

国立環境研究所 ニュース

National Institute for Environmental Studies

Vol.35
No.5

平成28年(2016)12月



2016年夏の高水温により白化したサンゴ
沖縄県宮古島にて平本明彦氏撮影。日本全国みんなで作るサンゴマップ(<http://www.sangomap.jp>)提供。(本紙3ページの記事を参照)

特集 | 生物多様性の保全から自然共生へ

自然共生、あるいは迷惑をかけながらの共存 | 2

サンゴの将来を予測し、変化に備える | 3

寄生ダニからみる外来種問題 | 6

日本の生物多様性を脅かす「4つの危機」 | 9

無居住化集落から見る人と自然のかかわり | 11

藻類株保存事業と霞ヶ浦研究 | 13

自然共生、あるいは迷惑をかけながらの共存

竹 中 明 夫

地球の上の生き物はみな、なんらかの形でまわりの生き物に迷惑をかけながら生きています。他の生き物を食べる肉食・草食の動物はもちろんのこと、太陽の光を受けて静かに暮らす植物の存在もまわりの植物が光を受けるじゃまになります。

そんな中で、まわりの生き物への迷惑度合いがもっとも大きい種は人間でしょう。陸上にはぼくまなく分布して他の生物に迷惑をかけています。採って食べるだけでなく、もともといた生き物を排除した土地に作物を植えたり、建物や道路を作ったりしてきました。

そんな人間が「自然共生社会」などと言っても、それがまわりの生き物に迷惑をかけずに仲よくという意味ならば、多くの生き物にとっては噴飯物です。とはいえ、人類社会を維持していこうと思うなら、まわりの生物に迷惑をかけつつ、生態系の働きを利用し、自然に依存して生きていくしかありません。自然共生とは、人が生き物と共倒れになることなく、じょうずに迷惑をかけていくことでしょう。

1992年の環境と開発に関する国際連合会議、通称リオ・サミットで、生物多様性条約が採択されました。多様な生き物を守りつつ、末永く利用していく仕組みを作ることが条約の目的です。まさにじょうずに迷惑をかける仕組み作りのための条約とも言えるでしょう。2016年から開始した国立環境研究所の自然共生研究プログラムもその実現への貢献を目指しています。迷惑の実態を理解しつつ、過度の迷惑をかけずに共存する方法をさがります。今回の特集では、その取り組みの一端をご紹介します。

ところで、日本では生物多様性の保全と持続可能な利用に取り組む行動計画を立てています。1995年に最初の計画である生物多様性国家戦略が作られ、その後数年ごとに見直し・改訂が行われています。戦略のなかでは生物多様性を脅かすおもな要因を整理しています。その内容は本特集の環境問題基礎知識「日本の生物多様性を脅かす「4つの危機」」で解説しています。すぐに思いつく乱獲・開発などのほ

かにも、いくつもの要因が挙げられています。

それらの要因のひとつは人間の活動に起因する気候変動です。本特集の「サンゴの将来を予測し、変化に備える」では、とくにサンゴ礁生態系への影響を取り上げています。サンゴは、地球温暖化による水温の変化の影響を受けるだけではなく、大気中の濃度が高まった二酸化炭素が海水に溶け込む結果、骨格が作りにくくなることも心配されています。サンゴの将来をどう予測し、そしてどう備えるのかを解説した記事をお読みください。

外来生物も脅威のひとつです。生き物を、本来の生息地から遠く離れたところに放り込むと、多くの場合はあたらしい環境になじめずに消えていきます。けれども、なかにはしっかり定着し、そこで暮らす生き物に迷惑をかけ始めるものも出てきます。グローバルな人・モノの動きの活発化で、生き物の移動は近代文明以前とは比べ物にならないスケールになっています。研究ノート「寄生ダニからみる外来種問題」では、人が運び込んだミツバチにくっついて入ってきたダニの影響の研究を紹介しています。

現代の日本では、耕作放棄も問題となっています。農地を放棄して自然に戻せば、生物多様性の保全にはプラスのように思われます。たしかにそうした一面もありますが、人間の管理で維持されている草地などを居場所にしてきた生き物にとっては、管理放棄は存続の危機ともなります。また、放置すればすぐに自然に戻るとは限らないことも分かってきました。調査研究日誌「無居住化集落から見る人と自然のかかわり」では、耕作放棄の現場である廃村での調査を紹介しています。

本号の研究施設・事業紹介「藻類株保存事業と霞ヶ浦研究」では、目に見えない小さな藻類の収集事業を紹介しています。環境研の藻類のコレクションは世界でも有数のものです。また、保存されている藻類のデータは自然共生プログラムの一環として行われている霞ヶ浦の生態系の研究でも活用されます。あわせてお読みください。

(たけなか あきお、生物・生態系環境研究センター
上級主席研究員)

執筆者プロフィール

最近、昆虫中年となりつつあります。一眼レフで写真

を撮り、図鑑やネットで種類を調べます。老後の楽しみが増えました。それにしても昆虫の多様なこと。老後がいくらあっても足りません。生物多様性おそるべし。



【シリーズ研究プログラムの紹介：「自然共生研究プログラム」から】

サンゴの将来を予測し、変化に備える

山野博哉

1. サンゴと気候変動

2016年の夏、平年より高い水温が続き沖縄でサンゴが白化している（表紙写真）ということが新聞やニュースで大きく採り上げられました。サンゴに共生している褐虫藻が高温などのストレスで失われてしまうとサンゴ骨格の白い色が目立つ「白化」が起こり、白化が数週間以上続くとサンゴは褐虫藻からの光合成生産物を受け取れず死んでしまいます。

こうした大規模な白化は今年だけのものではありません。1998年の夏にも水温が上昇し、全世界でサンゴの白化現象が起こり、気候変動との関連が議論されるようになりました。その後も沖縄では2001年、2007年、2013年に高水温による白化が起こっています。一方で、日本の九州から本州にかけてはサ

ンゴ分布の北限域にあたり、過去からの水温の上昇にともなって南に生息しているサンゴが九州や本州へと分布を北上しています。つまり、日本においては水温の上昇にともなって南から北へとサンゴの分布域が変化しつつあると言えるのではないかと思います。

サンゴと気候変動との関わりは水温上昇だけではありません。大気中に放出された二酸化炭素は海中に溶け込んで海洋酸性化を引き起こし、サンゴの骨格の形成に負の影響を与えます。サンゴの骨格はアラゴナイトと呼ばれる炭酸カルシウム的一种から形成されており、骨格の形成には海水中の炭酸イオンとカルシウムイオンの存在が重要です。これらが海水中にどれだけあるかを示す指標がアラゴナイト飽和度で、サンゴへの海洋酸性化影響の指標としてよ

