



独立行政法人

海洋研究開発機構

INNOVATION NEWS

VOL.7

2008.June

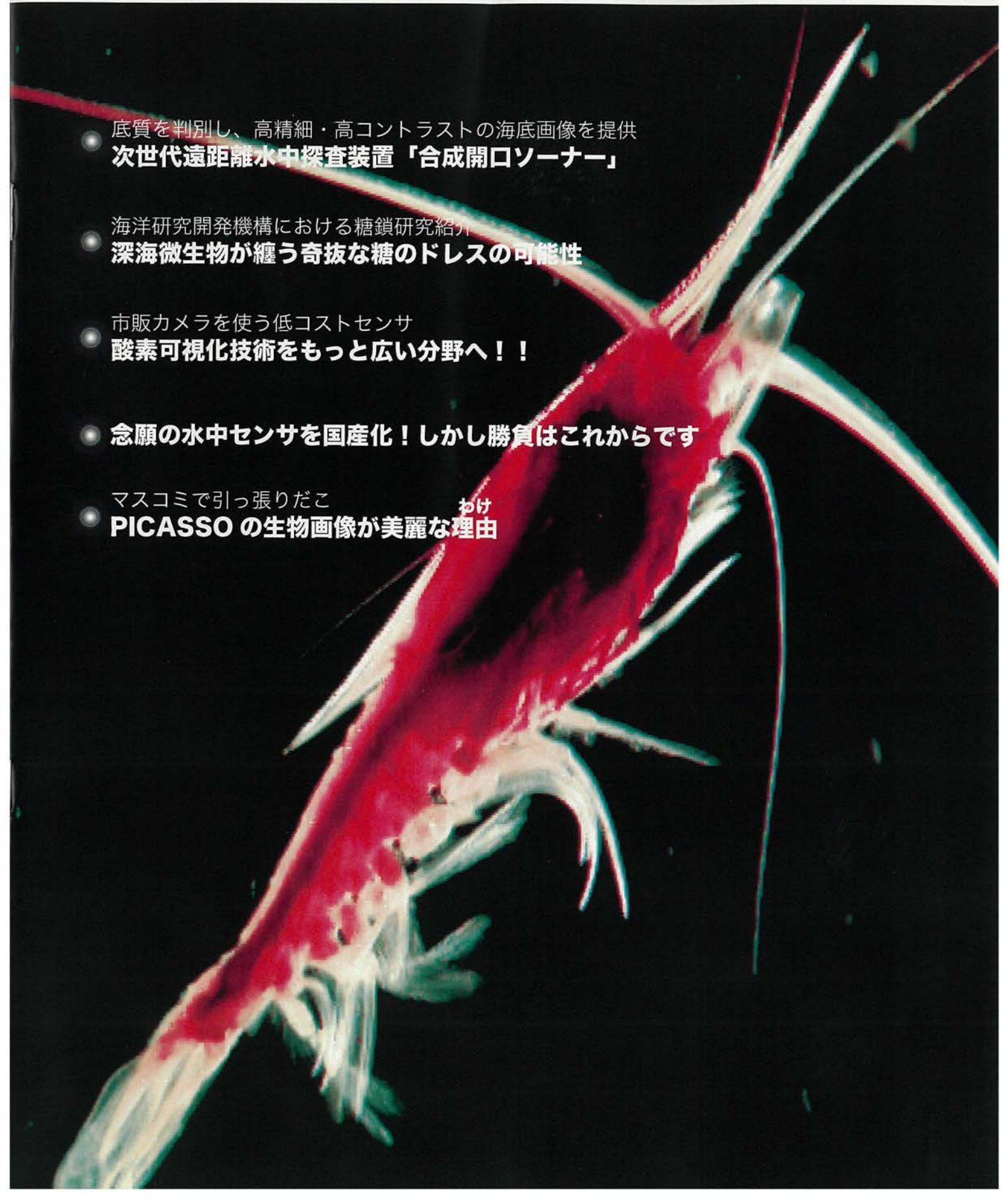
底質を判別し、高精細・高コントラストの海底画像を提供
● **次世代遠距離水中探査装置「合成開口ソナー」**

海洋研究開発機構における糖鎖研究紹介
● **深海微生物が纏う奇抜な糖のドレスの可能性**

市販カメラを使う低コストセンサ
● **酸素可視化技術をもっと広い分野へ！！**

● **念願の水中センサを国産化！しかし勝負はこれからです**

マスコミで引っ張りだこ
● **PICASSO の生物画像が美しい理由**^{わけ}



底質を判別し、高精細・高コントラストの海底画像を提供

次世代遠距離水中探査装置「合成開口ソナー」

1. 海中探査におけるソナーの役割

海中探査において、遠隔操作無人機 (ROV) などが目標地点に潜航し、カメラ調査やマニピレータ作業をすることは、非常に効果的な探査手法の一つです。しかしながらこの探査を実施するには、「どこに潜って調査すべきか？」という一見すると簡単な、実は大変難しい判断をする必要があります。陸地の倍以上広く、にもかかわらず測量や撮影がほぼされていない海底は、広大な砂漠や未開のジャングルに例えられるでしょう。

そこでの探査は、正確な地図が無ければ現地を右往左往するだけで、徒労に終わります。陸上であれば、航空写真やハンディーGPS端末、携帯電話を持参すれば、無難に探査を完了できるかもしれません。しかし海中ではそれら機器がすべて使えません。電波と光がほとんど伝搬しない特殊な海中の環境では、カメラで20m先を確認するのがやっとです。

そのため海中では、音波を使った遠隔探査装置”ソナー”を用いて、周辺の海底地図を作成します。その地図は海底の起伏

を表示するだけでなく、音波の反射強度を濃淡表示したものも作ります。図1は巡航型海底探査機「うらしま」ですが、この「うらしま」には5種類ものソナーが搭載されています。それらのうちの一つであるサイドスキャンソナーにより、海底の反射強度を画像化したものが図2です。これは2007年2月熊野トラフにて海底泥火山を観測したときのもので、泥の流れが鮮明に記録された大変貴重な画像です。しかし実はこの画像からは泥火山の高さなどはわからず、画像解像度も最良で1m程度です。貝などのベントス(底性生物)のように小さいけれども海底の状況を示す重要なものは、残念ながら見えていません。



