

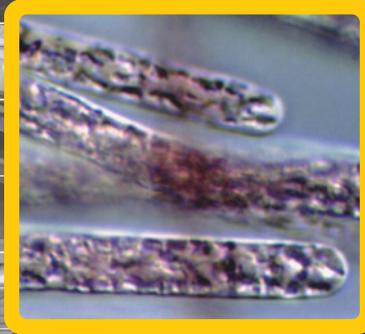
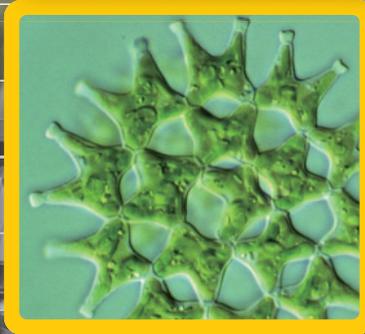
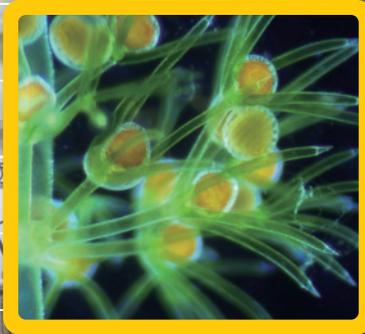
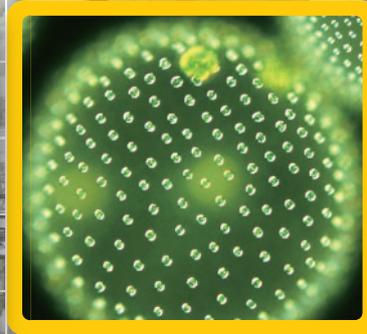


環境儀

No. 43 JANUARY 2012

国立環境研究所の研究情報誌

藻類の系統保存 微細藻類と絶滅が危惧される藻類



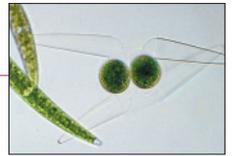
独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>







自然界で重要な役割をはたしている藻類を収集し、
培養株として系統保存しています。
この培養株は研究材料として研究者に提供されます。
また、種の多様性の保存という目的もあります。

国立環境研究所の微生物系統保存施設（NIESコレクション）には現在約430属、850種、3000株の藻類や原生動物が保存されています。

藻類は光合成による有機物の生産者として地球上で重要な役割をはたしているほか、物質の循環や有用物質の生産などにも深くかかわっています。現在約4万種が記載されていますが、自然界には30万種以上の藻類が存在すると推定されています。

国立環境研究所では、この藻類を収集し、培養株として系統保存しています。藻類コレクションの役割としては、藻類を永続的に維持し、いつでも同じ実験結果が得られることを担保すること、分類学や試験法などの基準・標準となる系統を提供すること、種の多様性を守るための域外保存などが挙げられます。

藻類の保存にあたっては、培養株の品質管理やデータベースの活用が今後の課題です。また、藻類の中には環境の急激な変化によって絶滅するものもあり、絶滅危惧種の保存も大きな課題となっています。

今号では、わが国の藻類保存プロジェクトの中核機関であるNIESコレクションについて、生物資源保存研究推進室長の笠井文絵さんにお話をうかがいました。

C O N T E N T S



藻類の系統保存

微細藻類と絶滅が危惧される藻類

- Interview
研究者に聞く!! p4~9
- Summary
微細藻類と絶滅が危惧される藻類の
系統保存の概要 p10~11
- 研究をめぐって
藻類コレクション—
その歴史、活動、課題など p12~13
- 「微細藻類と絶滅が危惧される藻類の
系統保存」のあゆみ p14

●本研究に関する成果は以下のURLで紹介されています。

<http://mcc.nies.go.jp/>（微生物系統保存施設）

<http://mcc.nies.go.jp/timecapsule/timecapsule-index.html>（絶滅危惧藻類の域外保全）

<http://www.nies.go.jp/biology/kiban/index.html>（生物・生態系環境研究センター環境研究の基盤整備）

●表紙写真：上段左から、培養株（植え継ぎ後と前）、シヌラ、ボルボックス。中段左から、オトメフラスコモ、クンショウモ、凍結チューブ。下段左から、ミカツキモ、プランクトスリックス、シャジクモ。

Interview 研究者に聞く!!

国立環境研究所の藻類コレクションには現在約850種、3000株の藻類と原生動物が保存されており、日本における藻類保存の中核機関として活動しています。このコレクションがいかになされてつくられ、どのような成果をあげてきたか、また今後の課題は何か、長年このコレクションにたずさわってこられた生物資源保存研究推進室長の笠井文絵さんにお話をうかがいました。



笠井文絵 / 生物・生態系環境研究センター 生物資源保存研究推進室長

藻類の系統を保存する

1：赤潮やアオコの研究から藻類の総合的なコレクションへ

Q：藻類コレクションが始まるきっかけは何でしたか。

笠井：藻類コレクションは1983年にスタートしました(図1)。1980年代初めは赤潮やアオコが深刻な環境問題になっていて、当時の国立公害研究所(国立環境研究所の前身)では、生物と水環境という2つの面から、赤潮やアオコがどのようなメカニズムで発生するのか、あるいはどのようにしたら発生を抑えることができるのかといったことを解明するための研究が盛んに行われていました。その過程で赤潮やアオコを作る藻類がたくさん分離され、培養株が作られました。実は、大量発生する藻類を培養するのは難しい場合が多いのです。また、今でこそ様々な培養液が開発され、培養できる種類が増えましたが、当時は培養液から開発する必要があり、当時の日本のコレクションには、このような環境問題に関わる株(この当時は環境問題を引き起こす株が中心)が保存されていなかったのです。当時

の研究者はとても苦労されたと思います。そして、これらの株をベースに藻類コレクション(以後NIESコレクションと呼ぶ)がスタートしました。

Q：その後、他の藻類もコレクションしていくことになるわけですね。

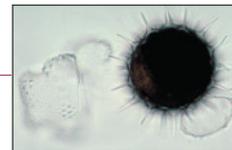
笠井：近くの筑波大学は、古くから系統分類学の歴史があり、陸上植物の起源となる藻類の研究が行われていました。その過程で、主にプラシノ藻と呼ばれるグループの様々な藻類が分離され、NIESコレクションに寄託されました。それらは、世界の他のコレクションには余り保存されていないグループであり、NIESコレクションの特徴となりました。それらの株を使ったオルガネラ*のゲノム解析が盛んに行われた時期があり、現在でもDNAデータはよく論文に引用されています。

また、2002年から文部科学省の「ナショナルバイオリソースプロジェクト(NBRP)」*が始まりました。その中核機関としての活動の過程で、東京大学、筑波大学、国立科学博物館に保存されていた微細藻類株がNIESコレクションに集約されました。東京大学からは



