

環境 DNA 技術に基づく大規模生態系観測ネットワークおよび高度生態情報解析拠点の形成

① 計画の概要

環境変動に伴う生態系機能劣化や生物多様性喪失が進行するなか、「生物多様性、森林、海洋等の環境の保全」が日本における SDGs 実施指針の優先課題に選定された。「生物多様性国家戦略 2012-2020」では海洋保護区の適切な設定と管理状態把握が長期目標とされ、生物多様性保全、生態系の持続的利用、地球温暖化等への適応策の計画など、生態系に関わる諸問題の解決は喫緊の課題となっている。

生態系に関わる課題解決の成否は、生態系変動原理の理解、生態系の状態把握や予測技術が確立できるか否かにかかっている。また懸念される温暖化に迅速に対応するためにも、広い地域の迅速・詳細な状態把握（ナウキャスト）と生態系の変動予測（フォアキャスト）が必要となる。

本マスタープランでは、農林水産・環境・国土利用・公衆衛生など広い分野の課題解決の基盤となる「高度生態情報観測・解析システム」の構築に向けた研究・拠点整備を提案する。核となるのは、水や土壌中の生物由来 DNA を分析することで生息する生物相の把握を可能とする環境 DNA 技術である。気象観測におけるアメダスに比せられる 1000 の環境 DNA 観測点、各地方区に設置した環境 DNA 分析施設、環境 DNA 情報管理・解析拠点を結ぶ生態系観測ネットワークを構築し、微生物から魚類、大型哺乳類に至る多様な生物の時空間変動を把握する。この生態系情報を解析することで、気象分野に匹敵する状態把握（生態系天気図）や異常検知、将来予測を生物・生態系分野において実現する。

② 学術的な意義

本マスタープランで提案する高度生態情報観測・解析システムは高解像度での全生物種の時空間変動情報を提供する。気象学分野における気象観測の意義を引き合いに出すまでもなく、このシステムは生態系変動に関わる全ての学術分野に大きな波及効果を持つ。波及効果のある科学分野には、感染症などの健康に関わる疫学分野、水産資源管理などの生物資源の持続利用に関する水産分野、赤潮やアオコなどの水質管理に関する環境分野、海洋保護区選定や生態系影響評価などの生物多様性保全に関わる生態学分野などが含まれる。多地点・高頻度の観測から得られた高度生態情報を元にナウキャストやフォアキャストを実現することで、これらの多様な分野における生態系変動予測や適応策策定を飛躍的に高精度・効率化するだろう。

高度生態情報観測・解析システムの構築は、基礎生態学分野を大きく促進させる。生態系駆動原理の解明は生態学における主要課題の一つだが、その進展には強い制限がかかっている。生態系は巨大な複雑系であり、その理解や状態把握にはこの複雑性に見合った大量のデータが必要となるのに、従来の生物捕獲や目視に基づく生態系調査ではそれが困難であったためだ。省コストでの多数回生態系調査を可能にする環境 DNA 手法を使えば極めて詳細な大規模生態系データが獲得できる（図 1、2）。本高度生態情報観測・解析システムを利用したデータ駆動型の生態学を推進することで、生態系の理解が大きく進むだろう。飛躍的発展が期待される課題には、生物多様性維持機構の解明、個体群変動の生じる仕組みの理解、生態系の攪乱に対する反応の決定機構の理解、生態系機能が大きく喪失されるティッピングポイントが創出される仕組みの解明などが挙げられる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

世界初の魚類多種同時検出系の他、哺乳類・鳥・甲殻類などの多様な分類群を対象とした高性能な環境 DNA メタバーコーディング手法を次々に開発するなど、環境 DNA 分野では日本の研究が主導的役割を果たしてきた。2018 年には環境 DNA 学会が設立され、環境 DNA 技術のさらなる発展・社会実装が期待される。日本の研究チームではすでに全国の沿岸 500 以上の地点から 1200 種以上の魚種を検出することに成功している（図 1）が、同様規模の調査を成功させた例はまだ他に存在せず、日本の研究の優位性を示している。

欧米を中心に環境 DNA 研究に注目が集まっており、今後、環境 DNA 観測をめぐる国際的な動きが激化することが予想される。日本の優位性を確実にするには、大規模観測網をいち早く設置し、観測に関わる技術改善をさらに加速させ、大規模観測だからこそ得られる大規模データの解析手法・活用法の研究を促進すべきである。大規模環境 DNA 観測から得られる生態系情報の意