図1 巡航型海底探査機「うらしま」
矢印で示す開口部からソナー音波が放射される



Profile

澤 隆雄 技術研究主任
海洋工学センター
高性能無人探査機技術研究グループ
学位：博士（工学）電気通信大学
趣味：DIYで車をいじること。

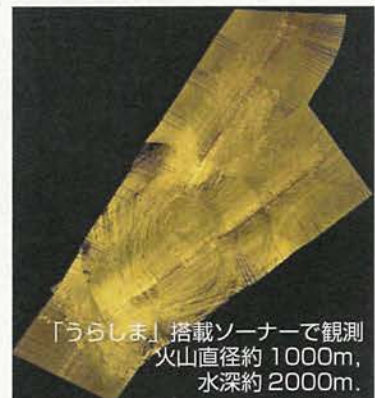


図2 海底泥火山のソナー画像
「うらしま」搭載ソナーで観測
火山直径約1000m、
水深約2000m。

2. 合成開口ソナーとは

もしもシロウリ貝などが探知でき、その分布が一目でわかれば？海底の底質が把握できたならば？合成開口ソナーはこれらを実現する次世代の遠距離水中探査装置です。

一般的に、ソナーの性能は音波を送受信するアンテナ(トランスデューサー)の大きさに比例します。そのため出来るだけ大きなアンテナを使いたいのですが、潜水機よりも大きいアンテナは搭載が難しいです。そこで合成開口ソナーでは、大きいアンテナが送受信する音波を、小さいアンテナで移動しながら何度も送受信することで再現し、コンピュータ上で仮想的に大きいアンテナを作り出します(図3)。

合成開口ソナーであれば、従来ソ-

ナーと比較して十倍以上に高精細かつ高コントラストで海底を観測することも難しくありません。加えて広範囲の均質な海底情報が得られます。合成開口ソナーで事前探査を行えば、続くROVなどによる海底探査の効率を、格段に高めることができるでしょう。

またこのソナーは反射音波の位相情報を正確に記録できるので、音波の入射角と反射強度情報とともに物質による違いをデータベース化すれば、海底表面を構成する物質の識別も可能です。例えばマンガン団塊やコバルトリッチクラスト等の海底資源の賦存量を、従来よりもはるかに正確に把握することができるでしょう。

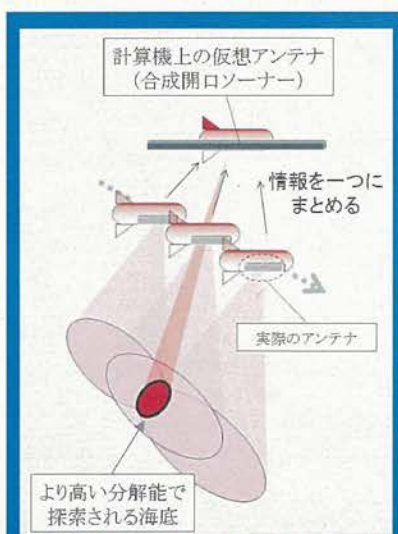


図3 合成開口の原理

巨大な仮想アンテナを構築し、海底を高精度に調査

3. 合成開口ソナーを実現する”二つの特許”

このような高性能次世代ソナーを実現するため、JAMSTECでは5年前から積極的な研究を行ってきました。水槽実験を通して潜在的に高い性能をもったソナーであることは初期段階で確認しましたが、しかし同時に、二つの問題をもっていることがわかりました。一つは動揺の問題、もう一つは処理演算量の問題です。

動揺の問題は、ソナーが大きく揺れると期待通りの性能を発揮できないことです。ソナーが揺れると記録する反射音波の位相がずれて仮想アンテナが歪みます。こうなると画像内に虚像が発生し、最悪は普通のソナーと同程度の性能となってしまいます。

性能を発揮するためには安定した姿勢で使用する必要がありますが、海には波浪と潮流が付き物で、揺れないことはほとんどありません。そこで重要となるのが動揺補正の技術です。デジカメなどで手振れ補正機能がありますが、合成開口ソナーにも補正技術が欠かせません。

JAMSTECでは波の周期性を考慮した独自の動揺補正技術(特許取得済み)を開発しました。その効果は合成開口ソナー試作1号機(図4)で実海域試験において確認しました。図5(a)に示す二つのウキを赤い矢印の方向から観測したところ、合成開口技術を用いなかった場合の画像(b)はウキが横に長く低品質な画像ですが、合成開口技術を適用した(c)では性能が向上し、ウキの中心を識別できるようになりました。しかしまだボケが残っています。そこで独自の動揺補

正技術も適用した(d)では、ボケも抑えられた明暗のはっきりした高コントラスト画像を得ることができました。

もう一つの処理演算量の問題は、高性能を追求すると処理時間が膨大になってしまうことです。合成開口処理での演算量は性能に対して級数的に増え、加えて得られる画像データも従来のソナーより飛躍的に画素数の高いものとなります。そのため一般的なデスクトップ PCでは、処理結果として画像が得られるまでに、探索時間の何百もの時間がかかってしまいます。これは探査機器として使い勝手が悪く、あまり実用的とは言えません。大規模な高性能計算機を用いるのも一つの解決策ですが、母船に搭載することは費用面を含めて現実的ではありません。そこで JAMSTECでは処理精度を確保しながら数十倍以上高速で処理が実行できる合成開口アルゴリズム(特許申請中)を開発しました。このアルゴリズムを用いれば、何台ものサーバーで計算すべきものをノート PCで実行できるため、合成開口ソナーを探査装置として実用するためには、大きく進展です。



図4 合成開口ソナー試作1号機
全長1.5m 空中重量約60kg 水中重量0kg

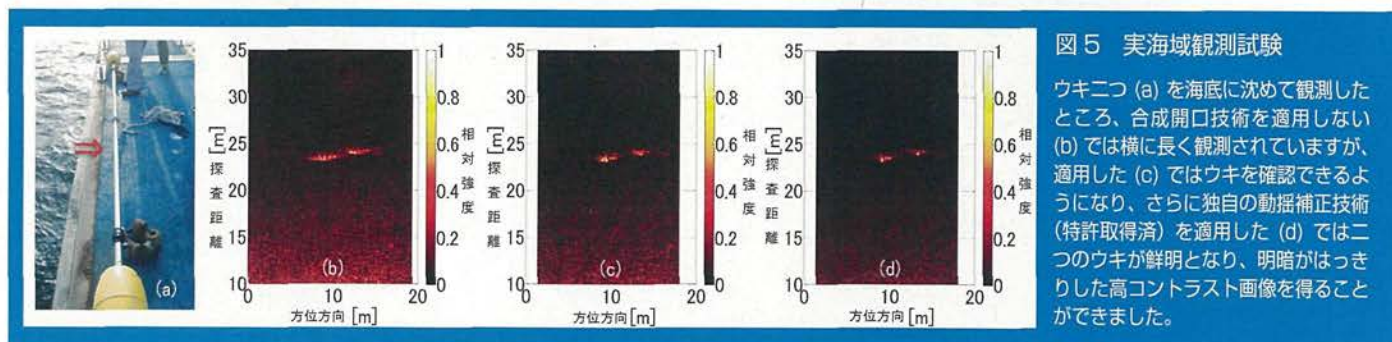


図5 実海域観測試験

ウキ二つ(a)を海底に沈めて観測したところ、合成開口技術を用いない(b)では横に長く観測されていますが、適用した(c)ではウキを確認できるようになり、さらに独自の動揺補正技術(特許取得済み)を適用した(d)では二つのウキが鮮明となり、明暗がはっきりした高コントラスト画像を得ることができました。

