2030年までに陸地と海洋のそれぞれ30%を自然保護地域やこれに類する地域に統合する「30by30」目標が重視されているのは、保護区の空間計画が生物多様性を保全再生するための“最低限の必要条件、だからである。

日本の生物多様性保全の現状

日本においても「30by30 ロードマップ」が策定され、その中の主要施策として国立・国定公園等の保護地域の拡張と管理の質の向上が掲げられている。それでは、日本の既存の自然保護区の保全実効性はどのような状況なのだろうか。自然保護区の生物多様性保全効果は、種個体群の相対的な絶滅リスク抑止効果として定量できる。これについては、生物多様性ビッグデータとシステム化保全計画の空間的保全優先エリア分析から明らかになっている（Kusumoto et al.2017; Lehtomaki et al. 2019; Shiono et al.2021）。なお、システム化保全計画とは、生物多様性データと社会経済データを統合的に分析する枠組みを有し、保全に関わる意思決定をデータとアルゴリズムに基づいて支援するものだ（久保田ほか 2017）。

既存保護区は国土面積の約20%を占めており、野生生物（日本産の維管束植物と脊椎動物の全種）の絶滅リスクを約40%弱削減している（図2）（Lehtomaki et al. 2019; Shiono et al. 2021）。また、保安林、都市公園、1級・2級河川の全ての法令区域が野生生物の生息環境を保持する機能を有

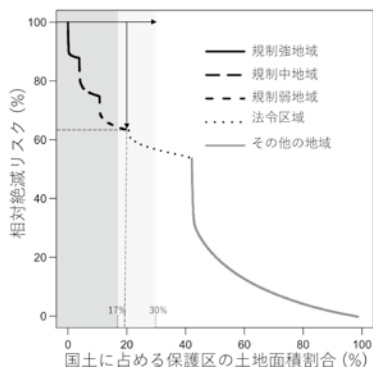


図2 自然保護区による生物多様性の保全効果。既存の保護地域と法令区域を統合した土地面積は日本の国土の42.3%で、それらによる相対絶滅リスクの低減割合は46.3%である。この結果は、既存の保護地域と法令区域が生物多様性の保全効果として一定の機能を果たしていることを示すと同時に、保護地域や法令区域以外にも保全上の重要地域が多く存在していることも示唆している

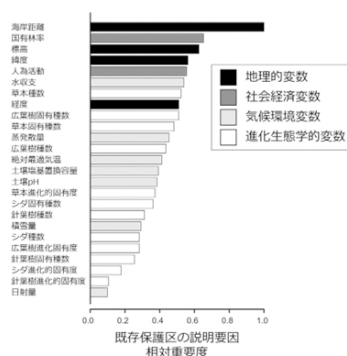


図3 既存保護区の説明要因。現状の保護区の空間配置は、海岸からの距離、国有林率、標高、緯度、社会経済要因などで主に説明される。一方、進化生態学的指標の種多様性や進化的固有度などは、保護区配置の説明因子になっていない

すると仮定した場合、絶滅リスク低減効果はさらに9%上積みされる(図2)。

一方で、既存保護区は地域的な偏りも大きく、保護区の設置要因が社会的な要因で過剰に妥協させられ、生物多様性にとって重要なエリアを十分に捕捉できていないことも指摘されている(Kusumoto et al. 2017)。例えば、山間部の国有林や人口が少ないエリアに保護区が偏在しており、平野部には保護区のギャップがある(図3)。

それでは、生物多様性の可視化情報をもとに保全優先エリアを特定して、30by30に対応して保護区を理想的に拡大した場合、絶滅リスクはどれくらい抑えられるのだろうか。空間的保全優先度分析から、国土面積の30%まで保護区を拡張した場合、絶滅リスクを30%削減でき、既存保護区の保全効果と合わせると絶滅リスクを合計70%削減できることが明らかになっている(図4)。これは、30by30の保全効果の有望性を示しているが、このアクションの実行可能性には注意を払う必要がある。なぜならば、生物多様

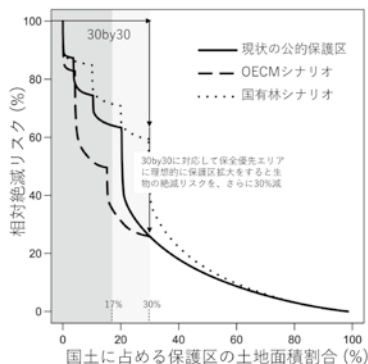


図4 30by30による保護区拡大の生物多様性保全効果。空間的保全優先度分析の結果に基づいて、私有地を含めてOECMによって優先度の高いエリアに理想的に保全地域を拡大した場合、生物絶滅リスクをさらに30%抑止できる

性の保全優先エリアは国有林のような公有地だけでなく、むしろ私有地に多く分布しているからである。例えば、従来の保護区の空間配置を踏襲して、国有林に保護区を30%まで拡大しても、絶滅リスクの抑止効果はわずか4%の低減に過ぎない（図4）。公的保護区は、土地利用に法的規制をかけることで、土地改変を抑止し、野生生物の生息場所を保全できるが、国有地に焦点を当てた地域指定に基づく保全措置には、もはや十分な実効性を見いだせないことが明らかなのである。

地域指定に基づく保全措置のパラダイムシフト

国や自治体などが主導して公有地に自然保護区を設置して土地の利用規制をかける施策は、保全に特化した土地を確保することになるので、保全と経済活動を空間的に使い分けるランドスペアリング型（土地の節約）の保全と呼ばれる。しかし、この保全アプローチは、土地所有者の経済活動を制限し、保全と経済活動を二項対立化させうるので社会的な実行可能性が低く、保全の実効性も形骸化しやすい。そこで、様々な土地利用の枠組みの中に生物多様性保全も内包させた、ランドシェアリング（土地の共用）型の保全アプローチが注目されることになる。都市部や農地や林業生産地など、人々が経済活動を行うエリア、つまり私有地における土地利用を通して、保護地域以外で保全も副次的に達成しようとするOECM（Other Effective area-based

Conservation Measures/ その他の効果的な地域指定に基づく保全措置) である (久保田 2022)。

前述したように、30by30 に対応して保護区を理想的に拡大すると、生物絶滅リスクは最大 70% 抑止できる。これが達成できるか否かは、私有地における OECM の保全実効性にかかっている。なお、公的保護区は法的規制で保全が担保されたことになっているが、実際には、例えば国立公園内であっても私有地の場合は許認可手続きを行えば土地開発は可能なので、結果として、公的保護区の保全効果にも脆弱性^{ぜいじゃく}があることは認識しておくべきである。したがって、公的保護区も私有地の OECM も同じ基準で、それらの保全効果を、表面的な法的裏付けの有無に基づいた従来の観点とは異なるアプローチで、厳密に評価することが不可欠である。

国立公園のような公的保護区が生物多様性の保全効果をどの程度保持しているのか。農業生産が行われているエリアは、農法に応じて、どの程度の生物多様性の保全効果を有するのか。林業生産が行われているエリアは、森林管理に応じて、どの程度の生物多様性の保全効果を有するのか。都市の宅地や不動産開発は、植栽・緑化計画に応じて、どの程度の生物多様性の保全再生効果を有するのか。これら公有地から私有地までの土地の空間利用をデータに基づいて一貫して可視化し、そのうえで、地域指定に基づく保全措置の質を高める努力が、今まさに求められている。

生物多様性保全を考慮した土地利用計画の実例として、風力発電の適地評価を紹介する (図 5)。既存の風力発電施設の立地データ (風況等の環境条件) を基にして、機械学習で風力発電の潜在的適地を可視化する (図 5 上左)。このような風力発電潜在的適地マップと生物多様性の保全優先度スコアマップ (図 5 上右) を重ねると、風力発電施設の開発がもたらす生物多様性に与えるインパクトが可視化される。例えば、生物多様性の保全優先度スコアマップをもとに、生物多様性保全の観点から、風力発電のネガティブエリアを特定できる。風力発電潜在的適地からネガティブエリアを除いたエリアが、風力発電を促進すべきエリア (ポジティブエリア) になる。なお、風力発電のポジティブエリアとネガティブエリアは、それぞれ連続的スコアで評価できるので、風力発電施設開発の促進エリアと回避エリアの中間に、調整エリアも設定できる (図 5 下)。このような分析枠組みで、日本全土の既

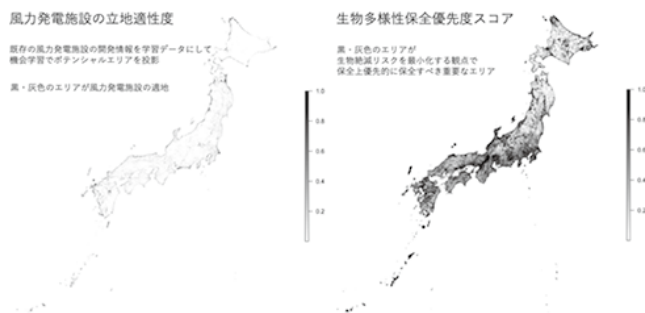
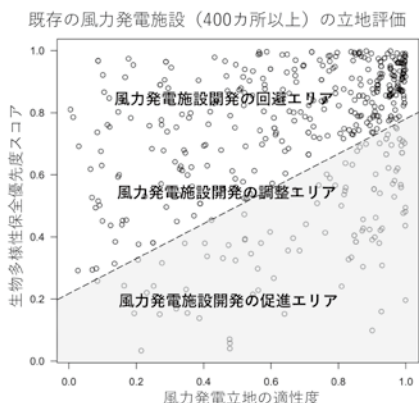


図5 生物多様性保全と調和した風力発電の開発適地評価

既存の風力発電施設(400カ所以上)の立地を評価すると、生物多様性保全の観点から、既存の風力発電施設の多くは、開発を回避すべきエリアに分布していることが明らかとなる(図5下)。このように、生物多様性の可視化情報をもとにすると、様々な土地の利用の適切性、保全の妥当性をデータに基づいて評価でき、保全施策の効率性を定量的に把握できる。



自然保護区の生物多様性保全が十分に機能しない主要因の一つは、生物多様性の空間情報が利用可能でなかったことである。風力発電施設開発においても、従来の環境アセスメントは行われているが、生物多様性の重要エリアが開発によって消失している実態がある。既存の自然保護区の空間配置と保全優先エリアのギャップ、費用対効果から見た保護区の非効率性(保護区を拡大しても生物多様性消失に歯止めが効かない)などの保全実効力の脆弱性は、いずれも、生物多様性の空間的な可視化と、データとアルゴリズム

に基づく保全施策の実装で解決できるだろう。

実効性のある集団的保全施策（コレクティブ・アクション）の重要性

昆明・モントリオール生物多様性枠組、あるいは、生物多様性国家戦略の目標達成は、地域のニーズに対応した実行可能で実効性のあるアクションに依存する（久保田ほか 2019）。つまり、生物多様性の保全再生は、地域的なアクションの積み重ね、すなわち、小スケールな土地への投資によってしかなし得ない、ということである。

生物多様性の豊かさの根源的要素は空間的な環境異質性なので、それを均一的かつマスで扱おうとする「規模の経済的な投資アプローチ」とも相性が悪い。これは、気候変動対策において炭素隔離技術などの新規的な「クライメートテック（気候変動対策の解決に向けた革新的技術）」が有望視され、「プラネタリーバウンダリー（地球の限界）」を技術的に緩和するアプローチに大規模な投資が行われているのと、決定的に異なる点だろう。実際のところ、生物多様性の保全再生アクションは、本質的に小規模かつ労働集約的なもので、投資対象になりにくかった。この課題に関して、生物多様性ビッグデータと機械学習などを駆使した自然環境の高解像度可視化技術は、保全再生アクションを知識集約型産業へモデルチェンジさせ、資本集約をも可能にする、と、筆者は考えている。

細分化された土地を利用する各セクター（国、自治体、農家、林業家、企業、個人など）が、それぞれの場所（公有地、農地、林地、不動産、宅地、個人の庭地など）の生物多様性を保全再生し、そこからもたらされる生態系サービスを最大化する集団的保全施策（コレクティブ・アクション）こそが、ネイチャーポジティブ実現の鍵である。個々のアクションはわずかでちりのような効果しかもたらさないが、ちりも積もれば山となった先にマクロな生物多様性の保全再生がある。

例えば、私有地における生物多様性に関しては、公的な保全再生施策はほとんど打ち手が無い。しかし、ハウスメーカーや不動産企業による戸建ての庭木植栽、都市再開発による不動産物件の緑化計画、ビオトープ計画において、生物多様性保全再生の費用対効果を算定し、生物多様性（ネットゲイン）

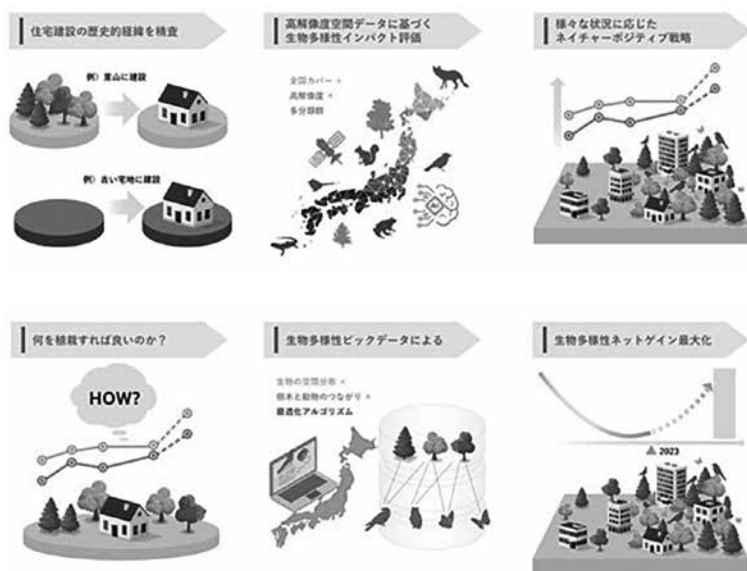


図6 生物多様性高解像度可視化技術に基づいたアーバン・ネイチャーポジティブ。企業活動による生物多様性保全再生効果を高精度で定量し、集団的なネイチャーポジティブ効果を最大化する。このような都市の自然再生と同様に、民有林における生態学的森林管理、有機農業を含む環境再生型農業による田畑・果樹づくりなどに伴う、生物多様性保全再生効果も可視化すれば、あらゆる私有地におけるネイチャーポジティブを推進でき、将来的なネイチャークレジットの算定枠組み構築も可能になるだろう

純増を最大化する事業活動を推進すれば、民間主導のネイチャーポジティブへ向けたコレクティブ・アクションになるだろう（図6）。

従来の生物多様性保全再生に関する個別アクションは、その科学的な実装度合いが脆弱で、わずかなアクションであるにもかかわらずその帰結が山となっており、保全実効性が顕在化しにくかった。これを克服するには、小規模の保全再生アクションの実効性を研ぎ澄ます必要があり、そこに、生物多様性を高解像度で可視化する技術の有望性がある。生物多様性高解像度可視化技術は、マクロな観点で、小規模な個別アクションを集団化して実効性のある大規模な保全措置に拡大させることを可能にし、生物多様性の保全再生事業に大規模な投資を促す情報基盤になるだろう（久保田ほか 2023）。

[引用文献]

久保田康裕, 楠本聞太郎, 藤沼潤一, 塩野貴之 (2017) 生物多様性の保全科学：システム化保全計画の概念と手法の概要. 日本生態学会誌 67(3): 267-286.

久保田康裕, 楠本聞太郎, 藤沼潤一, 塩野貴之, 鈴木亮, 福島新, 小澤宏之, 宮良工 (2019) 生物多様性地域戦略を空間的保全優先度分析で具現化する：沖縄県の生物多様性保全利用指針 OKINAWA 作成の事例. 日本生態学会誌 69(3): 239-250.

久保田康裕 (2022) 30by30 目標と自然共生エリア OECM 生物多様性ビッグデータとシステム化保全計画に基づいた科学的アプローチの重要性. 環境情報科学 51(4): 43-49.

久保田康裕, 楠本聞太郎, 塩野貴之, 五十里翔吾, 深谷肇一, 高科直, 吉川友也, 重藤優太郎, 新保仁, 竹内彰一, 三枝祐輔, 小森理 (2023) 生物多様性ビッグデータに基づいたネイチャーの可視化：その現状と展望. 計量生物学 Vol. 43(2): 145-188.

Kusumoto B., Shiono T., Konoshima M., Yoshimoto A., Tanaka T. & Kubota Y. (2017) How well are biodiversity drivers reflected in protected areas? A representativeness assessment of the geohistorical gradients that shaped endemic flora in Japan. *Ecological Research* 32(3): 299-311.

Lehtomäki J., Kusumoto B., Shiono T., Tanaka T., Kubota Y. & Moilanen A. (2019) Spatial conservation prioritization for the East Asian islands: A balanced representation of multitaxon biogeography in a protected area network. *Diversity and Distributions* 25(3): 414-429.

Shiono T., Kubota Y., Kusumoto B. (2021) Area-based conservation planning in Japan: the importance of OECMs in the post-2020 Global Biodiversity Framework. *Global Ecology and Conservation*, e01783.

人と自然の関わりがつくりだす 里地里山の生物多様性

神戸大学 内海域環境教育研究センター教授 奥田 昇

生物多様性に対する危機

世界的な生物の宝庫で、固有性が高いにもかかわらず、人間活動の影響で絶滅の危機に瀕している地域を「生物多様性ホットスポット」とよぶ。国際 NGO のコンサベーション・インターナショナルが作成した生物多様性ホットスポットの世界地図を眺めると、その危険度を示すエリアが、開発による生息地破壊の進む熱帯地域に集中していることが分かる (<https://www.conservation.org/japan/biodiversity-hotspots>)。この地図の中で、開発による生息地破壊が減少傾向にある先進国において、国土全体が危険地域に指定された日本は異様に映る。なぜ、日本の生物多様性は危機に直面しているのか？ 本稿では、里地里山の生物多様性の置かれた現状に焦点を当てながら、今後、我が国の生物多様性をいかに回復するか考えてみたい。

南北に長い日本列島は、北は亜寒帯から南は亜熱帯まで複数の気候帯にまたがり、急峻な地形のため、一つの地域の中でさえ温度差が大きく、さらに、モンスーン気候によって四季がもたらされる。このような環境の変化に富む日本列島に暮らす生物は、未記載種も含めると 30 万種を超えると推定される（環境省 2008）。また、大陸から隔離されることによって、島嶼で独自に進化した日本固有種は、維管束植物の約 4 割、哺乳類・爬虫類・両生類のそれぞれ約 4 割、約 6 割、約 8 割に達する。小さな島嶼であることを踏まえると、日本列島に生息する生物の多様性と固有性の高さは特筆すべきである。

ところが、不名誉なことに、110種の生物が絶滅し、絶滅の恐れがある動植物は5748種に上る(環境省 2020)。日本全土が生物多様性ホットスポットに認定されるゆえんである。

途上国では、爆発的に増加する世界人口を賄い、グローバル化する食生活を満たすために森林から農地への土地転換が急速に進んでいる。森林伐採による生息地破壊は、これらの地域における生物多様性損失の主要因となっている。対照的に、日本では、森林が過剰伐採された明治時代以降、その面積は回復に転じ、現在、国土の約3分の2を占める。逆に、農業従事者の減少を背景として、農地は減少傾向にある。我が国の生物多様性損失の要因が、生物多様性ホットスポットに認定された他国と大きく異なることがうかがえる。

「生物多様性国家戦略 2023—2030」によると、我が国の生物多様性損失を引き起こす要因は、四つの危機に整理できる。それらは、1) 開発など人間活動による危機、2) 自然に対する働きかけの縮小による危機、3) 人間により持ち込まれたものによる危機、4) 地球環境の変化による危機である。第1、3、4の危機は、グローバル化を背景として世界共通の生物多様性損失要因とみなされる。他方、第2の危機は、人口が減少し、農林水産業が衰退する日本ならではの特徴といえよう。しかし、人口減少と一次産業の衰退は、いずれ多くの先進国が直面する社会問題である。地球上の生物多様性を保全するために、日本が第2の危機をいかに克服するかが問われている。

攪乱がつくりだす生物多様性

生物多様性に対する第2の危機とは、自然を過度に利用・改変する第1の危機とは逆に、人と自然の関わりが薄れることで生物多様性が低下する状況を指す。前節で述べた日本のレッドリストに掲載される生物種は、雑木林や草地、湿地などを生息場とし、かつては人里で普通にみられた動植物が多い。里地里山は、日常生活や経済活動に必要な自然資源を得る場であり、平野部の森林を伐採して居を構え、氾濫原・湿地の水利環境を生かして田畑をひらき、山間部の森林から薪炭をこしらえ、伐採後の萱場から採草することで形成された景観の総称である。

里地里山を持続的に利用するには、人による「手入れ」が必要である。手入れとは、利用者にとって望ましい状態に維持・管理することである。特に日本では、湿地や陸上生態系は、人が手を加えなければ、勝手に遷移が進む。湿地は乾燥して草地になり、草本植物は速やかに低木に置き換わり、次第に陽樹の二次林に遷移する。さらに、長い歳月を経て、陰樹が優占する極相林に至る。里地里山とは、人が自然に手を入れることで絶えず環境を攪乱し、人為的に遷移を止めた生態系と捉えることができる。

適者生存による進化を唱えたダーウィンは、「種の起源」の中で、草地を頻繁に刈ることで植物の種多様性が維持されることに気づいていた (Darwin 1859)。生態学の有名な仮説に「中規模攪乱説」がある。複数の種が同じ資源や空間をめぐって争うと競争排除によって、競争に強い種のみが生き残る。しかし、生息環境が攪乱されると、競争に優位な種の個体が除去されることで生じた生息地の空きスペースに劣位な種が入り込む余地が生じる。このように、攪乱環境下で速やかに定着・繁殖する能力をもつ生物をパイオニア種とよぶ。生息環境が攪乱されるとこれらの生物の定着の機会が増すため、種の多様性が増加する。しかし、さらに攪乱の規模や頻度が増えたとパイオニア種も排除されるため、種の多様性は減少に転じる。つまり、生息環境が中程度に攪乱されると、生物多様性は最も高くなるというわけだ。(Connell 1978) は、熱帯雨林やサンゴ礁の多様性が高いのは、ハリケーンや波浪によって、競争に優位な種の優占が適度に阻害されるためであると論じた。

二次林は定期的に伐採され、萱場は冬に火入れされ、^{ほじょう}圃場は田植え前に湛水し、収穫前に干される。里地里山の手入れは、多様な種に生息の機会を与える適度な攪乱とみなすことができる。かつての里地里山の生物多様性が高かったのは、手入れが行き届いていたためであろう。ところが、高度経済成長期以降、日本の一次産業の状況は一変した。^{かんがい}灌漑施設の設置や農地の区画整理など農地整備が進み、農作業は機械化された。また、薪炭は化石燃料に置き換わり、家畜の餌や田畑の肥料は輸入飼料や化成肥料に取って代わった。農業の近代化によって生産効率は飛躍的に向上したが、人と自然の関わりは次第に薄れていくこととなった。(高橋ほか 2015) は、草原で火入れや採草が行われている場所と放棄地を比較し、手入れがされなくなった草原

で草本植物の多様性が低下することを報告した。また、(高崎ほか 2010) は、間伐の行き届かない人工林で林床の土壌動物の種の数が増えることを報告した。これらの研究事例は、里地里山の手入れが生物多様性の維持に重要であることを物語る。

さらに、近年では、少子高齢化に伴う担い手不足によって、農林業離れが加速している。山間地では、耕作放棄地の樹林化が進んでいる。森林が増えれば森林に生息する動植物が増えるので好ましいと思うかもしれない。しかし、生態学の法則に従うなら、遷移の進んだ森林は競争排除によって生物多様性が減少する運命にある。里山が手入れされなくなれば、人が立ち入らない奥山へと様変わりする。もちろん、原生林のような「手つかずの自然」を残すことは重要であるが、地域全体として生物多様性を高めるには「手入れされた自然」も必要なのだ。

生息地のつながりが育む琵琶湖流域の生物多様性

琵琶湖は世界第3位の歴史を誇る古代湖として、湖内で独自に進化した61種の固有種を擁し、流域に生息する陸上の動植物も含めると、その種数は2800種を超える。ところが、近年、生物多様性の損失が危惧されることから、生物多様性ホットスポットとみなされている。

生物多様性損失の背景にある複雑な課題を解決するために、筆者は、超学際プロジェクトを主宰し、琵琶湖の流域ガバナンスに携わった経験がある(奥田 2021)。

流域ガバナンスとは、流域界に含まれる複数の行政区からなる社会の多様な主体が協働して、集落レベルから市区町村や県レベルで顕在化する様々な課題を階層横断的に解決する仕組みである。従来の流域管理は、流域の環境問題を解決することを一義として、国や県によって主導されてきた。他方、流域ガバナンスは、地域に主体性を付与し、住民が自発的・持続的に地域の課題に取り組むことが、結果として、流域の課題解決につながるよう異なる階層間の協働を促すのが特徴である。特に、このプロジェクトでは、地域住民が身近な自然に価値を見だし、それを再生・保全する活動を通して地域の課題を解決するとともに、その活動の輪を広げることで流域の健全性を向

上することを目指した（脇田ほか 2020）。「健全性」という言葉は、アカデミアや行政の場でしばしば用いられ、その定義も多様であるが、本プロジェクトの文脈で用いる健全性の意味は最後に延べることにする。

本プロジェクトでは、琵琶湖の最大流入河川である野洲川の流域を舞台に、上流から下流、そして、湖岸の農山漁村集落を対象として、自然科学と社会科学の専門家によるアクションリサーチを実践した（小林・石橋 2020）。アクションリサーチとは、社会が抱える様々な課題に対して、当事者と研究者が協働して解決策を練り、実践を通じてその有効性を評価し、計画を見直すことで課題解決に至る循環的な調査手法である。

まずは、課題を抽出するために各集落で住民と対話した。調査集落ごとに景観や生物相は大きく異なるものの、高度経済成長期以降、生産効率を重視した農林水産政策によって、人と自然の関わりや人と人のつながりが希薄化したことがすべての集落に共通する課題として認識された。自然環境や地域社会の変貌を憂う当事者とアクションリサーチを実践することによって、里地里山の自然を再生し、地域のにぎわいを取り戻すことを試みた。

各集落における活動の詳細は、（脇田ほか 2020）に譲るとして、ここでは全国の里地里山が抱える課題を象徴するモデルとして、滋賀県甲賀市小佐治地区における谷津田の保全活動を紹介したい。ここは少子高齢化が進む山



写真1：谷津田の鳥瞰図（浅野悟史氏撮影）。人工林に囲まれ、最上段に灌漑用ため池（中央上部）を設える。ため池が残る谷津田は、もはや希少な存在。

間地農村集落である。丘陵地の谷筋を開墾した谷津田では、古来、天水灌漑が営まれたが、灌漑ダムが整備されたことで地域に数百あったため池のほとんどが消滅した。

さらに、田面水が流れ下る佐治川は、治水を目的とした河道掘削工事によって谷深い堰堤で隔てられ、ため池・水田・河川の水の連続性が失われた。この地域の土壌は、古琵琶湖層の重粘土で形成されるため、乾燥するとひび割れしやすく、かつては周年、田面に水を張る湿田が営まれていた。ところが、農作業の機械化を促進するために、暗渠排水が整備され、伝統的な湿田は乾田化された。

一見すると、自然豊かな里山景観だが、水田の生物調査をすると種数の少なさに驚く。ため池や河川と生息地のつながりが失われているため、冬季の圃場で湿地生物を目にすることはない。そこで、地区の環境保全部会と協働して、かつての生きもののにぎわいを取り戻し、次世代にその文化的な価値を継承する「生きもの育む水田」活動に取り組むことになった。特に、当地では、晩冬の雪解け時期になると湿田に産卵に訪れるニホンアカガエルの鳴き声が代かき作業を想起させてくれたり、オタマジャクシが群がる田んぼは雑草が生えにくいという経験知と結びついたり、生業と密接に関連づけられることから、ニホンアカガエルを地域の「環境ものさし」として、湿田を再生する活動を開始した（浅野ほか 2018; 浅野 2022）。

湿田の再生は、圃場の湛水時期を数カ月早めるだけなので、作業自体はさほど大変でない。この活動が集落全体に広がる過程で、水田の生物と環境に大きな変化が現れた。湿田の再生によって、夏場を森で過ごし、雪解け時に湿地で繁殖するニホンアカガエルやヤマトサンショウウオなど絶滅の恐れのある両生類の産卵数が増え、周年水の中で



写真2：再生された湿田に産みつけられたヤマトサンショウウオの卵塊。

暮らすメダカやタニシなど水生動物の多様性も増加した（浅野 2022）。

また、湿地環境が水田の化学性状を変化させ、田面から溶出するリンの濃度が減少した（Ishida et al. 2020）。著者らの研究により、水田濁水の主成分である懸濁態のリンの流出は、河川や湖沼の富栄養化をもたらし、生物多様性を低下させることが明らかとなっている（Ko et al. 2021; Okano et al. 2018; Osaka et al. 2022）。したがって、湿田の再生は、当地の生物多様性のみならず下流域の生態系にもよい影響を及ぼしうる。

一連の研究は、ちょっとした手入れが、生息地のつながりを再生し、生きもののにぎわいを取り戻すのに有効であることを示唆する。もちろん、この地域の活動のみで琵琶湖流域の環境が劇的に改善するわけではないが、このような活動の輪が流域全体に広がれば、森里川湖のつながりが再生され、失われつつある生物多様性も回復すると期待される。

人と自然の関わりを再構築するために

琵琶湖の流域ガバナンスの事例が示したように、里地里山の生物多様性を回復する上で重要なのは、自然を手入れする、つまり、人と自然の関わりを再構築することである。しかし、先述のような効能を科学的に示せば、地域活動が促されるといった単純な話ではない。ましてや、研究者が生物多様性保全を錦の御旗に掲げるような「保全の押し売り」は逆効果ですらある。あくまでも、地域の課題を解決するために、住民の声に耳を傾け、住民が望ましいと考える活動に寄り添うことが、結果として、生物多様性の保全につながればよいのである。

（脇田ほか 2020）は、流域の健全性を向上するには、地域の活動を通して、「栄養循環」「生物多様性」「しあわせ（Well-being）」の歯車がかみ合うことが重要と唱えた。

生物に必須の栄養がバランスよく循環する状態は、生態系にとって望ましく、生物は栄養循環を駆動する実体であると同時に、目に見えない循環を見える化する地域の「環境ものさし」の役割を担う。「しあわせ」とは、生物多様性が生み出す価値を享受することで得られる楽しみのみならず、その価値を受け渡す他者のしあわせを自身のしあわせと感じられること（奥田ほか

写真3：小佐治の「生きもの育む水田」の活動風景。子供たちに身近な自然の価値を継承したいという思いが活動の原動力となっている。



2017)、すなわち、他者にとってよき存在であること（Being well）を意味する（大石 2009）。人と自然の関わりを豊富化することで多様な価値を創出し、人と人の関わりを通して、それらの価値を共有・共感するとき、人と自然にとって望ましい健全な流域の未来像が共創される。

[参考文献]

浅野悟史 (2022) 地域のく環境ものさし> : 生物多様性保全の新しいツール. 昭和堂

浅野悟史, 脇田健一, 西前出, 石田卓也, 奥田昇 (2018) 「地域の環境ものさし」による生物多様性保全活動の推進. 農村計画学会誌 37(2):150-156

Connell JH (1978) Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs : High diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state. Science 199(4335):1302-1310

Darwin C (1859) The origin of species by means of natural selection. John Murray, London

Ishida T, Uehara Y, Ikeya T, Haraguchi TF, Asano S, Ogino Y, Okuda N (2020) Effects of winter flooding on phosphorus dynamics in rice fields. Limnology 21(3):403-413

環境省 (2008) 平成 20 年版環境白書・循環型社会白書. <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/pdf/full.pdf>.

