

学術研究船
「白鳳丸」
30年のあゆみ



学術研究船 「白鳳丸」 30年のあゆみ

- はじめに 河村知彦／松永 是
- 学術研究船「白鳳丸」30年の軌跡
- 学術研究船「白鳳丸」が貢献した主な研究成果
- 「白鳳丸」航海を通じた「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明」 安田一郎
- 未知の南極底層水生成域の発見 大島慶一郎
- 「白鳳丸」によるGEOTRACES航海 小畑 元
- 極東・アジアGEOTRACES計画：微量元素・同位体による縁辺海・西部北太平洋における大気海洋の物質循環の解明 張 勁
- 西部北太平洋亜寒帯域の海洋酸性化研究 藤木徹一
- インド洋三重点のダイナミクス
——インド洋で中央海嶺を探索する：マントルから生物まで 沖野郷子
- 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域周辺における地殻変動 日野亮太
- 「白鳳丸」を使用した古気候・古環境研究 川幡穂高
- 大気海洋間相互作用研究に始まるネットワークの広がり 津田 敦
- 亜熱帯海域における生物海洋学研究のフロント 古谷 研

- 太平洋の生元素循環を駆動する微生物機能を探る 濱崎恒二
- ウナギ属魚類の産卵海域調査 木村伸吾
- 引用・参考文献
- 学術研究船「白鳳丸」の搭載設備
- 特別座談会「白鳳丸」を語る 成果と今後の展望
道田 豊／津田 敦／沖野郷子／江口暢久／鈴木祥市／高橋義光

- 就航30周年記念寄稿
- 変貌する海洋と「白鳳丸」の30年 平 朝彦
- 2代目「白鳳丸」就航30年の思い出 鈴木祥市
- 「白鳳丸」と海洋観測 東 垣
- 「白鳳丸」就航30年を振り返って 小池勲夫
- 現場からのメッセージ 中村哲朗／船津広宣／林 巧／石垣秀雄

制作・編集協力 有限会社フォトンクリエイト
デザイン 株式会社デザインコンビビア

*本誌掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます。

はじめに



東京大学大気海洋研究所 所長

河村知彦

海は人類にとって長らく未知の領域でした。19世紀後半になって研究船による海洋探索が始まりましたが、海については現在でも分かっていないことの方が多く、地球最後のフロンティアといわれます。人工衛星や海洋観測ロボットによる研究が導入されるようになった今でも、海の理解には、研究船による観測や実験が不可欠です。

学術研究船「白鳳丸」(2代目)が就航して、2019年で30周年になります。初代「白鳳丸」は1967年に竣工し、現在の2代目はその代船として1989年に建造されました。

2004年に「淡青丸」(2013年に東北海洋生態系調査研究船「新青丸」に継代)と共に、それまでの東京大学海洋研究所(2010年の組織改編により大気海洋研究所)から海洋研究開発機構に所属が移管され、現在では両者が協力して運用・調査の企画・運営を行っています。

「白鳳丸」は、公募によって全国の研究者から航海計画を募集するボトムアップ型の研究を主用途とする研究船です。このような形式の研究船は、日本には現在、「白鳳丸」と「新青丸」しかありません。「新青丸」が日本周辺海域を調査する“内航”を主とするのに対して、「白鳳丸」は世界中の海を調査する“外航”を主としています。

初代から数えて50年を超えるその歴史の中で、ボトムアップ型の研究船として挑戦的な研究の実施や新たな研究分野の開拓に大きく貢献し、南極底層水生成域の発見、ウナギの産卵場発見およびその生活史の解明、海洋鉄散布実験による地球工学的手法の検証などに代表される、数多くの最先端かつ画期的な研究成果を上げるとともに、次世代の海洋科学を担う若手研究者の育成にも重要な役割を果たしてきました。現在活躍している日本の海洋

研究者の多くが「白鳳丸」で育ったと言っても過言ではありません。まさに日本の海洋科学を牽引するフラッグシップとして、海洋研究のフロンティアを支え、育んできたのです。

2代目「白鳳丸」も30歳を迎え、確実に老朽化が進行しています。乗組員の皆さんが日ごろから丁寧に整備・管理を行い、乗船研究者も大切に使ってきた船ですので、見た目にはまだ十分にきれいで問題なさそうに見えますが、老船であることは間違いなく、1989年の建造時には最先端であった搭載設備についても更新すべき時が来ています。

地球温暖化や海洋酸性化、生物多様性の低下、水産資源の減少など、さまざまな地球環境問題が顕在化し、それらの対応策が急がれる中、研究船の果たすべき役割はますます重要になっています。今後も「白鳳丸」の果たしてきた機能が失われることなく、将来にわたって日本および世界の海洋研究を支え続けていけるよう、研究船の活動に対する皆さまの変わらぬご理解とご支援をお願い申し上げます。



海洋研究開発機構 理事長

松永 是

2019年9月1日付で国立研究開発法人海洋研究開発機構の理事長を拝命しました松永でございます。1989年に就航した学術研究船「白鳳丸」は、2019年に就航30周年を迎えました。就航から15年間は東京大学海洋研究所(現 大気海洋研究所)が運航し、2004年4月から当機構が運航しております。

「白鳳丸」は共同利用研究船として、多種多様な観測機器を用いて海底、海中のみならず海底下や大気までを対象とした幅広い海洋調査を行ってきました。日本のみならず世界中の研究者が研究航海に乗船し、調査海域は北極海、太平洋、大西洋、インド洋、南大洋と広範囲にわたっています。「白鳳丸」の海洋調査で得られたデータやサンプルを用いた研究は、さまざまな分野で成果を上げてきました。本冊子では最近の10年間の主な研究成果が紹介されています。また「白鳳丸」は、海洋研究における学生の教育や若手研究者の育成の場としても大変重要な役割を担ってきました。

このように海洋の研究や教育に大きく貢献してきた「白鳳丸」ですが、残念ながら私は、乗船した経験はありません。私は、

約40年前にアメリカ・フロリダ州マイアミ大学の海洋大気研究所に留学して以来、マリンバイオテクノロジーを主要な研究分野にしてきました。具体的には、海洋微細藻類や海洋微生物の新種の探索、生化学、オミックス解析、応用研究などを手掛け、燃料、新規材料、生理活性物質としての利用に関する研究にも携わってきました。

当機構は、7隻の研究船、有人潜水調査船「しんかい6500」や無人探査機「かいこう」などの深海調査システムといった世界に誇るファシリティーを有しており、それらを最大限に利用してさらなる海洋調査研究や人材育成に役立てるように努めていきたいと考えております。「白鳳丸」についても共同利用コミュニティの研究者の方々にも有効に活用され、海洋研究の発展、人材の育成に貢献することを願い、簡単ではございますが、本冊子の発刊に当たってのごあいさつとさせていただきます。

学術研究船「白鳳丸」 30年の軌跡



1989年度	1999年度
TEST I (6.1～6.15)	KH-99-2 (5.18～6.10)
KH-89-1 (6.20～7.13)	KH-99-3 (6.25～8.25)
TEST II (7.14～7.19)	KH-99-4 (9.21～10.25)
TEST III (8.2～8.14)	KH-00-1 (2000.1.14～3.10)
TEST IV (9.1～9.13)	
KH-89-2 (10.27～1990.3.5)	
1990年度	2000年度
KH-90-1 (6.25～7.28)	KH-00-2 (5.19～6.6)
KH-90-2 (9.3～10.28)	KH-00-3 (6.20～7.27)
KH-90-3 (10.28～12.14)	KH-00-4 (9.5～10.19)
KH-91-1 (1991.1.11～2.5)	KH-00-5 (11.21～2001.2.8)
KH-91-2 (1991.2.13～3.22)	
1991年度	2001年度
KH-91-3 (5.9～6.8)	KH-01-1 (6.18～7.27)
KH-91-4 (6.14～7.22)	KH-01-2 (8.20～10.5)
KH-91-5 (8.13～10.2)	KH-01-3 (11.27～2002.3.1)
KH-91-6 (11.1～11.25)	
KH-92-1 (1992.1.21～3.4)	
1992年度	2002年度
KH-92-2 (5.20～6.26)	KH-02-1 (5.7～6.24)
KH-92-3 (7.17～8.10)	KH-02-2 (7.5～8.15)
KH-92-4 (9.16～10.27)	KH-02-3 (9.9～10.25)
KH-92-5 (10.28～12.7)	KH-02-4 (11.7～12.18)
KH-93-1 (1993.1.22～3.4)	
1993年度	2003年度
KH-93-2 (5.13～6.18)	KH-03-1 (5.13～9.8)
KH-93-3 (7.8～9.17)	KH-03-2 (9.30～10.17)
KH-93-4 (10.14～12.3)	KH-03-3 (11.11～11.28)
KH-94-1 (1994.2.24～3.22)	KH-04-1 (2004.3.4～3.22)
1994年度	2004年度
KH-94-2 (5.17～7.7)	KH-04-2 (5.13～7.6)
KH-94-3 (9.2～10.21)	KH-04-3 (7.13～8.27)
KH-94-4 (11.22～1995.2.14)	KH-04-4 (9.7～11.15)
1995年度	KH-04-5 (11.29～2005.3.22)
KH-95-1 (5.12～6.12)	
KH-95-2 (7.7～9.27)	
KH-95-3 (10.19～11.24)	
KH-96-1 (1996.2.23～3.21)	
1996年度	2005年度
KH-96-2 (5.21～7.1)	KH-05-1 (5.10～7.31)
KH-96-3 (8.2～9.3)	KH-05-2 (8.8～9.21)
KH-96-4 (10.17～11.27)	KH-05-3 (9.27～11.14)
KH-96-5 (12.19～1997.2.18)	KH-05-4 (11.17～12.28)
1997年度	KH-06-1 (2006.1.11～3.17)
KH-97-1 (5.16～6.18)	
KH-97-2 (7.9～9.8)	
KH-97-3 (10.24～11.11)	
KH-98-1 (1998.1.16～3.16)	
1998年度	2006年度
KH-98-2 (5.22～7.2)	KH-06-2 (6.2～9.5)
KH-98-3 (7.15～8.14)	KH-06-3 (9.14～10.23)
KH-98-4 (9.7～10.28)	KH-06-4 (11.2～2007.3.7)
KH-99-1 (1999.1.14～3.4)	
1999年度	2007年度
	KH-07-1 (4.3～6.8)
	KH-07-2 (8.3～10.1)
	KH-07-3 (10.12～11.21)
	KH-07-4 (12.13～2008.3.14)
2000年度	2008年度
	KH-08-1 (5.21～7.14)
	KH-08-2 (7.29～9.16)
	KH-08-3 (10.9～11.17)
2001年度	2009年度
	KH-09-1 (4.15～5.5)
	KH-09-2 (5.14～6.3)
	KH-09-3 (7.27～8.6)
	KH-09-4 (8.12～9.25)
	KH-09-5 (11.6～2010.3.29)

1989～2009年度に実施された研究航海の課題名は、以下でご覧いただけます。

「学術研究船「白鳳丸」のすべて」(2010年1月発行、PDF：5.41MB)

http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/data/doc_catalog/media/be_sp-hakuho_all.pdf

2010年度

KH-10-1 (5.18～6.4)
亜熱帯太平洋におけるエアロゾル、微量元素、海洋生物の生物地球化学的相互作用の研究／海洋における漂流プラスチック由来の化学物質汚染の調査・研究
KH-10-2 (6.11～7.23)
極東・アジア GEOTRACES 計画～日本近海における微量元素・同位体分布の生物地球化学的研究～
KH-10-3 (7.29～8.25)
IODP 地震発生帯掘削孔周辺での地球科学総合観測
KH-10-4 (9.1～10.15)
マニヒキ海台および周辺海域における地質・地球物理学調査／ウミアメンボ (*Halobates micans*) の3大洋間分布比較および環境応答性における地理的変異についての生理・生態学的研究／海洋有殻プランクトンの種の多様性とバイオマスの検証／Argo フロートによる太平洋の海洋変動研究
KH-10-5 (10.21～11.19)
巨大津波の発生様式と発生履歴を探索ースマトラ北西沖外縁隆起帯の総合的海域調査―／外洋棲ウミアメンボ4種の2大洋分布および環境応答性に果たす海象・気象動態の役割についての生理・生態学的研究

KH-10-6 (11.23～12.13)
インド洋熱水系探査～「海底下の水素の大河」の全貌を明らかにする／自律型海中ロボットによる中央インド洋海嶺熱水活動調査手法の開発
KH-10-7 (12.17～2011.1.17)
ゴンドワナ初期分裂に南インド洋コンラッドライズは形成されたのか？／南大洋の温暖化・酸性化過程における生態系の変動／オーストラリアー南極海盆における低気圧性循環と南極底層水輸送過程の量的評価／南極海リュツォホルム湾沖およびコンラッド海台における海洋地質学的調査に基づく南極寒冷期変動史の高精度復元／Argo フロートによる海洋変動研究
KH-11-1 (2011.1.21～2.9)
インドネシア多島海およびチモール海における海洋地質学的調査に基づく南極寒冷期変動史の高精度復元／Argo フロートによる海洋変動研究
KH-11-2 (2011.2.11～2.18)
関東海域における海洋プレート沈み込みに関する地震学的な研究
KH-11-3 (2011.2.25～3.11)
黒潮続流域における大気海洋双方向作用の観測／黒潮続流・伊豆海嶺付近の浮魚仔稚魚輸送環境：鉛直拡散を通じた生物生産維持機構の解明／Argo フロートによる海洋変動研究

KH-14-2 (5.20～6.11)
超高速遺伝子解析時代の海洋生態系・生物多様性評価に向けた実証研究／微生物が関与した粒状物質の鉛直分布・鉛直輸送過程に関する研究／外洋棲ウミアメンボ類 (*Halobates*) の西部太平洋における分布及び低温耐性・高温耐性の寒帯・亜熱帯間比較についての生理・生態学的研究／海洋性真核ピコ植物プランクトンの分類とメタゲノム解析
KH-14-3 (6.23～8.11)
生態学・生物地球化学の全太平洋3次元マッピング／Argo フロートによる北太平洋における海洋変動研究
KH-14-4 (10.17～10.28)
東北沖から房総沖にかけてのプレート境界固着状態解明のための総合調査
KH-14-5 (11.5～11.20)
島弧創成成長プロセスと海底拡大軸のインタラクショ
KH-14-6 (12.2～2015.2.26)
西太平洋・南極海における微量元素と同位体の分布に基づく生物地球化学的研究／西部太平洋・南極海における人為起源微量元素及び粒子態微量元素の南北縦断観測／Argo フロートによる南太平洋における海洋変動研究
KH-15-1 (2015.3.6～3.26)
オホーツク海氷融解水が春季親潮域の植物プランクトンブルームと生物地球化学過程に与える影響／春季親潮域における揮発性の有機硫黄と有機ウ素の動態解明

2014年度

2015年度

2011年度

KH-11-4 (5.20～6.5)
ウナギの産卵場形成と資源変動メカニズムの解明
KH-11-5 (6.7～6.21)
小笠原火山弧中軸部の精密地形マッピングに基づく島弧リフトプロセスの研究と熱水鉱床ポテンシャル評価
KH-11-6 (6.24～7.10)
ウナギの産卵場形成と資源変動メカニズムの解明
KH-11-7 (7.16～8.4)
西部北太平洋における微量元素・同位体分布の生物地球化学的研究～極東・アジア GEOTRACES 計画Ⅱ～／Argo フロートによる西部太平洋の海洋変動研究
KH-11-8 (8.12～10.4)
太平洋海洋循環の深層オーバーターンと表層サブダクションの研究／Argo フロートによる北太平洋北部の海洋変動研究
KH-11-9 (10.14～11.23)
メタン湧出域における浅部ガスハイドレート濃集帯へのピンポイント・コアリング／日本