4. 産官学協力のもとに量産機を

現在、JAMSTECでは合成開口ソナー試作2号機「アトランティス」を製作中です。本ソナーはROVやAUVに搭載するだけでなく、中性浮力の子機(図6)に搭載して曳航し、探査機の動揺と雑音に左右されない安定した海底調査を行うことができます。加えて本ソナーは広帯域受信機を搭載しており、受信波形を位相情報を含めて正確に記録し、海底質の判別やインターフェロメトリ処理に有利な仕様となっています。現在までにシステム構成を確定し、ハード・ソフト共に製作に入りました。すでに一部ソフトウェアは完成しています。平成20年度末から動作試験を開始し、平成21年度末には実海域での試験運用を行い、高品質な海底画像を得る計画です。

この試作2号機で合成開口ソナーの性能を内外にアピールし、量産機の開発にこぎつけることが、その次の目標です。特に今後は産官学協力のもと、具体的には大学における最先端の情報処理に関する研究を反映し、それを企業の協力の下で量産を目指したいと思っています。世界市場に世界最高性能の日本製合成開口ソナーを発表し、日本の海洋研究を底上げできればうれしい限りです。



図6 合成開口ソナー試作2号機「Atlantis」感性予想図

深海微生物が纏う奇抜な糖のドレスの可能性



XBR

Profile

中川 聡 研究員

極限環境生物圏研究センター
有用微生物探索研究グループ

学位：2005年博士（農学）京都大学

趣味：読書

ヒトから微生物まで、全ての生物細胞には「糖鎖」という生体分子がウブ毛状に生えています(図1)。糖鎖とはその名の通り、様々な糖が結合して出来上がった鎖状の物質で、核酸(DNAやRNA)やタンパク質に次いで「第三の生命鎖」とも呼ばれています。糖鎖を構成する単糖としては、例えばグルコース(別名ブドウ糖)やマンノースのような中性糖が有名ですが、最近評判のヒアルロン酸という巨大糖鎖はN-アセチルグルコサミンというアミノ糖の一種と、グルクロン酸というウロン酸の一種から構成されています。生体内によく見つかる糖は15種類ほど知られています。糖といえば甘いイメージがあり、例えばグルコースが2つ結合(α -1,4結合)してできるマルトース(別名麦芽糖、水飴の主成分)は確かに甘いですが、同じグルコース2つでも結合の仕方が変わると(β -1,6結合すると)苦い糖鎖(ゲンチオビオース)ができます。このように糖鎖は、構成糖の種類だけでなくその結合様式によって性質が大きく変化します。分岐した複雑な構造の糖鎖も多く、他の生命鎖と比べるとケタ違いに膨大な情報を圧縮してコードすることができます。

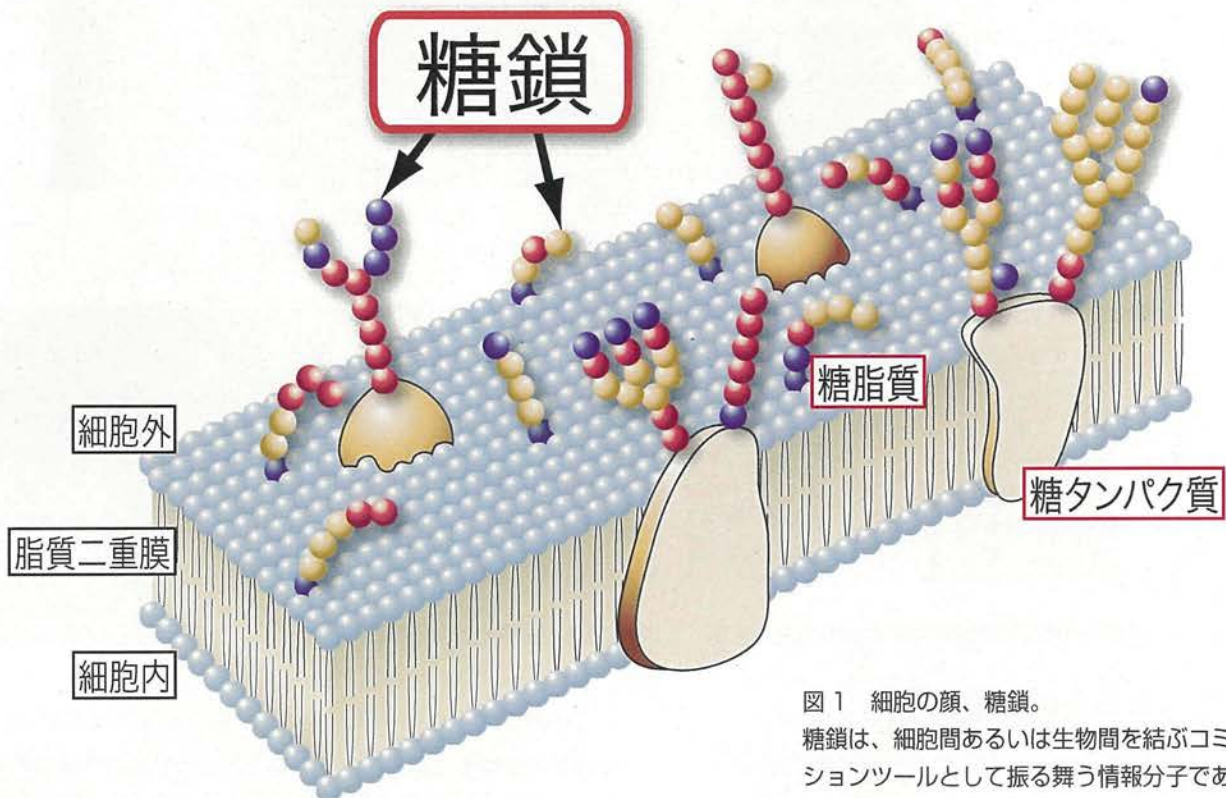
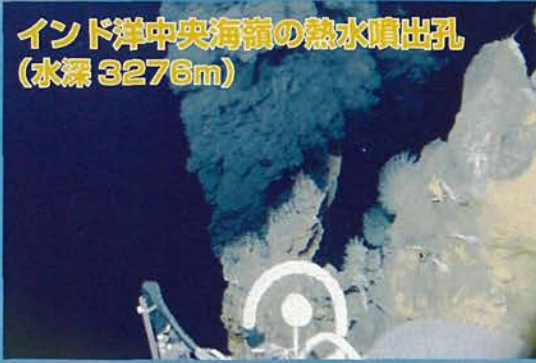