平成14年に完成した新棟(A)はRC3階建て延べ床面積1200m²、隣の旧棟はRC2階建て延べ床面積800m²です。継代培養株の保存(B)、凍結保存室の液体窒素槽(C)。

■図1 NIESコレクションの業務が行われている環境生物保存棟



いえ、それでも植えかえを忘れてしまう株があり、一度も姿を見ないうちになくなってしまった株がありました。それを教訓に、植えかえのスケジュールをパソコンで管理するシステムを作ってもらいました。それは株数が増えた現在、とても威力を発揮しています。

2：藻類は食物網や物質循環で重要な役割を果たしている

Q：藻類とはどのような生物なのでしょう。

笠井：一般に最もよく知られているのはコンブ、ワカメ、ヒジキといった食用にされる海藻でしょう。イカダモ、ミカヅキモ、ボルボックスという名前を知っている小中学生もいるかもしれません。藻類は「酸素を発生する光合成生物から種子植物、シダ植物、コケ植物を除いたもの」と定義されています。このような漠然とした定義は、藻類がどのようにして形成されたかを物語っているのですが、それについては既に環境儀No. 37で河地さんが説明していますので、それを参照してください。進化的な多系統性に加えて、藻類は1ミクロンに満たない微小なピコプランクトンから50メートル以上に生長する海藻まで、大きさも多彩です(図3)。また、NIESコレクションではここで定義されたような藻類だけではなく、それに近縁の無色の従属栄養生物(いわゆる原生動物)も保存しており、それもNIESコレクションの特徴になってきています。

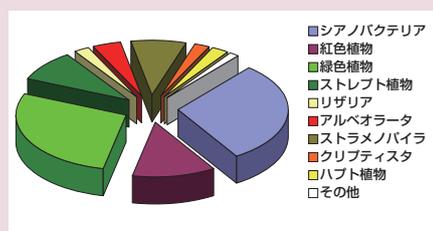
Q：藻類が自然界で果たしている役割にはどんなものがありますか。

笠井：まず一次生産者*としての役割があります。地球上の基礎生産*の半分近くが海で行われているという報告があります。そして海の一次生産者のほとんどすべてが藻類です。その藻類が行う光合成では、太陽エネルギーを使って二酸化炭素と水から有機物が作られ、酸素が発生します。だから、人間が呼吸する2回に1回

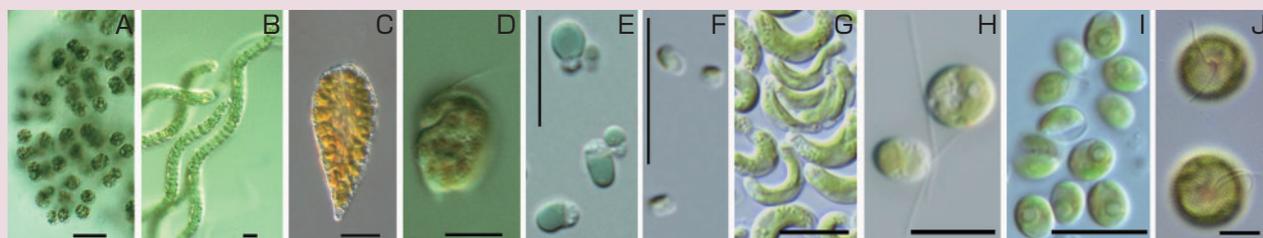
日本の研究者が開発し、光合成研究や遺伝学のモデル生物として古くから使われていた多くの株が移管されました。筑波大学からは、進化のキーとなる「新奇」分類群が寄託され、保存株の多様度が一気に増しました(図2)。これらは、単に「新奇」というだけでなく、生態系の中で重要な役割を果たしており、今後の生物多様性等の研究におおいに貢献する株だと思っています。また、国立科学博物館からは多数のアオコ形成藻(主にミクロキスティス属とアナベナ属)が寄託され、それまでの霞ヶ浦を中心とした株に、新たに日本中の富栄養湖から分離された株が加わりました。

Q：藻類のコレクションを実施していく上で苦労された点は？

笠井：私は藻類コレクションのスタートとともに採用されましたが、その当時は、保存株数も少なく、今と違ってまだ多くのことが紙で管理されていた時代です。しかし、当時の室長から、保存株に関するデータは最初から電子化しておくようにといわれました。そこで、保存株を管理するためのプログラムを作ることから始めたのですが、すぐにギブアップしてしまい、結局、教えてもらった人によってもらいました。保存株の多くは定期的に植えかえる必要があります。しかも、株によって植えかえの周期がまちまちです。保存株数が少ないとは



NIESコレクションには多様な系統が保存されています。アオコ形成藻ミクロキスティス(A)、好塩性のスピルリナ(B)、赤潮形成藻シャットネラ(C)とヘテロシグマ(D)、好熱性のシアニディオシゾン(E)、真核ピコプランクトンのマイクロモナス(F)、バイオアッセイに使われるプシュードキルヒネリエラ(G)、有性生殖のモデル生物クラミドモナス(H)、光合成のモデル生物クロレラ(I)、陸上植物の起源となるメソスティグマ(J)、スケールバー=10 μ m。



■図2 NIESコレクションに保存されている藻類のグループ別構成(上)と代表種(下)

は藻類が作った酸素を吸っているんだ、とって藻類の重要性を子供たちにアピールした海外のコレクション関係者もいました。

水界の食物連鎖の始まりは藻類であり、その藻類は動物プランクトンや魚の餌になり、水の中の動物を支えています。もちろん、その魚を人間が食べるというふうに食物連鎖を通して人間の食糧になっているという言い方もできます。また、抗酸化物質であるアスタキサンチン、EPAやDHAといった高度不飽和脂肪酸は、藻類によって作られたり、あるいは一部を藻類によって補填されたりして魚に蓄積するので、水産業の観点からは養殖魚の餌として、そのような栄養価の高い成分を多く含んだ餌藻類の選抜が世界的に行われていたりします。

一方で植物プランクトンに始まる古典的な食物連鎖のほかに、微生物食物網と呼ばれる溶存有機物やバクテリアを介した食物網が知られています。シアノバクテリアを始めとして藻類の中には様々な有機物を分泌する種があり、その有機物を利用してバクテリアが増え、さらに混合栄養の藻類や従属栄養生物がそのバクテリアを餌にしているといった関係です。従って、藻類は植物プランクトンを底辺とする古典的食物連鎖ばかりでなく、微生物食物網を介した炭素の循環においても重要な役割を果たしているといえます。そのほかに、窒素を固定したりイオウやケイ素の循環においても重要な役割を果たしています。