KH-16-3 (5.31～6.29)
中規模現象に伴う中央モード水の形成・輸送・散逸過程とその物質循環・生物過程への影響 (2) ／北太平洋北西域における大気―海洋間メタン・二酸化炭素ガス交換量の測定／黒潮続流北部における海洋起源一次エアロゾルの存在量と特性
KH-16-J01 (7.2～7.3)
「ハガキにかこう海洋の夢コンテスト」入賞者体験乗船
KH-16-4 (7.11～10.3)
南太平洋におけるウナギ風魚類の産卵・回遊生態と資源変動メカニズムに関する研究
KH-16-5 (10.20～11.8)
ターミナル海盆の堆積記録と海底長期観測による南海トラフの地震活動の研究／深度別鉄沈澱堆積物と鉄鉱層形成過程の復元：鬼界

KH-15-J01 (6.29～7.13)
西部北太平洋寒帯域の海洋酸性化の進行とその影響の解明
KH-15-2 (8.10～9.28)
精密照準探採と長期観測による南海トラフ活断層の活動度評価／東北地方太平洋沖地震後の海溝付近での地殻変動に関する総合調査／種子島第一海底泥火山 (MV#1) の新規流出泥流調査
KH-15-3 (10.14～11.1)
東シナ海とその周辺海域における生物地球化学的研究 (極東・アジア GEOTRACES 計画Ⅲ) ／海面と海水からの総水銀濃度の実態把握および形態別水銀分析手法の検討
KH-15-4 (11.6～11.26)
黒潮生態系の構造と生産の制御機構／乱流系 ADCP 搭載水中グライダーとCTD設置型乱流計・硝酸計による東シナ海陸棚縁辺沿い黒潮における乱流強化過程の観測／海洋生物活動による生物起源微量気体の放出とエアロゾル粒子形成の寄与に関する研究
KH-15-5 (12.22～2016.1.27)
中央インド洋海嶺の総合探査―海洋性地殻形成プロセスと熱水循環系の研究
KH-16-1 (2016.1.27～3.17)
南極周縁流の南北移動と全球気候変動との相互作用の実態解明／新たに発見された南極低層水生成域ケーブダンレー沖からの底層水の流動と変質の解明／Argo フロートを用いた南インド洋並表層変動モニタリング／インド洋ゴンドワナ分裂過程に関する研究

2016年度

海溝前弧域の変動地形と断層活動履歴に関する研究／海洋プレート含水過程に関する日本海溝アウターライズから海溝陸棚にかけての地震学・測地学総合調査／南海トラフ付加プリズムの地震・湧水観測と採泥による現行地質過程の研究／南海トラフ及び日本海溝に生息する小型底生生物 (メイオファウナ) 群集構造の空間変異
KH-11-10 (12.1～2012.1.25)
亜熱帯海域における生物群集動態および生物地球化学過程に関する南北太平洋の比較海洋学／海洋CO₂の分布・変動に関する研究
KH-12-1 (2012.1.29～3.7)
太平洋赤道高生物生産海域における大気海洋間の物質循環と成層圏とのリンケージ／外洋棲ウミアメンボ4種の2大洋分布および環境応答性に果たす海象・海象動態の役割についての生理・生態学的研究

KH-17-2 (4.29～5.6)
南海トラフにおける海底地すべりの成因と発生時期の研究
KH-17-3 (6.23～8.9)
北太平洋寒帯帯における微量元素・同位体分布の生物地球化学的横断観測 (国際 GEOTRACES 計画) ／北太平洋寒帯帯海域における放射性セシウム測定及び海水密度・水温精密測定／Argo フロートを用いた北太平洋のモニタリング
KH-17-4 (8.12～10.5)
生態学・生物地球化学の全太平洋3次元マッピングによる基礎的データベースの構築／Argo フロートを用いた北太平洋のモニタリング
KH-17-5 (10.17～12.18)
海洋混合過程とその物質循環・気候・生態系に対する役割の統合的理解及び衛星・現場観測比較／高解像度色センサー-GCOM-C/ SGLIの検証とそれによる西部北太平洋の生物地球化学過程の研究／ルソン海峡における内部波と乱流構造の観測研究
KH-17-J02 (2017.3.6～3.12)
日本海溝南部のプレート境界断層最浅部の固着状態
KH-17-J03 (2017.3.17～3.23)
海洋鉱物資源広域探査システム開発の集中観測～合成開口ソーナーAUV実用化試験～

2017年度

2012年度

KH-12-2 (5.13～6.28)
ウナギの産卵場形成と資源変動メカニズムの解明／永久塩泉による人工湧昇に関する研究
KH-12-3 (7.6～8.14)
新しい海洋区分の創設に向けた生物地球化学と生態学の総合研究／Argo フロートによる北太平洋における海洋変動研究／海洋における漂流プラスチック由来の化学物質汚染の調査・研究
KH-12-4 (8.23～10.3)
北太平洋寒帯帯における微量元素・同位体分布の生物地球化学的横断観測 (国際 GEOTRACES 計画) ／海洋大循環解明のための新規化学トレーサーの検証／太平洋における超微量放射性同位体 U-236 の分布―新たな海洋トレーサーの確立をめざして
KH-12-5 (10.7～11.19)
太平洋海洋循環の深層オーバーターンと表層サブダクションの研究 (2) ／Argo フロートによる北太平洋における分布および環境応答性に果たす海象・気象動態の役割についての生理・生態学的研究

KH-13-1 (2013.1.9～1.31)
マルク海周辺および西部太平洋における熱帯ウナギの産卵・回遊行動の解明
KH-13-2 (2013.2.4～3.12)
南太平洋におけるレプトセファルス分布と回遊に関する研究／外洋棲ウミアメンボ3種の南太平洋における分布および環境応答性に果たす海象・気象動態の役割についての生理・生態学的研究

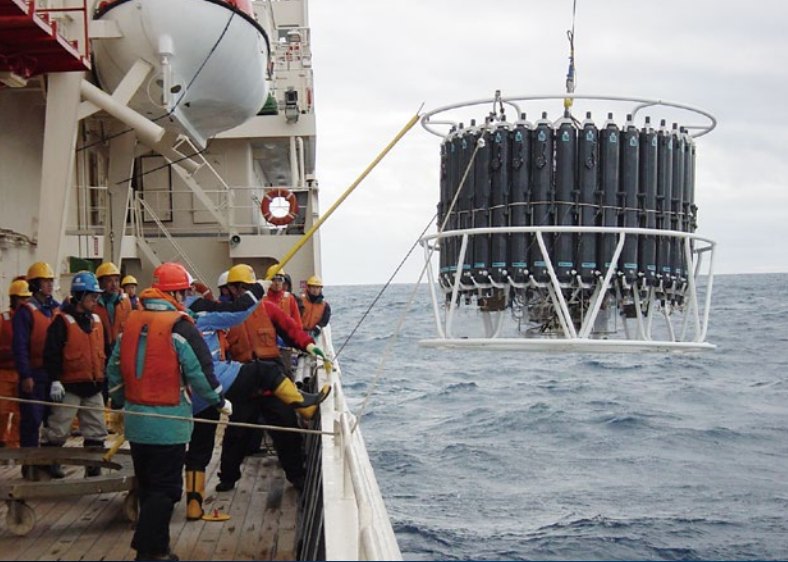
KH-13-3 (4.2～5.1)
中規模現象に伴う中央モード水の形成・輸送・散逸過程とその物質循環・生物過程への影響 (1) ／係留式 ADCP 全層観測による三陸沖陸棚斜面上部の流動の研究／Argo フロートによる北太平洋における海洋変動研究
KH-13-4 (6.28～8.26)
東アジアと南アジアの環境3000年史―人間活動と高時間解像度環境復元―／東シナ海における北進季節内変動とベンガル湾における夏季モンスーン降水の観測／東シナ海における古環境プロキシの高精度化に関する研究および海水中の微量元素による水塊特性の把握に関する研究
KH-13-5 (9.4～10.3)
東北地方太平洋沖地震後の海溝付近での地殻変動に関する総合調査／2011年東北地方太平洋沖地震のプレート境界における固着回復過程の把握／相模トラフ、房総沖の巨大地震・スロースリップ発生領域のテクニクスの解明
KH-13-6 (10.17～11.28)
北赤道海流域におけるニホンウナギの幼生輸送と流動環境に関する研究
KH-13-7 (12.11～2014.2.12)
生態学・生物地球化学の全太平洋3次元マッピング／南太平洋子午線トランセクトにおける表層プランクトン群集による無機リン取込みについての研究／太平洋における海水中硫化ジメチルおよび関連有機化合物の高時間分解能観測
KH-14-1 (2014.2.21～3.13)
厳冬期黒潮続流域における大気海洋双方向作用の高分解能観測／GPSによる水蒸気量観測／Argo フロートによる黒潮・親潮続流域における海洋変動研究

KH-18-J02C (7.1～7.9)
三陸沖合における海洋生態系の変動メカニズムの解明
KH-18-2 (7.13～7.23)
四国海盆下リソスフェアとアセノスフェアの物質的な解明
KH-18-3 (7.27～7.30)
八代海における海底地滑り履歴の解明とその底質環境マスマフラックスへの影響
KH-18-J03C (8.20～8.29)
三陸沖合における海洋生態系の変動メカニズムの解明
KH-18-5 (9.2～9.10)
海溝海側における海洋プレート上層部での流体循環発達と熱輸送過程の研究
KH-18-6 (10.23～12.29)
東部インド洋における海洋物理・生物地球化学・生態系の統合的観測研究
KH-19-1 (2019.1.2～2.12)
南大洋インド洋区における海洋地球科学総合研究：熱―水―物質の巨大リザーバとしての南大洋の循環と変動の解明
KH-19-2 (2019.2.16～3.27)
インドネシア多島海における乱流ホットスポットの定量化

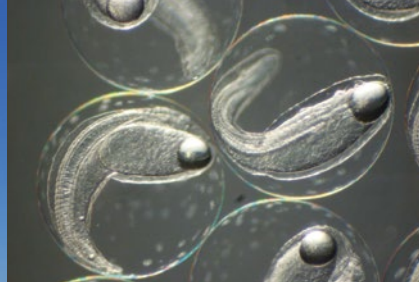
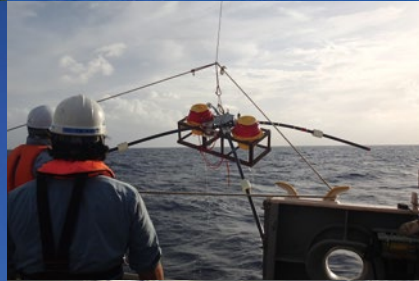
2018年度

2019年度

性能確認などの試験航海は除く。



学術研究船 「白鳳丸」が貢献した 主な研究成果



「白鳳丸」航海を通じた「海洋混合学の創設： 物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明」



▶ KH-11-3 / KH-16-7 / KH-17-5

安田一郎

東京大学 大気海洋研究所
海洋地球システム研究系 海洋物理学部門
海洋大循環分野 教授

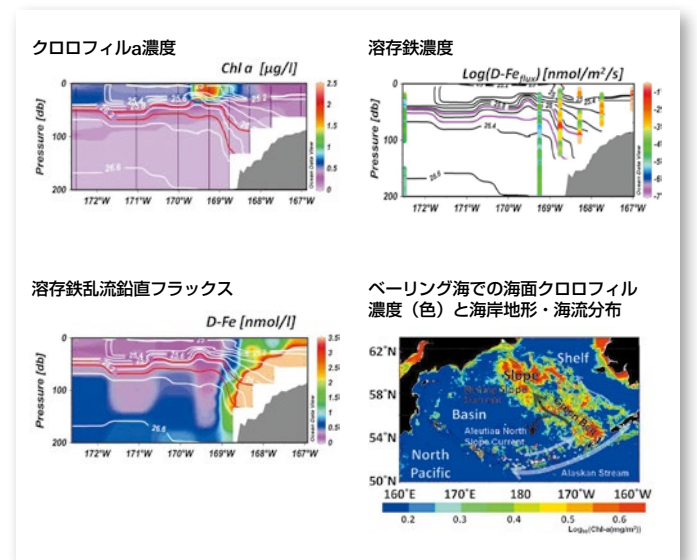
海洋における鉛直混合は、上下に密度差のある海水を混ぜることで密度を変化させ鉛直循環をつくるほか、水温の変化を通じて気候に影響し、栄養塩の上下輸送を担い海洋生態系を支える、基本的かつ重要な過程です。一方、鉛直混合の観測には特殊な観測装置と技術が必要だったため、鉛直混合の分布や変動とそれらのメカニズムなどの実態は、現在でも十分に分かっているとはいえません。

筆者らの研究チームでは、2006年の「白鳳丸」航海で、初めて乱流計を用いた観測を行って以来、「白鳳丸」や「淡青丸」、「新青丸」などの学術研究船、気象庁観測船や海洋地球研究船「みらい」などさまざまな航海で、鉛直混合の観測を行うとともに、CTD（水温・塩分・深度計）に取り付けて通常の観測で簡易に鉛直混合を測定できる観測システムの開発を行ってきました。

これらの活動は、新学術領域研究「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明（OMIX）」¹⁾（2015～19年度）の発足や、海洋物理・化学・生物・気候・水産にまたがる研究の推進につながりました。ここでは、その経緯などについて述べさせていただきます。

2006年1～3月の「白鳳丸」航海で、ウインチとそれに連動したケーブル掃き出し装置で乱流計を自由落下させる観測機器を初めて使用しました。油圧ウインチから油が漏れたり、ウインチとケーブル掃き出し装置がうまく連動せずケーブルがたるんで乱流計を自由落下させることができないなど、散々でした。とんでもない観測機器を持ってきたと叱られながらも、機器を補修したり、ご指導を頂きながら、約3年かけて観測ができるようになりました。

2009年8～9月の航海では、グリーンベルトと呼ばれる夏季でも高い生物生産が維持されるベーリング海東部陸棚縁辺海域での乱流鉛直混合と鉄や栄養塩の同時的な観測を実施することができました（図）。陸棚で高濃度に存在する溶存鉄が、潮汐によって強められた乱流鉛直混合によって巻き上げられ、持続的に表層に供給されており、それが生物生産を維持することを実証²⁾しました。また、この航海で取得されたアリューシャン列島付近やベーリング海での乱流と鉄や栄養塩の観測データは、高栄養塩低クロロフィル（HNLC）海域と呼ばれる北太平洋亜寒帯海域での鉄・栄養塩循環の解明を目指したOMIXの主要課題



グリーンベルトを横切る「白鳳丸」KH-09-4次航海観測断面図

の基礎データとして、研究に生かされています。

2011年2～3月の黒潮航海は、冬季の荒れた黒潮の直上で数日間身動きが取れないなど苦労の多いものでしたが、黒潮前線域で強まる乱流鉛直混合によって硝酸塩が中層から表層にもたらされ³⁾、強勢な黒潮によって栄養塩が水平方向にも輸送される「黒潮Nutrient Stream」の概念を生み出し、OMIXで行われた黒潮での乱流による栄養塩供給研究の基礎となりました。この航海の最終日、大気海洋研究所がある千葉県柏キャンパスでの荷降ろし直後に、東日本大震災が起きました。

OMIXでは、新しい鉛直混合観測手法として、CTDに取り付けて通常の観測時に鉛直混合を定量化することができる高速水温計観測システムの開発に携わりました。「白鳳丸」航海などで同じ観測点においてCTD取り付け型と自由落下型による乱流観測を交互に行って取得した多数の比較観測データを用いて、自由落下でないCTD取り付け型観測でも降下速度の変化が少ないデータを選別すれば、有効なデータが得られることを立証しました⁴⁾。この観測手法は、「白鳳丸」や「みらい」、気象庁観測船など多くの航海でのCTD観測で用いられ、OMIXの基盤となる混合データを提供しました。

またOMIXでは、2016年12月の慶良間海裂、2017年6～8月の北太平洋亜寒帯横断、2017年10～12月の東北沖・伊豆海嶺・ルソン海峡・東シナ海、2019年2～3月のインドネシア海域など、重要な観測を行うことができました。

「白鳳丸」航海を支えていただいた歴代船長、乗組員の皆さま、海洋研究開発機構運航管理部、大気海洋研究所共同利用研究推進センター観測推進室・研究航海企画センターほか、関係する皆さまに厚くお礼すると同時に、多くの成果を上げてきた「白鳳丸」が今後さらに発展されますことを祈念いたします。

