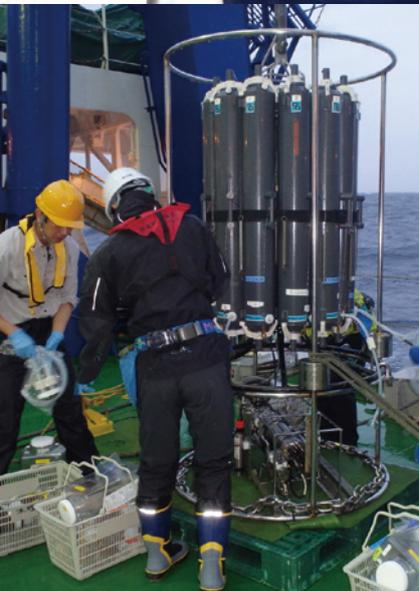




# 環境儀

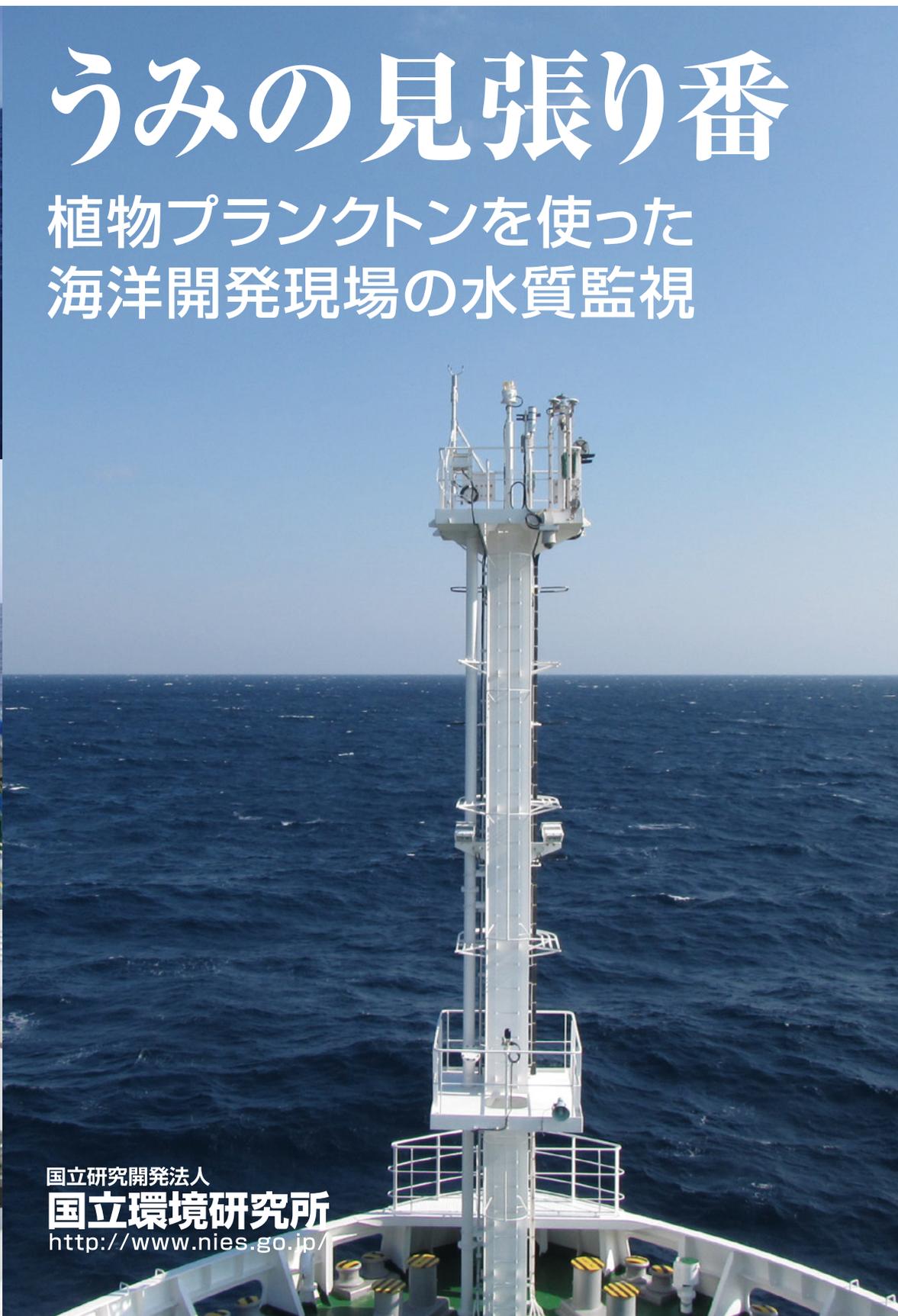
NO.72 April 2019

国立環境研究所の研究情報誌



## うみの見張り番

植物プランクトンを使った  
海洋開発現場の水質監視



国内外で注目される海底鉱物資源は、近い将来、  
その開発が本格化するでしょう。  
資源開発と環境保全の調和に向けて、  
新しい環境影響評価手法の開発に取り組んでいます。



人間活動が海洋生態系に及ぼす影響は多岐に渡ります。河川を介した汚濁・汚染物質の流入、船舶を介した海洋汚染や海洋生物の越境移動、海底油田などからの大規模な油流出などが挙げられます。最近ではマイクロプラスチックによる海洋汚染が大きくクローズアップされていますが、これも人間による長年に亘る莫大な量のプラスチックの消費によるものです。

本号では、うみの見張り番—植物プランクトンを使った海洋開発現場の水質監視—と題して、海底鉱物資源開発海域の環境保全のための取り組みについてご紹介します。私たちは、2014年から内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「次世代海洋資源調査技術 海のジパング計画」に参画して、環境影響の評価と生態系の保全を行うための技術開発に取り組んできました。海底鉱物資源開発を行う際には、海洋環境や生態系への影響を軽減するための緩和策を事前に提示することが国際的にも求められていますが、そのためには開発に伴う自然環境への影響を的確に評価、予測できることが前提となります。

なぜ今、海底鉱物資源開発が必要とされているのか、こうした資源開発が海洋環境にどのような影響を及ぼし得るのか、そして海洋環境保全のために今私たちにできることは何か、国立環境研究所で行ってきた取り組みについてご紹介します。

## CONTENTS

### うみの見張り番

植物プランクトンを使った  
海洋開発現場の水質監視

- Interview 研究者に聞く  
海底鉱物資源開発と  
環境保全の調和をめざして ..... p4 ~ 9
- Summary  
海底鉱物資源開発における環境影響評価  
SIPによる取り組み ..... p10 ~ 11
- 研究をめぐる  
海底鉱物資源開発の現状と海洋環境保全  
に向けた取り組み ..... p12 ~ 13
- 国立環境研究所における  
「海洋環境調査、生態毒性試験、藻類の多  
様性に関する研究」のあゆみ ..... p14

## 海底鉱物資源開発と 環境保全の調和をめざして

海底にはメタンハイドレートなどのエネルギー資源や金属資源が眠っており、これら海底資源を活用することが期待されています。近年、新たな海底金属鉱床が見つっていますが、まだ商業開発には至っていません。商業開発が始まり、海底の掘削が行われると、海洋にはどんな影響があるのでしょうか。生物・生態系環境研究センターの河地正伸さん、地域環境研究センターの越川海さん、環境リスク・健康研究センターの山本裕史さんは、資源を開発したときの環境影響の評価を行うとともに、海洋環境を監視するための植物プランクトンを利用した方法を開発しています。



