

小池勲夫先生

(東京大学名誉教授、琉球大学監事)

聞き手：福田哲也、丸山浩平、佐藤勝昭

小池勲夫先生は、海洋生態学の専門家で元東光大学海洋研究所所長です。科学技術学術審議会海洋開発分科会の主査であり、今年度発足の JST CREST「海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出」領域の研究総括を努めておられます。



聞き手：海洋生物多様性の計測に関して、ニーズとシーズの邂逅のためのワークショップを行う予定で事前インタビューを行っています。その際、ニーズからメジャーランドに落とし込む必要があります。海洋生物多様性の計測に関してどのような課題があるのか、何を測ればよいのか教えていただけないでしょうか。

小池： 現在海洋生物計測は、センサーが律速しています。物理情報、たとえば、温度、塩分、流れ (ADCP : Acoustic Doppler Current Profiler) は測定できています。センサの寿命が問題ですが、溶存酸素濃度、PH は OK ですが、栄養塩は感度がないので無理です。CO は表面ではできていますが、海水の中では、濃度的に無理です。要は、海水を採ってきて、研究室で測定すれば、(比色やクーロンメトリを使うのですが) μ mol ないし nmol という微量であってもほとんどできます。N は熱分解で N_2 ガスまたは N_2O にして測定します。実験室的にはできます。しかし、実際には水を採集するために、船を出さねばなりません。30 名もの人が乗っていき、分析項目としては 40-50 項目も (船上で) 測定します。船上には、クリーンルームもあるのですよ。水さえ採ればかなりのことが可能です。



海洋調査船白鳳丸

聞き手：深さ方向にはどのくらいできますか。

小池： 5000m くらいは測定できます。ウインチを下ろすのに 5-6 時間かかりますが。

聞き手：測ろうと思えばなんでも測れるのですね。

小池： しかし、リアルタイムで in-situ で計測というのはむずかしい。また、時系列で変化を捉えるのもむずかしい。nmol オーダのものを測定するのですが、時空間で変動しており、ばらつきが大きいので信頼性のあるデータがなかなかとれないのです。栄養塩、シリカ等では、3D で分布していることがわかってきています。最近の分析技術では 1 試料 1 分~2 分で同時に 5 項目の分析もできます。放射線計測も 1 トンの水から濾過して抽出して測ります。これだと 10 層とればよい。ポンプ揚水、吸着材による現場濾過がのぞましい。

聞き手：生物に関しては、採集して観察するしかないのでしょうか。

小池： 生物を見るのはむずかしい。1 つの種でも、卵、幼生、親のさまざまな段階があって、特定するのもむずかしいです。

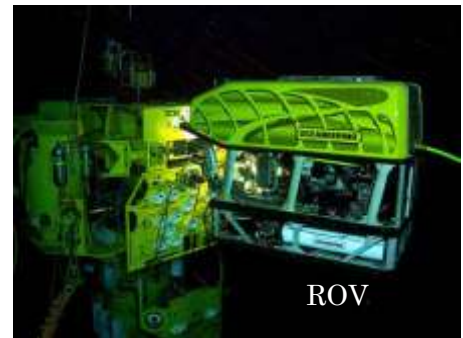
聞き手：プランクトンの場合はどうですか。窒素の過剰や不足の問題がありますが。

小池： 窒素固定している生物は $1 - 2 \mu m$ と小さく単細胞。水を採って予め染めて蛍光顕微鏡で見るとのこと。鯨は目視しかない。魚類は魚探 (超音波魚群探知機) を使いますが、魚群は見つかり

ますが、それが何かは網をいれないとわからない。10 μ m くらいまでの動物プランクトンのような小さな生物はネットで捕ります。

聞き手：先日、石丸先生に英国で開発された CPR という機械式の採集機のことを伺ったのですが？

小池： CPR は 100 μ m くらいまで。魚(mm 単位以上)は網で実物を捕まえます。魚探でも動物プランクトンの塊は写りますが何かわからない。だから、AUV(Autonomous underwater vehicle) や ROV(Remotely operated vehicle)で写真を撮るのです。また、カメラを魚に貼り付けて仲間の写真を撮ることも行われます。実際、鮭にカメラと加速度センサを付けてバイオリギングをしています、回収が問題です。