環境省 (2020) レッドリスト 2020. <https://www.env.go.jp/press/107905.html>

Ko CY, Asano S, Lin MJ, Ikeya T, Peralta EM, Trino EMC, Uehara Y, Ishida T, Iwata T, Tayasu I, Okuda N (2021) Rice paddy irrigation seasonally impacts stream benthic macroinvertebrate diversity at the catchment

- level. *Ecosphere* 12(5):e03468
- 小林邦彦, 石橋弘之 (2020) いかにして地域の課題と向き合うか: 栄養循環プロジェクトの軌跡からアクションリサーチのあり方を考える. *地球研ニュース* 80:2-6
- 大石繁宏 (2009) 幸せを科学する: 心理学からわかったこと. 新曜社
- Okano J, Shibata J, Sakai Y, Yamaguchi M, Ohishi M, Goda Y, Nakano S, Okuda N (2018) The effect of human activities on benthic macroinvertebrate diversity in tributary lagoons surrounding Lake Biwa. *Limnology* 19(2):199-207
- 奥田昇 (2021) 地域と流域の超学際研究をゼロから始める. In: 近藤康久, 大西秀之 (編) 環境問題を解く: ひらかれた協働研究のすすめ. かもがわ出版, pp139-151
- 奥田昇, 浅野悟史, 脇田健一 (2017) 超学際科学に基づく順応的流域ガバナンス: 生物多様性が駆動する栄養循環と人間のしあわせ. *地理*, 62(1):32-39
- Osaka K, Chishiro S, Matsumoto Y, Iwata T, Okuda N (2022) Hydrological control of the chemical characteristics of suspended particulate phosphorus in the Yasu River watershed, Japan: Implications for its source and bioavailability. *Hydrological Processes* 36(10): e14734
- 高橋佳孝, 渡辺雄一郎, 竹原真理 (2015) 阿蘇草原の生物多様性評価指標の選定と評価. *農業および園芸* 90(10):977-984
- 高崎洋子, 竹中千里, 吉田智弘 (2010) ヒノキ人工林において間伐施業が土壌動物の群集構成と個体数密度に与える影響: 三重県度会郡大紀町における事例. *日本森林学会誌* 92(3):167-170
- 脇田健一, 谷内茂雄, 奥田昇 (2020) 流域ガバナンス: 地域の「しあわせ」と流域の「健全性」. 京都大学学術出版会

生物多様性が豊かな場所： 沿岸生態系の過去、現在、未来

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター教授 仲岡 雅裕

はじめに

地球表面の7割を占める海洋のおよそ9割は水深200m以上の深海で、かつ岸から遠く離れた外洋である。陸上動物である人類の海洋へのアクセスは、背丈より浅い沿岸のごくわずかな海域を除くと非常に限られており、それゆえ、海洋生態系および生物多様性の知見は陸域のそれに比べると圧倒的に少ない。海洋には既知のものだけでも23万種の生物が生息しているが¹⁾、控えめに見積もっても、さらに10万種～200万種の未記載種があると推定されている²⁾。全種の記載が終了するには、現在の新種記載率を考えるとあと100年以上かかると考えられており³⁾、その間にも人間活動に伴う種の絶滅が続いていくと思われる。

海洋生態系の中でも、陸と海が接する沿岸海域には、サンゴ礁、藻場、マングローブ、塩性湿地など、大型の動植物を基盤とする特徴的な生態系が形成されている。このうち藻場は、コンブやワカメなどの海藻類を主体として岩礁にできる「海藻藻場」と、維管束植物であるアマモなどの海草類を主体として砂泥底に形成される「海草藻場」に大別される。後者は温帯域でアマモが優占種となるため「アマモ場」とも呼ばれている。藻場は周辺の無植生の海底と比べると一般的に種多様性が高い。また、生物量・生産量も高く、水質制御・底質安定化など多様な生態系機能を有しており、それらは水産資源の提供、台風などの巨大かく乱に対する防災機能、さらには二酸化炭素吸

収を通じた温暖化緩和機能（ブルーカーボン機能）など、人間に対してさまざまな生態系サービスを提供している⁴⁾。これらの生態系の単位面積当たりの生態系サービスの経済的価値は、森林の3倍から10倍にも達するとの試算もある⁵⁾。

沿岸域はそもそも人口密度が高く、さまざまな人間活動の影響を受けることから、生態系の損失や劣化が報告されてきた。例えば、Waycott et al. (2009)⁶⁾ は世界各地の海草藻場の変化を報告した215の研究を解析し、海草藻場が1990年以降、1年あたり7%の率で減少していることを明らかにした。しかし、この論文にはアジアの研究例はわずか2例しか含まれていなかった。日本を含む東アジア～西太平洋の海域は、海洋生物多様性が世界で最も高いホットスポットとして知られているが⁷⁾、研究はまだ不十分であり、生物多様性保全に対する課題も山積している。

本章では沿岸生態系およびその生物多様性について、特に日本の温帯域の沿岸海域の主要構成要素である干潟と藻場を中心に、過去、現在、将来の変化について解説するとともに、今後の保全のための課題や新たな取り組みについて紹介したい。

日本の干潟と藻場の長期変動

日本の沿岸海岸の改変は、特に太平洋戦争後の高度経済成長期に、静穏な河口域・内湾域を中心に進んだ。全国レベルでの浅海域の生態系の状況の変化は、1970年代より始まった環境省（当時環境庁）の自然環境保全基礎調査から知ることができる。1978～1979年に実施された第2回自然環境保全基礎調査では、全国の干潟は1945年以降35%が、藻場は1973年以降1.1%が消失したことが明らかになった⁸⁾。さらに、1988～1992年に行われた第4回調査では、前回調査後の約13年間に干潟の7.5%、藻場の3.2%が消滅したことが報告された⁹⁾。しかし、第4回調査以降、全国の海岸線を網羅する調査は長らく行われなかった。

藻場については、ようやく2018～2020年に全国の藻場分布図を作成するための調査が行われ、その結果が2021年に公開された¹⁰⁾。それによると、全国の藻場面積は、第4回調査時より4割以上減少しており、特に海藻

表 1 日本の海草藻場と海藻藻場の面積の変化。1989-91 年は第 4 回自然環境保全基礎調査、2014-18 年は環境省藻場分布調査のデータに基づく。

	1989-91 (km2)	2014-18 (km2)	変化率 (%)
海草藻場	419	330	78.7
海藻藻場	2,359	1,299	55.1
合計	2,778	1,629	58.6

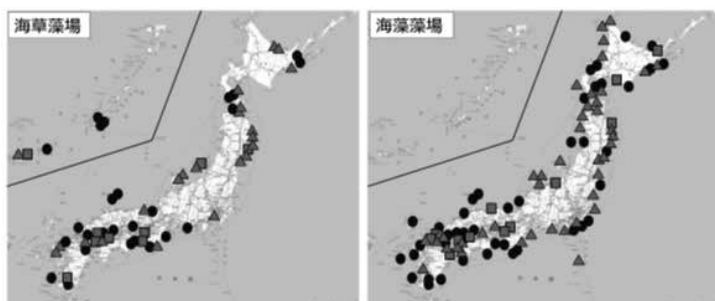


図 1 日本の主要な海草藻場と海藻藻場の面積の変化。第 4 回自然環境保全基礎調査（1989-91）と、環境省藻場分布調査（2014-18）の GIS データを比較して算出した。○は当該期間に 10% 以上藻場面積が増加、△は 10% 以上減少、□は変化しなかったサイトを示す。

藻場の減少率が、海草藻場よりも著しいことが明らかになった(表 1)。また、地域別にみると、東北太平洋岸の藻場の減少率が他の地域より高い(図 1)。これには後述する 2011 年の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）に伴う津波や地形変化が関わっている可能性が考えられる。一方、他の地域では、北海道、瀬戸内海、南西諸島の海草藻場や日本海南東部の海藻藻場で面積が増加している場所が多かった(図 1)。しかし、以前の基礎調査が、航空写真による判別と現地調査や地域関係者からの聞き取りをもとに作成されたのに対し、最新の調査では高解像度の衛星画像をもとに藻場の判別を行っており、藻場面積推定法が全く異なる。このため、藻場分布域の変化の評価には十分な注意が必要である。例えば鹿児島湾では、衛星画像の誤判定により、

海草藻場の面積が現地調査より5倍以上も過大評価されている場所もある（仲岡、未発表）。正確な藻場面積の変化の評価には他の資料も含めたより慎重な検討が必要である。

モニタリングサイト 1000 沿岸域調査による長期変動の解析

このように、全国を網羅する形で浅海域の変化を高解像度かつ高頻度で追跡することは非常に難しい。一方、特定の場所での定期的な調査による沿岸海域の生態系や生物多様性の長期モニタリングは、国や地方自治体の事業、大学や公立研究機関の研究、さらには地域住民も参加できるプログラムなど、多様な取り組みが行われるようになってきた。

一例として、環境省の事業として行われているモニタリングサイト 1000 沿岸域調査の成果を紹介したい。モニタリングサイト 1000（重要生態系監視地域モニタリング推進事業）は、「全国に 1,000 か所以上の調査サイトを設置し、100 年以上モニタリングを継続することで、基礎的な環境情報の収集を長期にわたって継続して、日本の自然環境の質的・量的な劣化を早期に把握することを目的」としている¹¹⁾。海域では、先行して始まったサンゴ礁に続き、磯（岩礁潮間帯）・干潟・アマモ場・海藻藻場を対象とした沿岸域調査が 2008 年より開始された。全体で 28（磯 6、干潟 10、アマモ場 6、海藻藻場 6）というサイト数は、全国を十分にカバーするには不十分であるが、各生態系で統一したプロトコルで調査が行われ、生物多様性や生態系の変動に関する貴重なデータが取得されている。

この中で特に顕著な変化が見られたのは、2011 年に生じた東北地方太平洋沖地震に伴う津波や地盤沈下の影響を受けた沿岸サイトである。岩手県の船越湾と大槌湾に設定されたアマモ場サイトでは、地震に伴い発生した津波によるかく乱により、2011 年の海草類の被度が前年の 0～1% まで減少した（図 2）。その後、アマモ場は水深の浅い部分を中心に回復しつつあるが、2018 年の段階では平均被度は津波前の半分程度であり（図 2）、2022 年時点でも水深の深い部分では植生はわずかにパッチ状に確認されるのみである¹²⁾。一方、福島県の松川浦の干潟サイトにおいては、地震直後の 2011 年は底生生物の密度が前年の 10% 以下まで激減したが、翌 2012 年には地

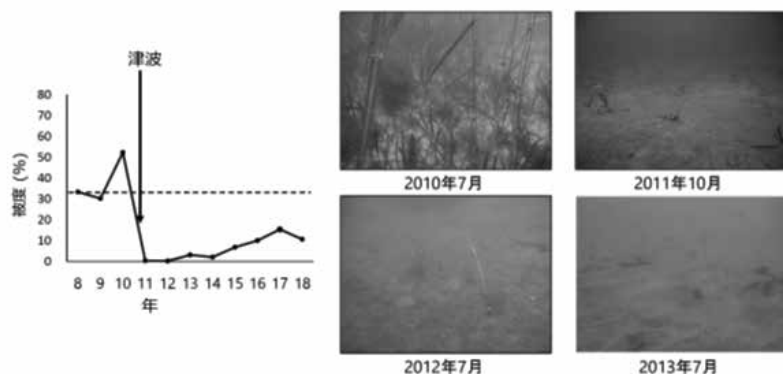


図2 モニタリングサイト 1000 沿岸域調査のアマモ場サイトである船越湾の海藻類の被度の経年変化（左）と 2010～2013 年の景観写真（右）。グラフの点線は 2008～2010 年の平均被度を示す。仲岡ほか (2018) ¹⁴⁾ より作成。

震前より密度が高くなる「過回復」が見られた¹³⁾。さらに、宮城県の志津川の高藻場サイトでは、2011 年の海藻類の被度は地震前より微減であったが、2012 年以降も減少が続き、地震の「時間的遅れを伴った影響」が検出された¹³⁾。これにより、津波によるかく乱よりも地盤沈下に伴う光量不足が海藻類により大きい影響を与えていることが示唆された。このように、地震の影響はサイトや対象生態系により大きく異なるが、いずれも震災前のデータが定期的なモニタリングにより取得されていることで明らかになったものであり、モニタリングを継続することがいかに重要であることを示している。

開始より 15 年を経て、他にも沿岸生態系にさまざまな変化が生じていることがモニタリングサイト 1000 のデータからわかってきた。2022 年の報告¹²⁾によると、アマモ分布域の南限に近い鹿児島県指宿に設定されたアマモ場サイトは、2018 年以降アマモ植生が見られない状況が続いている。同様に、鹿児島県の薩摩長島サイトは大型コンブ類の一種であるアントクメの分布南限に近いことが知られているが、外洋に面した調査点では 2017 年以降アントクメが消失したままとなっている。また、伊豆下田の高藻場サイトでは、アラメ・カジメ等の林冠構成種が 2020 年より減少したのち、

2022年には完全に消失しているほか、石垣島伊土名のアマモ場サイトでは、海草類の種多様性に変化はないものの、被度が2021年より著しく減少している。これらの変化には、近年の水温上昇やそれに伴う植食動物による食害の増加が関与していると考えられている。

沿岸生態系の将来予測

前節最後に述べたように、ここ数年来、沿岸海域で、気候変動と直接的・間接的に関連していると思われるさまざまな変化が報告されるようになってきた。特にアイゴやウニ、さらにはアオウミガメなどの植食動物の増加や摂食活動の活発化による藻場の衰退、いわゆる「磯焼け」の発生が各地から報告されている。また、サンゴや熱帯性魚類をはじめとする南方系海洋生物の分布域の北上、コンブやサケなど北方系海洋生物の減少のニュースも頻繁に耳にする。このような状況で海洋生態系は今後どのように変化していくのであろうか？

1950～2100年代の海洋生物群集の分布情報と、海水温上昇および海流輸送に関する情報を取り入れたモデル解析では、現在進行しつつある海藻藻場からサンゴ群集への置換には、サンゴの増加に伴う直接的競合よりも、草食魚の海藻食害による効果が高いことがわかっており、置換の確率は今後2035年にかけて増加することが予測されている¹⁴⁾。

近年、生物の分布情報と環境諸情報の関連性を高度な統計学的手法で分析して各種の推定分布域を評価する生物種分布モデル（SDM）が発展し、それをういた海洋生物の分布変動の将来予測も行われるようになってきた。SDMを東北から北海道に分布する寒流系コンブ類11種に適用した研究では、温暖化の進行が最も著しいシナリオ（RCP8.5）下¹⁵⁾では、今世紀末には対象種の分布域が1980年代の0～25%になること、また、温暖化が比較的緩やかに進行するシナリオ（RCP4.5）でも、4種のコンブが日本沿岸から消失する可能性があることが予測された¹⁶⁾。また、日本沿岸の熱帯性魚類にSDMを適用した研究では、現在、本州中部以南の暖かい海域に生息する草食魚のアイゴやイスズミ、有毒魚のソウシハギやアオブダイの分布域が、RCP8.5では本州北端まで拡大する可能性がある一方、温室効果ガスを大幅

に削減するシナリオ（RCP2.6）では、生息適地が現在から大きく変化しないことが予測された¹⁷⁾。これらの研究は、もしこのまま温暖化が進行すると、沿岸域の生態系が大きく変容するだけでなく、人類が享受している水産資源の減少や、有毒生物による健康被害の増加も懸念される事態となることを示唆している。一方、今後徹底した温暖化緩和策が進めばそのような事態は回避される可能性があることも示している。

沿岸生態系の保全に向けた課題と新しい動き

このような地球規模の環境変動に対する海洋生態系の変化に対して、その緩和策や適応策に関するさまざまな取り組みが検討・実施されている。どのような取り組みを行うにしても、まず何よりも重要なことは、生態系や生物多様性の変化を広域かつ定期的にモニタリングして、現状とその変化を正確に把握することである。しかし、日本における海洋生態系・生物多様性モニタリングの状況は、これまで述べたように空間的にも時間的にも十分な状況とは言えない。ここでは、その課題の解決につながる新たな技術的進展や活動について紹介したい。

リモートセンシング技術の向上は、前述の環境省の最新の藻場分布図に利用されたように、沿岸生態系の変化を広域かつより高い頻度で追跡する手段として期待されている。衛星画像だけでなく、各種ドローン類（空中、水上、水中）や音響探査機器も、高性能化や低価格化が進んでいる。また、もう一つの新技術として注目されるのが環境 DNA を利用した生物多様性モニタリングで、すでに微生物から大型哺乳類まで多様な生物を対象とした手法が開発されている。日本では 2018 年に環境 DNA 学会が設立され、2019 年より全国規模の観測ネットワークである ANEMONE が、魚類を対象に統一した手法で観測と情報のデータベース化および公開を進めている¹⁸⁾。

ただし、リモートセンシングも環境 DNA も、生物多様性や生態系を測る間接的な手法であり、人の目による海洋生物の直接的な観測結果との比較検証が不可欠である。それゆえ、野外生物調査との効率的な組み合わせを可能とする体制づくりが求められる。こうした中、研究機関や行政機関の人的な資源の制約を超えて野外生物調査を広める方法として着目されているのが、

研究者が一般市民と連携して広くかつ持続的に生物多様性モニタリングデータを取る「市民科学」である。海外では沿岸海域を対象とした多数のプログラムがすでに実施されており、それらは海洋生物多様性の現状評価や今後の予測などの科学成果に結びつくばかりではなく、海洋保護区設計の基礎資料となるなど、応用的な面でも貢献している^{19), 20)}。大阪湾では、研究者・市民・国・地方自治体が連携して、20 か所以上の海岸で 15 年間にわたり生物の観測を続けているプログラムがある²¹⁾。同様の取り組みは他の地域でも行われているが、持続的な実施に向けて、特に活動費の継続的な確保が制約になっていることが多い。

こうした状況に対して、藻場の再生・保全活動に関しては、ブルーカーボンを用いた炭素排出権取引による活動資金の調達が新たな取り組みとして着目を集めている。化石燃料の利用により大気中に排出された温室効果ガスである二酸化炭素のうち、海洋生態系が吸収するものをブルーカーボンと呼ぶ。沿岸生態系のマングローブやアマモ場は単位面積当たりの二酸化炭素吸収・隔離量が森林生態系のそれよりも高いことが知られており²²⁾、また海藻類も難溶性有機炭素を生成することで炭素の隔離に貢献していることが指摘されている²³⁾。これにより、森林におけるグリーンカーボン認証制度と同様に、マングローブや藻場を保全または再生して吸収・隔離された炭素をクレジットとして、排出権取引を行う自主的な市場制度が世界各地で始まっている²⁴⁾。日本では、この取引を公的かつ中立に認証・運営する組織としてジャパンブルーエコノミー技術研究組合 (JBE) が 2019 年に設立され、2020 年度より「J ブルークレジット®」を発行し、購入を希望する企業・団体等と、保全再生活動によりクレジットを創出した NPO・市民団体の間での取引が開始された²⁵⁾。これにより、保全や再生活動に必要な活動資金を継続的に得られることが期待されている。また、JBE による認証制度では、クレジットを継続的に獲得するためには、藻場の面積やその生物多様性の変化を毎年の調査・モニタリングで報告することが義務付けられている²⁶⁾。今後、得られたモニタリングデータが事業の枠組みを超えて広く共有されるようになれば、海洋生物多様性や生態系データの充実化を通じて、沿岸海域の保全や持続的利用に関するさまざまな活動や政策決定に生かされることが期待される。

おわりに

ここまでで説明したように、沿岸海域は生物多様性が高い場所であるが、気候変動その他の人間活動による負荷を受け続けている。これに対して、世界各地で海洋保護区による保全や持続的な資源・生態系管理などのさまざまな施策が講じられ、その結果、希少種の個体数の回復や、藻場やマングローブの再生が進んだ例も報告されるようになってきた²⁷⁾。しかし、日本を含むアジアの海域においては、広域かつ長期の変動に関するデータが不十分で、人間活動の負荷の影響評価や、保全再生活動の効果の検証が進んでいないのが現状である。これに対して、前節後半で述べたように、海洋生態系・生物多様性モニタリングを支援する技術的発展や、社会的活動が進みつつある。

自然生態系や生物多様性の保全の気運を高めるためには、人為的影響を与えてきた負の影響の「暗い」側面を過度に強調するのではなく、保全活動の「明るい」成果をより発信することが、保全に取り組む人の意欲を向上させ、また、多くの人に関わってもらうために重要である。海洋科学分野におけるこうした取り組みは、#OceanOptimism と呼ばれ、若い世代を中心に SNS での呼びかけなどを通じて広まりつつある²⁸⁾。このような流れを通じて、ここで紹介した新たな取り組みが生物多様性の損失に歯止めをかけ回復に貢献することを期待して、本稿を閉じたい。

[参考文献・注]

- 1) Fujikura, K., Lindsay, D., Kitazato, H., et al. (2010) Marine biodiversity in Japanese waters. PLoS ONE 5(8): e11836 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011836>
- 2) Costello, M.J., Wilson, S., Houlding, B. (2011) Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. Syst Biol 61: 871-883. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syr080>
- 3) Costello, M.J., May, R.M., Stork, N.E. (2013) Can we name earth's species before they go extinct? Science 339: 413-416. <https://doi.org/10.1126/science.1230318>
- 4) 仲間雅裕・松田裕之（2011）地球環境変動と生態系サービス、人間活動の関連性の解明に向けて（小路淳・堀正和・山下洋編）水産学シリーズ 169 浅海域の生態系サービス．海の恵みと持続的利用．恒星社厚生閣、pp. 129-143

- 5) Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- 6) Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B. et al. (2009) Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS* 106: 12377-12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>
- 7) Tittensor, D.P., Mora, C., Jetz, W., et al. (2010) Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature* 466: 1098-1101. <https://doi.org/10.1038/nature09329>
- 8) 東洋航空事業株式会社 (1980) 環境庁委託第2回自然環境保全基礎調査海域調査報告書(海岸調査/干潟・藻場・サンゴ礁分布調査/海域環境調査)(全国版)
- 9) 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター (1994) 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査). 第1巻 干潟
- 10) 環境省自然環境局生物多様性センター. 藻場分布調査. <https://www.biodic.go.jp/moba/index.html> (2023/11/11 閲覧)
- 11) 環境省自然環境局生物多様性センター モニタリングサイト 1000. <https://www.biodic.go.jp/moni1000/purpose.html> (2023/11/11 閲覧)
- 12) 環境省自然環境局生物多様性センター (2023) 2022 年度モニタリングサイト 1000 アマモ場・藻場調査報告書
- 13) 仲岡雅裕・鈴木孝男・坂西芳彦・早川淳 (2018) 東北地方太平洋沖地震後の沿岸生態系の回復過程の比較検証. モニタリングサイト 1000 沿岸域調査(磯・干潟・アマモ場・藻場) 2013-2017 年度とりまとめ報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター, 山梨. pp. 224-228
- 14) Kumagai, N. H., García Molinos, J., Yamano, H., et al. (2018). Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming. *PNAS* 115: 8990-8995. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716826115>
- 15) IPCC は 2013 年の第 5 次報告書より、将来の気候の予測や影響評価の代表濃度経路シナリオ (RCP: Representative Concentration Pathways) に基づいて行っている。RCP に続く数値が大きいくほど 2100 年における放射強制力(地球温暖化を引き起こす効果)が大きい。第 5 次評価書に基づく将来予測では、RCP2.6、4.5、6.0、8.5 が代表例としてよく使われている。
- 16) Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N. and Nakaoka, M. (2020) Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan. *Ecol Res* 35: 47-60. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12053>
- 17) Sudo, K., Quiros, T.E.A.L., Prathep, A. et al. (2021) Distribution, temporal change and conservation status of tropical seagrass beds in southeast asia: 2000-2020. *Front Mar Sci* 8: 637722. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.637722>
- 18) ANEMONE. ANEMONE について. https://anemone.bio/anemone_ja/ (2023/11/12 閲覧)
- 19) Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T. et al. (2014) Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506: 216-220. <https://doi.org/10.1038/nature13022>
- 20) Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Heather, F.J. et al. (2023) Continent-wide declines in shallow reef life over a decade of ocean warming. *Nature* 615: 858-865. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05833-y>
- 21) 大阪湾生き物一斉調査. 大阪湾生き物一斉調査情報サイト. <http://kouwan.pa.kkr.mlit.go.jp/kankyo-db/life/index.aspx> (2023/11/12 閲覧)
- 22) Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H. et al. (2012) Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geosci* 5: 505-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
- 23) Krause-Jensen, D., Duarte, C.M. (2016) Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geosci* 9: 737-742. <https://doi.org/10.1038/ngeo2790>
- 24) Friess, D.A., Howard, J., Huxham, M., et al. (2022) Capitalizing on the global financial interest in blue

- carbon. PLoS PLoS Clim 1(8): e0000061. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000061>
- 25) Kuwae, T., Watanabe, A., Yoshihara, S., et al. (2022) Implementation of blue carbon offset crediting for seagrass meadows, macroalgal beds, and macroalgae farming in Japan. *Mar Pol* 138: 104996. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104996>.
- 26) ジャパンブルーエコノミー技術研究組合 (2023) J ブルークレジット® 認証申請の手引き Ver.2.3. ジャパンブルーエコノミー技術研究組合
- 27) Duarte, C.M., Agusti, S., Barbier, E. et al. (2020) Rebuilding marine life. *Nature* 580: 39–51. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2146-7>
- 28) Knowlton, N. (2021) Ocean optimism: moving beyond the obituaries in marine conservation. *Ann Rev Mar Sci* 13:479-499. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-040220-101608>

生物多様性が豊かな場所： 都市の現状と課題

東京大学大学院 工学系研究科特任講師

飯田 晶子

1. 都市の自然と生物多様性

都市は、極めて人間主体的な環境である。そうした都市環境では、自然は乏しく、生物多様性も貧しいと考えられがちである。しかし、意外にも、人口密度の高い都市地域は、生物多様性も高いという研究結果がある。Luck(2007) は、世界各地の 127 の研究のメタアナリシス（複数の研究結果を統合する分析手法）を通じて、人口密度と種の豊かさに相関があること、すなわち、人と種の豊かさが空間的に一致していることを統計的に示した。その理由は定かになっていないが、広域的な視点でみた場合、都市がつくられやすい環境が、もともと生物の生息環境としても適した場所であったことや、人間による土地の変容が種の豊かさに対してプラスの影響を与え得たことなどが仮説として挙げられている。

本特集のテーマである「人新世」は、序章の田中の言葉を借りると「人類が地質や生態系に不可逆的な影響を与えていることを示す地質年代の一つ」である。都市はまさに「人類が地質や生態系に不可逆的な影響」をもたらした空間の最たる例である。そうした都市において、どのように人との直接的・間接的な関わりの中で生物多様性が成立しているかを知ることは、「人新世」時代の生物多様性を考えるにあたり有意義であろう。本稿では、都市の自然のタイポロジーごとに生物多様性を概観することで、都市の現状と課題を述べてみたい。

都市の自然を分類する方法はひとつではないが、ここでは歴史家のジョン・ディクソン・ハントによる分類をベースとする (Hunt 2000)。彼は、人間によって改変されていない野生的な自然を「第一の自然」、農業や土木技術によって改変された自然を「第二の自然」、人間が審美的な目的のために設計・管理する庭園や公園などの自然を「第三の自然」と呼んだ。さらに、最近では、人間が土地を大きく改変した場所で人間の意図とは関係なく出現する自然が、新たに「第四の自然」と呼ばれている。都市には、厳密な意味での「第一の自然」は存在しないので（都市どころか地球上に「第一の自然」はほとんど残されていないが）、ここでは、第二、第三、第四の自然の特徴と生物多様性について順にみていこう。

2. 第二の自然：都市の農地・屋敷林・雑木林・水路

第二の自然は、農業や土木技術によって改変された自然である。一般に、都市の辺縁部・周辺部には農地が広がり、都市への生鮮食品を供給している。日本は、それに加えて、都市の内部にも比較的まとまった農地が存在する珍しい国のひとつである。すでに見慣れている日本人からすれば何ということはないかもしれないが、海外とりわけ欧米から来た人にとっては、高密な市街地のなかに突如現れる農地の風景は、少し奇異なものとして映るようだ。

都市農地、屋敷林や雑木林などの農用林、さらには農業用水路や農業文化と関わりの深い神社の杜のおかげで、日本の都市には多様な「第二の自然」が存在する（写真1：a-c）。もちろんそれらの農的土地利用は、都市化にともない大きく減少し、かつ虫食いの的に断片化している。しかし、ほとんど都市の内部に「第二の自然」のない欧米と比べると、現存すること自体がユニークなことである。例えば、関東平野の武蔵野台地上では、本格的な新田開拓が行われた江戸期において、まず上水と街道が計画的に整備され、それらに沿って農地、屋敷林、雑木林が設けられた。国木田独歩が「武蔵野」で描写したように、かつての武蔵野台地は、田や畑などの農地、屋敷林、雑木林、水路がモザイク状に配された里地里山が広がっており、多くの生き物を育んでいた。都市の拡大にともない、縮小・分断されてはいるが、都市にありながら昔ながらの里地里山の空間・システムが残っている地域が少なからず存



図1 都市の自然の例 . a. 農地、b. 屋敷林、c. 雑木林、d. 庭園、e. 公園、f. 企業による都市緑化、g. 工場跡地、h. 空き地・空き家、i. 民家に侵入するハクビシン (写真はいずれも筆者撮影)

在する。それは、農家の努力もさることながら、開発圧力の高さから規模拡大ができなかった都市農業の特性に起因している。

そうした地域における生物多様性の調査・研究は非常に限られており、全体像を語ることはできないが、ここでは二つの事例を紹介したい。ひとつは、練馬区の民有の屋敷林・雑木林を保全している「憩いの森」での生物調査の結果である（練馬区内部資料）。少し古いデータだが、2008年度から2011年度にかけて10カ所の憩いの森で行われた調査では、平均で樹木31種、草本116種、鳥類7種、昆虫類109種がみられた。また、昆虫類3種（マイコアカネ、ヤマトタマムシ、ヒオドシチョウ）、両生類1種（アズマヒキガエル）、爬虫類2種（ヒガシニホントカゲ、ニホンヤモリ）については、2023年度版東京都区部のレッドデータブック（RDB）に記載されている希

少種であった。もうひとつは、府中市・国立市の水田を灌漑^{かんがい}している府中用水における調査結果である（皆川ら 2010）。府中用水は、自然の水の流れを利用した旧来の用排兼用水路である。多摩川から取水に加えて湧水を水源としており、多様な生き物が生息しやすい環境となっている。皆川らの調査では、魚類 26 種、甲殻類 5 種、貝類 3 種、両生類 4 種がみられた。また、環境省や東京都の RDB に記載されている絶滅危惧種 11 種（カマツカ、ミナメダカ、ホトケドジョウ、トウキョウダルマガエルなど）がみられるなど貴重な生き物が含まれていた。