河地 正伸  
(かわち まさのぶ)  
生物・生態系  
環境研究センター  
生物多様性資源  
保全研究推進室室長



越川 海  
(こしかわ ひろし)  
地域環境研究センター  
海洋環境研究室室長



山本 裕史  
(やまもと ひろし)  
環境リスク・  
健康研究センター  
副センター長

### 海底に眠る資源を開発する

Q：研究を始めたきっかけは何ですか。

河地：内閣府SIPの「次世代海洋資源調査技術」に研究テーマを提案したのがきっかけです。このプログラムは、産学官連携で日本周辺の海底に眠る海洋鉱物資源を開発するための取り組みで「海のジパング計画」と呼ばれるものです。海洋資源を開発するためには資源を効率的に調査する技術とともに、資源を掘削したときの生態系への影響を調査する技術も必要です。そこで、私たちのグループでは、海底鉱物の掘削によって発生する鉱石粒子などの懸濁物質の拡散予測モデルや海底地形の改変や粒子堆積などによる深海生物への影響予測モデルの開発、さらには鉱石粒子からの重金属の溶出の可能性や微量の重金属がプランクトンなどの海洋生態系に及ぼす影響を調べることにしました(図1)。こうした一連の研究の中から、国立環境研究所ならではのユニークな研究として、植物プランクトンを利用して海洋環境を監視するための研究にも取り組むことになりました。

Q：海底資源を採掘すると重金属が溶出するのですか。

越川：海底資源の採掘では、海底で鉱石を破碎し、底層の水とともに洋上回収する方法が想定されていますが、海底から回収される鉱石は化学的に安定で、海水とともにくみ上げたりしても金属の溶出はほとんどないと考えられていました。陸上鉱山から掘り出された鉱石の場合は、酸素と触れ、雨も降るので鉱石の表面が酸化されて、金属溶出が加速することが問題となります。しかし、海底の鉱石はもともと海水に浸かっているうえに、深海では、水温や酸素濃度も低いので、金属の溶出速度は非常に遅いといわれていました。

**山本**：多少の金属が溶け出したとしても、広い海では希釈されるので、生物への直接的な影響はほとんどないという意見さえあります。

## 金属の溶出を確認

**Q**：それでも金属の溶出試験を行ったのはどうしてですか。

**越川**：溶出速度が遅いといっても、まったく溶けないというわけではありませんし、溶出試験そのものの例が少なく、定量的な議論ができませんでした。とにかく試験をやってみることにしました。海底採掘では、鉱石は細かく砕かれますので、試験でも、深海から採取した鉱石を細かく砕き、海水中でどんな金属が溶出するのかを調べました。試験は、海洋研究開発機構(JAMSTEC)の「ちきゅう」という地球深部探査船の上で行いました(図9下)。

**Q**：なぜ「ちきゅう」で行ったのですか。

**越川**：私たちの試験目的は、鉱石の海底採掘から洋上回収の際の金属溶出を評価することです。一方、深海から鉱石を採取した後、採取された直後の化学的な状態を維持したまま鉱石を長期間保存することは簡単ではありません。なるべく掘ったばかりの鉱石で実験することが必要だったのです。「ちきゅう」は海底下の地層や鉱石を柱状の塊として採取することができるばかりでなく、精密な溶出試験を行うための設備を備えています。このときは、沖縄トラフの海底熱水鉱床から複数の鉱石を採取して、直ちに酸素のない環境で砕いた上で、深海および表層環境に近い水温や酸素濃度に調整した海水に添加、懸濁させました。その結果、表層に近い実験条件で、顕著な金属溶出が確認されました(図2)。

**河地**：資源開発の工程と関連づけて考えれば、砕かれた鉱石が表層付近に運ばれたときに重金属が溶出しやすいということになります。

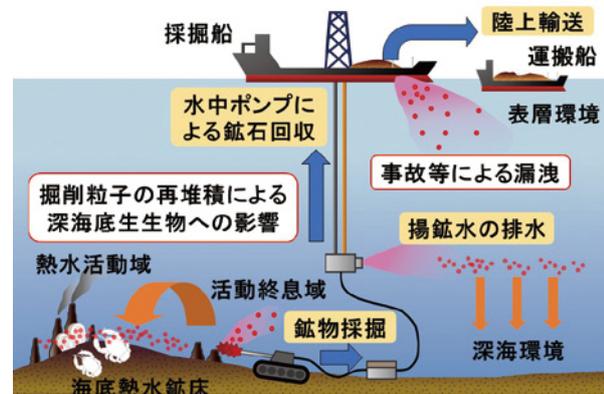
**越川**：船上実験で得られた溶出速度は予想以上に速いものでした。鉱石の切片を顕微鏡で観察すると、異なる種類の鉱物が入り交じって存在していました。陸上鉱石では、異なる鉱物が隣り合って存在すると電池のような化学反応で金属溶出が加速されるとも言われており、私たちが得た速い溶出速度、そして酸素濃度や温度条件に対する溶出速度の変化もこのような反応によるものだったと考えると納得ができました。また、調査海域の表層海水に鉱石溶出液を少量加えたところ、海水中の植物プランクトン濃度は急速に減少し、溶出液の影響があることがわかりました。表層には魚類をはじめとする多くの生物が生息し、植物プランクトンと食物連鎖でつながっています。もしも水が汚染

## コラム①

### 海のジパング計画と海洋環境への影響

長い鉱山採掘の歴史を持つ日本では、陸上の資源はすでに枯渇しています。しかし、日本周辺の海底には、陸上と同じ規模か、それ以上の豊かな金属資源が存在すると考えられています。そのひとつの例が海底熱水鉱床です。海底熱水鉱床は、海底から金属成分に富む熱水(300℃以上)が噴出するところで見つかっています。噴出した熱水が冷やされて、銅・亜鉛・鉛・金・銀の鉱石が沈殿することでできた鉱床です。その他にもマンガン団塊、レアアース泥といった様々な海底鉱物資源が日本周辺に豊富に存在することが分かっています。2014年から始まった内閣府SIP「次世代海洋資源調査技術 海のジパング計画」では、鉱床の実態と成因を明らかにしつつ、効率良く探査を行うシステムを開発するとともに将来の開発を見越して、環境や生態系への影響を評価する技術の開発に取り組んできました。

海底鉱物資源開発が引き起こす環境影響としては、(1)掘削による深海の底生生物への直接的な影響、(2)掘削活動に伴う懸濁粒子の拡散と再堆積による深海の底生生物への影響、(3)水中ポンプで鉱石を船上に回収する際の排水やそれに含まれる懸濁粒子による海洋生物への影響、(4)事故などによる鉱石などの漏洩などが考えられます。海底熱水鉱床には銅、鉛、ヒ素、水銀などの様々な重金属が含まれています。重金属がもしも高濃度に海水中に溶出すると、海洋生物に直接的なダメージを与えるかもしれませんし、食物連鎖を経て生物濃縮することで高次栄養段階の生物へも影響するのではないかと懸念されています。このように海底鉱物資源開発の環境影響は、深海底付近に留まらずに、表層から深海底までの広い範囲で起きる可能性があります。



■ 図1 海底鉱物資源(海底熱水鉱床)の開発に伴って生じる様々な環境影響

熱水活動域の希少な生態系への直接的な影響だけでなく、掘削粒子などの様々な懸濁物が発生して、海底に堆積したり、事故などで鉱石や掘削粒子が漏洩して、海水中に重金属等が溶出したりすることによる環境影響などが懸念されています。

