

東京海洋大学 石丸隆教授に聞く

川口哲、佐藤勝昭



生物多様性のニーズ・シーズ邂逅のために、東京海洋大教授（評議員）の石丸隆先生を訪ねた。先生は、海洋微生物学の専門家であるが、CREST-地球変動のメカニズムにおいて「衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム」（研究代表者：才野敏郎(名大)、研究期間：平成11年11月～平成16年10月）を分担、SORST「人工衛星による海洋基礎生産モニタリング」（研究担当者：才野敏郎(JAMSTEC)、研究期間：平成16年11月～平成23年3月）を分担しておられる。

（インタビュー概要）

- ✓ 石丸教授は海洋生物学が専門で、生物学の視点で海洋の生態観測やこれに資する技術開発などを行ってきた。現在は東京湾の栄養塩と溶解酸素量が生態系に及ぼす影響について調査・分析を行っている。
- ✓ 生物多様性の研究開発に関しては、サンプリングと計測に関する2つの技術について問題を提起された。サンプリングに関しては、200m～1000mの海域の生物の採種をいかに行うか。計測に関しては化学量自動分析法の開発やフロー（継続的に）計測技術の必要性などについて述べられた。なお、物理量に関しては国際的なコンソーシアムが形成され、リアルタイムで情報が入手できるインフラが整備されているとのことだった。
- ✓ 化学分析や画像解析などの技術は、民生や軍事で転用可能な物も多く、国のプロジェクトでは、工学などの異分野や民間企業の参画、予算の継続的措置の必要性などについて強調された。

（インタビュー詳細）

聞き手：生物多様性の変化をどのようにモニタリングするのかについて教えてください。

沿岸生物多様性のモニタリング

石丸：夏になると、貧酸素状態になり、底生生物が死に絶えて無生物状態になるが冬には回復します。

このような状態は、東京湾のみならず有明海でも見られます。東京湾は栄養塩（N,P など）のため赤潮が発生すると、溶解酸素(DO)が減少します。これは、生物多様性を損なうので、アダプティブコントロールをしようという提案をしています。ただ、栄養塩を減らしすぎると瀬戸内海のように漁獲量が減少するというマイナス面もあります。

聞き手：下水処理では栄養塩は取り除けないのですか？

石丸：現在の東京の下水処理場では懸濁粒子を沈降し汚れを分解しますが、窒素、リンなどは除去できません。大阪湾では、高度処理（高次処理）が行われていますが、東京の場合、大規模なので高次処理をする場所がないため、遅れています。

聞き手：酸素のコントロールが生物多様性の維持に役立つのですか

石丸：貧酸素になると、多くの生物がいなくなりますからね。このために、栄養塩プラス溶解酸素をリアルタイムでモニターしなければなりません。このデータを処理場にフィードバックすることによって、アダプティブに制御しようという提案をしているのです。

自動昇降ブイによるデータロギングと衛星利用

聞き手：広い範囲をモニターするにはどうするのですか。

石丸：CREST/SORST で開発した自動昇降ブイを用いて、センサの塊をウインチで上げ下げし、収集したデータを電波で衛星に送って、データ処理をします。この自動昇降ブイは、NGK(日油技研工業(株))さんと共同で開発したもので、NGKはこのウインチをドイツにも輸出しているのですよ。

聞き手：CREST で開発したものが、実用になって輸出までされているって感激ものですね。ところで、どのくらいの深さまで測定できるのですか？

石丸：表層から水深 100m くらいまでです。

聞き手：栄養塩はどのように測定するのですか

石丸：分析装置を積んでいます。リンはフローインジェクションにより収集して比色検定で定量します。無酸素のところでは発色しないので、限界があり、新しい方法が開発されています。窒素は紫外線の吸収を使っています。