人口増加、都市拡大の時代にも耐えた都市における貴重な「第二の自然」であるが、多くが民有地であることから常に消失の危険にさらされている。都市農地であれば、生産緑地制度、屋敷林や雑木林であれば市民緑地契約制度や特別緑地保全地区制度など、保全のための都市計画の諸制度が存在する。しかし、それだけでは十分とはいえず、相続が発生するたびに減少し続けている事実がある（安藤 2018）。2017 年に新設された用途地域である田園住居地域への指定など、新たな保全方法を検討することも必要であろう。また、里地里山の生物多様性と同様に、都市における「第二の自然」は、人の手が常に入ることによって存在してきた。高齢化により農家だけでの維持管理が難しい場合も多く、市民や自治体など多様な主体の協力が欠かせない。

3. 第三の自然：庭園・公園・都市緑化

第三の自然は、人間が審美的・芸術的な目的のために設計・管理する庭園や公園などである。歴史的には、「公園」(Park) よりも前に、「庭園」(Garden) が誕生した。

庭園の起源は古く、紀元前にさかのぼる。古代エジプトの壁画には、鑑賞用の池のある庭園が描かれている（ホブハウス 2014）。日本では、飛鳥時代に庭園の技術が伝えられ、その後、奈良時代、平安時代以降に日本庭園として独自に発展した。

庭園の生物多様性に関する調査・研究で興味深いものをひとつ紹介したい。日本各地に有名な苔の庭園があるように、「苔」は日本庭園において重要な要素であり、「わび・さび」といった日本特有の美意識とも結びついている。

金沢市中心部の庭園、都市公園、二次林、芝生の苔類を調べた Oishi (2012) の研究によると、苔類の種数はそれぞれ 72 種、18 種、1 種、1 種であり、庭園が突出して高かった。これは、水、石、植物を用いて自然の風景を模倣したミニチュアな世界観をつくる日本庭園の作庭技術が、多様な苔が生育できる環境をもたらしめているためだ (写真 1 : d)。

一方、公園は、産業革命期の都市への人口流入を契機として誕生したものである。都市の自然というと、真っ先に公園を思い浮かべる人も多いかもしれないが、実は庭園と比べるとその歴史は浅い。ここ数年は新型コロナにより感染症への関心が高まっている。産業革命当時のイギリスでも、コレラをはじめとした感染症の大流行が度々発生していた。そうした感染症の流行を契機に、下水道などのインフラ整備を通じた都市環境の改善が計画的に行われるようになり、人々が健康を取り戻すことのできる場所としての緑地が必要とされた。そして、それ以前にエンクロージャーによって囲い込まれていた王侯貴族の狩猟地 (Park) が民衆に解放され、公園 (Public Park) が誕生した。日本では、明治政府が公園の概念を輸入し、寺社や城址などを都市公園として指定したほか、日比谷公園に代表されるように新しい都市公園の整備にも乗りだした。

1 人あたりの都市公園面積をみると、ロンドン 26.9m²、ニューヨーク 18.6m²、東京 23 区 4.4m² (日本全国平均は 10.8m²) と日本の都市公園は決して多くない (土木学会 2023)。しかし、明治期以降、都市開発にあわせて都市公園を計画的に整備してきたことで、公園はわたしたちにとって身近な自然を提供してくれている。人口減少時代に入った日本では、行財政の逼迫から新しい都市公園の整備は限られる。今後は過去に整備した公園の改修や維持管理を通じて、生物多様性を含めた質の向上を図ることが課題である。例えば、武蔵野三大湧水池を水源とする東京都杉並区の善福寺公園では、園内を流れる水路の環境再生を市民が発案し、市民協働で再生事業が行われた (写真 1 : e)。新たに誕生した親水空間は、善福寺川の古い名前から遅野井川親水施設と名付けられた。再生事業後は、市民団体が日常的な維持管理や、生き物の観察会を行っている。都市における貴重な水域生態系の再生を行った事例として、2023 年度には環境省の「自然共生サイト」に認定された。今後、OECM (Other Effective area-based Conservation Measures/ その

他の効果的な地域指定に基づく保全措置）（詳しくは田中の序章を参照）の国際データベースに登録されることが想定される^[注]。

また、庭園や公園に加えて、特に重要な「第三の自然」が、企業等の民間開発による都市緑化である。先述したように都市公園の面積が限られる日本の都市では、民有の緑地が大きな役割を果たしうる。民の中でもとりわけ企業の力をいかすべく、都市開発諸制度によって、企業が一般に公開する緑地を設けると、容積率などの規制が緩和される仕組みが設けられている。そうした諸制度を利用した緑地の中で特に最近注目を集めているのが、生物多様性に配慮した企業緑地だ。例えば、三井住友海上駿河台ビル及び駿河台新館の「駿河台緑地」、大手町タワーの「大手町の森」、新ダイビルの「堂島の杜」、新梅田シティの「新・里山」などが例にあげられる。いずれも 2023 年度に自然共生サイトに認定されており、OECM の国際データベースへの登録も想定される。また、企業の取り組みを支援、あるいは誘導するため、2010 年代中頃から生物多様性の視点を含めた企業緑地の評価・認証制度が複数運用されている。生物多様性に配慮した都市緑化を行い、認証取得を得ることで、企業は国内外に向けて自社の取り組みをアピールすることが可能だ。

では実際に、企業による都市緑化は、都市の生物多様性に貢献しているのだろうか。先にあげた「大手町の森」を例にみてみよう（図 1：f）。大手町タワーの再開発にあたっては、自然の森をつくることをコンセプトに、高層ビルのまわりに緑地を分散的に配するのではなく、高層ビルを敷地の片側に寄せて 3,600m²というまとまった森を都心の真ん中に生み出した。武蔵野の雑木林を計画目標に、都内の雑木林で植物社会学的調査が行われ、木本 40 種、草本 69 種の合計 109 種の植物が植栽された。ここで、第二の自然で述べた里地里山の環境が、再生すべき自然として参照されたのは興味深い。竣工から 1 年後に行われた生物調査によると、埋土種子などの発芽によって、197 種の新規出現種もみられるという（北脇ら 2015）。その内訳は、149 種が在来種、48 種が外来種で、在来種の中には環境省や東京都区部の RDB に記載されている種 4 種が含まれていた。東京の都心部という例外的な立地ではあるが、企業利益の追求と生物多様性の保全を両立させたひとつの好例だ。

4. 第四の自然：脱工業化・人口減少・気候変動

第四の自然は、工業跡地（ブラウンフィールド）（写真1：g）や放棄された空き地（写真1：h）など、一度は人間が土地利用を大きく改変したが、その後放棄された場所において、人間の意図とは関係なく出現する自然のことを指す（Kowarik 2005）。そうした場所に自然発生的に成立する生態系は、「新たな生態系」（Novel Ecosystem）と呼ばれる（Hobbs et al. 2006）。一度は、長期にわたり強い人為的影響下にあった土地利用において、人の手が入らなくなった後に勝手に生き物が入り込み、自然に遷移が進む。そうした場所では、在来種と外来種が混在し、新たな関係性が生まれている。また、新たな生態系には、気候変動の影響によって、これまでとは異なる種の組み合わせに変化した生態系も含まれる（Hobbs et al. 2009）。まさに、人新世代の生態系である。

そもそも人間は、人工物と自然物を区別するが、生き物は区別しない。生き物にとって、都市の自然は、わずかばかり自然的土地利用が残された環境のみを指すのではなく、上昇気流の強い高層ビル付近も、地下に張り巡らされた雨水の排水システムも、極めて人工的な環境もふくめて、都市まるごとが自然なのである。新たな生態系は、人間の手が入る以前の潜在的な自然の状態を最良とする従来の考え方に疑問を呈している。元の状態に戻すことはそもそも困難であったり、コストがかかったりするため、新たな生態系を受け入れ、新しい管理の目標・方法を柔軟に検討する必要があると主張する（Hobbs et al. 2006）。

日本の都市でも様々な第四の自然が見られる。中でも、社会課題と密接に関わっているのが、人口減少や社会・経済活動の縮小に伴い増加する空き地や空き家や耕作放棄地など、様々な空き空間に入り込む生き物たちである（写真1：h, i）。例えば、千葉県のニュータウンに位置する空き地を調査した国立環境研究所のチームによる研究では、在来草原性植物 63 種、その他在来植物 295 種、外来植物 131 種が見つかっており、空き地に多様な種の草原性植物が生育していることが明らかになっている（Noda et al. 2022）。一方で、空き家や古民家の屋根裏に侵入するハクビシンなどの野生生物は、建

物被害や健康被害をもたらすため、人間と様々な摩擦を生んでいる。里地里山と接するような都市外縁部では、耕作放棄地にイノシシなどの野生生物が入り込み、人との距離が近くなったことで、獣害が増加傾向にある。人口減少が進む今後は、正と負、両方の面で都市に侵入する生き物が増えていくと考えられる。

5. おわりに

ここまでみてきたように、都市の自然は文化的にも生態的にも実に多様である。冒頭で触れた Luck (2007) は、広域的にみると人と種の豊かさが空間的に一致していることを示した。都市の自然の多様性は、様々な生き物に生育・生息場所を提供しており、そのことが都市における種の豊かさの理由のひとつになっていると考えられる。それは、ちょうど日本庭園のミニチュアの世界観が、多様な苔の生育につながっていることと空間的に相似関係にあるといえる。

しかし、都市の生物多様性をめぐっては、課題と可能性の両方がある。第二から第四までの自然に共通の課題としては、侵略的外来種が存在や気候変動の影響などが挙げられる。また、本文でも触れたように、特に第二の自然については、農地や屋敷林など緑地そのものの消失や高齢化による管理負担の増加、第三の自然については、財政不足による公園・緑地の管理費用の縮小とそれによる質の低下、第四の自然については、都市外縁部における獣害被害の増加といった課題がそれぞれ挙げられる。いずれも、行政だけでは課題解決が難しく、市民・NPO・企業など民間の協力が欠かせない。官民連携でどのような対策が可能か、知恵を出し合っていく必要がある。

一方、新たな可能性としては、近年身近な自然への関心が高まりつつあることが挙げられる。その証拠を挙げることはなかなか難しいが、例えば、世界の生き物を紹介するNHKの「ダーウィンが来た!」という番組では、「都会」や「住宅地」や「東京」など、都市をテーマとする放送が2012年頃から増えている。これは、視聴者の興味・関心が、海外の全く知らない大自然から、身近な都市の自然や生き物に移ってきていることが背景にあり、さらにコロナ禍にその傾向は高まったという(足立2022)。また最近、AI画

像認識システムが高精度化し、スマートフォンで写真を撮って気軽に生き物を調べることができるなど、人と自然をつなぐ新しい技術やサービスが誕生している。人が自然と関わることは、人々の健康・ウェルビーイングにつながることで、さらには自然保護意識や環境配慮行動とも関係があることが、近年世界各地で盛んに研究されている。新しい技術やサービスも用いながら、人と自然との関わりを広げ、深めていくことが、一人ひとりの健康・ウェルビーイングを高めるとともに、先にあげた課題の解決にもつながっていくだろう。

都市における身近な自然は、実はわたしたちに豊かな機会を与えてくれている。

謝辞：本稿の執筆にあたり、山口忠志氏（練馬区環境まちづくり公社みどりのまちづくりセンター）に資料提供の協力を得た。また、本稿の執筆にあたり、原田芳樹氏の建築雑誌への寄稿文（原田 2022）にインスパイアされた。ここに謝意を表する。

[注]

環境省は既存の保護地域との重複を除外した自然共生サイトを国際データベースに登録する予定である。自然共生サイトの第一号認定は 2023 年 10 月 6 日であり、本稿を執筆した 10 月末日の段階では、まだ国際データベースへの登録は完了していない。

[引用文献]

- Hobbs, R.J. et al. (2006) Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*, 15(1), 1-7.
- Hobbs, R.J. et al. (2009) Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(11), 599-605.
- Hunt, J.D. (2000) *Greater Perfections: The Practice of Garden Theory*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 32-75.
- Kowarik, I. (2005) *Wild Urban Woodlands: Towards a Conceptual Framework*. *Wild Urban Woodlands: New Perspectives for Urban Forestry*. Springer, Heidelberg, 1-32.
- Luck, G.W. (2007) A review of the relationships between human population density and biodiversity. *Biological Reviews Cambridge Philosophical Society*, 82(4), 607-645.
- Noda, A. et al. (2022) Temporal continuity and adjacent land use exert different effects on richness of grassland specialists and alien plants in semi-natural grassland. *Applied Vegetation Science*, 253, e12682.

- Oishi, Y. (2012) Influence of urban green spaces on the conservation of bryophyte diversity: The special role of Japanese gardens. *Landscape and Urban Planning*, 106 (1), 6-11.
- 足立康啓 (2022) 都市に入り込む野生動物 (特集: 野生の都市). *建築雑誌*, 137 (1762), 4-9.
- 安藤光義 (2018) 都市農家の行動原理の変容と都市農地の行方. *都市住宅学*, 2018 ((101), 28-32.
- 北脇優子・内池智広・屋脊下亮 (2015) 都心部に創出した樹林における植物の変化に関する一考察. *日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学 I)*, 745-746.
- 土木学会 (2023) 日本インフラの体力診断 Vol.3 公園緑地・水インフラ・新幹線.
<https://committees.jsce.or.jp/kikaku/system/files/InfraCheckUP202306.pdf>
- 原田芳樹 (2022) 都市のデザインと野生の系譜 (特集: 野生の都市), *建築雑誌* 137 (1762), 18-19
- ホブハウス, ペネロピ (2014) 世界の庭園歴史図鑑. 原書房, 476.
- 皆川明子, 西田一也, 千賀裕太郎 (2010) 東京に現存する水田地帯の特徴とその意義, *農業農村工学会誌* 78(7), 567-570.

国立公園と生物多様性

— 包摂性と実効性のジレンマ —

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構准教授 田中 俊徳

はじめに

生物多様性の保全においては、野生生物の取引規制や域外保全（動物園等における種の保存）など様々な政策手法が存在するが、Watson et al.(2014) や Maxwell et al.(2021) が指摘するように、地域指定に基づいた保全（エリアベースの保全）が、効果的であることが広く合意されている。一方、Juffe-Bignoli et al.(2014) が指摘するように、自然保護地域に包含される生物種は全体の約 22-23% に過ぎず、生物多様性を保全するうえでも、自然保護地域のさらなる増加が期待される。こうした背景から、数ある生物多様性保全目標の中でも、「2030 年までに地球上の陸域、海域のそれぞれ 30% 以上を保全する」ことを目指す“30by30”（サーティ・バイ・サーティ）が広く社会の注目を集めている。

一方、国立公園や鳥獣保護区のように、政府が指定・管理を行う「従来型の保護地域」（Conventional Protected Areas、世界最初の国立公園の名を取り、Yellowstone Model とも言われる）は、管理コストが高くつくため、社会保障費の増大や経済成長率の低下によって財政構造の弾力性を失いつつある先進諸国では、自然保護地域の指定が、政治的なフィージビリティを失いつつあることも確かである（Eagles 2007; 田中 2014）。とりわけ、世界の 17% の陸域と 10% の海域を自然保護地域に統合することを掲げた愛知目標の成果もあり、めばしい地域はすでに自然保護地域になっているという

実態がある。「めばしい地域」とは、生物多様性が豊かであることはもちろん、「政治的にも指定が可能である」ことを含む。つまり、土地所有者や関係省庁の賛成を得やすく、利害関係者が少なく、ゆえに合意形成のコストが低く、指定が容易な地域である。De Santo (2013) が指摘するように、面積(=量)を優先した保護地域の指定が、保全の質や社会的公正を後退させる事例が散見される。

多くの研究で指摘されているように、生物多様性が豊かな場所は、棚田や雑木林、湖沼、海域など、農業や漁業をはじめ、様々な目的から一定の人為的介入がなされており、利害関係者が多い場所でもある。例えば日本では、絶滅危惧種の約半数は、こうした二次的な自然環境に生息/生育している(環境省 2010)。このように人為的な介入がある地域を、生物多様性の保全を目的とする地域に統合するには多大な取引費用が必要となるため、容易ではない(Tanaka 2019; Tanaka et al. 2022)。そこで注目されているのが、序章でも指摘された OECM (Other Effective area-based Conservation Measures/ その他の効果的な地域指定に基づく保全措置) である。

アメリカやカナダ、オーストラリアなど多くの国においては、国立公園をはじめとする従来型保護地域は、国有地や州有地を「専用」することが一般的であり、原則的に私有地を包含するものではないため、OECM のように「結果的に自然保護に寄与している地域」を同定し、支援することは、生物多様性保全を推進するうえでも、また、数値目標を達成するうえでも、魅力的な提案である。一方、日本やイギリス、韓国など、土地要件を問わずに国立公園等の指定を行う国では、私有地をはじめとする多様な土地利用を保護制度に包含することが、制度上すでに組み込まれている(地域制や地域指定制と呼ばれる)。例えば、日本の国立公園には、約 26% の私有地が包含され、約 190 万人もの人が居住しているという推計もある。管理者である環境省が所管する土地は、国立公園面積の 0.4% を占めるに過ぎない。OECM の典型とされる社寺林は、私有地であるが、日本や韓国、台湾の国立公園と広く重複しているし、台湾やイギリスでは、OECM の代表的事例である軍用地と国立公園の重複も見られる。また、日本の国立公園には企業が所有する森林も多く含まれている(例えば、尾瀬国立公園の面積の約 43% は、東京電力の私有地である)。

従来型保護区と OECM は、その定義（自然保護地域か否か）が示すように、半ば二項対立的に論じられることも多いが、多様な土地利用を歴史的に内包している日本やイギリスの国立公園の事例からも明らかのように、両者は必ずしも矛盾するものではない。ただし、生物多様性の保全に向けて多様な土地利用や利害関係者を包含すること（＝包摂性）と、実際に生物多様性の保全に効果を発揮できること（＝実効性）は異なる問題である。これは、30by30 を実現するにあたって、極めて重要な課題であるため、包摂性の高い自然保護の典型である日本の国立公園制度を例に論じる。

国立公園の歴史と生物多様性との関連

日本の国立公園制度は、1931 年の国立公園法（現・自然公園法）制定以来、90 年を超える歴史を持ち、自然保護概念の多様化が顕著な現在にあってなお、「過去および現在、質・量ともに最も重要な自然保護制度」（国立公園研究会・自然公園財団 2017）とされる。2002 年に策定された「新・生物多様性国家戦略」においても、国立公園をはじめとする自然公園は「生物多様性保全の屋台骨」とされ、極めて重要な役割を担っている。国立公園の面積は、日本の国土の 5.8% にのぼり、国定公園や都道府県立自然公園を含めた自然公園全体では、日本の国土の 14.8% を占める。アメリカは国立公園システム全体で国土面積の約 3.6% を占めるに過ぎないため、日本の国立公園制度が高い包摂性を有していることが理解できる。これは、日本が土地要件を問わずに、国立公園を指定することができるためである。

一方、日本の国立公園が、法の目的として「風景の保護」をその出発点としているため、国立公園のゾーニング（保護規制レベルの異なる地種区分）が、風景の価値を基準に定められてきた点には注意を要する。とりわけ、国立公園を規定する自然公園法に「生物多様性の確保への寄与」が目的として加えられる 2009 年までは、その傾向が顕著である。つまり、保護レベルの最も高い「特別保護地区」（国立公園面積の 13.3%）だからと言って生物多様性が最も高いとは限らず、逆に、保護レベルの低い「普通地域」（同 26.6%）だからと言って生物多様性が低いとも限らない。Shiono et al.(2021)では、普通地域も特別保護地区と同じく生物多様性が高いことが示されている。ま

た、同じ「国立公園」であっても、普通地域は届け出のみで開発行為を行うことが可能であり、実際に、普通地域では、開発圧力が顕著に大きいことが明らかにされている（Shiono et al. 2021）。生物多様性国家戦略において、「生物多様性保全の屋台骨」とも呼ばれる国立公園の約 50% が、開発行為の歯止めとしては極めて脆弱な普通地域（26.6%）や「第三種特別地域」（23.6%）で構成されているという事実は広く認識される必要がある。

また、保護規制区分であるゾーニングそのものが妥協の産物であることも重要な点である。国立公園の指定やゾーニングに際しては、国立公園面積の約 6 割を占める国有林（林野庁）の意向を無視することはできず、風景や生物多様性の観点から、特別保護地区や、これに準ずる「第一種特別地域」に指定すべき場所でも、林野庁の反対があれば現実には指定が難しかったことが、自然保護の文献では広く知られている。結果的に、特別保護地区のように規制の厳しい場所に指定されるのは、地形が急峻で重機が入ることができない、伐採しても採算が取れないなど、単に「林野庁の切りたい木がない」場所であったと言われる（本多 1992; 須田 1999）。国立公園と国有林の対立は、過去のものと思われているきらいもあるが、日本の国立公園の約 9 割は、両者の対立が激しい 1970 年代までに指定されているため、法の運用という観点では、過去の対立がそのまま残置されている地域が多いのが現実である。つまり、生物多様性の観点はもとより「風景の保護」という国立公園本来の目的から見ても、国立公園のゾーニングは不完全な状態を孕んでいる。

国立公園とメガソーラー、風力発電の問題

近年は、気候変動対策の観点から、大規模な太陽光発電（メガソーラー）や風力発電の設置が加速しているが、生物多様性を十分に勘案していない 1970 年代までに形成された国立公園のゾーニングに基づいて開発が進行している点は留意すべきである。

メガソーラーや風力発電設備の設置は、「工作物の新築」（自然公園法 20 条 3 項 1）に該当するため、国立公園の特別地域以上の地種区分であれば、開発事業者による許可申請が必要となり、環境大臣が不許可の判断を行うこ

とや、環境省令に定める基準に合致するよう、影響軽減のための措置を講じよう事業者に要請することが可能である。ただし、国立公園の26.6%を占める普通地域においては、風力発電については届け出のみでよく、太陽光発電にいたっては届け出すら必要とされていない（自然公園法施行規則14条/いずれも環境影響評価や建築許可など他の法令に依る許可は要する。ただし、太陽光発電については、出力4万キロワット以上の巨大メガソーラーのみが、環境影響評価の対象となっている/2023年8月現在）。実際に、国立公園であっても、メガソーラーの防波堤とはなり得ておらず、国立公園内において101の太陽光発電施設（合計5km²）が確認されている（Kim et al. 2021）。同様の事例は、各地で頻発しており、阿蘇くじゅう国立公園や釧路湿原国立公園の内外において、メガソーラーの建築が問題となっている。

なお、日本と同じ地域制を採るイギリスでは、国立公園管理事務所に「気候変動対策官」（Climate Change Officer）を置くなど、気候変動に極めて積極的な対応をとっているが、「国立公園内における風力発電の設置は原則的に認めない」という方針を採っている（ピーク・ディストリクト国立公園管理庁、サウス・ダウンズ国立公園管理庁における聞き取り調査/2023年6月）。イギリスの国立公園では、風力発電設備の設置に伴い敷設される送電線についても、国立公園内を通る場合は、厳格な審査が行われている。ただし、小規模で景観等への影響が小さいと判断される再生可能エネルギーについては、風力や水力、太陽光を含め、推進する立場をとっている（ENPAA 2007）。

国立公園の拡張とゾーニングの強化、PADDD

上述したような国立公園の構造上の欠点と生物多様性保全という新たな要請を踏まえ、環境省は、2007年から2010年にかけて「国立・国定公園総点検事業」を実施し、生態系や地形・地質保全の観点から、国立・国定公園の新規指定及び拡張に向けた計画の策定を行った。その結果、抽出された国立公園の新規指定・大規模拡張候補地は、図1の通り、全国18カ所に及ぶ。同事業に基づき、2021年までに3つの国立公園（慶良間諸島、やんばる、奄美群島）と2つの国定公園（厚岸霧多布昆布森、京都丹波高原）が新規

[illegible]

図1.「国立・国定公園総点検事業」における国立・国定公園の新規指定・大規模拡張候補地（2010年）。新たに国定公園となった「厚岸霧多布昆布森」は、図中の道東湿地群、「京都丹波高原」は、由良川及び桂川上中流域にあたる。（環境省ウェブサイトより転載）
<https://www.env.go.jp/park/topics/review/attach/jiigo/full.pdf>

指定されるなど、8 候補地で事業完了となっている。これらのうち、新規指定された「やんばる国立公園」と「奄美群島国立公園」、大規模拡張された「西表石垣国立公園」は、2021 年に世界自然遺産に登録された「奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島」における保護担保措置の中核をなしており、とりわけ、やんばると奄美群島は、生物多様性の保全を前面に押し出した新しいタイプの国立公園である。

さらに、2022 年には、同事業のフォローアップが行われ、新たに 4 地域の新規指定候補地（日高山脈・夕張山地、野付半島・風蓮湖・根室半島、御嶽山、宮古島沿岸海域）、4 地域の大規模拡張候補地（八幡平周辺、奥只見・奥利根、能登半島、阿蘇周辺の草原）が示された（図 2）。日高山脈は、現状の「日高山脈襟裳国定公園」（10.3 万ヘクタール）を、約 2 倍の 20 万ヘクタールに拡張して、日本で 35 番目の国立公園として指定する計画であり、30by30 の達成を大きく前進させるものである。また、国定公園の新規指定

が進められる御嶽山は、3,000m を超える山岳として唯一、国立・国定公園に指定されておらず、現在の県立自然公園の保護規制を強化・拡張したうえで、国定公園に指定することが想定されている。さらに、メガソーラーの建設ラッシュが続いている阿蘇くじゅう国立公園周辺では、国立公園の区域を拡張し、同公園の面積の半分を占める普通地域を特別地域に格上げすることで、メガソーラーの立地抑制を図ろうとしている（共同通信 2023/6/16）。このように、国立・国定公園を軸として、生物多様性保全を強化する方向に舵を切っている点は、評価される。

なお、国際的には、国立公園に代表される従来型保護地域の指定・管理には多大な行政コストが必要となるため、新規指定が容易ではなく、むしろ、PADDD（Protected Area Downgrading, Downsizing, and Degazettement）＝「保護地域の格下げ、縮小、解除」の事例が増加していることが報告されている（Mascia and Pailler 2011）。PADDD は、研究者・実務家を問わず、広く問題視されている事象であり、PADDD の追跡ウェブサイト（<https://www.paddtracker.org/>）が日々更新されているだけでなく、Science 誌をはじめ、多くの論文が発刊されている（Kroner et al. 2019）。

一方、日本の国立公園は、「安上がりで脆弱な国立公園」（村串 2011）や「弱い地域制」（田中 2014）と指摘されるように、土地要件を問わないだけでなく、各国と比して最小限の行政コストで指定・管理がなされることを前提としている。そのため、広範囲を“保護地域”としてカバーすることに長けており、先進諸国において新規指定が滞っている国立公園が、急ピッチで増加している稀有な国である。ただし、先述の通り、面積の約半分が自然保護の実効性に乏しいエリア（普通地域や第三種特別地域）に指定されていることや、行政資源の不足によって、盗掘や過剰利用（オーバーツーリズム）といった課題に対する即応性が低いという課題が残されている点は強く懸念される。

翻って言えば、海外の国立公園で PADDD の件数が多いのは、保護が厳格であり、鉱物資源の採掘や風力発電・メガソーラー等の設置に際して、逐一、保護区の解除や縮小が法的に必要なからであり、日本で PADDD が見られないのは、保護が妥協的であり、国立公園の中で、鉱物資源の採掘やメ

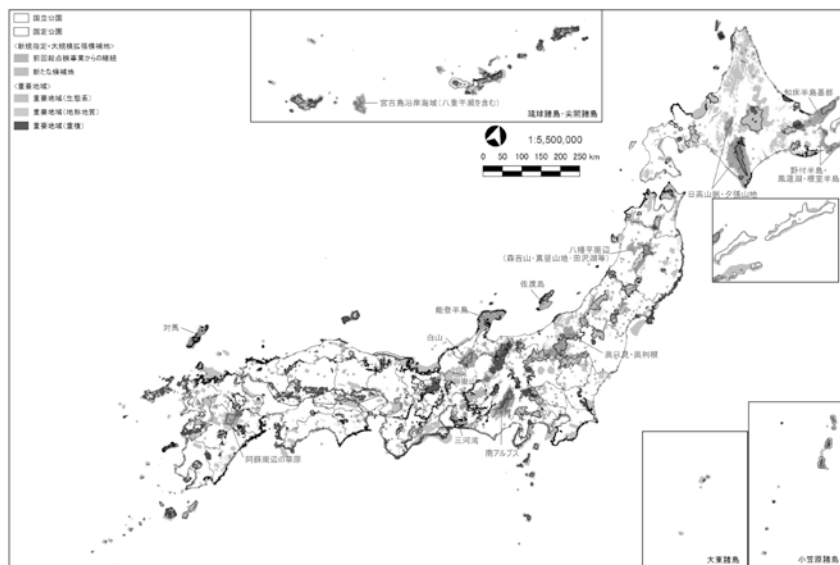


図2.「国立・国定公園総点検事業フォローアップ結果」における国立・国定公園の新規指定・大規模拡張候補地（2022年）（環境省ウェブサイトより転載） <https://www.env.go.jp/content/000045139.pdf>

ガソラーの設置、巨大防潮堤の設置すら可能なためである。その内実は、田中（2016）に詳しいように、日本の国立公園制度が依拠する自然公園法4条が開発調和的な条項を有していることに起因する。つまり、日本型の自然保護は、包摂性という点では優れているが、実効性に課題を有していると言える。実効性を向上させるためには、レンジャーをはじめとする行政資源の増加や現行の制度設計の改善が極めて重要であることが、先行研究から示されている（Appleton et al. 2022, Tanaka and Takashina 2023）。

国立公園の「役割」を拡大する

日本では、土地要件を問わない自然保護地域の指定が可能であるため、従来型保護地域の拡張や新規指定が比較的容易である一方、指定方法や行政資源の担保を前提とする国々では、それが必ずしも容易ではないことを論じた。一方、頑健な行政資源を前提としている国々では、国立公園の面積ではなく、

その「役割」を拡大して、周辺地域の保護レベルを向上させる手法も期待される。

例えば、台湾の台江国立公園は、人口 190 万人を擁する台南市にある、ありふれた湿地帯であり、景観的には取るに足らない場所である。しかし、クロツラヘラサギをはじめとする絶滅危惧種が多数飛来することから、2009 年に国立公園の指定が行われた（台湾では、国立公園のことを国家公园と呼称するが、本稿では国立公園に統一する）。台江国立公園では、国立公園区域の「外側」にある養殖池や水産農家に対して、国立公園当局が、補助金や認証制度を用いて、クロツラヘラサギを保全するためのプログラムを実施している（図 3）。同様の事例は、発展途上国で多く見られるが、先進国では比較的珍しいものである。台江国立公園の事例は、比較的頑健な行政資源を有する国立公園の強みを生かして、その周辺地域（Beyond the Boundary）にポジティブな影響を与えることが可能であることを示唆している。

OECM の多くが自然保護を目的としておらず、人員や予算が限定的であるのに対して、国立公園をはじめとする従来型保護区には、法や規則に基づいて、一定の人員と予算、権限が付与されており、雇用される職員は、高い専門性を有することが一般的である。国立公園をはじめとする従来型保護区が、境界線の中を保護する「Within the Boundary」（境界の中）モデルで



図 3. 台江国立公園に隣接する養殖池。クロツラヘラサギの採餌に配慮した水深に設定している（筆者撮影）

あるのに対して、生物多様性保全が求めているものは、保護区の内側だけではなく、外側（Beyond the Boundary）をいかに保全するかである。国立公園をはじめとする従来型保護区が持つ行政資源という優位性を生かして、境界の「外側」に働きかけることは、生物多様性の保全を進めるうえでも、重要なパラダイムシフトだと言える。

