

Blue Earth  
Special Issue 2008

# 深海調査研究船 「かいらい」のすべて



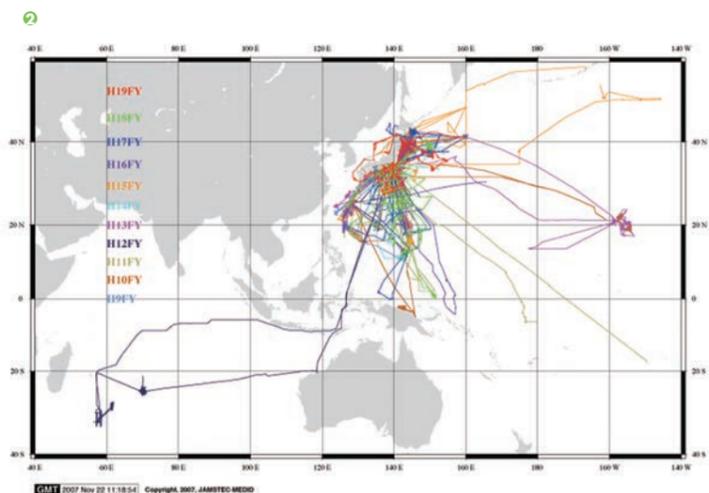
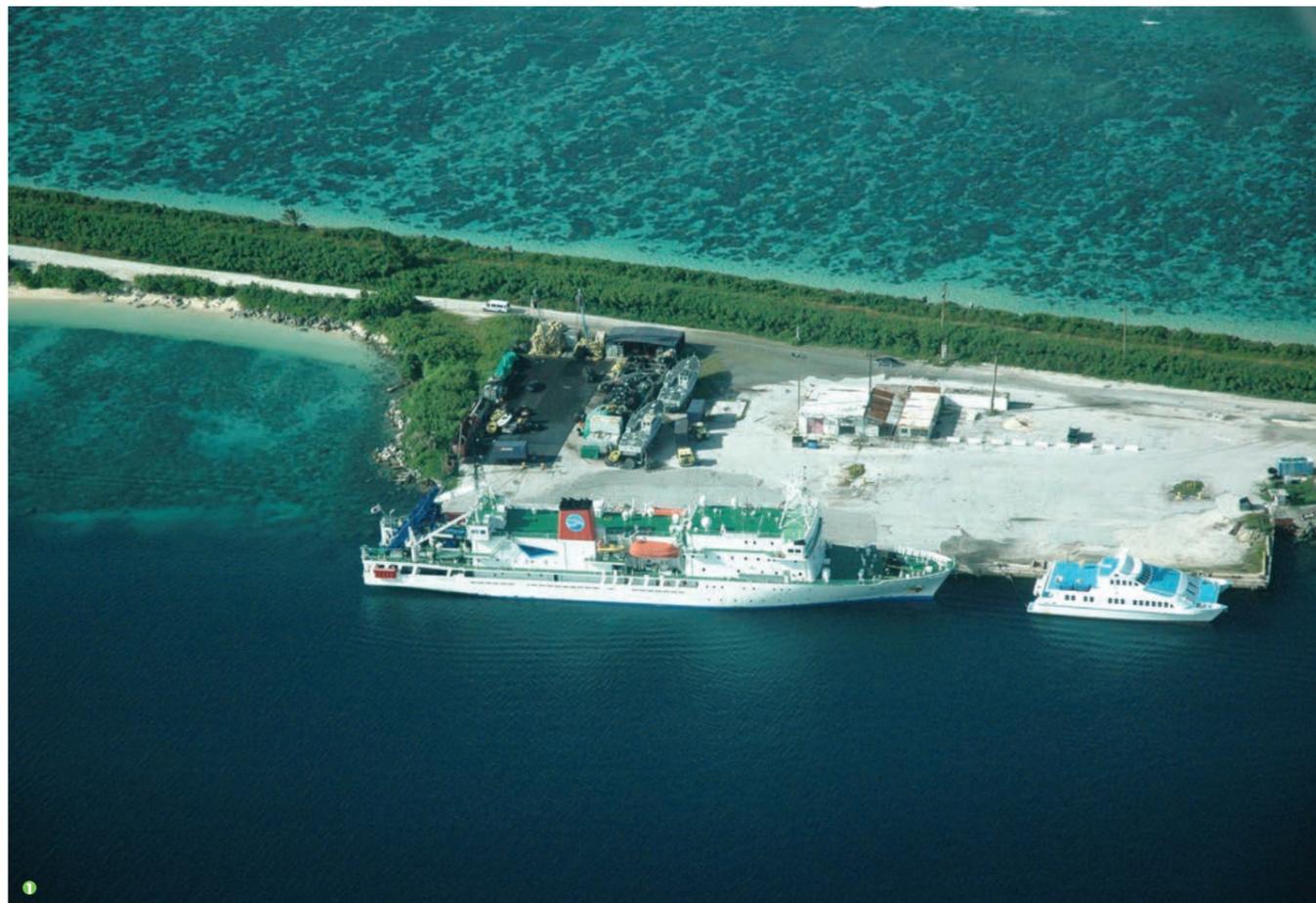
深海調査研究船「かいらい」の誕生  
世界の大深度海域に挑む深海調査研究船「かいらい」の建造プロジェクト

就航10周年記念 SPECIAL 座談会  
研究者・技術者・乗組員の思いがひとつになって誕生した深海調査研究船「かいらい」

深海調査研究船「かいらい」の搭載設備  
海洋・地球科学の進展に欠かせない調査・観測を担う「かいらい」搭載の探査機器

深海調査研究船「かいらい」10年の軌跡  
深海・海溝域へ挑戦し続けた10年「かいらい」が得た世界初の快挙と教訓

就航10周年記念寄稿  
10大航海でふりかえる「かいらい」による新発見と科学的成果



深海調査研究船「かいらい」は、1997年の就航以来、無人探査機「かいこう」の支援母船という役割だけでなく、深海・海溝域の総合的な調査観測研究を行うことのできる調査船として、世界の海で活躍してきた。また速力も速く調査船としての機能も高く評価されており、様々な調査でその能力を発揮してきた。「かいらい」10年間の全航路と、調査風景の一部を紹介する。

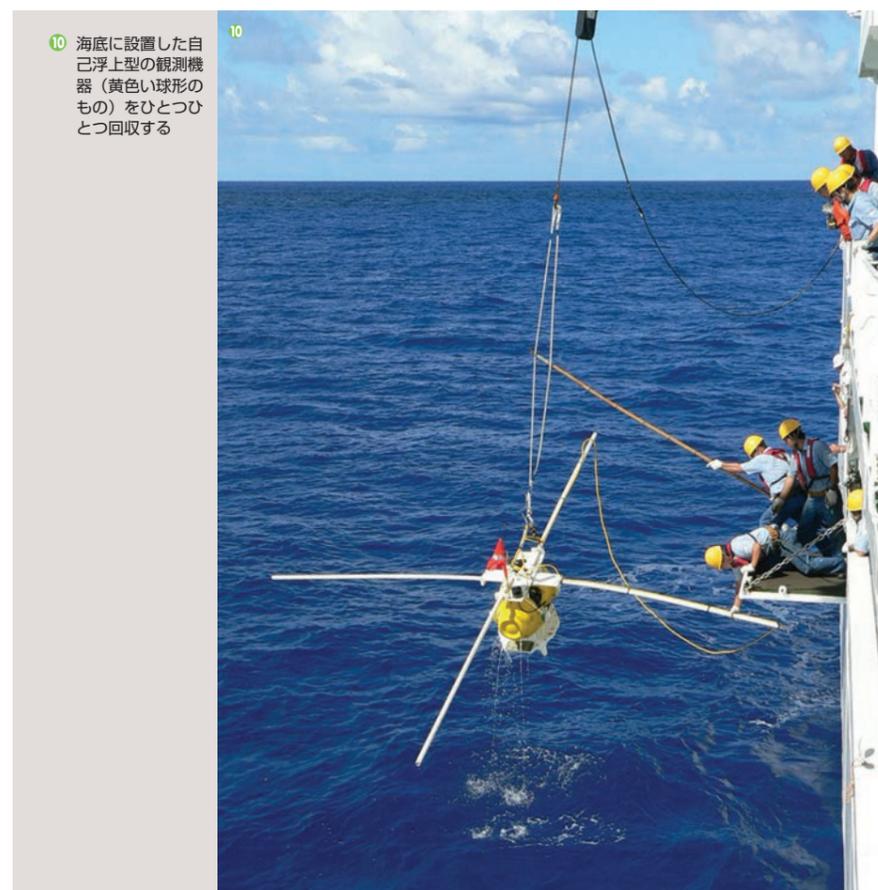
- 1 寄港したグアムにて遊覧飛行のセスナから撮影された「かいらい」
- 2 平成9年から19年までの全航路
- 3 海底にあけた掘削孔にセンサーを入れ調査する掘削孔利用システム「べんけい」
- 4 20mのピストンコアラを投入
- 5 作業は夜まで続くこともある



- 6 世界最深のマリアナ海溝・チャレンジャー海淵で泥を採取する「かいこう」
- 7 「かいこう」の投入準備
- 8 円筒形の容器ドレッジャーを海底で引きずり、海底の堆積物や岩などを採取する



- 10 海底に設置した自己浮上型の観測機器（黄色い球形のもの）をひとつひとつ回収する



#### CONTENTS

- 2 深海調査研究船「かいらい」の誕生  
世界の大深度海域に挑む  
深海調査研究船「かいらい」の建造プロジェクト  
土屋 利雄
- 8 就航10周年記念 SPECIAL座談会  
研究者・技術者・乗組員の思いがひとつになって  
誕生した深海調査研究船「かいらい」
- 14 深海調査研究船「かいらい」の搭載設備  
海洋・地球科学の進展に欠かせない調査・観測を担う  
「かいらい」搭載の探査機器
- 17 深海調査研究船「かいらい」10年の軌跡  
深海・海溝域へ挑戦し続けた10年  
「かいらい」が得た世界初の快挙と教訓
- 17 学童疎開船「対馬丸」沈没地点調査
- 18 インド洋中央海嶺で熱水噴出孔生物群集を発見  
橋本 惇  
蒲生 俊敬
- 20 10,000m級無人探査機「かいこう」ピークル亡失事故  
田代 省三
- 22 就航10周年記念寄稿  
10大航海でふりかえる  
「かいらい」による新発見と科学的成果  
藤岡 換太郎

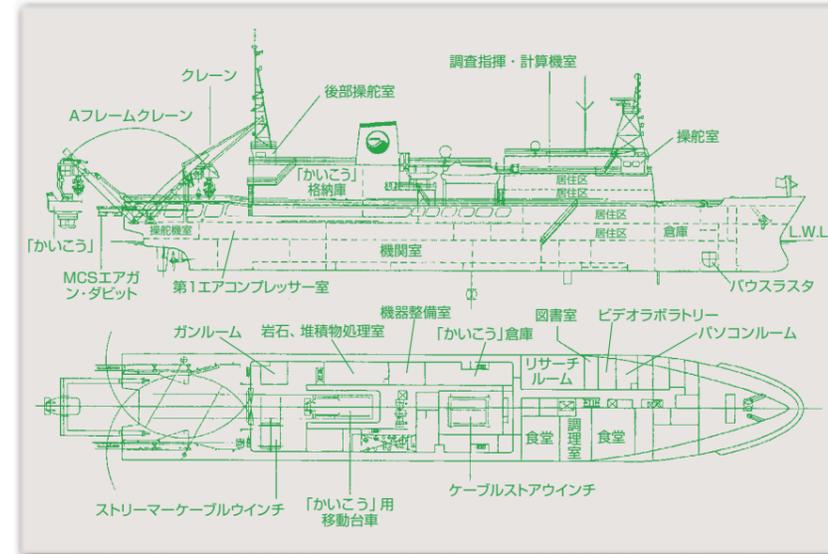


1996年8月5日に行われた深海調査研究船「かいらい」進水式の様子

# 世界の大深度海域に挑む 深海調査研究船「かいらい」の 建造プロジェクト

**土屋 利雄** 審議役  
(当時 建設計画主任監督員)

深海調査研究船「かいらい」は、いまだ多くの謎を秘めた世界の  
大深度海域の調査に挑む、無人探査機「かいこう」の母船として  
1997年に誕生した。建造にあたっては従来の調査船での使用実績  
や乗組員の意見を積極的にとりいれ、オペレーションや観測機器  
の性能向上だけでなく、甲板の幅や研究設備、船室の仕様にと  
いたるまで、様々な改善点を仕様書に盛りこんだ画期的な船とな  
った。1997年には優れた船舶に与えられる「シップ・オブ・ザ・イ  
ヤー準賞」を受賞している。深海・海溝域の総合的な調査研究を  
行う「かいらい」建造の経緯をふりかえる。



「かいらい」概略配置図



「かいらい」(上)は「よこすか」(下)と同じ船形を採用した

## 「かいらい」建造の目的と 建造経緯

海洋科学技術センター(現・海洋研究開発機構、以下JAMSTEC)では、従来から有人潜水調査船「しんかい2000」や「しんかい6500」を利用して、深海底を観測し試料を採取するなど、水深6,500mまでの様々な研究を進めてきた。しかし、世界の海洋には水深約11,000mのマリアナ海溝を含むさらに謎の多い大深度海域が多く存在しており、それらの海域を調査する手段は、ほとんど存在しなかった。そのため1994年度には、水深約11,000mの世界の最深部まで潜航調査が可能な無人探査機「かいこう」を完成させ、世界のどんな深海でも調査をする体制を整えることができた。