図1 細胞の顔、糖鎖。
糖鎖は、細胞間あるいは生物間を結ぶコミュニケーションツールとして振る舞う情報分子である。

糖鎖は、「細胞の顔」と言われています。例えばヒトの血液型は血球表面についている糖鎖の違いによって決まります。また、精子と卵が出会うと卵表面の糖鎖が精子に認識され受精が起こりますし、ウイルスがヒトの体内に侵入するとウイルスは我々の細胞表面の糖鎖を認識して感染してきます。このように、糖鎖はそれ自体が機能するというよりは、「細胞間あるいは生物間を結ぶコミュニケーションツール」として振る舞う情報分子であると言えます。近年、糖鎖がガンや自己免疫疾患、細胞分化や老化など我々の健康に直接的もしくは間接的に関わっている事が次々と明らかになり、糖鎖に注目した診断システムや医薬品の開発だけでなく、機能的食品・スキンケア製品・化粧品といった幅広い分野でも産業創造に向けての技術整備が進んでいます。中でも糖鎖を合成あるいは部分分解する酵素は、実用化・産業化に向けたポテンシャルが高いことから様々な生物で研究されるようになりました。

インド洋中央海嶺の熱水噴出孔 (水深 3276m)



スケーリーフット (*Cbrysomallon squamiferum*)



アルピン貝 (*Alviniconcha* sp.)



私は特殊な生命現象や特異な生物間相互作用の見られる環境は、未開拓の糖鎖や糖鎖関連分子の宝庫であると考えています。これまで海洋底や地殻内において微生物が基盤的役割を担う生態系を調査してきましたが、中でも強い生物間相互作用の見られる環境が深海底熱水活動域です。深海底熱水活動域では様々な生物が微生物と絶対的な共生関係を築くことで、この地球上最も過酷な環境を謳歌しています。共生微生物は、熱水中に含まれている水素や硫化水素などを利用して二酸化炭素から有機物を合成し、宿主生物に提供します。意外なことに、深海底に棲むこの献身的な微生物が、ピロリ菌 (*Helicobacter pylori*) やキャンピロバクター (*Campylobacter jejuni*) といった人類に最も蔓延した病原性微生物と同じ分類群に属しています。

我々はこれまでこの共生微生物を対象とする生理生態学的解析や全ゲノム解析等を進めてきました。その結果、共生微生物は近縁の病原性微生物と違って毒素を作るような病原性遺伝子は全く持っていませんが、ピロリ菌やキャンピロバクターの感染やそれを原因とする自己免疫疾患に重要な役割を担っている多くの特徴的な糖鎖関連遺伝子群を共通して持っていることが分かってきました。微生物が大型生物に共生もしくは感染するためには、宿主生物の免疫系をかいくぐる必要があります。共生微生物のゲノム上に見つかった多くの特徴は、熱水活動域で生き抜くために微生物が獲得した共生機構が、病原性微生物の感染機構のプロトタイプであったことを支持しています。

我々はさらに深海生態系において異種生物が共生・共存する仕組みや共進化過程を分子レベルで理解することを目指し、様々な糖鎖生物学的解析手法を用いた研究を進めています。共生微生物と宿主生物間の相互作用において、特に共生微生物の持つ LPS や N 結合型糖鎖と呼ばれる糖鎖が重要な役割を担っていると考えられますが、すでにこれまで全く知られていなかったような奇天烈な構造の糖鎖が次々と見つかっています。

深海底熱水活動域に見られる微生物-大型生物間の相互作用は、共生と感染の分子機構の類似性を進化の時間軸を加味して研究する絶好のモデルです。深海底に棲息する微生物が持っている糖転移酵素群や共生メカニズム等の研究成果は、医薬品や医療素材のみならず生体材料、機能性食品など広範囲に活用可能なことから、産学官連携を核とした我が国の技術力・産業競争力向上やベンチャー起業化など創造的で高付加価値かつ独自性の高い産業群を創出することが期待できます。



図2 奇抜な糖を身にまとった微生物の電子顕微鏡写真

底質を判別し、高精細・高コントラストの海底画像を提供

酸素可視化技術をもっと広い分野へ！！



Profile

小栗 一将 技術研究主任

地球内部変動研究センター

地質・地球物理研究グループ

学位：2001年博士（理学）名古屋大学

趣味：元々工作が趣味。最近では自分で製作したステレオで好きな音楽を小さな音で楽しむこと。

私は、海底とは一体どんな環境なのか、そこでは生物はどのように暮らしている、その活動が海底環境にどのくらい影響を与えているか、ということの研究をしています。海底には海表面付近で生産されて、分解しながら水中を沈降するプランクトンの死骸などが降り積もっていますが、これらの有機物は、海底でも酸素を消費しながら分解を起こして二酸化炭素になります。これを好気分解といいます。海底の酸素は好気分解によって消費されるため、表面からわずか数ミリ～数 cm の深さで枯渇します。この、海底の酸素濃度プロファイルを精密に調べていくと、酸素の消費速度や、有機物の好気分解速度などを大まかに見積もることができます。つまり、酸素のプロファイルは海底の環境指標になるわけです。ところが、海底で酸素のプロファイルを測定するのは難しいものです。海底の表面からわずか1cm 未満という、きわめて薄い酸化環境のプロファイルを測定するためには、数十から数百マイクロンという微小な間隔で濃度を測定しなければなりません。

さらに、海底には底生生物が暮らしていて、穴を掘ったり海底をかき乱したりしています。このため実際の海底では、場所によっても時間によっても酸素の濃度が違うことは明らかです。つまり微小で複雑な海底の環境を知るためには、電極を使ってピンポイントのプロファイルを測るだけではなく、海底断面の酸素濃度の分布を、サーモグラフィーのように高解像度で可視化する技術が必要とされます。

酸素濃度の可視化方法は、酸素消光色素を使ったフィルムと高速画像積算カメラを組み合わせた方法が知られています。これは、光によって励起された色素が酸素分子と衝突する際にエネルギー

