

自然環境と社会情勢の変動の中で長期生態系観測を どう進め活用するのか？

～長期生態系観測の持続可能性のための課題、機会、社会課題解決に関する議論～

ポイント

- ・社会課題の解決のために重要な生態系観測の継続には、多くの課題があることを指摘。
- ・日本の事例を中心に広域、かつ高解像度な生態系観測の代替手法を紹介。
- ・文化・言語・経済の枠を超えて、衡平で実現可能な生態系観測が持続できる体制への進展に期待。

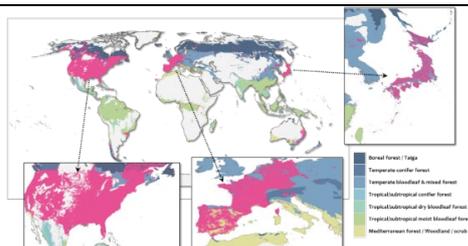
概要

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの中村誠宏教授をはじめとする東京大学先端科学技術研究センター、横浜国立大学大学院環境情報研究院、岐阜大学流域圏科学研究センター、京大大学生態学研究センター及び同農学研究科、東北大学大学院生命科学研究科、国立環境研究所、国立研究開発法人水産研究・教育機構、コンサーベーション・インターナショナル・ジャパン、国際航業株式会社などの研究グループは、自然環境と社会情勢の変動の中で長期生態系観測をどう進め、活用するかについてレビュー論文を発表し長期生態系観測の持続可能性のための課題、機会、社会課題解決に関して議論しました。

生物多様性の価値が認識され始めていますが、その変化を検出する生態系観測を継続するには地域や分野を超えた連携協力が必要不可欠であり、議論の余地があります。広域かつ高解像度な生態系観測を継続させるためには、以下の課題が存在します。1) 生物多様性と人為的原因の両方を含めた包括的観測が不足している、2) 組織的に生態系観測を設立・維持することは困難である、3) グローバル・ネットワーク構築に向けて国・地域や分野を超えた衡平な解決策が必要であることです。

そこで、日本の事例と新たな枠組みを取り上げ、「社会に利益をもたらす生態学がどれだけ長期観測データに依存しているのか？」また、「生態系観測の軽視がなぜ環境危機を克服する機会を逸すのか？」を解説しました。さらに、広域かつ高解像度な生態系観測の代替手法として、環境DNA、市民科学、再測生態学などの新しい技術を紹介しました。文化・言語・経済の枠を超えて、上記の課題を乗り越えるための統合的な行動を呼びかけ、その結果として、利害関係者間で生態系観測の継続についての議論と協力の出発点になることを期待しています。生態系観測が衡平で実現可能な体制へと発展すれば、社会課題の解決（地球環境の持続可能性）にとって重要な役割を果たすと考えています。

なお、本研究成果は、2023年5月29日（月）に Philosophical Transactions of the Royal Society B 誌でオンライン公開されました。



森林生物多様性モニタリングサイトの位置図。赤紫色の点は、世界森林生物多様性イニシアティブ (<https://ag.purdue.edu/facai/data/gfbi.html>) の観測点である。異なる森林バイオームは異なる色で示されている。