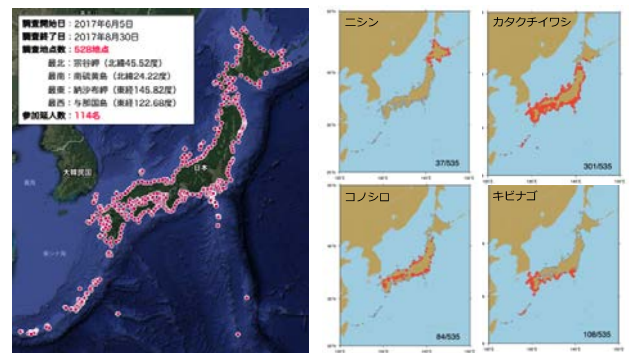


図 1. 全国多地点での環境 DNA 調査から日本沿岸の魚類分布がわかる

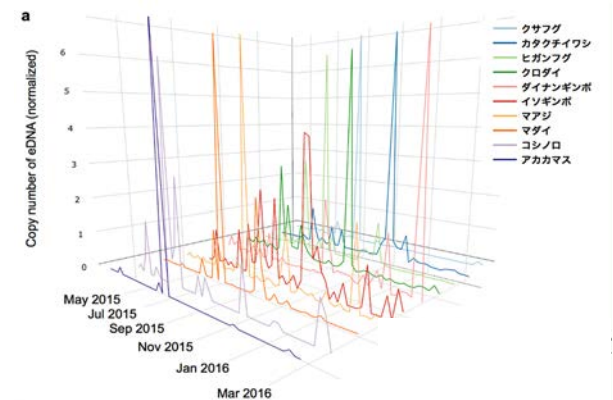


図 2. 高頻度環境 DNA 観測から把握される魚類相の詳細な季節変化

義を世界に先んじて把握することで、今後の実現が予想される「世界規模の環境 DNA 観測」における日本のリーダーシップを発揮することが可能になるだろう。

④ 実施機関と実施体制

環境 DNA 学会は、環境 DNA 研究やその社会実装に関わる学会員の連携の場であり、環境 DNA 技術を有する多数の会員を日本全国に擁する。この特性を活かし、本マスタープランでは、多様な異なる立場の学会員やその所属機関、学協会との密接な連携のもと、環境 DNA による生態系観測網を確立することを目指す。

環境 DNA 観測の利点は手法の共通化、試料やデータ共有の容易さにあるが、今後、環境 DNA 観測は、まず環境分野・水産分野・国土利用分野の三分野において特に重要な役割を果たすと予想される。そこで本マスタープランでは、様々な産官学の機関＋市民によって実施される環境 DNA 調査手法を共通化し、データ共有の仕組みを作ることで、観測データの集積・統合を促進し、多様な目的に利用可能な共通の大規模環境 DNA データベースを構築することを提案する。各分野において実施されてきた生態系観測との連続性を担保するため、環境 DNA 観測は、従来の観測主体がそれぞれの観測項目に環境 DNA 調査を追加する形をとる。具体的には、大学等の研究教育機関（JaLTER・生態学研究センター等）に加えて、環境省関連機関（生物多様性センター、国立環境研究所等）、農林水産省関連機関（水産研究・教育機構、農業・食品産業技術総合研究機構等）、国土交通省所管研究開発法人（土木研究所、海上・港湾・航空技術研究所）の参加を目指したい。

環境 DNA 学会では環境 DNA 調査の標準プロトコル案を作成し、関連諸機関（土木研究所、水産研究・教育機構、農業・食品産業技術総合研究機構、生物多様性センター等）と共有し、その内容の改訂を開始している。今後は、関連期間による共通手法・条件での環境 DNA 観測実施を目指して、大学や諸研究所、行政の参加する幹事会・協議会を発足させ観測主体間の調整を行っていく予定である。なお、本マスタープランは学会理事会によって正式に承認されている。