しかし「かいこう」は当初「しんかい6500」の支援母船「よこすか」に搭載されていたため、自由に運航期間を決めることができなかった。また同年、大深度海域における深海底表層や断層地形、地質構造を明らかにすることのできる「マルチチャンネル反射法探査システム」が導入されたが、このシステムの有効利用のためにも深海調査研究船の建造が要望されていた。それを受け1995年度、

深海域の総合的な調査研究を行う深海調査研究船の建造が補正予算で認められると、ただちに深海開発技術部(当時)を中心として、JAMSTEC各部の代表からなる「深海調査研究船建造プロジェクトチーム」が発足、建造に必要な様々な仕様が検討された。また、実際に建造監督業務を行う建造監督員が指名され、同年10月には川崎重工と建造契約を締結、翌年2月に起工式を行い、建造が開始された。

深海調査研究船は、その後の船名公募により「かいらい」と命名され、1996年8月には進水式を迎え、1997年3月27日に無事、JAMSTECに引き渡された。その後「かいこう」やマルチチャンネル反射法探査システム等の総合的な慣熟訓練が行われ、今もなお世界中の深海域を対象に調査研究が行われている。なお個人的な意見ではあるが、「かいらい」(海嶺)という船名は、無人探査機「かいこう」(海溝)を搭載し、主に深海域を調査するという本船のミッションから考えて、非常に的を射た名前だと思っている。

「かいらい」は建造期間を短縮するため「よこすか」と同じ船形を採用したが、「よこすか」の詳細図面をも

とに使用実績や乗組員の意見を積極的にとりいれ、新たに追加する機能や改善すべき点について、JAMSTEC側と造船所側とが時には深夜にまでおよぶ長時間、徹底した討議を行った。その結果「かいらい」に取り入れるべき機能として以下のような事項を技術仕様書に盛り込み、建造の詳細図面作成時に反映させることになった。

- ・マルチチャンネル探査法や「かいこう」のオペレーション機能向上
- …ジョイスティック操船装置の装備
- 「簡易型DPS-KIKUSU-」を搭載
- ・測位精度の更なる(1桁)向上
- …ディファレンシャルGPSの採用
- ・他船との相互観測
- …音響航法装置の2周波化
- ・音響機器の性能向上
- …徹底した水中雑音対策の実施
- ・「かいこう」運用の最適化
- …Aフレームクレーン、着揚収装置の改善
- ・研究設備の充実
- …観測機器室、分析室、リサーチルーム、パソコンルーム等の設置
- ・甲板作業環境の改善
- …長船首楼の採用、短艇甲板の全通化
- ・データの共有化、通信の向上
- …高速LAN(研究室+居室)、デー

タベースサーバー、衛星によるデータ通信設備の充実、メールサーバーの充実

- ・採泥機器の充実  
…ピストンコアサンプラー、ドレッジなどを搭載
- ・居住環境の改善  
…部屋配置の全面的見直し、乗組員を含む居室の全室個室化、収納場所の増大、キャンパーの廃止、通路幅の拡大

## 無人探査機「かいこう」の運航

「かいいい」船上には、無人探査機「かいこう」の運航が円滑に行えるように12,000mものケーブルを巻き取るための装置や、ある程度荒れた海でも「かいこう」を着水・揚収できるシステムが装備された。この着水・揚収システムは、「かいこう」に適したAフレームクレーンを新たに設計・製作し装備するなど、できる限り少ない作業員で安全かつ円滑に運用できるように考案されている。また、Aフレームクレーン後部の作業が見渡せる位置にある、ウインチ操作や作業の指示などを行う後部操舵室は、より「かいこう」の取り扱いや長時間にわたるオペレーションがしやすいように機器の配置を検討し、「よこすか」よりも後部操舵室の窓の取り付け位置を10cm低く10cm縦方向に大きくした。さらに操作機器はできるだけ設置位置を低くしたため、後に船員さんから後部甲板に出ていると身を隠す場所がないとぼやかれてしまう程、広い安全作業視界を確保することができた。また、「かいこう」の制御室はブリッジに近接した区画に設けられており、3人のパイロットが多くのモニターを見ながら「かいこう」を操作するがこれらの機器も、基本的に「よこすか」から移設した。「よこすか」では後部操舵室に隣接して設置されていたが、よりブリッジとのコミュニケーションを取れるように現在の位置に設置し、向きも



第2甲板上大物機器搭載（1996年6月24日撮影）

「よこすか」とは逆で船尾方向を向いている。

この操作区画のそばには、11,000mもの大深度でも目標地点に「かいこう」を正確に誘導することが可能な音響測位装置が装備されている。この装置は「かいいい」から海底に設置したトランスポンダと無人探査機「かいこう」に搭載したレスポンドを使用し、海中の位置を非常に高い精度で算出することができる。「かいこう」では、JAMSTEC所有の他船で使用している音響航法装置の周波数帯も使用することができる。また地球上での船の位置を出すGPS衛星航法システムには、従来のシステムから測位精度を1桁以上向上（1m以内の精度）させるディファレンシャル機能が付加された。さらに「かいこう」の運航時に必要な微妙な操船作業を行いやすくするため、両舷のプロペラの推力やサイドスラスト（船を横に移動させるプロペラ）の推力を最適に配分し、船首の保持等の細かな操船を行うためにジョイスティック操縦機能が装備された。

## 海底下深部構造の探査

「かいいい」では海底下深部構造を知る方法として、最も有力な物理探査法のひとつであるマルチチャネル

反射法探査システムを装備することが前提条件であった。このシステムは、エアガンと呼ばれる音源（震源）から高圧空気により海中で大きな振動を発生させ、海底下数十kmもの深部から反射してくる波動を長いストリーマーケーブル（受振装置）でキャッチ（受振）して記録し、計算機で詳しく解析することにより海底下構造を詳細に把握することができる。ストリーマーケーブルとは、100個以上ものハイドロフォン（水中マイク）や電子回路が封入され油の充填されたビニールホースで、その長さは約3,500m（現在は最長5,500m）になる。そのため、ストリーマーケーブルの海上での展開や揚収は非常に大がかりな作業となる。「かいいい」では安全に効率よく作業ができるようにウインチの配置や移動が十分考慮されており、また、不良になったケーブルのユニットを船上で交換できるように、できる限り多くの予備品を搭載できるようにした。また、エアガンに必要な高圧空気を送り出す、市販では最大級のコンプレッサ（オーストリアLMF社製—24m<sup>3</sup>/分）を2基船内に装備した。検討当初は国産（カジテック社製—10m<sup>3</sup>/分）のコンプレッサ4台（ディーゼルエンジン駆動2台、電気モーター駆動2台）を搭載予定



上部構造搭載終了（1996年7月30日撮影）

であったが船内の配置や雑音低減を考慮した結果、急遽選定された。そのため川崎重工業のロンドン駐在員をウイーンに派遣し調整を行い迅速に入手することができた。

## 研究作業関連設備

「かいいい」は「かいこう」の母船としてだけでなく、本格的な調査研究船として研究活動に従事できるように様々な研究設備の充実が図られた。

### (1) 船内配置の改善

トランスポンダや地震計といった海底設置物の揚収作業を円滑に行うため、全通甲板を短艇甲板とし船首楼を長船首楼とした。あわせて救命艇ダビットを船内側に引き込んだ構造とし、「よこすか」にあった上甲板暴露通路を廃止し居住区画を拡大した。これらより、本船は、同型の「よこすか」に比べてよりすっきりした印象をうける。また、研究環境の改善のため部屋配置の全面的見直しを行い、乗組員を含む居室の全室個室化および個人荷物の収納場所を確保した。また、キャンパー（床の傾斜）の廃止や通路幅の拡大を図ったところ、「よこすか」は両舷0.8mであった通路幅が、本船では右舷1m左舷1.2mとなり、ビールの大瓶ケースのような大きな荷物を持った

人もすれ違えるようになった。

### (2) 音響機器の整備

最近の観測船においては、海底地形の詳細な把握は、最も重要な調査項目のひとつである。従って「かいいい」には、海洋地球研究船「みらい」と同様、最深部の11,000mまでの海底地形を水深の最大2.6倍の範囲で計測できる最新のマルチナロービーム音響測深装置（シービーム社・Sea Beam 2112.004）が装備された。この装置は、音の細いビームを数多く（120本以上）発射し、海底から反射して戻ってくる時間から距離を計算し、音の速さをもとに海の深さ（測深データ）を計測する。これらの測深データは最終的にはコンピュータで様々な処理が行われ、船上ですばやく詳細なコンターマップ（等深線図）や3次元表示のカラフルな海底地形図（鯨瞰図）が作成される。この装置の特徴は、得られたデータを陸上に持ち帰ることなくほとんどの作業を船上で行えることである。最終的な海底地形図は、様々な角度から鯨瞰図として立体的に表現することもできる。また、海底の凹凸を細かく探査できるサイドスキャン機能も備えられている。このサイドスキャン機能は、ちょうどサーチライトを横から当てたように海底の

凹凸が影のように現われてくるため、コンターマップとあわせるとより詳細に海底の表情を見ることがができる。さらに、この最新装置には、海底表層付近の地層を同時に得ることができる地層探査装置（サブトムプロファイラ）も装備されており、海底面と海底下を総合的に調査することができる。

また、音響機器の性能を十分発揮させるには、船体から発生する水中放射雑音をできるだけ小さく抑える必要がある。そのために、「なつしま」や「よこすか」で得られた知見を十分に活かし、徹底的な水中放射雑音の低減化が行われた。

### (3) 調査・研究設備の充実

深海底の堆積物や岩石などの試料採取のため、トラクション機能付きのワイヤ・ウインチ（ワイヤ径14mm×長さ12,000m）と様々な海底の底質を採取するための機材（ドレッジャーやピストンコア）を装備した。ピストンコアはすでに試験が終了し、円滑に作業できることが確認されていた。また、採取した海底の試料採取物を処理し、化学・生物学的な調査研究も可能な研究設備を備えたことにより、船上での高度な調査研究が可能になった。

また「かいいい」には、海洋における重力や磁力を連続的に計測する船上重力計やプロトン磁力計、および3成分磁力計を装備した。これらの重力・磁力データは、地球物理の基本的な資料となる重要な要素である。しかし、海洋における重力・磁力データを計測できる船舶に限られていることもあり、データ量は絶対的に不足している。「かいいい」では航走中にデータを自動的に取得できるため、長期間にわたる広域観測が可能であり、今後のデータの解析が期待される。また、重力・磁力データは、マルチチャンネル探査法による地層探査結果やマルチナロービーム音響測深装置による海底地形

図、さらには、「かいこう」で実際に観察された海底の様子および「かいこう」に装備されているサイドスキャナー等を総合的に突き合わせることで、従来の深海域の研究とは違う角度からアプローチを行うことができる。

さらには、多数の研究者が意見交換できるリサーチルームとして、プロジェクターやプラズマディスプレイ等の設備を装備し、クルーズレポートを作成するために必要なパソコンルーム（Mac、Windows、スキャナ）も備えた。「かいいい」でマルチチャンネル反射法探査システムの調査が開始されると、長時間の連続観測が行われるため24時間ワッチ体制となると考えられる。そのため、船長補佐に相当する者が1名多く乗船できる設備を整え、研究員や乗員の居室はすべて個室とし、プライバシーが守られ不規則な勤務でも十分な休息がとれるように考慮した。あわせて、今後の女性研究者や観測技術員の増加に対応するため、必要な設備（洗面所、シャワー室、専用の洗濯機等）を備えた。

#### (4) 船内ネットワーク

現代の観測船は、データを収集するだけでなく、船内において可能な限り様々なデータに必要な処理・加工を施し、データを有機的に利用できる体制を整えるのが常識となってきている。「かいいい」においても、分析データの本格的な処理のために、本格的な船内LANシステムを構築した。船内で得られたすべてのデータは、このLANを介して、メインサーバーに蓄積される。また、解析に必要なデータ、例えば、本船の現在位置や船の航跡、水深、海底地形図、表面水温、XBT（投げ捨て型水温計）データ等々は各研究室に設置されたワークステーションから得ることができる。それだけでなく、各研究者の居室からパソコンを接続して、自由にデータを参照したり、



「かいこう7000 II」



リサーチルーム



食堂

過去のデータを蓄積したデータベースを利用することもできる。このため、研究者は船上に必要なレポートを作成したり、自分の研究に必要なデータを乗船中に入手できるようになった。また、衛星（インマルサットおよびNスター）を介してインターネットと接続し電子メールなどのサービスも受けられるようになった。さらには、船内のCATV網を使って、「かいこう」で得られた深海底の画像はもちろん、船内作業のビデオカメラ映像を居室を含む船内の様々な場所で見ることができるようになった。これによって、すべての研究者や作業員が現在の作業状況を容易に確認できるようになり、観測効率の一層の向上が期待される（もちろん、空きチャンネルでは、娯楽のためのTV放送やビデオ放送も行われる）。

#### (5) 海洋汚染防止に対する取り組み

「かいいい」は、海洋汚染防止に積極的に取り組み、化学物質はもちろんのことゴミや排泄物等を垂れ流ししない様々な処理設備を充実させた。たとえば、12,000mウインチのケーブルに塗布する油について調査を行い、微生物により分解速度が速いシベリアの木こりがチェーンソーに使用している油を採用するなどといった、環境に対する配慮が挙げられる。