されればその影響は少なくありません。

**Q**：リスクがあるということですね。

**越川**：リスクはあるでしょう。したがって、実際に資源を開発するときには、重金属汚染の可能性や防止に配慮する必要があると思います。私たちは、この実験結果から、水質汚染の有無を把握するためのモニタリング方法が必要だと考えて、今回ご紹介する洋上バイオアッセイという生態毒性試験法の開発に至りました。

## 遅延発光を利用して、スピードアップ

**Q**：生態毒性試験とは何ですか。

**山本**：生態毒性試験は、バイオアッセイとも呼ばれますが、普通は決められた試験条件の下で、生物の応答を利用して化学物質の有害性を調べる試験法です。近年は、化学物質が含まれる可能性のある工場排水やそれらが流入する水域の水質を把握するためにも利用されています。

**河地**：標準的な試験法には、たとえば、ミジンコの繁殖阻害試験やムレミカツキモという淡水の植物プランクトンの生長阻害試験があります。生長阻害試験では、植物プランクトンを試験したい環境水に暴露した

のち、細胞数の経日変化を調べていきます。試験水に毒性があれば、細胞数の増加、すなわち生長が遅くなります。ただ、こうした方法は植物プランクトンを培養するスペースや細胞を数える顕微鏡などの装置が必要です。また、生長への影響を評価できるようになるまでには、少なくとも3日、長くて10日と時間もかかります。研究船ではない海の現場で行うのには向いていません。そこで、海の上でも行うことのできる試験法として洋上バイオアッセイを開発することになりました。

**Q**：洋上バイオアッセイは、どんな方法ですか。

**河地**：海産植物プランクトンの遅延発光を用いた生態毒性試験法で、遅延発光を用いることにより、生長阻害試験よりも省スペースで、短時間に結果を出せる方法です。

**Q**：遅延発光とは何ですか。

**越川**：植物に光エネルギーを当てると光合成が始まりますが、その途中で光を遮断すると、いったん細胞内に蓄えられた光エネルギーの一部が、光合成とは逆の反応によって、微弱な光として細胞外に放出されます。これを遅延発光といいます。

**山本**：私たちのグループでは、以前、浜松ホトニクス

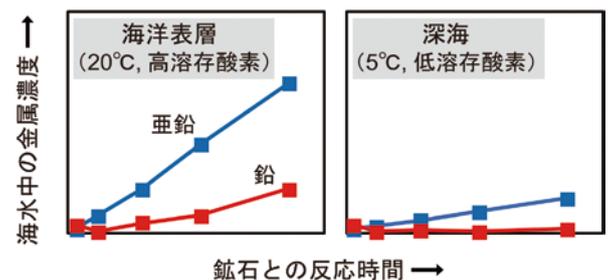
## コラム②

### 熱水鉱床鉱物から溶出する重金属について

熱水鉱石中の金属元素の大部分は硫黄と結びついた硫化鉱物として存在しています。この硫化鉱物は、酸素と水に接すると金属イオンと酸を生成（酸化溶解）するため、水環境において金属汚染の発生源となります。古くは、足尾銅山や神岡鉱山などの鉱廃水が例として挙げられるでしょう。海底熱水鉱床開発においても、採掘した鉱石と海水が接触することで硫化鉱物の表面が酸化溶解し、金属が溶出する可能性があります。海底熱水鉱床開発に伴う溶出金属の環境影響評価や汚染防止技術の開発を進めるためには、その基礎となる熱水鉱石からの金属の溶出特性を把握する必要があります。

私たちは、X線分析や質量分析を駆使して、海底から採取した様々な熱水鉱石からの金属の溶出特性を調べてきました。溶出する金属元素の種類や溶出量は鉱石の化学組成や各金属元素の海水中の溶解度のほか、鉱石を構成する鉱物種の組み合わせの違いによっても大きく変化することがわかりました。特に溶出しやすい元素として亜鉛と鉛が挙げられるほか、沖縄海域で採取された熱水鉱石の中にはヒ素が高濃度で溶出するものもありました。

2016年に沖縄海域で実施した「ちきゅう」航海では、採取直後の鉱石コアを使用して船上溶出実験を行い、実際の

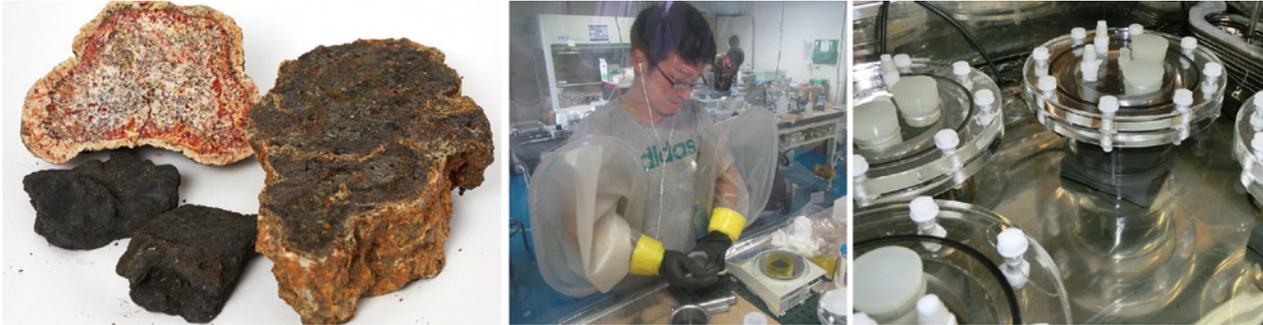


■ 図2 「ちきゅう」航海で実施した船上溶出実験の結果  
深海条件（5°C、低溶存酸素）よりも海洋表層条件（20°C、高溶存酸素）で亜鉛（青）と鉛（赤）の溶出が進みます。

採掘工程に近い条件での溶出特性を調べました。その結果、全ての鉱石から亜鉛と鉛が溶出し、温度と溶存酸素濃度が高い場合に溶出速度が最大になることがわかりました（図2）。このことから、鉱石を温度の低い深海（5°C程度）から温暖な表層環境（20~25°C程度）に引き揚げてくる際に鉱石から海水への金属の溶出が進む可能性があると考えられます。そのため、鉱石と一緒に回収した海水中の金属濃度モニタリングやその適切な管理、処理方法について検討することが重要となります。



調査風景：左から深海調査用 ROV（遠隔操作型無人潜水機）、熱水噴出孔、ロゼット型採水器、投下式乱流観測装置



熱水鉱床の鉱物（左）と溶出試験の様子（中、右）

と共同で、ムレミカツキモの遅延発光を利用した生態毒性試験法の開発を行いました。ムレミカツキモは陸上の生態毒性試験で広く用いられる試験生物ですが、その生長阻害を判定するためには、通常、試験水の中で3日間培養し、細胞数の変化から生長速度を見積もる必要があります。浜松ホトニクスとの遅延発光法の共同開発では、ムレミカツキモの遅延発光量とその生長速度と高い相関をもつことや、化学物質などの影響による遅延発光量の低下は、化学物質に曝されてから6時間から24時間までに現れることが確かめられました。この方法ならば、生長する前に生長速度や阻害応答を評価できるので短時間で試験が完了するほか、小さな試験管で試験を行うことができるため広いスペースも必要ありません。洋上開発現場のような場所に向いている技術だと考えられます。しかし、ムレミカツキモは淡水の生物です。海産の生物でなければ、海水の試験はできません。標準の試験生物もほとんどは淡水の生き物でした。