の転送が起きて基底状態に戻るため、励起状態の色素が発する「りん光」の発光強度あるいは発光寿命が酸素濃度と反比例する、という原理に基づいています(図1)。したがって、酸素消光色素をフィルムの表面に固定したものを平面センサとして、CCD カメラを使って発光中の平面センサフィルムのりん光成分だけを撮影してから、コンピューター上で画像処理をすれば酸素濃度の分布を可視化できる、というわけです。この技術を海底に持ち込むことができれば、不均質な海底の酸素濃度分布を一度に捉えられますので、現実の海底の複雑さ、つまり環境のばらつきがどのくらいあるのかとか、生物が穴を掘って新鮮な水を引き込むと、酸素が泥の中をどのように拡散していくか、というような、これまでの計測技術では分からなかった空間的、時間的な変化が一目瞭然となります。

酸素濃度の可視化技術は水中に限ったことではなく、大気中の酸素分圧の違いも検出できます。このため、当初この技術は、自動車や飛行機の模型を風洞に入れて、模型に加わる圧力(酸素分圧)を可視化するという目的で開発が進められました。今ではこの技術は大きく発展し、レーシングカーのボディ設計に応用している会社もあるようです。しかし酸素分布の可視化には、高感度・高速積算機能を持った CCD カメラと制御回路が必要ないため、装置はどうしても高価で大掛かりになり、しかも使いこなすにはデジタル回路やプログラムの知識も必要でした。このため、レーシングチームに比べて研究資金やマンパワーに乏しい自然科学の分野では、世界的にも、資金や技術者に恵まれたごく一部の研究機関を除いてほとんど使われていませんでした。

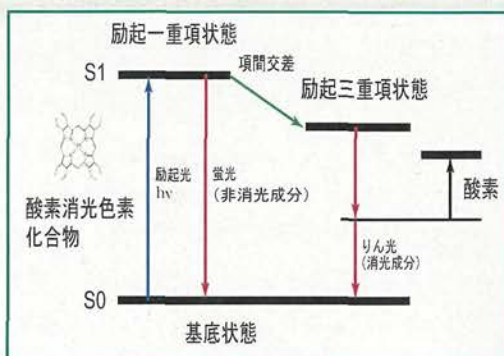
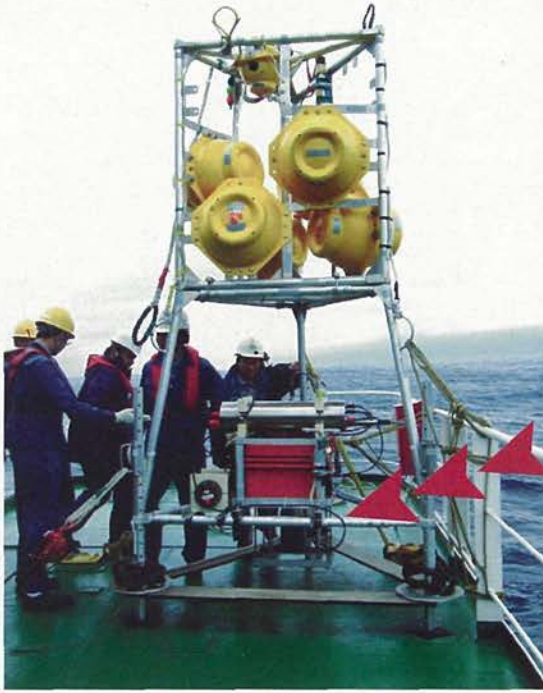


図1 酸素消光性色素を使った酸素濃度測定の実理

色素は励起光によって光励起されると、まず励起一重項状態に至る。この状態の色素は蛍光を発して基底状態に戻るが、一部の色素分子は項間交差を経て励起三重項状態に移行する。この状態では色素分子は基底状態に戻ることができないが、酸素分子と衝突することでエネルギーの転送が起こり、基底状態に戻る。色素分子の周囲の酸素濃度が高ければ衝突の確立が上がり、濃度が低ければ確立が下がるので、りん光の発光強度あるいは発光寿命と酸素濃度の間には反比例の関係が成り立つ。

図2 筆者が開発した、海底の二次元酸素プロファイルを測定するセンサ



複雑で大掛かりな装置を海底に降ろして現場観測をするために、ランダーシステムと呼ばれる一種の水中エレベーターに取り付けられている。センサ部分は潜望鏡になっており、窓の部分に酸素消光色素を塗ったフィルムが貼られている。この潜望鏡は、特殊な CCD カメラが組み込まれた耐圧容器に取り付けられている。測定の際には、海底検出センサの信号を頼りに、堆積物と海底の境界面ぴったりの位置に降ろされる。



数年前、私は幸いにも JAMSTEC 内部の研究資金を得て、海底の酸素濃度分布を可視化する装置の開発を行う機会に恵まれました(図2)。その時に完成させた装置を使って、実験室に設置した水槽の中や、相模湾や下北半島沖などの海底で酸素濃度分布の現場観測を行ってきましたが、この装置はハードウェアとソフトウェアが複雑に連携したもので、自分で作ったにも関わらず、操作方法やプログラムの内容を忘れてしまう、といった状態に陥ることもありました。

また、コンピュータの搭載やカメラの冷却などが必要なため、装置は大掛かりになり、船上での組立調整やオペレーションに手間や人手がかかるという問題もありました。このため測定や観測を行う度に、もっと簡単に測定が出来たら良いのと感じていました。

しかし、ある時面白いことに気づきました。成果を学会で発表するために、実験室に設置した装置の写真の撮ったとき、水槽の壁に貼っておいたセンサフィルムに、酸素濃度の違いがはっきりと写っていたのです。丁度フィルムを励起するための光源がつきっぱなしになっていたのですが、あまりにはっきりと酸素濃度の違いが写っていたので大変驚き、ここまで写るのなら、特殊なカメラや複雑な制御回路を使わなくても、酸素濃度分布を可視化できるのではないかと閃きました。酸素に対して消光性の高い、つまり感度の高い色素を使えば、光励起させたセンサフィルムの表面をただ撮るだけ、という単純な方法でも可視化はできるはず、と考えたのです。そこで、新たに市販のデジタル一眼レフカメラで装置を組んで測定してみたところ、従来の方法に比べて感度こそ落ちるものの、水環境の酸素濃度分布をはっきりと定量できることが分かりました(図3, 図4)。