#### (6) その他の事項

食堂や厨房設備も円滑な研究を行うために重要なファクターであるという認識のもと様々な検討を行った。まず、関連設備を船の中央付近に配置し、できる限り揺れの小さい環境で食事ができるようにした。そして、24時間ワッチ体制における不

#### ●船体データ

全長：104.9m  
深さ：7.3m  
国際総トン数：4,628トン  
航海速度：約16ノット  
航続距離：約9,600マイル  
定員：60名（乗組員29名／「かいこう7000」運行要員9名／研究者22名）  
主推進機関：ディーゼル機関 2,206kW×2基  
主推進方式：可変ピッチプロペラ×2軸

#### ●主な研究設備

調査指揮・計算機室、ドライラボラトリー、ウェットラボラトリー、リサーチルーム、岩石・堆積物処理室・重力計室、ビデオラボラトリー、パソコンルーム、図書室

規則な食事に対応できるように細かい配慮もしている。たとえば、今まで食堂に設置されていた冷蔵庫の代わりに、コンビニストアにあるようなガラスの引き戸の陳列ケースおよびアイスクリームストッカーを設置したことなどが挙げられる。

### 「かいいい」の 運航実績と成果

「かいいい」は、建造の計画から川崎重工業に発注されたが、本来川崎重工業では、特殊船や比較的小型の船舶は、神戸造船所で建造されてきた。しかし、阪神淡路大震災により、船台が使用できなくなったため坂出造船所で建造されることとなった。坂出造船所は、従来マンモスタンカー等の大型船（20万トンクラス以上）を主に建造しており、進水までの間

「かいいい」は、数十万トンの大型船用ドックの底で建造されていたため、その姿が遠くからほとんど見えない状態であったのが妙に可笑しかった。

建造にあたっては、造船所の建造担当者のご尽力（神戸造船所から多くの専門知識を持つ技師や作業員が坂出に長期にわたり出張した）と監督員、艤装員等の関係者のたゆまぬ努力により、実質1年半という短い建造期間（当初は、工期の遅延が懸念されていた）で完成度の高い調査研究船に仕上げることができた。

1997年3月27日にはJAMSTECに無事引き渡され、その後、横須賀本部を母港とし、約1年をかけて「かいこう」やマルチチャンネル反射法探査システムの総合的な慣熟訓練を行った。もちろん「かいいい」は、JAMSTECだけで使用する船舶では

なく、ほかの様々な研究機関との共同利用が行われる予定であった。したがって、常に船内の研究設備を最高の状態に保ち、研究者に対し円滑に必要なデータの取得を手助けするための体制作りが急務であった。そこで、本格的な研究支援業務を行う研究支援員を常駐させることになり、2000年度までに、研究業務部の指導のもと、日本海洋事業株式会社や株式会社マリン・ワークジャパンによる研究作業の支援体制が確立している。

「かいいい」就役後は、戦時中に沈没した学童疎開船「対馬丸」の発見や、ホノルル沖で沈没した「えひめ丸」の調査など、「かいこう」と一体となった調査に大きな威力を発揮している。研究航海としては、インド洋における熱水域の発見、バブア・ニューギニアの津波発生場所の調査、ハワイ沖のロイヒ海山の調査などに大きな成果を挙げている。また、マルチチャンネル反射法探査システムによる調査によって、南海トラフの地殻構造の解明など様々な成果を挙げている（22～25ページ参照）。

最後に「かいいい」が、1997年度の「シップ・オブ・ザ・イヤー準賞」を受賞したことを報告しておく。この賞は日本造船学会が制定したもので、その年に建造された多くの船舶の中から優れたものに与えられるものであり、専門家からも高く評価されたことは、「かいいい」の建造プロジェクトに携わったすべての関係者全員に対する勲章であると誇りに思っている。

今後とも「深海調査研究船」として、JAMSTECらしい調査研究（もちろん、探索作業も含めて）に活躍してもらおう「かいいい」を見守っていきたく考えている。

（海洋科学技術センター創立三十周年記念誌より一部改変し掲載）



就航10周年記念 SPECIAL座談会

# 限られた時間のなかで完成させた最高の研究船 研究者・技術者・乗組員の思いがひとつになって 誕生した深海調査研究船「かいいい」

開発から建造まで、与えられた時間はわずか2年。深海調査研究船「かいいい」は、通常の研究船建造のおよそ半分の期間で完成を求められた。しかし、担当者たちは決して妥協せず、最高の研究船を造るための努力を惜しまなかった。その熱意が結実し、「かいいい」は誕生した。開発から建造、そして運用までに携わった、「かいいい」にゆかりある方々に集まっていただき、当時の懐かしい思い出を語っていただいた。

## ●出席者(写真左より)

- 藤岡 換太郎 (海洋地球情報部 特任首席研究員)
- 田代 省三 (司会 海洋地球情報部 広報課 課長)
- 土屋 利雄 (情報基盤審議役)
- 柴田 桂 (地球内部変動研究センター研究推進室 室長)
- 湯川 修 (日本海洋事業株式会社 取締役)



## 船形は「よこすか」と同じでもより優れた研究船を造りたい

**田代** 本日は、深海調査研究船「かいいい」の建造に深く関わったみなさんにお集まりいただき、その誕生までのエピソード、今だから話せる苦労話などをお話したいと思っています。最初に、自己紹介を兼ねて、「かいいい」とどのように出会い、関わってこられたかを簡単にお話し

ください。  
**土屋** 私がいちばん最初に携わったのは、1994年の予算要求からです。とにかく補正予算の要求のための資料をつくりなさいということで、業務を担当することになりました。私を含めて、誰もが到底無理だろうと思っていたところ、予算がつくことに決まったのです。ところが、調査船建造には通常5年くらいかかるころ「補正予算な

のだから1年で造りなさい。それが難しいなら1年だけ繰り越せるから、とにかく2年以内に完成させなさい」と、何が何でも造らなければならない状況になったわけです。その上、私は主任監督員も任されることになりました。「それならば、私の希望するスタッフを集めてください」ということで、ここにおられる田代さん、柴田さんをはじめ、みなさんの力を借りて動き出したのです。

写真協力：株式会社川崎造船 日本海洋事業株式会社



「よこすか」(前)と「かいいい」(後)

**柴田** そのころ私は当時の運航部技術課にいました。ちょうど、海洋地球研究船「みらい」の建造が約1年先行して始まっていて、そちらの方にも少し関わっていたのですが、「かいいい」が始まるということで、土屋研究主幹(当時)に『「よこすか」の悪いところを全部洗い出すから、お前もこっちに来て』と呼ばれました。「かいいい」は、短期間で建造しなければいけないということで、すでに運航していた支援母船「よこすか」と同じ船形が採用されることになっていました。最初に見せられた図面は、「よこすか」の図面のコピーに部屋の名前などが書き換えられたものでしたので愕然としました。「これではだめだ。新たに造るからには、『よこすか』の悪いところを改善しなければ意味がない」ということで、田代さんと夜遅くまで「ああしよう、ここはこうできたらいいな」と議論を交わしました。たいへんでしたが楽しい思い出です。また、建造を担当した造船会社は「よこすか」と同じ船を造るという認識でしたから、ずいぶんやり合いましたし、無理も聞いてもらいました。100点満点とはいませんが、かなり優れた船ができたと思っています。  
**湯川** 建造が始まったのは1996年2月で、私が坂出の造船所に行ったのは、進水式が行われたのちの96年8月からでした。結局1997年8月31日まで1年間、試運転も含めて建造に携っていました。97年は10カ月、翌98年は9カ月乗船しており、この3年間は家よりも「かいいい」に乗っていた時間の方がずっと長かった(笑)。当初「かいいい」は操船面にしてもマルチチャンネル反射法探査装置(MCS)にしても、トラブルが山ほどありましたが、ほとんどの問題が解決され、当時の私たちの苦労は報われたと思っています。しかも、今日まで進化し続け、優れた研究船として活躍しています。本当にたいした

ものだと感心しています。  
**藤岡** 「かいいい」の建造は、私がJAMSTECに来て5、6年目ころでした。私は研究者を代表して、研究者のための研究区画をつくる担当として関わりました。かつて、東京大学海洋研究所にいたころ「白鳳丸」のラボづくりをやったことがあり、そのノウハウを生かした部分もあります。たとえば「白鳳丸」には、リサーチルームという研究者全員が集まれるような大きな部屋があります。これを「かいいい」にもつくりましょと、土屋さんたちに提案したり、そのほかのラボも、地質や生物、化学など、様々な分野の研究ができるように考えてつくってきました。自分が手がけた船ということもあって、私は「かいいい」がとても好きで、研究のために乗船していても、いちばん安心できる船です。  
**田代** 私は入所以来15年近く有人潜水調査船の仕事をしていましたが、新しい船を造るということで声がかかったのは、ちょうど陸が上がった直後でした。「かいいい」の仕事は、最初のレイアウトなど図面を引くまででしたが、柴田さんが話したように、湯川元船長をはじめ、たくさんの人たちに意見を聴かせていただき、どうすれば使いやすい優れた研究船が実現できるかを考えました。たくさん意見があがってきたのですが、それらを造船会社に伝えると、余分なお金がかかることについては、すぐに「ノー」という返事が返ってくる。ところが土屋さんが交渉すると、なぜか「OK」となるんです。これが不思議でした。いったいどんな駆け引きをされていたのか…。  
**土屋** いや、それはもういろいろなところから見積もりを取るなどの地道な作業と、粘り強く交渉した結果です(笑)。  
**田代** とにかく、その手腕はすごいものでした。土屋さんは研究者の道を選ばなかったら、きっと商売の世界で成功してい

たでしょうね(笑)。

**土屋** JAMSTECに入ってから、海洋調査船「なつしま」、「かいうり」、そして「よこすか」「みらい」とすべての船の研究設備や音響関係の仕事をやってきましたけれど、とにかく船のなかというのは生活しづらいところでした。しかし、乗組員にとっても研究者にとっても、乗船している間は住み家であり、仕事場であり、研究所でもあるわけです。食堂はできるだけ揺れない方がいいし、仕事が休みのときはテレビやビデオも見たい。今ほどインターネットは普及していませんでしたが、メールだって自室で自由に送受信できる方がいい。そうした長年の思いがありましたから、新しい船を造るなら調査船としてはもちろん、生活する場としても、できるだけよい船が造りたかったのです。

## これまでの研究船を反面教師に

**田代** 乗組員からの要望は、それこそ数百件というものすごい数でした。  
**湯川** 私が所属している日本海洋事業株式会社の乗組員にアンケート形式で改良点を提出してもらいました。航海士からはブリッジの計器の配置から倉庫のこととか細かいことまであがってきましたし、**厨部員**からは調理室の使い勝手から食器の種類や色、その他、食糧倉庫、冷蔵庫のことまであがってきました。甲板部員、機関部員、とにかく船全体、各部門それぞれに関わるいろいろな項目がありましたね、それまでの自分たちの経験も踏まえて。  
**柴田** それらを受けて、徹底的に変えました。水線下は、変更すると音響機器に関係する雑音計測などをイチからやり直さなければいけないので時間的に無理だけれど、「あとは好きにしていよ」といわれましたから。たとえば、「よこすか」は、海面に浮上した機器などを船首でひっかけて後



「かいいい」のウェットラボ



つちや りつお  
土屋 利雄  
情報基盤審議役



しばた かつら  
柴田 桂  
地球内部変動研究センター研究推進室 室長



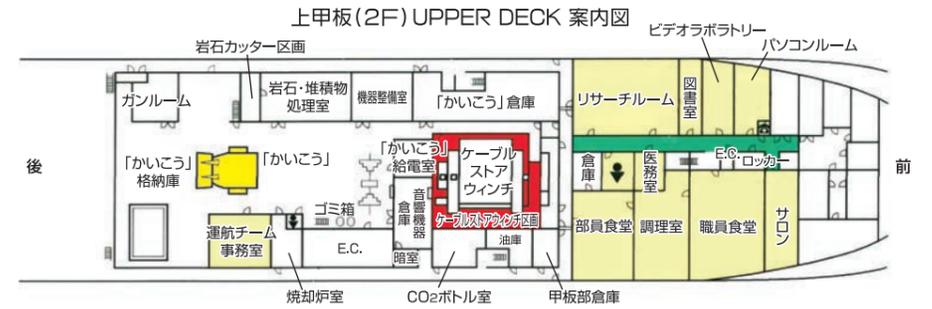
ゆかわ おさむ  
湯川 修  
日本海洋事業株式会社 取締役



ふじおか かんたろう  
藤岡 換太郎  
海洋地球情報部 特任 首席研究員



たしろ しろうぞう  
田代 省三  
海洋地球情報部 広報課 課長



ろで揚げる作業をしようとしても、1回降りないといけなく、まっすぐに走れないということがありました。ですから、短艇甲板は、絶対に貫通甲板にしたかった。また、「なつしま」では、第2甲板にある部屋で寝ていると、早朝から毎日司厨部員が階下にある食糧庫まで降りてきて、ドタバタと食材を持っていく。自分自身の体験から、それはよろしくないと考えて全部上甲板に上げました。冷蔵庫を上に移したことで、積み込みの時間も「よこすか」に比べて10分の1くらいに短縮されました。

**土屋** 要するに、かつては貨物船の発想で船を造っていたんです。モノは下に置くもので、倉庫は下であって当然という。**湯川** あとは通路の幅。「よこすか」は狭いんです。せめて標準サイズのラックを持ったままスムーズに歩けるようにしてほしいという要望を出した覚えがあります。