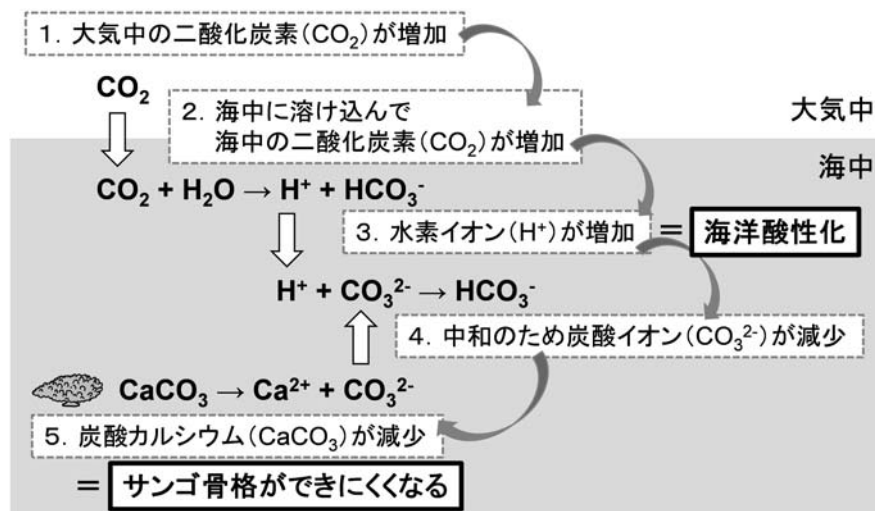


図1 二酸化炭素濃度増加、海洋酸性化とサンゴ骨格形成の関係

特集 生物多様性の保全から自然共生へ

く使われます。海水中のカルシウムイオンの濃度はおおむね一定なので、炭酸イオン濃度がアラゴナイト飽和度を規定しています。二酸化炭素が海水中に溶け込むことにより、図1に示された化学反応によって、水素イオンが増え海水が酸性化すること、それによって炭酸カルシウムのサンゴの骨格を形成するのに必要な炭酸イオンが減少、すなわちアラゴナイト飽和度が低下することがわかります。日本近海では、アラゴナイト飽和度が1994年から2008年の間に3.6から3.4へ低下しており、海洋酸性化も水温上昇と同じく現在進行中の現象であることがわかります。サンゴの生存に必要なアラゴナイト飽和度は2.3と言われており、現在のところ、海洋酸性化が顕著にサンゴに影響を与えるということは無さそうですが、いったん溶け込んだ二酸化炭素を除去するのは困難ですので、将来の影響を評価することは重要です。

サンゴは一次生産を行って他の生物の餌を提供するとともに、立体的な構造を持ち他の生物の棲み場所を提供する(写真1)、生態系の基盤となる生物です。また、サンゴは積み重なってサンゴ礁という地形を形成し、台風や高波の軽減に役立っています。今年の夏のサンゴ白化に象徴されるようにサンゴの変化は現在進行中の現象であり、それを評価・予測し、対策を立てることが必要とされています。



写真1 サンゴとサンゴを利用している魚。
長崎県五島列島で筆者撮影。

2. 将来を予測する

将来の気候変動を予測するために、さまざまな気候モデルが開発されています。モニタリングや水槽での実験に基づくサンゴの環境応答と、水温や二酸

化炭素濃度など気候モデルの出力結果を用いて将来のサンゴの変化を予測することができます。

2011年度から2015年度までの第3期中期計画で行った生物多様性重点プログラムで、我々はサンゴの将来予測に着手しました。日本は南北に長くサンゴの北限域にあたるため、日本周辺のサンゴ分布情報を収集することにより、サンゴの生息に必要な水温とアラゴナイト飽和度の値を得ることができます。これらの値と気候モデル出力結果を用いて将来予測を行ったところ、このまま二酸化炭素の排出が続くと、沖縄では白化が起り、九州から本州にかけては水温上昇によって潜在的にサンゴ分布が北上できるものの、海洋酸性化の影響がそれを上回り、結果として2070年代にサンゴが生息できる海域が無くなってしまおうというショッキングな結果が得られました。一方で、二酸化炭素の排出を抑えると、白化は起こらず、また海洋酸性化の影響は限定的で、サンゴの生息が可能となることが示されました。

これらの結果は二酸化炭素の排出がサンゴの将来にとって非常に重要であることを示しています。しかし、予測結果を地域での取組につなげるためにはまだ予測の精度は充分とは言えません。2016年度から始まった自然共生研究プログラムでは、様々な組織や人々と協力して予測の精度を向上して地域での取組につなげることを目指しています。例えば、ダウンスケーリングという技術を活用し、100km四方程度の粗い気候モデルの予測結果を、より細かくして沿岸環境を適切に表現すること、地球環境研究センターで行っているサンゴの種ごとのモニタリング結果や市民の方々からのサンゴ白化情報を予測へ活用すること、水温と海洋酸性化だけでなく、サンゴの卵を運ぶ海流、地域的に影響を与える赤土の流入など他の要因も考慮した多変量での解析を行うことなどです。また、サンゴだけでなく大型藻類など他の生物の変化も考慮し、沿岸生態系全体の変化を検出し予測することや、さらには上で述べたようなサンゴの機能を含め、沿岸生態系から人間が受ける恵み(生態系サービス)を評価し予測することにも着手しています。

3. 変化に備える

予測の精度を向上させるとともに、その結果を活

表 1 「生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方」に示された施策の種類、方針とそれらに対する自然共生研究プログラムにおけるサンゴ礁研究での取組

| 施策の種類 | 方針 | 自然共生研究プログラムでの取組 |
|-------------------------|--|---|
| モニタリングの拡充と評価 | 気候変動の影響の把握 | サンゴ以外に、大型藻類など沿岸生態系全般を対象とし、過去から現在までの生物分布データを収集して変化を検出する |
| | 研究と技術開発の推進 | 市民参加型サンゴ分布・白化情報の収集システムを構築する (http://www.sangomap.jp) |
| | | 気候モデル出力結果の空間解像度の向上、モニタリング結果の活用や海流の考慮などにより、予測の高度化を行う |
| 生態系サービスへの影響の把握 | サンゴや大型海藻など、沿岸生態系の機能に基づき、人間が受ける恵み(生態系サービス)の評価とその将来予測を行う | |
| 気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生 | 気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全 | 気候変動予測を行うことにより、水温上昇の少ない海域など、健全な生態系や気候変動の影響の少ない地域を特定制し、保護区の立案に貢献する |
| | 気候変動以外のストレス低減 | 予測モデルを、水温、海洋酸性化以外の要因(陸域からの流入など)を含めた多変量で構築することにより、気候変動以外の要因の重要性や保全のための削減目標を提示する |
| | 移動・分散経路の確保 | 海流の変化予測を行うことにより、サンゴ卵などの移動・分散経路と卵の供給源となる海域を特定制し、保護区の立案に貢献する |
| | 生態系ネットワークの形成 | 同上 |

用して変化に備える必要があります。気候変動の影響による被害を最小化あるいは回避し、迅速に回復できる、安全・安心で持続可能な社会の構築を目指すために「気候変動の影響への適応計画」が平成27年11月27日に閣議決定されました。その中では、「農業・林業・水産業」、「水環境・水資源」、「自然災害・沿岸域」、「自然生態系」、「健康」、「国民生活・都市生活」の7つの分野において評価が行われ、自然生態系分野では「生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方」が平成27年7月に環境省自然環境局により示されました。表1に、気候変動による変化を把握し、変化に備えるための適応計画に必要な項目と、それらに対する自然共生研究プログラムでの我々の取組を示します。気候変動はまさに今進みつつある現象です。過去から現在

にかけて起こっている影響を明らかにして変化を認識すること、予測結果を向上すること、そしてその予測結果に基づいて変化に対する対策を考えることが必要です。

(やまの ひろや、
生物・生態系環境研究センター長)

執筆者プロフィール：

サンゴ礁の研究で多くのフィールドワークを行ってきました。この原稿はキリバスで書きました。キリバスは環礁で、国土のすべてがサンゴ礁起源の砂からなり、それはサンゴの将来が国の将来と直接つながっていることを意味します。サンゴの将来予測を行い適応計画につなげることの重要性を改めて感じています。



