

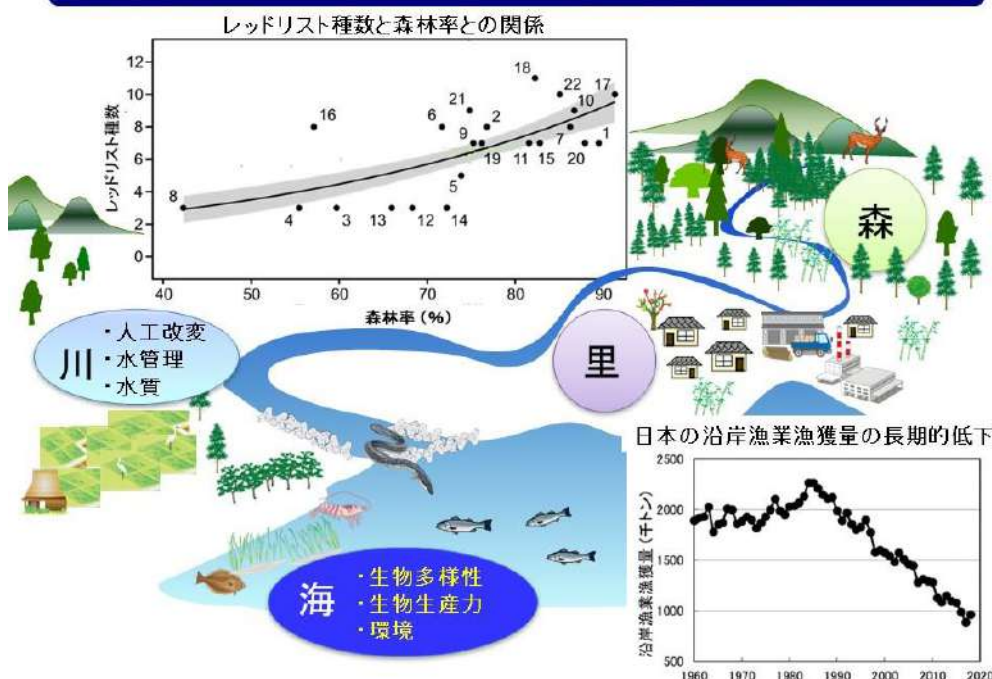
2021 年 10 月 25 日

森林を守ることが海の生物多様性を守ることにつながる

京都大学フィールド科学教育研究センター山下洋名誉教授（現：特任教授）らの研究グループは、日本財団から研究助成を受け、日本全国 22 河川を対象とし、環境要因・社会要因・土地利用要因などのビッグデータと環境 DNA 分析による沿岸魚類群集データとを統合して解析することにより、森林を守ることが海の生物多様性を守ることにつながることを実証しました。

日本の沿岸では、魚介類の漁獲量が長期的に減少し続け（図 1）、沿岸では海藻が激減し（磯焼け）、中身のないウニの増加やクラゲが大発生するなど、生態系に大きな異変が起っています。京都大学フィールド科学教育研究センターでは、森から海までの生態系の健全なつながりが、沿岸域の生態系の保全に不可欠であり、そのメカニズムを科学的な視点から研究する「森里海連環学」を教育研究の柱として活動して参りました。しかし、森から海までの間には人間活動を含むきわめて多くの要因が複雑に作用しており、特定の河川における少数のケーススタディーを除くと、森の存在が沿岸生物にもたらす利益について、科学的な証拠はありませんでした。そこで、私たちは、北海道大学大学院水産科学研究院や国立環境研究所と共同で、生物多様性を調べる最新の研究手法である環境 DNA メタバーコーディング法を用いて、全国 22 河川（一級河川）の河口域における絶滅危惧魚種（環境省レッドリスト 2017・2019 掲載種）の分布を調べ、その結果と流域における多様な環境要因および土地利用との関係を解析し、流域の森林面積率が河口域の絶滅危惧魚種の保全に最も重要な要因であることを明らかにしました。本成果は、国際的な学会である保全生物学会の学術誌「Conservation Biology」にオンライン掲載されました。