**柴田** ラックを持った人とすれ違えるだけの幅が必要だと考えました。「よこすか」の通路は80cmで、前から荷物を持った人が来ると一方がどこかの部屋に入らないとすれ違うことができないうくらい狭い。そこで「かいいい」では120cmにしました。

**田代** 居室の問題もありましたね。**土屋** 以前「よこすか」の若い乗組員たちと話をしたときに、2人部屋で1人が寝ているときに、もう1人がワッチなどで起きなければならない場合、非常に気を遣う、ベルトも音が出ないようにプラスチック製にしていると聞きました。これでは、プライバシーを大切に暮らすに慣れた若い人たちは集まってこないだろうと思われました。若い船員たちを集めるには、こういうことに、きちんと対処していかなければいけない。また時代のニーズから女性研

究者のための配慮や廃棄物処理などの環境面の配慮も課題となりました。**湯川** 「かいいい」は個室のある船として若い乗組員に人気があります。会社としても新入社員はなるべく「かいいい」に乗せるようにしています(笑)。

**藤岡** ちょうど同じ時期に「みらい」の建造が行われていて、「みらい」の研究者用の居室は4人部屋ですが、ベッドと机のある小部屋が4つあり、談話するスペースは同じでも、ドアを閉めれば個室になるつくりでした。それを、田代さんが「かいいい」にも採用しようと提案してくれて、それで研究者側も了解してくれました。このつくりなら、女性研究者も乗船しやすくなりますからね。

**土屋** 要するに、「よこすか」が反面教師になってくれたということでしょうね。それまでの研究船の使いにくいところをできる限り修正して、「かいいい」ができたわけです。さらに、「みらい」が1年先行して造られていたことも非常に役に立ちました。ある意味では反面教師、ある意味ではよいお手本になってくれました。

**田代** 研究者側からも、いろいろな意見が出ましたね。

**土屋** 研究者からは、とにかく細かい注文が多かったですね。「機器を設置するスペースは押えました」というだけでは納得してもらえない。「この位置にこういう設備を用意してもらわないとだめ」という感じで、折り合いをつけるのに苦労しました。納得してもらえないときには、藤岡さんに研究者との間に入っていただいて、どうやったかは知りませんが、何とか収めていただいた(笑)。

**藤岡** 「よこすか」にも岩石を切ったり、堆

積物の処理をする場所はあるのですが、作業の後始末が非常にたいへんでした。「かいいい」では、床をタイル張りにして、ちゃんと水を流せるようにしました。また、「よこすか」に重力計を設置したときも、スペースの関係でよい場所に置くことができず、高い精度が得られませんでした。重力計は、船内のいちばん揺れない場所に置かないといけません。「かいいい」では最初から重力計のスペースを考えて、揺れの非常に少ないスペースを確保しました。

### 試験の間も続いた船内の工事

**田代** 短期間で完成させなければいけないということで、建造時も苦労が絶えなかったと思います。

**湯川** 工事の遅れを出せないで、間違いがあったらすぐに直さないといけません。毎日船内を歩き回って、実際に造っているところ、溶接している部分をチェックして、間違っていないかを確認しました。雨の日には、濡れないようにしっかりと養生(作業中のホコリや溶接作業などから機器を保護するためにシートなどをかけること)しているかまで見て回りました。

**柴田** 本来なら神戸の造船所で造られるはずでしたが、阪神・淡路大震災の直後で、船づくりを休止していたため坂出の造船所で作業が行われました。あそこは大きな船を造るところで、約4,600トンの「かいいい」のような船を造ったことはなかったんです。溶接にしても、あんな薄い鉄板を溶接したことがない。厚い鉄板なら養生なしでできるのですが、薄いから後ろに炎が噴き出したりして、ヒヤヒヤさせられたこともありました。「よこすか」の建造経験のある

技術者が神戸から来てくれたのですが、最初のうちはたいへんでした。

**湯川** 隣で造っていたのは、確か十万トンクラスのLNGタンカー。その工事していた職工さんたちが、「この船は小さいのに何でこんなに電線が多いんや」と話していました(笑)。

**土屋** 巨大なタンカーより、小さくたってこっちの方が船価は高いんだぞって(笑)。

**柴田** 拭き掃除に使う化学ソウキンを山ほど用意して、船に乗るときは、これをポケットに詰め込んで、ホコリを見つけると、これ見よがしに拭いていく(笑)。でも、そうやってみんなの意識を変えてもらうことが必要でした。湯川さんなどは、ホウキまで持ち出していきなり掃除を始める。それを見て、造船所の担当者が慌てて「こちらでやりますので」と飛んでくる。そんなこともありました。

**土屋** 意識改革が必要でした。タンカーを造っている人たちは、多少ホコリがたまっても、溶接の粉が飛んでも最後に掃除をすればいいと気にしない。でも、私たちの船では、故障の原因としてそれがいちばん恐いんです。はじめのころは、毎回のように「掃除してください」といい続けましたね。

**田代** 1997年の年明けころは、本当に年度内に完成するのか、大丈夫かという声も聞かれましたよね。

**土屋** 補正予算は2年まで。それ以上は繰り越せませんから、年度内にできなかったら、たいへんなことになっていました。何とか3月27日に無事引き渡されました。

**柴田** そのころ、私は夜中に雑音計測をやりました。エンジンなどを動かして雑音の計測をするのですが、周りが静かでない

とできませんから、工事が行われない夜中にやったのです。夕方まで仕事をして、夜の11時に再び来て朝の6時まで。2カ月間毎日続きました。**土屋** 最後の1カ月近くは、いろいろな試験がありましたが、海上で試験をやりながら、まだ溶接工事なども続いていました(笑)。

### 「シップ・オブ・ザ・イヤー」準賞受賞に輝いた「かいいい」

**田代** 引き渡しの後に慣熟訓練が行われましたが、トラブルもたくさんありましたね。

**柴田** MCSでは、ストリーマーケーブルを3,500m出したところでウィンチが止まってしまう、手で巻き戻したこともありました。

**土屋** 船というものは、完成してからも日々進化していくものです。ダメなところはどんどん改良していけばよい。ただ、最初のコンセプトはきちんとやっておかないといけません。たとえば、部屋のつくりなどは、もう変えられないわけです。

**藤岡** 現在のMCSは、そのころとシステムがすべて変わっていますね。

**湯川** 最初は、MCSなんて聞いたこともありませんでしたから、動かし方もまったく分かりませんでした。研究者も操船についてはご存じなかった。ストリーマーケーブルを引っ張るのに、何ノットで航走すればいいのか、Uターンするときにはどのくらいの弧を描けばいいのか、それこそ試行錯誤でやってみるしかありません。ケーブルがブチブチとちぎれたり、積んでいたケーブルの半分以上を取り換えたこともありました。そうした失敗を積み重ねながら、今日の成功があるのだと思います。

**土屋** 音響装置の設計も昔はたいへんでした。コンピュータの能力も限られていましたから。今つければ、もっと楽にできます。性能も上がるし、値段も安くなる。ディスプレイだって、かつてはブラウン管を使っ

ていましたが、今は液晶で非常にコンパクトになります。

**田代** 10,000m級無人探査機「かいいい」の母船としても、はじめからすべてうまくいったわけではありませんでしたね。

**湯川** 「よこすか」から移されたのですが、いろいろと苦労がありました。いつだったか、チャレンジャー海淵に潜航したときに、ウィンチがスリップしてケーブルを巻き上げようとしてもズルズルと下がってってしまうというトラブルもありました。ワックスを塗ったり、滑り止めのシートを噴きませるなど、いろいろと手を尽くして、何とか巻き上げることができましたが、着底してしまっただろうかと焦りました。

**土屋** 「よこすか」「しんかい6500」でも最初はトラブルだらけでしたからね。

**湯川** 10,000mの壁は、そう甘くはありません(笑)。

**田代** 操船の方は、水線下が「よこすか」と同じということでもスムーズでしたか。

**湯川** 試運転のテストがいろいろとあるのですが、その結果を見ても、水線上の風圧面積が多少違うのと、重心位置が3cmほど違うくらいで、あとは水線下が「よこすか」と一緒でしたから心配はありませんでした。「よこすか」のときは必死でしたけどね。ただ、デッキ上で行うメニューが「よこすか」とは違いましたから、すぐに卒業とはいきませんでした。



居室



ピストンコアラーの慣熟訓練

**土屋** 「かいいい」には、初めてジョイスティックコントロールシステム(KICS)が搭載されたんですね。

**湯川** 船首のバウスラスタと船尾のプロペラをコンピュータが複合制御してジョイスティックで動かすシステムで、「かいこう」のオペレーション中に船首方位をずっと一定に保つときなどには非常に有効です。しかし、離着岸については、それまで通り人間がやった方が確かだなという印象でした。

**柴田** これを使うと、まわりの人は見ているだけで、全部船長がやらないといけない。忙しいのは船長だけ(笑)。

**田代** 無人探査機の母船としては必需品ともいえる自動船位保持装置(DPS)が搭載されていないのは残念ですね。かつて、米国の研究者たちが「なぜ『かいこう』は、24時間オペレーションをやらないのか」と詰め寄ってきたときに、「DPSがないからだ」と答えたら、みんな目が点になって、「ええっ、DPSがなくて、どうしてあれだけの調査ができるんだ」と驚いていました。「『かいいい』には、“キャプテンDPS”が備わっているのだ」とっておきました(笑)。

**柴田** まさに、ヒューマンDPSですよ。

**田代** 慣熟訓練の話に戻りますが、私が乗船させてもらったときに、ピストンコアラーとドレッジのテストが行われました。あれは、おもしろかったですね。

**藤岡** おそらく、あのとき初めてJAMSTECでピストンコアラーを行ったと思います。私は、「白鳳丸」でピストンコアラーによる海底堆積物採取をやっていましたが、だいぶ苦労しました。「かいいい」でも、20mのピストンコアラーというのは、あと5mくらいはいけるかもしれませんが、ほとんど限界に近い。そのとき、オペレーションの担当者が、まっすぐに持っていき実うまい方法

を考えてくれました。非常に難しい作業でしたが、3回目で見事に成功。オペレーションなどの取り回しは1発でできました。

**田代** 訓練期間中の出来事としては、戦時中に沈没した学童疎開船「対馬丸」の発見がありました。

**土屋** 1997年12月ですね。このときは、まだ訓練期間でしたから、マルチナロービームやサ

イドスキャンソナーのテストということで、いろいろなことができたわけです。それで、たまたま要請があり、今後も沈没船の調査を行うこともあるだろうからやってみようということでした。実は、第2次世界大戦中のことですから沈没場所もはっきりしないし、難しいのではないかという声もあったのですが、非常にうまく発見することができました。

**田代** それまでは、慰霊の船も出ていましたけれど、場所がよく分からなかった。それだけに、遺族の方々もたいへん喜んでくださって、那覇港で受けた歓迎が忘れられません。

**柴田** 訪船された遺族の方がサイドスキャンソナーの記録を食い入るように見ながら、「ここですね」って涙ながらに確認される場面もありました。

**田代** 翌年、「かいいい」は日本造船学会「シップ・オブ・ザ・イヤー」準賞を受賞しましたが、「対馬丸」発見も関係していたのでしょうか。

**土屋** 受賞の理由ははっきりとは分かりません。ただ、そうしたことも含めて、社会的なニーズに応える可能性を持った船であるということが評価されたのかもしれない。

**田代** JAMSTECの船としては、「かいいい」が初めての受賞ですね。

**土屋** そうです。地球深部探査船「ちきゅう」も準賞受賞ですから、「かいいい」の評価は非常に高かったといえると思います。

## 「かいいい」が果たした科学的・社会的貢献

**田代** 研究航海が始まってから今まで、「かいいい」は深海研究の分野で様々な成果をあげてきました。研究の進展に果たしてきた役割について、藤岡さんにお話し

ただきたいのですが。

**藤岡** 主な研究成果については、レポートをまとめました(22~25ページに掲載)。「かいいい」は、この10年間に150航海を行っています。その成果から、10個を選んできたのですが、これではとても書ききれないくらい、非常にたくさんの科学的貢献を果たしてきました。ひとつ紹介しておきたいのは、世界最深のチャレンジャー海淵の水深について、ギネスブックにはこれまで海上保安庁水路部の測量による水深10,920mという数値が掲載されていましたが、2008年度版には「かいこう」による水深10,911mが採用されているということ。チャレンジャー海淵での研究については、パチスカーフ「トリエステ」以降は、ほかに誰も到達していません。まさに「かいこう」と一体になった「かいいい」の独走です。