**河地**：そこで、海水の生態毒性試験に適した海産生物を探ることが必要になりました。国立環境研究所には、非常に多くの種類の海の植物プランクトンを保存している施設があります。その中から試験生物を選ぶことにしました。

**Q**：どんな生物が洋上バイオアッセイに適しているのでしょうか。

**河地**：まず、培養試験を行う際に取り扱いやすいことです。言いかえると、培養や保存がしやすい生物であることです。また、金属に対する感受性が高くなければなりません。試験生物に求められる既往の基準を満たしていることや再現性の高い試験結果が得られるこ

とも必要です。様々なスクリーニング試験を行い、最終的にシアノビウム (NIES-981) という株を選定しました。

**Q**：シアノビウムとはどんな生物ですか。

**河地**：シアノビウム (NIES-981) は、ラン藻類の一種で、沖縄近海などの外洋に豊富に生息する植物プランクトンであるシネココッカスと近縁な種類です (図3下)。NIES-981 株は増殖性能に優れていて、またムレミカツキモに比べると少し劣りますが、海産藻類の中では金属に対する感受性が高いのが特徴です。

## 海洋環境を管理するためのツールに

**Q**：生態毒性試験の開発は順調でしたか。

**河地**：手探りでしたが、JAMSTEC や石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) など外部の研究開発機関とも情報を共有しながら進めました。試験手順を構築して、航海調査による実証実験を繰り返しました。プログラムの4年目になってだんだんデータが出そろってきて、いろいろな結果が繋がってきました。試験方法の詳細な手順書の作成を進めて、技術の実用化にも近づいてきました。SIPでは民間への技術移転という目標もありますので、民間アセスメント会社の方々を対象とした講習会も行いました。国際機関の会合などでも技術の紹介をしてきましたし、SIPで開発した環境影響評価手法としてユネスコの OceanBestPractices というインターネットサイトに登録して、誰でも利用できるようにしました。国際標準となる手法を目指して、現在は、ISO 認証を受けるべく、作業を進めています。

**Q**：この方法をどのように活用していきたいですか。

**越川**：商業開発前の現段階では環境問題は生じていませんが、鉱石から海水への金属溶出特性など、開発にあたって予め必要となる知見も十分に共有されていない状況だと思います。環境に配慮した開発となるように、私たちが得た知見や開発した技術が活用されればと思います。

**山本**：開発現場において事故やトラブルが起こった場合の対応についても、今後、具体的な検討がされていくでしょう。この洋上バイオアッセイを、そうした事故に対応できるツールにしていきたいと思います。陸上の工場排水の管理では、生態毒性試験を使って工場内の廃水そのものや周辺の水質のモニタリングが行われたりしますが、海底資源開発では、洋上バイオアッセイを同じように活用できるはずで、また、環境への影響は、金属に限られないかもしれません。想定外の物質が混入したときの影響にも注意する必要があります。洋上バイオアッセイであれば、金属に限らず、生物に影響を及ぼす物質の監視ができるでしょう。

**河地**：海底資源を船上に回収したときに副産物として

生じる揚鉱水などの廃水管理も課題でしょう。揚鉱水を海洋環境に戻す場合には、安全な水であることが重要です。洋上バイオアッセイは、現場で揚鉱水の水質を把握し、安全性を判断するためのツールとしても使えるだろうと考えています。また生き物への影響を指標にしていますので、一般の方々にも理解されやすいと思います。

### 環境に配慮した資源開発技術とは

**Q**：今後の展望はいかがですか。

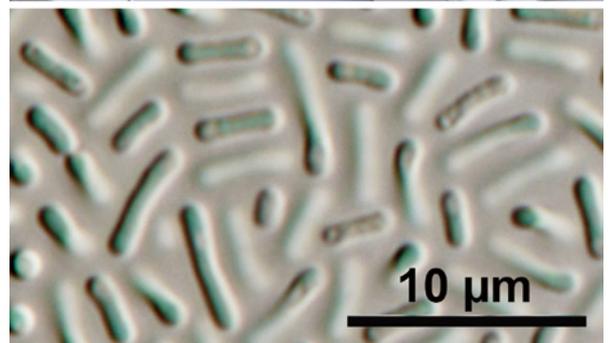
**河地**：SIPは、2018年度で終了ですが、これまでにある程度まとまった仕事ができたと感じています。SIPで開発した技術を民間の方々にも是非活用してもらいたいと考えています。一方、研究を進めていく中でいくつかの課題も見つかっています。SIPは終わってしまっていますが、そうした課題を解決するための研究を継続していきたいですね。現在試験株として使っているシアノビウム (NIES-981) は、亜鉛や銅に対する感受性は十分なのですが、鉛に対してやや鈍いことが

### コラム③

## 生態毒性試験（バイオアッセイ）の必要性と役割

現在、水質の管理および生態系のリスクアセスメントでは、特定の生物種を用いた生態毒性試験が広く利用されています。水質の化学分析もまた、環境中に存在する既知物質を同定するためには有用な手段であるものの、化学物質や汚染排水が生物に与える影響までは分かりません。また、汚染排水は、通常複数の化学物質を含んでいることから、仮に汚染排水中に含まれる化学物質がすべて明らかになったとしても、その毒性値は、相乗作用や相殺作用などの複合影響により、単独の化学物質の毒性値の総和からは大きく外れることがよくあります。

現在、水生生物では藻類、魚類や甲殻類など様々な生物種が試験生物として用いられています。例えば魚類では、96時間で稚魚の致死影響をみる短期の急性毒性試験から、メダカを使って行う親世代から孫世代までの繁殖影響をみるような数ヶ月にわたる長期の慢性毒性試験まで多岐に渡ります。一方、藻類を用いた生態毒性試験法は、動物のものに比べて、比較的短期間（通常、前培養期間を除くと3日間）で行えることから、現場での迅速な試験も可能となることが期待されています。例えば、国立環境研究所と浜松ホトニクスが共同で開発した藻類の遅延発光強度を指標とする試験法は、コンパクトな装置で実施可能で、数時間から長くても24時間で試験結果がわかります。船上や海洋資源開発プラントのような限られたスペースで、短期間に結果を出すことに対応できる有用な手法、洋上バイオアッセイとして、実用化に向けた改良を進めています。

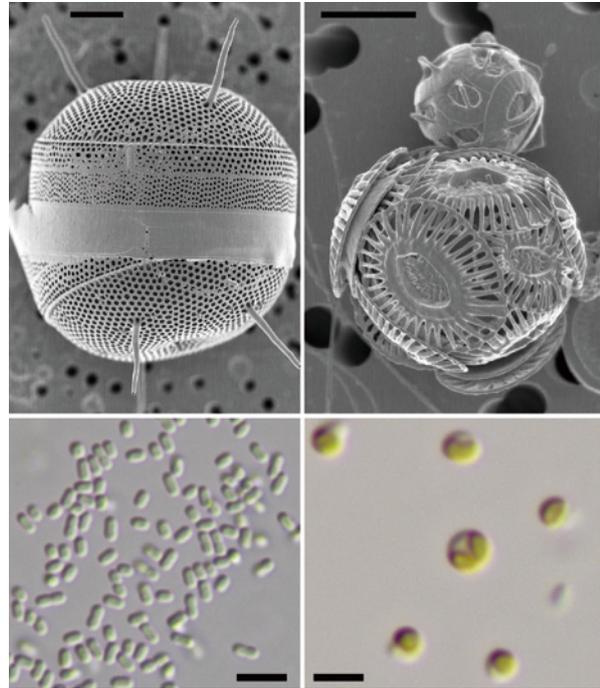


**■ 図3 生態毒性試験の様子と海産試験株**  
藻類を用いて行う一般的な生態毒性試験（生長阻害試験）の様子（上）、新たに開発した試験株のシアノビウム（NIES-981）の光学顕微鏡写真（下）。

## 海洋植物プランクトンの多様性と重金属への感受性の違い

海洋や湖沼にいるプランクトンは肉眼で観察できるものから顕微鏡でなければ見えないものまでを含む様々な浮遊生物の総称です。そのうち、特に光合成を行い水圏の基礎生産を担っているプランクトンを植物プランクトンと呼んでいます。例えば外洋の表層域では、プロクロロコッカスやシネココッカス(図4左下)など、シアノバクテリアに属する微小な植物プランクトンがよく見られます。また、真核生物の植物プランクトンでは、緑藻の仲間であるブラシノ藻(図4右下)、ハプト藻の仲間である円石藻(図4右上)、ガラス質の被殻をもつ珪藻(図4左上)がよく見られます。これらの代表的な植物プランクトンをとっていても分類学的には全く異なるグループで、実はこうしたプランクトンの多様性の実態や生態はよくわかっていません。