未知の南極底層水生成域の発見



▶ KH-07-4 / KH-16-1 / KH-19-1
KH-20-1

大島慶一郎

北海道大学 低温科学研究所 教授

海洋の大規模な深層循環は、極域・海水域から重い水が沈み込み、それが徐々に湧き上がるという密度循環である。南極周辺からは南極底層水が沈み込み、世界の深層に広がり、全海水の30～40%をも占める。海水生成の際に吐き出される高塩分水が、重い水の生成源になっている。

私たちは、人工衛星などから海水生産量が大きい薄氷域（ポリニヤ）を検知する手法を開発し、南大洋で海水生産が異常に大きい海域（ケープダンレーポリニヤ）を昭和基地東方に見つけ出した。ここが未知（第4）の南極底層水の生成域であると予測し、それを確かめる課題で「白鳳丸」航海に応募した。この課題は採択されKH-07-4次航海によって、この海域で初めての係留系観測が行われ、予測を自ら確かめることに成功した。

実は、この観測では、係留系は予定された点に設置できていない。当初、係留系は重い水がつけられる陸棚上のポリニヤに設置する予定であったが、その年は夏でも陸棚全域に海水が残る多氷年に当たってしまっていた。投入予定日5日前にポリニヤでの係留系設置を諦め、設置点をワイルド峡谷に変更する決断をした。急きょ、同僚の深町 康さんと変更した設置点用に系をデザインし直す作業を船内で行い、ワイルド峡谷に係留系を設置した。

計画時、私たちは、ポリニヤでできる重い水はワイルド峡谷の西にあるダリー峡谷から潜り込むと推定し、ポリニヤとダリー峡谷を中心とした係留系設置を予定した。ワイルド峡谷は補欠の位置づけであった。本命のポリニヤには係留できなかったわけで、観測終了後に東京大学の川辺正樹さんに、予定通りの観測とはなかったことを話すと、「大島くん、バックアップの点にこそ宝があるかも？」とのコメント。まさにこの予言が的中することになる。つまり、ポリニヤでできた重い水が潜り込むメインの峡谷は、ワイルド峡谷だったのだ。

図1が、ワイルド峡谷で得られた係留系データの時系列である。海水生成が盛んになって約2ヵ月後に、底層水の性質をもつ低温の重い水が到来し（赤矢印）、それと同期して海底付近に強化された降下流が出現することを見事に捉えていた。また、この底層水を伴う降下流はきれいな4～5日周期をもち、地球流体力学のよいテーマをも与えている。

図2が、この係留系観測から明らかになったケープダンレー底層水生成の模式図である。その後、この底層水生成域発見を支

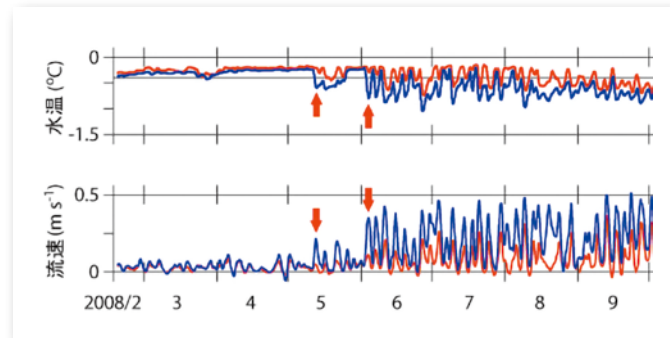


図1 係留系で捉えた南極底層水の流出

ケープダンレー沖のワイルド峡谷の係留系による水温（上）と降下方向の流速（下）。青が海底直上、赤がその約200m上。

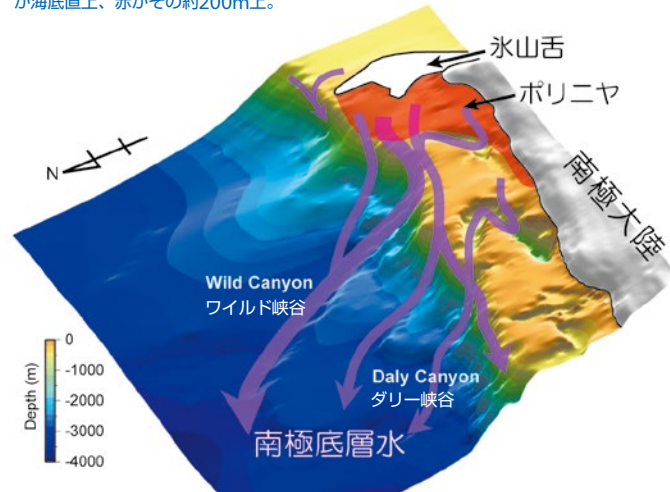


図2 ケープダンレー底層水生成の模式図

ポリニヤでの高い海水生産によって重い水がつけられ、それが峡谷に沿って沈み込み、周りの水と混合しながら南極底層水となる。

持する研究は、ほかの国から次々と出版された。底層水の生成域としては、今まで3ヵ所が知られていたが、この第4の底層水生成域の発見は、今では教科書にも加えられるようになった。

底層水生成域の研究は、日本においても広がりを見せ、2016年からは日本南極地域観測の重点研究のテーマの一部にもなっている。「白鳳丸」においても、化学トレーサーを用いた研究が東京海洋大学の川合美千代さんによって開始された。KH-19-1次航海では、自動係留採水器やセジメントトラップも付いた係留系が、ワイルド峡谷を横切る形で設置された（KH-20-1で回収予定）。

この係留系では、底層水による二酸化炭素などの物質の輸送を明らかにすることも目指している。地球の気候を決め得る二酸化炭素の変動は主に南大洋の二酸化炭素収支で決まっている可能性があり、その基礎的理解には、この底層水生成域は絶好のテストサイトなのである。また、高知大学の池原 実さんを中心に、底層水生成域において採泥や地震波観測も行われ、過去の底層水の遍歴を明らかにすることも目指しており、研究は一気に学際性をもって広がっている。

「白鳳丸」によるGEOTRACES航海



▶ KH-12-4 / KH-17-3

小畑 元

東京大学 大気海洋研究所
海洋地球システム研究系 海洋化学部門
海洋無機化学分野 教授

近年、クリーン技術・分析技術の発達により、海水中の微量元素の研究は大きく進展した。特に、表層海水中に窒素、リンなどの栄養塩が十分あるにもかかわらず、植物プランクトンが少ない高栄養塩低クロロフィル（HNLC）海域の存在は微量必須栄養塩があることを示唆し、現在では海水中的鉄の不足が一次生産の制限因子になっていることが実証されている。一方、海水中の微量元素は、植物プランクトンにとっての微量必須栄養塩（鉄、亜鉛、コバルト、銅など）以外にも、古海洋環境復元のための代替指標（カドミウム、トリウム-230、プロトアクチニウム-231、ネオジム同位体）、人為起源物質の挙動解析のためのトレーサー（鉛同位体）など、海洋環境を理解する上で重要になっている。

このような研究の発展を背景に、海洋における微量元素・同位体の分布とその挙動を総合的に解明するための国際研究プロジェクトGEOTRACESが開始された。このGEOTRACESでは、国際的な協力により海水中の微量元素・同位体についてのグローバルな観測研究を行う。日本も2009年以降、「白鳳丸」によるGEOTRACES航海を行ってきた。

GEOTRACESにおいては、高品質なデータを得るために、試料採取や前処理について厳密なプロトコールが定められている。また発表するデータは、国際的な審査の後に採用される。GEOTRACES航海を実施するには、そのような審査に耐え得る設備が求められる。クリーン採水を行う場合、最も大きな汚染源となるのは、CTDセンサーや採水システムを取り付けるケーブルであった。幸いなことに「白鳳丸」には建造当初から、1万2000mのチタン鍍装ケーブルがNo. 2ウインチに備えられていた。このケーブルはさびを生じず、グリースも必要ないため、クリーン採水において大きな力を発揮した（図1）。

このチタンケーブルが最も活躍したのが、2012年8～10月に行われ、北太平洋北緯47度線を横断した「白鳳丸」KH-12-4次航海である。北太平洋亜寒帯は代表的なHNLC海域の一つであり、この海域の一次生産を理解するには、微量必須栄養塩の挙動を解明する必要がある。GEOTRACES-Japanのメンバーは、チタンケーブルを駆使してクリーン採水を行った。本航海前半は順調に進み、北太平洋亜寒帯の鉄や亜鉛などの分布を明らかにできた^{1), 2)}。その結果はGEOTRACESの中間データ取りまと

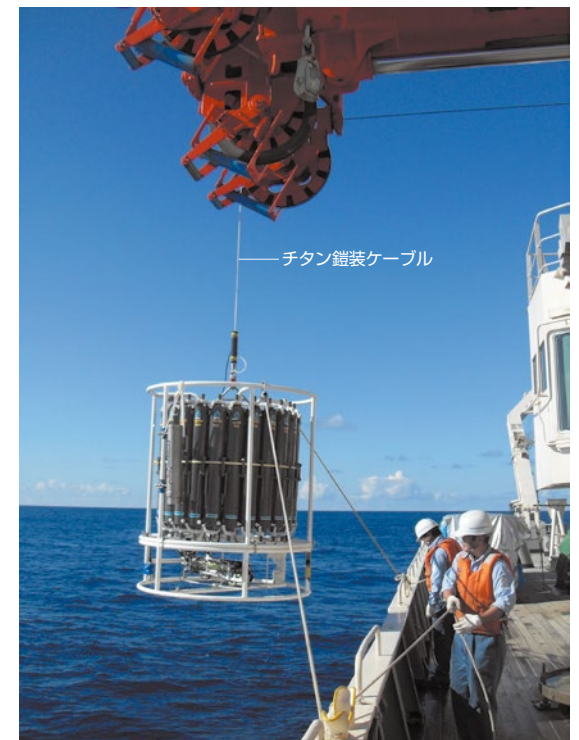


図1 チタン鍍装ケーブルによるクリーン採水

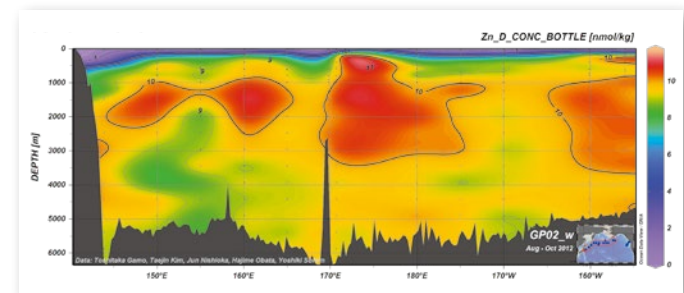


図2 北緯47度線における溶存亜鉛の断面分布

(eGEOTRACESより。https://www.egeotraces.org/sections/GP02_w_Zn_D_CONC.html)

めにも採用され³⁾（図2）、大きな反響を呼んでいる。

その後、「白鳳丸」のチタンケーブルは、老朽化のため2015年に取り外すこととなった。現在では「新青丸」のベクトラン被覆ケーブルウインチを持ち込んで、GEOTRACES仕様のクリーン採水を行っている。観測甲板の有効活用のため、ぜひベクトラン被覆ケーブルが「白鳳丸」の常設ケーブルとなることを期待したい。

2012年の航海では、当初、アラスカ湾においても観測する計画を立てていた。しかし、悪天候のため、北緯47度線では西経170度以東の観測を断念せざるを得なかった。そこで2017年、「白鳳丸」KH-17-3次航海において、アラスカ湾におけるGEOTRACESの観測を実現した。この航海により北緯47度線の観測を完遂することができた。現在、多くのパラメーターを分析中であり、大きな成果が期待されている。

極東・アジア GEOTRACES 計画：

微量元素・同位体による縁辺海・西部北太平洋における大気海洋の物質循環の解明



▶ KH-10-2 / KH-11-7 / KH-15-3

張 勁

富山大学 大学院理工学研究部 教授

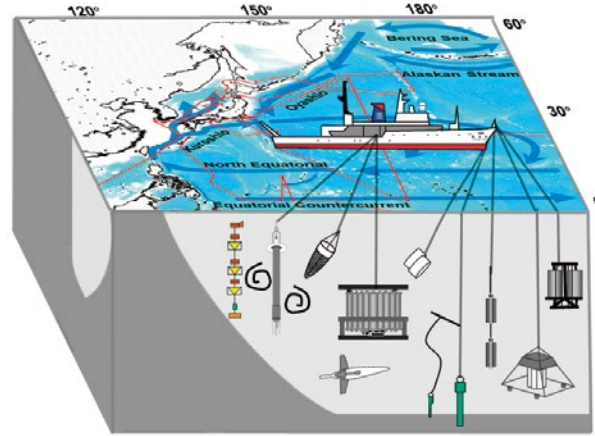
1970年代にアメリカ主導で実施されたGEOSECS（地球化学的大洋縦断研究）は海洋大循環像を描き、20世紀に行われた数多くの国際共同研究の中で最も成功した研究の一つとされる。2005年、SCOR（海洋研究科学委員会）の承認を受け、GEOSECSの第2フェーズとしてGEOTRACES（海洋の微量元素・同位体による生物地球化学研究）が発足した。その目的は、1990年代中ごろから正確な分析が可能になった微量元素と時間軸および起源の推定が容易な同位体の海洋中での分布をマッピングし、それらの分布を支配する海洋諸要素を定量的に解明するとともに、過去30年間の変化を正確に捉えることであった。

「白鳳丸」は極東・アジア域において随一ともいえるクリーン海洋観測ができる学術研究船として、国際的な貢献が大きく期待されていた。そこで、日本・ロシア・中国・韓国・台湾などの学際的海洋共同研究を円滑に進めるために構築された枠組みで、2010年から2015年にかけて日本海・オホーツク海・東シナ海などの西部北太平洋とその縁辺海における極東・アジア GEOTRACES計画I・II・IIIを遂行した。

排他的経済水域が交錯した海域における現場観測や調査は、調整から実行までが極めて難しい。日本海では乗船研究者52人の約4割が外国人研究者（ロシア・韓国・中国・ベトナム）という国際的な調査航海を行い、東シナ海では乗船者の3割強に当たる外国人研究者（アジアなど5ヵ国）を招聘し、中国と連携して同時観測セクションを完遂した。さらに、東日本大震災の3ヵ月後、当初の予定に急きょ72時間の緊急調査航海を加え、震災後初めてとなる地震・津波および福島第一原子力発電所由来放射性物質の海域拡散調査を実施し、放射性物質に関わる循環や海洋輸送プロセスを解明した^{1), 2)}。これらはボトムアップ研究を基軸とした「白鳳丸」航海計画ならではの成果である。

西部北太平洋と東アジア縁辺海の物質循環の理解や動向解明には、物理データに複数の化学トレーサーを組み合わせた解析手法が有効で、日本海では約30年間にわたる経年観測でその深層循環は100～300年と見積もられ、1977年から2010年にかけて日本海深層の溶存酸素は10%減少し、ポテンシャル水温は約0.04℃上昇したという結果を得た。その要因として、日本海が気候変動に鋭敏に反応しており、地球温暖化による深層への沈み込みの弱化が示唆された^{3), 4)}。

海洋化学・物理学・生物学などの分野横断型かつ学際的な



極東・アジアGEOTRACES計画とその立役者「白鳳丸」の航跡

研究も特徴で、降下式音響ドップラー流速計（LADCP）観測から日本海盆と大和海盆の底層フロントにおける渦拡散を確認し、それらの結果から、日本海盆から大和海盆への輸送量が推定できた⁵⁾。ラドン-222から日本海深層・底層の循環を捉え⁶⁾、乱流観測結果と合わせて、日本海底層水形成の物理的プロセスを検証した⁷⁾。さらに、太平洋における窒素固定の「ホットスポット」である黒潮の特徴的なジアゾ栄養生物群集を特徴づけた⁸⁾。

日本海の上流域に位置する東シナ海では、黒潮と共に長江などから流入する陸起源物質の影響が大きい。陸棚水における溶存アルミニウムは河川の流入と堆積物の再懸濁から供給され⁹⁾、水銀フラックスも陸由来の寄与が大きいことが示された¹⁰⁾。一方、希土類元素やネオジム同位体比などの化学トレーサーによって陸棚域や黒潮域のさまざまな水塊を特徴づけることで、陸棚底層水の最大で5割の栄養塩が黒潮中層水によって供給され、陸棚混合水が日本海に4割、黒潮に1割寄与することを解明した¹¹⁾。