おわりに

生物の大量絶滅が急速に進む人新世において、その保全は待ったなしの状況である。30by30 は、広く世界に知られるターゲットとなった。一方、量の達成を重視するあまり、指定しやすいところばかりを選んで、質の保証（＝保護管理）が疎かになる事態が憂慮される。かつて、管理の実態がない自然保護地域は「ペーパー・パーク（Paper Parks/ 書類上の公園）」と呼ばれ、蔑まれたが、現代においても、重要な論点であり続けている。PADDD に対して監視の目を光らせている国際社会に対し、日本では、国立公園の第一種特別地域に高さ 14.1m の防潮堤を建てるような愚挙がまかり通っている（田中 2016）。「包摂性」という生物多様性保全において重要な特徴を先取りしている日本型国立公園ではあるが、実効性なくしては意味がない。実効性を高めるのは、適切な制度設計とこれを実現するための行政資源（人員・予算・権限・専門性等）に他ならない。包摂性と実効性をいかに統合するかが、30by30 成功の鍵となるだろう。

謝辞

本稿は、日本国際賞平成記念研究助成「多元分散型の自然共生社会のモデル構築と社会実装」（代表：田中俊徳 /2023）及び九州大学人社系学際融合プログラム「アジア・オセアニア地域における渡り鳥の越境保護ガバナンスに関する研究」（代表：田中俊徳 /2022-2023）の支援を受けたものである。

〔引用文献〕

Appleton MR et al. (2022) Protected area personnel and ranger numbers are insufficient to deliver global expectations. *Nature Sustainability* 5. 1100-1110

- De Santo EM (2013) Missing marine protected area (MPA) targets: how the push for quantity over quality undermines sustainability and social justice. *Journal of Environmental Management* 124. 137-146
- Eagles PFJ (2070) Governance models for parks, recreation, and tourism. In: Hanna KS, Clark DA, Slocombe DS (eds) *Transforming parks and protected areas: policy and governance in a changing world*. Routledge, London
- ENPAA (2007) Position statement to renewable energy. https://www.nationalparksengland.org.uk/___data/assets/pdf_file/0020/23960/ENPAA-Position-Statement-Renewable-Energy.pdf (2023/9/26 閲覧)
- Juffe-Bignoli D et al. (2014) Protected planet report 2014. UNEP-WCMC, Cambridge
- Kim JY et al. (2021) Current site planning of medium to large solar power systems accelerates the loss of the remaining semi-natural and agricultural habitats. *Science of the Total Environment* 779. 10.1016/j.scitotenv.2021.146475
- Kroner REG et al. (2019) The uncertain future of protected lands and waters. *Science* 364: 6443. 881-886. <https://doi.org/10.1126/science.aau5525>
- Mascia MB, Pailler S (2010) Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) and its conservation implications. *Conservation Letters* 4. 9-20. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00147.x>
- Maxwell SL, Cazalis V, Dudley N et al. (2020) Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature* 586. 217-227. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>
- Shiono T, Kubota Y, Kusumoto B (2021) Area-based conservation planning in Japan: The importance of OECMs in the post-2020 Global Biodiversity Framework. *Global Ecology and Conservation* 30. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01783>
- Tanaka T (2019) Governance for protected areas “beyond the boundary”—a conceptual framework for biodiversity conservation in the Anthropocene. In: Lim M (ed) *Charting environmental law futures in the Anthropocene*. Springer Singapore. 71-79
- Tanaka T, Tiku O, Takashina N (2022) Empowering voluntary approaches for environmental sustainability and resilient communities: a case study from Okinawa, Japan. *Discover Sustainability* 3:27. <https://doi.org/10.1007/s43621-022-00094-7>
- Tanaka T, Takashina N (2023) Governance paradox: implications from Japan's national parks for managing complex protected areas. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01332-1>
- Watson J, Dudley N, Segan D et al. (2014) The performance and potential of protected areas. *Nature* 515. 67-73. <https://doi.org/10.1038/nature13947>
- 環境省 (2010) 「生物多様性国家戦略 2010」
- 国立公園研究会・自然公園財団 (2017) 「国立公園論」 南方新社
- 須田政勝 (1999) 自然保護と国有林. 安部泰隆・水野武夫編「環境法学の生成と未来」 信山社出版. 261-268
- 田中俊徳 (2014) 「弱い地域制」を超えて：21 世紀の国立公園ガバナンスを展望する. 「ランドスケープ研究」 75 (3). 226-229
- 田中俊徳 (2016) グリーン復興を問う：三陸復興国立公園と防潮堤を事例とした環境政策統合の提言. 「森林環境 2016：震災後 5 年の森・地域を考える」 森林文化協会. 72-82
- 本多勝一 (1992) 「日本環境報告」 朝日新聞
- 村串仁三郎 (2011) 「自然保護と戦後日本の国立公園」 時潮社



第二部

生物多様性の未来：私たちは何ができるのか

自然共生を追求する 共創のしくみづくりの挑戦

新潟大学 佐渡自然共生科学センター 里山領域准教授 豊田 光世

生物多様性戦略の課題

2022年に採択された世界目標である「昆明・モンテリオール生物多様性枠組」は、生物多様性保全に向けた各地域での取り組みに対し、抜本的な変革を求めている。その背景には、生物多様性条約が1993年に発効されてから30年が経過したにもかかわらず、状況の大きな改善が見られていないという深刻な危機感がある。2010年に採択された愛知目標では、生物多様性の損失を止めるための2020年までの目標が設定され、さまざまな施策が図られてきたはずだったが、2021年に行われたレビューにおいて、20の目標のうち完全に達成できた目標は一つもないという評価がなされた。ⁱ⁾ 生物多様性の主流化をキーワードに、多様な主体の参画を推進してきたものの、「生物多様性はこれまでにない速さで失われており、この損失を推し進めている圧力も強くなっている」との結論だった。日本での生物多様性に関する世論調査では、「生物多様性」という言葉を聞いたこともなかったと答えた人の割合は、61.5%（2009年）から26.5%（2019年）に減少し、ⁱⁱ⁾ 10年間で認知度に大きな変化があったと言えるが、目に見える形での保全の成果は生み出せていないことが課題となっている。

では、生物多様性保全をめぐる実効性の高い成果が生まれていないのは、なぜなのだろうか。生物多様性保全の世界目標にもとづき、国、都道府県、市区町村などさまざまなレベルで生物多様性戦略（以下「戦略」とする）の

策定を進め、具体的な施策を促そうと試みてきた。それにもかかわらず、顕著な成果が生まれていない背景には、次の二つの課題がある。

第一に、戦略を立てている地域が少なく、ローカルなレベルでの具体的アクションが十分に展開されていない。都道府県と市区町村では、戦略の策定状況に大きな違いがあり、2022年度の段階で、全ての都道府県が策定済みである一方、市区町村の場合は8%（1721のうち137市町村）にとどまる。小規模自治体では、戦略策定の努力義務規定がほとんど認知されていないほか、生態系・生物多様性の実態把握の難しさや、策定の必要性やメリット（効果）が見えていないという状況があることが指摘されている（千葉ほか2012）。手引きの作成や策定のための資金的支援など政策的後押しが進んではいるが（西田2017）、市区町村レベルでの戦略策定は十分に進んでいるとは言い難い。

第二に、戦略を策定していたとしても、それがうまく機能していない場合がある。戦略を策定した市区町村の職員に対して行ったアンケートによれば、「地域の社会、経済、くらしに生物多様性地域戦略が役立っているか」という問いに対し、回答者274人中47%が否定的に回答した（吉田ほか2018）。なぜ役に立っていないと考えるのか、その理由については調査されていないが、資金や労力を注いで戦略を策定したとしても、地域のためにうまく使うことができなければ負担が大きい。宮永（2013）は、いくつかの地域を事例として取り上げ、戦略と推進体制の分析を行い、部局横断的な取り組みが重要である一方、そうした取り組みが展開されるうえで制度的・組織的課題が存在することを指摘している。策定段階では体制や役割を明確に定めていたとしても、策定後の実施段階ではそれらがあいまいになる事例もあり、実施段階における課題の洗い出しが必要になっている。

筆者は、新潟県佐渡市の生物多様性佐渡戦略推進会議ワーキンググループのメンバーとして、昆明・モントリオール目標を踏まえた戦略の改定作業に参画しているが、その過程を通して「意味のある戦略」をどのように構築していくかを模索している。「意味のある」という言葉で表現したいのは、自然科学的に適切かつ有効であるというだけでなく、実効性があり社会的・経済的にもプラスのインパクトを生み出しうることである。そのために、わたしたちは何を戦略に描き、その策をいかに具体化していくべきなのか。

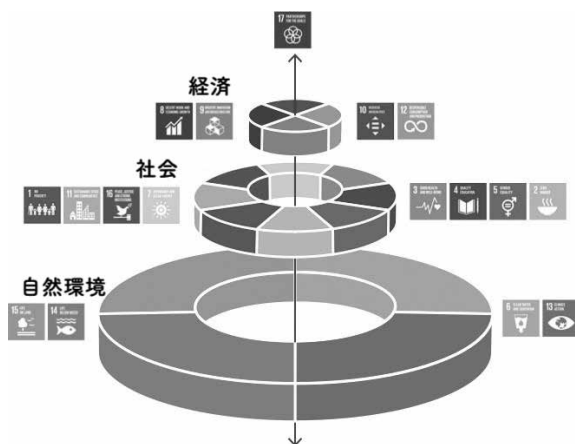
トキとの共生に取り組んできた佐渡市は、生物多様性保全という文脈において非常にシンボリックな地域である。小規模地域としては極めて早く 2012 年に戦略を策定し、生きもの豊かな環境づくりの実践的成果を蓄積してきた。しかしながら、人口減少、高齢化、第 1 次産業の低迷などの社会課題が深刻化する中、これまでにない新たな一步を模索する必要性が生じている。本章では、昆明・モントリオール目標が示す生物多様性保全の新たな潮流を踏まえ、新潟県佐渡市で展開し始めた自然共生を目指す共創の場づくりについて報告する。

生物多様性保全の潮流

昆明・モントリオール目標には、「ネイチャーポジティブ」という考え方が組み込まれ、生物多様性の損失のペースを緩和するだけでなく、損失を止め、逆にプラスの変化を生み出していこうという決意が示された。成果を着実に生み出していくために、2030 年までに陸と海のそれぞれ 30% を保全する「30by30」という具体的かつ挑戦的な目標のほか、大企業や金融機関などの生態系インパクトに関する情報開示、公的資金の流れの見直し、社会的弱者をめぐる問題との連関において課題解決を図ることなどの重要性が明示されている。こうした考え方は、政府の「生物多様性国家戦略 2023—2030」にも反映され、やがて生物多様性保全の具体的行動を生み出すうえで極めて重要な役割を果たす「地域戦略（都道府県や市区町村が策定する戦略）」にも影響を及ぼすことになる。では、新たな世界目標を踏まえて、わたしたちはどのような点に留意し、地域での戦略づくりを考えていくべきだろうか。

第一に、生物多様性保全を社会的文脈からしっかりと意義づけることである（西田 2017）。特に産業や経済との連動がますます強調されるようになっており、全ての人びとの参加のもと自然資本を守り、生かす社会経済活動を推進するための戦略が求められている。ⁱⁱⁱ⁾ 生物多様性はわたしたちの命や暮らしを支える基盤であり、人類のいかなる活動とも切り離せないという考え方は、SDGs を推進するなかでも議論されてきた。重要なことは、基盤を強化するためには、図 1 の下段にある自然環境の保全だけに焦点を当てるの

図 1



では十分でなく、経済的課題からアプローチする視点も必要だということだ。そうした視点を生かしながら、生きものの保全計画にとどまらない戦略を生み出すことが重要だ。

第二に、異なる部局や組織の間の共創的なつながりを構築することである。戦略は、総合的な内容を含むため、庁内の関連部局との連携が必須だとされる（東 2022）。一方で、戦略策定を所管する部局は、行政のセクショナリズムの中で、「追加の負担」として捉えられがちな生物多様性保全について（宮永 2013）、他の部局の協力をいかに得るかに苦心する。そうした状況の中、最低限必要なこととして行われるのが、庁内の関連施策を抽出して戦略に詰め込む「幕の内弁当型」の対応だ。戦略が総合的な性質を持つ以上、産業、暮らし、教育など、さまざまな領域の施策が関連しうる。それらを整理し戦略に位置づけることで、生物多様性保全にかかわるさまざまな施策を体系的に把握することは重要であるものの、幕の内弁当型の場合、生物多様性保全を契機とした新たな事業創出や、さまざまな部局や領域の協働による挑戦的な取り組み展開にはつながりにくい。ネイチャーポジティブな社会の実現には、現在取り組んでいることを継続するだけでなく、これまでとは異なる発想による試みを次々に展開していく必要がある。イノベーションには越境が不可欠であることを踏まえると、関連施策を詰め合わせる「幕の内弁当型」から、異なる部局・領域がつながって価値創造に取り組む「共創型」へ

と、連携や協働のあり方を変化させていく必要がある。

第三のポイントは、レビューメカニズム（取り組みを評価しながら改善していくしくみ）を組み込み、戦略の実効性を強化していくことである。効果的な検証のためには、意味のある目標設定が必要だが、戦略で掲げられるさまざまな数値目標のなかには、その目標を達成したからといって実質的な生物多様性保全につながらないように思えるものも多い。施策と目標・成果がいかにつながりうるかを整理することが重要であるため、環境省が作成した「生物多様性地域戦略策定の手引き（令和5年度改定版）」では、ロジックモデル（施策の論理的な構造）の構築が推奨されているが、その効用を理解して活用することが重要である。

新潟県佐渡市における自然共生の共創のしくみ

昆明・モントリオール目標は、こうしたポイントを踏まえて戦略を地域にとって意味あるものへとアップデートする好機である。トキの野生復帰事業に取り組み、生物多様性保全の先進地とされる佐渡市でも、これまでの成果を生かしつつ、共創を切り口にさらなる展開を模索するための試みが始まった。

トキは、水田の広がる農村地域に生息し、「里の鳥」と呼ばれている。食物連鎖の上位に位置するトキが暮らせる環境を実現することは、一つの絶滅危惧種を保護することにとどまらず、豊かな生態系を育むことにつながる。まさに生物多様性の保全を象徴する生き物である。佐渡市は「トキと暮らす島」を実現するための生物多様性戦略を2012年に策定し、主に農業振興との関連において、さまざまな成果を上げてきた。要の施策である「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」^{iv)}による米づくりは、島の水稲作付面積全体の20%まで広がったほか、この施策を契機にJA佐渡（佐渡農業協同組合）が取り扱う佐渡産コシヒカリは全て特別栽培米（農薬と化学肥料を5割削減）となり、環境保全型農業の大規模な普及につながった。こうした農業者の協力が結実し、生息するトキの数は、550羽を超えて（2022年度繁殖期終了時点）、戦略で掲げていた数値目標60羽をはるかに上回った。認証制度に参加する農業者の8割が田んぼの生きものが増えたという実感を持っている

ことから（豊田 2021）、生きものが豊かな環境づくりは着実に進んできたと言える。

このように佐渡市では生物多様性保全の顕著な成果が生まれているが、人口の急激な減少や農業の低迷など、これまでの取り組みを持続的に発展させていくうえで課題は多い。ネイチャーポジティブの流れを生み出していくためにも、さらなる自然共生のアイデアと試みが必要である。そこで佐渡市で新たに試みているのが、リビングラボを活用した自然共生の価値創造モデルの構築である。

リビングラボとは、製品やサービスを開発するプロセスに利用者を巻き込み、ニーズに合う成果を生み出すことを目的とする。まちづくりのような公共的文脈においても導入され、社会課題解決のアプローチとしても注目されている（木村ほか 2018）。佐渡では、2022 年 11 月に佐渡市・新潟大学・株式会社 NTT データが共同で「佐渡島自然共生ラボ（以下「ラボ」とする）」を開設した。ラボを開設した背景には、「自然資本が豊かだからこそ経済的な豊かさを実感できるような地域社会を実現したい」という思いがあった。自然の恵みは、わたしたちのいのち、暮らし、文化、産業を支える大切な「資本」である。ただし資本が豊富な農山漁村が、必ずしも経済的に豊かとは言えない状況にある。むしろ自然資本が豊かな地域こそ、コミュニティや産業の弱体化が深刻化しているという矛盾した状況が生まれている。こうした矛盾を解消し、自然資本に恵まれている地域だからこそ豊かさを実感できるという未来を生み出したいと考えた。

ラボの核は、異なるセクターの協働による「自然共生探究サイクル」の展開だ（図 2）。自然共生社会を実現するための課題を洗い出し、課題解決の技術や施策を学びながら、地域で何ができるかを構想して実践につなげていく。2023 年 9 月の時点で、竹や海藻などの自然資源活用、エシカル消費の拡大、自然資源ポテンシャルの可視化などのプロジェクトが進んでいる。里山里海の恵みに対して、いかに経済的価値を生み出すことができるかを、模索し始めたところである。

こうした個別の課題に応える試みと同時に、共創が活発化するためのしくみづくりにも取り組んでいる。どのようにしたら行政機関の横断的連携を促進できるか、産業界の強みを生かした自然共生の新たな事業を創出できるか、

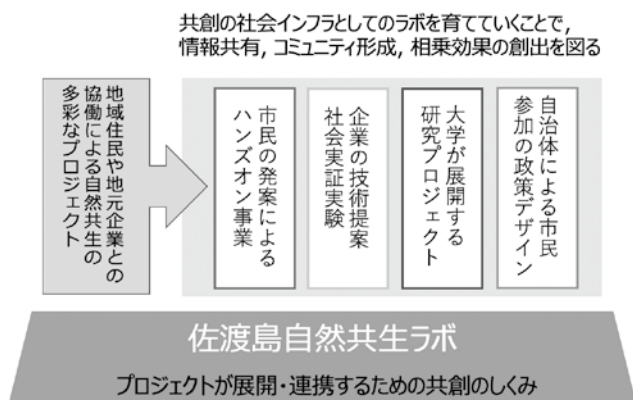
多様なセクターの知恵と経験を新たな政策提案につなげていけるかといった課題を検討しながら、自然共生をめぐる課題に柔軟な発想で挑戦するための社会インフラとしてラボを育てていこうとしている（図3）。

生物多様性佐渡戦略の改定作業も、ラボのプロジェクトとして位置づけた。行政機関のセクショナリズムを乗り越え、佐渡市のさまざまな部局、市民、

図2



図3



地元企業などと柔軟に連携しながら戦略を検討していくための一つの試みである。策を考えるだけでなく実装をしながら、地域にとって意味のある戦略を探るためにラボのしくみを活用している。もともと佐渡戦略は、農業という島の基幹産業と深く結びついて、実践的成果を生み出してきた。ただし、今後はさまざまな産業分野との連携を強化し、暮らしの豊かさにつながるような生物多様性保全のあり方を示していく必要がある。佐渡市は2022年にネイチャーポジティブ宣言を公表し、「自然環境や生物多様性の保全を発展的に展開することで、新たな産業創出につなげる」ことを明言した。^{v)} 戦略の改定は、まさにこうした考えを具体化するための布石となりうる。そのなかで佐渡島自然共生ラボという共創のしくみが果たしうる役割は大きい。

[参考文献]

- 千葉知世・西田貴明・清谷康平・阿部剛志・永井克治（2012）生物多様性地域戦略策定の現状と課題：地方自治体を対象とした意識調査の結果から。保全生態学研究 17: 37-47.
- 西田貴明（2017）次世代の経済・社会と生物多様性の政策統合に向けて。日本生態学会誌 67(2): 197-204.
- 吉田丈人・大山耕輔・高橋康夫（2018）「生物多様性地域戦略に関する自治体全国調査（一次集計）」。
https://www.nies.go.jp/pances/img/top/local_governments_nationwide_survey.pdf（2023/9/23 閲覧）
- 宮永健太郎（2013）地域における生物多様性問題と環境ガバナンス—生物多様性地域戦略の実態分析から。財政と公共政策 54: 83-95.
- 東広之（2022）生物多様性地域戦略の策定プロセスに関する一考察：基礎自治体の地域戦略策定段階における多様な考え方及び策定手法。人間と環境 48(3): 14-29.
- 豊田光世（2021）新潟県佐渡市「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」参加農家を対象としたアンケート調査報告。野生復帰 9: 1-9.
- 木村篤信・赤坂文弥（2018）社会課題解決に向けたリビングラボの効果と課題。サービソロジー 5(3): 4-11.

i) 地球規模生物多様性概況第5版（GB05）

<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/library/files/gbo5-jp-lr.pdf>（2022/9/22 閲覧）

ii) 「生物多様性に関する世論調査（令和4年7月調査）」報告書概要

<https://survey.gov-online.go.jp/hutai/r04/r04-seibutsutayousei/gairyaku.pdf>（2023/9/23 閲覧）

iii) 環境省「生物多様性地域戦略策定の手引き（令和5年度改定版）」

https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/local_gov/local/files/R5_localguide01.pdf（2023/9/27 閲覧）

iv) 佐渡市の「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」では、農業と化学肥料を5割削減するほか、^{けいはん}畦畔での農業不使用、生きものを育む農法（江づくり、ふゆみず田んぼなど）の導入などの要件を定めている。

<https://www.city.sado.niigata.jp/site/giahs/4573.html>（2023/9/26 閲覧）

v) ネイチャーポジティブ佐渡島宣言

<https://www.city.sado.niigata.jp/site/sdgs/43108.html>（2023/9/27 閲覧）

有機農業の再定義

～農業と生物多様性の密接な関係を正しく理解するために～

秋田県立大学 地域連携・研究推進センター教授
(兼 同生物資源科学部生物環境科学科教授)

谷口 吉光

農業と生物多様性の関係をどう考えるかという問題は、有機農業研究にとって実は大変大きな課題になっている。たとえば、2023年11月17日、18日に広島県東広島市で開かれた「有機農業研究者会議2023」のテーマは「農生物多様性を支える有機農業技術」であった。会議の企画者である日鷹一雅氏（愛媛大学）によれば、「農生物多様性」とは agrobiodiversity の訳語で「生物多様性のひとつであり、農や食に関連した生物多様性」と定義される。具体的には、1) 栽培、家畜などの種類や品種の多様性、2) 里山の農業依存種のような野生の生物多様性、3) 食と農や暮らしに結びつく実際の農多様性を指すという。ちなみに3)に出てきた「農多様性」とは「農地とその周辺にある里山などを含んだ範囲の生態系」だという（日鷹2023）。これは一例だが、私が昨年末まで会長を務めていた日本有機農業学会では有機農業と生物多様性の関係に関する研究セッションが頻繁に開かれている。

農業生産と生物多様性の間に深い関係があるという理解はこの10年くらいでかなり進んできたという。それ以前の農学の世界では「作物は人間が肥料をやって育て、病虫害は農薬で駆除するのが農業だ」という考え方が常識だった。農薬や化学肥料を普通に使って作物を育てる農業を「慣行農業」や「近代農業」と呼ぶが、そこでは虫は「害虫」、微生物は「病原菌」、草は「雑草」と、すべて自然の生きものを敵視し「防除」の対象としてしか見てこな

かった。

それに対して、有機農業の世界では自然の生きものの力を借りて作物を育てようという考えが常識になっている。地域内にある有機性資源を発酵させて堆肥にしたり、生きものを増やして天敵効果によって病害虫を抑えたりするのはよく知られた方法だが、^{ほじょう}圃場の草を刈らずに成長させてから土にすきこんだり、土を耕すのを止めたり（不耕起栽培）、生きものが増えるように水辺の環境を整備したりと、新しい技術が次々に生まれていて、大変活気のあるおもしろい世界になっている。

しかし、残念ながら、農業と生物多様性の間に密接な関係があることはまだまだ一般の人々には理解されていない。日本では有機農業はまだ小さな点のような存在にとどまっている。農地面積に占める有機農業の割合はわずか0.6%しかない。これは先進各国の間の最低レベルである。農林水産省が2021年に「みどりの食料システム戦略」（みどり戦略）を策定して、そのなかで「2050年までに有機農業の面積を農地全体の25%（100万ha）に拡大する」という目標を打ち出したが、農業現場の動きはまだまだ鈍いように思える。

私は、有機農業を広め、農業と生物多様性の間の密接な関係を広く理解してもらうために、「有機農業」という言葉を再定義する必要があると訴えている。言葉の定義などと言うと学者的なこだわり過ぎないと思われるかもしれないが、実際には農家や農業関係者の認識に大きな影響を与えている。たとえば、慣行農業の農家が有機農業を始めようと思っても、「農業や化学肥料を使わない」という有機農業の定義が厚い壁となって立ちはだかる。農家は「有機農業では農業や化学肥料を一切使ってはいけないんだ。ずっと慣行農業をやってきた自分には到底無理だ」と諦めてしまうことが多い。まして、有機栽培で収穫した農産物を出荷しようとする、「『有機農産物』と表示するには有機JAS認証を取得しなければならない」という有機JAS認証制度の壁が加わる。

「有機農業＝無農薬・無化学肥料」ではない

「有機農業とは何か」と聞かれたら、「農薬や化学肥料を使わない農業」と

いう答える人が多いだろう。有機農業推進法では、化学農薬と化学肥料に加えて、遺伝子組み換え技術を使わない農業を有機農業と定義している。法律でもこのように定義されているのだから、多くの人が「有機農業＝無農薬・無化学肥料」と考えるのも無理はない。

しかし、この定義が有機農業の本質を誤解させている。「有機農業＝無農薬・無化学肥料」という定義は有機農業の多面的な性格のうち「化学的資材の投入削減」という一面だけを取り上げたものだ。この定義で有機農業の本質を理解できると考えるのは大きな間違いである。なぜこの定義がダメなのかというと、「農薬や化学肥料を使わずに作物が育つメカニズム」を説明していないからである。農薬や化学肥料を使わずに作物が育つメカニズムはいわばブラックボックスになっている。だから「有機農業をやれば田畑は草だらけになる」「虫食いだらけの野菜しか穫れない」という、有機農業に関するネガティブな固定観念（偏見）がいつまでもはびこることになる。

それでは、農薬や化学肥料を使わないのになぜ作物が育つのか。こう聞かれたら「化学肥料の代わりに有機肥料を入れているからだろう」と答える人が多いのではないか。この考え方が間違っているとは言えない。慣行農業から有機農業に切り替えた時に肥料を全然やらなければ作物は育たないからである。「有機肥料が作物を育てている」という考え方は「代替型有機農業」（化学肥料を有機肥料に置き替えたという意味）と呼ばれている。ところが、有機農業に切り替えて数年経って「土ができる」と、有機肥料をあまりやらなくても作物が育つようになることが知られている。この不思議な現象は「有機肥料が作物を育てている」という考え方では説明できない。

「代替型有機農業」から「成熟期有機農業」へ

有機農業研究者の中島紀一氏（茨城大学名誉教授）は「低投入・内部循環」という考え方を打ち出して、この現象をうまく説明した（2010）。有機肥料を減らしても作物が育つのは、農地の生態系を豊かにする（生きものを増やす）と、農地の中の資源循環・生命循環が活発になって、作物が必要とする栄養を農地生態系が作り出すようになるから、また病害虫が出ても天敵や作物の自然治癒力によって被害が抑えられるようになるからだと説明したので

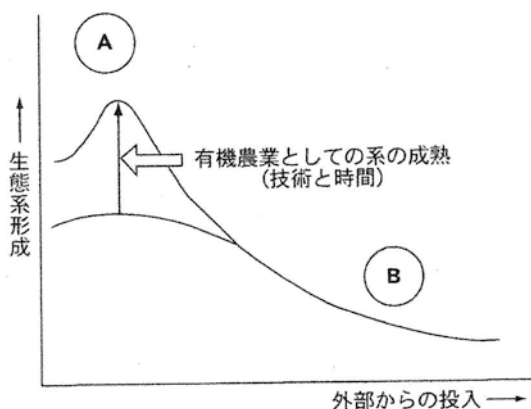


図1 農業における内部循環的生態系形成と外部からの資材投入の相互関係モデル（中島2010）

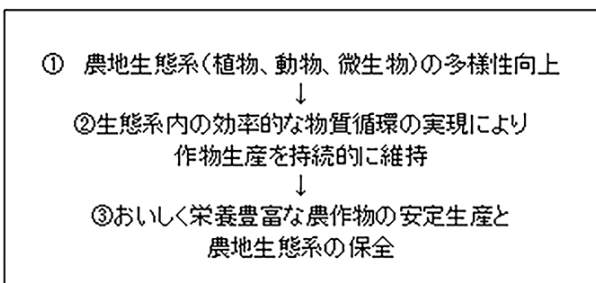
ある。

中島氏はこのメカニズムを次のように表現している。

「有機農業の生産力は、外部からの投入に依存するのではなく、圃場内外の生態系形成と作物の生命力、そして両者が結びついた循環的活力形成に依拠しようとしてきた」（中島 2010）

この考え方は、「外部からの投入に依存するのではなく」と明記されているように、代替型有機農業ではない。「循環的活力」が形成されていれば、

図2 有機農業によって農業生産と環境保全が両立するメカニズム



出典：日本有機農業学会（2021：2）から筆者作成

有機肥料を入れなくても作物が育つ。そんな状態になった有機農業を中島氏は「成熟期有機農業」と呼んでいる。つまり慣行農業から切り替えた当初は代替型有機農業だが、土ができてくると徐々に成熟期有機農業に変わっていくというのだ。

このように整理すると、農薬や化学肥料を使わないのはそれ自体が目的ではないことが理解できるだろう。無農薬・無化学肥料は生態系を豊かにするための「手段」なのだ。「有機農業＝無農薬・無化学肥料」という定義が誤解を生むといったのは、手段を目的だと勘違いされるおそれがあるという意味である。

私はこのメカニズムを図2のように示して、有機農業の定義を改めるように提唱している。

以上の議論を踏まえて有機農業を再定義すれば、たとえば次の定義はとても簡潔・明快でいいと思う（原文を少し変えてある）。

「（有機農業とは）農地の生態系機能を向上させることで、生産性の向上と自然生態系の保全を両立させる農業である」（小松崎 2019）

ポイントは「生態系を豊かにする」ことだ。言い換えると、有機農業は生きものを殺すのではなく、生かそう、増やそうとする。栃木県の有機農家・館野廣幸氏は「有機農業は虫を増やし、草を増やし、菌を増やす技術だ」と言っている。「できるだけ多くの虫たちがバランスよくすめる環境を整えることが『害虫』の多発を防ぐのです。害虫もカエルにとっては大切な食料でするので必要なのです」という館野氏の言葉は、有機農業の核心を言い当てている。兵庫県のコウノトリや新潟県佐渡のトキの復活にも有機農業が大きな役割を果たしたのも当然だ。コウノトリやトキは田んぼや水路にすむ生きものをエサにするので、鳥たちのエサになる生きものを増やす有機農業が必要とされたのである。

有機農業は人と自然、人と人もつなげていく。子どもたちを田んぼに呼んで遊ばせ、消費者を集めて田植え体験をさせるのも有機農家が多いだろう。有機農業が市場流通に乗らず、産直やC S A（地域が支える農業）など、作る人と食べる人を直接つなげる形で発展してきたことにはそれなりの理由があるのだ。

有機農業のパラダイム

有機農業の再定義の議論はここで終わりではない。長年の研究と実践を踏まえて、有機農業には多面的な性格があることが明らかになっている。有機農業の多面性をよく表している定義として、国際有機農業運動連盟（IFOAM）が2008年に定めた有機農業の定義を紹介しよう。

「有機農業は、土壌・自然生態系・人々の健康を持続させる農業生産システムである。それは、地域の自然生態系の営み、生物多様性と循環に根ざすものであり、これに悪影響を及ぼす投入物の使用を避けて行われる。有機農業は、伝統と革新と科学を結びつけ、自然循環と共生してその恵みを分かち合い、そして、関係するすべての生物と人間の間に公正な関係を築くと共に生命（いのち）・生活（くらし）の質を高める」（澤登2019：14ページ）。

この定義は有機農業の多面的で包括的な性格をよく表している。まず、持続可能性が最も重要とされていること（言い換えると、生産性重視ではない）。土と自然生態系と人間の健康が、切り離されずに結びつけられていること（土壌肥科学、生態学、医学、社会学、倫理学などが連携しないという認識は生まれない）。地域の生物多様性と循環を前提としていること（風土との結びつきを軽視した近代農業とは違う）。伝統と革新と科学を結びつけること（単なる伝統回帰主義でも科学万能主義でもない）。生物と人間の間に公正な関係を築くこと（生物と人間の関係を見る際に倫理的視点が入っている）。生命と生活の質を高めること（効率性や経済性重視ではない）。そして、これらの条件の一部を満たせばいいのではなく、すべてを考慮しなければならないこと（有機農業は諸要素の有機的結合によって構成された包括的存在である）。

近代農業の単純さに慣れた人から見れば、「なんと複雑で面倒な定義だ」と呆れられるかもしれない。「米の収穫量を何キロ増やしたければ、この時期にどういう肥料を何キロまけばいい」というのが近代農業のパラダイムだ。確かに単純でわかりやすい。

近代農業のパラダイムには人間と作物しか出てこない。このパラダイムは「人がこうすれば、作物はこうなる」「作物がこうなったら、人間はこうすれ

ばいい」というように、「人間の働きかけと作物の反応」だけで書かれている。それ以外の水、土、生きものなどは、人間の都合に関係した時だけ、人間の都合に合わせて登場する。この開拓地には水がないから、地下水をくみ上げようとか、この虫は作物を食べる「害虫」だから、農薬で殺せばいいというように。それ以外のものが存在しないのではない。それ以外のものは見ない。無視する。それが近代農業のパラダイムである。

それに対して、有機農業のパラダイムは自然をありのままに見る。ありのままに見るから自然のなかにある無数のつながりを直視する。人間に都合のいいものも都合の悪いものも、ありのままに見てそれを認める。認めるだけでなく、それをいかそうとする。だから、有機農業の技術は近代農業とはまったく違う体系になる。正確に言えば、「体系」という整然とした概念ではとらえきれないだろう。むしろ仏教でいう「曼荼羅」のようなものだと理解した方がわかりやすいかもしれない。

作物と人間と自然を複雑で多面的なものと考えるのが有機農業のパラダイムであるが、その本質を突き詰めて表現すれば、「農薬や化学肥料を使わなくても、自然の力のおかげで作物は立派に育つ」という命題になるだろう。これは「農薬と化学肥料がなければ立派な作物は育たない」という近代農業



安芸の山里農園はなあふ（森昭暢代表）の畑（撮影 谷口吉光）

の命題をひっくり返したものだ。有機農業のパラダイムの中心にはこの命題を置かなければならない。それによって、有機農業のパラダイムは近代農業のパラダイムと対等な立場に立つことができる（谷口 2022）。

「有機農業のパラダイム」などと硬い話をしたが、具体的には写真のような畑を見てもらえばいい。

これは広島県志和町の有機農家・森昭暢氏の畑（安芸の山里農園 はなあふ）である。キャベツとブロッコリーを作付けしている畝^{うね}の間に草を生育させている点に注目してほしい。慣行農業では畝間の草は刈り取るかビニールマルチを敷き詰めて草が生えないようにするのだが、この畑ではわざと草を生やし、微生物や昆虫などのすみかを提供している。また草が伸びたら刈ってそのまま畑の肥料にするのである。

私が考える「有機農業のパラダイム」ではこうした畑の風景が当たり前になる。みどり戦略でも、単に化学肥料を有機肥料に置き替えただけの「代替型有機農業」ではなく、「低投入・内部循環」を基本とした「成熟期有機農業」の拡大をめざすべきである。

[参考文献]

日鷹一雅、2023、「農生物多様性とは」『有機農業研究者会議 2023』1-5.