海底資源掘削によって採掘される鉱石からは様々な種類の金属イオンが溶出することがわかっています。溶出した重金属の拡散により、外洋環境に生息している多様な植物プランクトンが影響を受ける懸念があります。しかしながら、拡散した重金属が植物プランクトンの群集構成にどのような影響を及ぼすのか、あまりよくわかっていません。国立環境研究所・微生物系統保存施設には4000株近い微細藻類の保存株が維持されています。植物プランクトンの代表的なグループはほぼ網羅されており、その中には海産の保存株も多数含まれています。これらの保存株を利用することで、個々の藻類群に対する重金属の感受性試験を実験室レベルで行うことができます。遅延発光と呼ばれる毒性感受性のパラメータを用いて、海底鉱石の中で特に溶出が顕著な亜鉛、鉛、銅の感受性試験を行った結果、重金属に対する感受性が種ごとに大きく異なることがわかりました。例えば、バイオアッセイの試験株として用いられてい



■ 図4 外洋性植物プランクトンの例

左上は珪藻、右上は2種の円石藻、左下はシアノバクテリアの一種シネココッカスの細胞、右下は緑色藻バチココッカスの細胞の光学顕微鏡写真を示しています。スケールバーの長さは2μm。

るシアノビウム (NIES-981) は亜鉛と銅に対して鋭敏に応答します。一方で、エミリアニア (NIES-1310) のようにどの金属にも耐性をもつ種もいました。重金属に対して脆弱である種とそうでない種の存在が示唆されたため、種組成の変化を含めたモニタリングが必要と言えます。

わかっています。別の植物プランクトン種に有望なものが見つかりつつありますので、そうしたものを使いながら洋上バイオアッセイの改良を進めていきたいと思えます。また誰でも、簡単に、高い再現性のある実験結果を得ることが可能な試験株の“試薬化(キット化)”にも取り組んでいきたいと考えています。微生物株の長期安定的な保存方法に、凍結保存や凍結乾燥保存といったものがあります。こうした手法で、試験株を一時的に不活性化して保管しておいて、試験を行うときに、すぐに活性化して使用するというものです。

**越川**：簡単ではありませんが、洋上バイオアッセイの試験生物の応答と実際の海の生物群の応答を結び付ける方法について考えたいと思えます。

**山本**：生態毒性試験の試験生物には、同じ種類の化学物質に対して再現性のある応答を示すことが期待され

ていますが、どの程度の応答であれば安全なのかは、その水がどこにあり、どのように利用されているか、生息している生き物が何かで大きく違います。海外では事例があるのですが、日本でも、生き物や場所にあわせた安全性の「ものさし」を作っていく必要があると思えます。

**河地**：資源開発の際に環境に配慮することは当たり前のことになってきていますが、実際に環境に配慮した開発にするためには、使いやすい環境保全技術が必要です。SIPで行ってきた環境影響評価技術の研究は、生物—化学—物理分野の異なる研究者が連携し、それぞれの基盤をうまく活用して、進めることができたと思えます。そこで、今後も連携をいっそう強め、より現場で使いやすい技術の開発を進めていきたいと思っています。

## 海底鉱物資源開発における環境影響評価 SIP による取り組み

海底鉱物資源の開発に伴う環境影響評価は始まったばかりです。私たちは、鉱物資源が豊富な海域の表層生態系の把握、海底鉱物からの金属溶出特性や表層生態系への影響評価などを経て、洋上バイオアッセイという開発現場周辺の水質監視に利用できる技術の開発を行ってきました。また、深海への影響評価技術として、JAMSTEC との共同研究により、深海懸濁粒子の輸送動態や深海生態系への影響予測のモデル開発を行いました。

### 海底鉱物資源開発海域の微生物多様性と 海底鉱物由来の溶出成分が光合成生物に 及ぼす影響

日本の海底鉱物資源の有望海域は、沖縄近海や小笠原諸島近海など、多くが外洋の貧栄養海域で、生態や多様性の実態のよく分かっていないピコ～ナノサイズの植物プランクトンが優占しています。重金属類が基礎生産や生物多様性に及ぼす影響を評価するためには、こうした海域の植物プランクトン群集組成を事前に把握しておく必要があります。顕微鏡観察(図8)やフローサイトメトリという装置で、船上で植物プランクトンの主要な構成要素を調査するとともに、環境DNAの解析による詳細な多様性解析を行いました。当該海域のバイオマスの大部分は、プロクロコッカス、シネココッカスそしてピコ～ナノサイズの真核性植物プランクトンで構成されていることなどが分かりました。

沖縄トラフ海域の海底熱水域で採取した鉱石を用いて、重金属類の溶出試験を行い、その溶出液が表層植物プランクトンに及ぼす影響について船上実験を行いました。表層海水に微量の鉱石溶出液を添加すると、植物プランクトンの現存量の指標となるクロロフィルa濃度や、光合成活性の指標となるクロロフィルの蛍光量子収率が、徐々に低下する現象が観察されました。さらに、クロロフィルa濃度が大幅に低下した後に、蛍光量子収率が回復する現象も記録されました。蛍光量子収率の回復は、溶出液の添加によって植物プランクトンの多くが死滅していく一方、溶出液に対して耐性のある植物プランクトンも僅かに存在し、それらの植物プランクトンが増殖するためと考えられました。海底鉱石の溶出成分が表層環境中に漏洩すると、植物プランクトン全体の基礎生産が低下するほか、植物プランクトンの種の構成にも影響を及ぼすかもしれません。

### 洋上バイオアッセイ法の開発

生態毒性試験法は、未知の物質の影響や化学物質や

汚染排水が生物に与える影響を評価するための有用な手法と言えます。藻類を用いてバイオアッセイを行う場合、通常の生長阻害試験では、72時間以上の試験期間が必要です。また温度や光量の制御可能な振盪培養庫が必要です。そこで、海洋資源開発プラントや採鉱船でも試験が可能な、よりコンパクトで簡便な試験法の開発に取り組むことになりました。私たちが着目したのは、光合成活性の指標である遅延発光強度です。遅延発光強度は、コンパクトな測定装置(図9上)で計測可能で、数時間から24時間程度で、生態毒性を評価できます。私たちが開発した試験株について、通常の生長阻害試験と遅延発光阻害試験の阻害影響を比較した結果、2つの試験で得られた用量反応曲線が類似することなどが明らかになりました。そこで「ちきゅう」という船(図9下)で、その有効性を検証した結果、熱水鉱床で掘削されたばかりのフレッシュなコアからの溶出液に含まれる亜鉛や銅などの重金属の毒性をppbのオーダーで確認できました。模擬金属混液とこのコア溶出液の用量反応曲線が一致することから、この溶出液の毒性は、重金属由来と考えられます。これまでに国内の民間調査会社と洋上バイオアッセイプロトコルの検証実験を行ったり、開発現場の水質監視手法としての有効性を国際海底機構(ISA)で紹介したりしました。また国際標準化に向けた取り組みとして、ユネスコ・国際海洋委員会レポトリへのプロトコル掲載に加えて、現在、ISO(ISO/NP23734)への登録に向けた準備を進めています。