3: 保存株の品質を維持するには日常業務が重要

Q: どれほどの数の藻類を保存しているのですか。

笠井: NIESコレクションには20門、50綱、430属、



植え継ぎ



実験室



生育検査



分離

培養株保存業務

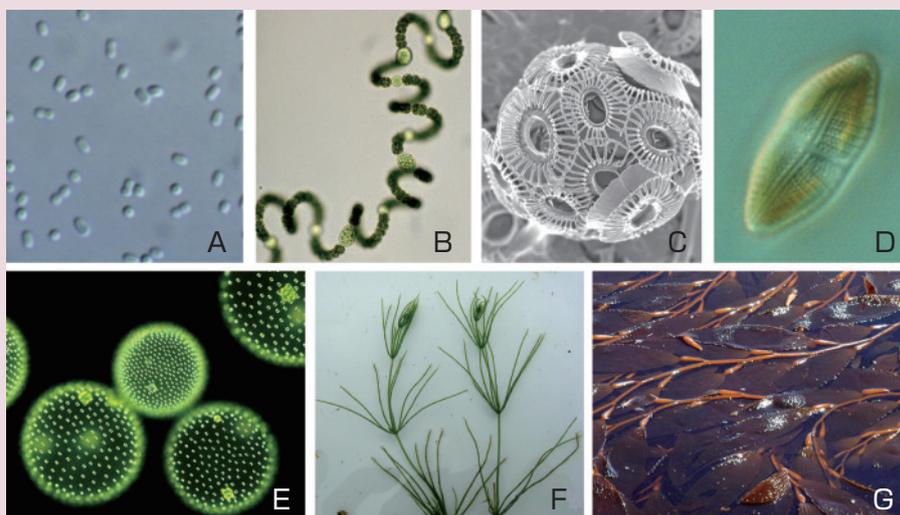
850種、3000株の藻類と原生動物が保存されています。種数や属数では、世界の他のメジャーコレクションに及びませんが、門や綱といった高次の分類群の数は他に比べて多く、その意味で多様な系統が保存されているといえます。もっとも、現在知られている藻類の種数約4万種、存在すると考えられる推定種数は30万種以上といわれ、それに比べると全世界の藻類コレクションに保存されている株数を合計しても微々たるものとしかれません。

Q: 実験用の藻類も保存しているのですか。

笠井: はい。バイオアッセイ*にもちいられる株や光合成や有性生殖のモデル生物として使われているクロレラやクラミドモナスといった株も保存しています。クロレラやクラミドモナスは、2007年に東京大学分子細胞生物学研究所のコレクションが閉鎖された際にNIESコレクションに移管された株ですが、古くから生理・生化学、遺伝学の研究材料として使われ、多くの論文が発表されています。

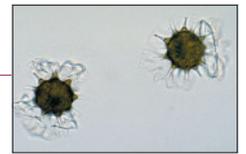
Q: 培養株はどのように保存されているのでしょうか。

笠井: 受け入れが決まった株はまず継代培養します(図4)。これは藻類の増殖が定常期を迎える頃に新鮮



■図3 様々な大きさの藻類:微小なピコプランクトンから50mをこす海藻まで

1~2 μm と微小で水界の一次生産者として重要なシネココッカス(A)、窒素を固定するアナベナ(B)、直径十数 μm でイオウ循環のキーとなるエミリアニア(C)、長径数十 μm 沿岸域の主要な生産者珪藻(D)、直径が100~数百 μm に達するボルボックス(E)、藻体が10cm~1mに及ぶシャジクモの仲間(F)、世界最大の海藻で50m以上にも生長する褐藻マクロキスティス(G)。Gの写真提供:国立科学博物館北山太樹氏



たりするのも系統保存のためには必須の業務です。

Q: 保存されている培養株を研究に利用したい場合はどうすればよいですか。

笠井: NIESコレクションのホームページを見ていただくと、そこから直接分譲依頼ができるようになっていきます。分譲の際には必ずMTA(材料の移転に伴う同意書)を交わすことになっていきますので、ホームページで注文した後は必ず署名捺印した「微生物株分譲依頼書兼同意書」を郵送していただいています。これを確認してから培養株を発送します。藻類の培養経験のある方への分譲が原則ですが、そうでない方からの依頼もしばしばあり、培養法の講習会などが必要ですが、手が回っていないのが現状です。

4: 見る目をふやすことが絶滅危惧種の保全につながる

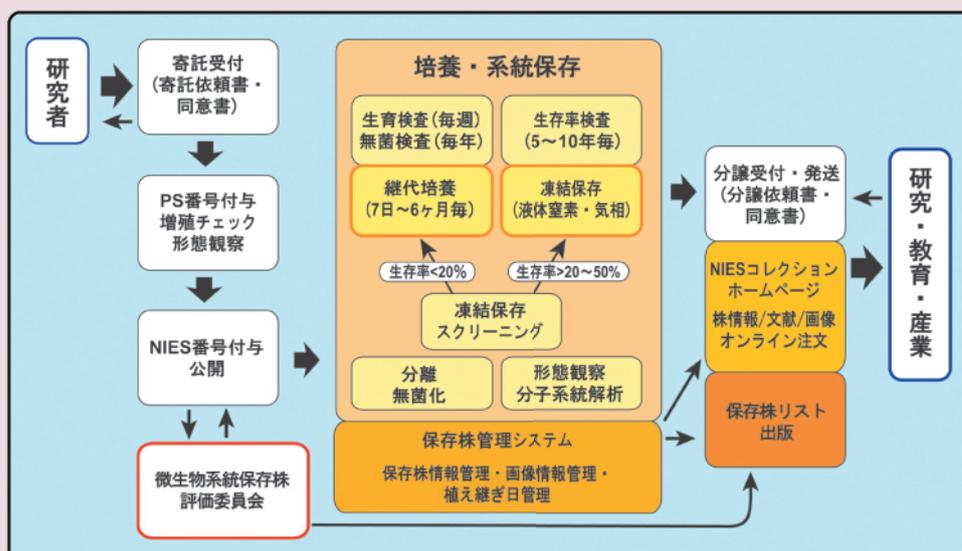
Q: 絶滅危惧種のコレクションもNIESコレクションの特徴ですね。

笠井: 現在NIESコレクションで保存しているのは、絶滅が危惧される藻類の中でも淡水産の紅藻の仲間とシャジクモの仲間です。本来は生息している場所で保護されるのが理想で、いくつかの機関によってそのような試みも行われているようです。しかしそれが実を結んで生息場が保全される前に絶滅してしまう種もあるでしょう。せめてその種がなくなってしまうように培養株として保存しよう、培養株にして保全研究の研究材料を提供しようというのが絶滅危惧藻類保存の目的です。

国立環境研究所では1990年代半ばに湖に生息するシャジクモ類の調査が行われ、その時の調査結果は多くの湖からシャジクモ類が消えてしまったことを示して

な培地に少量植えて増殖させるという方法です。種類によって増殖速度が異なるため、次の植継ぎまでの期間は短い場合は1週間、長い場合は6ヶ月ほどです。種類によって培養液の組成や培養温度、光の好みも異なるので、継代培養は非常に手間のかかる保存法です。藻類には液体窒素の中で凍結保存することができる種類もあります。そこで、これまでに凍結保存が成功している種の場合は凍結条件や凍結後の生存率を確認してから凍結保存に移行します。凍結保存の前例がない種でも、凍結保護剤の濃度を検討し、凍結後の生存率がある程度確保できれば凍結保存に移行します。現在、約1000株(全保存株の3分の1)が凍結保存されています。