また、東シナ海においては中国からの窒素酸化物の輸送量がほぼ半分に相当することや、重金属や主要化学成分を含む大気汚染物質がダストイベント以外の時期でも輸送されていることを明らかにした。さらに、アルミニウムとリンの元素比によって黒潮域のほとんどの粒子状微量金属は人為起源エアロゾル沈着に起源をもつことが実証され、人為起源エアロゾル沈降が北西太平洋とその周辺海域の表層水における主要な微粒子金属の起源であることを明らかにした¹²⁾。

そのほか、新規のトレーサー（白金濃度やニッケル・銅・亜鉛の安定同位体比）の開発、BioGEOTRACESの亜鉛錯体化リガンドや古海洋・古気候復元のプロキシのウラン同位体比やバリウム／カルシウム比などに関する研究も順調に推進している。

気候変動や温暖化が顕在化している中、国際的な協力コミュニティの活性化、学際的共同研究航海の計画・実施、フューチャー・アースと協働した国際的海洋生物地球化学研究ネットワークの整備・拡充の推進は、いっそう緊急性を増している。

西部北太平洋亜寒帯域の海洋酸性化研究

▶ KH-15-J01



藤木 徹一

海洋研究開発機構 地球環境部門
地球表層システム研究センター
海洋生態系研究グループ 主任技術研究員

海洋酸性化は産業革命以降の大気への膨大な二酸化炭素排出が起因とされ、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が2007年に発表した第4次評価報告書¹⁾で重要課題として記載されるなど、2000年代以降、世界中の研究機関によって精力的に研究が進められてきた。

日本でも、海洋研究開発機構（JAMSTEC）が中心となり行ってきた10年以上に及ぶ船舶観測により、西部北太平洋亜寒帯域が酸性化の進行する海域であることが明らかとなった²⁾。この観測結果は、2014年に世界気象機関（WMO）が発表した温室効果気体に関する報告書³⁾でも取り上げられ、本海域が酸性化の進行が世界的にも深刻な海域の一つであることが報告された。現在も、海洋酸性化研究の国際観測ネットワークGOA-ONのモニタリングサイトの一つとして、本海域の観測定点K2（47°N、160°E）を中心に観測研究が続けている。

海洋酸性化の進行は、炭酸塩の殻や骨格をもつ海洋生物の成長や繁殖を阻害し、海洋生態系に深刻な影響を及ぼすことが懸念されている⁴⁾。一方で、酸性化の原因である二酸化炭素の海水中での増加が海洋生態系の根幹を担う植物プランクトンの基礎生産力を高める可能性や、炭酸塩の殻をもつ生物の中にも酸性化に適応する種がいること、同じ種でも生育段階や環境条件によって影響が異なることが、報告されている⁵⁾。

しかし、これらの研究結果の多くが培養実験やモデル計算によるものであり、実海域でどのような影響が出ているかを示した例はほとんどなかった。

私たちは、西部北太平洋亜寒帯域において酸性化の進行による低次生態系への影響を明らかにするため、2015年の「白鳳丸」KH-15-J01次航海から、船舶観測とともに係留系を用いた時系列観測を開始した。本航海で設置した係留系には、自動昇降観測ブイシステムやセジメントトラップなどに加え、JAMSTECの中野善之らが開発したハイブリッドpHセンサー（HpHS）を搭載させた。HpHSは、既存のpHガラス電極センサーと現場型比色pHセンサーを一体化させ、普段は省電力なpH電極で高頻度に測定し、その測定値を数回～数十回に1回、正確で安定な比色法で補正することによって、消費電力を抑えながらも長期間安定したpH測定を可能とする世界初のセンサーである⁶⁾。1年間の係留系観測により、秋から冬の期間に海洋表層のpHが

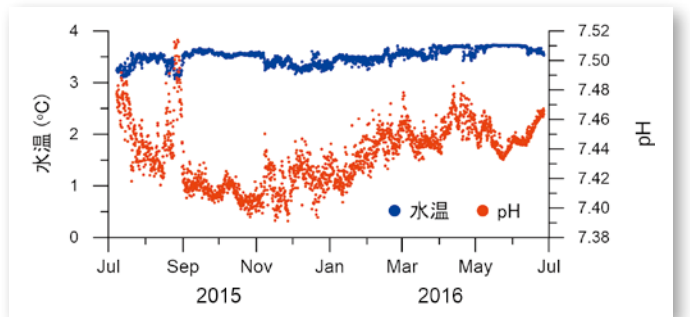


図1 観測定点K2の約200m深度のpHの季節変化（データ提供：中野善之）

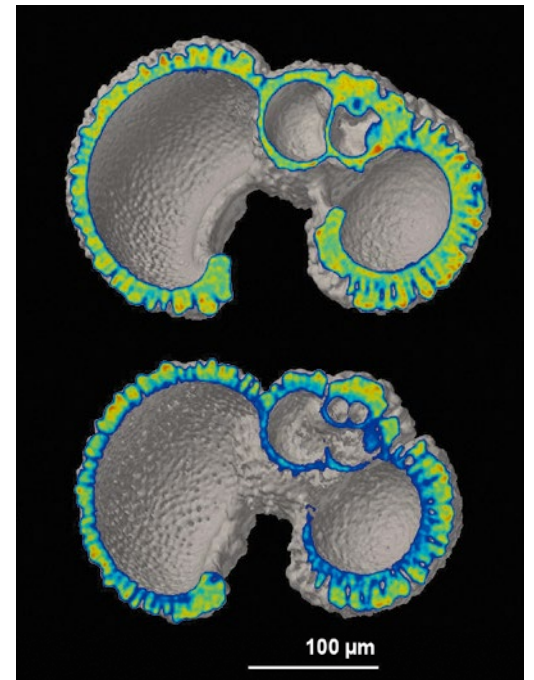


図2 有孔虫グロビゲリナ・ブロイデスの骨格密度
上が夏季、下が冬季に採集された試料。青色の箇所ほど骨格密度が低い。（画像提供：木元克典）

大きく低下することを、時系列的に高精度で捉えることに成功した（図1）。

また、炭酸塩の殻や骨格をもつ海洋生物への酸性化の影響評価法として、JAMSTECの木元克典らが開発したマイクロフォーカスX線CTスキャナー法⁷⁾を用いて、セジメントトラップで採集された浮遊性有孔虫の骨格密度を測定した（図2）。その結果、夏季に比べて冬季に採集された有孔虫の骨格密度が低くなっていることが明らかとなり、海洋酸性化による冬季のpHのさらなる低下が、本海域の有孔虫の生息に影響を与える可能性を示唆した。

「白鳳丸」は、船舶観測だけでなく、外洋域で大型の係留系の回収設置作業もできる世界でも数少ない学術研究船である。今後も、本船のフレキシブルな活躍により、多くの研究成果が生まれること祈念する。

インド洋三重点のダイナミクス

——インド洋で中央海嶺を探索する：マントルから生物まで



▶ KH-10-6 / KH-15-5

沖野郷子

東京大学 大気海洋研究所
海洋地球システム研究系 海洋底科学部門
海洋底地質学分野 教授

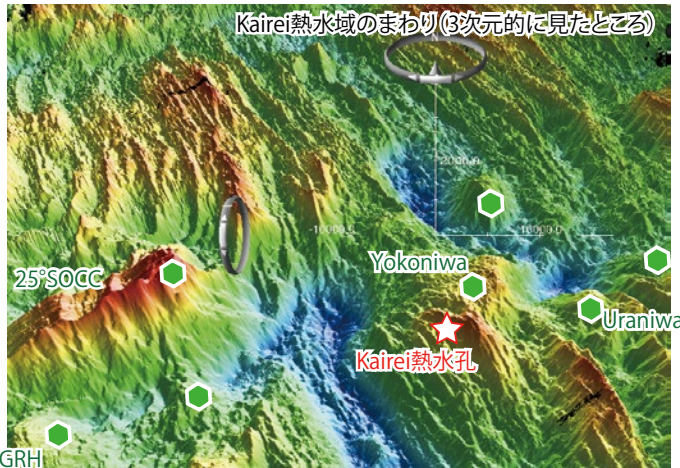
1993年、「白鳳丸」はインド洋のロドリゲス海嶺三重点の総合調査を行い（KH-93-3）、海底熱水系の兆候を発見し、後のインド洋域初となる熱水系の発見を導いた。2000年代に入ると、アデン湾（KH-00-5）、中央インド洋海嶺の中部（KH-06-4）、南西インド洋海嶺（KH-07-4、KH-09-5）とインド洋のさまざまな場所に探査対象を広げ、海洋地殻の形成と海底熱水系に関する総合調査が展開された。2010年のロドリゲス三重点への再訪（KH-10-6）は、この一連の調査の集大成といえる。

中央海嶺は新しい海底火山の連なりで、新しい海洋プレート・海洋地殻が生まれる場所である。そして、「火山あるところに温泉あり」で、多くの海底熱水系が海嶺沿いに分布している。海底熱水系は、地殻内の流体循環によって効率的にプレートを冷やす（物理）、岩石中の元素を海洋にもたらす（化学）、化学合成細菌を一次生産者とする生態系を支える（生物）といった役割を果たし、さまざまな分野の研究者が注目している。

日本の研究者グループは新学術領域研究「海底下の大河」（2008～12年度）を組織し、熱水系の多様性は海底の構造とテクトニクスが支配しているとの仮説のもと、多くの研究航海を行った。この仮説は、異なる海底構造発達史（テクトニクス）→異なる岩石が露出して海水と反応→異なる組成の熱水が噴出→異なる元素を利用する異なる生態系が発達、というものである。

KH-93-3次航海を契機に発見されたインド洋のKaieiフィールドでは、水素を極めて多く含む熱水が噴出し、水素をエネルギー源とする生態系が広がっていることが分かっていた。そして海底浅部には、海水との反応で水素を出すことが知られているかんらん岩類が広がっている可能性があった。一方、約100km北にあるEdmondフィールドでは、硫黄を多く含む熱水が噴出しており、玄武岩が母岩であることが予想されていた。KH-10-6次航海では、この2つの熱水系で、地球物理・岩石化学・熱水化学・微生物の広い分野の研究者が結集して総合的な調査を行い、テクトニクス—岩石—熱水化学—微生物のリンクを明らかにすることができた。その成果は、Springer社から書籍『Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems』として出版されている。

このように大きな成果を上げた航海であったが、大きな損失もあった。この航海では東京大学生産技術研究所の浦環教授を



インド洋Kaieiフィールド

熱水噴出孔（赤星印）が海嶺軸からやや離れた場所にあり、周囲にはかんらん岩類（緑六角）が大量に海底に露出している。

お誘いし、自律型海中ロボットr2D4を持ち込んでいただいた。r2D4はKH-06-4次航海でも中央インド洋海嶺の溶岩平原の観測に成功していたので、Kaiei/Edmondフィールドでも詳細な海底の様子を捉えてくれると期待していたのである。ところが、2潜航目で異常が生じ、緊急浮上命令が効かず、r2D4は戻ってこなかった。必死の捜索が行われ、海底での位置は確認したもの回収はできず、r2D4は今も水深2,700mの海底に眠っている。

インド洋でのもう一つの探査対象は、中央インド洋海嶺中部である。ここはKH-06-4次航海とそれに続く潜水船の調査によって2つの新しい熱水系が発見された場所であるが、さらなる魅力は総延長220kmに及ぶ長大なトランスフォーム断層が存在することである。トランスフォーム断層の崖面は、普段は到達できない地殻深部やマントルにアクセスできる貴重な場所である。長大な断層沿いに現在から過去数千万年の年代の異なる地殻が露出しているため、海嶺活動の時間変動を見ることができ。また、断層運動により地殻の破砕が進むため、地殻深部への水の入り口としても注目されている。

KH-15-5では、この長大なトランスフォーム断層を対象に岩石や海水の採取などを行って、基礎的な情報を集めることができた。これをもとに、2020年に再訪して海嶺時間変動を追う計画である。

新しい海底が生まれる場所＝中央海嶺は、残念なことに、日本の近くにはない。この重要かつ魅力的な場を研究するためには、大型船での外航が必須だ。「白鳳丸」は、研究者のボトムアップ提案で長期の外航ができる現在唯一の船である。研究室スペースも広く、ベッド数も多い。さまざまな分野が融合した観測を計画し、大勢の学生と共に作業することができたのは「白鳳丸」の存在あってこそである。

2011年東北地方太平洋沖地震の震源域周辺における地殻変動



▶ KH-05-3 / KH-07-3 / KH-11-9 / KH-13-5 / KH-15-2 / KH-17-J02

日野亮太

東北大学 大学院理学研究科 教授

2011年3月11日に宮城県沖を震源として発生したマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震）は、とりわけ津波による甚大な被害をもたらした。この巨大津波の成因はプレート境界断層のすべりであるが、すべり量の空間分布を正確に求めるためには、震源近傍での地殻変動の観測が不可欠である。

東北大学や海上保安庁は、2000年代初頭に、当時発生が懸念されていた宮城県沖地震に関する研究の一環として、地殻変動観測のための海底基準点を展開していた。その動きから東北沖地震による地殻変動が実測され、地震観測から推定された震源の位置から海溝軸に向かって変動量が増大していることが示された¹⁾。こうした観測結果の解析から、日本海溝の近傍で50mを超えるような断層すべりが生じ、その結果として巨大津波が生じたことが明らかとなった²⁾。

地殻変動は、巨大地震発生の瞬間だけでなく、地震後も長期にわたり継続して生じる。東北沖地震後の地殻変動観測は、プレート境界での余効すべりと地震時変動後の粘弾性緩和とが競合する複雑な変形場を捉えている^{3), 4), 5)}。このように、宮城県沖における海底地殻変動観測は、プレート境界断層の挙動や島弧の変形特性に関する理解を刷新する原動力となった。

海底地殻変動の研究の歴史は決して長くない。日本海溝で本格的な観測研究が始まったのは、今世紀に入ってからのことである。ここでは、そうした営みの中での「白鳳丸」による研究航海の成果を振り返ってみたい。

KH-05-3次航海は、宮城県沖での地殻変動観測が本格化したころに実施された。海底基準点が展開された直後の測位の結果は、2011年の地震に伴う地殻変動量を計測する上での基準となった。この航海では、基準点周辺の詳細な海底地形調査も実施され、地震後に観測された変位が局地的な変動でなく、巨大地震に伴う広域的な地殻変動を反映したものであることを示す証拠となった。

地震発生直後は地殻変動の速さが大きい一方、経過時間とともに顕著に減衰するために、高頻度での観測が必要である。津波襲来の痕も生々しい青森県八戸港から出港したKH-11-9次航海は、そうしたデータを得る貴重な機会となった。

2012年以来、日本海溝沿いに増設された海底基準点により、

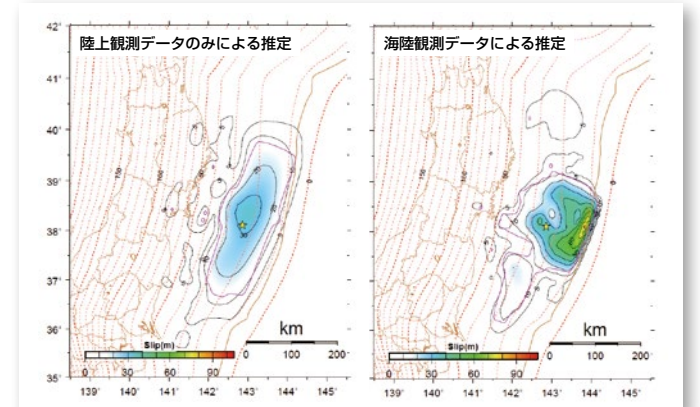


図1 東北沖地震によるプレート境界面上でのすべり量の分布

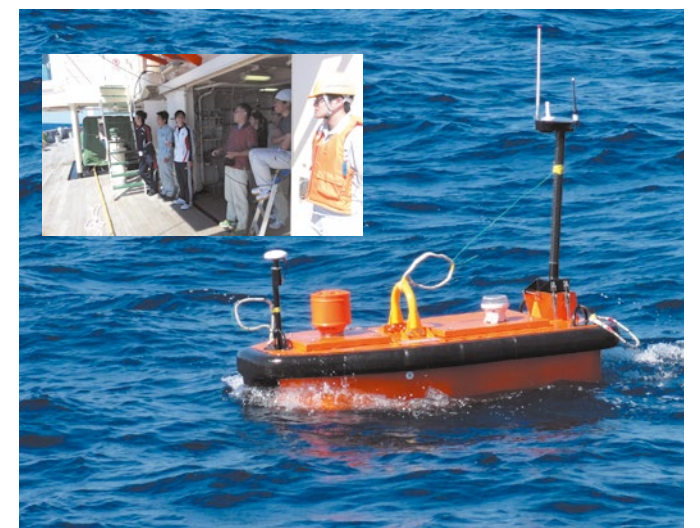


図2 自航式ブイを用いた海底地殻変動観測の様子

広域での地殻変動場の把握が進められている。観測の高精度・高効率化のために、自航式ブイが導入されたが、その運用に「白鳳丸」が大いに活躍した。自航式ブイにより高品位の音響データが得られることがKH-13-5次航海において実証され、KH-15-2次航海での7観測点での観測は、震源域からその南方に向かって地殻変動の様相が大きく変わることを示すものだった。