中島紀一・金子美登・西村和雄編著、2010、『有機農業の技術と考え方』、コモンズ

日本有機農業学会、2021、『『みどりの食料システム戦略』に言及されている有機農業拡大の数値目標実現に対する提言書』。

澤登早苗・小松崎将一編著、2019、『有機農業大全：持続可能な農の技術と思想』、コモンズ。

谷口吉光、2022、『『有機農業のパラダイム』とみどりの食料システム戦略の行方』『生活協同組合研究』、Vol.554.

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

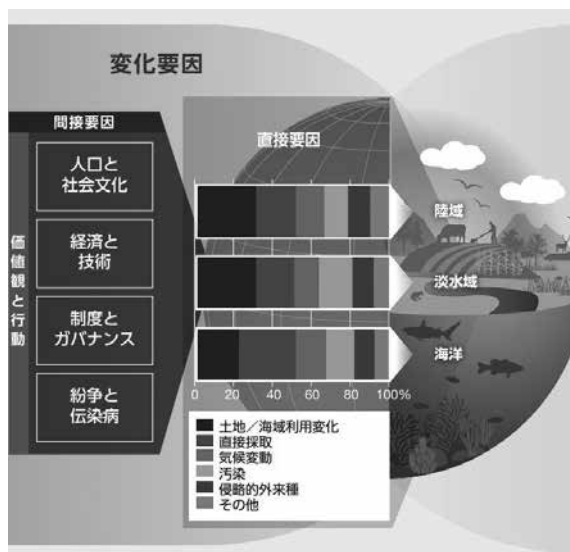


図 1 生物多様性の損失の直接要因と間接要因

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と考えられる。

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。

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。

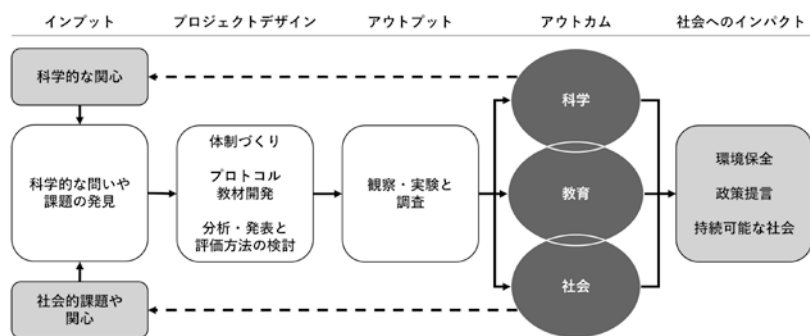


図2 市民科学のフロー

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)

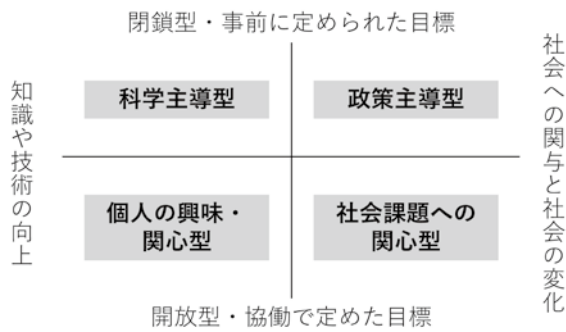


図3 市民科学の目標と成果に基づく分類

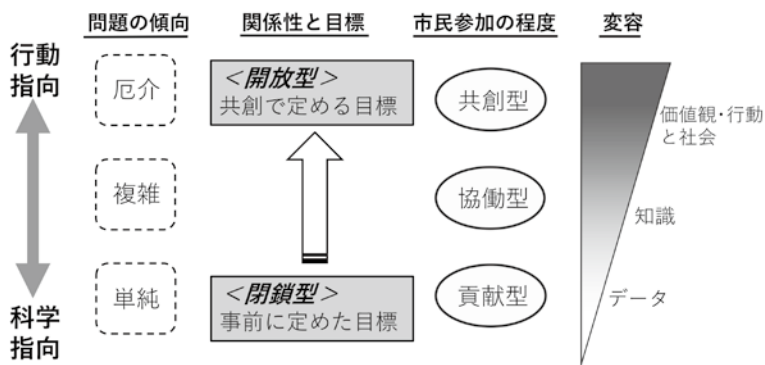


図4 変革のための市民科学のアプローチ

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、新型コロナウイルスの第 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

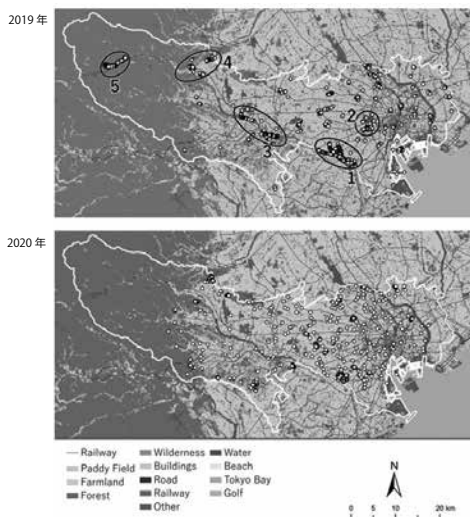


図 5 新型コロナウイルスの第 1 回緊急事態宣言前と解除後（2019 年と 2020 年）の CNC における観察場所の分布

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 年にはキエウなど数都市から 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⁾。

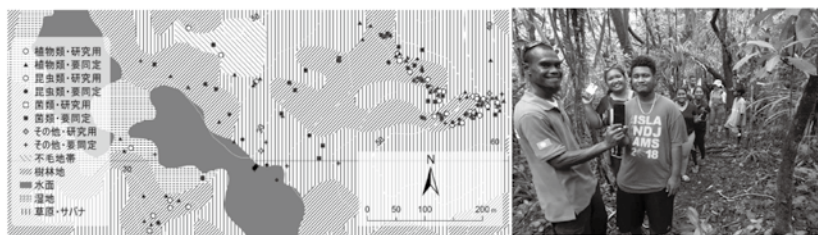


図 6 パラオ共和国における市民参加による生物調査の結果と活動の様子

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た。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., Kumm, 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きている？ー市民・研究者・行政が力をあわせてわかってきたことー (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・ブリマック, 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

私にもできるいきもの探し

アプリを通じた生物発見データの統合と利活用

株式会社バイオーム 渥美 圭佑 武 真祈子 藤木 庄五郎

はじめに

食料供給や減災などの生態系サービスは人類社会の基盤だが、生態系は近年急速に劣化している (IPBES, 2019)。生態系の状態を評価し、保全計画や順応的管理に繋げていくためには、十分な時空間の解像度で生物多様性の状態をモニタリングすることが不可欠である。従来、モニタリングは専門家による現地調査でなされてきたが、人的・金銭的な限界があり、十分な時空間の分布データを収集することは難しい。データ不足の解決には、大衆から生物の発見情報を広く募ることが鍵になると考えられる (Kobori et al., 2016; Silvertown, 2009)。人々から生物発見データを募ることは、スマートフォンをはじめとした、GPS 機能・時計測機能・ネットワーク機能をもったデジタル機器の普及と、人工知能の進歩によって簡単になってきている。このような機器で写真を撮ると、画像には撮影日時と場所の詳細が付加される。同定情報を追加すれば、そのような写真は種の出現を示す証拠となる。近年では、深層学習を用いた画像認識技術によって種同定が行えるようになってきており、種同定も人々にとって以前より大幅に簡単になってきている。写真をアップロードでき、人工知能によって種同定を補助するような Web サービスやアプリケーション（以下、アプリ）を用意することによって、eBird や iNaturalist といったプラットフォームは世界各地から生物発見データを大量に集めることに成功している (Chandler et al., 2017)。参

加者たちは、科学への貢献意欲や最先端技術を使いたいなどの理由で写真を投稿している (Herodotou et al., 2023)。ここにゲーム性を加えれば、人々が純粋に「楽しいからやる」という参加意欲を得られるようになり、より広範な人々が生物発見データを登録すると考えられる。

そこで株式会社バイオームでは、人々から生物発見データより一層集めることを目的に、アプリ「Biome」を制作し、2019年に日本国内で公開した。

アプリ Biome の概要

Biome では、種名を自動で判定できるとともに (図 1)、ユーザーが撮ったいきものの写真をアプリ上に保存し、他ユーザーにも公開することができ

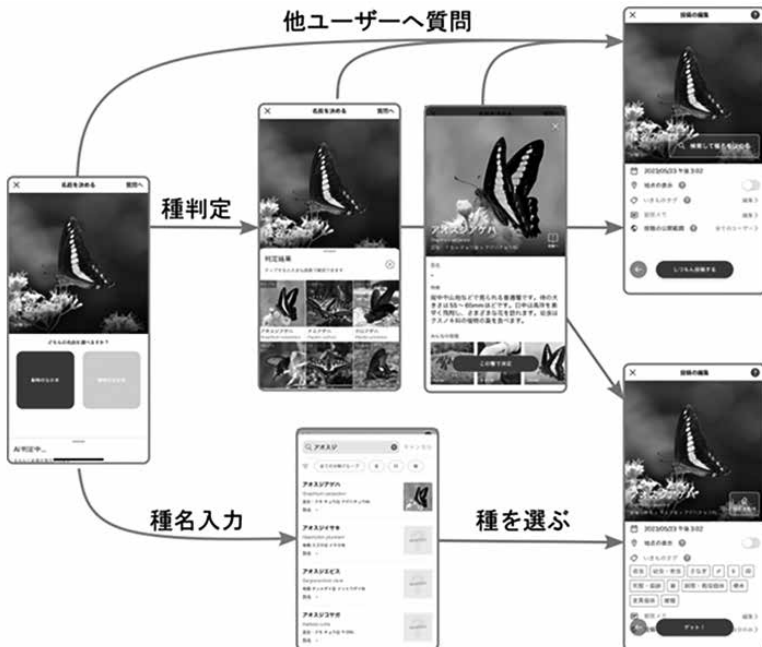


図 1. Biome では、画像認識アルゴリズムと写真の位置・時間情報を用いて、撮影された生物の種名候補リストを提示する。また、他のユーザーに種名を尋ねることもできる。そして、ユーザーが記録した種名と、投稿写真に保存された位置・時間情報を組み合わせて、いつ・どこにどの種が現れたかという生物発見データが得られる。

る。つまり、これまでに見つけたいきものをアルバムのように振り返ることができるとともに、写真を基盤とした SNS 機能を備えており、いきものを発端としたコミュニケーションや知識の交換をユーザー同士で楽しむことができる。Biome がユニークなのは、ユーザーが楽しさを求めて参加できるよう、投稿によるポイントの付与などのゲーム要素を多く導入している点にある（藤木・龍野 2021; 小出ほか 2023）。

投稿やその位置情報は、他ユーザーにも公開するか、自分のみが見られる非公開状態にするかを選ぶことができる。公開されている投稿では、他ユーザーが投稿に「いいね」を付けたり、コメントを残したり、種同定の修正を提案したりすることができる。多くのいいねを集めた投稿などはリアルタイムで更新される「人気の投稿」としてホーム画面に表示され、ユーザーがアプリを開くのが楽しみになるよう工夫している。なお、環境省や都道府県のレッドリストに掲載されている種の投稿では、位置情報が自動で隠されるようになっており、種の保全に配慮している。自分の投稿を使って、アプリ上でコレクション（＝アルバム）を作ることでもでき、「旅行先で出会ったいきもの」「文学作品に登場するいきもの」などユーザーが自由な発想でコレクションを作り楽しんでいる。また、投稿するとアプリ上のポイントが得られる。ポイントが貯まると、アプリ上の「レベル」があがる。分類群ごとの投稿数や発見種数によってバッジが授与され、各分類群のエキスパートを目指すことができ、ユーザーが楽しみながら様々ないきものに親しめるようになっている。ポイントは、他者の同定に対する種名の修正の提案でも貯めることができ、アプリ上で互助的に種の同定精度が高まるようにしている。

アプリでは、自然観察をより楽しんでもらう企画「クエスト」を公開している。クエストでは、一定期間内に、特定の地域や分類群で投稿する、あるいは多くの種を投稿することで達成できる。クエストでは「ガイド」ページを充実させており、企画の趣旨や、対象のいきものの特徴や探し方を学べるようになっている。ガイドページでは、対象種を見つけるまでのプロセスをユーザーが鮮明に思い描けるように、見つけ方を丁寧に記している。リアルないきもの探しならではの冒険心や知的好奇心を刺激して、いきもの観察をエンターテインメントにすることが、クエストの狙いである。クエストの内容は様々であり、季節ごとに、その時期見つけやすいいきものや注目のいき

ものを対象にしたもの（例：セミクエスト、渡り鳥クエスト、どんぐりクエスト）、外来種をはじめとした特に情報を集めたい種を対象にしたクエストなどがある。

自治体・企業との取り組み

クエストでは地域を限定することもできるため、特定地域の生態系の状態を把握するのに役立つ。そのため、レクリエーション目的以外でも、保全計画や外来種対策の策定のためにデータを得たい自治体や、自然に配慮した取り組みを進めたい企業から依頼を受けることが多い。これまでに、9つの都府県および30を超える市区町村の依頼を受け、分類群網羅的あるいは外来種に絞ったクエスト企画を行ってきた。例えば、東京都では、専門家による調査と、クエスト等を介して流入する Biome アプリ由来のデータを統合することによって市民参加形式として野生生物目録を作ろうとしている。名古屋市でも同様に、市内の生物多様性をアプリデータから把握しようとしている。

企業との取り組みも進んでいる。店舗周辺に植樹する社会貢献活動を続けている小売り大手の企業は、Biome アプリを用い、従業員や来訪客を巻き込んで店舗近辺での生物多様性を評価する事業を行った。鉄道事業者と共に鉄道沿線の生物調査を市民参加型で実施し、沿線の生物多様性を可視化する取り組みや、東京都内の特定エリア全域での生物調査を複数企業で協働して実施した事例もある。これらにより、関係者への環境教育に加え、調査をデジタル化することで、より効果的に生物分布の現状把握が進むようになった。このような活動が進む背景には少なくとも2つの動きがある。

まず、2030年までに地球の陸域・海域の30%以上を保全・保護しようという「30by30」の国際目標に基づいた、「自然共生サイト」の認定の動きである。公有地の保全だけでは30by30目標の達成は難しいため、民有地をはじめとした非保護区での生態系保全が重要になっている。国が認定した「民間の取組等によって生物多様性の保全が図られている区域」である自然共生サイトには、企業の森や社寺林、里地里山、公園などが含まれる。自身の活動地点がこのような認定を得ることが組織イメージの向上をもたらす

うるため、活動地点の生態系の状態を把握する動きが企業でも盛んになっている。

さらに、生態系サービスの劣化や自然災害の激甚化により、企業は事業がどのような生態系サービスに依存し、どう自然に影響しているかを気にするようになってきた。例えば水産業では、過剰な餌やりによって養殖場近辺の海が汚れてしまうと、魚が斃死しやすくなる。飲料や精密機器を作る際にはきれいな水が安定して多く必要だが、そのためには水源域に森が必要である。したがって、自然との関わり方は、もはや企業業績に影響する財務情報だといえる。この観点のもと、企業と自然との関わりを投資家に開示することが求められるようになった（自然関連財務情報開示）（TNFD 2023）。企業にとって、自身の事業計画や、資金調達に必要な投資家への情報開示のために、事業地域での生態系の状態を調べるのが重要になりつつある。

生態系の状態を把握する際に、地域住民をはじめとした多様な関係者が参加することが重要である（Keough and Blahna 2006）。例えば、都市の生物多様性を測るシンガポール指数では、住民の自然への理解や生態系調査への参加も指標に組み込まれており（Chan et al. 2021）、自然関連財務情報開示でも同様に、開示項目の決定や生態系の調査に、多様な関係者を参画させることが勧められている（TNFD 2023）。このようなプロセスによって、生態系の保全・利用に地域住民がもつ伝統知を活かしやすくなるとともに、

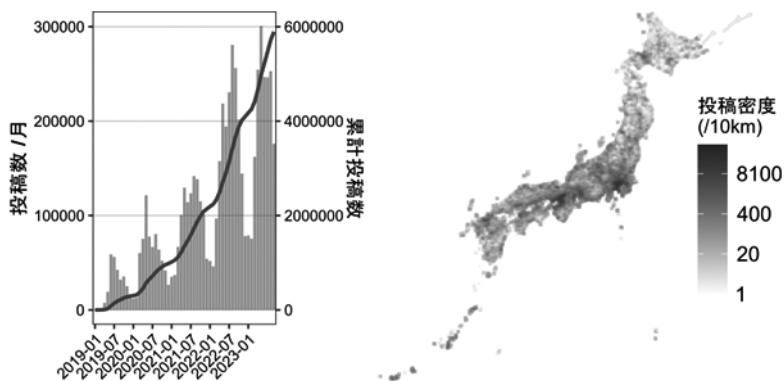


図 2. Biome アプリを通じた生物発見データの時間的（左）・空間的（右）な蓄積。

関係者間での対立が和らぐことも期待できる。クエストのような市民参加型の調査は、生態系の状態を広域で把握することを簡単にするだけでなく、地域の一体感を醸成することで、生態系の管理や企業の事業を円滑に進める土台作りの役割がある。そのため、市民参加型の調査が今後も増えていくと考えられる。

データの集積

以上のような取り組みを通じて、Biome に投稿されるデータは急増している。2019 年にアプリが公開されて以来、2024 年 2 月 6 日までに 642 万件を超える生物発見データが集まった。投稿は日本各地から得られているが、首都圏・京阪神をはじめとした都市圏や南西諸島といった行楽地に特に多い。山間部や北日本といった人口が疎らな地域でのユーザー層の掘り起こしが今後の課題である。

では、投稿により得られたデータは、どの程度信頼性がおけるのだろうか。飼育施設からの投稿を取り除き、飼育・栽培・標本であるとユーザーによって示されている投稿を取り除いたうえで（以下、精製データと呼ぶ）、種子植物・軟体動物・昆虫・脊椎動物における、普通種（各分類群内での投稿数上位 15%）と珍しい種（投稿数 10 以下の種）のそれぞれ 710 投稿ずつを精査した。すると、82% が野生個体の投稿で、そのうちの 91% が正しく種同定されていた。野生個体の割合は昆虫で 100%、鳥類で 99%、両生類や爬虫類では 90% 以上と高いものの、種子植物で 86%、魚類で 74% にとどまった。種同定の精度は両生類・爬虫類・鳥類・哺乳類では 95% を超えおり、種子植物と軟体動物では 90%、昆虫では 83%、魚類では 87% であった (Atsumi et al. 2023)。したがって、精製データの質は鳥類や爬虫類、両生類では高いものの、種子植物や魚類では劣っている。これを受けて、画像、位置情報などをもとに非野生個体を取り除くアルゴリズムの開発や、種判定機能の改善を進めている。一方で、iNaturalist や Google レンズをはじめとした種判定機能の精度が植物では 69% 程度であることを踏まえると (Hart et al. 2023)、市民科学データとしては Biome の精製データの質は比較的良好と言える。

得られたデータの活用

私達は、生物発見データの収集ばかりでなく、その活用についても様々な試みを重ねてきた。Biome には短期間に広範囲から生物発見データが集まるため、種の分布拡大を検出しやすい。環境省の事業として進めたクエスト群である「気候変動いきもの大調査」(<https://ccbio.jp/>) では、渡り鳥の越冬地の変化や、南方系昆虫の北上など、様々な種で地球温暖化の影響が示唆された。侵入種においても、これまでに公的な記録がない都道府県からの発見例が相次いでいる (Sakai et al in prep)。なお、これらの事業・研究では、専門家による投稿の精査をしたうえで分析している。一方、発見情報は単なる位置情報であり、分布のような面的な解釈が難しい。また、発見がない地域では、その生物が生息していないのか、もしくは生息していても報告されていないのかを区別するのは難しい。そのため、種分布モデリングの一種である MaxEnt (Phillips et al. 2006) 等を用いて、各種の分布を推定している。この種分布モデリングでは、種の発見データと環境データを組み合わせ、対象種がどのような環境条件下で生息しやすいかを明らかにする (Elith et al. 2011)。Biome データが種分布推定にどれだけ役立つかを評価するために、オープンソースのデータ (GBIF や河川水辺の国勢調査など) のみを使用した場合と、Biome 精製データとオープンソースデータを同じ量使用した場合のモデルの精度を、様々なデータ量で比べた。すると、同じデータ量で比較した場合、Biome データを追加した方が、正確なモデルとなっていた。また、レッドリストに掲載されている希少種については、同じ精度のモデルを得るために必要なデータ量が約 1/7 に減っていた。Biome データはオープンソースデータを補完する形で、モデルの精度向上に寄与すると考えられる。これは、主に公的な調査に基づき自然度の高い地域から報告されるオープンソースデータと、都市から自然まで広範な地域で収集される Biome データの空間的な違いに起因していると考えられた (Atsumi et al. 2023)。

以上のように私達は、生物発見データの収集から解析まで一貫して行っている。そのため、解析結果に応じてデータ収集を方向付けることもできる。

例えば、地点ごとに、種分布モデリングで生息が期待された種を表示して、それらの種の調査を促すことができる。地点や分類群ごとにデータが足りている度合いを測り (Chao and Jost 2012)、不足している地域や分類群を対象としたクエストを実施することで、データを集中して集めることもできるだろう。

一方で、非常に珍しいなどの理由で詳細な生息地が公開されていない種は、データが得られないために種分布の推定対象から漏れてしまい、地域の生物多様性評価に反映されないという問題がある。生物多様性を正に評価するために、このような種についても分布の推定を進めていくことも、今後の課題の一つである。

運営面での特色

各国政府からの支援や寄付金によって運営されることが多い市民科学プラットフォームにおいて、Biome は民間企業が運営しているという点で異色である。公金によって運営されている iNaturalist や eBird といったプラットフォームでは、生物発見情報はオープンデータとして一般に公開される。一方で Biome では、集まったデータを解析した結果を各自治体や企業に納めることによって、運営資金を得ている。したがって、Biome を通じて集まったデータは研究目的に限って研究者に共有しているものの、一般には非公開である。民間企業としての強みは、生物多様性が社会で重視される限り、政府の税収・政策などに左右されない、安定したアプリ運営ができる点にある。民間であるため自由度が高く、自治体や企業との連携に代表されるような多種多様な企画を進めやすく、機能開発も進みやすいことも重要である。

今後の展望

私達は、広範な人々に自然観察を楽しんでもらえるように、アプリ Biome を開発し運用してきた。ユーザーからは、「日々の散歩が楽しくなった」「これまで気にかけていなかった様々な生物に興味を抱くようになった」といった意見を頂いていることから、アプリが自然への愛着を深めるきっか

けになっていると考えられる。人々は自然を体験することで自然に愛着をもち、それが自然に配慮した意思決定をもたらす (Soga and Gaston 2023)。多様なユーザー層を擁するアプリ Biome は、生物多様性の損失を食い止め、回復させる「ネイチャーポジティブ」の意識を一般に広めることによって、社会的な行動変容に貢献できると考えている。さらに、日本全国から集まるリアルタイムの生物出現ビッグデータを、企業や自治体、研究機関と連携して活用していくことにより、生態系の保護、管理、回復計画の策定や、企業の収益と環境配慮を両立させた事業計画の基盤を築くことができるだろう。このように、市民科学プラットフォームは様々な方法で、人と自然が共存する社会の構築に大いに寄与できると考えている。

[引用文献]

- Atsumi K, Nishida Y, Ushio M, et al (2023) Boosting biodiversity monitoring using smartphone-driven, rapidly accumulating citizen data. 2023.09.13.557657
- Chan L, Hillel O, Werner P, et al (2021) Handbook on the Singapore Index on Cities' Biodiversity (also known as the City Biodiversity Index). The Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Singapore: National Parks Board, Singapore
- Chao A, Jost L (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93:2533–2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, et al (2011) A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers Distrib* 17:43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Hart AG, Bosley H, Hooper C, et al (2023) Assessing the accuracy of free automated plant identification applications. *People Nat* 5:929–937. <https://doi.org/10.1002/pan3.10460>
- Keough HL, Blahna DJ (2006) Achieving Integrative, Collaborative Ecosystem Management. *Conserv Biol* 20:1373–1382. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00445.x>
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190:231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Soga M, Gaston KJ (2023) Nature benefit hypothesis: Direct experiences of nature predict self-reported pro-biodiversity behaviors. *Conserv Lett* n/a:e12945. <https://doi.org/10.1111/conl.12945>
- TNFD (2023) Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) Recommendations version 1.0
- 小出大, 辻本翔平, 熊谷直喜, et al (2023) リアルとデジタルの好循環を通した市民科学による生物の時空間分布プラットフォーム. *保全生態学研究* 28:2217. <https://doi.org/10.18960/hozen.2217>
- 藤木庄五郎, 龍野瑞甫 (2021) モバイル端末を用いた生物多様性モニタリング手法開発に向けた市民科学の実践. *日本生態学会誌* 71:85–90. https://doi.org/10.18960/seitai.71.2_85

小規模事業者にもできる生物多様性の取り組み

～ 地域雨庭ビオトープの展開 ～

京都大学名誉教授、(公財)京都市都市緑化協会理事長 森本 幸裕

1. はじめに

京都では市民や団体、企業の大小を問わず、地域の生物多様性とその恵みの継承の重要性に気付いた人たちが、ささやかだが、重要な取り組みを始めている。この小論ではそうした取り組みを紹介しつつ、昨今の世界的なネイチャーポジティブの流れを踏まえた、小規模事業者にも可能な取り組みへの展開を考えてみたい。

2. 「和の花」の取り組み

山紫水明の京都といえば、東、北、西の三山に囲まれ、南の氾濫（はんらん）原の方向に開いた盆地景が特徴である¹⁾。背山臨水の「風水」都市、平安京がここに建都されて以来、周辺の自然環境の恵みがその文化の基盤となってきた。千年の都ともいわれる京都だが千年継続する景観はこの地勢のみ。実は応仁・文明の乱や、鴨長明が「方丈記」で記した大災害等に何度も見舞われた。だが、不死鳥のごとく蘇ってきたのは、三山に象徴される周りの自然の恵みを持続可能なかたちで利用する土地利用に、その秘密の一つがある。つまり、レジリエンス（回復力）に優れたNbS（自然に根ざした社会課題の解決策）としての土地利用が京都の特徴ではないだろうか。

景観生態学の Forman の 名 著、「Land Mosaics : The Ecology of

Landscapes and Regions」の冒頭に自然環境に配慮した、風水の土地利用が紹介されている。

ところが、都市化の進展と化石燃料依存のグローバル化が地域の自然資源利用の劣化に繋がった。京松茸が消え、祇園祭の厄除け粽に使っていた花脊地域のチマキザサが消え、大文字送り火のマツ材や鞍馬の火祭のコバノミツバツツジも現地で賄えなくなった。

もう一つの生物多様性劣化の要因は都市的開発とともに、河川氾濫の過剰制御がある。河川改修やダム等による洪水調節で、定期的攪乱（かくらん）のある河原や水辺、さらに氾濫原である原野が失われたことだ。いわゆる攪乱依存種が危機に瀕し¹⁾ている。

こうした危機に気付いた人たちから、文化を支えた自生種や伝統的園芸種「和の花」の保全の取り組みが始まった。

・オグラコウホネ、ムジナモ、ハス

平安京の風水、四神相応の北は玄武の船岡山、東は青龍の鴨川、西は白虎の山陰道に対して、南の朱雀であった巨椋池は生物多様性の宝庫であった。固有種オグラヌマガイや、ムジナモをはじめ日本産の水生植物の8割の属が記録され、国の天然記念物指定を受けていたにも関わらず、干拓で水田と化し、一部は埋め立てられて住宅地になってしまった。