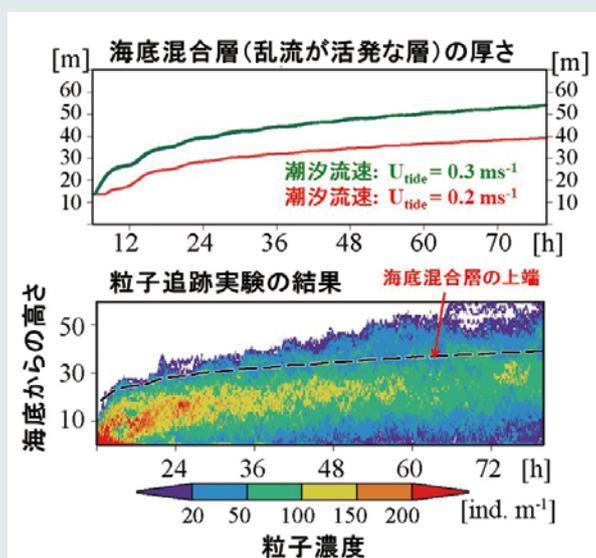
### 深海における懸濁粒子の 動態モデル構築に向けた試み

海底資源開発では、海底の掘削時や揚鉱水の排水時に懸濁粒子が大量発生し、開発区および周辺海域に拡散・再堆積するため、海底に生息する生物・生態系への影響が懸念されています。しかし深海は、暗黒で、高水圧環境であるため、影響を直接確認することは困難です。そのような未知の領域で、開発による影響を

事前に予測して、影響を可能な限り緩和する対策を講じることが、国際的に重要な課題となっています。

環境影響評価・予測の有力な手法としてはコンピュータによる数値シミュレーションが真っ先に挙げられます。私たちは、懸濁粒子の拡散や堆積を左右する深海底近傍の乱流現象に着目して、これまでに確立した最先端の計算手法 (Large Eddy Simulation) で乱流の動態をシミュレートしました。沖縄トラフの深海を想定したシミュレーション実験では、乱流の消長は主に潮汐によって生じ、乱流の発達は海底から40-60m程度の高さまでで、懸濁粒子の輸送・拡散はその高さの範囲内で生じることなどが明らかになりました(図5)。

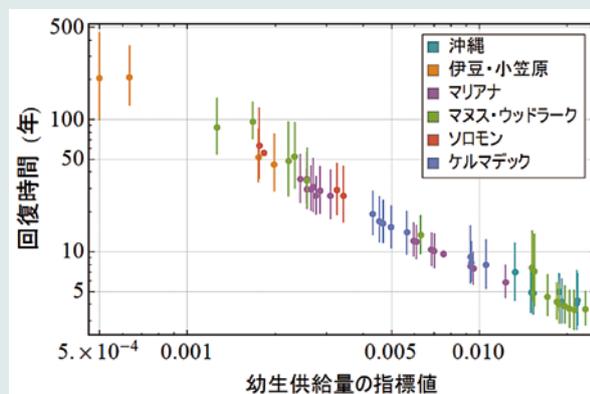
シミュレーションによる評価・予測結果がどれだけ信頼できるかを判断するためには、現場の観測データが必要となります。私たちはJAMSTECと共同で、最新の深海用計測機器を用いて、深海底近傍の乱流に関する現場観測データの取得・蓄積にも努めました。久米島沖の熱水活動域周辺の観測では、深海で0.1℃程度の周期的な水温変動が生じることで乱流が間欠的に発生するといった、上記の数値シミュレーションとは異なる現象を捉えることに成功しました。相模湾の調査では、深海乱流が高さ150mまで発達するなど、既存のシミュレーションモデルでは再現困難な現象も観測されています。このように深海底近傍の乱流メカニズムやその予測にはいまだに多くの課題が残されています。さらなる現場観測データの収集と、観測に基づくモデリング研究を進めることが環境影響評価手法の確立につながると考えています。



■ 図5 懸濁粒子の動態モデルと数値シミュレーション  
沖縄トラフを想定したLarge Eddy Simulation実験で得られた海底混合層の厚さ(上)と懸濁粒子の拡散(下)

## 熱水化学合成生物群集を対象とする生態系ネットワークモデル

深海の熱水活動域は鉱物資源の供給源として期待される一方、熱水化学合成生物群集の生息域でもあります。このような生物群集は、高密度で生息する代表的な種だけではなく、稀にしか発見されない種も含んでいて、今後も詳しい調査研究が必要とされています。このため、ISAは、資源開発における海底の生態系への影響軽減の配慮を指針として公表しています。このための手法の1つとして、攪乱を受けた後の生態系の回復速度の事前予測を行い、状況に応じて開発計画を調整することが考えられます。コンピュータシミュレーションによる予測は、その目的を実現するための有効な手段の一つですが、これまで深海底の熱水生物群集の回復速度の予測をしたシミュレーション研究の事例はなく、適切なモデルも示されていません。そこで、西太平洋に分布する熱水活動域(全131地点)の生物量の増減を計算するモデルを構築して、それぞれの生態系の回復速度の予測を試みました。その結果、攪乱からの回復速度には地域性があり、回復時間にも大きな差があることが予測できました(図6)。私たちが開発したモデルを活用することで、保全施策の立案や開発を行う場所の選定に不可欠な情報を提供できると考えています。一方で、今回の研究で用いたモデルは自然界で起きている現象の一部を切り取った単純なモデルです。熱水化学合成生態系を構成する種や生息場所についての情報や、長期間の海底観察などから得られたデータをモデルに反映することで、より高精度かつ具体的な予測が可能になると考えています。



■ 図6 西太平洋に分布する熱水活動域の生態系の回復時間予測(一部を抜粋して表示)  
熱水活動域の生態系の回復時間を予測するために、海流による幼生の移動分散を考慮した生態系ネットワークモデル(メタ個体群モデル)を開発しました。このモデルにより熱水活動域の生物群集への攪乱、それに続く幼生加入による回復プロセスをシミュレートすることで回復時間が予測できます。図はこの方法により予測した、西太平洋の6海域に含まれる熱水活動域の回復時間を表しています(点は中央値、線は95%信頼区間)。特に日本近海では、沖縄周辺に位置する熱水域に比べ、伊豆・小笠原周辺の熱水活動域の回復が遅い可能性が示唆されています。

# 海底鉱物資源開発の現状と 海洋環境保全に向けた取り組み

新たな鉱物資源として、国内外で海底鉱物資源が注目されています。海底鉱物資源開発に向けて、事業化を見据えた探査・掘削技術の開発が国内外で進められています。近い将来、鉱物資源の開発が本格化する前に、開発対象となる海域での環境影響評価手法の開発や影響緩和策の検討が必要とされています。