日本海溝沿いでも、多様な「ゆっくりすべり」の発生が、それに付随する低周波地震動放射を通して間接的に捉えられるようになりつつある⁶⁾。しかし、断層すべりに伴う地殻変動の観測は、すべりの大きさを定量する上で不可欠である⁷⁾。海底ケーブルによる地震・津波観測網が整備されつつある今も、海底における地殻変動観測の体制は不十分で、データの蓄積と観測技術の開発のために、高性能な観測船の必要性はさらに高まっている。

「白鳳丸」と共に、プレート境界でのすべり現象の包括的な理解に向けて歩んでいきたい。

「白鳳丸」を使用した古気候・古環境研究

▶ KH-00-5 / KH-07-4 / KH-11-1



川幡穂高

東京大学 大気海洋研究所
海洋地球システム研究系 海洋底科学部門
海洋底環境分野 教授

「白鳳丸」の航海における古気候・古環境の研究目的は、主に堆積物を用いて過去の環境を復元し、その背後にあるプロセスの解明を目指すことです。過去の地球環境変動を高時間・高空間解像度で定量的に復元し、モデリングの研究成果とも併せて総合的に解析し、そのプロセスを深く理解し、近未来の環境予測に役立てることができればと考えています。

航海が対象とするのは全球の海ですが、ここでは、南大洋、オーストラリア、アデン湾の成果について、ご紹介したいと思います。

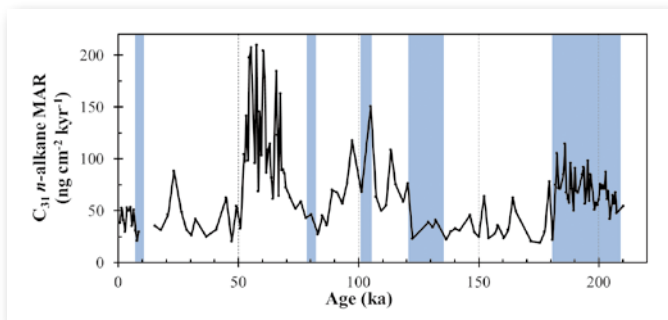
南極大陸の周りに広がる南大洋は、氷山の流出や海水の広がり、南極底層水の形成、活発な生物生産などから、気候変動に敏感に反応する高緯度海洋として重要視されています。しかしながら、先進国から遠いので、研究の進捗が遅れている海域でもあります。南極前線は、別名、南極収束線とも呼ばれ、冷たい南極の海水と亜南極の比較的暖かい海水が出会う場所で、地球的規模の熱塩循環にとっても大切です。

南大洋のインド洋区で実施された「白鳳丸」KH-07-4次航海にてピストンコアを系統的に採取し、それに含まれる浮遊性有孔虫の酸素同位体比と珪藻群集を詳細に解析しました。その結果、過去1万年程度の完新世の期間中、数百年程度の時間スケールで南極前線が緯度方向に活発に変動していたことが明らかとなりました¹⁾。

約2万9000～1万4000年前は「海洋酸素同位体ステージ2」と呼ばれ、全球的に寒冷な気候が卓越しました。特に、氷床が最も拡大した最終氷期最盛期(約2万年前)の詳細な検討は、気候変動メカニズムの解明のために必須な項目です。対象地域である北西オーストラリアのボナパルト湾は、氷床域から遠隔なため、高精度な氷床変動史の復元が期待できる大きな利点があります。

「白鳳丸」KH-11-1次航海にて採取した約100試料にも及ぶ多点数の放射性炭素年代測定、安定同位体比分析をはじめとするさまざまな分析と、アイソスタシーの影響を考慮するモデル計算を組み合わせることで、ボナパルト湾における「海洋酸素同位体ステージ2」の高精度な海面変動史を復元し、最終的に全球的な氷床変動の評価へと発展させました。

従来の説では最終氷期最盛期に向けた単調な1段階の氷床拡



アラビア半島南部沿岸およびアフリカの角北部で囲まれたアデン湾で得られた長鎖 n -アルカンの沈積流量

青のハッチは、アラビア半島の洞窟の鍾乳石より推定された湿潤期。年代の単位kaは1,000年前を表す。

大が想定されていましたが、本研究では比較的短期間での拡大が2段階にわたって起こったこと、さらに、氷期において氷床が短期間で急激に変動していたことが明らかとなりました。これは、氷期における新たな氷床変動メカニズムの存在を示唆していました²⁾。

最後のトピックスは、私たちホモ・サピエンスの祖先が経験した気候です。堆積物コアは、アラビア半島とアフリカ北東部に接するアデン湾で採取されました。長鎖 n -アルカンという陸上植物を主な起源とするバイオマーカーに着目し、その変動量を、ホモ・サピエンスがアフリカの北西で誕生した20万年前以降の期間を対象に復元しました。

花粉分析の結果に基づく、この量は降水量で支配される周辺陸域の植生量変化を表し、20万～18万5000年前、12万～9万5000年前、7万～5万年前に大きなピークを示しました。この湿潤期間は、ホモ・サピエンスの誕生(約20万年前)、イスラエルへの遠征(約13万～12万年前、このグループはその後絶滅)、アフリカからの拡散(約7万～5万年前)のイベントに対応していました。

私たちの祖先は、この最後の湿潤環境のチャンスを逃さず、食料と水を確保し、氷期で海水準が約80m低かったため11kmまで最短距離が縮まった、対岸のアラビア半島に渡りました。そして、半島海岸線を北東へ移動し、全球に旅立っていきました。ピロリ菌や結核菌も、彼らと共に同時に世界に拡散しました。その後、この地域の環境は厳しい乾燥気候に戻ってしまい、現在に至っています。

コアは「白鳳丸」KH-00-5次航海で採取されましたが、本研究は近年実施されました³⁾。この海域は政情不安定で今後数十年観測不能かもしれない、貴重なデータになると思われます。

大気海洋間相互作用研究に始まるネットワークの広がり



▶ KH-10-1 / KH-11-10 / KH-12-1
KH-12-3 / KH-13-7 / KH-14-3
KH-15-1 / KH-15-4 / KH-17-4
KH-18-6

津田 敦

東京大学 大気海洋研究所
海洋生命システム研究系 海洋生態系動態部門
浮遊生物分野 教授

地球圏—生物圏国際協同研究計画(IGBP)のコアプロジェクトとして海洋大気間物質相互作用研究計画(SOLAS)が始まったのは、2001年である。埼玉県環境科学国際センターの植松光夫は、立ち上げ段階から主要メンバーとしてサイエンスプランの策定などに関わってきた。これに対応する国内プロジェクトの立ち上げを目指し、東京大学大気海洋研究所や名古屋大学地球水循環研究センターの共同利用シンポジウムなど多くの研究集会を通じて研究内容を精査し、2006年に特定領域研究「海洋表層・大気下層間の物質循環リネージ(W-PASS)」を立ち上げた。

本プロジェクト以前は、大気研究者は陸上観測局での観測が中心で、海洋側も、熱フラックスなど一部の研究者を除いては、大気海洋相互作用には多くの注意を払ってこなかった。この状況を変え、物質循環の観点から共同研究へ発展した背景には、植松らが主導した黄砂・火山起源物質の輸送や海洋生態系への影響の解明、および、筆者らが主導した海洋鉄散布実験がある。これら研究成果により、陸上に起源をもつ鉄や窒素が、大気經由で海洋に運ばれ、生産や群集組成に大きな影響を与えることが明らかになっていた。

W-PASS関連の4つの学術研究船航海では、大気、海洋の研究者が乗船し、黄砂の生物生産影響、鉄の分布、高感度連続分析が可能なプロトン移動反応質量分析計(PTR-MS)による気候影響気体である硫化ジメチル(DMS)の挙動^{1), 2), 3)}、同位体分析による大気起源窒素の寄与など、多くの成果が上がった。

さらに、2011年度の「白鳳丸」航海では、大型気球による成層圏大気試料の採取や観測が赤道上で行われた(図)。成層圏気球観測は、限られた地上基地局から行われていたが、赤道上で対流圏から成層圏へ上昇する大気輸送プロセス観測を船舶から行った4回の試みは全て成功し、成層圏観測の機動性を高めた。これらの研究船を軸とした研究分野の広がりやネットワークの形成が、W-PASS時代に形成されたといえる。

これらの成果と連携を基盤として、新学術領域研究「新海洋像：その機能と持続的利用(NEOPS)」が2012年度に開始された。「新海洋像」は、海の恵みをキーワードとして、自然科学系研究者が太平洋沖合域の生産構造とそれを決定する因子を解明し、社会科学系研究者が海域の価値を算定し沖合域のガバナンスを提案することを目指す、文理融合プロジェクトであった。



KH-12-1次航海において赤道上で行われた成層圏気球観測

このプロジェクトに関連して多くの学術研究船航海が行われ、主な成果としては、高精度分析による栄養塩および関連物質・プロセスのマッピング^{4), 5)}、窒素固定生物や窒素固定生物寄与のマッピング^{6), 7)}、分子生物学的手法による群集構造と多様性のマッピングなどがあるが^{8), 9), 10), 11)}、海洋ガバナンスを考える上で基盤となる海洋区の提案がなされた意義は大きい。歴史的にはLonghurstが栄養塩の分布と物理的鉛直構造から世界の海洋を分けたものが広く流布していたが、Longhurst以降の海洋学的发展を踏まえ、さらには、比較的精度の粗かった太平洋域において実測データに基づく海洋区分が提案された^{例えば¹²⁾}。

「新海洋像」以降は生物多様性をキーワードとして大型プロジェクトの立案を模索したが、現在は個別プロジェクトとして進行している。しかし、一連の研究で培われたバーコーディング手法やパイオインフォマティクスなどは、新たな研究の流れを形成しつつある。例えば、大気海洋研究所の平井惇也の開発したバーコーディング手法は環境DNA手法への礎となり、濱崎恒二らが行ったパイオインフォマティクス解析により示唆されたリン酸塩枯渇海域における微生物群集のヒ素耐性¹³⁾など、従来の観測・計測手法ではできなかったこと、または多大な時間と労力を必要としたことが、容易にできるようになった。

研究船による観測は、将来的には、センサー観測に置き換えられる部分は多くあるかもしれない。しかし、無数の生物と物質、それを取り巻く物理環境が相互作用をもつ海洋の実像に近づくためには、また、新たなプロセスを発見し実証するためには、どうしても現場に出向く必要がある。将来的にも研究船による観測の重要性は薄れることはなく、私たちはそれを利用するコミュニティを育てていく必要がある。

亜熱帯海域における生物海洋学研究のフロント



▶ KH-11-10 / KH-13-7 / KH-14-3
KH-17-4

古谷 研

創価大学 大学院工学研究科 教授

成層がほぼ通年にわたり発達し、海水の鉛直混合が抑えられている亜熱帯海域や赤道湧昇の影響が及ばない熱帯域では、表層の栄養塩類濃度が極めて低い状態に維持されており、しばしば従来の分析法では検出限界以下となる。これらの海域においてプランクトン群集動態や生物地球化学のプロセスを理解するためには、定法の検出限界以下、すなわちナノモルレベルでの栄養塩濃度の正確な測定が必須となる。

●
私たちは、2004年11月末から翌3月に実施された「白鳳丸」KH-04-5次航海において、定法よりも検出感度が2桁高い高感度分析法を用いた栄養塩濃度測定に初めて取り組んだ。航走中に船底からくみ上げた海水の連続測定による水平分布の把握である。東京港出航後数日たって測定を開始すると、硝酸塩やリン酸塩がまったく検出されない状態が続いた。亜熱帯海域とはいえ冬なのである程度の濃度があるはずと思っていたが、ナノモルレベルでも栄養塩が枯渇していた（＜3nM）のである。以来、私たちのグループではナノモルレベルの栄養塩測定と組み合わせたプランクトンの生態研究に取り組んできた。

●
その結果、亜熱帯貧栄養海域では、硝酸塩がナノモルレベルでもほぼ枯渇（＜10nM）しているのに対してリン酸塩は余っている、つまり窒素が足りないためにリン酸塩が生物に利用されずに残っているのが一般的な傾向であること、しかし、例外的にリン酸塩も枯渇している広大な海域が北緯25度付近を中心に東西方向に存在することが明らかになった¹⁾。高感度測定法によるデータを整理した表層リン酸塩の全球マップ²⁾を見ると（図1）、大規模リン酸塩枯渇域は西部北太平洋と北大西洋、地中海に限られている。インド洋など要検討海域が残ってはいるが、亜熱帯海域のどこにでも存在するわけではないユニークな現象であることは確かである。

●
西部北太平洋のリン酸塩枯渇域では、窒素を固定する能力をもつ植物プランクトンが鍵になっている。リン酸塩枯渇域では周辺の海域よりも窒素固定が活発なので、リン酸塩が消費し尽くされてしまうのである。では、リン酸塩枯渇域をつくるほどならば、この海域の窒素固定は太平洋全体で見ても高いのだろうか。答えは否である。

●
既刊論文^{3), 4)}およびそれらの引用文献をもとに作成された太平洋の海面窒素固定マップを見ると（図2）、日本周辺海域とニューギニアの

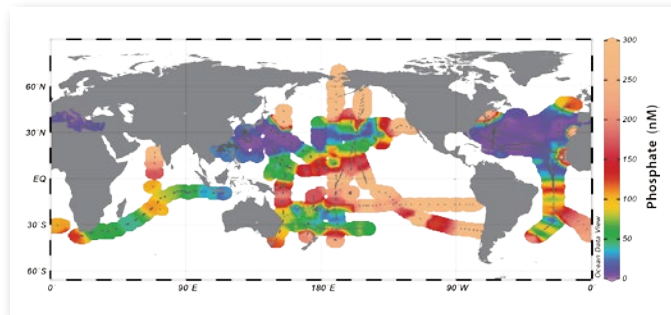


図1 表層におけるリン酸塩の分布¹⁾

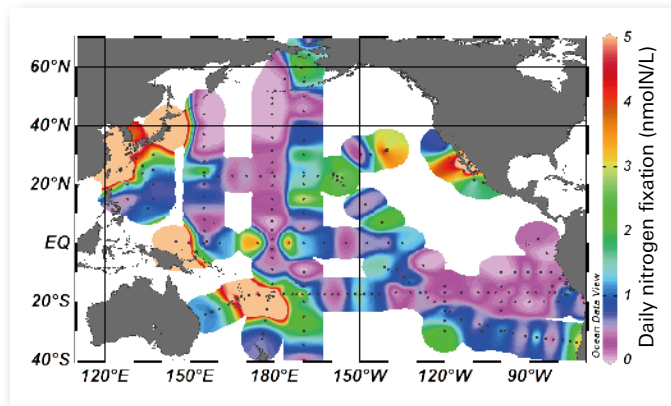


図2 太平洋における海面窒素固定活性の分布（作成：塩崎拓平氏）

北やフィジー、タヒチなどの島の周辺に格別高い活性、いわばホットスポットが存在する。このホットスポットは、陸起源物質の供給を受けていると考えられ、島周辺ではいわゆる「島効果」の表れである³⁾。これに対して、大規模リン酸塩枯渇域では周辺海域よりも活性はわずかに高いだけである。つまり、この海域では、下層からの栄養塩の供給が低いため、生物生産全体は低く、窒素固定者はわずかなリン酸塩を使い尽くしてリン欠乏にさらされていると考えられるのである。