【背景】

気候変動と生物多様性の損失の二つの問題に対処するには、地域・地球レベルでの統合的な行動が必要ですが、気候変動と比べて生物多様性の損失への政策的議論は遅れています。しかし、生物多様性の価値に対する社会からの認知度が高まる中、生物多様性の変化を検知するための緊急な対応が求められています。現在の変化傾向がベースラインからどれだけ逸脱したかを推定しなければ、こうした変化の主要な原因を突き止められず、正確な予測もできません。この逸脱度を検出するためには、長期生態系観測は必要不可欠です。地域スケールの生態系変化の主要な原因を特定するために、長期観測は役立ちますが、同様の時空間分解能で全球スケールの生態系観測を実施することは困難です。つまり、広域かつ高解像度な生態系観測を確立・持続させるためには、多くの課題が存在します。生物多様性と人為的要因の包括的観測、生態系観測の体系的な確立・維持、そしてグローバル・ネットワークを構築するために地域や分野を超えた衡平な解決が必要であることに対して行動を起こすべきです。生態系観測をグローバルで持続可能なものにするには、文化、言語、経済、その他の理由から、必ずしも主要なプレイヤーではない国・地域にも光を当てる必要があります。そこで、日本の事例と新たな枠組みに注目しました。生態系観測の課題を解決するためには、生態学的な理由だけでなく、社会的な理由にも対処する必要があります。そこで研究グループは、各種資料を参照し、長期生態系観測の持続観測のための課題、機会、社会課題解決に関して議論し、衡平で実現可能な体制で生態系観測を実施するにはどうしたら良いか、についてのレビュー論文を作成しました。

【研究成果】

長期生態系観測と国際的ネットワークの拡大により、時空間的に関連性の高い生態学・社会生態学の仮説が検証できるビッグデータが統合され始めていますが、データの時空間的な分布は依然として不十分（不均一）です。世界の森林データは偏在しています。高解像度で生態系観測されている国では、観測点で国全体の地図が描けるほど観測データが豊富にあります（日本やアメリカなど）、森林の多い大部分の国（例：南半球）では非常に限られたデータしか存在していません（P1図）。地下部（土壌）の生物多様性の観測もさらに偏った空間分布です。このように水平的（地域・国間）・垂直的（生態系内）な偏りに加え、大部分はスナップショットな観測のため、時間的ダイナミクスもほとんど解明されていません。一方、気候変動に伴い海洋生物の世界的な分布が移動した結果、地域の生物多様性や生態系機能の変化を通じて海洋生物の生態系サービス（漁業）が変化しています。適応管理のために科学的な底引き網調査のデータを用いて、世界の魚の分布の変化を観測していますが、さらに新たな適応策を模索するためには、環境DNA^{*1}や海洋観測データを活用した解析から、気候変動に伴う様々な魚種の分布パターンや生活史の変化を予測することが必要になります。生物多様性と生態系機能の観測を目的とした国際的ネットワークが拡大していますが、データ・ギャップが存在するため、生物多様性と生態系サービスのフィードバックを理解することは大きな障害があります。生物多様性の情報を生態系サービスや自然からの恩恵と結びつけるには、さらなるデータの収集、統合、共有が必要になります。

資金が非常に限られているため、多額の支出を必要とする研究システム（CO²フラックス観測^{*2}、温暖化実験^{*3}など）を長期継続することは容易ではありません。僅かな経費で実施可能な野外観測でさえ、安定的な財政の確保に苦労しています。日本の気象庁は資金確保の難しさから、2021年に長期生態系観測の項目を大幅に削減しました。短期で成果を求める若手研究者の多くはデータ取得に長期的な観測を必要とする研究をテーマとして選ばなくなっています。長期観測は経済的・社会的な理由で中断されることが多いため、次世代の研究者は研究の新たな機会を失っています。さらに、政策的な

理由から限られた予算を効果的に分配されていないという問題もあります。例えば、環境省が主導する観測は、気候変動による生物多様性への影響を検出することが目的ですが、同時に炭素蓄積量の変化も評価しています。その一方で、森林資源の正確な把握を目的に始まった林野庁が主導する観測も、近年は森林の炭素吸収量の算出のために利用されています。一方、「気候関連財務情報開示タスクフォース」*⁴ の情報開示の枠組みにより、企業は自社の排出量を削減するなど、気候変動緩和がビジネスの最優先事項であると認識するようになりました。日本では海洋における炭素貯留量の算出法の確立に向けた取り組みが進められています。この取り組みは排出量をオフセットするだけでなく、沿岸保護、漁業強化、生物多様性の豊かさなど、生態系のコベネフィットを認識することも目的としています。一方、森林（陸上）においても、同様の取り組みが存在しますが、定量化の難しさや分野間（森林と農業）のトレードオフのために、炭素クレジット制度を考える際には注意が必要です。生物多様性の変化に対応する同様の取り組みとして、「自然関連財務開示タスクフォース」*⁵ が開始されましたが、気候変動に比べて遅れています。ビジネス上の理由で行われたこれらの行動が、実際の地球環境における持続可能性にもたらす影響を評価するためには、科学的根拠に基づいた設計が必要です。これまでの生態系影響評価は最低限の精度しか求められていませんでしたが、2030年目標や2050年目標を設定した生物多様性条約の昆明・モンリオール生物多様性枠組み*⁶ を通じて、その設計の改善に向けて議論が進められています。