この巨椋の名を持つオグラコウホネ（京都府の絶滅寸前種、環境省の絶滅危惧Ⅱ類）をたまたま自社工場近くの水辺で発見したのをきっかけに、香製造・販売の（株）松栄堂（京都市中京区）の社員らは市民グループ「乙訓の自然を守る会」とともに自生地の保全活動が続けている。これは早くから自然資本を大事にしてきた企業と市民グループの活動の連携事例だ。

ムジナモは長らく自生地絶滅と考えられていたが、ごく最近、石川県で自生地が見つかったという希少種だ。この食虫植物は育てるにも、なかなか気難しく、配慮が要る。この旧巨椋池の株は、近くで不動産仲介業を営む市民の手で、長年にわたって系統保全されている。

巨椋池は古代からハスの花見遊覧の地でもあった。和辻哲郎にも「巨椋池の蓮」という短編紀行文がある。友人に誘われて伏見の宿に宿泊し、早朝4時から小舟で巨椋池に向かった、天国のような観蓮体験を記し、干拓されな

いことを願っている。京都花蓮研究会のホームページ²⁾には、巨椋池品種(16品種)が記載されており、現在、干拓地の一角にある「内田蓮園」には、数十品種が系統保存されている。このハスやムジナモは地域固有の自然さに目覚めた個人の献身的な努力によって貴重な遺伝子資源が保全されている事例だ。

上記事例は地域に固有の希少種保全に資する、ささやかな取り組みではある。でもこうした行動なくしては、そうした遺伝子資源が消失してしまうことを考えると、その意義は大変大きい。

・フジバカマ

京都には「野」のつく地名は多い。中でも「北野」「平野」「紫野」などは洛北七野、つまり朝廷の禁野^{きんや}として、皇族の御猟・菜摘・遊覧の地であった。紫式部「源氏物語」の第三十帖「藤袴」からは、沖積平野の氾濫原、つまり頻繁に河川の洪水に見舞われる立地でもある「野」にフジバカマが普通に生育していたことが伺える。だが、都市化や河川改修で生育地が失われて、環境省の準絶滅危惧 (NT)、京都府のカテゴリーでは絶滅寸前種となっている。現在、園芸店で流通するのはコバノフジバカマ (ニセフジバカマ) *Eupatorium fortunei* で、やや小型で花は赤みが強いものが多い。これに対して、源氏物語ゆかりのフジバカマ *Eupatorium japonicum* は、古代に大陸から来た可能性もあるが大型の原野の植物だ。今のところ、京都の植物とその育成に造詣の深い市民らによって見つかった自生種の系統が4つほどあって、(公財)京都市都市緑化協会は、うち3つを交雑しないように系統保存している。

この在来の系統を利用して、後述の京都の企業による希少種の域外保全活動が行われており、大原野では、休耕田を利用した保全活動が地域のボランティアグループ等の手で継続されている。在来フジバカマをテーマに地域の市民や大学等の保全育成を通じた地域活動も盛んである。2023年の開花期には数々の鑑賞会、イベントが行われ、展示スポットは市内数十か所に及んだ。希少種保全が地域コミュニティの活性化に寄与しているわけだ。

・フタバアオイ

京都の初夏、京都御所から賀茂御祖神社（通称、下鴨神社）、賀茂別雷神社（通称、上賀茂神社）への斎王代の行列で著名な葵祭。欽明天皇（539-571）の時代に始まったとされるこの葵祭を飾る「葵桂」はフタバアオイの葉とカツラの小枝を絡ませてつくる。この葵桂で葵祭当日には、すべての参加者、牛車などを飾る。フタバアオイはやや耐陰性が高く、湿った立地を好む、落葉樹林の林床植物だ。いわば日本のスプリング・エフェメラルでもある。だが、里山の荒廃に伴い、現在、9県のレッドリストに記載されるに至った。京都府では記載されていないものの、シカ食害の激甚化に伴って祭事に使う量の確保が、年々、困難となっていく。

そこで、地域の小学校でフタバアオイを育てて、葵祭に貢献する「葵プロジェクト」の取り組みが始まったのが2006年。その運動は子供から親、後述の団体や企業に広がっていった。このグループは2010年にはNPO法人、2018年には一般財団法人となり、2021年にはプロジェクト等を紹介した書籍『京都 上賀茂神社と水のご縁葵』^{あふひ}（淡交社）を監修している。

・オケラ

大晦日から元旦にかけて、八坂神社「をけら詣」では、キク科の多年草オケラの根茎を乾燥させた生薬の白朮^{びやくじゆつ}を灯籠の火で焼き、無病息災を祈る。その火を吉兆縄に移し、くるくると回しながら家に持ち帰って元旦の雑煮を作るのが京都の習わしだ。アカマツの疎林の林床に普通に見られたオケラは京都府のレッドデータブック2005年版では「要注目種」、2022年版では、「絶滅寸前種」となっている。

八坂神社の本殿南庭には衰退気味ながら数十年も生育していたオケラ1株があった。そこでこれを、京都市都市緑化協会が園芸家などの協力を得て2014年に掘り上げ、草勢の回復と実生苗の育成を行っている。さらにNPO法人国境なき環境協働ネットワーク（内海貴夫理事長）、弥栄学区自治連合会、祇園商店街、学校なども連携したオケラの育成運動が始まった。2017年に始まったこの運動は、京都市も後述の認定制度でサポートし、2022年の大晦日には開晴小中学校で育てたオケラが初めて祭事に利用される成果を上げた。

上記の他にも祇園祭の厄除け粽に使うチマキザサや東山文化の要素であるキクタニギク、大原野森林公園の希少種の数々等、思いある人々の自発的活動に支えられた素晴らしい取り組みが一定の成果を挙げている。機会があれば紹介したい。

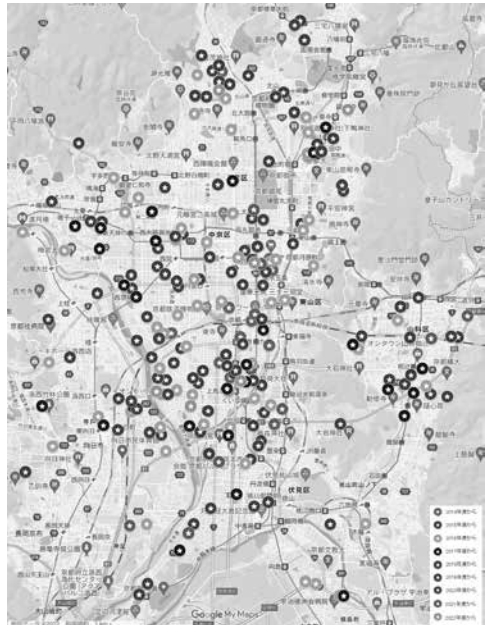
上述のフジバカマ、フタバアオイ、オケラは、歴史文化に関わり深い希少種保全活動が、個人から専門家を含む団体の地域活動に展開している例である。

3. KES エコロジカルネットワーク

前項で紹介した事例は、地域の特殊事情と関連性が強い。植物や文化に造詣の深いキーパーソンや組織の存在が鍵となって地域に展開した。だからどのような小規模事業者も明日から参加できるものではない。だが、KEN(KES エコロジカルネットワーク)³⁾がこの壁をクリアした。以下、その概要を紹介する。

KES(京都・環境マネジメントシステム・スタンダード)は、京都議定書の発祥地、京都から中小企業をはじめ、あらゆる事業者を対象に「環境改善活動に参画していただく」ことを目的に策定された規格で

ある。それまで、費用や手続きの難しさからISO14001の取得が実現できなかった中小企業に、ISO14001の基本コンセプトと同じものを、用語や規格の内容をシンプルにして提供する。2001年に誕生し、京都では既に約



KEN 参加事業所(京都市街地周辺)の分布(2022年度 258 団体)(KES 環境機構提供)

1300 事業所が取り組み、全国にも展開している。

2015 年に ISO14001 が改訂されたのに伴って、KES もその目的を「汚染の予防」から「環境保護」を取り入れた。その例として「生物多様性並びに生態系の保護」を明記する方向となり、「京都市生物多様性プラン」(2014) で始まった「京のいきもの・文化協働再生プロジェクト認定制度」に取り組むことになった。この京都市の認定制度は、前項で紹介したような、京都らしさを支えてきた生きものの保全、再生及び持続可能な利用の取り組みを認定する。必要に応じて技術的な支援のための専門家も派遣する。

京都は周りに山地の緑はあっても市街地の緑は限られている。前述のほとんどの植物はもともと山城原野に産し、京の文化に貢献してきたが危急種となったものだ。一方、京都市は平安建都 1200 年記念事業として、旧国鉄の貨物列車ヤード跡地を買収し、1995 年にビオトープ「いのちの森」を含む梅小路公園を開園している。また、京都駅ビルでは 15 周年記念事業で 2012 年に京都の自生種を育むビル型雨庭、「緑水歩廊」を設置した。市街地に孤立する、こうした生物多様性保全の取り組みだが、小規模でもこれらをつなぐ「踏み石」をつくれれば、チョウや鳥の回廊ともなって、市街地全体の質が上がるのではないか。

前述の Forman の著書も紹介する、このエコロジカルネットワークの発想で、「KES 環境機構」、「京都市」、「京都市都市緑化協会」、「京のアジェンダ 21 フォーラム」、「京都駅ビル開発（株）」の 5 団体を中心に KEN の取り組みが始まったのである。これまで、KES の活動として「紙・ゴミ・電気」の減量には取り組んできたが生物多様性の活動保全とは無縁だった事業所にも、関心を持ってもらおうというわけだ。

まず、生物多様性に配慮した緑地のある京都駅と梅小路公園を「緑の回廊ネットワーク」で結ぶことがパイロット事業として企画された。この周辺の KES 登録事業所 25 社に呼びかけて、京都の生物多様性の現状を解説し、「フジバカマ」と「フタバアオイ」の域外保全への協力を募る説明会を開催。16 社 18 事業所に KES 改善目標の一つとして、希少種栽培に取り組んでもらえることになったのが、2014 年のことだった。

数鉢でもフジバカマを育てると、都心でも長距離の渡りをすることで著名なチョウのアサギマダラが来訪することが話題を呼び、新聞も取り上げた。

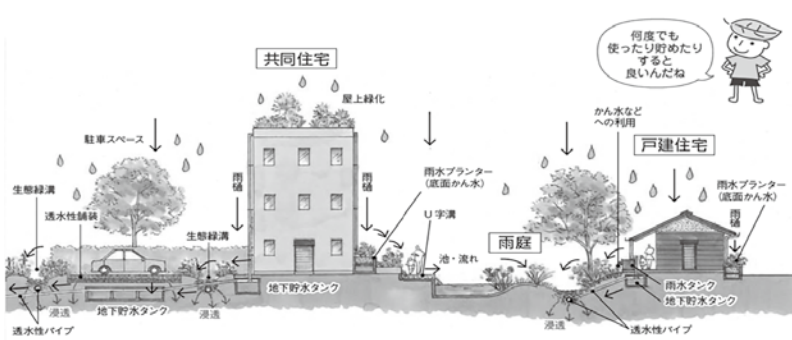
増えたフタバアオイを上賀茂神社に里帰りさせて、葵祭に貢献するという成果は、京都市の認定プレートとともに、この取り組みへの追い風となった。その後、参加事業者は 2023 年度には 251 事業所、栽培希少種 13 種と大きく増えている。

4. 地域雨庭への展開

前述のように、京都では市民や小規模事業者にも生物多様性保全の関心は広がり、取り組みは一定程度広がってきたが、多くは鉢植えによる希少種の域外保全に留まっている。これをその植物の生育環境（ハビタット）の整備にまで眼差しを広げると、健全な水循環再生にもつながる。多様な生態系の恵みが期待できるわけだ。その鍵となるのが地域の植生を育む「雨庭ビオトープ」という NbS なのである。



道路に面して地域環境に貢献する日新電機（株）の水景と雨庭。「京都市生物多様性プラン」に基づく「京の生きもの・文化協働再生プロジェクト」認定がプロジェクトを後押しした（筆者撮影）



地域雨庭のイメージ：京のみどり No.86 ((公財)京都市都市緑化協会) より

雨庭とは、降雨の一時貯留と浸透に留意した植栽空間を指す。「都市が邪魔者として、すぐ下水に流していた雨。それを受け止めて恵みに変え、大雨の災いを和らげる魔法」であって「温暖化に伴う集中豪雨と生物多様性の損失、それに活性窒素の過多という三大地球環境危機に対して、賢く適応する都市デザイン要素でかつ、自然立地を生かした安全・安心の土地利用」とその意義を含めて筆者は定義⁴⁾した。

「魔法」とまで言ったのは、従来型インフラが単機能で自然環境への負荷が大きい場合が多いのとは異なり、雨庭は多機能であって、平常時の地域のQOL（生活の質）の向上をはじめ、環境、社会、経済の課題の同時解決も期待できることによる。

雨庭は前述の「和の花」や自生種の格好の生育地だ。小規模事業者を含めた地域全体で「和の花」を育む「地域雨庭」に取り組むことが、エコロジカルネットワーク効果による生物多様性保全だけでなく、豪雨対策として温暖化適応にも大きく貢献するはずだ。例えば善福寺川上流域⁵⁾（東京都）を対象に、ワークショップにて住民や専門家と話し合うことで、実現可能な雨庭などグリーンインフラ（自然を活かした社会基盤）導入モデルを考案し、豪雨時の流出抑制やCSO（合流式下水道越流水のことで、河川汚濁の要因となる）をほぼ抑制する効果が確かめられている⁵⁾。

5. 「雨庭」の社会実装

アメリカでは既に1990年ごろに自然環境にできるだけ負荷をかけない開発、LID（低環境負荷開発）の取り組みが始まり、「雨庭」や「生態緑溝」（緑の排水路）も都市のグリーンインフラとして位置づけられ、アメリカ各地の都市、欧州等では社会実装⁶⁾が進んでいる。例えばシアトルでは12000雨庭運動を2011年に開始し、既に6000を超えているし、イギリスのシェフィールドでは町全体を雨庭化するなどのプロジェクトが進んでいる。

こうした欧米に遅れをとっている日本だが、京都では筆者の監修した京都駅ビル15周年記念事業で実現したビル型雨庭「緑水歩廊」（2012）と「京都学園大学京都太秦キャンパス雨庭」（2015）は「環境・循環型社会・生物多様性白書（平成29年版）」でも取り上げられた。京都市は街路型雨庭の

導入を開始（2018）、老舗重電メーカーの日新電機（株）は研修センター（2019）に、環境省も京都御苑間之町口（2021）、地域の自生種や希少種も育む雨庭を整備した。

この間、雨水の取り扱いに関して一定の法整備もなされてはきた。「雨水」と書いて「うすい」と読めば下水。これを「あまみず」と読めば利用すべき資源になる。2014年に「水循環基本法」とともに画期的な「雨水（あまみず）の利用の推進に関する法律」が成立した。日本建築学会はこれに対応し、「雨水活用建築ガイドライン（2011）」を基に「雨水活用技術規準（2016）」を作成した。すなわち建築の雨水排水は下水道網に直結していたのを180度方針転換した。雨はまず、敷地に留める「蓄雨」を図ることとしたのである。貯めれば非常時に役立つし（防災蓄雨）、日常的な利用に有用（利水蓄雨）。大雨の洪水流出のピークを抑えて流出を遅延させる（治水蓄雨）。さらに動植物を育み、地下水涵養とヒートアイランド現象緩和に役立つ（環境蓄雨）。これら、防災・利水・治水・環境の4種の蓄雨で合計100mmを目標としている。

6. 雨庭に追い風のネイチャーポジティブ

なんとか、進む方向を示した法律や技術規準はできても、その推進戦略が大きな課題である。日本では雨庭はまだ先進的な試みの域を出ていない。特に大多数を占める既存不適格建築物を改善するインセンティブに欠けるため、前述の日本建築学会が定義した4つの蓄雨効果を十分に発揮するにはまだ程遠い。

だが一方で、昨今の世界的なネイチャーポジティブへの動きは目覚ましい。まず、かねてからβ版で検討されていたTNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース）⁷⁾から2023年9月に情報開示の枠組みの初版がリリースされた。事業者は生物多様性や雨水という自然に関するリスクと機会に向き合わねばならなくなったのである。

2022年末には、「昆明・モンテリオール生物多様性枠組」が生物多様性条約第15回締約国会議で採択され、2030年までに陸域と海域の30%以上を保護区とする30by30（目標3）、都市部を含む劣化地30%の自然再生（目標2）も定まった。

こうした国際的動向に対応して、環境省は 30by30 達成に資する OECM（その他の効果的な地域指定に基づく保全措置）登録に向けた自然共生サイト（民間等の取組によって生物多様性が保全されている区域）の認定を開始した。国土交通省は「気候変動対策」、「生物多様性の確保」、「Well-being の向上」の3つを指標とした、街区レベルの新たな認定制度の検討⁸⁾を開始している。

また、新たな「生物多様性国家戦略 2023—2030」の基本戦略2に NbS「自然を活用した社会課題の解決」が設定されたのも、「雨庭都市」への追い風だ。例えば小規模事業者はもちろん、大手や市民、自治体が協働して地域雨庭に取り組むことで、地域の日常的な Well-being と生物多様性保全、温暖化で増加する豪雨災害緩和に資することは、この国家戦略に合致する。

ネイチャーチャーポジティブへの流れのなかで、前述の KEN にとっても、これまでのボランタリーな取り組みが、TNFD や国交省の新たな街区の認証制度などによって、意義あるものとして報われる道筋が見えてきたように思う。

7. 望まれる制度改革

前述の流れを推進するには、次の2点の制度改革が必要と考えている。

① 敷地の浸透貯留性能に合わせた下水道課金制度改革

ドイツでは自然地を不透水地に改変して、雨水を敷地外に流出させればコストがかかるので、必然的に雨水活用とその技術開発と雨水産業が発達した。逆に日本では利水を図れば下水道料金を請求されてしまう。この現状は「雨水の利用の推進に関する法律」の趣旨と矛盾する。洪水常襲地である福岡市の樋井川流域の上流で、自宅新築時に自前で本格的な蓄雨を図る「雨水ハウス」¹⁾とし、治水にも多大に貢献しているにもかかわらず、下水道料金を課金されている福岡大学の専門家は、この矛盾を嘆いている。少なくとも次に述べる認定制度と合わせた制度改革が必須だ。

② 地域雨庭の認定制度の確立

生物多様性に配慮し、一定の雨水浸透貯留機能を持つ雨庭を認定する制度を確立する必要がある。雨庭単体はもとより、地域全体の建物屋上、壁面、

植栽桝、生態緑溝も含めた地域雨庭も対象とする。そうすれば、前項で述べた国交省が検討中の街区レベルの環境認証制度に対応できる。加えてオフセット制度（その場の対応でも残る課題を他の場所や方法で相殺も可能）を導入すれば効果抜群だ。例えば都市計画でいう地区計画と組み合わせることで、地域連携の取り組みが格段に展開する。つまり自社敷地に拘らない取り組みも評価されるからだ。つまり、敷地で蓄雨高 100mm を達成できない、多数の既存不適格建築物の事業者等にとっては取り組みの自由度が大きく広がるわけだ。

このように、地域の自然に配慮しつつ、既存不適格建築物の改善や複数事業者や住民と協働して、地域の生きものを育み、日常的に地域に潤いを提供しながら、豪雨被害を緩和する地域雨庭に取り組み、その認定を受けることは、TNFD が推奨する、ロケーション・アプローチ（地域の自然資本の課題対応）そのものといえる。

前述の KEN も、これまでの成果を基に、もう一段レベルの高い環境改善目標の認定制度としても検討していくことが考えられる。小規模事業者のささやかだが重要な取り組みの集合が、温暖化と生物多様性の危機に賢く対応する「雨庭都市」の重要な基盤となるだろう。

[引用文献]

- 1) 森本幸裕編著（2012）景観の生態史観—攪乱が再生する豊かな大地、京都通信社：pp.220
- 2) 京都花蓮研究会（2016）花蓮の品種紹介
<https://www.ihasu.net/breed-o.html> 2023 年 7 月 20 日閲覧
- 3) 木村二郎（2019）KES エコロジカルネットワークの取り組む希少植物の保全、GREEN AGE 2019 年 6 月号：20-22
- 4) 森本幸裕（2017）3. 庭：都市は雨庭でよみがえる、決定版！グリーンインフラ、日経 BP:134-143
- 5) 小河原洋平・田浦扶充子・島谷幸宏（2018）善福寺川上流域を対象にしたグリーンインフラによる流出抑制及び CSO 抑制効果、土木学会論文集 B1（水工学）74(5):I_355-I_360
- 6) 森本幸裕（2022）温暖化適応と雨庭まちづくり、環境技術 51(4):200-204
- 7) 原口真（2022）TNFD フレームワークベータ版を踏まえて企業が取るべき対応、RMFOCUS Vol.82 <2022 Summer>：1-7
- 8) 国土交通省、民間投資による良質な都市緑地の確保に向けた評価のあり方検討会（2023）民間投資による良質な都市緑地の確保に向けた評価のあり方検討会中間とりまとめ
https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/content/001616874.pdf 2023 年 7 月 20 日閲覧

終章

「生物多様性」の多様性

香港浸会大学地理学科准教授 総合地球環境学研究所客員教授 酒井 章子

生物多様性概念の変遷

.....

Biodiversity（生物多様性）という言葉は、人間活動による生態系の変化に目が向けられ始めた 1980 年代、わたしたちが失いつつあるものを表現するために作られた（使われ始めたのは 1985 年前後であるが、複数の学者がほぼ同時期に使い始めたため、誰が最初に使ったのかを特定するのは難しいようだ。詳しくは Sarkar 2021）。多くの生物が消えていっているという危機感は、1992 年にブラジル・リオデジャネイロ（以下リオ）で開催された国連環境開発会議での生物多様性条約の採択へと繋がっていった。

生物多様性を守るために創られた言葉であったが、その意味するところの曖昧さや難しさは、しばしば生物多様性保全の足枷ともなってきた。生物多様性という言葉は、文脈によっては生物種の多さや自然度の高さというような意味で使われる。一方、保全生物学では、生態系の多様性・種の多様性・遺伝子の多様性と 3 つの階層の多様性と定義されており、それぞれの多様性が維持されるプロセス（突然変異や進化、生物の移動分散など）と併せて保全されるべきとされる（Groom and Meffe, 2006 など）。地域によって生息する生物は異なるので、多様性の中身は場所によってかわる。これは、温室効果ガス排出量などのように、地球上のどこで排出されても等価な物差しがある気候変動とは対照的である。上述のリオの会議とともに採択された国連気候変動枠組条約に比べ、生物多様性条約の議論が遅れをとってきたのは、

この曖昧さや難しさが大きな原因の一つである。

国際社会において生物多様性の保全の重要性がどのように認識されるようになってきたのかは、社会に対する生物多様性の意義の伝え方の変遷と重なる。生物多様性条約が締結された当時には、生物学的な定義が今より強く意識されていたのではないだろうか。上述の保全生物学の3つの階層は、条約の中にも明記されている。また、生物多様性の保全と経済活動は、両立し得ない対立するものと捉えられがちであった（第1章）。この認識を生物多様性 1.0 としよう。

その後、なかなか社会に浸透しなかった生物多様性という言葉を少し身近にしたのは、生物多様性の人間社会への貢献を『生態系サービス』として明確化した国連のミレニアム生態系評価だろう。この評価（アセスメント）では、人間のさまざまな活動を生物多様性や生態系という基盤が支えていることを、遺伝資源や水・食料などを供給する供給サービス、水や空気の浄化、花粉媒介によって農作物の結実を助ける調整サービスなどといった言葉で説明し、農地（第2章）や人と近い都市（第4章）の生物多様性の重要性も、再認識されることとなった。この生物多様性 2.0 へのバージョンアップは、どういう生物、生態系がどう役に立っているのかを具体的に示した点で画期的であった。ただ結果的に、それまで優劣がなかった生物、生態系に、人間社会への貢献度で評価を与える流れを創ったともいえる（Pearson 2016）。

そして生態系、生物多様性が社会の基盤であると同時に、経済活動の資本の一要素として強調されつつある現在は、生物多様性 3.0 への移行期だといえるだろう。生物多様性 3.0 では、TNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース、原口 2023）や COP15 で採択された昆明・モンテリオール生物多様性枠組のターゲット 15「ビジネスによる影響評価・情報公開の促進」（浜 2023）に象徴されるように、企業や金融機関などが、生物多様性関連のリスクと機会を管理し、情報開示することが求められる。1.0 から 2.0 の移行の契機となったミレニアム生態系評価は研究者が主となって行われたが、3.0 への移行は、より持続的な自然資源利用に配慮した経済活動を求める国際世論と、それに応えようという企業・金融機関が推進力の一端を担っている。

本特集から見える現在地

生物多様性条約 COP15 を受けて企画した本特集の内容も、大きく裾野の広がった生物多様性 3.0 を示すものとなった。たとえば、かつては生物多様性の保全といえば保護地域の設定だったが、すでに他の目的に利用されている場所を保全に寄与する場所として設定する OECM(その他の効果的な地域指定に基づく保全措置)が、第 1、第 4 章で詳しく言及されている。農地として利用しながら生物多様性や生態系サービスも維持するといった方策は、これまでも行われてきた(第 2 章)。このような考え方を都市の緑地(第 4 章)などにも拡大し、明示的に保全措置と位置づけることで、これまで対象とされにくかった場所の保全が推進されることが期待される。これは、現在ある保護地域を拡大するよりも、多様な生態系や生物を保全する効果の大きい施策であることが、生態学的にも明らかになっている(第 1 章)。

多様な主体の役割にも焦点をあてた。自治体(第 6 章)、農業者(第 7 章)、市民(第 8、第 9 章)、事業者(第 10 章)を通してたち現れてくるのは、生物多様性という言葉が今ほど知られていない時から、蒔かれ育てられてきた種が今に繋がっているという事実である。生物多様性への関心が高まり、色々な活動を見聞きするようになったが、それらは一朝一夕でできたものではない。これまで育った若木を森にしていくためには、第 6 章で地域戦略の課題としてあげられている「共創の仕組み」が重要な鍵の一つとなるだろう。

いろいろな場所での多様な主体による保全を下支えしているのは、モニタリングやデータ共有、データ解析技術の進歩である。第 3 章では、衛星や音響を使ったリモートセンシングや環境 DNA が、沿岸生態系の生物多様性データを強化しうる技術として紹介されている。第 8、第 9 章で紹介されている市民科学の生物多様性モニタリングへの貢献は、情報技術の進展抜きには語れないであろう。ビッグデータをもとにしたシミュレーションによって生物の分布や保全効果を推定することは、施策の評価に大きく寄与する(第 1、第 8 章)。

建設的批判の重要性

.....

生物多様性の保全の重要性についての認識は着実に社会に浸透しつつあるようにも見えるが、そこには危うさもある。

冒頭で述べたように、意地悪く言えば、生物多様性は文脈によって都合よく定義を変えることで主流化されてきた。それはもともと生物多様性が孕んでいた複雑さ、曖昧さに起因し、そうならざるを得なかったとも思える。が、そのために、適切な目標値を設定し評価することは非常に難しい。

昆明・モントリオール生物多様性枠組では、海と陸の30%を保全する数値目標が掲げられている。これについても、どこをどのような制度で保全するのかによって、生物多様性保全への効果は大きく異なるだろう。歴史ある日本の国立公園が、生物多様性保全という『新しい要請』に実効性を発揮するためにどのような課題があるのかを議論した第5章からは、『保護地域』は国によって制度や背景が異なり、同じ30%だったとしても、その正当な評価はなかなか難しいことが読み取れる。

また、注意して読むと、本特集の中でも生物多様性として各章が扱っている対象が微妙に違うことがわかる。たとえば、第1章では、日本全体の生物種の数を生多様性とし、それを最大化することを目標値とした議論が展開されている。一方、第2章や第6章では、特定の地域の里地里山の種数を生物多様性として着目しており、数そのものに加え地域の人との関わりも重視している。微妙な違いにも思えるが、それぞれを最大化する施策は異なってくるはずである。また、第10章後半で取り上げられる雨庭は、降雨を一時的に貯留する植栽空間で、従来の保護区や自然再生とは少し距離がある。しかし、単機能の従来型人工排水施設を多面的な機能を持つ植栽に置き換えることは、たしかに都市の生物の豊かさに寄与するだろう。第4章で紹介される第4の自然に至っては、人の手が入らない自然が良いという考え方に疑問を投げかけ、都市の極めて人工的な環境に出現した、在来種と外来種が混在するような新たな生態系を認めている。

このように、いろいろな評価基準が共存しうるのは、生物多様性保全の難しいところであるが、面白いところでもある。肝要なのは、採用した基準が

期待した効果をうまく測れているのか、批判的に評価し続けることである。複数の基準がある場合には、どの基準が科学的に正しいか決めることなく、両方を満たす解はないのか、妥協点はないのか、対話によって探ることである（第6章）。望ましい生物多様性の姿は、生物の中にはなく、人間にしか決められないからだ。

おわりに

1993年の生物多様性条約の発効から30年たつが、現状を見れば、生物多様性の危機的状況が大きく改善されたとは言い難い。2021年に行われた愛知目標のレビューも、ほとんど達成された目標がないという厳しい評価であった。しかし、社会における環境意識や生物多様性への関心は大きく変化したのではないだろうか。第3章の #Ocean Optimism に倣い、この変化に勇気を持って、建設的かつ批判的にこれからの私たちの生物多様性を設計していこうではないか。

[引用文献]

- Groom, M. J., Meffe, G. K., Carroll, C. R. (2006) Principles of Conservation Biology, 3rd Edition. Oxford University Press.
- 浜一朗 (2023) 生物多様性条約 COP15 について. 森林環境 2023: 119-124.
- 原口真 (2023) TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures) の最新状況. 森林環境 2023: 125-131.
- Pearson RG (2016) Reasons to Conserve Nature. Trends in Ecology & Evolution 31:366-371. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.005>
- Sarkar S (2021) Origin of the Term Biodiversity. BioScience 71:893. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab071>

トレンド・レビュー

30by30 達成に向けた 海洋の取り組みと展望

横浜国立大学 総合学術高等研究院上席特別教授 松田 裕之

1：海洋保護区（MPA）の効果と日本の取り組み

海洋保護区（MPA）は、水産資源を含む生物の生息地を守るうえで最も有効な手段の一つである。漁業者自身もそれを理解し、日本には1000カ所以上の漁業者自身が申し合わせた禁漁区があるという。

2010年から2020年にかけての生物多様性愛知目標では、陸域の17%、海域の10%について保護地域（PA）または「その他の効果的な地域指定に基づく保全措置」をとる目標が掲げられた。愛知目標に基づき、各国でPAの定義が議論された。愛知目標では日本を含めて多くの国がPAのみを用い、OECMを用いなかった。

PAを定義しなければ、「その他の」であるOECMは定義できない。国際自然保護連合（IUCN）によ



図1 日本の保護地域の地図（UNEP-WCMC 2023 より改変）。日本の排他的経済水域（EEZ）外の保護地域は他国のもの。また、この図には日本自然保護協会（2012）の地図に示された^{やまと たい}大和堆など「指定水域」によるMPAが示されず、実際のMPAはもっと広い。

表 1 保護地域のカテゴリーと主な管理目的 (Dudley 1994 より)