聞き手：電源はどうするのですか

石丸：バッテリーです。外国では電源を陸から引いている例もあるようですが。

聞き手：この装置は何台もあるのですか。

石丸：1台しかありません。将来は、あちこちにモニタリングポストを置ければよいと考えています。



計測ブイ

水中自動昇降装置

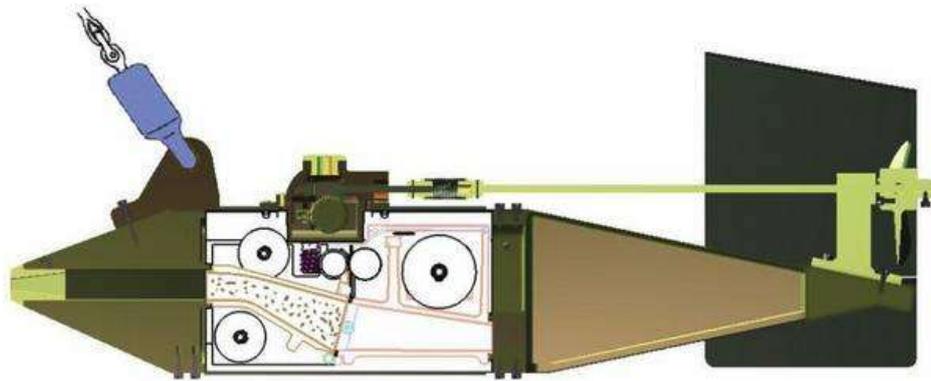
生物種の特定

聞き手：今までお伺いしたのは、酸素や栄養塩などから間接的に生物多様性を判断しているのですよね。実際の生物種の特定は、やはり採集しかないのですか

石丸：見るのがイチバンです。水中ビデオが使えます。ビデオプランクトンレコーダ(VPR)を船から降ろして、撮影し記録します。ピクセル解析などの画像処理でプランクトンを形態分離します。ビデオ技術はどんどん進んでいます。

聞き手：英国で CPR(Continuous Plankton Recorder)というのが使われていると聞きましたが、あれはどのような装置ですか。

石丸：CPR は 1920 年代に開発された機械式のもので、子回路等が一切ないきわめてプリミティブなものです。装置が単純なので、未だに使われています。図のような簡単な構造であり、流入口から入るプランクトンを濾過ネットの上に集め、カバーネットでサンドイッチして収納部に保存します。プランクトンネットは船が 1 海里航走すると 1cm 巻き取られるように設定されており、一回の曳航によって、およそ 450-500 海里の水平距離に生息するプランクトンを連続的に採集することができます。そのためプランクトンの分布境界の変化をモニターするのに最も適した採集器として、北大西洋や北海海域においては既に 70 年の実績を有しています。古いデータが残っているので、地球温暖化や生物多様性の変化の解析に都合がよいのです。



聞き手：70年前、これが気候変動のモニターになるなんて思っていなかったと思うのですが、英国はなぜこんなものを開発したのでしょうか？

石丸：おそらく海洋生物資源の探索が目的だったのでしょうね。東京湾でも気象庁が25年前までこれを使ってデータをとっていました。しかし、あまり変化がないというので、やめさせられてしまったようです。東北海域については水産庁がプランクトンのデータをとり続けています。

海洋の基礎生産量のリアルタイム測定

聞き手：プランクトンの分布をもうすこしますで捕らえるような仕掛けはあるのでしょうか？

石丸：基礎生産量の測定は昔の測定法だと30秒もの時定数が必要なので、変化を捉えられません。これに対して、燐光センサ（高速フラッシュ励起蛍光光度計）を使うと瞬時にデータを収集できま

せ



す。日本の技術で小形化され、データロギングが出来る様になりました。親潮の観測に使われました。

っかく作った装置ですが、会社（もとアレックス電子、現在のJFEアドバンテック）は売り出すところまでは行っていません。日本の要素技術は素晴らしいのですが、リアルタイムでデータロギング出来るところまでやってくれないのです。

このほか、絶対値だけでなく変動を知りたいのでCTD(conductivity, temperature, depth)の測定装置も使われます。温度は1000分の1の精度が要求されます。1000mから4000mの深海は大きな質量ですから、わずかな温度でも全熱量としては大きな違いになるからです。

聞き手：電気抵抗は何の尺度になるのですか。

石丸：電気抵抗と塩分間の関係がチャート化されていて、塩分の測定が出来るのです。

測定メッシュ

聞き手：どのくらいのメッシュでモニタリングが行われているのですか。

石丸：WOCE:World Ocean Circulation Experiment(世界海洋循環実験計画)が測定して公表していますが100km位のメッシュで、Pいくらというように緯度線に沿ってデータが測定されています。昔からのデータが定期的に更新されていますが、古いデータは精度が低いです。MIRAIは南極のラ

インにそってデータをとっています。 <http://www.ewoce.org/data/index.html>

人工衛星からのモニタリングも最近では、いろいろな量（例えば、海流、海面の高さ、風、クロロフィル、光の進入深さ、水温、等々）のかなり細かい分布が見られます。また、ARGO というモニタリング装置を 3000 個位ばらまいて、1500m くらいの水深から上の深さ方向プロファイルも撮っています。JAMSTEC もかなりの数協力しています。このほか TAO とか TRIDON とかいう気象ブイも使われています。