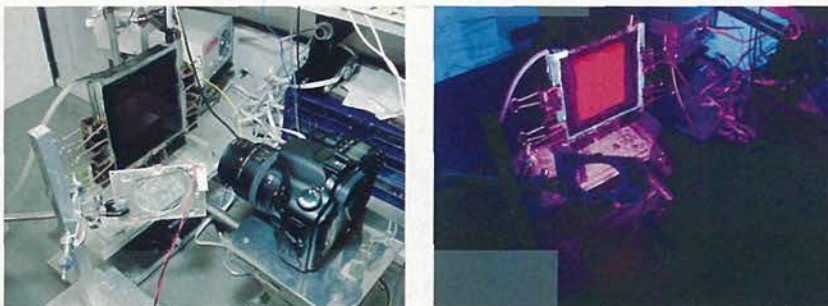


図3 堆積物-水境界の酸素濃度分布を測定する装置

左：市販のデジタルカメラを使って仮組みされた装置。水槽の壁面内側に酸素消光色素を塗ったセンサフィルムが貼られている。
右：この装置を使って酸素濃度を測定するために撮影中の様子。センサフィルムがLED 励起光源からの光によって励起され、赤色のりん光を発しているのが分かる。
図2 の装置と比べると、きわめてコンパクトな構成になっていることが分かる。

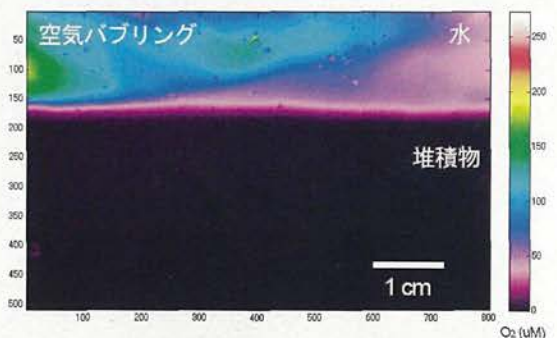


図4 図3の実験装置で得られた堆積物-水境界の酸素濃度分布

酸素分布はデジタルカメラで撮影した画像をコンピュータ上で処理することで得られる。水中にはポンプで空気が供給されており、このために生じた水中の酸素濃度勾配もはっきりと可視化されている。



では、これまでなぜ特殊なカメラが使われてきたのかと言いますと、酸素消光色素が励起されて発する光のうち酸素濃度を反映するのはりん光だけなので、酸素濃度分布を得るためには、りん光以外は撮影しないこと、具体的には、励起光源を高速で点滅させて、光源が消えた瞬間を何千〜何万回と繰り返し撮影して、これらを積算しなければならない、という固定観念に縛られていたためだと思います。まあ、何気なく写した一枚の写真が、私に、特殊な方法に頼らなくても酸素濃度を可視化できる、というヒントを与えてくれたことになるのですが、簡単に可視化することをいつも考えていたから、インスピレーションを得られたのかも知れません。

今回開発した簡便な方法を使えば、これまでは価格、規模や技術的に特殊だった酸素濃度の可視化方法が圧倒的に低コスト

化、かつ簡単になるため、これまで導入を躊躇してきたような分野にも技術を提供できるようになるでしょう。たとえば浄化処理の分野では、微生物固定化単体を使った処理法が確立されつつありますが、微生物の働きを効率的に行うためには、単体の周囲の酸素分布を知る必要があります。市販のデジタルカメラをベースにした装置で酸素濃度を可視化すれば、単体の開発に大きく貢献できると思います。また、この技術では先輩にあたる流体を扱う分野である、自動車や飛行機のボディに加わる圧力分布の測定などでも使って頂けるようなもの出来ればと思います(図5)。その他にも、私が思いつかないけれど、酸素濃度の可視化を必要とする分野があるかも知れません。多くの分野の方々に、デジタルカメラで行える可視化技術を知っていただけたらと思います。

酸素濃度イメージング技術と社会への貢献

・新たに技術の普及・利用を期待できる分野

汚水処理・水質浄化
(衛生工学・浄化処理)

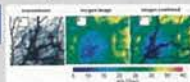
実験室用セットアップ
自動撮影装置

食品発酵槽内の酸素
モニタ(食品)

気密容器と
データ転送装置

生体内への酸素の拡散
の観察(医・生物学)

生体用セットアップ



酸素濃度イメージング装置

新たなニーズ



・酸素濃度分布の可視化が求められている分野

環境計測
(地球化学・環境アセスメント・水産)

耐圧容器
自動撮影装置

自動車・高速鉄道・飛行機の
設計デザイン(流体工学)

風洞実験用
セットアップ



図5

念願の

水中センサ国産化に目処！ しかし勝負はこれからです



Profile

石原 靖久 サブリーダー
海洋工学センター
長期観測技術グループ

趣味：Audio、鉄道模型、氣功



長期観測技術グループでは、係留型の海洋観測ブイシステムである TRITONブイならびにその小型、低コストタイプとして応用技術部で独自に開発した m-TRITONブイの運用を行っています。TRITONブイはエルニーニョ観測を目的として西太平洋の赤道域に、m-TRITONブイはインド洋の気候変動解析やダイポールモード現象の観測を目的としてインド洋に展開されています。これらの海洋観測ブイシステムは水深5000mを超える地点でも係留可能で、洋上の風や気温等の気象項目と水深750mまでの水温や塩分濃度を計測し、そのデータは衛星通信を経由して送信され、JAMSTECだけでなく世界中の天気予報などにも活用されています。

またこれらのブイシステムのコストダウンならびに搭載品の国産化を推進するために、使用する各種センサの内製化にも取り組んでいます。気象センサユニットについては既に実用化し、m-TRITONブイに搭載して文科省の受託研究であるインド洋観測に使用しており、TRITONブイに搭載している従来型の外国製気象センサユニットの代替としても導入が進められています。一方、水中計測関連のセンサについても独自に高精度センサの開発を進めており、昨年度末に、高精度 TD(水温・圧力)センサの量産初号機が完成しました。本年5月にその性能評価を行った結果、実験室レベルではありますが目標とする TRITONブイでの要求精度(1/100℃)を上回る性能が得られ、外国製センサと比肩しうる国産センサの実現に一步を踏み出しました。今後は実海域環境での長期使用における安定動作やドリフト等の評価を行い、来年度中には量産機が完成する予定です。

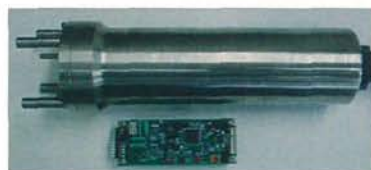


TRITON ブイと m-TRITON ブイ

次の課題は伝導度(塩分)の高精度計測ですが、これについては、我々だけでは技術的に難しい部分があり、TDセンサほど容易ではありません。そこで伝導度計測については、国内のセンサメーカーと共同で開発を行う方向で現在調整を行っています。