【研究ノート】

寄生ダニからみる外来種問題

坂本佳子

数年前から、飛べなくなったミツバチが巣の周りをうろうろする現象が、東日本を中心に報告されるようになりました。その原因の一つとされているのが「アカリンドニ」です。このダニは、体長が0.1mmと非常に小さく（写真1）、ミツバチの気管の中にすりと入り込むことができます。雌ダニはそこでたくさん卵を産み、ふ化した幼ダニたちは、口器を気管壁に突き刺してミツバチの体液を吸いながら、すくすくと育ちます。2~3週間もしないうちに、気管の中は何十匹ものダニで埋め尽くされますから、ミツバチは呼吸困難に陥り、飛翔や温度調節ができなくなるのです。さらに、気管の中で成熟したダニは、気管の外にでて徘徊し、まだ若いミツバチの気

管を探し当て、そこで繁殖を始めます。そうやって、巣の中でダニの寄生が蔓延していくと、ミツバチは、餌を集めに行くことも、寒い冬を乗り切ることもできなくなり、いずれは死滅してしまいます。

なぜ、急に、日本でアカリンドニが流行り出したのでしょうか。日本には、古来より生息するニホンミツバチ（写真2）と、海外から輸入しているセイヨウミツバチ（写真3）がいるのですが、前田太郎さん（農研機構）の報告によると、アカリンドニが高い頻度で寄生し重症化するのには、ニホンミツバチだけで、セイヨウミツバチでは、ほとんど見つからないことがわかっています。アカリンドニは、もともと欧米に分布しており、日本で最初に見つかったのが2010年とごく最近であることから、外来種と考えられます。おそらく、セイヨウミツバチを輸入する際に、意図せず持ち込まれたのでしょうか。しかし、いったいなぜ、ニホンミツバチだけでアカリンドニが問題となっているのでしょうか？私は、この2種のミツバチにおける寄生状況の違いが、ニホンミツバチでアカリンドニが流行する謎を解く糸口になるのではないかと考えました。

まず、室内実験で、実際にニホンミツバチの方がダニに感染しやすいのかを確認してみました。ダニに寄生された個体（ホスト）と寄生されていない個体（ターゲット）を小さなケージに7日間閉じ込めて、ホストからターゲットに、ダニがどれだけ移動

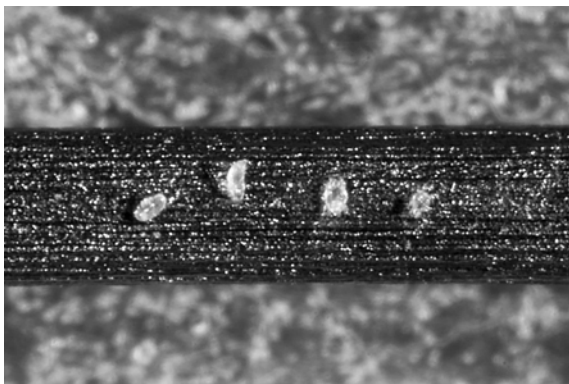


写真1 0.5 mm シャープペンシル芯上のアカリンドニ
左から卵、幼虫、メス成虫、オス成虫



写真2 ニホンミツバチ



写真3 セイヨウミツバチ（撮影：笠井敦氏）

するかを調べました(図1)。ダニの移動は肉眼では見えませんので、実験後、ターゲットのミツバチを回収して冷凍した後、顕微鏡の下で一匹ずつ解剖し、気管からダニを取り出して数える必要があります。また、接触期間を「7日間」と限定したのは、理由があります。卵が産みつけられてから成虫になるまで、早くても9日以上を要するので、ターゲットの気管の中で見つかった成虫は、外から入ってきた個体と見なすことができるからです。そうやって、気の遠くなるような細かい作業の末に明らかになったのは(441個体のミツバチから、2179個体(!)のダニを確認)、ニホンミツバチの方がセイヨウミツバチよりも多くのダニに寄生されるこということでした。一方、雌ダニ1個体あたりの平均産卵数は、どちらのミツバチ体内でも同じでした。このことから、単純に、気管に入り込むダニの数が、ニホンミツバチで多いと結論づけられました。そして、ニホンミツバチがアカリンドニに寄生されやすいのは、このダニに対して抵抗する術を持ち合わせていないからではないか、と私は睨んでいます。ダニが宿主間を移動しようとしてミツバチの体の外に出た際に、ミツバチがこれを脚で払い落とす行動が見られるのですが、どうやら、ミツバチ種間でこの行動に差がありそうなのです。

自然界では、多くの宿主と寄生者が、長い進化の歴史の中で互いに対立しながらも、安定した関係を

築いています。しかし、人間が生き物を勝手に移動させることで、宿主と寄生者の関係はいとも簡単に崩れ、新しい病気の爆発的な流行をもたらすことになりかねないのです。アカリンドニは、まさにそのケースにあてはまるのではないのでしょうか。そして、このダニの流行によって影響を受けるのは、ニホンミツバチだけではありません。ミツバチはさまざまな植物の受粉に関わっていますので、ミツバチが衰退すれば、植物の繁殖にも影響が及ぶと予想されます。目に見えないほどの小さな侵略者によって、日本の生態系が大きく変わってしまうおそれがあるのです。

さらに、このような感染症を重症化させる要因として、近年多用されている農薬の影響にも注目しています。農薬は、本来、農作物への被害を軽減するために病害虫に対して使用されますが、害虫以外の昆虫類が暴露することも十分にあります。特に、ミツバチは、花粉や花蜜を通して農薬に接触する機会が多いため、その影響が盛んに調べられていて、最近では、すぐに死亡するほどの高濃度の農薬に接触しなくても、低い濃度の農薬を浴びるだけで行動や免疫に異常が出る場合がある、という研究報告が多数発表されています。さきほどは、外来生物による病気の蔓延を「ミツバチとダニ」という生物間の相互作用の視点からお話しましたが、ここに農薬の影響という視点も加えて、現在、評価を進めていま

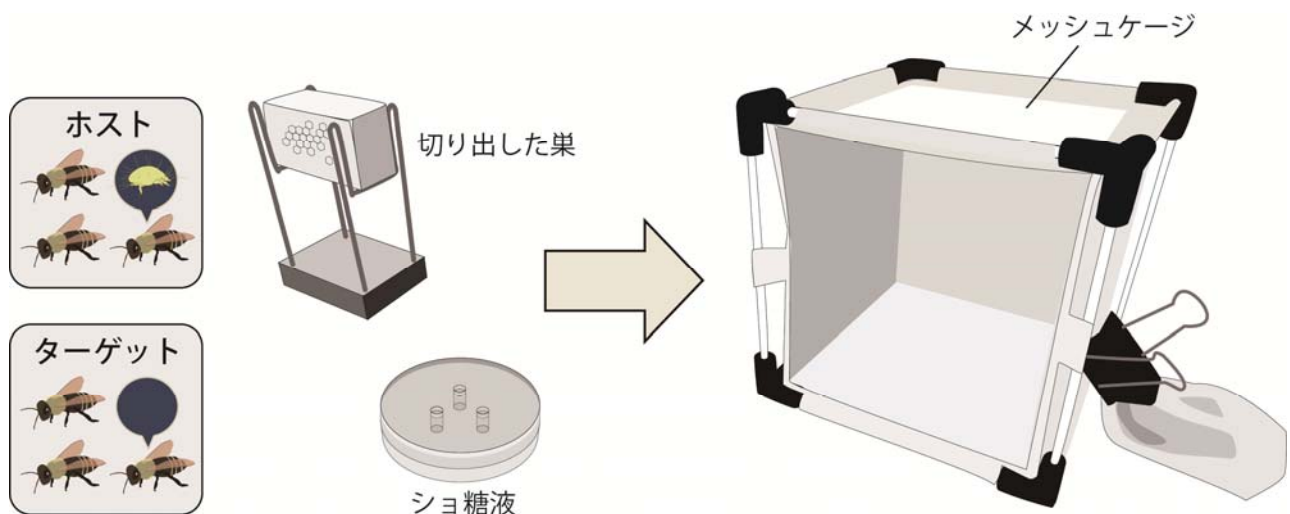


図1 アカリンドニ寄生実験のレイアウト

15 cm³のメッシュケージに、寄生ミツバチ(ホスト)と非寄生ミツバチ(ターゲット)を入れる。7日間接触させた後、ホストからターゲットに移動したダニの数を数える。