データの収集と共有は様々な新しい機会を提供します。この点で、リモートセンシングは重要な役割を担っています。例えば、Landsat データ*⁷ は既に地球観測の長い歴史があり、無料で利用できます。人工衛星を用いた観測は、気候や社会・生態系の変化と、その相互作用を検出する上で重要な役割を果たしており、今後さらに重要になると期待されています。地球環境の変化を意味のある時間スケールで検出・解析するには時間がかかるため、新しい地球規模の生態系観測プログラムを立ち上げても、その検出に間に合わない可能性があります。この問題を解決する選択肢として、過去に調査したサイトを再訪し、同様のデータを収集する手法（再測生態学）があります。将来への先延ばしが許されない場合、この手法からデータが取得できます。さらに、最近になって技術的な課題を克服した新しいツールやアプローチが数多く登場しています。環境 DNA は生物多様性の観測を促進させる、重要な役割を果たすことが期待されます。このツールの大きな利点は、ハブ研究機関で解析やバイオインフォマティクスを行えば、データ検証やアーカイブのプロセスを途切れなくできることです。これら新しいツールは異なる分野の利害関係者に協力の機会を与えることで、観測点を空間的・時間的に大幅に増加させることができます。また、市民科学とも親和性が高いです。これら新しいツールやアプローチを活用して、ある国の研究所がハブになれば、標準化した手法で国を超えて継続的にデータを収集することができるため、地球規模での高解像度の生態系観測が可能になります。国を超えてデータの取得、分析、利用には衡平な枠組みが必要です。新しいツールに関する科学者間の知識のギャップを埋めるためには生態系観測に向けて相互に衡平な協力が前提条件となります。そのため、先進国と途上国の科学者間で現地の研究研修を通じた共同事業が有効です。上記のツールやアプローチによる世界的に標準化された取り組みは、地球の健康（地球環境の持続可能性）を評価する上で非常に重要です。生物多様性の高い地域の産業は地域経済を支えると同時に、生態系データの収集に重要な役割を果たすと考えています。例えば、観光客が野生動物の目撃情報や水質などの生態系指標を収集するトレーニングを受ければ、それを研究や生態系観測に役立てることができます。農業は生物多様性損失の最大の要因の一つであるため、生物多様性保全と炭素吸収源を、森林をベースとして考えた対策とは対立しますが、食糧生産には欠かせない分野です。これらが分野を超えた協力をすれば、分野間の Win-Win の解決に貢献するだけでなく、自然と社会の Win-Win の解決にも繋がります。「自