森林を守ることが海の生物多様性を守ることにつながる



<図 1> 右下図：我が国の沿岸漁業漁獲量は 1980 年代中期以降長期的に減少し続けています。（研究の背景）

左上図：本研究では、我が国の一級河川 22 河川の森林率が河口域で確認されたレッドリスト掲載魚種の種数に対して統計的に有意な正の関係のあることがわかりました。一方、その他の様々な要因との間に有意な関係は認められませんでした。図中番号は河川の識別番号です（詳細は参考図 2 を参照ください）。

研究グループ：山下洋 京都大学フィールド科学教育研究センター 名誉教授（現：京都大学学際融合教育研究推進センター 森里海連環学教育研究ユニット 特任教授）、Lavergne Edouard 森里海連環学教育研究ユニット 特定講師（現：西ブルターニュ大学講師）、久米学 フィールド科学教育研究センター 研究員（現：フィールド科学教育研究センター 特定助教）、安孝珍 森里海連環学教育研究ユニット 特定助教（現：北海道大学 特任助教）、邊見由美 同 研究員（現：京都大学フィールド科学教育研究センター 助教）、寺島佑樹 同研究員（現：寺島環境コンサルタント）、Ye Feng 同研究員（現：株式会社 中部日本プラスチック）、門脇浩明 同特定助教（現：京都大学白眉センター特定准教授）、甲斐嘉晃 フィールド科学教育研究センター 准教授、小林志保 同助教、亀山哲 国立環境研究所 主幹研究員、笠井亮秀 北海道大学大学院水産科学研究院 教授。

1. 背景

近年、地球温暖化や集中豪雨のような極端な気象など、人間活動に由来すると考えられる地球環境問題が深刻さを増しています。これは人類の未来に対する脅威であり、これらの問題に対処するために、SDGsをはじめとして環境を保全し自然と共生することによって、人類の持続的な発展をめざす施策が進められつつあります。漁師であり文筆家でもある畠山重篤氏は、豊かな森が豊かな海を育むことを意味する「森は海の恋人」というキャッチフレーズで、豊かな海づくりのための森林整備や植林活動を牽引してきました。当初は漁業者に主導されていた森林整備活動は、その後行政や多くの市民が参加して全国的な社会運動になっています。生物多様性は生態系の健全性を表すきわめて重要な生物指標です。しかし、例えば水中に何種類の魚類が生息しているのかを調べるのは容易ではありません。物陰や底泥中に潜み夜間のごく限られた時間帯にしか活動しない魚種や、もともと希少な絶滅危惧魚種を網で捕獲したり潜水観察したりすることは非常に困難でした。そのため、陸域の人間活動が河川を通して河口や沿岸の生態系にどのような影響を与えるのかについては、流域と沿岸域の間に存在する要因の複雑さと水圏生物研究の難しさから、少数の河川に焦点を当てたケーススタディーをのぞいて、一般的な関係の解明はほとんど不可能でした。これに対し近年、生息する生物の排泄物や皮膚などに由来し水中に存在する DNA を網羅的に調べることで、そこに生息する生物の種類を特定できる手法「環境 DNA メタバーコーディング法」が開発され、生物多様性研究に応用されるようになってきました。本研究では、環境要因、社会要因、土地利用要因などのビッグデータを集め、それを環境 DNA の分析結果と統合して解析することにより、世界で初めて広域的に森と海の関係性を調べることができました。