特集 生物多様性の保全から自然共生へ

す。他にも、温暖化や土地利用の変化によって、生き物たちの生息環境は劇的に変化しています。外来生物の影響メカニズムを総合的に理解していくためには、今後はそういったさまざまな環境変化の生物に対する複合的な影響の評価も進めていく必要があります。

そして、外来生物の問題を「理解」したうえで、これ以上被害を拡げないために、「対策」を打ち出す必要があります。環境省は、対策の一環として、日本の生物および生態系に対して著しい影響を与えると考えられる種類を「特定外来生物」に指定し、法律で輸入や飼育を禁止するとともに、水際の監視や定着個体の防除のための行動計画を策定しています。これまで、生態リスク評価・対策研究室では、アルゼンチンアリやツマアカスズメバチなど外来昆虫の効率的な防除手法を開発したり、防除が成功したかどうかを評価するための統計モデルを構築するなど、外来生物防除事業に対して科学的な貢献を目

指してきました。また、これまで対策が遅れていた「目に見えない外来生物」として、カエルツボカビのような両生類の病原菌や、上に紹介したアカリダニのような寄生ダニの生態影響を解明して、対策の必要性を環境省に提言することも進めています。

以上のように、我々の研究グループは、自然共生プログラムの一環として、他の研究機関や大学とも協力して外来生物対策の研究を展開し、その成果を政府・自治体に提供するとともに、国民の皆様にも広くご理解いただけるよう普及につとめています。国を挙げて外来生物問題を解決するために、これからも研究を続けてまいります。

(さかもと よしこ、生物・生態系環境研究センター
生態リスク評価・対策研究室 研究員)

執筆者プロフィール：

暗黒（フォース）上司の下で、汗と涙を流しながら、楽しくやっています。

木漏れ日便り

秋から冬につくばの構内で撮影した鳥の写真を集めてみました。夏のあいだは茂った木のなかに隠れてしまい「声はすれども姿は見えず」だった野鳥たちが、落葉樹が葉を落とすとその姿を見せてくれるようになります。1から5の鳥はいずれも一年を通じてつくばで暮らしているのですが、秋が深まると見つけやすくなります。また6のモズは、涼しくなってくると人里に姿をあらわすようです。構内を歩いていて視野の端でなにかが飛んだなどと思ったら、目で追いかけてみるとこれらの鳥たちに出会えるかもしれません。（竹中明夫）



シジュウカラ



メジロ



ホオジロ



エナガ



コゲラ



モズ

【環境問題基礎知識】

日本の生物多様性を脅かす「4つの危機」

石 濱 史 子

日本列島は南北に長く、気候の幅が広く、また、起伏に富んだ地形を有するため、世界的に見ても、生き物や生態系の種類が多い、生物多様性のホットスポットの1つです。その一方で、世界で最も人口密度の高い地域の1つでもあります。そのため、生き物は人間活動の強い影響にさらされ、数が減ったり、絶滅するおそれが高いとされている種類が、多数あります。例えば、花を咲かせる植物やシダ植物は、日本に約6000種が生育していますが、そのうち約1/4の種が絶滅のおそれがあるとして、環境省のレッドリストに掲載されています。

このように危機的な状況にある日本の生き物の減少や絶滅を食い止めようと、2008年に生物多様性基本法が施行されました。生物多様性基本法では、「生物多様性国家戦略」を策定することが定められています。もともと生物多様性国家戦略は、国際条約である生物多様性条約の締約国に策定することが義務付けられているものでした。そのため、日本には生物多様性基本法の成立以前から、第3版までの国家戦略がありましたが、それらは国内法の裏付けがないものでした。初めて生物多様性基本法を根拠として策定されたのが、現在の「生物多様性国家戦略2012-2020」です。

生物の多様性に対して負の影響を及ぼす人間活動は、多岐にわたります。「生物多様性国家戦略2012-2020」の中で、原因や影響のタイプによって、人間活動の負の影響を4つに整理したものが、「4つの危機」です。

第1の危機（開発など人間活動による危機）

もっとも直接的に生き物の棲みかを奪う人間活動が、市街地化や森林伐採、河川改修、沿岸部の埋め立てや護岸建設、農地の圃場整備などの開発です。開発に伴う物理的な環境の劇的な変化により、多くの生物の生育場所の条件が悪化し、また失われてきました。切り開かれた道は、森林の光や水分環境を変化させ、また森林を分断し、広大な森林を必要と

する生き物の棲みかを奪います。河原は、かつては大雨によって水量が増えた際に、地表を覆う植物が流されていきました。そうした場合は、明るい環境を好む種が生育場所となっていました。堤防やダム建設によって固有の生き物が失われています。

乱獲や、希少種をも対象とした鑑賞・商業目的での盗掘など、生き物のもつ繁殖力を超えた過剰な利用も、直接的に生き物を減らす人間活動の1つです。押し寄せる登山客や観光客による踏み荒らしも、回復の遅い高山や湿地などの植生に深刻な影響をもたらします。

第2の危機（自然に対する働きかけの縮小による危機）

今後、日本では、少子高齢化による急速な人口減少が起こると考えられています。また、生活様式・産業構造の変化により、都市部への人口の集中、農林業の衰退が起こっています。これらに起因する、中山間部での人間活動の低下によっておこる問題が、アンダーユースとも呼ばれる、第2の危機です。

里地里山のような、長い年月、人とのかかわりがあった生態系は、人間活動によって維持された環境に依存する種が多数生息しています。平野部の氾濫原は、多くが田に変えられてきましたが、田や水路を代わりの棲みかとして生き残った種が多くあります。また、里山では、薪としての利用などによって木々が適度に間引かれ、明るい林が保たれてきました。牧や茅場は放牧や草刈り、火入れなどによって維持されてきた明るい草原環境で、温暖湿潤な日本では、人間活動なくしてはすぐにササや樹木などの丈の高い植物が生い茂ってしまいます。これらの明るい林や草原の生き物は長い間、人間と共存してきたのです。そういった生き物や生態系が、人による利用が減ることで、失われようとしています。

また、人間活動によりこれまで個体数が抑えられてきた大型の哺乳類、サル、シカ、クマ、イノシシなどが、農林業の衰退や狩猟圧の低下などによって、数を増やし、農作物被害などの人間との確執、食害

特集 生物多様性の保全から自然共生へ

による植生の急激な衰退などを引き起こしています。

第3の危機(人間により持ち込まれたものによる危機)

人間は、車両、鉄道、航空機、大型船舶など、高速で長距離を移動可能な交通・輸送手段を発達させました。これらの手段で世界中を飛び回るのは人間ばかりではありません。輸入穀物に混ざった野生植物の種子や穀物の害虫、ペットとして取引される哺乳類、魚類、両生類、爬虫類、昆虫など様々な動物、色とりどりの花壇の花々も多くが海の向こうから来たものです。これらの外来生物は、栽培・飼育下でしか生きられないものも多い一方で、一部の種類は野外へと逃げ出し、在来の生き物を食べ尽くしたり、巣場所などの棲みかを奪ったり、繁茂して他の生き物が生育できないようにするなどの脅威となっています。外来の新たな病原体も、抵抗力をもたない在来の生き物には、思いがけない重大な症状をもたらします。逆に、クズやイタドリ、マメコガネなど、日本から海外に「輸出」された侵略的な外来生物もいます。