聞き手：生物多様性を CO2 排出権取引のようにお金に換算しようという向きもあると聞いたのですが。

小池：生物多様性のとらえ方は、研究者によってかなり異なります。酸素窒素の循環系において自律的環境を巻き込んだ生態系を考え、それぞれの生態系でいろんな機能がある。ある機能を持っているものが何種類か横にいる、これも多様性です。

生態系サービス(ecosystem services)という言葉があります。生物・生態系に由来し、人類の利益になる機能のことですが、機能というのは生態系自身を持っているもので人間と関係のないのに対し、サービスというのは、人間の目で見ても重要かどうかということです。

多様というのはみんなつながりあっているが、イコールまたはニアリーイコールの関係がない。では、たくさんの種があることが豊かなのか？それぞれの種がどれだけいるのか、数をかぞえなければなりません。ほ乳類や鳥類は数えることができますが、小さなものはわからない。生物分類学ではこれまで記録されていなければ新種です。

聞き手：多様性を維持していくためのキーになる種があるということを知ったのですが。

小池：キーストーン・スピーシーズ(keystone species)といいますね。生態系において比較的少ない生物量でありながらも、生態系へ大きな影響を与える生物種です。オオカミがいなくなるとシカもいなくなりという例があります。ただ、低次の生物は、環境に合わせて、次々と似たようなものが現れてきます。環境が変わってもアダプテーションが速い。似たような機能のものが用意されていて、場所によって、同様のものが存在し、入れ替わられる。だから、「生物多様性」の定義はむずかしいのです。単に「進化の過程」を見ているに過ぎないという人もいます。たとえば珊瑚礁では、多様な生物種が降りますが、多彩な場が用意されていて、Niche に棲み着く。珊瑚の場合マイクロで複雑な環境で他種のもものが共存しているのです。

聞き手：表層・中層・深層それぞれで分布が違いますよね。

小池：表層は光合成ができるところ、中層は 200-1000m の深さで表層の影響を受けているところ、深層は 1000m 以下です。底層は、これらと違って堆積物の世界です。沿岸では水深が浅いので、水全部が底層の影響を受けています。珊瑚は表層に漂って分布し、底生に定着しています。珊瑚は溶存酸素に敏感です。環境基準は沿岸の表層酸素のみ規制していますが、底層の酸素がなくなると底生生物が死にます。中層は酸素がミニマムです。北の海においては表層が沈んで表層の酸素は底層にゆき、海洋大循環が起きます。酸素は 1000m でミニマムなので、概要で無酸素です。南太平洋の東西で 200-1000m は貧酸素です。原因は有機系物質が供給されふたをしており、ここで酸素がトラップされると酸素が下に行かないのです。

聞き手：栄養分と多様性の関係は？

小池： 過栄養になると生物相は単純になります。赤潮では、構成する生物種は限られてきます。有機物が多いと貧酸素になり、硫酸が還元され硫化水素がでる。これが青潮です。生き物の場合、表層で植物プランクトンが年中生産できるかという、栄養塩枯渇で夏場は死滅します。生物密度は栄養塩律速になっています。プランクトンが栄養塩を食べるとアンモニアやリンを出すので、95%くらいはグルグルマラっていて、5%くらいしか下に行っていません。したがって、CO₂ 吸収に関係しない。有機物が下に落ちると、北の方は CO₂ 吸収は 30%は行きます。生態系の機能のある側面を示していると言えるでしょう。こういうものをプラットフォームで検出したい。

聞き手：よくプラットフォームといいますが、どういうものを指しているのですか。

小池： AUV や ROV があります。ROV は紐付きで母船からコントロールします。汎用的で使い勝手がよい。200~1000m でオペレーションするとき、それに使えるセンサーが欲しい。

聞き手：以前、石丸先生から、200-1000m の情報がないとおっしゃっていましたが、

小池： この領域は、生き物的には重要だが、ブラックボックスです。どういう機能をもった生物がどれくらいいるかの情報が欲しいのです。

聞き手：生物多様性となると、広く展開する必要がありますが、CREST で装置を作っても、せいぜい 2 基。広がらないですね。

小池： CREST でプロトタイプを作って、海域に展開するのは別のプロジェクトによるのでしょうか。例えば、JAMSTEC は気象変動観測用のブイを赤道付近に 3 基係留していますよ。
(<http://www.jamstec.go.jp/iorgc/iomics/index.html>)