⑤ 所要経費

総経費 475 億円。内訳は以下の通りである：(1) 【研究課題 1】環境 DNA 観測網構築のための設備・デバイスの開発研究（5 年間；3 億円/課題×15 課題；研究費）45 億円；(2) 【研究課題 2】環境 DNA 分析手法に関わる研究（5 年間；3 億円/課題×15 課題；研究費）45 億円；(3) 【研究課題 3】環境 DNA データ分析と情報学に関わる研究（5 年間；3 億円/課題×15 課題；研究費）45 億円；(4) 【環境 DNA 観測網整備 1】環境 DNA 観測サイトの整備（試料保管用冷凍庫等；5 百万円/サイト×1000 サイト；設備および人件費）：100 億円；(5) 【環境 DNA 観測網整備 2】環境 DNA 分析施設の整備（次世代シーケンサ、実験設備等；設備）5 億円/サイト×8 サイト [各地方区分]：40 億円；(6) 【環境 DNA 観測網整備 3】環境 DNA 情報管理・解析拠点の整備（データベース構築等；設備）：100 億円；(7) 人件費・運営費（環境 DNA 観測網の運営、国際連携・国際標準手法の提案、国際的環境 DNA 観測の主導、シンポジウム開催等；10 年間）：100 億円

⑥ 年次計画

2019 年度：各省庁所管研究機関や JaLTER、産業界と連携しつつ、環境 DNA 学会において環境 DNA を利用した生態系観測の標準手法（第一版）を確定する。【環境 DNA 観測網整備 1】環境 DNA 観測サイト、【環境 DNA 観測網整備 2】分析施設、【環境 DNA 観測網整備 3・4】情報管理・処理拠点の選定と整備を実施し、環境 DNA 観測網構築の準備を開始する。【研究課題 1】環境 DNA 観測網構築のための設備・デバイスの開発研究、【研究課題 2】環境 DNA 分析手法に関わる研究の準備を開始するとともに、環境 DNA 観測網にその成果をフィードバックする仕組みを構築する。また【研究課題 3】環境 DNA データ分析と情報学に関わる研究を開始し、環境 DNA 観測網で得るべきデータの検討も開始する。

2020 年度：【環境 DNA 観測網】を整備しつつ、現時点で可能な中規模での生態系観測（100 地点・毎週観測）を試験的に開始する。この観測から得られたデータは、【研究課題 1～3】において研究推進のために利用され、さらに 3 つの研究課題から得られた成果は【環境 DNA 観測網】にフィードバックされ、より効果的な観測実施のために活用されることになる。

2021 年度以降：【環境 DNA 観測網】を地点数/観測頻度の両面において拡大するとともに、生態系データの収集を進める。【研究課題 1～3】で得られた成果を利用して、これらのデータは解析され、各関係機関の目的に応じた社会実装が進められる。水産資源量評価やその変動予測、より効果的な生態系保全の提案、環境影響評価や生息地推定モデル（SDM）作成における生態系大規模データの意義が明らかになり、環境 DNA を利用した全生物観測から得られるデータが社会経済的価値を創出するようになると、観測や観測データ解析の産業化が進められ観測それ自体が自律的に実施できるようになることが期待される。

⑦ 社会的価値

(1) 国民の理解：環境 DNA 技術はマスコミ等で紹介され、広く国民にも認知されてきている。申請者が代表を務めた CREST の成果に関連するものだけでも報道回数は 70 を数え、そこには NHK サイエンス ZERO などの TV 番組も含まれる。

(2) 知的価値：環境 DNA 技術は、不可視だった水中の生態系の様子を「見える化」する技術でもある。「世界のありようを知る」ことを可能にする環境 DNA 観測は高い知的価値を持つのみならず、生態学をデータ駆動型科学として大きく発展させる。

(3) 経済的・産業的価値：環境 DNA 観測から得られるビッグデータは、ナウキャストやフォアキャストと結びつくことで、水産・環境・衛生などの様々な分野において経済的・産業的価値を生む。

(4) SDGs への貢献：生態系の状態把握と予測につながる生態系観測網の確立は、「14. 海の豊かさを守ろう」におけるほぼ全ての目標に貢献する。また「6.6 水に関連する生態系の保護・回復」、「13.1 気候関連災害や自然災害に対する強靱性及び適応の能力の強化」においても環境 DNA 観測の詳細な生態系情報が果たす役割は大きい。

⑧ 本計画に関する連絡先

近藤 倫生（一般社団法人 環境 DNA 学会）