**土屋** 科学研究だけでなく、先ほどの「対馬丸」をはじめ、ホノルル沖での「えひめ丸」調査や、小笠原諸島海域に落下した「H-IIロケット8号機」のエンジン発見など、様々な社会貢献も果たしてきました。

**田代** 「かいいい」は、いちばん便利な研究船です。速力も速いし大きさも手ごろ。とにかく使い勝手がよい。だから、出て行く機会も多い。

**藤岡** 最近では、「かいよう」とともに、国家プロジェクトである大陸棚調査にも活躍していますし、日本近海における地震発生帯の地下構造探査でも、「かいいい」の果たしてきた役割は非常に大きいですね。

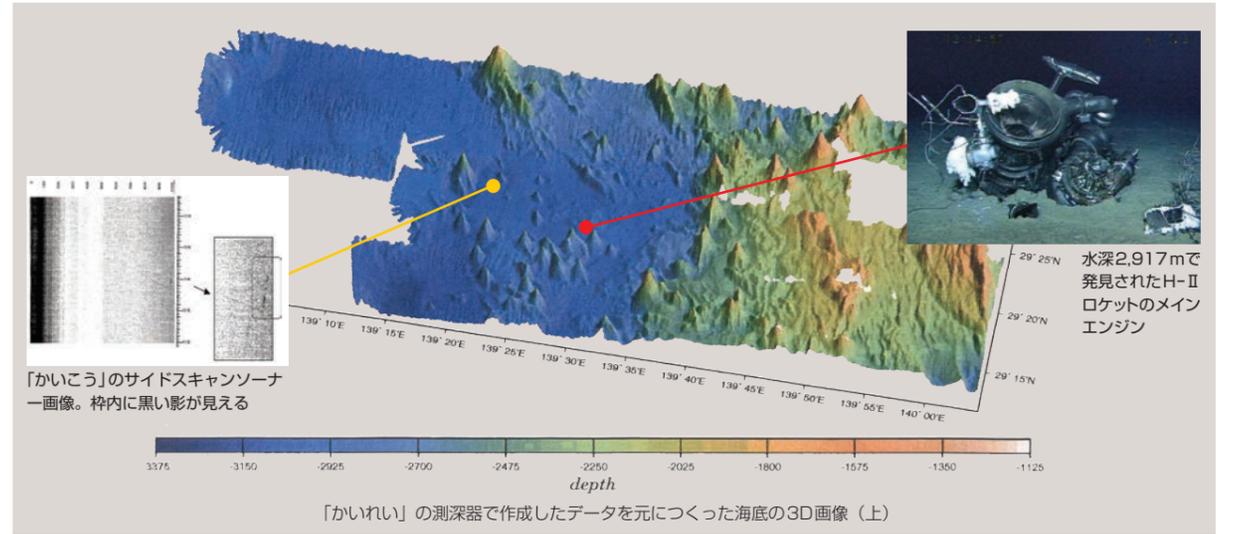
## 時間はなくても強い思いがあった

**田代** 「ちきゅう」を別にすると、「みらい」と「かいいい」ができて以降、この10年間JAMSTECでは新しい研究船を造っていません。これについてはどうお考えですか。

**藤岡** 調査船のような特殊な船の建造技術は継承していかなければなりません。10年以上空いてしまっていて、それができるのかという問題はありますね。たとえば、今年、急に「さあ、2年で研究船を造ってください」といわれたら造れるでしょうか。

**土屋** 技術的にはいけるとは思いますが…。

**柴田** 全体が分かっている、やる人がいないと困るんです。あのころは、人材もいたし、みんなやる気もありました。JAMSTECは当初、備船で研究をやっ



いました。これでは不便だ、自分たちの船を持ちたいというところから始まっていますからね。

**土屋** 予算要求の書類から何から、すべて自分たちの手でやってきました。だからこそ、強い思い入れもありました。ところが、最近の研究者は研究のことにしか興味がない。サポートもたくさんいるし、自分では何もしようとしない。研究船に不便があっても「ちょっと我慢すればいいんだ」という感じです。そんな意識のもとで船を造っても、よい船はできないでしょうね。

**田代** 確かに状況は変わっています。たとえば、今では乗組員や観測技術員が非常に頑張ってくれています。そのため、乗船した研究者は、船の観測機器にほとんど触れることもなくなってしまいました。

**土屋** 私たちのころは、研究者もロープワークからやっていました。乗組員と一緒に、ケーブルの油塗りなどもやりました(笑)。

**湯川** ええ、やっていましたね。

**田代** それも、まさに「かいいい」、「みらい」から制度が大きく変わりました、よい悪いは別にして。

**藤岡** 科学者は、今の状況に満足してはいけません。もっとよいサイエンスをやるために、もっとよい船を自分たちで考えて、自分たちで要求して、自分たちで造っていくことが大事です。技術も同じことです。これでよいと思ってしまうたら進歩はありません。「かいいい」がいくら優れているとはいえ、10年が経過していますから、まだ、いくらでも改良すべきところはあります。

**土屋** 今ならLANシステムをはじめ、コン

ピュータ・システムはもっと優れたものが構築できます。船内でほとんど処理できる体制にしていくとかね。インターネットにしてもそうですが、自分の研究室にいるのと変わらない環境をつくり出す、そこまでやりたいですね。

**田代** 私がいちばん大事だと思うのは、全体をまとめた土屋さんや、研究者をまとめた藤岡さん、乗組員をまとめた湯川さんのように核になる人がいて、その人が大きな声を出して、小さな意見もつぶさずに生かしていくこと。そういう人がいないと、ポリシーの通ったものではないと思います。

**土屋** 妥協ばかりしてはだめです。

**柴田** しっかりと目標をかかげていないとね。そうした先達がいなかついていけません。

**田代** それから、先ほど藤岡さんがいわれたように、よい船を造りたいという気持ちですね。「かいいい」の建造で、Aフレームクレーンについて、非常に印象に残っている出来事があります。当初、造船会社は「よこすか」と同じものを提案していました。でも、有人の潜水調査船である「しんかい6500」と「かいこう」とは操作方法がまったく違うのだから、これはおかしいと指摘すると、翌週にはちゃんと新しい図面ができてきたのです。実は、新しいAフレームクレーンをつくとお金がかかるので、会社の営業は抑えていたのですが、技術者は、よりよいものをつくりたくて、ちゃんと図面を準備していたのです。私は感動しました。よい船を造りた

いという気持ちは、ちゃんと伝わっていたのです。

**柴田** 「なつしま」や「よこすか」を使いながらも、もっとよい船ができるはずだと、みんな思っていたわけです。「よりよい船を造る」という思い入れが実を結んだのが、「かいいい」だったと思います。

**土屋** 極端にいってしまえば、住宅と同じです。建売住宅を買うか、注文建築にするか。注文建築でも、丸投げにしてしまうのか、自分で細かいところまで考えて、しっかり打ち合わせをするか。それによって、できるものも大きく違ってきます。

**田代** 「かいいい」の建造では、時間はなかったけど、「よい船を造りたい」という強い思いがあったということですね。これからのJAMSTECを支える若い研究者たちにも、そうした思いを大切にしてもらいたいですね。今日は、楽しいお話をありがとうございました。





# “未知の世界” 深海から海底下の謎に挑む 海洋・地球科学の進展に欠かせない調査・観測を担う 「かいらい」搭載の探査機器

深海調査研究船「かいらい」は、1995年より運用を開始した10,000m級無人探査機「かいこう」の専用母船という役割を担うことを大きな目的として開発・建造され、現在も「かいこう7000 II」の母船として、深海調査に活躍している。さらに、海底下深部の構造探査を実施するための大規模なマルチチャンネル反射法探査装置、水深11,000mまでの測深が可能なマルチナロービーム音響測深装置、深海底表層の地層・断層の探査を行う地層探査装置（サブトムプロファイラー）をはじめ、船上重力計、船上3成分磁力計、プロトン磁力計、ピストンコアサンプラーなど数多くの調査・観測のための設備を搭載している。海洋・地球科学の研究に貢献する様々な搭載探査機器のなかから、マルチチャンネル反射法探査装置と「かいこう7000 II」について紹介する。



ストリーマーケーブルを海に投入する観測技術員

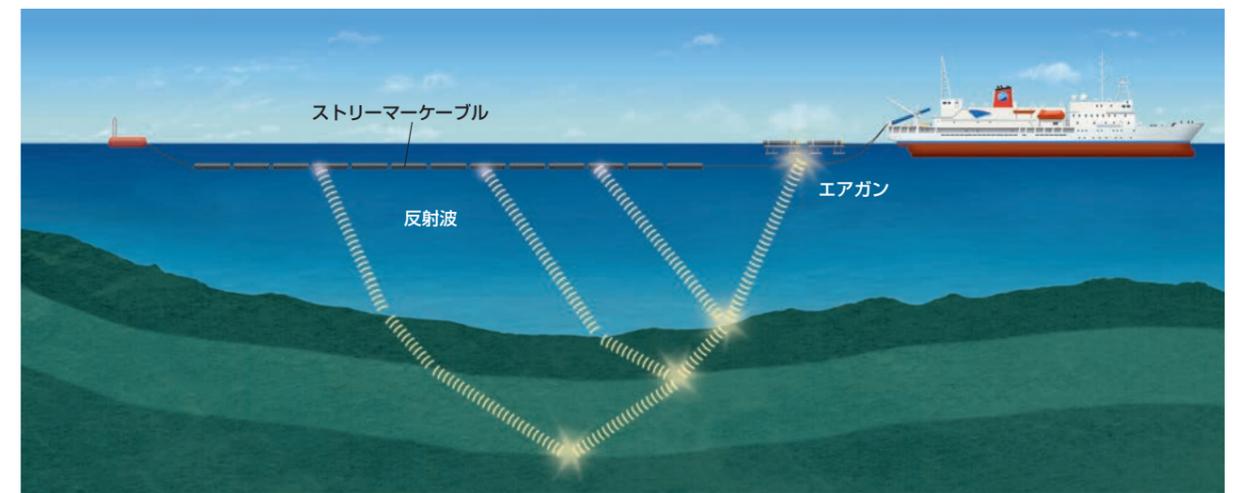
## 【マルチチャンネル反射法探査装置】 地震発生帯の構造解析に必要なデータを 航走しながら詳細に採取

海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）では、海底下深部の詳細な構造を明らかにするため、深海調査研究船「かいらい」を活用して海底下深部構造探査を行っている。「かいらい」が主に行っているのは「マルチチャンネル反射法探査（MCS：Multi-Channel Seismic Survey System）」と呼ばれるもので、人工的に地震波（音波）を発振するエアガンを用いて、地震波を海中に送り、海底やその下の地層境界で反射し、海面に戻ってきた波を、多数の受振器（ハイドロフォン：振動を受波する機器）を備えたストリーマーケーブルで検出し、それを解

析することによって、海底下の構造を調査する方法だ。他の方法として、海底地震計を設置して行われる「屈折法」と呼ばれる地震波構造探査があるが、「屈折法」が、より深いところまでの大きな構造を探るのに適しているのに対して、「反射法」は、深さ十数kmの比較的浅い海底下の構造を詳しく理解するために効果的だ。

マルチチャンネル反射法探査装置は、圧縮空気を一気に放出することによって地震波を発振するエアガンと、エアガンに高圧空気を送り出すコンプレッサで構成される震源部、反射した波を受振するストリーマーケーブル（受振部）、そして、これらの機器を制御し、データを記録する制御・記録部からなる。

「かいらい」の船尾から海中に展開されるエアガンは、左右に



4基ずつ、計8基。総量約150リットルの容量を持つシステムだ。このエアガンから、一定の距離間隔（約50m、約20秒毎）で、地震波が発振される。

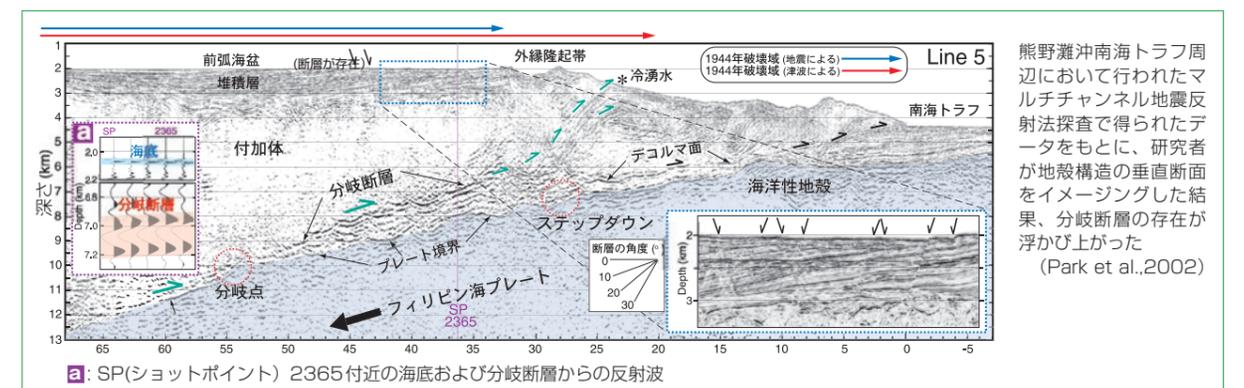
その反射波を受振するのが、「かいらい」が曳航するストリーマーケーブルだ。ケーブルの1本の長さは75m。そのなかに25m間隔で3チャンネルを構成する受振器96個が装備されている。これを次々に連結し、海面に繰り出されるストリーマーケーブルの総延長は約5,000mにも及ぶ。ケーブルを海面に繰り出すだけで約3時間かかる大がかりな作業だ。さらに、各ケーブルのコネクター部分には、受振したアナログデータをデジタルに変換するモジュールや増幅器などが組み込まれており、通電した際にこれらの機器や受振器にトラブルが見つかったら、場合によっては75mのケーブルをそっくり交換しなければならない。これもたいへんな作業だ。「かいらい」には、こうした作業を安全で、できる限り効率よく行えるように、ウィンチの配置などにも工夫が凝らされている。

準備が整うと、「かいらい」はケーブルを曳航し、一定の速度を維持しながら500kmにも及ぶ測線を航走し、探査を

行う。ストリーマーケーブルには、約300m間隔でバードとよばれる深度調整器がセットされており、ケーブルの深度を一定に保たせ、より正確な探査が行えるようになっている。