●
リン酸塩枯渇域は、下層から表層混合層への物質供給、生物による利用と再生のバランス、その過程での化学量論的な変動が絡み合って形成されている。太平洋と大西洋とで形成プロセスにどのような共通性や違いがあるのか。生物量や物質濃度は低いが回転速度が速いといわれる亜熱帯海域においてリン酸塩枯渇域にはどのような特徴があるのか。今後の課題は尽きない。

●
ここではリン酸塩を議論したが、有機態リンの動態もこれから取り組むべき重要な課題である。事実、リン酸塩枯渇域ではリン酸エステルがリン源として活発に使われていることが最近明らかになってきた⁵⁾。リン酸塩枯渇域の研究から亜熱帯貧栄養海域における生物海洋研究の新たなフロントが広がりがつつある。

太平洋の生元素循環を駆動する微生物機能を探る



▶ KH-11-6 / KH-12-1 / KH-12-3 /
KH-13-7 / KH-14-3

濱崎恒二

東京大学 大気海洋研究所
海洋生命システム研究系 海洋生態系動態部門
微生物分野 教授

●
近年の海洋微生物研究では、自然群集の多様性と機能を把握するための方法論が飛躍的に進展し、より多くの試料を低コストで解析できるようになってきたことで、「微生物海洋学」という新しい研究分野が誕生した。

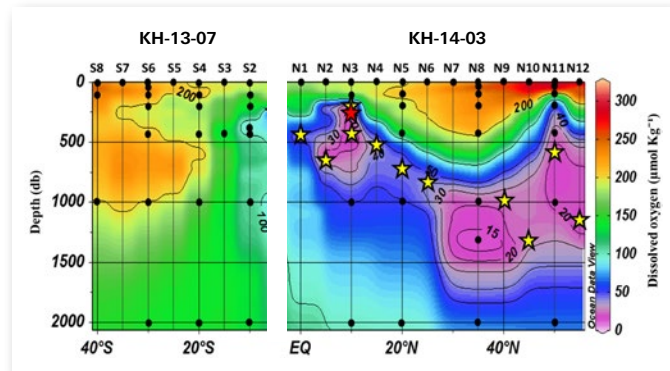
●
こうした潮流の中で、2010年以降の「白鳳丸」航海では、大洋スケールの横断・縦断観測において、窒素、リン、硫黄といった生元素の動態と微生物の動態を同時に分析することにより、その化学形態の変換に関わる微生物種の特定や動態把握が集中的に行われた。物理・化学環境の変化に応じて、微生物群集がどのように変動するのか、その中身を把握することで、海洋生態系における生元素循環に関する理解が格段に進んできた。

●
2011～12年の太平洋の低緯度海域を横断する航海（KH-11-6、KH-12-1）では、国立環境研究所の硫化ジメチル（DMS）測定チームと共同して、DMSの変換に関わる微生物の動態解析を行った。海水中のDMSは植物プランクトン由来有機硫黄化合物が酵素的に分解されて生成するため、その濃度変動は海洋生態系の生物活動と密接に関連している。さらに、生成したDMSは海洋から大気に放出され、硫酸エアロゾルへと変化し雲核となるため、気象現象にも影響を及ぼす。

●
この航海では、DMS生成と微生物活動の関係を知るため、航走中に表層水中のDMS濃度を連続測定し、その濃度が高まる地点の微生物をフィルター捕集してDMSの生成や代謝に関わる遺伝子の計測を行った。その結果、ロゼオバクテリア細菌群がDMS生成と濃度上昇に寄与し、ペラジバクテリア細菌群がDMS濃度の低下に寄与するなど、海水中のDMS生成を制御する細菌グループが明らかとなった。

●
2013～14年の太平洋の南北縦断航海（KH-13-7、KH-14-3）では、窒素循環における鍵微生物の一つであるアナモックス細菌の分布調査を行った。アナモックスは嫌気的なアンモニア酸化反応で、アンモニアと亜硝酸から窒素が生成するため、脱窒とは異なる窒素除去反応として窒素循環に影響を与える。しかし、従来の報告はバレー沖やナミビア沖など極端な貧酸素層形成海域に限られている。

●
本航海では、アナモックス細菌が太平洋外洋域の酸素極小層にも広く分布することを初めて明らかにし、その分布や活性が溶存酸素濃度によって規定されている可能性を示した。そのほ



太平洋の西経170度線に沿ったアナモックス細菌の分布（星印）

色の違いは水中の酸素濃度の違いを示し、紫色の酸素極小層に一致した分布が見られる。

●
か、好氣的アンモニア酸化いわゆる硝化反応の解析も行われ、古細菌によるアンモニア酸化反応が寄与していることや、微量元素のうち銅の供給が活性を左右している可能性が示されている。いずれも、海洋の窒素循環研究に新たな視点を加える成果であり、さらなる研究の展開が期待される。

●
2000年代の後半から、次世代シーケンサーと呼ばれる新型のDNA配列解読装置の開発と普及が急速に進み、海洋微生物研究においても、多数の試料を一度に解析して、大洋スケールでの多様性を網羅的に明らかにする試みが盛んに行われた。特に、2005～10年に行われた「国際海洋微生物センサス」では、堆積物や沿岸も含めた海洋の微生物種数として4万4000種が報告された。

●
上述した太平洋の低緯度海域航海でも、次世代シーケンス技術を用いて、南北亜熱帯海域および赤道域に生息する細菌と古細菌の多様性や群集構造の特徴を明らかにした。さらに、ほかの航海も合わせた全256試料140万配列の解析データから、太平洋の表層水中の微生物種数を1万8000種と推定した。また、メタゲノミクスと呼ばれる網羅的な機能遺伝子の解析により、太平洋における微生物群集の機能的な特徴や海域間での違いも明らかとなっていった。例えば、北太平洋亜熱帯海域の西部では活発な窒素固定により表層海水中のリン酸塩が消費され枯渇状態にあり、そうした海域の微生物には、リンと同時に取り込まれるヒ素の影響を低減するために、ヒ素耐性に関わる遺伝子がより多く備わっていることが分かった。

●
2019～20年には世界一周航海が予定されている。「白鳳丸」によってこれまで集められた試料を合わせて、全球をカバーする微生物DNA分析試料がコレクションされることになる。微生物海洋学の新しいステージを目指し、大規模メタゲノム解析による微生物多様性と機能の網羅的な把握に向けたチャレンジが始まろうとしている。

ウナギ属魚類の産卵海域調査



▶ KH-13-6／KH-16-4

木村伸吾

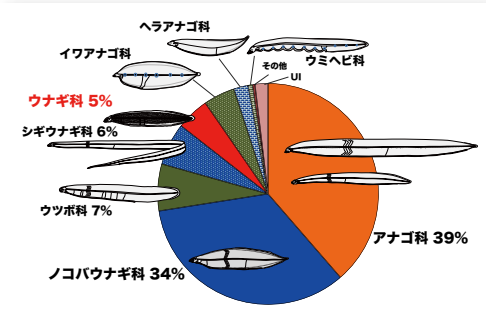
東京大学 大気海洋研究所
海洋学際研究領域 生物海洋学分野 教授
新領域創成科学研究科 自然環境学専攻

ヨーロッパウナギやアメリカウナギの産卵海域が大西洋のサルガッソー海であることがデンマーク人海洋学者のJohannes Schmidtにより発見されたのは1922年のことであり、間もなく1世紀が経過する。一方、ニホンウナギの産卵海域が太平洋のマリアナ諸島海域に近い北赤道海流域にあることが分かったのは、1991年の「白鳳丸」KH-91-4次航海のことであり、大きく立ち遅れていた。

しかし、その後、急速に研究が展開され、ウナギ属魚類の初期生活期における研究は現在では日本を中心に進んでいると言っても過言ではない。その間、2002年のKH-02-2次航海とそれに続く7つの航海ではニホンウナギのレプトセファルス幼生の餌と考えられている海水中の懸濁態有機物の分布と幼生の分布の関係が明らかにされ、2009年のKH-09-1次航海では外洋において初めてニホンウナギの卵の採集に成功するなど、塩分フロント、懸濁態有機物、海山、新月、海流渦、クロロフィル極大、密度躍層などの環境要素と産卵行動との関係が明らかにされつつある。

ニホンウナギの研究航海においては、レプトセファルス幼生そのものを採取することが重要なミッションの一つではあるが、レプトセファルスの形態をもつ魚類はニホンウナギに限ることはなく、アナゴ、ハモ、ウミヘビ、ウツボなどを含むウナギ目だけでも700種以上の魚類が存在する。したがって、ニホンウナギの産卵海域となる北赤道海流域での観測では、多数のレプトセファルス幼生が採取される。確定的な同定にはDNA分析が必要ではあるが、船上では筋節数や色素沈着、肛門位置などによる形態的な特徴によってニホンウナギの同定を行うことになる。揺れた船上での顕微鏡観察は至難を極めるが、その手法はほぼ確立されており、迅速な同定ができるようになったのも、1970年代以降の「白鳳丸」航海の大きな成果といえる。

KH-13-6次航海では、ニホンウナギだけでなくレプトセファルスの形態をもつ多くの魚類を対象として、北赤道海流域での海洋環境の三次元構造との関係について調査が進められた。そのために、IKMTネットで採集されたサンプルを直ちに全量ソーティングし、全ての仔魚を船上で分別した。この作業によりディープフリーザーによる急速超低温凍結保存が可能になり、陸上での解析が容易になった。



表層混合層→ 大部分の分類群の成育海域は外洋域



水温躍層上部→ 大部分の分類群の成育海域は沿岸域

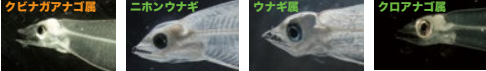


図1 北赤道海流域におけるレプトセファルス幼生の割合

図2 成育海域の違いによる北赤道海流域におけるレプトセファルス幼生の鉛直分布

その結果、ウナギ目魚類の分布割合は仔魚全体の3%未満であり、また、ウナギ属を含むウナギ科はレプトセファルスの形態をもつ仔魚の5%にすぎず、アナゴ科とノコバウナギ科、ウツボ科、シギウナギ科でその9割近くを占めることが分かった。

これらのレプトセファルス幼生は、一様に表層混合層から水温躍層上部にかけての浅い層に高密度に分布しているものの、成育海域の違いによって分布水深に違いが認められた。すなわち、成育海域を外洋にもつノコバウナギ科やシギウナギ科は水深50m以浅の表層混合層に、また、成育海域を沿岸にもつウナギ科やウツボ科、ウミヘビ科などは水深70m以深の水温躍層上部に分布していることが分かった。

海流による生物輸送に適應するために同じレプトセファルスという形態をもっている、成育海域への輸送を考慮し、鉛直的に生息水深を変えることによって海流の影響を制御しようとする生残戦略を、それぞれの種は独自にもっていることがうかがえる。

このようにニホンウナギの産卵海域の発見は、成熟した親ウナギの産卵海域への回遊ルート、マリアナ海域を産卵海域とするための生残戦略、産卵海域であることの検知能力、産卵行動を起こす環境要因などの新たな研究課題を提供する一方、ウナギ属魚類19種類（16種、3亜種）全種の生態研究へと展開しつつある。

その一つが、南太平洋全域で熱帯ウナギであるオオウナギやオーストラリアウナギなどに焦点を当てて実施したKH-16-4次航海であり、4,000個体ものレプトセファルス幼生の採集に基づく研究成果の早々の公開が待たれるところである。

引用・参考文献

■ 6ページ 「白鳳丸」航海を通じた「海洋混合学」の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明

- 1) OMIX-website <http://omix.aori.u-tokyo.ac.jp>
- 2) Tanaka, T. et al., Vertical turbulent iron flux sustains the Green Belt along the shelf break in the south-eastern Bering Sea, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L08603 (2012)
- 3) Kaneko, H. et al., Observations of vertical turbulent nitrate flux across the Kuroshio, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3123-3127 (2013)
- 4) Goto, Y. et al., Comparison of turbulence intensity from CTD-attached and free-fall microstructure profilers, *J. Atmospheric Ocean. Technol.*, 35, 147-162 (2018)

■ 7ページ 未知の南極底層水生成域の発見

- 1) Tamura, T. et al., Mapping of sea ice production for Antarctic coastal polynyas, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L07606 (2008)
- 2) Ohshima, K. I. et al., Antarctic Bottom Water production by intense sea-ice formation in the Cape Darnley Polynya, *Nat. Geosci.*, 6, 235-240 (2013)
- 3) Nakayama, Y. et al., A numerical investigation of formation and variability of Antarctic Bottom Water off Cape Darnley, East Antarctica, *J. Phys. Oceanogr.*, 44, 2921-2937 (2014)
- 4) 大島慶一郎, 海水域の変動とその海洋循環に与える影響に関する研究, *海の研究*, 27(2), 75-96 (2018)

■ 8ページ 「白鳳丸」によるGEOTRACES航海

- 1) Kim, T. et al., Distribution of dissolved zinc in the western and central subarctic North Pacific, *Global Biogeochem. Cycles*, 31, 1454-1468 (2017)
- 2) Nishioka, J. et al., Dissolved iron distribution in the western and central subarctic Pacific: HNLC water formation and biogeochemical processes, *Limnol. Oceanogr.*, 62, 2004-2022 (2017)
- 3) Schlitzer, R. et al., The GEOTRACES Intermediate Data Product 2017, *Chem. Geol.*, 493, 210-223 (2018)

■ 9ページ 極東・アジアGEOTRACES計画：微量元素・同位体による縁辺海・西部北太平洋における大気海洋の物質循環の解明

- 1) Miyazawa, Y. et al., Oceanic dispersion simulation of perfluoroalkyl substances in the Western North Pacific associated with the Great East Japan Earthquake of 2011, *J. Oceanogr.*, 70, 6, 535-547 (2014)
- 2) Aoyama, M. et al., Fukushima radionuclides in the marine environment from coastal region of Japan to the Pacific Ocean through the end of 2016, *Progress in Nuclear Science and Technology*, 1-7 (2019)
- 3) Gamo, T., Dissolved oxygen in the bottom water of the Sea of Japan as a sensitive alarm for global climate change, *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 30, 8, 1308-1319 (2011)
- 4) Gamo, T. et al., The Sea of Japan and Its Unique Chemistry Revealed by Time-Series Observations over the Last 30 Years, *MEEP*, 2, 1, 1-22 (2014)
- 5) Senjyu, T. et al., Abyssal water mass exchange between the Japan and Yamato Basins in the Japan Sea, *J. Geophys. Res.: Oceans*, 118, 10, 4878-4888 (2013)
- 6) Gamo, T., Excess 222Rn profiles in the bottom layer of the Japan Sea and their implication for bottom water dynamics, *Prog. Oceanogr.*, 121, 94-97 (2014)
- 7) Matsuno, T. et al., Formation of the well-mixed homogeneous layer in the bottom water of the Japan Sea, *J. Oceanogr.*, 71, 4, 441-447 (2015)
- 8) Shiozaki, T. et al., Distribution of major diazotrophs in the surface water of the Kuroshio from northeastern Taiwan to south of mainland Japan, *J. Plankton Res.*, 40, 4, 407-419 (2018)
- 9) Li, L. et al., Factors influencing the use of dissolved aluminum as a source tracer in the East China Sea and adjacent waters, *Mar. Chem.*, 204, 133-143 (2018)
- 10) Marumoto, K. et al., Mercury evasion fluxes from sea surfaces of the Tsushima Strait and Kuroshio current in the East China Sea, *Geochem. J.*, 52, 1, 1-12 (2018)
- 11) Che, H. et al., Water Mass Analysis and End-Member Mixing Contribution Using Coupled Radiogenic Nd Isotopes and Nd Concentrations: Interaction Between Marginal Seas and the Northwestern Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 2388-2395 (2018)
- 12) Liao, W. H. et al., Particulate Trace Metal Composition and Sources in the Kuroshio Adjacent to the East China Sea: The Importance of Aerosol Deposi-

tion, *J. Geophys. Res.: Oceans*, 123, 9, 6207-6223 (2018)