## 世界では

深海は人間社会から遠い存在のように思えるかもしれませんが、ごみ投棄の問題、水産活動、資源開発などの影響は深海底でも顕在化しています。底引き漁業は、対象生物・水産物以外の底生生物も捕獲されますし、生息環境に深刻な影響を与える可能性もあります。海底油田・ガス田の開発は、1980年代に始まり、今後も拡大される見込みですが、流出事故が起これば長期に渡って環境に影響を及ぼすことになります。海底鉱物資源開発に関しては、1970年代には、マンガン団塊開発の際の環境影響調査が実施されています。カナダのノーチラス・ミネラル社は、パプアニューギニアの深海熱水鉱床を対象として商業ベースでの開発に向けた事前調査や環境影響の調査を行っています。

海洋環境の保全と管理においては、排他的経済水域（EEZ）と公海で、大きな違いがあります。公海の海底鉱物資源に関しては、国連組織である国際海底機構（ISA）が鉱区を管理しています。開発と環境調査に関わるワークショップを開催するなど、調査や評価方法についてのガイドラインも公表していますが、具体

的なプロトコルを盛り込むまでには至っていません。一方で、海底資源をEEZ内に保有する国では独自の取り組みも進められています。例えば、ニュージーランドでは海底資源開発を行う際の環境影響評価のガイドラインが作られています。また南太平洋島嶼国では、欧州各国と共同で、海底鉱物資源開発の推進と環境影響評価の課題について検討がはじめられているところ

## 日本では

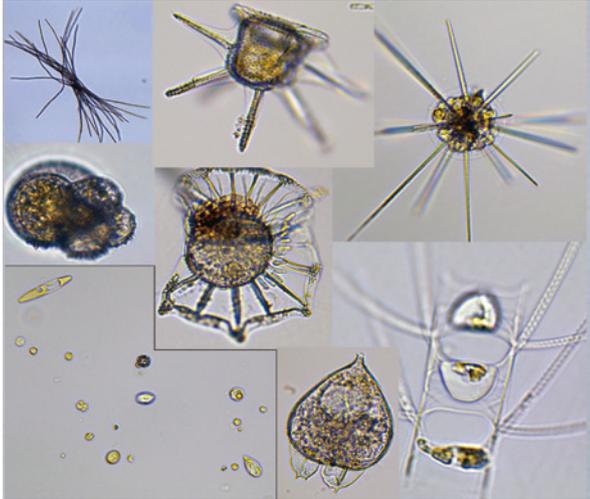
日本の鉱山開発の歴史は古く、マルコポーロが黄金の国ジパングとして紹介した13世紀まで遡ります。しかし、近年は国内の主な陸上鉱山は掘り尽くされ、資源は輸入に大きく依存しています。市場価格の乱高下や資源国の輸出制限もあつたりと、日本がおかれている状況は極めて不安定と言えるでしょう。枯渇が危ぶまれている石油と比較しても、多くの金属資源の可採年数は短く、不足気味であるという指摘もなされています。

こうした中、世界的に注目を集めているのが、手つかずの海底鉱物資源です。日本周辺の熱水鉱床の発見は1980年代に遡りますが、その後の日本を取り巻く金属資源の状況が変化してきたことを受けて、10年ほど前に、海洋基本計画などで資源の利用を進めていくことが決定されました。その結果、この10年間で

■ 図7 SIPにおける広報・啓発活動

ジャマイカにあるISA総会サイドイベントにて（左）、海洋研究開発機構調査船にて、民間調査会社の方々と洋上バイオアッセイプロトコルの検証を行っている様子（右）





■ 図8 海底鉱物資源開発海域の植物プランクトン光学顕微鏡像  
海底鉱物資源開発海域である沖縄トラフ海域には、様々な種類、サイズの外洋性植物プランクトンが生息しています。

相次いで新たな鉱床が発見され、10数カ所に達しています。こうした動きの中で、2014年から、SIPとして、次世代海洋資源調査技術という産学官連携での取り組みがスタートしました。広大な海から資源の有望海域を絞り込んで、効率よく探査を行う技術開発などが行われています。

これらに加えて、資源開発に伴う環境影響の評価技術や手法を開発するという課題に、国立環境研究所も参画して、研究開発に取り組んできました。現在は、商業的な資源掘削は行われていませんので、環境問題は生じていません。環境リスクを洗い出して、事前に対応策を検討していこうというものです。国際的な潮流でもある「環境への予防的アプローチ」や「持続可能な開発」を実現するための研究として位置付けられています。

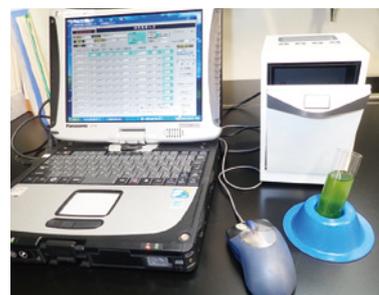
こうしたSIPの取り組みと並行して、経済産業省の関連機関であるJOGMECが、昨年の夏に世界に先駆けて深海からの鉱石回収に成功しています。まだパイロット試験の段階ですが、商業化に向けた準備が着々と進められています。

## 国立環境研究所では

SIP開始当初は、ベースライン調査及び微生物群集のメタゲノム解析を基盤とした環境影響評価を目標として研究開発を進めていました。一方で、海底資源開発の環境影響評価には、調査段階、開発段階、そして開発終了段階のそれぞれに対応する様々な評価項目が存在します。そこで商業ベースで資源開発が行われる際に、操業中に表層環境や生態系にどのような影響が及ぶのかといった点を考慮して、研究計画の軌道修

正を行うことになりました。結果として、採鉱母船や鉱物資源採鉱プラントでも実施可能な環境影響評価手法を開発することを目標として、洋上バイオアッセイや植物プランクトンを用いた水質監視手法の開発、リアルタイムに水質を監視するシステムの開発などに取り組んできました。その他にも、資源開発影響評価のための数理モデル開発では、早い段階で、流動・物質動態予測モデルや生態系モデルの構築を行うことができました。こうした成果の原動力となったのは、国立環境研究所では、もともと、海洋表層に生息する植物プランクトンなどの多様性研究や一次生産に関する研究、生態系モデルや流動モデルなど様々なモデル開発に長年取り組んできたことに加えて、生態毒性標準拠点としての実績や世界的に有数の規模の微生物系統保存施設といった研究基盤の存在によるところが大きいと考えています。

SIPでは産学官が共同で研究開発を行い、実証試験を経て、開発技術の民間への移転や国際標準化といった目標も掲げており、私たちもこうした対応に追われてきました。研究成果を国内外に発信するために、国連海洋法傘下の国家管轄権外区域の海洋生物多様性(BBNJ)会議やISA総会でのサイドイベントの開催やISO登録に向けた活動、ユネスコのOceanBestPracticesへのプロトコル掲載といった広報・啓発活動に取り組んできました(図7)。実用化に向けた一定の道筋を付けることができたと思いますし、今後、国際的にも注目され、使われる技術になることを期待しています。



■ 図9 ルミノメーターと地球深部探査船「ちきゅう」  
遅延発光強度は、ルミノメーター(浜松ホトニクス製)というコンパクトな測定装置で計測できます(上)。海洋研究開発機構の地球深部探査船「ちきゅう」(下)に持ち込んで、洋上バイオアッセイを行いました。

# 国立環境研究所における 「海洋環境調査、生態毒性試験、 藻類の多様性に関する研究」のあゆみ

国立環境研究所では、海洋環境調査・モニタリングに基づく研究、生態毒性標準拠点における生態毒性試験法の開発、普及活動と関連業務・研究、そして微生物系統保存施設における保存提供事業や関連研究開発、藻類の多様性研究を行っています。ここでは、これらに密接に関係する研究課題について、そのあゆみを紹介します。