殺虫剤や除草剤などを含む、様々な化学物質も、人間が生態系に持ち込んだものです。これらが、野外の生き物にどのような影響をもたらしているのかは十分にわかっていません。近年、ネオニコチノイド系の殺虫剤が、マルハナバチなどの送粉昆虫をはじめとする様々な昆虫の減少の原因となっている恐れがあるとして、影響の評価が進められています。

第4の危機(地球環境の変化による危機)

IPCCの第5次報告書では、地球の温暖化が起きていることは「疑う余地がなく」、人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高いと報告されています。気温の上昇とともに、強い台風など極端な気象現象が増加するなどの気候変動が起きていると考えられ、また、海水へ溶解する二酸化炭素濃度が高まり、海洋の酸性化を引き起こしていると考えられています。これらの、人間活動に起因すると考えられる、地球規模での環境の変化が、第4の危機です。第4の危機は、

広域で影響が起こり、誰が直接的な原因となっているのかを特定するのが難しいという点で、第1の危機と異なります。

気候変動により、これまで生育していた地域の気候条件がもはや生育に適さなくなった生き物は、より適した気候の場所に移動することができれば生き延びられる可能性があります。しかし、現在起きている気候の変化はとても速く、多くの生き物にとって、移動が追いつかない速さである可能性があります。海水面の上昇の影響を受けやすい沿岸部の種や、逃げ場のない山頂付近に生育する高山植物などは特に気候変動に脆弱であると考えられています。

「4つの危機」は、それぞれが独立ではありません。たとえば、十分に高い移動能力を持った生き物は、適した気候の場所に移動することで気候変動(第4の危機)に対応することができる可能性がありますが、開発(第1の危機)により、適した気候の場所が生育可能な状態で残っていないのであれば、生き延びることはできません。道路開発(第1の危機)によって森林の光環境が変化した結果、外来生物(第3の危機)が侵入することもあります。

国立環境研究所の自然共生研究プログラムでは、プロジェクト1で第1、2の危機、プロジェクト2、3でそれぞれ第3、第4の危機に関する研究活動を、プロジェクト4では、4つの危機の相互作用を考慮した保全対策を講じるための研究活動を行っています。

(いしはま ふみこ、生物・生態系環境研究センター
生物多様性評価・予測研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

植物を主な研究対象としてきたのですが、子供が虫取りに夢中になっているのを見て、昆虫にもちょっと興味が沸いてきました。先日は川遊びに行き、トビケラの幼虫が川底の色とりどりの砂粒を綴って作った、巣の美しさに驚きました。子供以上に生き物採集に熱中した結果、川で体が冷え切って38.8度の熱を出す羽目になりました。



【調査研究日誌】

無居住化集落から見る人と自然のかかわり

深澤 圭 太

日本はすでに人口減少時代に入り、国立社会保障・人口問題研究所の推計によれば、2100年には全国の人口が6400万人程度(中位推計)に落ち込むと予想されています。中山間地や奥山においては、さらに都市への人口流出もあいまって、2050年には3～5割の面積が無居住化すると考えられています。このような速度での人口減少は過去に例がなく、日本の農村景観や自然環境は今後大きな変化に直面することが予想されます。そして、しばらくの間人口減少が続くことは人口学的に見て避けられないことであるのも事実で、それに適応した社会のあり方を検討する必要があります。

日本全国の合計人口が減少に転じたのはここ数年ですが、地域ごとに見れば高度成長期以降に産業構造の変化により無居住化した集落が数多く存在しています。私たちの研究グループでは、そのような場所において生物相や景観構造の現状を明らかにすることで無居住化後の自然環境変化の将来予測につながる情報が得られると考え、全国の無居住化集落に実際に赴き、生物調査を実施しています。本稿では、無居住化集落やそれを舞台とした私たちの調査風景を紹介します。

私たちが研究対象としている無居住化集落は、高度経済成長期以降に離村したものを対象としており、40年程度無居住状態にある集落の変化を見ることができます。40年間という時間は、地域の景観にど

のような変化をもたらすのでしょうか？私は無居住化集落の調査に入る以前は、田畑や家跡には樹木が侵入し、鬱蒼とした森林になっているものとばかり思いこんでいましたが、実際に行ってみると、植林地になっていない限りはそのような例は実はそれほど多くはありませんでした。最もよく目にする光景は、農地跡がススキ等の優占する草地になっているケースで、樹木はあまり見られず、開けたイメージです(写真1)。一般に、半自然草地は多くの絶滅危惧種の生息場所として生物多様性の保全上貴重な場所と考えられていますが、農地跡に成立した草地にはそのような半自然草地特有の種はあまり見られず、植生も単調であることがほとんどでした。種多様性が高い半自然草地の多くは牧や採草地として長期間利用され管理されてきた歴史があることが多いですが、農地跡に成立した草地は初期状態やその後の管理がそれとは根本的に異なるのだと考えています。

無居住化集落においては、住居、車、農機など、多くの人工物が残されていることが多いです(写真2)。木造住宅はそのまま立っているものもあれば、倒壊し、落ち葉の中からトタン屋根がわずかに覗くのみとなっているものも多くみられます。また、建物自体は撤去されている場合でも、コンクリート製の基礎や炊事場、そして風呂釜のみがその場に残されていることが多いです。このような場所を調査で



写真1 草地の状態が続いている放棄農地



写真2 無居住化集落に残されていた学校跡

特集 生物多様性の保全から自然共生へ



写真3 無居住化集落の神社の柱にあったゾウの彫り物

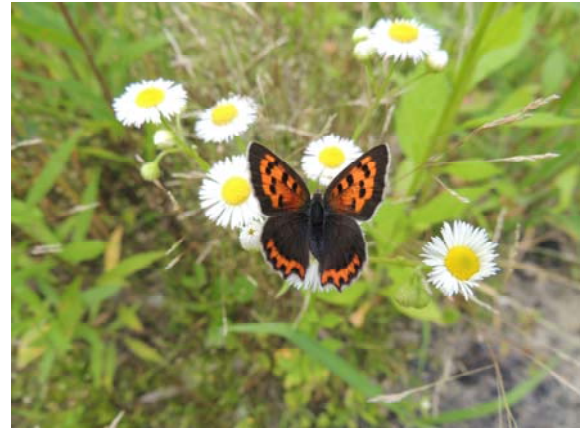


写真4 ベニシジミ

歩くときは、散乱しているガラスの破片や金属片に気を付ける必要があります。とある無居住化集落で偶然出会った旧住民の方の話によると、消火ポンプのような金属物が盗難にあった事例もあるようです。無居住化集落に残る人工物は、上記のような問題の種になることもあります。時に集落の文化を今に伝えるようなものもあります。無居住化集落のとある寺には、柱に緻密な木彫りが施されているものがありました(写真3)。無居住化集落の寺社の多くは建物の手入れが十分に行き届かず、傷みが進んでいるものも数多いです。このまま手入れがなされずに朽ちてしまうのは、惜しい気持ちもあります。また、無居住化集落においては、石碑をよく見かけます。学校の碑や離村記念碑のみならず、馬頭観音や湯殿山の碑などの信仰にかかわるものや、電線開通の碑などもあります。それらの碑に、集落に暮らした人々がそこにいたことの証を後世に残したいというこの願いを感じ取ることができました。