■ 10ページ 西部北太平洋亜寒帯域の海洋酸性化研究

- 1) IPCC, Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 996 pp. (2007)
- 2) Wakita, M. et al., Ocean acidification from 1997 to 2011 in the subarctic western North Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 10, 7817-7827 (2013)
- 3) WMO, The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2013. WMO Greenhouse Gas Bulletin, 10 (2014)
- 4) Orr, J. C. et al., Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms, *Nature*, 437, 681-686 (2005)
- 5) Doney, S. C. et al., Ocean acidification: the other CO₂ problem, *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 1, 169-192 (2009)
- 6) Nakano, Y. et al., Diurnal and seasonal variations of pH for a year in the western subarctic North Pacific observed by using a hybrid pH sensor, *Geophys. Res. Abstr.*, 19, EGU2017-16594 (2017)
- 7) Iwasaki, S. et al., Observation of the dissolution process of *Globigerina bulloides* tests (planktic foraminifera) by X-ray microcomputed tomography, *Paleoceanogr. Paleocl.*, 30, 317-331 (2015)

■ 11ページ インド洋三重点のダイナミクスーインド洋で中央海嶺を探索する：マントルから生物まで

- 1) Okino, K. et al., Tectonic background of four hydrothermal fields along the Central Indian Ridge, in Ishibashi, J. et al. (eds.), Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems; TAIGA Concept, Springer Japan, Tokyo (2015)
- 2) Morishita, T. et al., Petrology of peridotites and related gabbroic rocks around the Kaiei hydrothermal field in the Central Indian Ridge, in Ishibashi, J. et al. (eds.), Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems; TAIGA Concept, Springer Japan, Tokyo (2015)
- 3) Fujii, M. et al., Origin of magnetic highs at ultramafic hosted hydrothermal systems: Insights from the Yokonichi site of Central Indian Ridge, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 441, 26-37 (2016)

■ 12ページ 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域周辺における地殻変動

- 1) Kido, M. et al., Trench-normal variation in observed seafloor displacements associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L24303 (2011)
- 2) Iinuma, T. et al., Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 117 (B7) (2012)
- 3) Sun, T. et al., Prevalence of viscoelastic relaxation after the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Nature*, 514, 84-87 (2014)
- 4) Iinuma, T. et al., Seafloor observations indicate spatial separation of coseismic and postseismic slips in the 2011 Tohoku earthquake, *Nat. Commun.*, 7, 13506 (2016)
- 5) Tomita, F. et al., Along-trench variation in seafloor displacements after the 2011 Tohoku earthquake, *Sci. Adv.*, 3, e1700113 (2017)
- 6) Ohta, K. et al., Tremor and Inferred Slow Slip Associated With Afterslip of the 2011 Tohoku Earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 4591-4598 (2019)
- 7) Honsho, C. et al., Offshore Postseismic Deformation of the 2011 Tohoku Earthquake Revisited: Application of an Improved GPS-Acoustic Positioning Method Considering Horizontal Gradient of Sound Speed Structure, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 124, 5990-6009 (2019)

■ 13ページ 「白鳳丸」を使用した古気候・古環境研究

- 1) Katsuki, K. et al., Holocene migration of oceanic front systems over the Conrad Rise in the Indian Sector of the Southern Ocean, *J. Quat. Sci.*, 27, 203-210 (2012)
- 2) Ishiwa, T. et al., A sea-level plateau preceding the Marine Isotope Stage 2 minima revealed by Australian sediments, *Sci. Rep.*, 9, Article number: 6449 (2019)
- 3) Isaji, Y. et al., Terrestrial environmental changes around the Gulf of Aden over the last 210 kyr deduced from the sediment n-alkane record: Implications for the dispersal of Homo sapiens, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 1880-1887 (2015)

■ 14ページ 大気海洋間相互作用研究に始まるネットワークの広がり

- 1) Kameyama, S. et al., Strong relationship between dimethyl sulfide and net community production in the western subarctic Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3986-3990 (2013)
- 2) Omori, Y. et al., Sea-to-air flux of dimethyl sulfide in

- the South and North Pacific Ocean as measured by proton transfer reaction-mass spectrometry coupled with the gradient flux technique, *J. Geophys. Res.: Atmos.*, 122, 7216-7231 (2017)
- 3) Nagao, I. et al., Biogenic sulfur compounds in spring phytoplankton bloom in the western North Pacific off the coast of northern Japan, *Prog. Oceanogr.*, 165, 145-157 (2018)
 - 4) Shiozaki, T. et al., Nitrification and its influence on biogeochemical cycles from the equatorial Pacific to the Arctic Ocean, *ISME J.*, 10, 2184-2197 (2016)
 - 5) Yamaguchi, T. et al., Basin-Scale Variations in Labile Dissolved Phosphoric Monoesters and Diesters in the Central North Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.: Oceans*, 124, 3058-3072 (2019)
 - 6) Shiozaki, T., et al., Linkage Between Dinitrogen Fixation and Primary Production in the Oligotrophic South Pacific Ocean, *Global Biogeochem. Cycles*, 32, 1028-1044 (2018)
 - 7) Horii, S. et al., Stable isotopic evidence for the differential contribution of diazotrophs to the epipelagic grazing food chain in the mid-Pacific Ocean, *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 27, 1467-1480 (2018)
 - 8) Hirai, J. et al., Metagenetic community analysis of epipelagic planktonic copepods in the tropical and subtropical Pacific, *Mar. Ecol.: Prog. Ser.*, 534, 65-78 (2015)
 - 9) Suzuki, S. et al., Comparison of community structures between particle-associated and free-living prokaryotes in tropical and subtropical Pacific Ocean surface waters, *J. Oceanogr.*, 73, 383-395 (2017)
 - 10) Tada, Y. et al., Basin-scale distribution of prokaryotic phylotypes in the epipelagic layer of the Central South Pacific Ocean during austral summer, *J. Oceanogr.*, 73, 145-158 (2017)
 - 11) Endo, H. et al., Contrasting biogeography and diversity patterns between diatoms and haptophytes in the central Pacific Ocean, *Sci. Rep.*, 8, 10916 (2018)
 - 12) Yamashita, Y. et al., Factors controlling the geographical distribution of fluorescent dissolved organic matter in the surface waters of the Pacific Ocean, *Limnol. Oceanogr.*, 62, 2360-2374 (2017)
 - 13) Hashihama, F. et al., Arsenate and microbial dynamics in different phosphorus regimes of the subtropical Pacific Ocean, *Prog. Oceanogr.*, 176 (2019)

■ 15ページ 亜熱帯海域における生物海洋学研究のフロント

- 1) Hashihama, H. et al., Macro-scale exhaustion of surface phosphate by N₂ fixation in the western North Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L03610 (2009)
- 2) Martiny, A. C. et al., Biogeochemical controls of surface ocean phosphate, *Sci. Adv.*, 5, eaax0341 (2019)
- 3) Shiozaki, T. et al., Large-scale impact of the island mass effect through nitrogen fixation in the western South Pacific Ocean, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 2907-2913 (2014)
- 4) Shiozaki, T. et al., Basin scale variability of active diazotrophs and nitrogen fixation in the North Pacific, from the tropics to the subarctic Bering Sea, *Global Biogeochem. Cycles*, 31, 996-1009 (2017)
- 5) Yamaguchi, T. et al., Basin-scale variations in labile dissolved phosphoric monoesters and diesters in the central North Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.: Oceans*, 124, 3058-3072 (2019)

■ 16ページ 太平洋の生元素循環を駆動する微生物機能を探る

- 1) Cui, Y. et al., Abundance and distribution of dimethylsulfoniopropionate-degrading genes and the corresponding bacterial community structure at dimethyl sulfide hotspots in the tropical and subtropical Pacific Ocean, *Appl. Environ. Microbiol.*, 81, 4184-4194 (2015)
- 2) Shiozaki, T. et al., Nitrification and its influence on biogeochemical cycles from the equatorial Pacific to the Arctic Ocean, *ISME J.*, 10, 2184-2197 (2016)
- 3) Suzuki, S. et al., Comparison of community structures between particle-associated and free-living prokaryotes in tropical and subtropical Pacific Ocean surface waters, *J. Oceanogr.*, 73, 383-395 (2017)
- 4) Hamasaki, K. et al., Distribution and phylogeny of anaerobic ammonium-oxidizing (anammox) bacteria in water column of the central Pacific Ocean, *Deep Sea Res., Part II*, 156, 60-67 (2018)
- 5) Hashihama, F. et al., Arsenate and microbial dynamics in different phosphorus regimes of the subtropical Pacific Ocean, *Prog. Oceanogr.*, 176, 102115 (2019)

■ 17ページ ウナギ属魚類の産卵海域調査

- 1) Onda, H. et al., Vertical distribution and assemblage structure of leptocephali in the North Equatorial Current region of the western Pacific, *Marine Ecology Progress Series*, 575, 119-136 (2017)

学術研究船「白鳳丸」の 搭載設備

●船体データ

全長：100m
幅：16.2m
深さ：8.9m
国際総トン数：3,991トン
航海速力：16ノット
主推進機関：4サイクルディーゼル機関 1,900ps×4台
電気推進モーター 460kW×2台

主推進方式：4翼可変ピッチプロペラ(ハイスキュー型)
2軸×2舵、バウスラスター、スターンスラスター
乗員数：89名(研究員など35名を含む)
喫水：6.3m
建造造船所：三菱重工業株式会社下関造船所

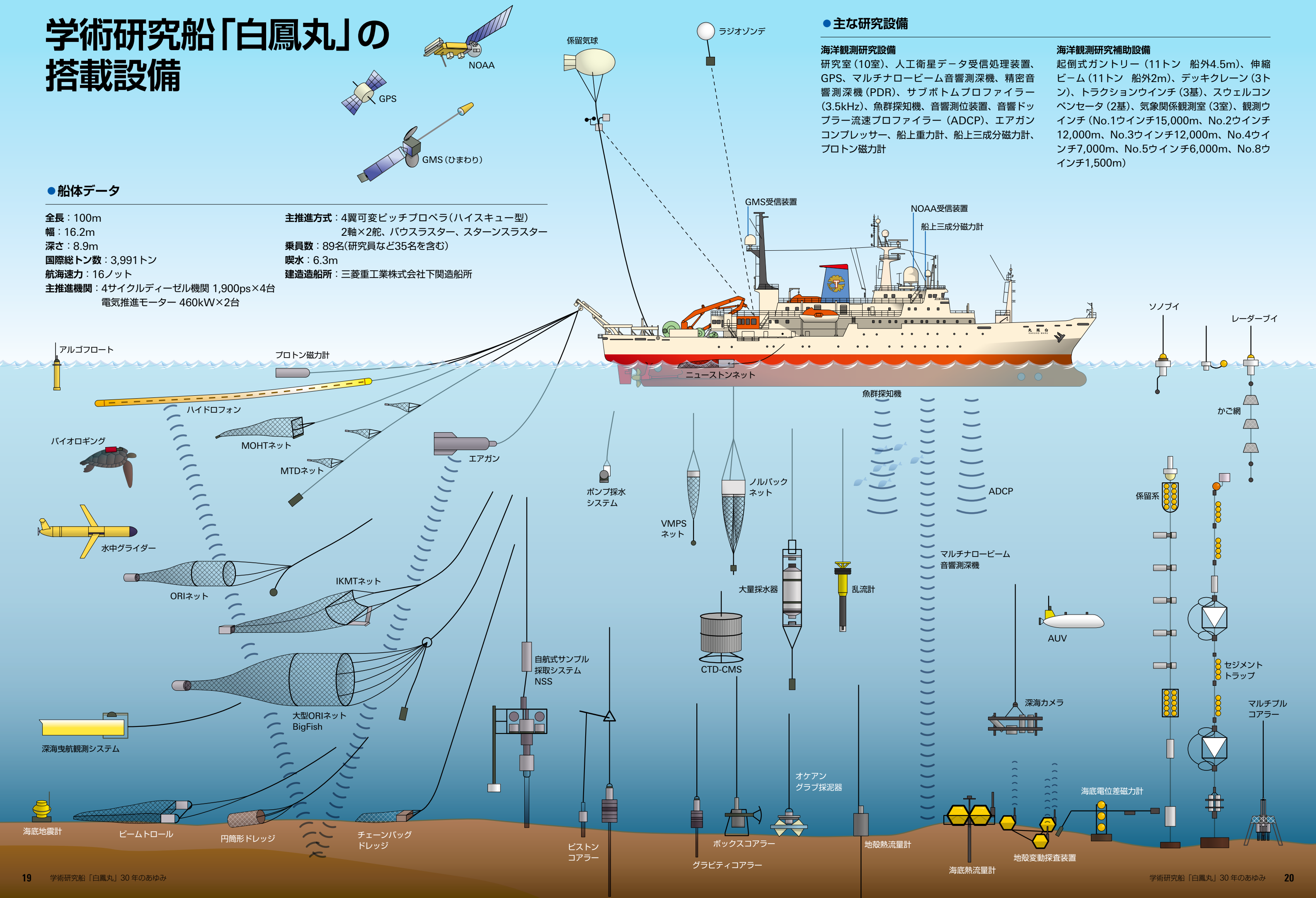
●主な研究設備

海洋観測研究設備

研究室(10室)、人工衛星データ受信処理装置、GPS、マルチナロービーム音響測深機、精密音響測深機(PDR)、サブボトムプロファイラー(3.5kHz)、魚群探知機、音響測位装置、音響ドップラー流速プロファイラー(ADCP)、エアガンコンプレッサー、船上重力計、船上三成分磁力計、プロトン磁力計

海洋観測研究補助設備

起倒式ガントリー(11トン 船外4.5m)、伸縮ビーム(11トン 船外2m)、デッキクレーン(3トン)、トラクションウインチ(3基)、スウェルコンベンセータ(2基)、気象関係観測室(3室)、観測ウインチ(No.1ウインチ15,000m、No.2ウインチ12,000m、No.3ウインチ12,000m、No.4ウインチ7,000m、No.5ウインチ6,000m、No.8ウインチ1,500m)



「白鳳丸」を語る

成果と今後の展望

「白鳳丸」に育てられた、と語る研究者は多い。
「白鳳丸」は、ほかの調査船と何が違うのか。
そして、最近の研究成果、今後への思いを、
「白鳳丸」との関わりの深い方々が語り合う。



道田 豊
東京大学 大気海洋研究所
国際連携研究センター 教授



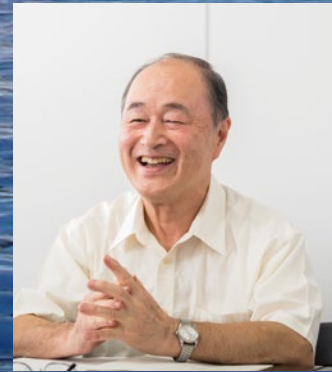
津田 敦
東京大学 大気海洋研究所
海洋生命システム研究系
海洋生態系動態部門 教授



沖野郷子
東京大学 大気海洋研究所
海洋地球システム研究系
海洋底科学部門 教授



江口暢久
海洋研究開発機構
研究プラットフォーム運用開発部門
運用部 部長



鈴木祥市
「白鳳丸」元船長



高橋義光
海洋研究開発機構
研究プラットフォーム運用開発部門 運用部
「白鳳丸」元機関長

■「白鳳丸」と私

道田（司会）：皆さんが「白鳳丸」とどのように関わってきたか、という話から始めましょう。まずは私から。専門は海洋物理学で、特に海洋の表層付近の流れの構造を研究しています。学生時代には、初代「白鳳丸」をはじめ東京大学海洋研究所（2010年より大気海洋研究所）の学術研究船にたびたび乗り、採水ボトルの海水を容器に取り分ける作業を、3交代でひたすらやっていました。大学院修了後、海上保安庁に16年間勤務しました。その間は学術研究船から離れていましたが、2000年に海洋研究所に移ってからは、2代目「白鳳丸」に5回、143日乗船しています。私のこれまでの航海日数は638日