凍結保存は、一度凍らせてしまえばその後の手間がかからないため非常に効率的な保存法ですが、藻類で凍結保存ができる種はまだ限られていて、多くの種が継代培養されているのが現状です。継代培養では生きた細胞を植え継ぐため、途中で死んでしまう可能性もあります。また、植え継ぎ作業は無菌室で行われますが、雑菌が混ざってしまう可能性もあります。目視や実体顕微鏡を使って増殖状況を調べたり、無菌検査を実施し



■ 図4 保存業務の流れ

いました。そして、その時に採集されたシャジクモの仲間が絶滅危惧種の保存のスタートです。

2002年に環境試料タイムカプセル化事業が開始された時に、藻類についても本格的に絶滅危惧種の保存を開始しましたが、この時同時に、今度は湖ではなくため池などの浅い水界を対象にしたシャジクモ類の生育調査も始め、主に香川県をフィールドにしました。

Q: シャジクモ類に着目しているようですが、どのくらいのシャジクモ類をコレクションしていますか。

笠井: 現在までにシャジクモ類は30種類ぐらいが培養株になっています。当初、過去に調査記録のあるため池、これは主に平地にある大規模ため池なのですが、こういった所を調査しても全くと言っていいほどシャジクモの仲間を見つけることはできませんでした。ところが、山間の小さなため池の調査を始めてから、格段に保存株の種数が増えました。2007年にレッドリストの改訂があり、それまでの湖に生息する種に加え、ため池などの浅い水界に生息する種が加えられ、シャジクモ類の絶滅危惧種は52種に増えました。ですから、まだやっと半分程度しか培養株になっていないことになります。しかし、やっとこれだけ収集できたというのが実感です。過去の記録を見ているともともと生育報告の少ない希少種もあり、今回の調査ではそれらはほとんど見つかっていません。

Q: 絶滅危惧種の保存で難しい点は何ですか。

笠井: 絶滅危惧種の藻類について、どの種がどの程度の量（個体数）、どの程度の範囲に分布しているのか、といった定量的な調査報告は日本では全くありません。また、種によって光の利用効率が異なることが知られていることから、ある特定の種が絶滅しやすいかもしれないし、反対に分布を広げている種もあるかもしれません。まだまだ調査不足です。その原因の1つはシャジクモ類の研究者が足りないためですが、シャジクモの



シャジクモ類の採集



シャジクモ類の培養



シャジクモ類の繁茂する小規模ため池



湖底をおおうヒメフラスコモ

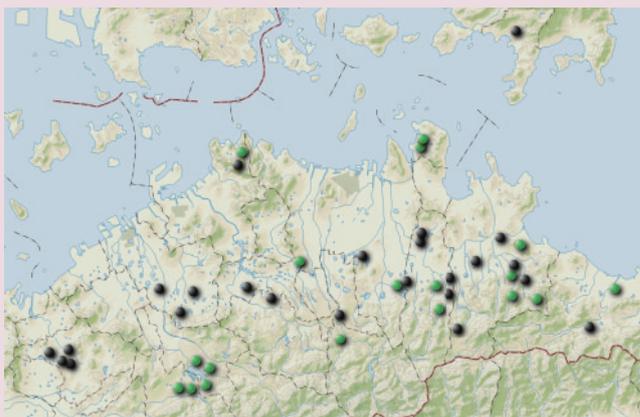
絶滅危惧藻類の採集と保存

仲間がどこにいるのかわっている水草研究者やアマチュアの方達は結構いるのではないかと考えています。ところがその人たちの大きな障害になっているのは、専門外の研究者にわかりやすい解説書や図鑑がないことです。私たちも種の同定にはとても苦労しました。専門書を参照し、たくさんのサンプルを観察し、分子系統解析までして、なんとなく藻体の形からある程度の同定ができるようになった段階で、その経験をまとめて「シャジクモフィールドガイド」という小冊子を作りました。そして主に水草研究者に、まるで押し売りのように送ったのです。これまでの「シャジクモの仲間は全くわからない」から少しでも脱却することに役立ててもらえればと思っています。見る目を増やすことがシャジクモの仲間の本当の「危機」を見極めることへつながるからです。

5: 藻類の魅力を伝えたい

Q: 藻類コレクションの今後の課題は何でしょう。

笠井: 第一に品質管理です。NIES株はこれまでも品質には定評がありましたが、今後はそれが絶対的なものであることが求められる時代になります。科学技術が高度化すると、研究材料にも精度が求められるわけです。

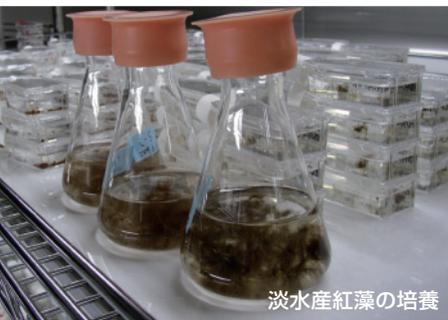


■図5 香川県のため池におけるシャジクモ類の変遷



1940年代と1980年代のシャジクモ類調査報告があるため池を2004年～2011年に再調査しました。緑丸はシャジクモ類が見つかった池(18池、写真上)、黒丸は見つからなかった池(25池、写真下)。現在もシャジクモ類が生育しているため池の多くは丘陵地の小規模ため池であり、平野部の大規模ため池からは消滅したことを示しています。

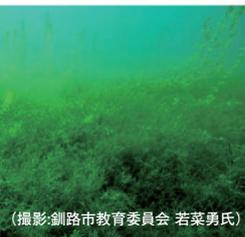
[分布図はプロアトラスSV(株式会社アルプス社)を使って作成されました]



淡水産紅藻の培養



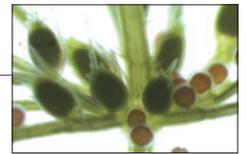
チスジノリ



(撮影:釧路市教育委員会 若菜勇氏)



河川中の岩に付着するチスジノリ



胞を増やせる、微細藻類の場合は取扱いやすさといったところでしょうか。単純に生き物としての魅力はというと「色」と「形」です。研究材料を藻類にかえて初めて顕微鏡でのぞいた時の感動は、初めてカラーテレビを見た時の感動と同じでした。研究材料としていたミカヅキモは、顕微鏡でみると草や葉と同じ緑色なのですが、とてもきれいでした。その後、国立環境研究所に来てから様々な藻類を観察したり分離したりする機会がありましたが、今度は青緑色、薄紫色、黄金色と、色も様々な上に形も様々で、小さな生き物の巧みさに感動しました。毎年7月に行われている「夏の大公開」では、生きた藻類を性能のよい顕微鏡で観察することができます。また、教育用に使う藻類培養株は無料で提供しています。小中学校の先生に利用していただき、子供の頃から藻類に親しみをもってもらえたらと思います。