2. 研究手法・成果

我が国にある 109 の一級河川から長さが 150km を超える巨大河川を除き、日本全国に分散するなどのいくつかの条件で機械的に北海道から九州までの 22 河川を選考し、2018 年 6 月～8 月に河口域で干潮と満潮時の 2 回河川水を採水して、環境 DNA メタバーコーディング分析を行いました。調査時の環境データに加えて、対象河川の河口域で様々な機関（地方自治体、国土交通省、環境省など）が報告した環境データ（流量、溶存酸素濃度、全窒素濃度、懸濁物濃度、pH）、2015 年国勢調査および 2014 年国交省国土数値情報などから流域の土地利用データ（流域面積、人口密度、森林面積、水田面積、水田以外の農地面積、建物用地面積、荒地面積など）を収集しました。さらに、河口域の護岸率を Google Map 画像をもとに計測しました。環境 DNA メタバーコーディング分析により各河川で検出された全魚種数およびレッドリスト掲載種数と、水質環境、土地利用、人口密度などの説明変数との関係を、冗長性分析（RDA: Redundancy Analysis）および一般化線形モデル（GLM: Generalized Linear Model）により解析しました。

22 河川の河口域から、62 科、132 属、186 種（亜種等を含む）の魚類が検出されました。この中には、49 種のレッドリスト種と 7 種の外来種が含まれます。河川ごとの出現種数は 20 種～60 種、レッドリスト種は 3 種～11 種でした。河川ごとの全魚種数と環境要因および土地利用との間に明瞭な関係は認められませんでした。そこで、レッドリスト種数と説明変数との関係に絞って冗長性分析で調べたところ、森林率と水田以外の農地率がそれぞれ正と負の統計的に有意な影響を与えていることが明らかになりました。さらに、一般化線形モデルでは森林率のみが統計的に有意に影響しており、森林率が高い流域を持つ河川の河口域には、より多くのレッドリスト種が生息していることが示されました。また一般化線形モデルでは、森林率以外の全ての要因について、レッドリスト種数との間に統計的に意味のある関係は認められませんでした。

3. 波及効果、今後の予定

「森は海の恋人」すなわち豊かな森林が豊かな沿岸域を育むことについて、広域的なデータをもとにした科学的証拠が初めて得られました。これは、森林保護の効果の評価において極めて重要なポイントのひとつになると考えられます。一方、豊かな森と豊かな海をつなぐ科学的なメカニズムについては、わからないことが多く残されています。地域的には、森林の保水力を通して洪水や渇水などの極端な水量変化を和らげること、生態系に悪影響を与えると考えられている微細粒子の河川への排出を抑えること、植物プランクトンや海藻などの基礎生産において鍵を握る栄養物質の供給源など、複数の要因が複雑に関係していることが推察されています。今後、流域ごとのケーススタディーを地道に積み上げて、普遍的に重要な要因の抽出を行うことが必要です。また、本研究で対象とした 22 河川で国土交通省がこれまでに実施してきた河口域の魚類調査（水辺の国勢調査）では、レッドリスト種は 1 河川で最大 3 種類しか確認されておらず、従来の調査法と比較して環境 DNA メタバーコーディング法の有効性が明確に示されました。環境 DNA 分析は、今後も森から海までのつながりを研究するうえで、強力な研究手法になるものと期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、森里海の健全な連環を通して海の生態系を再生し地域振興に貢献することを目的とした、京都大学・日本財団の共同プロジェクト「Link Again Program」および「RE:CONNECT Program」の一環として行われました。

<研究者のコメント>

これまで約 20 年間、森から海までの生態学的なつながり（森里海連環学）を研究してきましたが、この間に詳しく調査できたのは 4 水系にすぎません。気候、地理的構造、人間活動の影響などが各水系で異なることから、森から海までの関係に一定の傾向や特徴を見つけることはできませんでした。環境 DNA メタバーコーディングという魔法のような調査手法が確立されたことで、ようやく日本全国にまたがる広域的な調査を行うことができました。これによって、漁師さんや地域の人々が生活の中で感じていた「豊かな森が豊かな海を育む」の一端を、科学的に確認することができたと考えています。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Effects of forest cover on richness of threatened fish species in Japan

流域の森林率が河口域の絶滅危惧種に与える影響

著 者：Lavergne Edouard, Kume Manabu, Ahn Hyojin, Henmi Yumi, Terashima Yuki, Ye Feng, Kameyama Satoshi,