探査は1日24時間連続して行われる。この間、研究者や観測技術員たちは、中央制御・記録装置、エアガン制御装置、ケーブル深度制御装置、測位制御装置などからなる制御・記録部の機器が並ぶ船内ラボに交替で常駐し、探査が順調に進み、データが確実に取れているかどうかを監視する。さらに、近くを船舶が航行した際などに発生するノイズ情報の記録も重要な作業だ。そして、探査が終了すると、直ちに膨大なデータの解析作業が行われる。

「かいらい」が行った「マルチチャンネル反射法探査」によって、過去の大規模な海溝型巨大地震に関係したと推測される分岐断層が発見されるなど、数々の成果があがっている。また、昨年より本格的な運用が開始された地球深部探査船「ちきゅう」の掘削にも、「かいらい」などの構造探査による海底下深部構造のデータが重要な役割を果たしている。



熊野灘沖南海トラフ周辺において行われたマルチチャンネル地震反射法探査で得られたデータをもとに、研究者が地殻構造の垂直断面をイメージした結果、分岐断層の存在が浮かび上がった (Park et al., 2002)

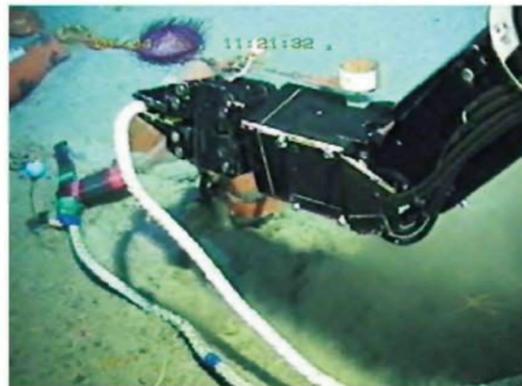


7,000m級無人探査機「かいこう7000Ⅱ」  
7,000mという潜航深度は、現在、世界トップクラスを誇る。初代「かいこう」で行われてきた深海の観測・探査が継続的に進められることの意義は大きい。

- 最大潜航深度 : 7,000m
- 寸法 (ピークル) : 全長3.0m 幅2.0m 高さ2.1m
- 搭載可能な機器重量 (ペイロード) : 50kg
- マニピュレータ : 右7自由度1基・左6自由度1基



「かいこう7000」



追加されたマニピュレータによる作業の様子

### 【7,000m級無人探査機「かいこう7000Ⅱ」】 深度7,000mの深海域で活躍する無人探査機 再改造でさらに性能が向上

「かいこう」システムは、支援母船となる「かいらい」と「かいこう」ランチャーをつなぐ一次ケーブル (長さ: 約12,000m、外径: 約45mm)、ランチャー、ランチャーとピークルをつなぐ二次ケーブル (長さ: 約250m、外径: 約30mm)、そして自由に動き回れるピークルから構成される。世界最深部の水深10,911mを調査した世界唯一の無人探査機であった初代「かいこう」は、ピークルの2本の腕 (マニピュレータ) を巧みに操り、深海底に観測装置を設置したり、データやサンプルを持ち帰ってくることで、深海研究の幅広い分野で多くの成果をあげてきた。

2003年、この「かいこう」のピークルが失われる事故が発生した (20ページ参照)。JAMSTECでは、「かいこう」で行ってきた深海探査を継続するため、試験中だった7,000m級細径光ファイバー式無人探査機「UROV7K」を、2004年に「かいこう」のピークルに改造、「かいこう7000」として2005年に深海探査を再開した。しかし、推進力が弱く、マニピュレータは1本、搭

載できる機器は30kgまでだった。「初代『かいこう』と同じように作業ができる無人探査機が必要」という研究者の強い要望に応えるため、JAMSTECは再改造を実施。マニピュレータを1本追加して2本に、機体のフレームを大きくして搭載可能な機器重量を50kgに、さらに推進器 (スラスタ) も増強した。そして2006年、「かいこう7000Ⅱ」として再デビューを果たした。

ピークルの再改造には、様々な苦労が伴った。何よりも、手に入る装置や部品は、そのままでは7,000mの深海で不具合が発生することがあった。そもそも7,000m以上の深海で使用できる装置や部品を扱うメーカーは皆無といってよい。メーカーでは対応し切れないのだ。必要な装置や部品は、自分たちで改良していくしかなかった。今回の再改造は、これまでの深海探査の経験を生かして、自分たちが使いやすいように、様々な工夫を施した、いわば手づくりの改造であり、新たな技術やノウハウを蓄積することもできた。そして、研究者の要望にもほとんど応えられる「かいこう7000Ⅱ」が完成した。

水深10,000mの深海を知っている世界唯一の技術者集団の経験とノウハウは、次世代の10,000m級無人探査機に生かされることが期待されている。

深海調査研究船「かいらい」10年の軌跡

## 深海・海溝域へ挑戦し続けた10年 「かいらい」が得た世界初の快挙と教訓

1997年以来、「かいらい」は深海・海溝域を舞台に様々な調査に挑み、数々の新発見、世界初の快挙を成し遂げてきた。一方、大深度、超高圧という環境ならではの失敗もあった。その活動10年の軌跡をたどる。

### 学童疎開船「対馬丸」沈没地点調査 1997



船首部右舷に確認された「対馬丸」という旧字体の船名

「かいらい」が運用を開始した1997年の12月、戦時中に撃沈された「対馬丸」の沈没地点調査が行われた。調査では、「かいらい」の音波探査によって現れた影を「かいこう」のサイドスキャンソナーで再探査。画像処理を行ったところ、見事に船形が浮かび上がった。その後、無人探査機「ドルフィン-3K」によって船名を確認。「対馬丸」は53年ぶりにその船体が確認された。

#### 1997

- 3月 深海調査研究船「かいらい」竣工。JAMSTECに引き渡される (3月27日)
- 10月 京浜港晴海埠頭にて特別公開 (皇太子妃殿下訪船)
- 12月 南西諸島にて学童疎開船「対馬丸」を確認

#### 1998

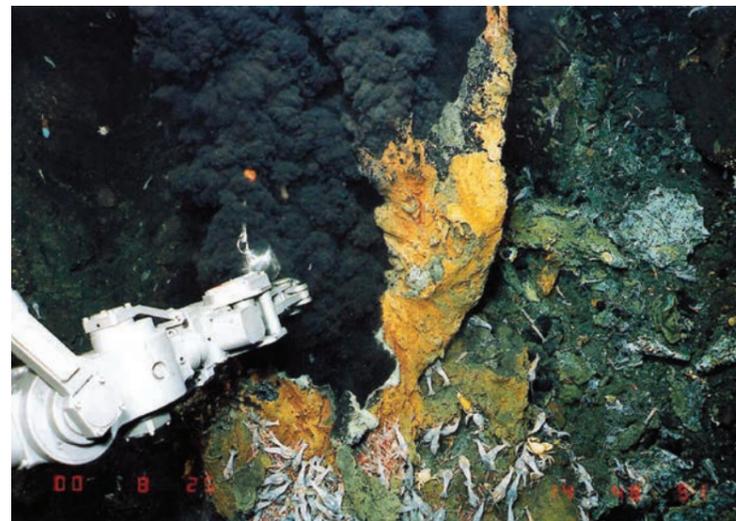
- 5月 シップ・オブ・ザ・イヤー'97準賞を受賞  
チャレンジャー海淵・水深約10,900mにおいて世界で初めて底生生物「カイコウオオソコエビ」(体長約4.5cm)の採取に成功



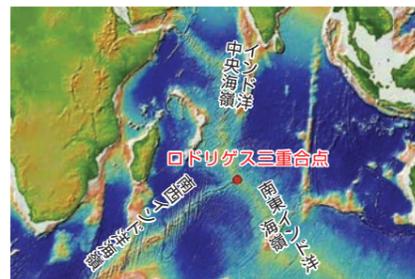
カイコウオオソコエビ

# インド洋中央海嶺で熱水噴出孔生物群集を発見 2000

## 世界初の快拳を成し遂げた瞬間



2000年8月25日、世界に先駆けて発見されたインド洋のブラックスモーカー。360℃にも達する真っ黒な熱水が噴出していた。発見された熱水活動域は当初の予測をはるかに上回る規模で、「かいらい」の船名にちなみ「Kairei Field (かいらいフィールド)」と名づけられた



「かいらいフィールド」は、3つの海嶺がぶつかりあうインド洋のロドリゲス三重合点にある

### 橋本 惇

長崎大学水産学部 海洋資源動態科学講座 教授

1977年にガラパゴス沖の深海域で熱水噴出孔生物群集が発見されてから、太平洋や大西洋の地殻活動の活発な海域から同様な生物群集が続々と報告された。これらの生物群集は謎だらけで、そのルートも大きな謎の一つとされていた。その謎を探るためにはインド洋の生物群集の情報が不可欠だった。当時、地殻活動が活発な場所はインド洋でも知られていたが、地理的条件や海況条件の悪さなどから十分な調査は行われておらず、熱水噴出孔生物群集

の空白域となっていた。そのため、世界の研究者達はインド洋での発見の先陣争いをしていた。

2000年8月に深海調査研究船「かいらい」に曳航式深海海底探査システム「ディープ・トウ」と無人探査機「かいらい」を搭載して調査が行われた。限られた時間内に効率良く深海底の状況を調べようと工夫した「ディープ・トウ」による予備調査では熱水活動の兆候は確認されたが、直接的な証拠をつかむことはできなかった。次第に海況が悪化し、発見を諦めざるを得ないような状況で「かいらい」による潜航調査を実施。すると、最初の潜航で墨汁のような熱水

を勢よく噴出するチムニー群と夥しい量の生物群集に遭遇した。世界に先駆けた発見だった。その瞬間、調査チームや「かいらい」乗組員の人達から一斉に湧きあがった「ウーッ!」という歓声は、今でも耳に残っている。この時、熱水噴出孔生物群集の謎に迫る新たな扉が開かれたのだ。

\*\*\*

### 蒲生 俊敬

東京大学海洋研究所 海洋化学部門 海洋無機化学分野 教授

「かいらい」KR00-05航海ほど、ドラマに満ちた印象深い航海はない。航海の序盤から中盤は「ディープ・トウ」による詳細な曳航調査に費やされたが、熱水噴出そのものを捉えるには至らなかった。「かいらい」の潜航に最後の期待がかかった。朝8時頃、「かいらい」のラッシングが解かれ、後部甲板へと移動し始めたそのとき、「かいらい」の動きがぴたりと止まってしまった。「かいらい」運航チームや甲板部員が慌ただしく整備場の方へ駆けだしていく。たいへんなことが起こっていた。「かいらい」を吊るケーブル取り回しのための水平シーブの根本が外れていた。研究者の誰もが、「これで一巻の終わり」と思った。しかし石田船長、田淵機関長をはじめとする「かいらい」スタッフは冷静に対処し、その日の深夜までに損傷箇所を見事に溶接修理して

しまった。「かいらい」が水深2,450mの海底でインド洋初の高温熱水に到達したのは、その翌々日のことだった。橋本首席研究員と平田運航長が的確に「かいらい」の針路を定めた。ROV観測の良いところは、大勢の研究者や運航チームが刻々の観測状況を共有し、新鮮な議論をし、かつ喜び合うことのできる点にある。「かいらい」の総合指揮室で固唾をのんで大型ディスプレイを見つめていた我々は、勢よく噴き上がる熱水の映像に狂喜した。駆けつけてきた船長や機関長とその場で固い握手を交わしたことが今では懐かしい。

<http://co.ori.u-tokyo.ac.jp/micg/Gamo/Indian/GamoRTJ.html>

参考図書：『海洋の科学—深海底から探る(蒲生俊敬 著/NHKブックス)』



世界の海洋研究に新たな1ページを刻む新発見に成功したKR00-05レグ1のスタッフ。最前列左から2人目が橋本教授、右端が蒲生教授

## 1999



ニューギニア島北岸沖にて大規模な崩落箇所を確認

- 1月 パプアニューギニア・ニューギニア北岸沖にて地震・津波海域調査を実施
- 5~7月 海洋調査船「かいらい」とともに南海トラフにおいて大規模かつ高密度な深部構造探査を実施。南海トラフにおいて巨大な海山を発見
- 10月 ビーナス(VENUS)計画にて南西諸島海域2,150mで海底ケーブルと観測機器とのコネクタ接続作業に成功
- 11月 小笠原沖水深2,900mの海底に沈んだ「H-IIロケット8号機」捜索にて第1段ロケットのエンジン部品を発見



発見されたH-IIロケットのメインエンジン

## 2000

- 8月 インド洋中央海嶺の水深2,450mにおいて、初めて熱水活動と熱水噴出孔生物群集を発見
- 11月 三宅島火山噴火に伴い、三宅島・神津島近海にて緊急調査
- 12月 掘削孔利用システム「べんけい」搭載



掘削孔利用システム「べんけい」

## 2001

- 9月 沖縄トラフの詳細な地形調査を実施
- 10月 ハワイ・ホノルル沖「えひめ丸」沈没海域にて遺留物回収

## 2002

- 7月 日本海溝・水深7,434mで化学合成生物群集を発見
- 8~9月 熊野灘・海底深部構造探査にて「かいらい」「かいらい」による二船式反射法・屈折法調査を実施