Q：ありがとうございました。

* **オルガネラ**：細胞内にある葉緑体やミトコンドリアといった小器官のこと。

ナショナルバイオリソースプロジェクト (NBRP)：世界標準となるような研究材料を整備するため、様々な生物種（例えばマウス、ショウジョウバエ、メダカ、イネ、シロイヌナズナなど）のそれぞれに保存と提供の拠点機関を整備することを目的とした文科省の推進するプロジェクト。

基礎生産、一次生産者：光合成や化学合成によって無機物から有機物をつくることを基礎生産といい、その過程を担う生物を一次生産者という。

バイオアッセイ：生物をもちいて水質や化学物質などの生物に対する影響を総合的に測定する方法

具体的には、ISOなど国際的に認められた機関の認証を受けることも視野に入れる必要があると個人的には思っています。また、「品質管理」の中には、DNAバーコーディングによる系統管理のように株の科学的な裏づけ作りも含まれ、今後ますます重要になるでしょう。

2番目はデータベースの活用です。現在は学名や産地などの基礎情報、サイズ、遺伝子情報などが株情報として公開されています。しかし、株を利用した文献からその中の情報をデータベースに登録する作業が追いついていない状況です。今後は、株情報を充実させ株の利便性を高めることがますます重要となるでしょう。研究者としては情報がたくさんついている株の方が使い勝手がよいのです。

Q：最後に藻類の魅力は何でしょう。

笠井：研究材料としては多様性、同じ性質をもった細

DNAバーコーディングによる藻類の種の同定



河地正伸

生物・生態系
環境研究センター
主任研究員

微細藻類の種を同定するには、通常、顕微鏡で観察して、形態的な特徴を調べる方法がとられますが、形態的な特徴だけでは同定が難しい種や長年の培養で形が変わってしまうようなことがあります。一方で、最近ではDNA配列の相同性を基に種を同定する手法がよく使われるようになりました。Web上で公開されているDNAデータバンクには多数のDNA配列が登録されていて、目的のDNA配列に近い配列を検索することが可能

です。特に18S rRNAや16S rRNA遺伝子は、多数の生物種で登録されていて、種の同定によく使われています。何だかよく分からない生物でも、こうした遺伝子のDNA配列を決定して、DNAデータバンクで検索すると、種名や近縁な種の情報を容易に得ることができます。

こうした考え方を発展させたのが、DNAバーコーディングです。特定の遺伝子領域を使って生物種を同定する手法

で、Consortium for the Barcode of Lifeという国際組織から提案されました。DNA配列を商品バーコードのようにとらえて、商品名や価格等の情報を読み取るように、種を簡便に同定するというものです。動物や昆虫などの多くの後生動物では、ミトコンドリアのCOI遺伝子がよく使われています。種内の変異が少なく種間変異の大きい領域であること、多数の配列情報が登録されていることがよく使われる理由ですが、こうしたメリットは、多様な系統群で構成される藻類の場合、うまく当てはまらないようです。登録数が充実していて、種をある程度の精度で同定できる点で、18S rRNAや16S rRNA遺伝子の方が、藻類のDNAバーコーディングに向いているようです。

NIESコレクションでは、現在、形態的な特徴で種同定が難しいものを優先して、18S rRNAや16S rRNA遺伝子などの配列を決定して、相同性の検索や系統解析などを行っています。解析の結果、種名や所属分類群の誤りを訂正することもあります。保存株の利用者や種の同定等に広く利用できるように、随時DNAデータバンクに登録して、その登録番号を保存株情報として公開しています。分類学の進展とともに種名が変更されることがありますが、保存株番号や遺伝子登録番号は変わることのない、保存株のアイデンティティを示す情報です。コレクションの品質管理を行う上で、こうしたDNAバーコーディング情報は必須の情報と言えます。

微細藻類と絶滅が危惧される藻類の系統

1. 国立環境研究所微生物系統保存施設

国立環境研究所における藻類の系統保存は、1983年に微生物系統保存施設（NIESコレクション、当時は国立公害研究所）としてスタートしました。当時、日本では湖沼の富栄養化や河川、海洋の水質悪化が大きな環境問題になっていたため、それらの研究のための研究材料を整備することを目的として設立されました。

2002年には文部科学省のナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）における藻類リソースの中核機関に採択され、現在もその活動を続けています。NBRP第1期（2002～2006年）には、国立科学博物館、筑波大学、東京大学に保存されていた藻類培養株がNIESコレクションに集約されました。第2期（2007～2011年）は保存株の付加価値を高めるためのデータの収集や品質管理体制の整備を行っています。また、藻類の分類の基準となるタイプ株やタイプ標本としての凍結保存試料の受け入れも行っています。

2011年3月11日の東日本大震災ではNIESコレクションも震度6弱の大きな揺れに見舞われましたが、幸いにも培養棚や培養庫の倒壊は免れました。また、その後の節電期間も何とか乗り切ることができました。一方で同年9月には、これまでの藻類の保存および分譲の実績が評価され、日本植物学会から「日本植物学会賞特別賞」が授与され、NIESコレクションとしてうれしい歴史の一コマを刻みました。

保存株：NIESコレクションの特徴の1つは設立当初からコレクションを代表する赤潮形成藻やアオコ形成藻の培養株です。また、NBRPの活動をとおり、系統進化を考える上で重要な藻類や原生動物の培養株、ゲノム

解析、分子生物学、遺伝学、生理学など多くの研究分野で利用されてきたいわゆるモデル生物の培養株も新たに加わりました。海洋の一次生産者として近年脚光をあびるようになった真核性のピコプランクトン培養株も、外部研究者からの寄託やコレクション間の株交換によって収集されています。NIESコレクションは、このように多様性とモデル生物という2つの面から環境研究や基礎研究の材料を保存・提供しています（図2）。

1985年に出版された「NIESコレクション保存株リスト、第1版」には262株が掲載されています。その後、研究所内外の研究者からの株の寄託によって、特に2002年以降はNBRPの活動によって、保存株数が大幅に増加し、現在は426属、857種、2928株を保存するに至っています（図6A）。

系統保存—継代培養と凍結保存：保存株の3分の2に相当する約2000株は継代培養という方法で維持されています。培養温度は5～25℃（好熱性の株の場合は37または50℃）、光の強さは4～200μmol・m⁻²・s⁻¹で12時間の明暗周期、植え継ぎ間隔は7日～6ヶ月で、保存条件や培養液は株ごとに異なります。また、NIESコレクションでは、継代培養株を失わないよう保存株の生育状態の確認を毎週行っています。継代培養されている株のうち約500株が無菌株ですが、それらについては無菌検査培地を用いた無菌検査を毎年実施し、品質管理に努めています。