さらに今年度より、高精度水中センサ開発と並行して、開発したセンサを定期的に較正・調整を行う高精度検定システムについても内製、国産化に取り組みます。この検定システムは、産業界でも例が無いほどの非常に高い精度での温度制御が求められる極めて挑戦的な試みで、これまで、高度な運用技術で JAMSTECの検定業務を支えてきた関連会社の協力を頂きながら開発に取り組んでいます。折しも昨年の世界計量会議において、気候変動研究に関する計測では国の計量標準との照合(トレーサブルと言います)が確保されている事の重要性が指摘されました。そこでこうしたことを鑑み、我々が開発する検定システムについても、国の計量標準にトレーサブルな体系を構築することを目指しています。これには日本における計量標準活動の中心である産業技術総合研究所の計量標準総合センターの協力が不可欠であり、これについても現在、調整を行っているところです。新検定システムは、今年度中に試験運用を開始し、来年度末には上述の高精度水中センサ量産機だけでなく、JAMSTECの既存の高精度な海洋観測センサでも利用出来る、国家標準にトレーサブルな検定システムとして運用を開始する予定です。

CTD(塩分・水温・圧力)センサならびにその検定システムの内製化が実現すれば、ひとつおりの目標を達成した事になるわけですが、「センサを開発しました」「検定システムを自前で構築しました」と言うのは、スタートラインに立ったに過ぎません。私たちのオリジナルな挑戦が始まるのはこれからであり、取り組むべき課題はたくさんあります。シミュレーション科学の進歩は観測の更なる高精度化や観測地点の増加を要求してくるでしょうし、また炭酸ガス排出に対する規制や化石燃料の高騰を鑑みれば、現場海域へ足を運ぶ機会の削減は必至であり、今後の洋上の観測プラットフォームは、さらなる長期運用の要求が課せられる事を考えていかななくてはなりません。こうした、——高精度化と長期メンテナンスフリーの両立——と言った難しい要求に応えるセンサを実現するには、従来方式の延長では困難と考え、他分野の様々な技術に視野を広げて各種センサの検討を行っています。数年以内に、今回は本誌の紙面上で新しいタイプのセンサが紹介出来るはずですよ。



TD センサの量産初号機と内部回路基板



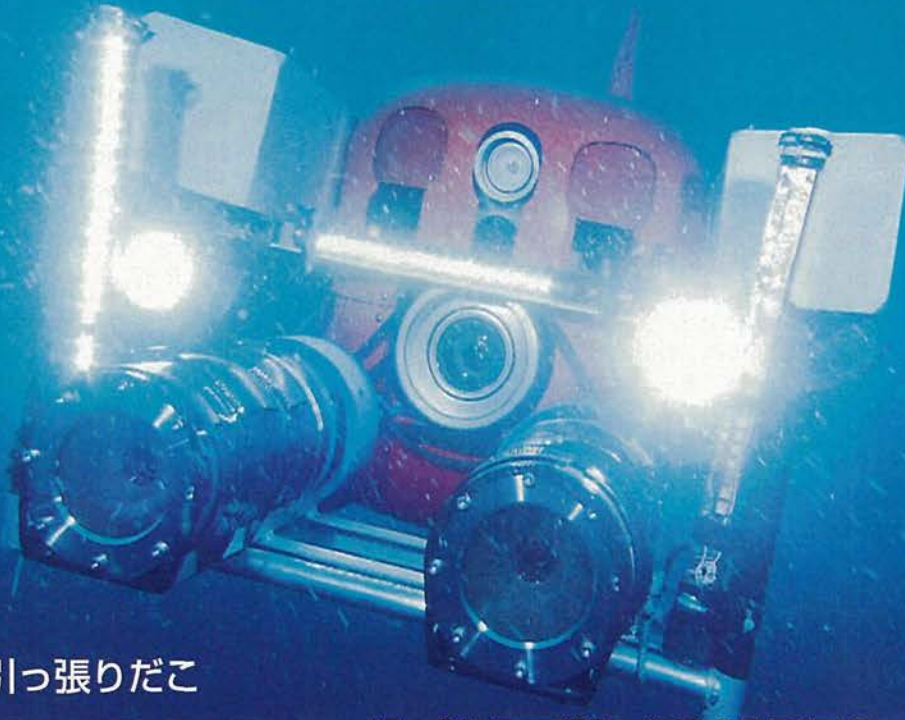
実用化した気象センサユニットのサンプル
図は雨量計の例(プローブのみ外国製)



水中センサ開発担当 高橋 幸男さん



検定システムを計画中の馬場 尚一郎さん



マスコミで引っ張りだこ

わけ

PICASSOの生物画像が美しい理由

「Lindsayさんのご専門はクラゲと伺っていますが、頂いたPICASSO画像には他にもたくさん半透明の生物がいますね。これらはなぜ半透明をしているのでしょうか？」

Lindsay: 捕食者から隠れるためのカモフラージュです。石や海藻があるところではそれらに化けて身を守る生物もありますが、何もない海中では半透明になるのが一番目立たないのです。他には何か危険なものに化けて身を守るものもいます。

「七色に光って見えるのは何ですか？」

Lindsay: きれいに七色に見えるものは大抵、筋肉か繊毛が投光機のライトに反射したものです。特にクシクラゲがそうなのですが、反射角度や重なり具合によって色が変わって見えます。ニジクラゲやヒゲクラゲは現場では透明に見えますが、横から光を当てるとこの写真のようにきれいに光ります。水槽で色が出るようにライトを当てて写真を撮ると、本当に「虹」クラゲのようにきれいな色で光ります。ニジクラゲもヒゲクラゲも同じカタクラゲの仲間同士です。

「ヒゲクラゲはなぜ“ヒゲ”クラゲなのですか？」

Lindsay: 触手がたくさんついているからです。触手が無いのはハゲクラゲと呼んでいます(笑)。でも実は調査をしているうちに、ヒゲクラゲが触手を落としたものがハゲクラゲだとわかりました。

「なぜ触手を落とすのでしょうか？」



七色に光って見える「ヒゲクラゲ」



Profile

Lindsay, Dhugal 技術研究主任
極限環境生物圏研究センター
海洋生態系変動研究グループ
趣味: ビーチバレー 俳句
スキューバダイビング

Lindsay: 捕食者が追って来て逃げるときに触手を落とすことで水抵抗を減らす、または、エビなどに足を絡ませて逃げるためでしょう。ちなみに、ニジクラゲの触手は光ります。光った触手を落として、注目させておいてその間に逃げるのです。