現在、私たちは無居住化集落と有人集落の間で、チョウ類、鳥類、植物など、さまざまな生物の組成がどのように異なるか比較研究をおこなっています。調査では、無居住化集落に実際に入り、それぞれの分類群ごとに決めた方法で出現頻度を観測しています。無居住化集落と有人集落を同じように調査して直感的にわかるのは、有人集落ではごく当たり前に生息しているスズメ・ツバメなどの鳥類や、モンシロチョウやベニシジミ(写真4)などのチョウ類が無居住化集落ではほとんど見られないことでした。これらの種は、おそらく人間がそこに居住し、農耕

や草刈りなどの活動を行うことによって支えられている種であると考えられます。無居住化した場所を見ることで、人がいることが生物相にどのような効果をもたらしたかが際立って見え、これまで気に留めることもなかった「ふつう」の生き物に対する愛着が湧いてくるのを感じました。

去年までの一部地域を対象とした研究を発展させ、今年度から、所内公募型研究「人が去ったそのあとに～人口減少時代の国土デザインに向けた生物多様性広域評価～」で、無居住化が生物相に与える影響の解明を全国スケールで展開しています。また、自然共生研究プログラムにおいては、さらに人口減少下での人間側の生態系サービス利用に着目し、人間社会と生態系の相互作用を明らかにしていく予定です。それぞれの地域ごとに無居住化集落は個性に富んでいますが、日本全体のパターンをシンプルに説明できるような統一的な解釈を目指して研究を進めていきたいと考えています。

(ふかさわ けいた、生物・生態系環境研究センター 生物多様性評価・予測研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

無居住化集落の研究を始めるに至ったきっかけは、多くの愛好家の方がWeb上に廃村の情報を公開されているのを見たことでした。調査や趣味で全国各地を飛び回っていますが、地域ごとにさまざまな生き物・歴史・文化・人、そして酒に出会えるので飽きることがありません。



【研究施設、業務等の紹介】

藻類株保存事業と霞ヶ浦研究

山口 晴 代

はじめに

国立環境研究所微生物系統保存施設(NIES コレクション)には現在、約480属、1,200種、3,500株の藻類や原生動物が保存されています(写真1)。NIES コレクションは1983年にスタートし、今年で33年目を迎える歴史ある微生物株保存機関です。開始当初は赤潮やアオコを作るような環境問題の原因となる藻類株を中心に保存が行われていましたが、現在ではそれだけに留まらず、さまざまな藻類の保存を行い、保存株の規模だけから見ても世界で有数の微生物株保存機関に成長してきました。今回、この藻類株保存事業に加えて、藻類株保存事業と研究との関わりについて、霞ヶ浦での研究例をもとに紹介したいと思います。

藻類とは？

藻類とは、おおざっぱに言って、水の中に棲む光合成を行う生物群です。ただし、花を咲かせる水草は含みません。なので、たとえばいわゆる金魚藻は藻類ではありません。藻類には、原核生物であるシアノバクテリアから真核生物であるミドリムシやミカヅキモなどさまざまな生物が含まれます。生息場所もさまざま、湖沼や海、温泉や雪氷、乾燥地域



写真1 藻類株の培養室

培養株は温度、光強度、明暗周期などによって培養する場所が分けられています。培養株は数週間から数ヶ月おきに、新しい培養液に植え継ぎが行われ、細胞の活性が保たれます。

などあらゆる場所に見られます。藻類の中には赤潮やアオコを形成したり、毒を作るものがあり、世界中で環境問題の原因になっていますが、その一方で、産業利用されるような有用な藻類もたくさん存在しています。例えば、一部の藻類はオイル、バイオエタノール、水素等のバイオエネルギー、食料や医薬品、珪藻土などの材料、飼料等に使われています。このように藻類には、人間にとって害になったり、得になったりするものなど多様なものが含まれ、地球環境や人間との関わりを考える上で非常に重要な生物群だと言えます。

藻類株保存事業

NIES コレクションでは、研究に使われた貴重な藻類株を研究者から受け入れて、定期的な植え継ぎ作業(継代培養)や生育、無菌検査、凍結保存を行うとともに、国内外の利用者に分譲を行っています。また、藻類株の情報、例えば藻類が採集された日・場所、生理的特性、株が使用された論文情報など、を整理してデータベース化し、公開しています(<http://mcc.nies.go.jp/>)。最近では、藻類株の情報のひとつとして、全ゲノム情報の公開も進めつつあります。

現在、NIES コレクションが保存している株は3,542株となっており、年々増加してきています(図1)。また保存株のうち、細胞を凍らせても復活ができるものについては、液体窒素の中で凍結保存を行っています(写真2)。NIES コレクションでは、全保存株の35%について凍結保存をしており、残りの65%については継代培養をしています。加えて、東日本大震災を経験した教訓として、自然災害などの不測の事態が起きたときでも重要な培養株が失われないように、危険分散として、NIES コレクションの凍結保存株のすべてのバックアップを神戸大学に、重要培養株である424株のバックアップを北海道大学に保存してもらっています。