一方、残りの約1000株は気相の液体窒素中で凍結保存のみで維持されています。凍結保存されているのは主にシアノバクテリア、単細胞性の緑藻や紅藻、絶滅危惧種の淡水産紅藻などです。NIESコレクションでは、凍結後の生存率が通常は50%以上であることを目安に

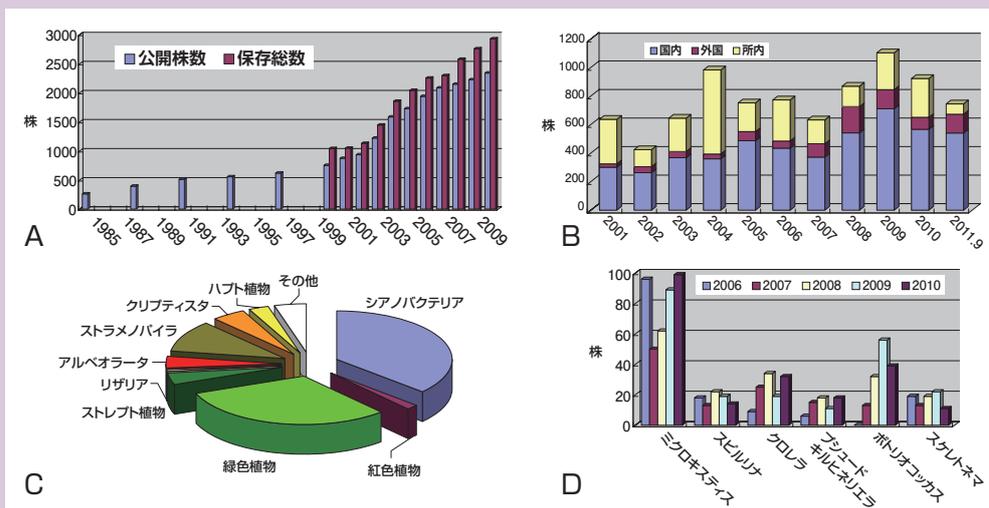
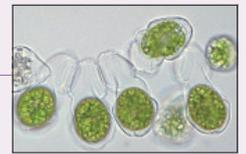


図6 保存株数と利用の推移



保存の概要

凍結保存に移行していますが、比較的増殖速度の速い種などでは、生存率がそれより低くても作成するチューブ数を増やすことによって凍結保存に移行する場合があります。また、藻類の中には長期間の継代培養が難しい種があり、それらについては凍結後の生存率が低い場合でも凍結保存による維持を併用することによって継代培養による滅失を防ぐ努力をしています。

保存株のバックアップは、大震災が現実のものとなった現在保存施設にとって最優先事項です。凍結保存株については2008年より各株について凍結チューブ1本を神戸大学で保存しています。また東日本大震災後の2011年10月からは継代培養株についてもその一部を北海道大学でバックアップする体制を整えています。

保存株の利用：NIESコレクションでは研究、開発、教育用に保存株を分譲しています。利用数(分譲数として)は、年毎の変動はありますがここ数年増加傾向にあります(図6B、2011年度は11月末現在で昨年度とほぼ同数)。分譲先は国内が80～90%、国外が10～20%です。また、利用者別に見ると、研究機関や大学などアカデミアでの利用が75%、産業界での利用が20%、授業など教育用が5%です。多様なグループが利用されています(図6C)。種別にみると最もよく利用されているのはやはり代表種であるミクロキスティス株ですが、オイルを作る藻類として脚光を浴びているボトリオコッカス株もここ数年分譲数を急激に伸ばしています(図6D)。

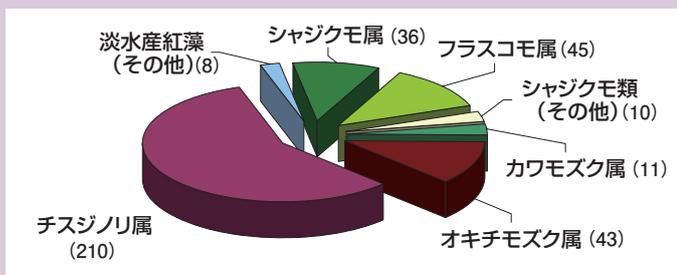
2. 絶滅が危惧される藻類の域外保存

2000年に出版された「日本における絶滅の危機に瀕した野生生物のリスト—レッドリスト 植物II(維管束

植物以外) (環境庁)には絶滅、野生絶滅、絶滅危惧I類、絶滅危惧II類に47種の藻類が掲載されました。2007年の改訂では、それまで情報不足とされていた新たな種が加わり、藻類の絶滅危惧種は116種になりました。これらの多くをシャジクモ類と紅藻(多くは淡水産)が占めています。これらの藻類は、池沼の富栄養化、護岸工事や河川改修などによる生息場所の破壊、草食魚の導入といった人為的な環境の改変によって個体数を減少させていることが指摘されています。

NIESコレクションにおける絶滅危惧種の保存は、1990年代半ばの湖沼を中心とした調査の過程で収集された4種のシャジクモ類からスタートしました。2002年から2010年まで続いた環境試料タイムカプセル化事業(環境省請負)では「絶滅危惧藻類の生息状況調査及び保存と凍結保存・将来活用技術等の検討・開発」を実施し、またその間に外部研究者からの寄託もあり多くの培養株が収集されました。

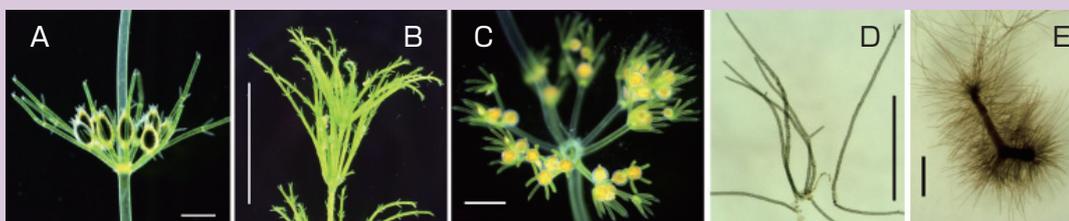
現在は、淡水産紅藻14種270株とシャジクモ類28種92株が保存されています(図7)。これらの培養株のうち、淡水産紅藻のチスジノリやオキチモズク150株が液体窒素中で凍結保存されています。一方、シャジクモ類は継代培養されています。継代培養株は、単藻化を行い混在する他の藻類を除くことによって長期間安定して維持することが可能になります。現在は、卵胞子を滅菌してから発芽させ培養株を確立することにより30株が単藻化されています。また、かつてはシャジクモ類が繁茂していましたが現在は消滅してしまっている霞ヶ浦や多々良沼の底泥に埋土されていた卵胞子から再生された種も保存しています。



上:属別保存株数(カッコ内の数字)