定点観測は時間変化がとれるのです。

生物循環：バミューダ沖、ハワイ沖に船を出して採水機で水をくんでやるやり方。係留計で上から降ってくるものをトラップ。

物質循環：カーボンを 20 年近くやっています。NSF がサポート。年 300 万ドルも使っています。

聞き手：米国の AUV には DNA チップを積んでいると聞きましたが。

小池： 沿岸の表面ブイで、データを衛星に飛ばしているようです。ARGO ブイというのがあります。これは、3000 個くらいばらまかれています。酸素や物理センサーを積んでいます。何千メートルも潜ります。

聞き手：こういったブイの課題はなんですか。

小池： 電源をどれだけ小さく、どれだけ長持ちするか。耐圧容器に分析機器を入れて沈めたい。できれば、シーケンサーも。

聞き手：NIST にも EURAMET にも海洋観測のプログラムがありますが、日本の海洋観測の中心は？

小池： 米国では Navy がやっています。3 段階のプログラムがあって、3 段階目は基礎をやってもよいので、かなりの基礎研究も行われています。日本では、農水（水産庁）・気象庁・海上保安庁という監督官庁が、船を持っているので牛耳っていましたが、いまは、大学が船を持つようになったので大学が中心になっています。

聞き手：JAMSTEC には、船も装置もそろっていて、たいいていのことは出来るのでは？

小池： JAMSTEC はもともと深い方専門でした。ここ 10 年くらい、表層もやるようになってきまし

たが、中層は水産庁がやるので、堆積物と底生の生き物が中心ですね。海洋基本法が何年か前に出来て¹、内閣府のもとにあります。見ているだけです。従来は、国交省と水産庁がテリトリーを決めて仕切っていました。地球温暖化、資源などそれ以外のことが入ってきたのが海洋基本法設定の背景です。日本は世界第6の経済水域をもつのですが、モニタリングをきちんとやって、管理の実績を示さないと、外に対して実効的に権益を主張できません。現在では、限られた船で出て行ってスポットデータを採っているだけなので、どうなるのですかと聞かれても答えられないのです。

聞き手：そんな中で **CREST** がたてられました。最も重要なミッションは何ですか？

小池： テレメトリで概要を捕らえるとともに、無人の観測ブイを用います。ブイは、台風など海が荒れてもよいように **500m** くらい沈めて係留します。下から上に上げてきてデータをはきだす。

聞き手：企業を巻き込まないと。

小池： 日油技研、三菱重工などでしょうか。しかし、これは日本が・・・という装置が出てくると売れると思います。計測器とはかり方をワンセットにすべきです。先が見えないと大きな会社が乗ってこない

聞き手：きちんとした情報処理、データ処理が必要だと思うのですが。

小池： 地球観測のデータをどうするか。データを統合して処理する。小池トシオさんの文科省のプロジェクトが **6** 年目になりますが、情報の人が入っています。物理データは膨大でどう統合してやるか、モデル解析が行われています。

聞き手：衛星のリモセンで生物種は見分けられるのですか？

小池： リモセンは色素で決めています。藍藻は衛星で見えます。こまかくは航空機で見ます。珊瑚礁や藻場は気球でやっている人もいます。いろいろやるが、全国規模で統一してやろうという話になっていません。

聞き手：**CREST** の狙いは、端的に言うとは何でしょうか？

小池： 「進化学」や「分類学」などを目的とする研究ではなく、「生態系サービス」に関わるような研究を推進すべきだと思います。これは「量」×「ファンクション」です。それをはっきりさせる計測をしたいのです。

聞き手：海洋生物多様性の計測ニーズが多くあることは理解できてきましたが、「測りたいのに測る手段がない」ものと、「既存計測技術を大量に製造する資金がない」ものを切り分けたいのですが？

小池： 溶存酸素など、物理的、化学的な指標のはっきりした計測技術については、手間暇をかければ計測可能だと考えています。例えば **200**～**1000m** の深さなど、あまり手つかずの海域において、計測プラットフォーム+センサの技術開発が必要と考えています。

¹ 2007年7月20日に施行