分譲株数は2015年度実績で1,036株であり、近年

特集 生物多様性の保全から自然共生へ

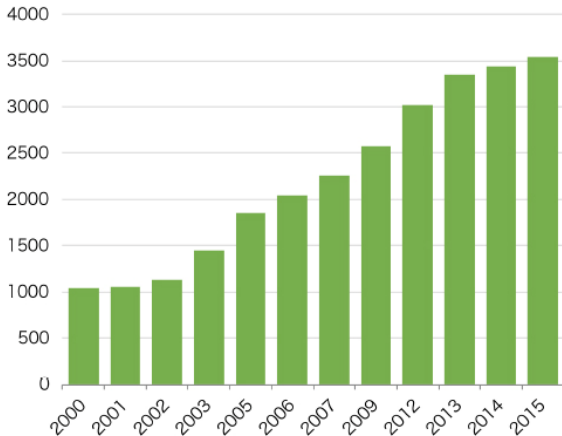


図1 保存株数の推移

縦軸は保存株数、横軸は西暦を示しています。2015年に保存株数が3,500株を突破し、そろそろ4,000株に到達しそうな勢いです。



写真2 液体窒素による藻類株の凍結保存

現在、35%の保存株が凍結保存可能なため、永久凍結を行っています。必要ときにぬるま湯で細胞の解凍を行い、元気な状態に戻します。

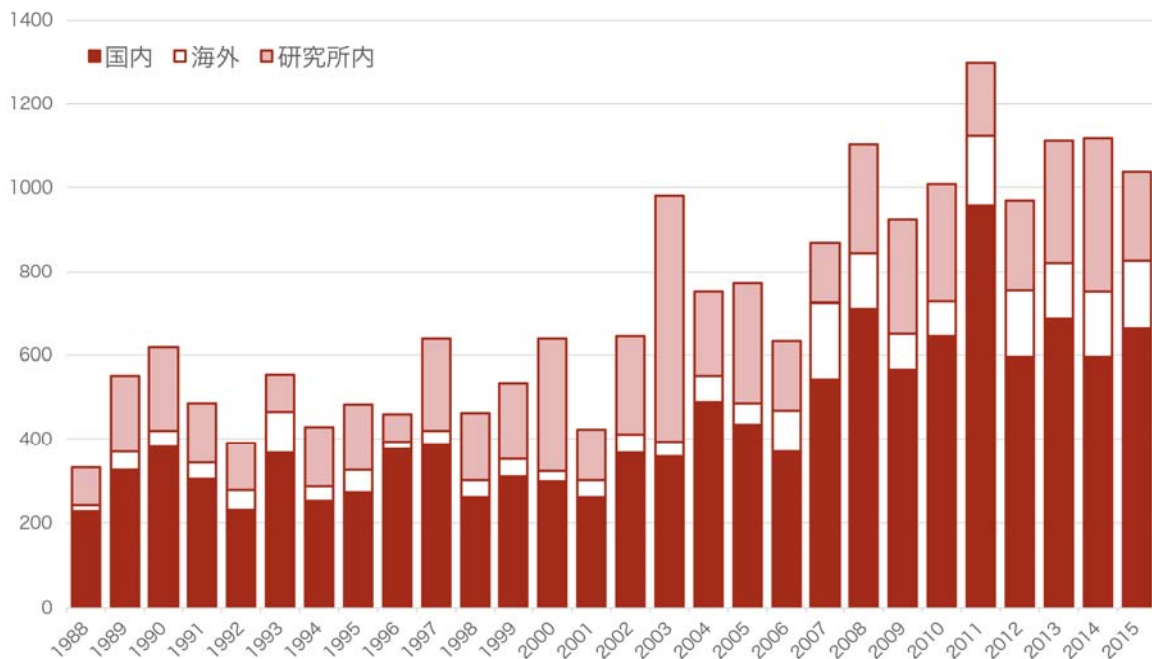


図2 分譲株数の推移

縦軸は分譲株数、横軸は西暦を示しています。ここ数年は分譲株の数が概ね1,000株程度になっています。

では概ね年間1,000株程度を国内、海外、研究所内の利用者に分譲しています(図2)。培養株の利用目的としては、分類学、生理学、ゲノム科学等の基礎研究分野が46%を占め、次いでバイオ燃料、有用物質に関わる応用研究分野が25%、さらには水質評価試験等の環境分野が11%を占めています。研究以外

では、高校や大学などの教育機関の授業で利用されるものが全体の16%を占めています。このように、NIESコレクションの藻類株は世界中で広く利用され、国立環境研究所が保有する貴重な遺伝資源としての認知が年々高まっていることを実感しています。

霞ヶ浦研究と藻類株保存事業との関わり

NIES コレクションでは、現在、霞ヶ浦産の藻類株を 230 株保存しており、藻類が採集された場所という観点でみると、霞ヶ浦産が最も多いこととなります。写真 3 は霞ヶ浦産藻類の例を示しています。国立環境研究所では、これらの霞ヶ浦産株を利用して様々な研究が行われてきました。例えば、霞ヶ浦でアオコ（藻類が大量増殖し、水面が緑色になる現象）を形成するシアノバクテリア *Microcystis aeruginosa* NIES-843 のすべての遺伝情報が解読され、また、最近では、霞ヶ浦産の 78 株が用いられて *M. aeruginosa* の種内系統群判別法が開発されました。霞ヶ浦モニタリング (<http://db.cger.nies.go.jp/gem/inter/GEMS/database/kasumi/>) では、毎月、どのような種類の藻類がいたかという顕微鏡観察から得られたデータを公開していますが、現在ではそれらの同定が正しかったかどうか、霞ヶ浦産株を用いて確認する作業も行われています。加えて、私を中心となって、前述の *M. aeruginosa* 判別法を簡便にして、霞ヶ浦モニタリングでも利用で

きるように改良を行っています。

また、現在、生物・生態系環境研究センターが中心になって行っている自然共生研究プログラムの中の、プロジェクト 5「生態系の持続的利用に向けた生態系機能・サービス評価」において、霞ヶ浦を対象にした研究が行われています。霞ヶ浦などの湖沼は、水資源、漁業資源、水質浄化、洪水調整、遊び場やリフレッシュできる空間など多様な恵み（生態系サービス）を私たちにもたらします。生態系サービス間には片方が良くなると片方が悪くなるといったトレードオフが起こる場合があります。例えば、流域の農業生産が高くなると、過剰な窒素やリンが湖に流入するため水質は悪くなり、アオコのような負の生態系サービスが生じてしまいます。本プロジェクトでは、霞ヶ浦流域の生態系機能やサービスを評価し、生態系サービス間のトレードオフ等の関係とその原因を解明することを目的としています。

「綺麗な霞ヶ浦になって欲しい」これは霞ヶ浦流域に住む私たちの願いです。綺麗ということは水が

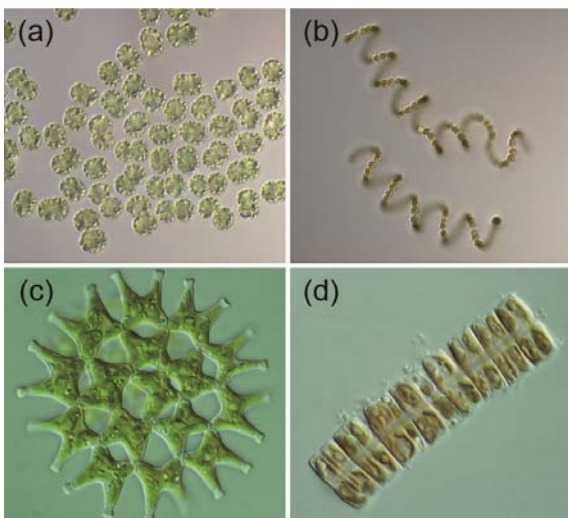


写真 3 霞ヶ浦産藻類

- (a) NIES-111 *Microcystis aeruginosa* (シアノバクテリア)。夏期に霞ヶ浦でアオコを形成することがあります。
- (b) NIES-79 *Dolichospermum pseudocompactum* (シアノバクテリア)。霞ヶ浦で時に *M. aeruginosa* よりも密度が高くなる場合があります。
- (c) NIES-211 *Pediastrum duplex* (緑藻類)。数は多くありませんが、頻繁に見られます。
- (d) NIES-391 *Fragilaria capucina* (珪藻類)。珪藻類はシアノバクテリアと並んで重要な一次生産者です。

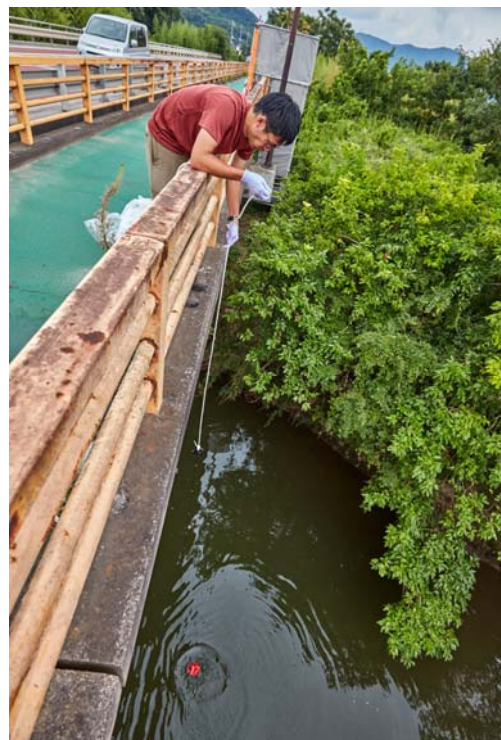


写真 4 霞ヶ浦流域での河川調査

霞ヶ浦流域の約 60 箇所から採水を行い、栄養塩の量などを調べています。採水しているのは松崎慎一郎主任研究員。

特集 生物多様性の保全から自然共生へ

澄んでいることを示す一方、藻類の量が少ないことを意味します。そこで具体的には、どの程度の栄養塩濃度であれば、アオコのような負のサービスを抑えられるか、多様なサービスを維持できるかといった評価を生態系サービスという軸を用いて解決しようとしています（写真4）。プロジェクトでは前述の霞ヶ浦モニタリングで得られたどのような種類の藻類がいるかというデータや保存株から得られた遺伝子情報などが役立ちます。この5年間で藻類保存株を活用しながら、霞ヶ浦からの恵みを持続的に享受できるような提言に結びたいと考えています。