然関連財務開示タスクフォース」に代表されるように、科学者は生物多様性と人間の幸福の両方を、サポートする持続可能な社会へ展開するように貢献すべきだと考えます。

【今後への期待】

社会課題の解決（地球環境の持続可能性）のためには生物多様性の変化を検出する長期生態系観測が必要ですが、広域かつ高解像度な生態系観測を継続するには、多くの課題が存在します。そこで、日本の事例と新たな枠組みを中心に紹介しました。日本の事例は国・地域を問わず参考になると考えています。非英語圏の取り組みや活動は世界的にあまり認知されておらず、観測データが公開されていても、現地言語での記述が多いため、現地言語圏以外での利用は限られています。非英語圏で発表された研究を統合することは、エビデンス（データ）の欠如を克服できるため、エビデンスに基づいた保全を世界的に促進する鍵となります。しかし、文化・言語の壁が大きく、膨大な量のエビデンスが活用されずにいます。利害関係者が生態系観測の衡平で実現可能な体制を検討して、社会課題の解決に向けて発展することを期待しています。社会に多くの利益をもたらす生態学は長期観測データに依存しています。そのため、私たちが生態系観測を軽視することは、環境危機を克服する機会を逸する可能性があります。社会生態学的システムの変化を検知するための次のステップに進む時が来ています。生態系観測の衡平で実現可能な体制への発展は、次世代の地球環境の持続可能性を維持するために、重要な役割を果たすと考えています。

論文情報

論文名	Sustainability challenges, opportunities, and solutions for long-term ecosystem observations（長期生態系観測の持続可能性のための課題、機会、社会課題解決）
著者名	森 章 ¹ 、鈴木紅葉 ^{1,2} 、堀 正和 ³ 、角谷 拓 ⁴ 、岡野航太郎 ¹ 、浦口あや ⁵ 、村岡裕由 ^{4,6} 、佐藤保 ⁷ 、柴田英昭 ⁸ 、大野ゆかり ⁹ 、木庭啓介 ¹⁰ 、戸田真理子 ¹¹ 、中野伸一 ¹⁰ 、近藤倫生 ⁹ 、北島薫 ¹⁰ 、中村誠宏 ⁸ （東京大学先端科学技術研究センター ¹ 、横浜国立大学大学院環境情報研究院 ² 、国立研究開発法人水産研究・教育機構 ³ 、国立環境研究所 ⁴ 、コンサーベーション・インターナショナル・ジャパン ⁵ 、岐阜大学流域圏科学研究センター ⁶ 、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 ⁷ 、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター ⁸ 、東北大学大学院生命科学研究科 ⁹ 、京都大学生態学研究センター/農学研究科 ¹⁰ 、国際航業株式会社 ¹¹ ）
雑誌名	Philosophical Transactions of the Royal Society B（生物学の専門誌）
DOI	10.1098/rstb.2022.0192.
公表日	2023年5月29日（月）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 教授 中村誠宏（なかむらまさひろ）
TEL 0144-33-2171 FAX 0144-33-2173 メール masahiro@fsc.hokudai.ac.jp
URL <https://www.fsc.hokudai.ac.jp>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【用語解説】

- *1 環境 DNA … 海や川・湖沼・土壌などの環境中に存在する生物由来の DNA を指します。この環境 DNA を解析することで、そこに生息する生物の種類やおおよその生物量を把握することができます。
- *2 CO₂ フラックス観測 … 森林の二酸化炭素吸収量の把握を目的とした長期観測のことを指します。林冠よりもさらに上部で測定するために高いタワーが必要になります。
- *3 温暖化実験 … 自然生態系を暖めてその応答を見る操作実験のことを指します。暖める方法として、赤外線ヒーター、電熱ケーブル、ビニールハウスなどを使うことがあります。
- *4 気候関連財務情報開示タスクフォース … 民間企業や金融機関が、気候変動に関するリスクや機会を適切に評価、開示するための枠組みを構築する国際的なイニシアティブのことを指します。
- *5 自然関連財務開示タスクフォース … 民間企業や金融機関が、自然資本及び生物多様性に関するリスクや機会を適切に評価、開示するための枠組みを構築する国際的なイニシアティブのことを指します。
- *6 昆明・モンリオール生物多様性枠組み … 自然と共生する世界に向けた 2020 年までの世界目標である愛知目標を引き継いだ 2030 年と 2050 年までに達成すべき世界目標のことを指します。
- *7 Landsat データ … 米国航空宇宙局（NASA）と米国地質調査所（USGS）が打ち上げた地球観測衛星 Landsat が長期にわたり観測した衛星画像データを指します。