

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

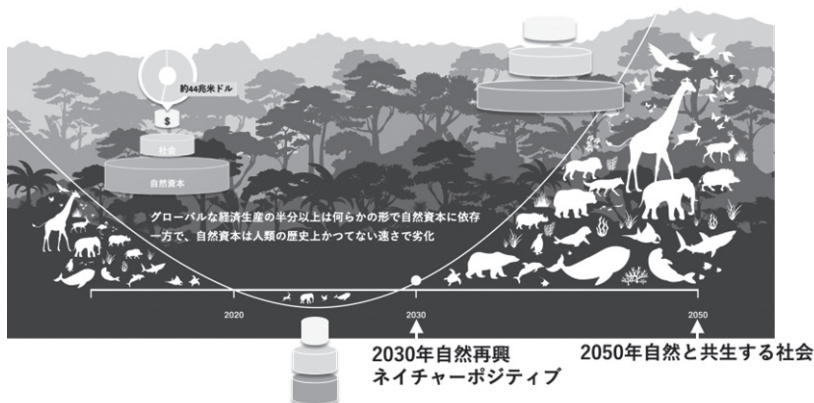
琉球大学理学部 株式会社シンク・ネイチャー 久保田 康裕

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、農薬・化学肥料による生息環境の攪乱^{かくらん}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

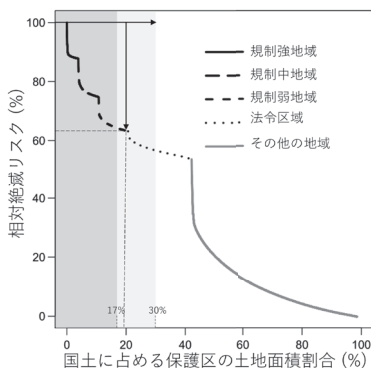


図2 自然保護区による生物多様性の保全効果。既存の保護地域と法令区域を統合した土地面積は日本の国土の42.3%で、それらによる相対絶滅リスクの低減割合は46.3%である。この結果は、既存の保護地域と法令区域が生物多様性の保全効果として一定の機能を果たしていることを示すと同時に、保護地域や法令区域以外にも保全上の重要地域が多く存在していることも示唆している

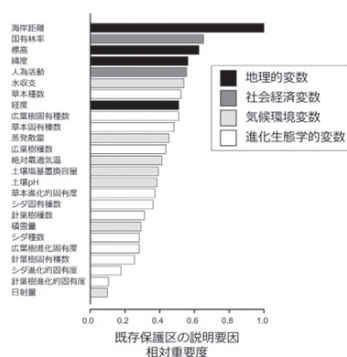


図3 既存保護区の説明要因。現状の保護区の空間配置は、海岸からの距離、国有林率、標高、緯度、社会経済要因などで主に説明される。一方、進化生態学的指標の種多様性や進化的固有度などは、保護区配置の説明因子になっていない

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経済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

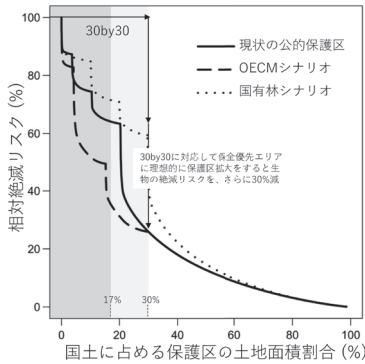


図4 30by30による保護区拡大の生物多様性保全効果。空間的保全優先度分析の結果に基づいて、私有地を含めてOECMによって優先度の高いエリアに理想的に保全地域を拡大した場合、生物絶滅リスクをさらに30%抑止できる

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^{ぜいじやく}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

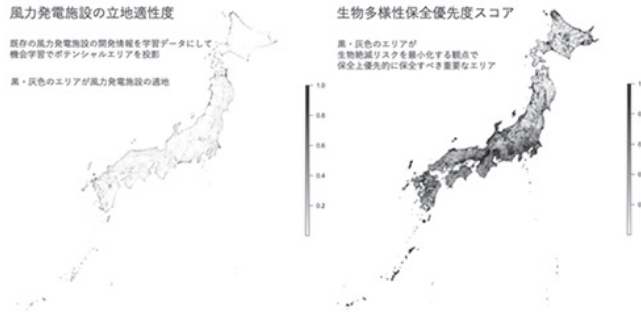
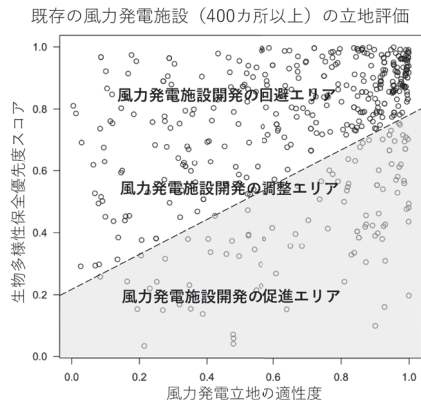


図5 生物多様性保全と調和した風力発電の開発適地評価

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、小規模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）

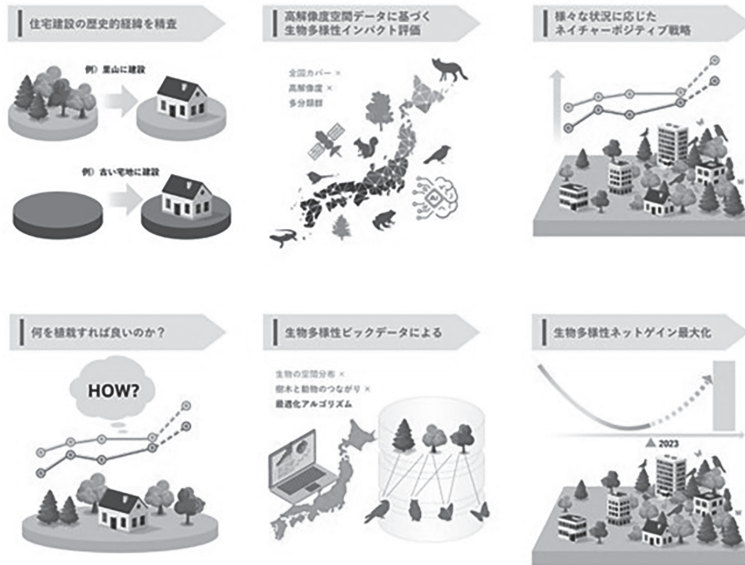


図6 生物多様性高解像度可視化技術に基づいたアーバン・ネイチャーポジティブ。企業活動による生物多様性保全再生効果を高精度で定量し、集団的なネイチャーポジティブ効果を最大化する。このような都市の自然再生と同様に、民有林における生態学的森林管理、有機農業を含む環境再生型農業による田畑・果樹づくりなどに伴う、生物多様性保全再生効果も可視化すれば、あらゆる私有地におけるネイチャーポジティブを推進でき、将来的なネイチャークレジットの算定枠組み構築も可能になるだろう

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つて、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）。

22 生物多様性の現在：何が問題なのか

[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.