おわりに

今回、藻類という共通のキーワードをもとに、藻類株保存事業と霞ヶ浦研究について紹介させていただきました。藻類は環境問題の原因になる一方で、それ以上に私たち人間に恵みをもたらしてくれます。今後、霞ヶ浦の水質が変われば、そこに住む藻類の

種類も変わっていくかも知れません。そんな環境変化について研究する際にも藻類株は役立つと期待されます。研究と藻類株保存事業は車の両輪のような関係にあり、どちらも上手に回ることによって成果が最大化できるものと考えられます。研究者にはその両輪をうまく回すバランス感覚が求められています。

（やまぐち はるよ、生物・生態系環境研究センター
生物多様性資源保全研究推進室 研究員）

執筆者プロフィール

つくばに住んで今年で15年になります。これまで、霞ヶ浦の近くにいながら水源としてのみの認識でしたが、去年からプロジェクトで霞ヶ浦を研究対象にし始めたことで、流域に住む人々たちにとっては恵みの湖で、研究対象としては頭を悩ませる湖であることを理解しつつあります。



新刊紹介

環境儀 63号 「『世界の屋根』から地球温暖化を探る～青海・チベット草原の炭素収支～」

森林は温暖化の主要因である大気二酸化炭素の吸収源として機能することが期待されています。しかし、森林とほぼ同じ面積を占める草原では、二酸化炭素の吸収能力についてあまり把握されていませんでした。そこで、最も標高の高い青海・チベット草原に注目し、さまざまな角度から温暖化関連の研究を展開してきました。本号では、主に炭素収支に関連する研究成果、そして現在展開している温暖化長期モニタリング研究を紹介します。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>



国立環境研究所研究プロジェクト報告 第114号

「化学物質評価・管理イノベーション研究プログラム（重点研究プログラム）平成23～27年度」

本報告書は、化学物質の生態リスク評価・管理手法に関する研究、ナノマテリアルの毒性評価手法の開発と安全性評価、化学物質リスク管理の戦略的アプローチに関する研究の3つの研究プロジェクトによって進められてきた研究成果を取りまとめたものです。生態リスクに関する3栄養段階生態リスク評価モデル、カーボンナノチューブ等の生体・生態影響の各種の知見、地域及び全球規模の新たな化学物質動態のモデル解析などの新たな成果により、現在および今後の化学物質管理の推進への貢献が期待されます。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-114-2016b.html>



国立環境研究所研究プロジェクト報告 第115号

「東アジア広域環境研究プログラム（重点研究プログラム）平成23～27年度」

本報告書は、東アジアにおける大気・海洋汚染を対象とし、汚染の実態や発生メカニズムの解明を行い、環境負荷とその応答の関係を評価できるシステムを構築した研究の成果について取りまとめたものです。特に、マルチスケールでかつ多くの媒体を包括する大気・陸域・海洋モデルを連結して東アジアにおける環境を予測し、大気・陸域の汚染防止対策の環境保全に対する効果を定量的に評価した点が、新しい知見と考えられます。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-115-2016b.html>



国立環境研究所研究プロジェクト報告 第119号

「小児・次世代環境保健研究プログラム（先導研究プログラム）平成23～27年度」

本報告書は、環境要因と子どもの健康との関連性について、健康影響メカニズムを解明することにより疫学知見に生物学的妥当性を与え、また莫大な数の化学物質や健康影響の中から疫学研究で検討すべき対象物質及び影響指標を提案することを目的として実施した研究成果についてまとめたものです。特に、有害な環境因子から、子どもたちと将来の世代の健康を守る政策立案に貢献できるよう、国立環境研究所が中心的機関として実施する大規模疫学研究「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」と連携して、より詳細な発達・免疫影響のメカニズム解明と高度な疫学手法の開発を行いました。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-119-2016b.html>



表彰

環境省 感謝状

受賞者：国立環境研究所 災害環境マネジメント戦略推進オフィス

受賞対象：平成 28 年熊本地震における災害廃棄物の処理に関する支援活動

受賞者からひとこと：平成 28 年熊本地震の被災地において、未だ大変な生活を余儀なくされていらっしゃる多くの住民の皆さまに、心からお見舞い申し上げます。国立環境研究所では、東日本大震災をはじめ過去の災害で発生した災害廃棄物の処理に対し、研究所の立場からの様々な支援と研究活動を推進して参りました。そうした中、本年 4 月に発生した熊本地震におきましては、昨年 9 月に環境省において発足させた「D.Waste-Net（災害廃棄物処理支援ネットワーク）」の一員として、本年 4 月に国立環境研究所内に新たに組織されたばかりの「災害環境マネジメント戦略推進オフィス」から現地に職員を派遣し、発災当初より 7 月下旬までの期間、災害廃棄物の処理に関する支援活動を行って参りました。本感謝状は、これまでの貢献活動が評価され、贈呈されたものです。近年では毎年のように大きな人的・物的被害を伴う自然災害が発生しており、また南海トラフ地震・首都直下地震等の大規模災害発生への切迫性も指摘される中、災害廃棄物の迅速かつ適正な処理の重要性はますます高まっております。今後とも国民の皆さまのお役に立てるよう、国立研究機関としての役割を着実に果たして参る所存です。

The Outstanding Poster Award

受賞者：中島謙一（資源循環・廃棄物研究センター）

受賞対象：Elemental distribution thermodynamically evaluated in an electric furnace for ferronickel production, The 12th Biennial International Conference on Ecobalance (Ecobalance 2016)

受賞者からひとこと：The 12th Biennial International Conference on Ecobalance (Ecobalance 2016) にて、The Outstanding Poster Award を頂きました。The Outstanding Poster Award は、Ecobalance2016 の審査員による一次審査・二次審査を経て約 110 件程度のポスター発表の中から 1 件が選ばれます。今回の Ecobalance2016 では、主要なニッケル原料であるフェロニッケルの製錬プロセスを取り上げて、熱力学解析により各種の元素の分配挙動を明らかにすると共に、忌避元素である燐(P)の分配挙動に着目して、P を含む劣質な静脈資源(例えば、めっきスラッジ等)を由来とする二次資源の利用可能性を模擬実験の結果を踏まえて示しました。様々な専門家が一堂に会するエコバランス国際会議において、本研究の意義を認めて頂いたことは非常に名誉であると共に、さらなる研究発展を期待されての受賞であると理解しております。今後、更なる精進と共に、資源利用の高度化・高効率化を含めて持続可能な資源管理に向けた研究・情報発信に努めていきたいと思っております。

編集後記

様々な研究分野の方が同じ機関の中で研究している一アタマでは認識していますが、国環研ニュースの編集に携わる機会をいただき、あらためて実感するようになりました。環境研究という大きな枠組みの中で、例えば、環境影響の実態把握とその防止や抑止に取り組んでいると言っても、研究者の描くイメージは研究分野によって全く異なるのではないのでしょうか。専

門用語もわからない場合が多く、よくよく聞いてみると、なんだ、そういうことかと思うことが度々あります。研究のヒントやモチベーションの種はどこにでもあります。得てして自分の研究分野の外側に置かれていることがままあることを感じつつ、新入りとして国環研ニュースの編集に携わっています。(H.S)

国立環境研究所ニュース Vol. 35 No. 5 (平成 28 年 12 月発行)

編集 国立環境研究所 編集分科会
ニュース編集小委員会

発行 国立研究開発法人 国立環境研究所
〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16 番 2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページからご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。