下:代表種の培養株

A~Cシャジクモ類、Aシャジクモ、Bハダシシャジクモ、Cオトメフラスコモ、D・E淡水産紅藻、Dオオイシソウ、Eチスジノリ。スケールバー:A・C・D・E=1 mm、B=1 cm。



■図7 絶滅が危惧される藻類

藻類コレクション—その

バイオ燃料の探索にまつわり、近年一般にも脚光を浴びるようになった藻類。近年の分がっています。ここでは、藻類を研究材料として提供する藻類コレクションの歴史、活動



■世界では

藻類のコレクションは、1920年代のプラハに始まり、今ではアジアを含めて世界の主要な国には必ず1つは存在するといっても過言ではありません。その中で、保存株の分譲を活発に行っている代表的なコレクションは、英国の藻類原生動物コレクション（略称CCAP）、米国のテキサス大学藻類コレクション（UTEX）とプロバゾリ-ギラード海産藻類微生物コレクション（NCMA、前身はCCMP）、ドイツのゲッチンゲン大学藻類コレクション（SAG）、フランスのパスツールシアノバクテリアコレクション（PCC）、オーストラリアの国立藻類コレクション（CSIRO）、そして国立環境研究所のNIESコレクション（NIES、つくば）などです。これらのコレクションを中心に1998年からおよそ4年ごとに「藻類カルチャーコレクション会議」が開催され、コレクションの活動、培養や保存の技術的問題、コレクションが抱える分類学の問題などについての発表やディスカッションが行われています。2008年の会議は、最も古い歴史を持つ藻類コレクションの1つであるCCAPで開催され、DNAバーコーディングやタイプ標本の凍結保存とその管理などについて話されました（写真1）。

コレクションの抱える問題は、分類学の問題とも強くかかわっています。藻類の新種を記載する場合、参照した生物の標本や図解（生きてると形が変化してしまうことなどから不活性な状態でなければいけないことになっている）をタイプに指定し、後の研究のために残す

ことが「国際植物命名規約」で決められています。微細藻類の場合は、海藻や陸上植物のように押し葉標本を作ることができないため、主に図解が残されてきました。しかしこれだけでは後世の研究者が参照する場合に不十分なことが多く、2000年の規約改訂では「凍結保存された株」もタイプに指定できるようになりました。また、これは新種の記載だけでなく、分子系統解析などに基づいて属や種の記載を改訂する場合にも、それまでの図解のタイプを補完する目的で採用することができます。そこで、少しずつですが新種の記載や既存種の改訂の際に凍結保存株がタイプに指定されるようになり、凍結保存を積極的に行っているCCAPやUTEXといったコレクションに凍結タイプ標本が保存されるようになりました。現在、NIESコレクションにも日本人研究者が指定した7種のタイプ標本が凍結保存されています。

この他、藻類コレクションも含めた一般的なコレクションが直面する課題として、先端科学の要求にどのように対応するかという問題があります。近年の科学技術の進展は目覚しく、特に分子生物学の発展は、生物資源の取得、改変、利用のすべての点でその可能性を著しく増大させたといえます。先端的な科学や産業利用のためには付加価値のついた高品質の生物材料が求められます。そのためにOECD（経済協力開発機構）は「生物資源センター（BRC, Biological Resource Center）」という概念を打ち出し、2007年にはその実践のために「生物資源センターのためのベストプラ



■写真1 2008年にスコットランド、オーバンのCCAPで開催された「藻類カルチャーコレクション会議」（写真提供:CCAP）

歴史、活動、課題など

子生物学の進歩や生物多様性へ関心の高まりから、様々な分野で藻類利用の可能性が広
のトピックス、課題を紹介します。



クティスガイドライン」を定め、藻類を含めた培養株の標準的な取り扱いの指針を示しました。BRCは、これまでのような培養株の保存と提供の機能だけをもったコレクションではなく、生物情報の集積・発信機能を含めた総合的な組織を意味し、生物多様性条約でも多様性の域外保存機関の1つとしてその必要性が強調されています。BRCの考え方は、細菌や菌類のコレクションと比較して一般に規模が小さい藻類コレクションについても当てはまり、今後は、標準的な指針に沿ったコレクションの管理が求められることになるでしょう。

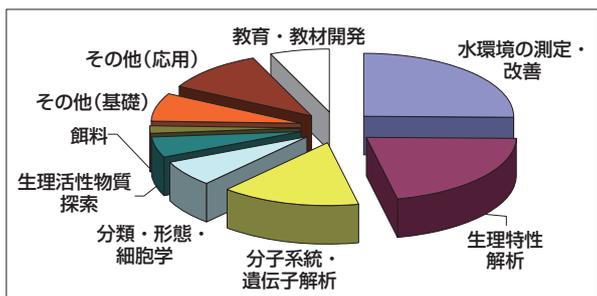
■日本、国立環境研究所では

日本の藻類コレクションの歴史は、1957年に設立された東京大学応用微生物研究所（IAM、現在の分子細胞生物学研究所）の微細藻類コレクションから本格的にスタートしたと言えます（IAMの藻類以外の微生物コレクションはこれより前の1953年に設立されています）。その後50年の歴史を経て、2007年3月のIAMコレクションの終了にともない、微細藻類株はNIESコレクションに移管されました。現在、NIESコレクションには300株あまりのIAMコレクション由来の培養株が保存されていますが、その中には日本の藻類コレクション黎明期に収集されたIAM C-27株（Tamiya strainとして知られている。現NIES-2170株）を始めとする多数のクロレラ株や、IAM C-9株（現NIES-

2235株）を始めとするクラミドモナス株など、古い歴史をもつ培養株が含まれています。また、IAMコレクション設立当時に、UTEXの前身であるインディアナ大学のコレクションやCCAPから分与された株には、Pringsheim、Provasoli、Starrといった藻類の培養や藻類コレクションの魁でもある偉大な藻類学者によって分離された培養株も含まれており、NIESコレクションにも欧米から発した藻類コレクションの歴史の一端が引き継がれているといえます。

現在、日本の藻類コレクションには、NIESコレクションの他に水産生物資源に特化した独立行政法人水産総合研究センターのジーンバンク、独立行政法人製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンターの藻類コレクション（主体は細菌および菌類を扱う日本最大規模のBRC、一部に藻類が含まれている）、NBRPの分担機関でもある神戸大学の大型海藻コレクションなどがあります。その中で、NIESコレクションは保有数、分譲数とも日本最大のコレクションとして活動しています。

1985年には、保存株のカタログである「NIES-Collection List of Strains, 1st Edition (NIESコレクション 保存株リスト 第1版)」を発行し、2009年には第8版を発行するにいたりました。分譲された培養株は、水環境に関わる研究や生理特性の解析など、藻類のかかわる様々な基礎および応用研究に利用されています（図8）。



■図8 分譲した培養株の利用目的

様々な基礎および応用研究に利用されていることがわかります。水環境の測定・改善にはバイオアッセイ、赤潮・アオコの制御、アオコ毒関連研究、水処理・水質浄化に関する研究が含まれます。