# 10,000m級無人探査機「かいこう」

「かいいい」唯一の失敗が教えたもの



二次ケーブルとビークルの結合部近傍（矢印部分）で破断がおきた。下の写真は、破断したケーブルの先端部分

2003年5月29日16時47分、場所は高知県室戸岬の南東沖約130kmの南海トラフ、「かいいい」の後部デッキでは、水深4,500mの海底で突然電源が喪失した10,000m級無人探査機「かいこう」の分離揚収作業を実施していた。揚収されたランチャーに続き二次ケーブルを手繰り寄せていた乗組員は、その無残な破断面を見て凍りついた。1分後、操舵室後部ではビークルの浮上を知らせる3連のビーコン信号を1回のみ受信できたが、残念ながらこれが「かいこう」ビークル最後の形跡である。

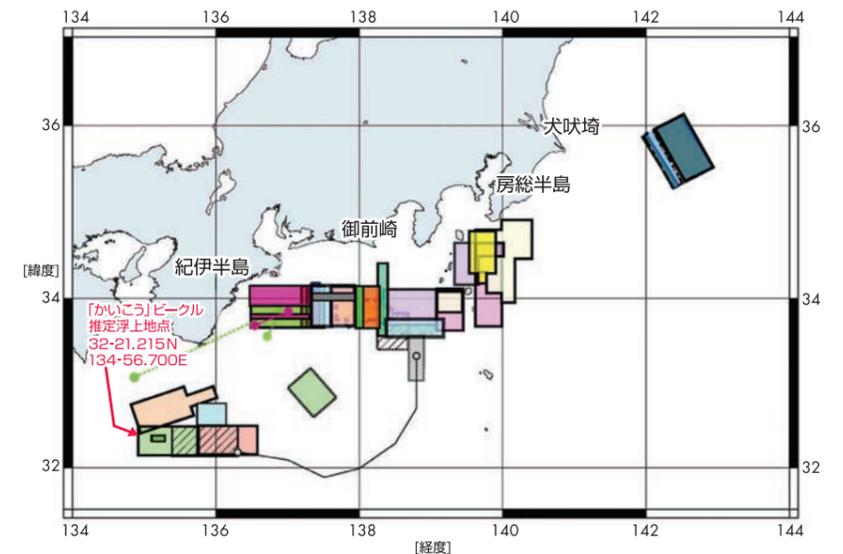
事故直後から6月21日までの間、最終的に房総半島沖にいたる広大な漂流予想海域をJAMSTEC船舶、チャーターした航空機はもとより、海上保安庁、航空宇宙技術研究所（現JAXA）、遠洋水産研究所の航空機及び船舶が懸命の捜索活動を行ったが、「かいこう」ビークルを見つけることはできなかった。その理由として、事故の翌々日、現場を通過した台風4号のため貴重な初期捜索に支障を来したことが、事故海域が黒潮近傍で黒潮に乗ったか否かで2通りのシミュレーション結果になったこと、「かいこう」ビークルが観測機器をぶら下げたまま完全に浮上できていない可能性があることなどが考えられるが、真相は未だ不明だ。

「かいこう」ビークル亡失事故は、その後の調査・試

# ビークル亡失事故 2003



10,000m級無人探査機「かいこう」



「かいこう」ビークル捜索実施海域。色枠は5月30日～6月21日までの捜索範囲

験から二次ケーブルの張力を金属に替わり受け持つアラミド繊維が海水中では予想以上に劣化が激しいことが証明された。これは、JAMSTECだけでなく世界の海洋調査機器に重要な警告を与えた。また、現場や陸上の運航者には、忘れつつあった海の厳しさ、難しさそして大自然への畏敬の念を再認識させた。

事故から5年を迎えるが「かいこう」ビークルは今でも世界の海を漂っている。

（田代省三 課長 海洋地球情報部）



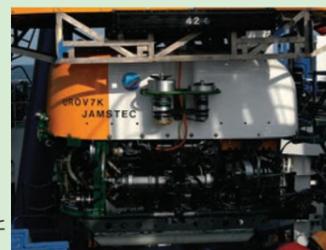
二次ケーブルの構造。オレンジ色の外部および内部シースの間にあるのが、アラミド繊維

## 2003

5月 室戸沖南海トラフにて2次ケーブルの破断事故により「かいこう」ビークル亡失事故発生

## 2004

3月 無人探査機「UROV7K」を改造し、「かいこう7000」のビークルとして運用を再開  
4月 大陸棚画定調査開始  
9月 三陸東方沖にて新しい種類の火山活動「ブチスポット」を発見



亡失した「かいこう」代替機として活躍した「UROV7K」

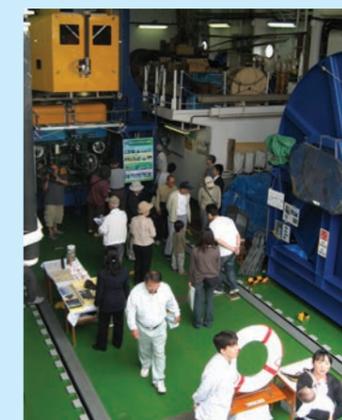
## 2005

5月 南大東島東方沖での調査潜航にて、浮上が不可能になった地球磁場観測装置の回収に成功

## 2006

4月 「かいこう7000 II」運用開始  
8月 伊豆・小笠原海溝、茂木海山（深度5800～7000m）にて、急崖にそって海底面を観察しながら航走、サンプリング実施

## 2007～



8月 新潟中越沖地震・緊急調査実施

2008年3月 「かいいい」就航10周年記念一般公開を横浜で開催

6月9日に釜石で行われた一般公開のようす

# 10大航海でふりかえる 「かいいい」による新発見と科学的成果

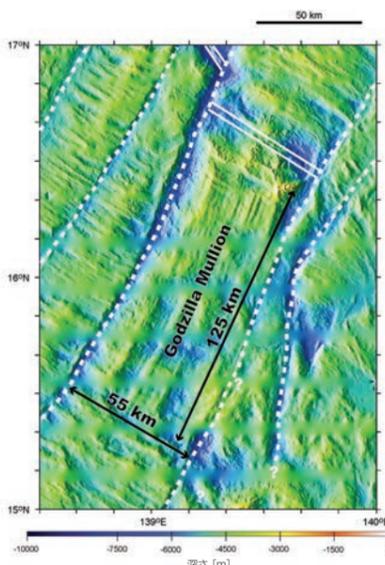
「かいいい」が就航して10年になる。この間150回の訓練や研究航海が行われた(平成19年KR07-13航海まで)。どの航海も重要であったが、私が特に重要だと考える10航海を選んで科学的に解説する。よくある10大ニュースでありそれぞれを①～⑩で示したが優先順位はない。これらは『JAMSTEC 深海研究』に掲載された論文や私自身が受けた別刷りなどから選んだ。したがってもっと重要な航海が抜けている可能性はある。ご指摘いただければ幸いである。

## ① マリアナ海溝チャレンジャー海淵

南部マリアナ海溝チャレンジャー海淵は1950年に英国の「チャレンジャー号」が発見した地球上で最深の場所である。1960年、ドン・ウォルシュとジャック・ピカールが米国のバチスカーフ「トリエステ」で潜航し生物を発見したという話は半世紀ほど前である。それ以降は誰も世界最深の場所には到達していない。ギネスブックには今まで海上保安庁水路部の測量による水深10,920mという値が掲載されていたが2008年版には「かいいい」による10,911mが採用された。

「かいいい」によってチャレンジャー海淵の最深部域からエビやナマコが観察され有孔虫や高圧を好む微生物を含む堆積物が採集された。生息していた有孔虫は極めて原始的なものであった。南部マリアナ海溝には10,500mで閉じた顕著な雁行状の凹地が4列並んでいることがわかった。地球上の最深部は雁行の東から2番目の凹地の中にある。

## ② パレスベラ海盆のゴジラムリオン



ゴジラムリオンの海底地形陰影図 (Ohara et al., 2001を改変)。白点線はパレスベラ海盆の海洋底のフラクチャーゾーン、白二重線はパレスベラ海盆の拡大軸を示す

大西洋中央海嶺のトランスフォーム断層(断裂帯)との交点で顕著な格子状の構造が初めて見つか、ここから変質したマントル物質である蛇紋岩が得られた。格子地形はメガムリオン(マリオン)と呼ばれ、遅い拡大軸に特徴的な構造と認識された。海上保安庁の小原泰彦氏はフィリピン海のパレスベラ海盆から中央海嶺で見られるものより1桁規模の大きいマリオンを発見し「ゴジラムリオン」と名づけた。これは長さ125kmもあって断裂帯と密接に関係する。またパレスベラ海盆の拡大

## 藤岡 換太郎

海洋地球情報部 特任上席研究員

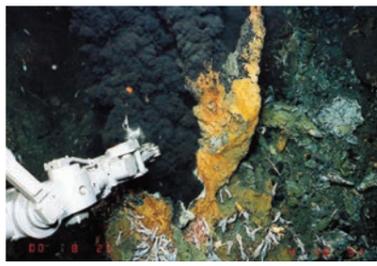


速度は遅くはなく、ある程度以上速くても格子構造はできるようである。「かいいい」では地形や地球物理調査に加え数多くのドレッジが行われ、マリオンがやはり蛇紋岩などでできていることがわかった。

## ③ インド洋で初めて活動的な熱水系と化学合成生物群集を発見

熱水噴出孔とそれに群がる生物群集は太平洋と大西洋では1970年代の終わりから相次いで発見されてきた。ところがインド洋では多くの先進国から地理的に遠いせいもあってなかなか見つからなかった。1993年、東京大学海洋研究所の「白鳳丸」による調査では海水温やヘリウムの異常などが見つか、インド洋の海嶺にも熱水噴出のあることは確実で、誰が最初に発見するかが話題になっていた。1998年のMODE'98航海では「しんかい6500」によるインド洋での人類初潜航などを含めた12回の潜航後、3回の潜航が熱水の発見にあてられた。しかし1回は悪天候で潜れず、残り2回では発見できぬままに終わった。2000年に「かいいい」の航海が持たれ「かいいい」を用いてインド洋中央海嶺で初めて待望の熱水が見つかった。

インド洋での熱水の発見はいくつかの点で重要であった。一つは深海での生物の伝搬である。海嶺が形成された



インド洋「かいいいサイト」の熱水噴出孔と化学合成生物群集

年代は太平洋が最も古く、大西洋、インド洋と続く。これは大陸分裂の時期に一致する。太平洋の海嶺に存在した熱水生物群集は熱水の活動が終わって別の熱水系を見つけるべく海嶺の上を移動していくとやがてインド洋に達する。インド洋には大西洋型と太平洋型の生物群集が共存するのか、それとも先に着いたものが後から来る生物を駆逐するのかという興味である。実際には両方の生物が共存していた。二つめは熱水の鉱物が太平洋や大西洋と異なるのか同じなのかという問題である。インド洋の海嶺も玄武岩からできているために同様の硫化物でできていた。硫化物といえばスケリーフと呼ばれる鎧虫が見つかった。これは硫化物の小さな板を寄せ集めた足を持った巻き貝で極めて原始的かつ珍しい生物であった。

## ④ ハワイ周辺の火山と斜面崩壊

ハワイ群島周辺の海底にはJames MooreとRichard Fiskeによって巨大な斜面崩壊が知られていた。彼らは1993年頃から私にハワイへ船を持って来るよう説得にきていた。ついにそれ

がかなって、東京工業大学の高橋栄一氏を中心にハワイの周辺で地形調査や試料採集が行われた。この一連の航海の結果は米国地球物理学連合の特別号に掲載された。またハワイ沖で沈没した「えひめ丸」の調査にも貢献している。

科学的な成果は火山と斜面崩壊の2点である。ハワイ周辺の世界最大級の斜面崩壊は玄武岩火山の崩壊によるものでその復元がほぼできたこと。二つ目は陸上には存在しなかった火山が発見されたことやハワイのアーチと呼ばれる高まりにも火山活動が起こっていることなどが挙げられる。

## ⑤ マリアナ海溝の蛇紋岩海山

マリアナ海溝東部の海溝斜面には北緯20度付近から顕著な海山がならんでいる。これらの海山は最初ハワイ大学のPatricia Fryerたちが1981年の「Kana Keoki号」の航海によって見つけたもので後に新しい地球科学の重要テーマとなった。ここで見られる海山は通常の高山が玄武岩溶岩の流出によってできるのに比べ、泥が噴火(?)してできた泥火山である。しかも火山を形成する泥は蛇紋石という緑色の泥であった。海山のサイズは大きいものでは底径が30km、比高3kmにも達し、富士山程である。頂上に噴火口があり、そこから蛇紋石の泥が流れ出している。同じような泥火山は陸上にもあり、大きいものは黒海周辺のアゼルバイジャンに多いが高さ300mくらいである。

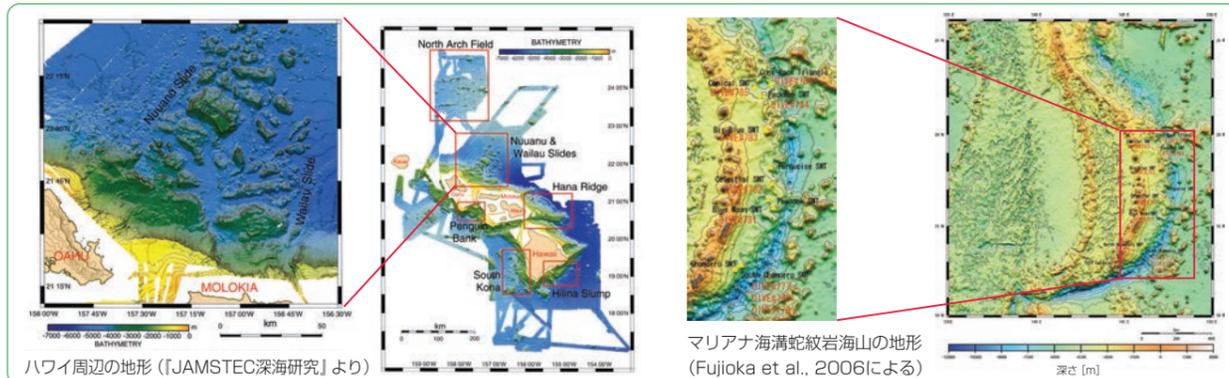
JAMSTECでは1993年ハワイ大学との共同調査でバックマン海山とコニカル海山に潜航して蛇紋石や変成岩、炭酸塩チムニーなどをサンプリングした。後にチャモロ海山から「しんかい6500」によってシロウリガイとシンカイヒバリガイの群集が見つかった。