「みんな、生き残るために“ハゲ”たり光ったりする能力を持っているわけですね。」

Lindsay: そうですね。

「写真」として綺麗に見えるように、光を当てる工夫をしているのですか？」

Lindsay: 調査やデータを目的として撮るような映像は、より遠くまで見えるようカメラとライトの位置を近くしているため、ライトが散乱したり海中の粒子に反射して、バックが黒にならずぼやけた絵になってしまいます。ライティングを変えることでバックが黒になり綺麗に写るのです。

「どうやってライティングを変えているのですか？」

Lindsay: 斜め75度くらいの角度で当ててやると、バックが黒になって被写体が引き立ちます。さらに同じ工夫をすることで、被写体の手前のマリンスノーも映りません。その結果、水槽内で撮るような美しい映像を海中で撮ることが可能になります。このソコダラの画像のように、バックが黒いミステリアスな写真を撮ることができるわけです。また、PICASSOは太いケーブルで母船と繋がっているわけではないので、母船の動きによって揺れることなく、安定した放送局級のハイビジョン映像を撮ることが出来

ます。そして母船は、漁船やプレジャーボート程度の小型船舶でも OK というコンパクトさも PICASSO の魅力です。「ライティング・光ケーブル・コンパクトさ」が合わさり、安定した美しい映像を低予算で撮影することを実現しています。さらに将来的には 2 台の PICASSO を同時に海に潜らせ、1 台は被写体を強力な照明で照らし、もう片方はその被写体をさらに高解像度で撮影することを考えています。そうすることで、遠くまで見渡せる美しい映像を撮ることが可能となり、研究調査と、アウトリーチやビジネスの両方に最適な映像取得が出来ると考えています。これは、研究とアウトリーチの両方に同時に貢献できる非常に優れたプランだと思っています。

「テレビ番組で PICASSO が撮ったテヅルモゾルの映像が珍しいと紹介されていたのですが、どこが珍しかったのですか？」

Lindsay: テヅルモゾルがプランクトンを食べる瞬間の映像だったのですが、テヅルモゾル自体は珍しくありませんし、彼らがプランクトンを食べることも珍しくありません。

しかし、PICASSO のカメラはプランクトンレベルの詳細な部分まで捉えることが出来、ライティングも優れているため、その瞬間を美しく鮮明に撮影出来たことが貴重でした。

「PICASSO の映像商業化の調査研究(注: 弊機構の実用化展開促進プログラムにより予算を得て実施)をされた結果、単体の映像だけでは商業的価値は低く、作品にした方が良いという結果になったと仰っていましたが、例えばどういった作品ならば商業的



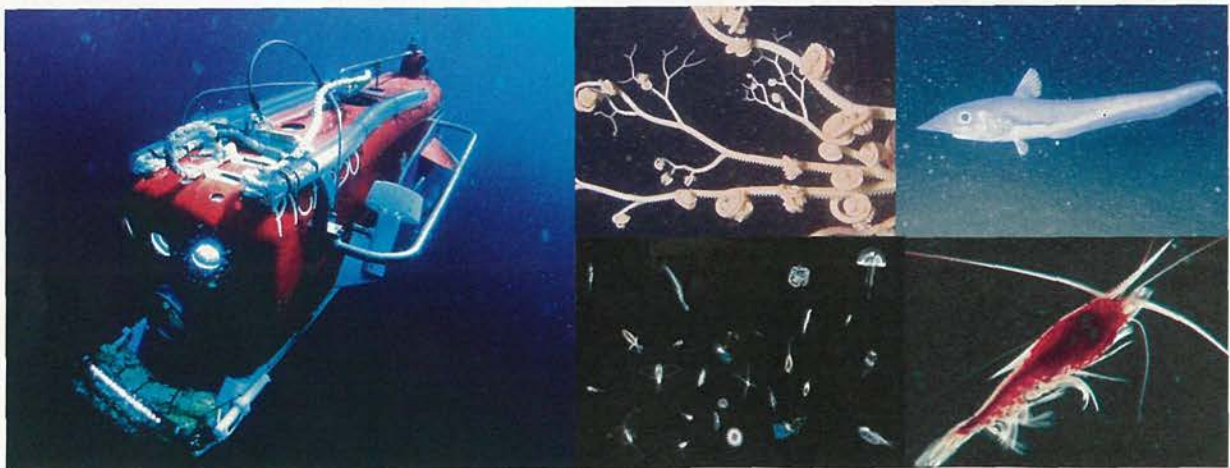
価値が出ると思われませんか？」

Lindsay: 個人的な意見になってしまうかもしれませんが、恐らく種類の生物に絞って、それを撮りに行くというストーリー的なものは好まれそうですね。コウモリダコなども珍しいですが、既に撮影されているので、まだ動画では撮影されていないダイオウイカが一番話題になるでしょう。ダイオウイカは、日本近海の小笠原で国立科学博物館の窪寺博士が静止画像の撮影に成功したことがあるので、その際の深度・海域・時期・緯度経度が分かっています。そこを狙って PICASSO を持って行けば動画を撮れるかもしれません。以前、ディープトゥで撮ろうと試みたことがありますが上手く行きませんでした。静止画の撮影に成功した際のカメラはあまり動かない目立たないカメラだったので、ソデイカやダイオウイカが寄ってきたのではないかと考えています。ディープトゥの場合、波で母船が揺れるとディープトゥも動き、警戒されてしまします。PICASSO ならば母船と繋がっ

ている部分は細い光ファイバーなので上下運動をすることはありません。PICASSO に搭載している赤いライトも、我々の目には見えますが、彼らには目立ちません。ダイオウイカの撮影に向いているツールだと思いますね。

「PICASSO を作ったことでマスコミの注目度が上がったと思いますが、何か感じたことはありますか？」

Lindsay: みんな夢を求めているのだと思います。毎日、テレビや新聞でも暗いニュースが多いですね。そこへ夢のある話が出てくると、みんなわくわくして惹き付けられるのだと思います。PICASSO にはそういう夢を実現するような要素があって、それが共感されたのだと思います。みんな新しい夢を求めているのです。見たことのない生物を見たいとか。もちろん研究が本職ですけれども、ひいてはみんなの夢や、教育にも貢献することが出来ればそれが理想です。PICASSO はそういったことを可能にするツールだと思っています。





独立行政法人 海洋研究開発機構

独立行政法人海洋研究開発機構 URL <http://www.jamstec.go.jp>

経営企画室 評価交流課

発行責任者：木川 栄一

編集責任者：高橋 可江

執筆：石原 靖久・小栗 一将・澤 隆雄・中川 聡・森 裕子

監修：Lindsay, Dhugal

レイアウト：野田 真紀

印刷：海洋地球情報部

電話：046-867-9234

FAX：046-867-9195

本誌関係 renkei@jamstec.go.jp 特許関係 chizai@jamstec.go.jp