Kai Yoshiaki, Kadowaki Kohmei, Kobayashi Shiho, Yamashita Yoh and Kasai Akihide

掲 載 誌 : Conservation Biology DOI : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cobi.13849>

<お問い合わせ先>

山下 洋 (やました よう)

京都大学名誉教授、京都大学フィールド科学教育研究センター森里海連環学教育研究ユニット特任教授

TEL : 075-753-6488

E-mail : yamashita.yoh.4c@kyoto-u.ac.jp

<報道・取材に関するお問い合わせ>

京都大学 総務部広報課国際広報室

TEL : 075-753-5729 FAX : 075-753-2094

E-mail : comms@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

国立研究開発法人国立環境研究所 企画部広報室

TTEL : 029-850-2308

E-mail : kouhou0@nies.go.jp

北海道大学総務企画部広報課

TEL : 011-706-2610 FAX : 011-706-2092

E-mail : jp-press@general.hokudai.ac.jp

参考図

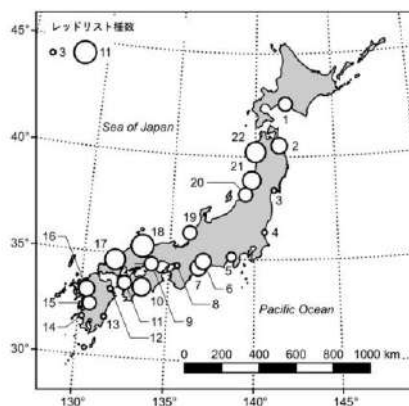


図 2. 調査 22 河川（一級河川）と出現したレッドリスト種数。

1 鵜川、2 馬淵川、3 鳴瀬川、4 那珂川、5 富士川、6 矢作川、7 宮川、8 大和川、9 旭川、10 仁淀川、11 肱川、12 大野川、13 大淀川、14 川内川、15 球磨川、16 筑後川、17 高津川、18 日野川、19 九頭竜川、20 荒川、21 赤川、22 米代川

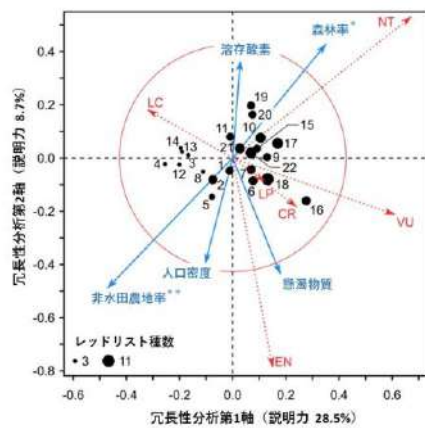


図 3. 冗長性分析 (RDA) による河川ごとのレッドリスト種の出現と環境要因との関係。
絶滅危惧種の多い河川に森林率が有意に関係しており、その反対方向（絶滅危惧種の出現が少ない）に水田以外の農地率が影響している。

CR:絶滅危惧 I A 類, EN:絶滅危惧 I B 類, VU:絶滅危惧 II 類, NT:準絶滅危惧, LP:地域的絶滅危惧, LC:低懸念 (CR~LP はレッドリスト種、LC はレッドリスト種に含まれない)

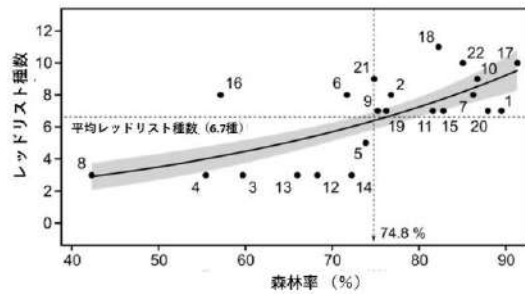


図 4. 一般化線形モデル (GLM) による森林率とレッドリスト魚種数との関係。河川番号は図 2 を参照。