年度	課題名
1999～2001	東シナ海における長江経由の汚染・汚濁物質の動態と生態系影響評価に関する研究* <sup>1</sup>
2002～2004	陸域由来の環境負荷変動に対する東シナ海の物質循環の応答に関する研究* <sup>1</sup>
2004～2006	大型船舶のバラスト水・船体付着により越境移動する海洋生物がもたらす生態系攪乱の動態把握とリスク管理に関する研究* <sup>1</sup>
2005～2007	地衣類の遺伝的多様性を活用した大気汚染診断* <sup>2</sup>
2007～2009	大型船舶のバラスト水・船体付着で越境移動する海洋生物の動態把握と定着の早期検出* <sup>1</sup>
2011～2015	Digital DNA chipによる生物多様性評価と環境予測法の開発* <sup>3</sup>
2012～2021	藻類リソースの収集・保存・提供* <sup>4</sup>
2014～2018	海洋生態系観測と変動予測手法の開発* <sup>5</sup>
2016～2018	温暖化に対して脆弱な日本海の循環システム変化がもたらす海洋環境への影響の検出* <sup>1</sup>
2016～2018	閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務* <sup>6</sup>
2018～2020	海産・汽水生物を用いた慢性毒性短期試験法の開発* <sup>1</sup>

\*1 環境省 地球環境研究総合推進費

\*2 環境省 地球環境等保全試験研究費(公害)

\*3 科学技術振興機構 CREST

\*4 AMED ナショナルバイオリソースプロジェクト

\*5 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム

\*6 環境省 委託請負業務

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました(所属は当時、敬称略、順不同)。

〈研究担当者〉

国立環境研究所：河地正伸、越川海、山本裕史、東博紀、吉田勝彦、山口晴代、山岸隆博、淵田茂司、大田修平、鈴木健大、坪井隼、古市尚基、山野博哉

海洋研究開発機構：山本啓之、三輪哲也、古島靖夫

## ● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、海洋環境調査・モニタリングに基づく研究、生態毒性標準拠点における生態毒性試験法の開発、普及活動と関連業務・研究、微生物系統保存施設における保存提供事業や関連研究開発、藻類の多様性研究に関するものを紹介します。

### No.44 「試験管内生命で環境汚染を視る —環境毒性の in vitro バイオアッセイ」

国立環境研究所では、環境汚染物質の毒性を評価するため、培養細胞や微生物を用いたさまざまな in vitro バイオアッセイ法を開発してきました。こうした試験法は、今後、環境モニタリングにも応用できると期待されています。本号では、国立環境研究所が取り組む in vitro バイオアッセイ法の構築のあゆみと環境モニタリングへの応用について紹介しています。

### No.43 「藻類の系統保存 —微細藻類と絶滅が危惧される藻類」

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。国立環境研究所の微生物系統保存施設(NIESコレクション)では、藻類を収集し、培養株として系統保存しています。本号では、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紹介しています。

### 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」

私たちの周りには、3000万種を超える膨大な化学物質が存在しています。国内で使用される化学物質は年々増え、新しく輸入や製造される全ての化学物質の環境リスクを適切に管理することは容易ではありません。本号では、国立環境研究所が取り組む、水生生物を用いた化学物質の評価方法や、未規制化学物質も含めて河川などの環境水の安全性を確保していくために生物応答(バイオアッセイ)を応用した新しい管理手法について紹介しています。

## 環境儀 No.72

—国立環境研究所の研究情報誌—

2019年4月26日発行

編集 国立環境研究所編集分科会  
(担当 WG: 石濱史子、河地正伸、越川海、山本裕史、岡寺智大、遠嶋康徳、岩崎一弘、広兼克憲)

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 16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

印刷製本 株式会社イセブ

無断転載を禁じます

## 「環境儀」既刊の紹介

<b>No.26</b> 2007年 10月	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見えるオゾン層回復予測	<b>No.49</b> 2013年 7月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか
<b>No.27</b> 2008年 1月	アレルギー性疾患への環境化学物質の影響	<b>No.50</b> 2013年 10月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害化学物質の可視化
<b>No.28</b> 2008年 4月	森の息づかいを測る—森林生態系のCO <sub>2</sub> フラックス観測研究	<b>No.51</b> 2014年 1月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカバー
<b>No.29</b> 2008年 7月	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	<b>No.52</b> 2014年 4月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の開発
<b>No.30</b> 2008年 10月	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	<b>No.53</b> 2014年 6月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関わりから保全へ
<b>No.31</b> 2009年 1月	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	<b>No.54</b> 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学
<b>No.32</b> 2009年 4月	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	<b>No.55</b> 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ
<b>No.33</b> 2009年 7月	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	<b>No.56</b> 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験研究を環境行政につなげる
<b>No.34</b> 2010年 3月	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	<b>No.57</b> 2015年 6月	使用済み電気製品の国際資源循環—日本とアジアで目指すE-wasteの適正管理
<b>No.35</b> 2010年 1月	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—	<b>No.58</b> 2015年 9月	被災地の環境再生をめざして—放射性物質による環境汚染からの回復研究
<b>No.36</b> 2010年 4月	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	<b>No.59</b> 2015年 12月	未来に続く健康を守るために—環境化学物質の継世代影響とエビジェネティクス
<b>No.37</b> 2010年 7月	科学の目で見る生物多様性—空の目とミクロの目	<b>No.60</b> 2016年 3月	災害からの復興が未来の環境創造につながるまちづくりを目指して—福島発の社会システムイノベーション
<b>No.38</b> 2010年 10月	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	<b>No.61</b> 2016年 6月	「適応」で拓く新時代!—気候変動による影響に備える
<b>No.39</b> 2011年 1月	「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	<b>No.62</b> 2016年 9月	地球環境100年モニタリング—波照間と落石岬での大気質監視
<b>No.40</b> 2011年 3月	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	<b>No.63</b> 2016年 12月	「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
<b>No.41</b> 2011年 7月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して	<b>No.64</b> 2017年 3月	PM <sub>2.5</sub> の観測とシミュレーション—天気予報のよう信頼できる予測を目指して
<b>No.42</b> 2011年 10月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia—持続可能なアジアに向けて	<b>No.65</b> 2017年 6月	化学物質の正確なヒト健康への影響評価を目指して—新しい発達神経毒性試験法の開発
<b>No.43</b> 2012年 1月	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類	<b>No.66</b> 2017年 9月	土壌は温暖化を加速するのか?—アジアの森林土壌が握る膨大な炭素の将来
<b>No.44</b> 2012年 4月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in vitro</i> バイオアッセイ	<b>No.67</b> 2017年 12月	遺伝子から植物のストレスにせまる—オゾンに対する植物の応答機構の解明
<b>No.45</b> 2012年 7月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響	<b>No.68</b> 2018年 3月	スモッグの正体を追いかける—VOCからエアロゾルまで
<b>No.46</b> 2012年 10月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応	<b>No.69</b> 2018年 6月	宇宙と地上から温室効果ガスを捉える—太陽光による高精度観測への挑戦
<b>No.47</b> 2013年 1月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学によるアプローチ	<b>No.70</b> 2018年 9月	和風スマートシティづくりを目指して
<b>No.48</b> 2013年 4月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー	<b>No.71</b> 2018年 12月	人口分布と環境—コンパクトなまちづくり

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。  
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

## 「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○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た左側に進もうとする動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。