■写真2 NIESコレクションのスタッフ

「微細藻類と絶滅が危惧される藻類の系統保存」のあゆみ

国立環境研究所では、30年にわたって藻類の系統保存を実施してきました。その間、藻類の収集、分類、モニタリング、アジアでの分類学の能力構築などのプロジェクトにも参加してきました。ここでは、その中から藻類の系統保存にかかわる事業について、そのあゆみを紹介します。

課題名

微生物系統保存事業(昭和58年度～)

課題名

ナショナルバイオリソースプロジェクト「藻類の収集・保存・提供」
(第1期:平成14～18年度,第2期:平成19～23年度)

課題名

環境試料タイムカプセル化事業「絶滅危惧藻類の生息状況調査および保存と凍結保存・将来活用技術等の検討・開発」(平成14～22年度)

これらの事業、プロジェクト、研究は以下のスタッフによって実施されました(所属は当時、敬称略)

<研究・事業担当者>

生物・生態系環境研究センター …………… 笠井文絵、河地正伸

(旧)生物圏環境研究領域 …………… 渡邊信、広木幹也、野崎久義、佐竹潔、坂山英俊、平林周一、中山卓郎

(旧)環境研究基盤技術ラボラトリー …………… 清水明、戸部和夫

保存スタッフ(委託技師) …………… 恵良田真由美、森史、湯本康盛、佐藤真由美、石本美和、川端篤志

客員研究員および事業・研究協力者 …………… 大森雄治(横須賀市自然・人文博物館)、加藤将(東京大学)、加藤信重(独協大学)、香村真徳(琉球大学名誉教授)、熊野茂、久米修、佐野郷美(千葉県立船橋芝山高校)、洲澤譲(河川生物研究所)、須田彰一郎(琉球大学)、野崎久義(東京大学)、樋口澄男(長野県環境保全研究所)、宮地和幸(東邦大学)、森嶋秀治(千葉県立鎌ヶ谷高校)、吉田忠生(北海道大学名誉教授)、渡邊信(筑波大学)

<ナショナルバイオリソースプロジェクト藻類分担機関担当者>

第1期

筑波大学:井上勲、中山剛

国立科学博物館:渡辺真之、辻彰洋

東京大学:横田明

神戸大学:川井浩史

北海道大学:島田智

第2期

筑波大学:井上勲(課題代表)、渡邊信、石田健一郎、中山剛

神戸大学:川井浩史(課題代表)、羽生田岳昭、山岸隆博、甲斐厚

● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、藻類に関わる環境研究に関連するものをいくつか紹介します。

No.39 「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質

●地球環境の変動として、CO₂ 増加などの問題が注目されていますが、ケイ素からなるシリカ（ケイ酸）が減りつつあることが生態系に及ぼす影響も指摘され始めました。本号では、「シリカ欠損仮説」を検証するために行った研究について、フェリーを利用した長期高頻度の海洋モニタリングを中心に紹介しています。

No.37 科学の目で見える生物多様性 空の目とミクロの目

●地球上では、多くの生き物や生態系が存続の危機に瀕しています。今、何を守る努力が必要か、そして具体的にどうしたら守れるのかを、データにもとづいて示すことが重要です。本号では、ミクロの目でせまる藻類の多様性の世界や、空からの撮影というマクロの目で迫る湿地生態系の空間的な構造の把握などの研究成果を紹介しています。

No.13 難分解性溶存有機物 湖沼環境研究の新展開

●湖沼の水質が改善しないことの原因の1つとして、難分解性溶存有機物に着目しました。本号では「湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究」で得られた成果をもとに、難分解性溶存有機物の特性や湖沼での動態、環境への影響などについて紹介しています。

No.9 湖沼のエコシステム 持続可能な利用と保全をめざして

●多種多様な生物が複雑に影響し合う湖沼。その持続可能な利用・保全には生態学のアプローチが大きな役割を担っています。湖沼の水質が魚の影響を強く受けていた事実を通して、湖沼における生物間の相互作用を明らかにするとともに、生態系を保全・管理しつつ湖沼利用を進めるための道を探りました。

No.3 干潟・浅海域 生物による水質浄化に関する研究

●平成8年度から10年度にかけて特別研究「海域保全のための浅海域における物質循環と水質浄化に関する研究」プロジェクトを実施し、三番瀬を中心として、水質浄化や物質循環の定量的評価の研究を行いました。本号では、三番瀬に生息する二枚貝が水質浄化に果たす役割の研究を中心に取り上げました。

環境儀 No.43

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2012年1月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当 WG: 佐治 光、笠井文絵、玉置雅紀、亀山康子、滝村 朗)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所情報企画室 029 (850) 2343

(出版物の内容) // 企画部広報室 029 (850) 2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

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

編集協力 財団法人日本宇宙フォーラム

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 3-2-1

新御茶の水アーバントリニティビル 2 階

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「Aランク」のみを用いて作製しています。

「環境儀」既刊の紹介

No.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
No.2	地球温暖化の影響と対策— AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
No.3	干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
No.4	熱帯林—持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
No.5	VOC—揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
No.6	海の呼吸—北太平洋海洋表層のCO ₂ 吸収に関する研究	2002年 10月
No.7	バイオ・エコエンジニアリング—開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
No.8	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
No.9	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
No.10	オゾン層変動の機構解明—宇宙から探る 地球の大気を探る	2003年 10月
No.11	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	2004年 1月
No.12	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	2004年 4月
No.13	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
No.14	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	2004年 10月
No.15	干潟の生態系—その機能評価と類型化	2005年 1月
No.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
No.17	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	2005年 7月
No.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
No.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
No.20	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	2006年 4月
No.21	中国の都市大気汚染と健康影響	2006年 7月
No.22	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	2006年 10月
No.23	地球規模の海洋汚染—観測と実態	2007年 1月
No.24	21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	2007年 4月
No.25	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	2007年 7月
No.26	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	2007年 10月
No.27	アレルギー性疾患への環境化学物質の影響	2008年 1月
No.28	森の息づかいを測る—森林生態系のCO ₂ フラックス観測研究	2008年 4月
No.29	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	2008年 7月
No.30	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	2008年 10月
No.31	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB処理の一翼を担う分析研究	2009年 1月
No.32	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測	2009年 4月
No.33	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎	2009年 7月
No.34	セイリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム	2010年 3月
No.35	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化～	2010年 1月
No.36	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋	2010年 4月
No.37	科学の目で見える生物多様性—空の目とミクロの目	2010年 7月
No.38	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して	2010年 10月
No.39	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る	2011年 1月
No.40	VOCと地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して	2011年 3月
No.41	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して	2011年 7月
No.42	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia—持続可能なアジアに向けて	2011年 10月

「環境儀」

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一
(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。
N=波(大気と水)、I=木(生命)、E=Sで構成されるので地球(世界)を表現しています。
ロゴマーク全体が風を切って左側に進むように動くのは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。