「かいいい」による航海では北緯20度から13度までの間の地形調査と12回の「かいいい7000 II」による潜航ですべての蛇紋岩海山で地形と潜航調査を終えた。このことによって蛇紋岩海山の形態が3つに区分できることやその成因の違いなどが議論されるようになった。

## ⑥ プチスポットの発見と新しい火山活動

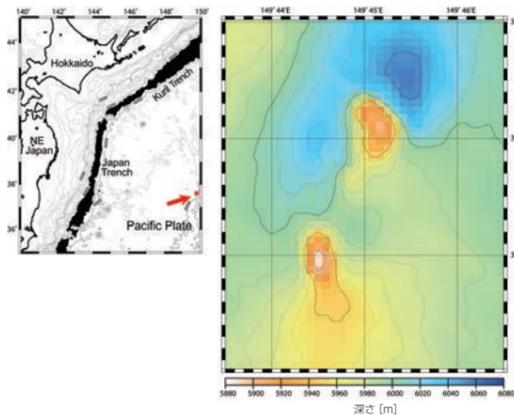
当時筑波大学の学生であった平野直人氏が学位論文で日本海溝に沈み込みつつある太平洋プレート上の海丘が周辺のプレートの年代(約1億年)に比べてはるかに若い(500万年)ことを突き止めた。そしてプレートの移動を500万年分戻した場所で現在火山活動が起こっている場所を突き止めた。このような火山活動をハワイのホットスポットに対して「プチスポット」と名づけた。この研究は地球上で新しいタイプの火山活動を提案するもので極めて重要なものであった。

「かいいい」では日本海溝の海側の斜面でドレッジが行われ多くの火山岩が得られプチスポットの考えを確実なものにしその成因に関して議論できるようになった。



ハワイ周辺の地形 (JAMSTEC深海研究より)

マリアナ海溝蛇紋岩海山の地形 (Fujioka et al., 2006による)



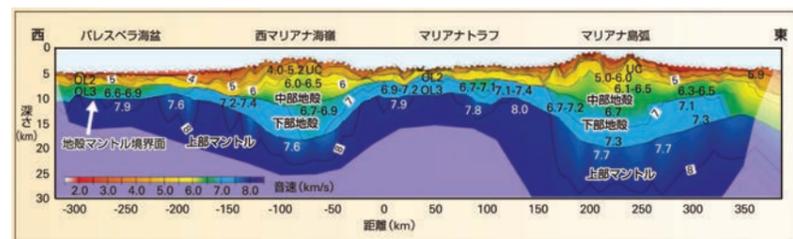
ブチスポット (Hirano et al., 2002を改変)

日本列島周辺には数多くの沈み込み帯が存在し、巨大地震の巣になっている。これら一連の研究では日本海溝、伊豆・小笠原海溝、南海トラフの比較研究が行えるようになってきた。また伊豆・小笠原弧のような海洋性の島弧にも大陸的な地殻が形成されていることが明らかになった。

### 7 沈み込み帯の精密地下深部構造

地球内部変動研究センター(IFREE)が発足する以前の海底深部構造フロンティアでは「かいらい」を用いた音波探査が行われてきた。これはJAMSTECの主要な研究テーマの一環で地震発生体の内部構造を約20~30kmまで詳細に把握するものであった。海底に100台の海底地震計(OBS)を設置し海面で120チャンネルの音波探査システムを用いて南海トラフ、日本海溝、伊豆・小笠原海溝で探査が行われた。最近では国策である大陸棚の延伸に関して地殻構造を決めるという重要な課題もあり、伊豆・小笠原弧で数多くの探査を行い、成果をあげた。

地下深部探査では地下を地震波が伝わる時の速度解析によってそこどのような岩石があるかを推定する。地殻とマントルとの境界であるモホロビッチ不連続面の深さも詳しくわかった。南海トラフなどの付加体では詳細な内部構造が明らかにされデコルマ(主要断層)やスプレー(分岐)断層の形態や分布する深さなどが精度良く決まっている。



伊豆・小笠原弧の地下構造 (Takahashi et al., 2007による)

### 8 沖縄トラフ熱水系の詳細な地形と堆積物

琉球海溝は中国大陸の前面を縁取る島弧一海溝系でその大陸側に沖縄トラフと呼ばれる水深の浅い(1,000~2,500m)舟形の凹みが知られる。これは琉球弧が大陸から離れつつあるリフト構造(引き裂かれてできる凹地)で、東アフリカ地溝帯と良く似ている。ここには日本で最初に発見された熱水系など数多くの熱水噴出孔と化学合成生物群集の存在が知られ、それらが構造規制を受けていることが指摘されている。「かいらい」の地形調査や地層探査により熱水系と周辺の地形や堆積物の詳細が明らかにされた。熱水系は周辺のテクトニクスに支配された構造規制を受けていること、多くの熱水系が断層の交点に発達することなどがわかった。

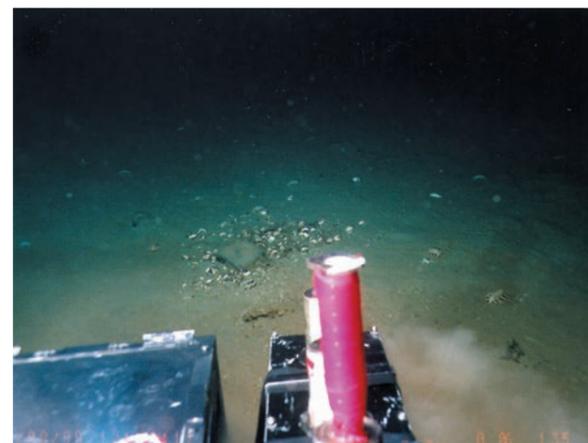
### 9 パプア・ニューギニアの地震津波

1998年7月17日にパプア・ニューギニア(PNG)島北岸のシッサノ・ラグーン沖でM=7.1の地震が発生しその後

津波が島を襲った。この研究は地震直後の海底の様子をいち早く調べたものである。震源付近の海底地形、構造の探査と堆積物の採集などが行われた。陸棚斜面には蛇行する海底谷が見られ崩壊地形がいたるところで識別された。「ドルフィン3K」による海底の目視観察の結果海底には土石流の跡が発見された。またPNGでは初めての化学合成生物群集が見つかった。今回の地震に関係する地形変化はわからなかったが北海道南西沖やインドネシア同様地震直後の海底の記録が生々しく映し出された。

### 10 日本海溝で世界最深の化学合成生物群集の発見

世界最深の生物群集に関しては昔から競争があった。それは19世紀のドレッジによる無生物帯の深さを競う調査と似ている。1984年に米国オレゴン沖で初めて冷湧水生物群集が発見され、1985年の「日仏海溝計画」では「ノチール」によって南海トラフの天竜海底谷の出口(3,835m)からシロウリガイの群集が見つかった。ところがその後の日本海溝第一鹿島海山の衝突している海溝軸から陸側の斜面5,640m地点でナギナタシロウリガイが見つかった。さらに宮古沖の日本海溝で5,956mからナギナタシロウリガイが見つかった。1991年「しんかい6500」が就航してから早い時期に日本海溝の日仏で見つかっている場所の海溝下部



「かいらい」によって発見されたナラクハナシガイのコロニー

## 私が乗船した航海

私は有人潜水調査船が好きで「よこすか」に乗船することが多かった。そのため「かいらい」には現在までに6航海しか乗船していないことがこれをまとめてわかった。「よこすか」の17航海に比べると約3分の1である。以下は私の乗船した航海である。

1. KR97-02 熊野トラフ 1997.4.28~5.2試験航海
2. KR98-01 マリアナ海溝 1998.1.6~1.27単独行動
3. KR99-10 フィリピン海 1999.10.20~11.2 (STEPS-III) 単独行動
4. KR01-09 沖縄トラフ 2001.6.9~6.19単独行動
5. KR02-07 日本海溝 2002.7.12~7.18 「かいらい」# 252-254
6. KR06-15 マリアナ海溝 2006.11.24~12.12 「かいらい7000 II」#369-375

私自身最も気に入っている航海はKR98-01である。もちろんKR99-10もKR06-15も良かったと思っている。しかし後者は「しんかい6500」などによる成果の方がより重かったと思われるからである。

研究室の建造のコンセプトなどに実際に携わってきたため試験航海ではピストンコアやドレッジのテストをやられた。私は1991年に東京大学からセンターへ移ってきてはピストンコアやドレッジをやるとは思ってもいなかった。これらは私の専門であったが試験航海まで実に7年ほど空白があったので果たしてうまくいかどうか心配であった。実際には20mのピストンコアのテストでは3回目やっ

斜面からナギナタシロウリガイが見つかった(「しんかい6500」#63潜航)。その後1992年に記録が塗りかえられた(6,437m)。ギネスは「かいらい」で塗り替えられた。日本海溝の軸でナラクハナシガイが見つかりその深さは何と7,434mであった。深海の化学合成生物群集のギネスに終止符が打たれた瞬間であった。

実は化学合成生物群集の競争は深さに問題があるのではなかった。化学合成生物群集の立地条件としてFujioka & Taira, (1989)は以下の3つの縛りを提案している。生物を養うに足る有機物の存在、地下から湧き出す水の通り道(断層)、水の拡散を防止する堆積物の被覆、である。そのような場所として沈み込み帯の逆断層が指摘された。しかし最深の生物群集には水の通り道が存在しない。ナギナタシロウリガイとは異なったからくりがあるのかもしれない。

### 「かいらい」による研究の今後の課題

JAMSTECは世界で最も深い海底を研究できるファシリティを有している。私は米国やフランスその他の国が6,000mまでしか研究ができないのに比べて我が国では超深海の研究ができることをもっと前面に出すべきであると思っている。このことは北村雄一氏(『深海生物の謎』サイエンスアイ新書)のインタビューを受けたときにも話しているのでここではその焼き直しになることをお許しいただきたい。

日本列島は多くの沈み込み帯に囲まれた特異な地域である。6,000mより深い場所は大部分太平洋に面した海溝域に限られている。超深海でしかできないことを他の国がやらない内には徹底的に研究して世界をリードすべきではないかというのが私の強調したいことである。超深海で行う研究テ



1999 STEPS-III航海のグループフォト

満杯の19.50mの試料が採れた。

KR98-01は最初の単独行動で、マリアナ海溝チャレンジャー海淵とセントラル・バズン・フォルトの地球物理調査を行った。私が初めてチャレンジャー海淵の上を通過したのは1984年の東京大学海洋研究所の「白鳳丸」による航海であった。その後も3度通過している。世界最深の場所を通るので研究者にも乗組員にも記念証を出した。1998年も兵藤船長の快い協力で同様に大きな儀式を行った。幸いこの航海で得られた地形に関する論文は『Geophysical Research Letter』に出版された。蛇紋岩に関する航海は既に述べた。

「かいらい」に乗船した航海の数は少なかったが私は充実した船内生活を送り、論文なども書けいい内容の仕事ができたと思っている。今後さらに「かいらい」を活用した仕事をしたいと思っている。

マとしては以下のようなものがあるだろう。それらは地形、地質、地球物理、生物・微生物、地球化学、海洋化学、工学などのすべての分野を含むものであろう。プレートの終着点でのプレート自身の性質、その上に乗る堆積物やプレートを作る物質、化学合成生物群集、深層水循環、底層の大型生物や微生物、化学物質などの研究と、様々な工学機器の開発やテストであろう。そのために「かいらい」はすぐれた研究船である。それは研究者や技術者、運航担当者たちが自分たちで設計から行ったユニークな船であるからである。しかし今後の研究の為に船内の観測機器類などをもう一度見直す必要があるだろう。今後は「かいらい」を超深海でフルに活用すべきだと思っている。「かいらい」を搭載する「かいらい」の研究に大いに期待がかかっている。



## 「かいれい」船上からの風景

海洋調査が行われる日の朝、研究者やスタッフたちは、穏やかな海と美しい日の出が見られることを願いながら、ブリッジにやってくる。逆に、波が高く荒れた海が目の前に広がっているときは、高い表情で送られてきた天気図を見つめる。

「海洋調査は段取り8分」と海洋調査船の乗員たちは言う。しっかりと事前の準備が整っていれば、調査は8割方完了したようなものという意味。では、残りの2分は何かというと「天候」だ。海が荒れていて調査が中止になることは決して少なくない。また、どれほど入念に準備しても、高波や強風だけはどうしようもなく、ただ天を仰ぎ、ひたすら天候の回復を待つしかない。

一日の終わり、美しい夕陽や夜景のなかも調査航海は続く。翌朝、再び穏やかな海面から昇る朝陽とともに、一日が迎えられることを祈りながら。

写真：須佐美智嗣 加藤宏幸



独立行政法人

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