Ia	厳正自然保護地域	厳格な保護／主に科学的研究
Ib	原生自然地域	厳格な保護／主に原生自然の保護
II	国立公園	主に生態系の保全と保護
III	天然記念物	主に特定の自然の特徴を保全
IV	種と生息地管理区域	主に人間の管理介入を通じた保全
V	景観保護地域	主に陸上・海洋景観の保全及び行楽
VI	自然資源の持続的利用を伴う保護地域	主に資源の持続可能な利用

ると、PA は Ia から VI まで七つのカテゴリーを含んでいる (表 1)。つまり PA 自体が多様である。しかし、厳格な保護であれ持続可能な利用であれ、これらを主目的とするものが PA である。

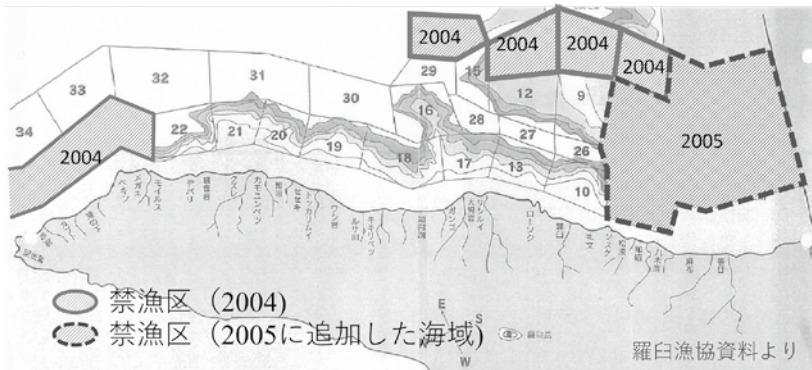
日本の MPA 面積は 2011 年の段階で約 36.9 万 km²、約 8.3% であるとされた (NACS-J2012)。2020 年 12 月に沖合海底自然環境保全地域を 4 カ所追加して約 13.3% になり、愛知目標を達成した (図 1)。日本の MPA は IUCN の保護区カテゴリー Ia, Ib, II, III, IV, V, VI, 不明, がそれぞれ 1, 6, 10, 0, 264, 79, 100, 20 カ所、重複を含めて合計 480 カ所であり、総面積は 56.1 万 km² で全海域 (EEZ を含む) の約 13.9% である (SCBD 2022)。

2 : OECS の重要性と海域における使い道

日本の MPA は共同漁業権漁場などを OECS でなく MPA に含めて登録している。OECS でも愛知目標の達成には問題なかった。法的な MPA に限らないよう強く求めた者として、私は次の 30by30 では日本も OECS を生かすよう期待する。

愛知目標の際に、私が念頭に置いたのは、知床のスケトウダラ季節禁漁区、京都ズワイガニ漁業の自主的恒久的禁漁区である。それぞれ世界自然遺産登録とアジア初の水産エコラベル MSC 認証をもたらした。どちらも法的な保護区ではない。しかし、PA の定義自体もまた、「法的またはその他の効果的手段」であり、保護を主目的としていれば法的担保は要件ではない。

図2 スケトウダラ漁業の自主的季節禁漁区（ほぼこの図上の全海域が MPA。羅臼漁協資料より改変）。



京都ズワイガニ漁業は、1960年代に資源が激減し、京都府と漁業者は議論の末、ブロックを沈めて物理的に漁獲不能とする恒久保護区を設置した。保護区内で資源が復活し、漁業者は進んで恒久保護区を増やし始め、今では西日本海全域に恒久保護区ができつつある。

知床は北半球最南端の季節海水が来る地域とされ、日本で初めて海域を含む世界自然遺産を目指したが、海域は定置網漁場であり、漁民は将来も世界遺産を理由に規制が強化されないよう政府に約束させた。ところが審査過程で海域の保護レベルの向上を勧告された。しかし、もともと彼らは自主的な季節禁漁区を設け、持続可能な利用に努めていた。法的規制でなく、季節禁漁区を拡大することで登録を実現した（図2）。

3：OECMは30by30達成と生物多様性主流化の鍵

30by30では、PAは保護を主目的とする地域であり、OECMは目的が保護以外でも結果的に保護に貢献するか、保護が副次的な目的であるか、保護していることを公言したくない場合とされる。法規制のない自主的な禁漁区は、公表すれば部外者の密漁を招きかねない。OECMは保護が主目的ではないから、実際に保護に有効かどうか客観的な検証が必要である。日本の自然共生サイトは土地管理者・所有者自身の申請が要件だが、「保護を公言したくない場所」は自ら申請しないだろう。申告制でなく、政府等の格付けに

よる OECM 認定も検討すべきである。ただし、登録地をどのように登録するかが悩みどころだ。情報は公開が原則だが、そもそも、一部の絶滅危惧種の位置情報は非公開である。

MPA だけで 30% を達成するのは困難であり、OECM の活用は多くの国で必須であろうが、保護を主目的としない関係者の協力を促すことができれば、生物多様性の主流化に大きく貢献するだろう。

すなわち、OECM が描く生物多様性の主流化戦略とは、保護を主目的に考える人を増やすことでなく、保護を主目的としない人々に保護への配慮を促すことである。ESG 投資（環境・社会・企業統治による企業の格付けを参考にした投資）やその評価のための TNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース）と連動すれば、企業等が積極的に自然に配慮する手段として OECM 登録を活用する可能性がある。これは、陸も海も変わらない。

禁句かもしれないが、指定海域（漁業権漁場）の多くは MPA でなく OECM と位置付けし直すほうが、今後の議論が整合する。2010 年当時は OECM の定義が未確立であり、漁業法改正前だから、説明がつくはずだ。そして、2018 年に改正された漁業法では、適切な資源管理を行うことが漁業権の継続条件とみなしえる。すべての共同漁業権漁場を自動的に登録するのでなく、一定の追加の基準を設けるとともにその主目的を吟味し、漁場を改正漁業法の下で MPA、OECM、それ以外に再定義すればよい。主目的は持続可能な漁業の推進だから、必ずしも OECM の条件を満たす必要はない。

愛知目標では、沿岸と沖合の合計で、全海域の 10% の MPA を達成した。領海等かつ水深 200m 以浅（23.3 万 km²）とそれ以外（423.7km²）の両方での達成度が集計されている。前者は 2020 年末時点で 72.1% が MPA に指定されており、今後、さらに沿岸の MPA を拡大しても全海域の 30% 達成は難しいだろう。沖合は表層の MPA がなく、海底の MPA は全海域の 4.5% にとどまる。

沖合域に広く MPA または OECM に指定しなければ、海域での 30% 達成は難しい。

生物多様性の観点から重要とされる海域（EBSA）は沖合表層と沖合海底にそれぞれ 24.3、19.7% あるとされる（ただし両者の重複あり）。EBSA は、水産魚種の産卵場なども含まれる。ただし、EBSA は MPA または OECM

の必要条件でも十分条件でもない。EBSA 以外も含めて、混獲対策など生物多様性への何らかの配慮を求め、沖合漁業者の多くがそれに協力すれば、海域の 30% も実現可能だろう。

また、領海内で水深 200m 以深、すなわち上記の定義で沖合とされる海域は 19.7 万 km² ある（沖合の 4.6%）。そこに EBSA は 11 万 km² ある。おそらく漁業権漁場はさらに多い。これらも MPA または OECM の候補となりえる。

また、洋上風力発電の設置場所なども、環境に配慮すれば OECM の候補になりえる。保護を主目的としないが配慮する海域を増やし、その関係者を増やすことが、30by30 達成の鍵である。ただし、前者は後者の手段ではない。逆に、前者による主流化を促す手段としての 30by30 と考えるべきである。

[文献]

- Dudley, N. 編（1994/2012）保護地域管理カテゴリー適用ガイドライン . <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAPS-016-Ja.pdf>
- UNEP-WCMC (n.d.). Protected Area Profile for Japan from the World Database on Protected Areas, Available at: <https://www.protectedplanet.net/country/JPN>（2023 年 10 月閲覧）
- NACS-J [日本自然保護協会]（2012）：日本の海洋保護区のあり方～生物多様性保全をすすめるために～沿岸保全管理検討会提言，日本自然保護協会報告書第 99 号，2012.
- SCBD [生物多様性条約事務局]（2022）Aichi Biodiversity Target 11 Country Dossier: JAPAN. <https://www.cbd.int/pa/doc/dossiers/japan-abt11-country-dossier2021.pdf>

自然共生サイトの展望と課題

九州大学 アジア・オセアニア研究教育機構准教授

筑波大学 人間総合科学学術院准教授

九州大学 農学研究院助教

九州大学 人間環境学研究院准教授

田中 俊徳

飯田 義彦

楠本 聞太郎

蕭 耕偉郎

はじめに

本書の特集で一貫して論じられているように、生物多様性の保全に関連して、国際目標である“30by30”（サーティ・バイ・サーティ / 2030 年までに地球の 30% を自然保護地域や OECM 等の自然環境エリアとして保全する）が、注目を集めている。愛知目標による一定の成果もあり、従来型の自然保護区を増加させることが困難な状況で、とりわけ OECM（序章参照）を国内レベルでどのように実装していくかが、世界各国において大きな政策課題となっている。

日本では、環境省が中心となり「自然共生サイト」という名称で、OECM の国内実施を推進している。筆者らは 2022-2023 年度に研究助成を得て、「生物多様性の保全を促進する OECM のガ

バナンス」プロジェクトを推進してきた。2023 年 3 月には国際シンポジウムを開催し、国内外の取り組みをはじめ、OECM の候補地となり得る、神



社林、大学演習林、都市公園に対するアンケート結果を報告した（前頁の図）。同シンポジウムでは、ソウル国立大学のソン・ヨングン准教授に韓国における OECM の実施状況についても報告をしてもらった。また、プロジェクトの過程で、自然共生サイトの制度作りを指揮した環境省幹部に聞き取り調査を行う機会があり、制度の設計過程や今後の方針等について理解を深めることができた。本稿は、誕生間もない自然共生サイトの更なる発展・拡充に向けて、その現状と課題について整理した後、プロジェクトメンバーで展望を座談会形式で議論するものである。¹⁾

自然共生サイトの特徴：民間の取り組み・保護地域でも OK・経済インセンティブ重視

環境省では、2020 年 12 月から専門家による検討会を開催し、OECM をいかに国内で実装するかについて議論が行われてきた。2022 年には、自然共生サイト（当時は仮称）の試行認定審査会が開催され、同年 9 月に 56 カ所が最初の試行認定を受けている。自然共生サイトとは、「民間の取組等によって生物多様性の保全が図られている区域」を国が認定する区域（環境省 2023a）とされ、認定区域のうち保護地域との重複を除いた部分が OECM として国際データベースに登録される予定である。2023 年 9 月には、同制度に基づき、122 カ所が環境省から正式な認定を受けている。これら自然共生サイトは、35 都道府県に所在し、面積は国土の約 0.2% に相当する約 7.7 万ヘクタールと東京 23 区を超える広さである。環境省は、2026 年までに 500 カ所以上の認定を目指しており、順調に進めば、国土の 1% を超える自然共生サイトが誕生することになる。ただし、これだけでは、30% 目標には遠く及ばないため、特集の田中論文で指摘されるように、国立・国定公園の拡充による大面積の確保も進められている。

環境省による自然共生サイトの定義に顕著なように、日本では、「民間の取組」に基づく地域が対象となる点に最大の特徴がある。OECM は、国有林や水源林、軍用地、都市公園のように、政府部門が所有・管理する場所も候補として想定され、海外では、公有地から OECM を選定するケースも想定されている。例えば、台湾では、林業及自然保育署（日本の林野庁に相当）が OECM 政策を担当しており、国有林を中心とした OECM の指定を目指

している（国立台湾大学ルー准教授との共同調査より）。一方、日本では、企業の森や屋上緑地、雑木林のような民間の取り組みに焦点をあてている。

また、自然保護地域とみなされる場所も自然共生サイトの対象としている点が特筆される。本来、OECM は、「保護地域ではない」ことを前提に構想された概念であるが、自然共生サイトは、「保護地域か否かを問わない」。実際に、2023 年 9 月に認定された 122 カ所の自然共生サイトのうち、面積の約 3 分の 1 が自然保護地域と重複している（2023 年 12 月時点の環境省情報。ただし、申請者が保護地域であることを失念するなど、申請書の内容と実態が異なることも多いため、2023 年 12 月現在、環境省が精査中）。保護地域との重複を問わない指定方式は、国際的には極めて特異であるが、国際データベースに登録する際に重複地域を除外するため、大きな混乱は無いと想定される。こうした、複雑性の高い登録方法を採用した背景には、日本における自然保護制度の有する複雑性や民間部門の協力によって成立してきた国立公園制度の歴史も併せて理解する必要がある。

次に、自然共生サイトは、認定された区域に対する経済インセンティブの付与が制度の主眼となっている点も特筆される。生物多様性を主流化するためには、営利・非営利を問わず、民間部門による取り組みの拡充が欠かせない。とりわけ、企業にとってのインセンティブは、企業イメージやブランド力の向上、税の減免、補助金をはじめとする金銭的な見返り等があるが、自然共生サイトでは、生物多様性保全の取り組みを行っている団体とそうした活動を支援したい団体をマッチングさせることを重視している。具体的な設計については、2023 年 12 月現在、年度内の法制化を目指して議論が進行中であるが、環境省では、自然共生サイトに経済インセンティブを付与することを軸に、生物多様性保全の主流化を目指している。

自然共生サイトの課題：実効性・行政資源の最適配分・制度設計

自然共生サイトは始まったばかりであり、評価を行うには早すぎる面があるが、いくつか懸念される点がある。

第一に、実効性である。OECM の字句に Effective が含まれているように、OECM は、生物多様性の保全に一定の効果を有していることが前提である。

しかし、現在の自然共生サイトは、Effective であるか否かを評価するための仕組みが不足している。その登録プロセスは、申請ベース＝挙手性であり、最低限の認定基準は存在するが、現状は「来るものは基本的に拒まない」という高い包摂性を有したものである。確かに、自然共生の機運を盛り上げるために間口を広くとることは重要である。そうしなければ、制度に登録しようという機運も削がれかねない。一方で、あまりに基準を低くすると、制度そのものに対する信頼やブランディングが減じ、付加価値や求心力を持ちえないという課題が生じる。真に効果的な取り組みをしている企業が、グリーンウォッシングが疑われるような企業と同じ冠をつけることを嫌がるのは当然なことだろう。世界遺産ほど基準を厳格化する必要は無いが、実効性と包摂性のジレンマはここでも問題となる（同概念については、田中論文を参照のこと）。これは、森本（2022）も指摘している懸念であり、登録の標準をどこに置くのか、環境省は今後慎重な舵取りを迫られる。

次に、行政資源の最適配分問題がある。田中（2014）が論じるように、日本の自然保護行政は、人員・予算ともに脆弱である。与えられた政策課題を達成するために、限られたリソース（行政資源）でいかに対応するかは、いつの時代においても極めて重要な課題である。民間部門を対象とした機運醸成は重要だが、侵略的外来種や里地里山の保全、オーバーツーリズムをはじめ待ったなしの課題がある中で、「どちらにしろ保全される」可能性の高い企業緑地に更なるリソースを割くのか、「今そこにある危機」にリソースを割くのかは重要な問題である。例えば、2023年7月の検討会議事録（環境省 2023b）によると、環境省は少なくとも五つの地方環境事務所に、自然共生サイトにかかる人員を配置したと書いている。ただでさえ職員の少ない自然環境局で本省あわせて相当数が、自然共生サイトの設定や推進に関わっている。行政資源の脆弱な組織であるからこそ、費用対効果については、厳しく評価されねばならない。

最後に、制度設計についてである。環境省は、自然共生サイトを「民間の取組等」と限定しているが、これが正しい方法であったか柔軟に検討する必要がある。例えば、OECMとしては、国土交通省の所管する都市緑地・都市公園や農林水産省の所管する中山間地域を含め、生物多様性保全の優先度からバックキャストिंगで注力すべき対象を定めることが実効性の観点か

らは重要であるが、現状は、民間の自主性に依存している。また、「民間」を強調するあまり、社寺や大学、地方自治体など、自らを「民間」とはみなさないが、重要な緑地を有しているアクターを取りこぼしている面がある。また、民間であっても、屋敷林や農地のように申請にかかるノウハウや調査費用、時間を有さない個人による対応が困難なケースが想定される。

座談会：自然共生サイトの展望と課題

田中：皆様、お集まりいただき、ありがとうございます。今日は、日本で始まったばかりの自然共生サイトについて、私たちの調査から見てきた課題や展望について忌憚りの無い意見をいただけたらと思います。私たちの調査では、神社林や大学演習林、都市公園のように、OECMの典型例とされながら、その実態について調査研究が十分になされていない場所を選択して、その管理形態やモニタリング体制を中心に包括的なアンケートを行いました。まずは、神社林を扱った筑波大の飯田さんから、どんなことが分かったか教えていただければでしょうか。

飯田：神社は全国に約8万社以上あり、その多くが鎮守の森をはじめとする緑地を有しているのが特徴です。「古い神社ほど自然が守られてきたのではないか」との仮説を立て、全国でも、地域の中核的な神社である一宮神社を対象にアンケートを実施しました。全国26社からの回答結果を見ると、神社林を含む境内地は宗教法人が所有管理しており、民有地として神社林が守られてきた側面が見えてきました。信仰の場でもあることから、生物多様性保全を直接の目的としていないという点ではOECMの要件を満たします。一方で、生態的な価値を知るための体系的な生物モニタリング調査は、ほとんど実施されていないことが分かってきました。

田中：先日認定された自然共生サイトに社寺が一つも含まれていない点は、懸念される場所ですね。ボトムアップと言えば聞こえはいいですが、神社林のように生物多様性が豊かで大面積を確保できる場所を取りこぼしています。それでは、大学演習林を扱った楠本さんはいかがでしょう。

楠本：大学演習林は全国に約 80 か所あり、南は沖縄、北は北海道まで、日本の主要な気候帯をカバーしています。演習林全体をネットワークとして見ると、森林の生物多様性を広く捉えられており、OECM としてのポテンシャルは高いと予想されました。今回は、全国 33 か所の演習林についてアンケートの回答を得ることができました。神社林や都市公園と比較した際、大学演習林の特徴としては、生物モニタリングが業務として定着していること、現場管理業務の頻度が高いことなどが挙げられます。多くの演習林で、一部を一般開放しており、地域社会への教育・レクリエーション提供の場にもなっています。環境保全、管理、利用、モニタリングの状況だけを見ると、すでに OECM 的な役割を担っていると言えるかもしれません。一方で、多くの大学演習林で人的・資金的リソースの不足が問題視されています。“OECM”という新しい要素が加わることで、プラスアルファの業務負担が増えるのではという懸念もあるようです。新たな負担を増やさずに、OECM の考え方を現行の管理業務に実装するかが課題かと思います。

田中：大学演習林は世界中に存在するので、注目度は高いですね。面積が広く、スタッフが専門性を有しているため、モニタリングという障壁も大きな問題ではない。ただし、日本の大学全体の問題として、予算と人員が課題であると。そういう意味では、大学演習林の持つ専門性をどう生かすかもポイントになりますね。それでは、都市公園を扱った蕭さんはいかがでしょう。都市公園は、都市計画学やランドスケープ学を中心に既存研究が豊富にありますが、OECM のような観点で扱った研究は少ないと思います。

蕭：私は市街地と自然との距離が近い都市公園が多くある福岡県内の大型都市公園を対象として、50 件のうち 31 件のアンケートを回収しました。中には海の中道海浜公園、福岡県営中央公園、山田緑地、響灘緑地、勝山公園、大濠公園、天神中央公園など福岡を代表する都市公園からの回答も得られました。アンケートと GIS とを組み合わせた分析の結果を概観すると、これら大型の都市公園は、森林地や農業用地ともほどよく隣接して生態系ネットワークを形成しており、OECM としてのポテンシャルを有することが分か

りました。

田中：自然共生サイトへの登録地を見ると、民間の取り組みに限定したこともあり、現状では、都市公園のように他省庁や自治体の OECM 候補地を十分に包含できていないですね。また、里地里山のように真に支援や保全を必要としている重要地域が抜け落ちているのに対して、申請する余力を持つ企業にばかり支援や注目がいくと制度設計としては、アンバランスな気がしますね。このあたり皆さん、いかがでしょうか？

楠本：個別サイトの保全価値を認めて、ボトムアップ的に生物多様性保全の効果や認知を広げていくことは重要だと思います。一方で、生態学的な観点で見ると、生物多様性は本質的に場所依存なので、どこを保全すべきかについては生物多様性の地理分布で決まります。最近では、生物分布データの蓄積や、推定技術の発展によって、広範囲での生物多様性の地理分布を可視化することができるようになりました。生物多様性の空間的な全体像を俯瞰することにより、どこに、どれくらいの保全エリアを配置すべきかを特定することができます。そのような情報をインプットとして、トップダウン的に保全エリアを選定するようなアプローチも併用されるべきだと思います。

田中：トップダウンは悪いことという印象を持っている人も多いですが、リーダーシップの発揮によって取引費用を減らしたり、専門的知見に基づいて、実効性を向上させたりするなどの優位性があるはずですね。生物多様性保全の優先度が高い地域からバックキャストिंगで候補地を選定し、政策資源を割くことが重要だというのは私も同意見です。

飯田：実際に神社を訪問し、お話を伺いましたが、特に都市部の神社林では落葉や落枝への苦情に苦慮し樹木を伐採せざるを得ない状況が生じています。一度失われた神社林は容易には回復できません。神社林の価値を知ってもらうような継続的なコミュニケーションが必要であり、学術的な評価をふまえながら生物多様性や緑地としての価値を神社側、住民側双方に知ってもらう方策が求められます。また、大阪の神社での事例では、社叢学会の社叢

インストラクターの資格を持つ神職さんが森林再生の取り組みの調整役としてその推進に関わっていました。神社林をフィールドにして保全活動の担い手を育成したり、更には住民も含めた理解者を増やしたりすることはとても重要です。特に生物多様性に理解のあるリーダー役や調整役の存在は有効な保全に欠かせません。政教分離の原則もあり神社林を直接支援することには限界もあると思いますが、神社林の価値づけに貢献できる団体を育成したり、現場での取り組みを立ち上げる際に神職さんらが相談できる機関、例えば環境省のEPO（環境パートナーシップオフィス）などを活用するような情報発信は国レベルで行うことができるのではないのでしょうか。

田中：EPOのような既存の仕組みを有効活用することは重要ですね。自治体が設置する生物多様性センターの活用も欠かせません。落葉や落枝の問題は、屋敷林でも問題になっているようです。これから多死社会を迎え、相続が問題になりますが、屋敷林や農地が危機にさらされていることも重要です。とりわけ、屋敷林や農地のように個人所有の土地に関しては、コーディネータの役割が重要です。神社林や屋敷林のような場所をどう支援するか、今後の課題だと思います。

田中：今回のプロジェクトでは、企業の森も対象にしたいと思い、企業に対して聞き取り調査やデータ提供の接触を試みましたが、一部の積極的な企業を除いて「データは公表できない」「論文の公表は困る」といった反応でした。企業は「営利」が目的ですから、プロモーションはやるけれど、都合の悪いことは公表したくない。大々的に見せるのは得意だけれど、保全の実効性には関心が無いことも多い。こうした壁を乗り越えられるのが自然共生サイトの評価にも関わってくると思います。海外では、企業を「自然破壊の張本人」として敵視することも多く、ESGウォッシングに対する目も厳しいですね。このあたりは是々非々で、しっかりと見極めていくことが大切ではないかと思います。

謝辞

本プロジェクトの実施にあたり、アンケートにご回答いただいた諸団体に

心より感謝申し上げる。本稿は、鹿島学術振興財団研究助成「生物多様性の保全を促進する OECM のガバナンス構造に関する研究」（代表：田中俊徳 /2022-2023 年度）、JSPS 科研費 JP23H02244（代表：寺田徹 /2023-2026 年度）の支援を受けたものである。

1) 本稿は 2023 年 12 月に執筆した。2024 年 1 月現在、自然共生サイトの法制化、国会審議が進められる予定であるが、現時点で情報が不十分なため、本稿では含めていない。

[引用文献]

環境省（2023a）身近な自然も対象に「自然共生サイト」

<https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/kyousei/>（2023/11/24 閲覧）

環境省（2023b）令和 5 年度 第 1 回 OECM の設定・推進に関する検討会議事録

<https://www.env.go.jp/content/000156854.pdf>（2023/11/24 閲覧）

田中俊徳（2014）「弱い地域制」を超えて：21 世紀の国立公園ガバナンスを展望する．「ランドスケープ研究」78(3). 226-229

森本幸裕（2022）「30by30」成否のカギ握る OECM の課題．「グリーンパワー」

<https://www.shinrinbunka.com/wgp/comment/25171.html>（2023/11/22 閲覧）

インドネシアの首都移転

早稲田大学 人間科学学術院教授 井上 真

1. 首都移転の概要

2019年8月26日、インドネシア大統領ジョコ・ウィドドは、ジャカルタに代わる新首都の場所を東カリマンタンに決めたことを公表した。首都移転は、人口過密（1,000万人超）、大気汚染、交通渋滞、騒音などの問題を抱えるジャカルタへの負荷を軽減するためであるが、ジャカルタのおよそ半分が海拔ゼロメートル地帯にあり、毎年25cmほどの地盤沈下等による災害への危機意識も背景要因となっている。

それから3年後に法律2022年第3号「国家の首都」が可決され、首都移転が正式に決まった。第1条で、首都の名称を「ヌサンタラ」とすること、またヌサンタラ首都庁長官をヌサンタラ首都特別州知事とすることなどが規定された。第6条には、ヌサンタラ首都特別州の面積が、陸域は256,142ha以上、海域はおよそ68,189haと明記された（合計324,331ha以上）。そして、陸域は「官庁地区」を含む「ヌサンタラ首都区（およそ56,180ha）」と「拡大首都区」（およそ199,962ha）に区分けされた。ちなみに、新首都ヌサンタラは、現・東カリマンタン州の州都サマリング市と港湾都市バリクパパン市の間に位置し、行政区画としてはクタイ・カルタネガラ県と北プナジャム・パセル県の一部を占める。

なお、国家安全保障などの面からきわめて重要な地域は、法律2007年第26号「空間計画」の第1条28項による「国家戦略地区」に指定され

る。ヌサンタラ首都特別州でも国家戦略地区が指定され、詳細な空間計画については2023年2月から地区ごとにヌサンタラ首都庁長官令として順次公布されている。

そして、大統領は2023年8月17日の独立記念日に、来年の式典を新首都ヌサンタラで開催し首都移転を順次進めると述べた。

これにより、2024年に実際の移転が開始され、元々の計画が実現すれば2045年に移転は完了し、すべての政治的機能が新首都に移ることになる。一方で、ジャカルタは、将来も経済的機能の中心地として重要な役割を果たす。



写真1：新首都ヌサンタラ周辺部の石炭採掘（露天掘り）および森林の様子（2023年8月、井上真撮影）

2. 多様な意見と懸念

筆者は2019年の大統領発表の直後にカリマンタンを訪問したので、大学教員をしている数少ない先住民出身の複数の友人に首都移転についての意見を尋ねてみた。彼らはこれまで国内で周縁化されていたカリマンタンに光が当たり、国の政治的中心地になることに誇りを感じていた。しかし同時に、先住民たちの土地が首都建設のために収用されることを懸念するとともに、首都建設工事の労働者として、また建設完了後の省庁での事務員や清掃業など雇用機会の一定割合を先住民に提供してもらうことの重要性を主張していた。

その後、マスタープランが作成されたが、これまで36年間カリマンタンを見続けてきた筆者にとっては想像しがたいバラ色の計画も含まれている。その例として、2023年2月28日に東京・大手町の経団連会館で開催された「インドネシア首都移転に関する懇談会」におけるブディ・カリア・スマ

ディ運輸大臣の基調講演の概要記事をそのまま紹介する。

「運輸・交通においては、最先端の情報通信技術を用いた ITS（Intelligent Transport Systems、高度道路交通システム）を実装するほか、BRT（Bus Rapid Transit、バス高速輸送サービス）を導入することで低炭素化を図る。また、港湾都市バリクパパンから新首都に至る全長約 163km を 30 分で結び、年間 440 万人が利用する高速鉄道の敷設を計画している。さらに 3,000m の滑走路を備えた空港や、美しいマングローブ林をアピールする観光用栈橋、物流コンテナ港など数多くのインフラ開発が計画されている。」（週刊 経団連タイムス No.3585, 2023 年 3 月 30 日）。このようなきれいな青写真の陰で泣く人々がたくさん生み出されてしまわないだろうか……と、どうしても心配になってしまう。

さて、ジャカルタからヌサンタラへの首都移転に対しては、これまで多様なメディアで様々な懸念が表明されてきた。第 1 は、総額で最大 486 兆ルピア（2023 年 11 月時点でおおよそ 4 兆 6000 億円）と見込まれる移転費用のうち、8 割を民間からの資金調達（病院、学校、商業施設などのため）で賄うことになっているが、その実現可能性への懸念である。例えば、ソフトバンクグループの孫正義社長が 2020 年に大統領と会談してスマートシティ分野での出資に協力する意向を見せたが、



写真 2：港湾都市バリクパパン市と州都サマリダ市をつなぐ高速道路：この高速道路の開通により両市間の移動は 2 時間へと大幅に短縮された（2023 年 8 月、井上真撮影）

2022年3月には出資を取りやめた^(注1)。第2は、大統領の任期は最大で2期10年と決められており、ジョコ氏は2024年2月の大統領選には出馬できない。したがって、ヌサンタラへの首都移転がスムーズに進み、うまく新首都が機能するかどうか不安視されている。第3は熱帯雨林が広く分布しオランウータンなどを含む生物多様性の宝庫であるカリマンタンの環境保全と新首都の開発の両立可能性への懸念であり、第4は先住民を含む地域住民との土地や雇用をめぐる摩擦が発生することへの懸念である。以下では第3と第4の懸念について述べる。

3. 環境面・社会面での課題

国家開発計画省・国家開発企画庁が公開している資料^(注2)によると、首都特別州の陸域面積のうち「生産林」が85,177ha（33%、うち民間企業「ITCI Hutani Manunggal」のコンセッション地区が51,630ha）、ブキット・スハルト大森林公園が64,737ha（25%）で、その他の「保安林」（土砂流出防止などを目的とする林地類型）と「転換林」（農園など林地以外の用途に転換することが予定されている林地類型）を含めて「林地」の面積合計は150,477ha（陸域面積の約59%）である。それ以外は「非林地」であり、農園や住宅地などとなっている。

しかし、「林地」の中には森林消失した荒廃地が含まれているのですべてが森林に覆われているわけではない。また「非林地」にもまだ開拓されていない森林は存在する。実際に、森林被覆は「林地」面積の約83%（124,473ha）であり、また「非林地」のうち31,589haは森林に覆われていて、森林被覆の現状は156,062ha（首都特別州の陸域面積の61%）とされている^(注3)。国家開発計画省・国家開発企画庁によるプレゼン資料^(注4)によると、新首都ヌサンタラは「森林都市」とされるが、森林被覆率の目標は2020年資料^(注2)では65%、2022年の資料^(注4)では75%と記されている。いずれにせよ、現在の森林被覆は首都建設によって低下するので、それを上回る「林地」での植林と「非林地」での緑化が必要となる。そのため、森林管理にあたって当然のことと認識されるようになってきた意思決定プロセスや管理運営への市民参加・住民参加をしっかりと担保しつつ、植林や緑化を進めるが