多様性の判定

聞き手：多様性の判定の決め手は？

石丸：形態分類と DNA しかありません。形態については、前に述べた VPR を船で引っ張って。ゲノムについては、ゲノムは見つかったが生物は見つからないということもあります。

聞き手：物理化学測定はほとんど問題ないのですか

石丸：かなり微量のものもキャピラリーやカラムを使って自動分析できるようになってきました。

未開拓な深海部の生物分布

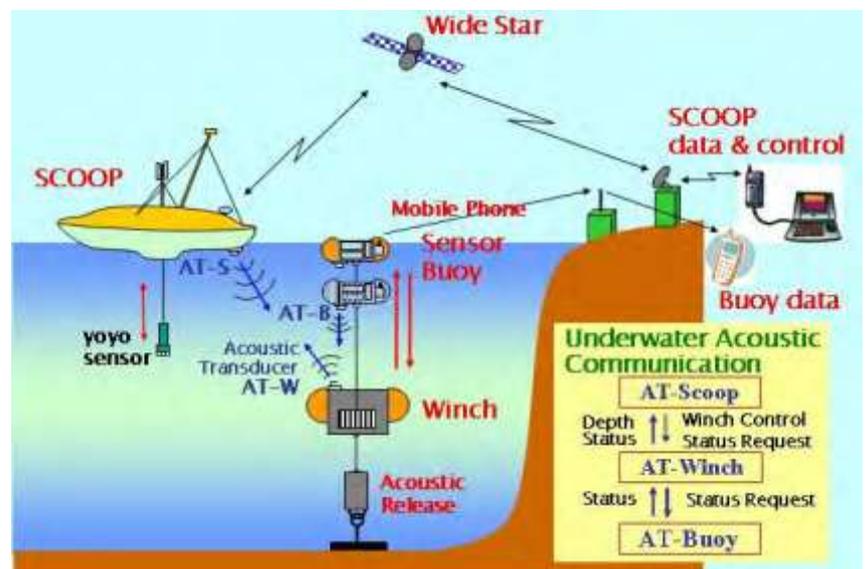
聞き手：先日、小池先生にインタビューしたのですが、200-1000m のデータをどうやって採るかが問題とおっしゃっていました。

石丸：表層部に比べ水の絶対量が多いですからたくさんの生物がいるはずですが、実態が把握されていません。海洋大では、パンダネットと呼ばれる伸縮可能なネットを順次上げて生物種を採集する研究をしています。いろいろな仕掛けを考えても実際に使ってフィードバックしていかないとよい測定が出来ません。生物屋さんはいっぱんに装置の改良に取り組みませんが、私は、装置の改良が趣味です。

聞き手：水中では電波が使えないので音波通信の改良も必要でしょうね。

石丸：音波通信は自動昇降ブイと SCOOP の間で実際に使われていますが、高性能のものは軍事技術なのでなかなか教えてくれないでしょうね。

聞き手：魚にカメラをつけて深海の魚を調べることも行われていますね。



石丸：私が極地研の内藤さんと亀にカメラを取り付けてやったのが最初でしょう。その後、技術が進歩して、超小型カメラと加速度センサーやメモリを搭載して探査するのが世界的な潮流になっています。このほか海中ロボット(ROV)を操縦して観察したりもしていますよ。

海洋植物

聞き手：海洋生物のうち植物は、そんなに分布していないのですか。

石丸：海藻と海草、近海だけです。深いところには光が届かないので大陸棚にしか生息しない。海洋に

浮かんでいる植物は、サルガッソ海の藻類だけ。しかし形態変化が激しいので種類は非常に多い。したがって、海洋植物のほとんどはプランクトンです。しかしプランクトン、植物か動物かの違いは問題ではありません。ウスベンモウソウとセンモウチュウは1つの仲間です。

インタビューを終えて

石丸先生は、魚介類の放射能汚染問題で、引っ張りだこのお忙しいなか、1時間半にわたってお話を聞かせていただき大変勉強になった。先生は、海洋生物の多様性の計測について、実に幅広い見識をお持ちで、我々の調査の道筋を考える上で非常に多くの示唆をいただいた。今後とも、アドバイスをいただけるとありがたいと思った。