バナンスの構築が不可欠である。

次に、政府資料^(注5)によると、新首都地域の人口は2019年時点で165,463人である。民族は、パセール、クタイ、バジャウ、ダヤック諸民族といった先住の人々と、ブギス、バンジャル、ジャワ、トラジャ、スンダ、マドゥーラといった移住民で構成される。最も人口が多いのは、トランスマイグレーション事業（人口過密なジャワ島などから人口密度の低いカリマンタンやスマトラなどへ住民を大規模に移住させる国家事業）で大規模に移住してきたジャワ人であり、国家から与えられた2haの土地所有権を有する。一方で、トランスマイグレーション事業と無関係な先住民などは、正式な土地所有権を有していないケースが大部分である。そのため、企業 vs 住民、住民 vs 住民、という異なる利害を有する主体の間で土地紛争が多数生じている。さらに、正式な土地所有権を有していない人々は、自分たちが使用している農地や宅地などが収用されてしまうことを危惧し、なかには開墾されていない森林などフリーアクセスの土地を探して民族グループごとに団結していち早く森林を伐採・利用し既得権を得るケースもあるという^(注6)。このような土地を自分たちで実際に使用する（農園としてなど）のか、投機目的なのか真意は不明である。いずれにせよ、慣習法等によって認められてきた土地利用・管理に対する権利に必ずしも基づかない土地の先占取得競争や土地紛争は高度な政治的課題であり、制御は簡単ではない。

首都移転という一大国家事業が多方面に与える影響はあまりにも大きく、様々な側面への注視が必要である。報道^(注7)によると、ジョコ大統領と中国の習近平国家主席は、新首都の建設において資金面・技術面での協力をさらに深めることに合意した。日本はインフラ整備の品質向上に向けた支援を開始しており、韓国も浄水施設の建設などへの支援を表明していることから、各国の競争が激しくなることが容易に想定される。こうした各国の協力競争は、学術面でもひそかに進行しているかもしれない。少なくとも日本の行政・企業・アカデミア・市民による関わりが、カリマンタンの先住民や地域住民たちが自らの将来を自分たちで選択し、希望を持って「カリマンタンにインドネシアの首都が来る」ことを誇れるような首都開発の実現に貢献することを願っている。

[注]

- (1) <https://kakemochi.co.jp/column/indonesias-capital-relocation-plan/>、2023.11.04 アクセス
- (2) Kementerian PPN/BAPPENAS, 2020. Penyusunan Kajian Lingkungan Hidup Strategis untuk Masterplan Ibu Kota Negara Tahun Anggaran 2020. 246pp. の表 2.7 および表 7.45 より
- (3) 注 (2) 資料の p.213 より
- (4) Kementerian PPN/BAPPENAS, 5 Januari 2022. Kajian Lingkungan Hidup Strategis Masterplan Ibu Kota Negara. Direktur Lingkungan Hidup, Kementerian PPN/BAPPENAS.
- (5) 注 (2) 資料の表 2.10 および表 2.13 より
- (6) 2023 年 8 月に筆者が現地の先住民の方から得た情報
- (7) NHK ニュース「中国とインドネシアの首脳会議：新首都建設へ協力推進で一致（2023 年 7 月 28 日 10 時 10 分）」(<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230728/k10014144921000.html>、2023.11.20 アクセス)

スマート林業定着に向けた取り組みと課題

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 鹿又 秀聡

はじめに

内閣府は、「第5期科学技術基本計画」において、日本が目指すべき未来社会の姿として「Society 5.0」を提唱した。Society 5.0とは、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、AI (Artificial Intelligence)、ロボットなどの先端技術を取り入れ、イノベーションを創出し、経済発展と社会的課題の解決を両立する社会と定義⁽¹⁾され、多くの省庁が、Society 5.0の実現に向けた取り組みを実施してきた。林野庁が進めてきたスマート林業の普及・推進の取り組みも、その一つといえる。現在、スマート林業の取り組みは、都道府県や事業体にも広がり、多くの報告が上がっている。ここでは、これらのスマート林業推進への取り組みを紹介するとともに、今後の方向性について私見を述べたいと思う。

Society 5.0 が描く未来社会と林業

Society 5.0とは、第5期科学技術基本計画において、狩猟社会 (Society 1.0)、農耕社会 (Society 2.0)、工業社会 (Society 3.0)、情報社会 (Society 4.0) に続く未来社会の姿として、日本が提唱する概念で、経済発展と社会的課題の解決を両立する新たな未来社会とされている⁽²⁾。Society 4.0は、IT革命による情報社会であり、現在、我々の生活にとって不可欠なインター

ネットや携帯電話が急速に普及した。クラウド上には多くの情報があふれ、ネットワークさえつながっていれば、どこにいても情報を得ることが出来る。一方で、情報の収集、解析、入力などはヒトによる操作が求められてきた。Society 5.0 では、IoT による情報収集、AI による高度な情報解析、ロボットによる無人作業が進み、ヒトは創造的な作業に専念出来る社会となる。個人的な意見かもしれないが、Society4.0 と 5.0 の違いは、AI とロボットである（図 1）。

林業はどう変わるのだろうか。筆者が思いつくだけでも、航空レーザ計測やドローン等による森林資源情報の自動収集、AI による木材生産・野生生物・災害などを考慮した森林ゾーニング、ロボットを活用した安全で効率的な林内作業、木材需要や市況に対応したサプライチェーンの構築、GNSS（Global Navigation Satellite System）やモバイル端末によるヒト・機械・丸太の位置情報の把握などが挙げられる。このような Society 5.0 を想定したスマート林業を実現するためには、下記の 3 つの段階を踏む必要があると考える。

- 1) 精度の高いビッグデータをクラウド上に構築
- 2) AI の高度化
- 3) 急傾斜に対応したロボットの開発

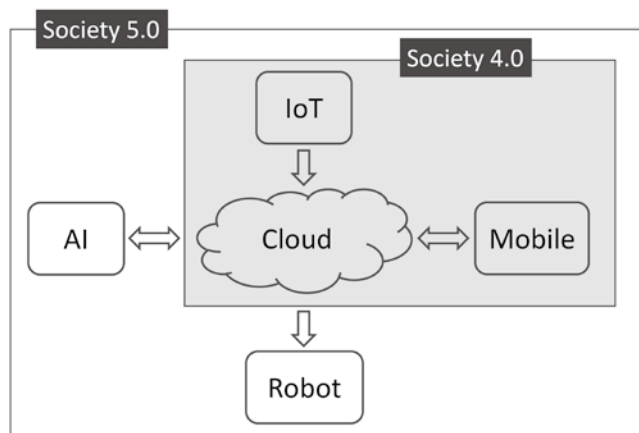


図 1 筆者の考える Society 4.0 と 5.0 の関係

では、わが国は今の段階にいるのだろうか？ 次に、林野庁がスマート林業関連事業で取り組んできた事例をもとに、わが国の現状について考察したい。

スマート林業構築普及展開事業

戦後造成された人工林が本格的な利用期を迎える中、人工林資源の有効活用や国産材の安定供給体制を構築し、国産材の競争力を強化していくために、地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、森林施業の効率化・省力化や需要に応じた木材生産を可能にすることが必要である。林野庁は、この取り組みを効果的に進めるため、スマート林業構築推進事業を平成 30（2018）年度より 5 年間実施した。ここでは、スマート林業構築推進事業において、全国 12 の地域で実践された取り組み（以下「実践対策」という）のうち、既に実用化されていることを中心に取り上げる。

取り組み事例を紹介する前に、実践対策の中でスマート林業の定義について議論されたことを記す。平成 25（2013）年、農林水産省内に「スマート農業の実現に向けた研究会」が設立され、その中でスマート農業は「ロボット技術や ICT 等の先端技術を活用し、超省力化や高品質生産等を可能にする新たな農業」と定義されていた。実践対策においても事業を開始するにあたり、技術委員会でスマート林業の定義について議論した。議論の中で、農業分野と比べ、「ロボット技術」は実用化のめどについて不明な点が多いこと、「高品質生産」については、林業では、短期間で成果を出すことが難しいことから削除した。一方、林業は労働者死傷年千人率（労働災害の発生率）が、全産業の約 10 倍であり、全産業で最も高い値となっている⁽³⁾ことから、安全面について記載することとした。これらの意見を踏まえ、技術委員会では、スマート林業を「地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、生産性と採算性を向上させると共に安全で働きやすい職場を実現する持続可能な林業」と定義した。農業と異なる箇所にアンダーラインを引いたが、林業全体の課題を取り入れた定義となっている。現在各地で実践されているスマート林業の取り組みの多くは、この定義に当てはまっていると考えている。

実践対策で用いられた技術

表1は、スマート林業構築普及展開事業で用いられた技術の一覧である。各地域の成果の詳細については、林野庁及び日本森林技術協会のウェブサイト^(4,5)に資料が掲載されている。地域によって取り組んだ内容の違いはあるが、多くの分野に様々な技術の導入を試みたことがわかる。

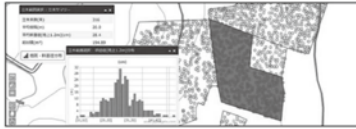
多くの地域にとって関心が高かった分野は、森林資源情報の把握であった。実践対策が始まった2018年当時は、ドローンなどにより撮影した写真や航空機に搭載したレーザ計測機のデータを解析し、広範囲の情報収集を試みる事例が主流であった。主な目的は、行政が地域計画を立案する際に使用する森林簿の精度向上であり、商取引に求められる精度ではなかった。しかし、事業の後半では、計測機器の低コスト化もあり、地上設置型やドローンによるレーザ計測の活用事例が報告されるようになった。これにより、決められた区域（地番や小班）内の平均値でしか知ることが出来なかった森林情報が、単木単位で把握できるようになり、精度の高い材積推定が可能となった。既にこうした高精度情報から丸太生産コストの推定、森林所有者への提

表1 スマート林業構築普及展開事業で用いられた技術

テーマ	林業作業	技術	件数	石川 山	富山 川	愛知 知	山口 口	熊本 本	徳島 島	和歌山 山	北海道 道	東北 北	東京 京	宮城 城		
森林資源の 高効率共有化	境界明確化	厚土頂面賦、RTKによる給付精度向上	4	○							○	○				
		空中写真立体画像像処理環境構築	1	○												
		ドローン森林資源調査調査	7	○	○									○	○	
	資源量管理	全天球導航	2											○	○	
		航空レーザ計測データ（既存）	5		○				○						○	
		航空レーザ計測データ（新規）	2					○								
情報基盤	地上レーザ	4			○	○						○	○			
	森林クラウド	5	○					○	○							
施業集約化の 効率化省力化	経済林ゾーニング	2												○	○	
	地籍計画提案	商業地籍システム（タブレット・GIS）	9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	伐採・造材	素材生産設計（家屋計画含む）・森林管理GIS	4	○	○											
		ハバースタ検知機能	4	○	○										○	○
		薪材・運材	位置把握による薪材・配車の効率化	8						○						
	採択	木材収収システム	2		○	○	○	○						○	○	
経営の知照性・ 採算性向上	諸原整備	諸原設計・支援ソフト	4				○	○						○	○	
	生産性監視	日報管理システム（タブレット、スマホアプリ）	3													
	機械全般	林業機械の工程管理	2				○							○	○	
		外業機械FCへの位置表示	1													
需給マッチング 円滑化	需給マッチング	合法性確認	1													
		WeB入札	3											○	○	
		需給マッチング関連（SCM）システム	10	○	○	○	○	○	○	○	○					

【1】任意範囲を指定して立木情報を確認

指定した所有界や小班等、任意範囲の立木本数、平均樹高、平均幹直径、総材積を確認することが可能



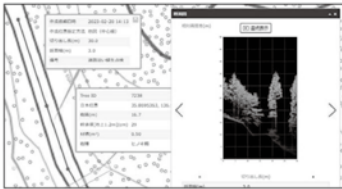
【2】条件に合致する立木を検索

検索条件（樹高、幹直径、樹種）を指定して、合致する立木の位置、本数、平均樹高、平均幹直径、総材積を検索可能



【3】点群データを使用した林内断面図作成

林内の任意場所の断面図（単一、連続）を作成、表示可能
樹冠や幹など立木の様子、下層植生の繁茂程度、地形の起伏などの概況を関係者間で共有可能



【4】作業道作設の支援

路線設計用ソフトで設計された作業道の中心杭位置情報を RINTOに取り込むことで、集材可能な立木の本数、材積、支障木を確認可能

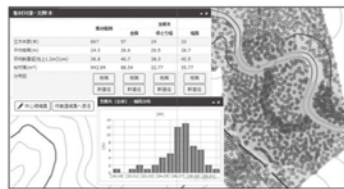


図2 ユーザーの要望に対応した解析マップの提供事例
（資料：ヤマハ発動機株式会社「森林計測サービス RINTO」）

案書作成に取り組んでいる事例もあり、今後、全国への普及は早いと思われた。また、レーザ計測では、森林情報の他に、詳細な地形情報も収集も可能であることから、林道開設の支援や崩壊危険地の推定などへの活用も期待されている。レーザ計測により取得したデータをユーザの要望する形式で解析、地図化し、クラウド上で情報提供する事業体も出始めている（図2）。クラウド上に情報を上げることで、情報を必要とする人がスマートフォンやタブレットで容易に、目的の情報閲覧が可能となり、現地調査の支援につながる。

導入が既に始まっている機器としては、モバイル端末を搭載した GNSS 測量機器が挙げられる（図3）。森林分野では、境界明確化事業や補助申請、



図3 モバイル端末を搭載したGNSS測量機器
（資料：株式会社バスコ「SmartSOKURYO POLE」）

路網設計などで測量をする機会が多い。これまで脇役であった測量ポールにアンテナや GNSS、モバイル端末を接続することで、2 人で行っていた測量を 1 人で行うことが可能となり、生産性が向上した。GNSS 計測による補助申請が認められている地域では、森林組合をはじめとする多くの事業体で利用され始めている。

全国的な展開はまだないが、技術的には大きな問題がないものとして、丸太生産データの管理機能を備えた林業機械、スマートフォンやタブレットを用いた丸太検収（丸太の本数や直径の計測）システム、Web による入札システム等が挙げられた。これらの技術の普及が遅れている理由としては、現場で使用する林業機械については、林内での通信問題や機械に対する費用対効果への懸念が考えられた。検収システムや入札システムについては、新しい方法を採用することへの不安や反発があると思われた。

今後の課題

現在、各地で実施されているスマート林業事業の主な取り組みは、実測データに基づく「精度の高いビッグデータの構築」が中心である。近い将来、「AI の高度化」の段階に入ると考えている。それまでに解決したい課題としては、1) 林内通信環境の改善、2) 森林情報の仕様の統一化が挙げられる。

林業の現場は伐倒など危険を伴う作業が多く、危険を回避するために、作業員同士が離れた場所で作業を行うことが多い。そのため、事故が起こった際の連絡手段の確保が求められているが、山中では、携帯電話が圏外である



図4 AR技術により、スマートグラス上に表示された立木情報
(資料：株式会社アドイン研究所「OWL-ARナビゲーションシステム」)

開発も期待される。木材の SCM システム開発のためには、林業事業体や製材工場、工務店が持つ情報を共有する必要がある。その際にも、情報の仕様を作成する必要がある。森林・林業に AI の活用を考えるのであれば、それに対応したビッグデータの構築が必要である。今後は、データ件数を増やし精度を向上させる点から、都道府県ではなく国レベルで情報の仕様を検討していくことが望ましい。

図 5 は、実践対策の成果である「スマート林業実践マニュアル」に掲載されているイラストである⁽⁷⁾。今、想像出来ることをベースに、様々な現場で使われるスマート技術を紹介しているが、最近の ICT 技術の進化を考慮すれば、10 年後のイラスト内容は、大きく変わるのではないかと考えている。どのような技術がイノベーションを起こすのかはわからないが、その時は、森林・林業をめぐる情勢が、今よりも改善していることを切に願う。

[引用文献]

- (1) 内閣府 Society 5.0「科学技術イノベーションが拓く新たな社会」説明資料
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/society5_0-1.pdf
- (2) 内閣府 Society 5.0
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- (3) 林野庁 令和 4 年度森林・林業白書
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r4hakusyo/>
- (4) 林野庁 スマート林業の推進
https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html
- (5) 日本森林技術協会 スマート林業構築普及展開事業
https://www.jafta.or.jp/contents/jigyo_consulting/11_list_detail.html
- (6) 森林 GIS フォーラム 標準仕様分科会
<https://fgis.jp/cloud>
- (7) 林野庁 スマート林業実践マニュアル (総集編)
https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/attach/pdf/smart_forestry-1.pdf

森林環境税への期待と課題

東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻教授

香坂 玲

気候変動枠組条約のパリ協定に盛り込まれた気候変動の緩和策・適応策への対応や防災を図るための森林整備などに必要な地方財源を安定的に確保する目的で、2019年に森林環境税と森林環境譲与税が創設された。

森林環境税は、令和6（2024）年度より国内に住所のある個人に対して課税される国税であり、市町村において、個人住民税均等割と併せて1人年額1,000円が課税される。その税収は全額が、森林環境譲与税として都道府県・市町村へ譲与される（総務省HPより）。なお、森林整備が喫緊の課題であることを踏まえ、森林環境譲与税の譲与は、来年（2024年）度に開始予定の森林環境税の徴収に先駆け、2019年度から開始されている。同じく2019年度に開始された森林経営管理制度は、市町村が手入れの行き届いていない森林の経営・管理に携わる制度である。これまではおおむね国と都道府県、森林組合などの林業事業体が主体となってきた森林整備に、市町村が直接・間接の形で、特に私有林の森林整備・経営に寄与することが期待される状況となっている。

これらの新制度に関しては、2023年に、日本学術会議農学委員会林学分科会から、「持続可能な森林管理における現状と課題 市町村による森林管理と森林環境税の新たな役割」¹⁾という報告書が発刊されており、森林環境税と市町村に期待される新たな役割について現状を整理している（筆者もその報告書の策定に参画した）。

本稿では、森林環境税の課税開始を目前に控え、これまでの森林環境譲与税の活用状況と上記報告を踏まえながら、森林環境税の役割と課題、そして今後のあり方を考える。

森林環境譲与税の実際の使途と課題

譲与税の具体的な配分状況を俯瞰すると、2022年度の市町村への譲与総額は440億円であり、その26.4%に当たる116億円が山間農業地域（農業地域累計の基準指標では林野率80%以上かつ耕地率10%未満の市町村が該当）に譲与されている。なお、上記地域の総人口は約306万人であり、日本の総人口の2.4%である。自治体ごとに森林管理に必要とされる予算額は大きく異なるため、譲与額が十分であるかは別途検証が必要であるが、林野率の高い山間農業地域に一定程度の配分がなされていると考えられる。

他方で、譲与税の各自治体への配分基準が「私有林・人工林の面積」50%、「人口」30%、「林業従事者数」20%となっており、森林が少なくても人口が多い自治体に多額の譲与税が配分されていることへの批判もある。実際、個別市町村の譲与額の1位は横浜市、2位は浜松市、3位は大阪市となっており、2位の浜松市は私有林・人工林の面積が全国で最大であるが、横浜市と大阪市は大都市圏に位置し、大阪市には私有林・人工林が存在しない。譲与税の具体的な使途については、各市町村及び都道府県のホームページ等において公開が義務付けられている。それによると、譲与税が森林整備のみならず、人材育成や地場の木材利用の促進など、さまざまな使途に充てられている。一方で翌年度以降に使用する基金として積み立てをしている自治体も散見され、それに対して批判的な意見が多く表明されている。譲与が開始された2019年度は、人員や準備時間の不足、あるいは情報の不確実性などを背景として、市町村の38%が全額を基金への積み立てにしていた。2020年度には20%、2021年度には14%と改善傾向であるものの、森林環境譲与税が必ずしも有効に活用されていないと指摘されても仕方がない状況となっている。

また、私有林・人工林などの森林が存在しない都市部では、木材利用の促進や普及・啓発の事業に譲与税が活用されている（香坂ら2020; 内山・香

坂 2020)。譲与税が、そもそも手入れ不足の私有林人工林の整備の財源という名目において導入された経緯もあるため、木材利用の促進などが主な用途となる都市部の自治体への税の配分を巡っては、自治体や学術研究において批判も存在する（吉弘 2019）。

森林経営管理制度

森林環境税・森林環境譲与税との両輪で自治体での森林整備を進めるための制度として、譲与開始と同じ 2019 年度に、森林経営管理制度がスタートした。同制度では、手入れの行き届いていない森林について、市町村が森林所有者から経営管理の委託（経営管理権の設定）を受ける。そのうち、林業経営に適した森林は地域の林業経営者に再委託し、林業経営に適さない森林は市町村が公的に管理（市町村森林経営管理事業）をする。

私有林の管理を巡るさまざまな問題のなかで、特に管理の行き届いていない森林の境界線や所有者の意思の特定というのは難題であった。林地の境界線を知っている人がいなかったり、管理が行き届かないことによって目印などが分かりづらくなったりして、境界線を定めるのが難しくなっているケースも多い。林地を相続した所有者が都市部など別の場所に居住している場合には、その意思の確認に膨大な手間暇がかかる。

このような難題に対処しつつ、市町村が所有者の意向を調査し、管理が行き届かない森林を集積しながら、生産や公益的機能を発揮する森林とそうでない森林を区分し、適切な森林管理への循環を目指そうというのが森林経営管理制度の趣旨である。

一方で、森林と林業を巡る各都道府県・各市町村の状況は多様であり、画一的な促進や情報整備は難しい実情もある。同時に、デジタル化などを進めていくうえで必要となる情報の互換性、先端技術を使いこなせる人材にも課題がある。

府県における森林に関わる超過課税

森林環境税・森林環境譲与税は国レベルでの制度であるが、それに先行し

て都道府県レベルでも森林や自然環境の保全を目的とした独自の税が存在しており、個人や事業者が県民税均等割の超過課税として森林に特化した「森林税」を納めている府県もある。歴史的経緯を振り返ると、府県環境税は国の制度が検討された際の委員会で参考とされるなど、ある種の「先輩格」でもある。

府県環境税の制度を「森林環境税」として全国に先駆けて 2003 年 4 月にスタートさせたのは、森林率が日本で最も高い高知県である。その後、地方を中心として同制度の導入が進んだ。大都市圏では、東京都、千葉県、埼玉県など首都圏の他の都県が独自の環境税導入を見送っているなかで、歴史的に水源に関わる議論を長く行ってきた神奈川県が 2007 年に導入した。神奈川県では、県内で使っている水は流域上流にある森林から得られ、浄化されているという論理で、森林整備を用途とする税金の名目を「水源環境保全税」としている。その税額は年間 35 億円程度となっている。

このように、既に府県レベルの環境税が存在していることから、国の森林環境税の課税が始まると、(誤解を含め)二重の課税ではないかという報道もなされた。府県によっては、府県環境税の用途を変更するなどの国税と府県税のすみ分けが議論され、進められた。また専門家からは、森林環境税が、受益の多寡や応益負担ではなく、1 人当たり一定額の負担である点が「人頭税」に近いとの批判も存在する。

空間・境界を越えた財源移転の意義

国の森林環境税・森林環境譲与税が創設された意義は、都道府県の境界を越えた財源の移転が行われることである。林野は多いが整備のための財源が不足している地域に国から財源が移転されれば、地域での森林整備の後押しとなる。実際、市町村における森林整備の取り組みは、森林環境譲与税の導入以前より着実に進展している。また、人的資源（林務担当者の数、ノウハウの蓄積）に課題があることが多い市町村に対する支援の役割を鑑み、都道府県に譲与税総額の 1 割（制度創設当初は 2 割）が譲与されているが、国から移転されたこの財源を活用した市町村支援の取り組みが全都道府県で実施されている。

一方、森林環境税・森林環境譲与税が創設された目的は気候変動の緩和策・適応策への対応や防災あるいは林業振興を図るための森林整備に必要な財源の安定的な確保であるが、必ずしもその目的に沿った活用がなされていないとの指摘もあり、配分基準などの見直しも検討されている。その背景として、上述したように、国から移転された財源を基金に積み立てる自治体が減少傾向ではあるものの存在していること、森林が少ないにもかかわらず人口の多い都市部への譲与額が大きく、その主な使途が森林整備に直結しない木材利用の促進などとなっていることが挙げられる。府県レベルの環境税においては、都市から地方であれ、あるいは神奈川県のように下流域から上流域であれ、府県内の財源移転となってきた。それが森林環境税では都道府県の境界を越えて実施されていくなかで、林野率の少ない都市部の住民も含め、国民が国税である森林環境税の使われ方に関心を持つことが重要となる。

2003 年の高知県に始まり、国レベルに先駆けて導入された府県・森林環境税は、導入前後に住民参加の検討会を開くなど、導入のプロセスを重視する傾向があり、それによって森林や環境への関心・意識を高める「参加型税制としての意義」が定着した評価となっている（石崎 2019）。今回の森林環境税・森林環境譲与税の導入によって、どのような議論がなされているのか、森林の役割についての理解の深化が期待できるのか、各自治体の能力の向上につながるのか、そして、税は導入目的に沿った形で活用されているのか。読者の皆さんにも継続して関心を持っていただきたい。

- 1) 日本学術会議 農学委員会 林学分科会 (2023) 報告 「持続可能な森林管理における現状と課題 市町村による森林管理と森林環境税の新たな役割」
www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-h230926-9.pdf 2023/9/28 発表 (2023 年 10 月 2 日アクセス)

[参考文献]

- 鈴木春彦、柿澤宏昭、枚田邦宏、田村典江 (2020) 「市町村における森林行政の現状と今後の動向 全国市町村に対するアンケート調査から」『林業経済研究』. 66(1). 51-60.
 香坂玲、内山愉太 (2019a) 「森林環境譲与税の導入と都道府県への影響の分析—37 府県の概況について—」『日本森林学会誌』. 101(5). 246-252.
 香坂玲、内山愉太 (2019b) 「都道府県の森林環境譲与税導入の影響と市町村支援の方針に関する考察：四七都道府県を対象として」『山林』. (1627). 24-33.

内山愉太、香坂玲 (2021)「市町村の森林環境譲与税活用の動向：生産・利用と環境保全の両立とその合意形成に向けた五市区の模索」『山林』. (1647). 62-70.

Kohsaka, R. and Uchiyama, Y. (2022) Status and Trends in Forest Environment Transfer Tax and Information Interface between Prefectures and Municipalities: Multi-Level Governance of Forest Management in 47 Japanese Prefectures. *Sustainability*, 14(3), 1791.

多田忠義 (2020)「森林環境譲与税の執行環境に関する速報と地域差分析の試み」『農林金融』. 73(1). 33-53.

内山愉太、香坂玲 (2020)「政令指定都市における森林環境譲与税の活用の現況—都市部における森林政策の多様な展開の分析—」『日本森林学会誌』. 102(3). 173-179.

石崎涼子 (2019)「森林環境税における受益と負担」『環境情報科学』. 48(1). 43-48.

香坂玲、大澤太郎、内山愉太 (2020)「森林環境譲与税を介した都市・農山村連携—埼玉県秩父市と東京都豊島区の事例から—」『日本森林学会誌』. 102(2). 127-132.

岸岡智也、内山愉太、香坂玲 (2022)「府県における森林環境税の野生動物保護管理への活用実態と特徴」『日本森林学会誌』. 104(4). 229-234.

吉弘憲介 (2019)「国税・森林環境税の問題点, 第 1 回 森林環境譲与税の譲与基準の試算及びその検討について」『自治総研』. 45(484). 3-20.

飛田博史 (2019)「国税・森林環境税の問題点, 第 3 回 国税森林環境税・譲与税創設の経緯とその問題点」『自治総研』. 45(487). 1-49.

吉村武洋 (2021)。「地方森林環境税導入後に森林・林業に関わる財政構造は変化したのか 2005～2017 年度の長野県林務部予算を事例に」『長野大学紀要』. 43(2). 47-55.

Kohsaka, R. and Uchiyama, Y. (2022b) Use of the Forest Environment Transfer Tax for forest data development and exchange: evidence from all 47 prefectures in Japan. *Forest Science and Technology*, 18(4), 201-212.

本稿は、2023 年 11 月発刊の季刊誌『石川自治と教育』741 号に寄稿した「森林の持つさまざまな顔と社会からの多様な期待」に加筆・修正したものである。

● 森林環境研究会（五十音順）

- 青木謙治 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
一ノ瀬友博 慶應義塾大学環境情報学部 学部長・教授
井上真 早稲田大学人間科学学術院教授・東京大学名誉教授／座長
鎌田磨人 徳島大学大学院社会産業理工学研究部教授
黒沢大陸 朝日新聞論説委員
酒井章子 香港浸会大学地理学科准教授・総合地球環境学研究所客員教授
田中俊徳 九州大学アジア・オセアニア研究教育機構准教授
田中伸彦 東海大学観光学部教授／座長代理
野上隆生 朝日新聞佐賀総局員・元編集委員
則定真利子 東京大学大学院農学生命科学研究科附属アジア生物資源環境研究センター准教授
原田一宏 名古屋大学大学院生命農学研究科教授

＜あとがき＞

森林や環境の問題に携わる研究者らでつくる「森林環境研究会」は、森林文化協会の調査研究活動を担う専門組織だ。その活動の1年間の集大成が『森林環境 2024』である。

地球上の生物種の絶滅が加速するなか、生物多様性条約第15回締約国会議（COP15）では、生物多様性の損失に歯止めをかけて反転させる「ネイチャーポジティブ」の考え方が示され、実現に向けて取り組むことに合意した。その具体的な目標である「30by30」への企業や社会の関心が高まりつつあるなか、「人新世の生物多様性」をテーマに掲げた今号は、まさに時宜にかなった内容といえる。

「トレンド・レビュー」は、特集の関連原稿に加えて、インドネシアの首都移転、スマート林業、24年度から国民徴収が始まる森林環境税といった旬のテーマを取り上げた。

森林文化協会は30by30の趣旨に賛同し、23年秋、環境省の「30by30 アライアンス」に加盟した。24年度から関連した新事業も始める。こうした動きを踏まえ、協会が取材・出稿した朝日新聞朝刊掲載の特集面「守りたい豊かな生態系 広がる『自然共生サイト』」を、巻末に収容した。

この年報を通じて生物多様性保全への関心が高まり、協会が理念とする「山と木と人の共生」に向けた歩みが進むことを願っている。

森林文化協会 編集長
松村 北斗

森林環境 2024

2024 年 3 月 15 日 第 1 刷発行

編著 森林環境研究会
責任編集 田中俊徳＋酒井章子
発行者 藤井龍也
発行 公益財団法人 森林文化協会



〒 104-8011 東京都中央区築地 5-3-2
朝日新聞東京本社内
TEL 03-5540-7686 FAX 03-5540-7662
e-mail info@shinrinbunka.com

制作 (株) 朝日新聞メディアプロダクション
印刷・製本 (株) 朝日プリンテック

©2023 Shinrinbunka-kyoukai
Published in Japan
ISBN978-4-9980871-9-9



人類が生物の大量絶滅を引き起こしている。

20 世紀、経済と科学技術は大いに拡大・発展したが、人類存立の基盤となる自然環境は徹底的に破壊された。現在は、生物種の第 6 次大量絶滅時代に突入しているとも言われる。

原因は私たち人類である。近年は「人新世 (Anthropocene)」という言葉が、新たな時代区分として提起されるまでになった。人新世とは、人類による環境破壊が、地球のシステムを変えてしまった時代、という意味である。

人新世の現在、従来型の自然保護政策だけでは不十分である。人々が地球に住み続けられるように、環境調和型の雇用や産業、ライフスタイルに転換していく必要がある。そのために、私たちは何ができるのだろうか。

「人新世の生物多様性」について共に考える。



9784998087168



1920040012001

ISBN978-4-9980871-6-8

C0040 ¥1200E

定価＝本体 1200 円＋税