で、最も多い船が2代目「白鳳丸」です。

沖野：専門は固体地球物理学です。学生時代は海とは無縁で、大学院修士課程修了後に海上保安庁に入り、初めて調査船に乗って観測をしました。海底の地形、地磁気、重力などを測って海底の構造と成り立ちを探る研究をしています。1999年、海洋研究所に助手として着任早々、玉木賢策さんが、「白鳳丸」の研究航海の運航計画は3年ごとに作成されること、研究航海は公募され研究者が参加するシンポジウムでの議論を経て採択されること、今年がそのシンポジウムの年であることを教えてくれました。そして、助手でも短期間の研究航海ならば採択されるから出なさい、と言われたのです。

私は、一生懸命考えてフィリピン海での短い計画を出しました。ところが、シンポジウムのプログラムを見ると、教授たちの長大な研究航海ばかりが並んでいます。その中に自分の計画を見つけ、この場違い感は何!? と思ったことが、強烈な印象として残っています。それでもありがたいことに、ウナギの産卵生態の研究航海が採択された塚本勝巳さんが、3日ぐらいあげるからやりなさい、と言ってくださったのです。それが、私にとって初めての「白鳳丸」での研究航海になりました。これまで「白鳳丸」には10航海、170日乗船しています。

津田：専門は動物プランクトンの生態学的研究で、初めて乗った調査船は北海道

大学の「おしよ丸」でした。「おしよ丸」では、トロールをやっている間、操業歌が流れるのです。調査船とはそういうものだと思っていたので、初めて「白鳳丸」に乗ったとき、食べられるものは獲れないし、観測中に音楽は流れないし、なんてつまらない船だと思った覚えがあります。

全ての学術研究船、つまり初代「淡青丸」（1963～82年）、2代目「淡青丸」（1982～2013年）、初代「白鳳丸」（1967～89年）、2代目「白鳳丸」（1989年～）、「新青丸」（東北海洋生態系調査研究船、2013年～）に乗船しているのは、現役の研究者では私だけではないでしょうか。その中で一番お世話になり、私を研究

者として育ててくれたのは、「白鳳丸」です。私の航海日数は1,000日を少し超えていますが、その約半分が「白鳳丸」で、1989年の世界一周航海にも乗船しています。初めて「白鳳丸」で主席研究員をやったときは、教授になったときより緊張したし、うれしかったですね。「白鳳丸」には、研究者が30人ほど乗っています。船上でできた人脈に、研究をはじめさまざまな場面で助けられました。

江口：海洋学科があった時代の琉球大学で学部と大学院修士課程を過ごしました。専門は古海洋学で、堆積物中の有孔虫化石を用いた環境復元をやっていました。博士課程から海洋研究所に来て、「白鳳丸」は1996年の2航海に乗船しま

した。学位取得後は国際深海科学掘削計画（IODP）のマネジメントに携わり、2007年からJAMSTECで地球深部探査船「ちきゅう」の科学支援を担当してきました。2019年4月から「白鳳丸」を含むJAMSTECの全ての研究船・探査機の運用を行う部署にいます。

鈴木：1975年に海洋研究所で初代「白鳳丸」の航海士の募集があり、それに応募して採用されました。船長になったのは2002年で、3人の船長が交代で2代目「淡青丸」と2代目「白鳳丸」に乗船していました。2004年には、「白鳳丸」が「淡青丸」と共に海洋研究所からJAMSTECへ移管され、私たちがJAMSTECの所属になりました。2012年まで船長を務め、2017年に退職しました。一つ一つの航海に思い出はたくさんあります。でも楽しい思い出は少なく、忘れるようにしています。

高橋：1977年に海洋研究所に採用され、最初に乗船したのが初代「白鳳丸」でした。「淡青丸」と「白鳳丸」のそれぞれ初代と2代目で、3等機関士から機関長まで経験しています。そういう経歴をもっているのは、私一人ではないでしょうか。私も、楽しい思い出は少ないですね。「白鳳丸」は、とても丈夫な船です。大きな事故もなく30年間、よく動いてくれていると思っています。

津田：丈夫な船だからではなく、船員さんたちのメンテナンスが徹底していたから、大きな事故がなかったのだと思いますよ。

高橋：ありがとうございます。「白鳳丸」にはまだまだ動いてほしいので、そのための技術を伝えていくのも私の役目だと思っています。

■マルチパーパス（多目的）な船として

道田：「白鳳丸」は30年もたった船とは思えないくらい、きれいですよね。木の甲板も素晴らしい。

沖野：初めて「白鳳丸」に乗ったとき、ほかの船と違うと感じたのが、木甲板と研究室です。木甲板は、作業が涼しく、気分もいいです。しかも90cm間隔でボルト孔が用意しており、コンテナや可搬型ウインチなど航海ごとに必要な設備を安全に簡単に固定できるようになっているのも素晴らしいですね。そして10室もある

研究室はどこも広く、クリーンルームやRI（放射性同位体）実験室など専門性の高い研究室がある一方、研究内容に応じてさまざまな装置を運び込める柔軟性が高い研究室もあります。マルチパーパス（多目的）な船とはこういうものか、と感動しました。

江口：マルチパーパスとして設計したのにノンパーパスになってしまうことが、意外とよくあります。「白鳳丸」は成功していて、海洋物理学や地球科学、生物学、生物地球化学などあらゆる分野で十分な観測ができます。

津田：主目的があって、ほかにあれもできます、これもできます、というのではなく、「白鳳丸」は最初から多くの分野の観測研究を行うことを第一の目標として設計されたからでしょう。

鈴木：設計思想が違うのです。「白鳳丸」

は船尾だけでなく右舷にも広い作業甲板があることで多様な観測を実現できているのですが、その代わり多くの設備を左舷に配置することになり、そのままでは船体が傾いてしまいます。バラストを積みばいいというのが普通の設計です。しかし「白鳳丸」では、右舷と左舷で鋼の質や厚さを変えることでバランスを取っているのです。しかも製鉄所に特別に発注した特殊鋼を使っています。

私は、建造委員会の委員代理として2代目「白鳳丸」の建造に携わりました。建造委員会には所内外の海洋研究者、造船の専門家や技術者が参加し、今までにない素晴らしい船をつくりたいと、情熱に燃えていました。静音性が高いことも「白鳳丸」の大きな特徴です。エンジンの下に防振ゴムを敷いてあり、さらに観測時にはディーゼル推進から電気推進に切り

替えることで、騒音や振動が大幅に低減されています。

沖野：音響装置を使う観測では、静音性はとても重要です。

■「白鳳丸」の文化に育まれて

津田：「白鳳丸」にはソフト面でも大きな特徴があります。一つは、船員さんたちです。学生や助手のころ、新しい観測機器を持っていくと、何でこんなものを持ってきたんだ、使えない、と船員さんによく怒られました。でも、そう言いながら、改造したり扱い方を工夫したりして、観測できるようにしてくれるのです。それに味を占め、次の航海でまた新しい観測機器を持って行くと、見透かされていて、俺たちが何とかすると思っているだろう、とまた怒られる。船員さんは、とても怖い存在でした。

でも、「白鳳丸」以外の船にも乗るようになって、気付いたのです。多くの船では、研究者の指示通りにやるので指示してください、と言われます。しかし、船によって設備も違うし、海況も把握していなければいけないので、自分が持ち込んだ観測機器であっても、研究者が取り扱いを指示することには無理があります。「白鳳丸」の船員さんたちは、私たちが望む観測ができるように、と厳しく指導し、手助けしてくれていたのです。そういう「白鳳丸」の文化に、私は育てられました。**高橋：**乗船したからには、研究者は成果を上げなければなりません。限られた時間や厳しい条件の中でどうすれば研究者の希望をかなえられるか、私たちはそれを一番考えています。

鈴木：観測機器にはマニュアルがありますが、それはこうやったらできたという結果であって、過去の遺物です。私は船員には、マニュアルを読むだけでなく自主的に考えてやりなさい、発想力が大事だ、と常に言ってきました。

沖野：観測機器の保守・整備やデータ取得の多くの部分を、観測技術員が担当してくれる船もあります。「白鳳丸」には、そういうサービスはありません。それも「白鳳丸」の文化です。学生は、周囲の人に教えてもらい、やってみて、失敗して、怒られる。それを繰り返して、観測ができるようになっていきます。しかも、おか



南極海での海水採取の様子



成層圏気球観測の準備の様子。赤道上にて。

しなデータがあったときに、自分で観測機器の保守をしてデータを取得していれば、原因を推定できます。それができるかどうかで研究の質が変わります。「白鳳丸」の文化は、教育面で非常に大事です。**津田：**ソフト面のもう一つの特徴がメンタリティーです。2011年3月、東北地方太平洋沖地震に伴って東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生した際、文部科学省からの要請で放射線モニタリング調査が開始されました。最初に福島沖に向かったのは「白鳳丸」でした。あの状況で福島沖に行くというのは、ものすごい覚悟だったと思います。仕事だから、という以上の思いがあったはずです。

高橋：私は機関長として「白鳳丸」に乗船していました。発電所の沖合30km圏外の海域で放射線の影響はありませんでしたが、よく行ったな、と今でも思います。

津田：当時、鈴木船長から、「淡青丸」もいつでも出航できるように待機していたと聞きました。そういう思いを持った船員さんたちが動かす船に、私たちは乗せていただいていたのだと、涙が出る思いがしました。

■コミュニティに開かれた共同利用船に

道田：沖野さんの話にもありましたが、「白鳳丸」は共同利用航海を開始した

1990年度以降、3ヵ年の研究航海計画を研究者コミュニティで議論をした上でつくっています。全国の大学や研究機関の研究者から研究航海計画を募っているものの、以前は、海洋研究所の研究者が主席研究員を務める航海が大半を占めていました。2004年に「白鳳丸」がJAMSTECに移管されたのを機に、研究航海計画の評価・審査方法を一部変更したところ、この10年ほどでほかの大学や研究機関の研究者が主席研究員となる航海が増えてきています。本当の意味で、広くコミュニティに開かれた共同利用の船になったと感じています。

津田：研究船共同利用運営委員会の作業部会として、全国の海洋研究者から各分野のバランスを考慮して選ばれた委員によって組織される研究船運航部会が、申請された研究航海計画を評価します。その評価結果をもとに研究船共同利用運営委員会が3ヵ年の研究航海計画を作成しています。この仕組みをつくったのは、玉木さんです。研究船運航部会の委員は、任期を短くして、いろいろな人にやってもらうことにしました。評価が公平に行われていること、どういう研究航海が評価されるのかを知っていただくことで、「白鳳丸」の利用者の裾野を広げることを狙ったのです。その効果が出ています。船齢が30年になる「白鳳丸」の存続・

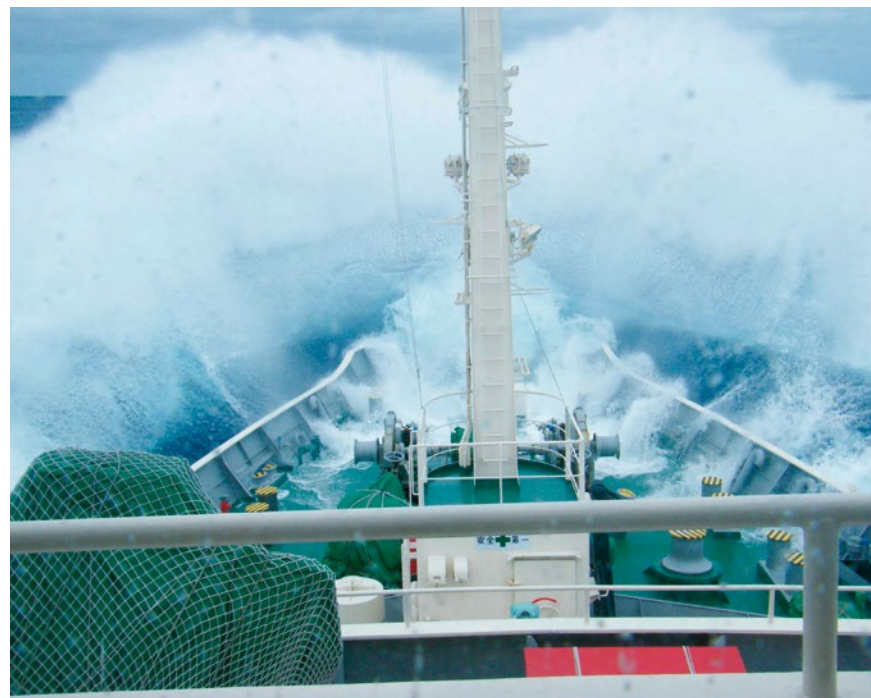
代船についての要望書の提出を関連学会に呼び掛けたところ、あっという間に20を超える学会から集まりました。これも、「白鳳丸」が共同利用の船として認知されていることの証しだと思います。

道田：2016年度から、3ヵ年の研究航海計画とは別に、単年度ごとに小規模な研究計画の公募枠が設けられるようになりました。それを提案したのが沖野さんですね。

沖野：3ヵ年といっても翌年の計画は決まっているので、2～4年後の計画を立てています。準備に時間をかけられるなど、良い点はたくさんあります。しかし、例えば熱水活動域を探索する研究航海が採択されても、実施までの間にほかの国が先に探索してしまったら、審査された計画とまったく違う内容の航海をすることになります。そこで、1年の運航日数の一部は、前年に公募・審査された研究航海に割り当ててほしい、という要望書を出し、実現しました。おおむね、うまくいっているように思います。しかし、外国の管轄水域において海洋の科学的調査を実施する場合に必要なMSR（Marine Scientific Research）申請は間に合わないため、日本周辺海域の研究航海に限定されてしまっています。

江口：MSR申請に加え、外国の管轄水域において生物サンプルを採取する場合

ブリッジから見た波しぶき。激しい縦揺れが起きる。



採水作業は夜間にも行われる。



研究室にて

変貌する海洋と「白鳳丸」の30年



平 朝彦

海洋研究開発機構 顧問

「白鳳丸」が竣工したのが1989年であり、30年の月日がたった。この年月の間に、地球と海洋は劇的に変貌した。人為起源の大気二酸化炭素濃度の上昇がもたらす地球温暖化の影響は、この時期に顕著となった。極端な気象現象や想定を超えた気候変動、海洋の酸性化、海洋底層水の昇温化など、地球環境は大きく変化した。海洋生態系もまた大きな影響を受け、水産資源の維持も次第に困難となってきた。世界の沿岸域の開発が進み、人口

も爆発的に増えてきた。そのことがまた、巨大地震・津波・高潮などの自然災害による被害を拡大させてきた。人類社会と地球・海洋の未来、特に社会の持続性の維持に大きな課題が浮かび上がってきた。

この30年、「白鳳丸」は着実に研究成果を上げ、また次世代を担う研究者・技術者の育成を行ってきた。これらの人材が、今、直面する地球的課題解決のため、先頭に立って挑戦し続けている。基礎研究と人材育成の推進は、これからも全力で継続すべき重要なテーマであることは論を俟たない。そのためには、「白鳳丸」の特色である広範囲の学問領域が同時に観測・研究できる General Oceanographic Vessel としての特性を生かし続ける必要がある。「白鳳丸」をこれからも運航し続けることができるような改修を行い、その伝統を守りつつ、新たな課題にも対応できるような観測技術や体制を構築することが大切である。

これまでの30年の成果に敬意を表しつつ、これからのさらなる活躍に期待したい。



「白鳳丸」

目です。30年を超えても活躍している「白鳳丸」ですが、改造が検討されています。最後に、「白鳳丸」への思いを一言ずつお願いします。

沖野：私は、2020年10～11月に行われるインド洋の研究航海に乗船します。専門である海底の地形・重力の測定も行いますが、搭載設備の老朽化の影響で高精度なデータを得るのは厳しいかもしれません。地図のないところに行きたい。それが、私の研究の一番のモチベーションです。改造によって生まれ変わった「白鳳丸」で地図をつくりたい。どこがいいかな、と考えているところです。

津田：近年、学際的あるいは分野融合型の研究が推奨されています。海洋科学はもとより、そうした性質を帯びているので、マルチパーパスな船というのは時代の要求とも合っています。「白鳳丸」によって、今後も大きな成果が生まれると確信しています。

江口：20年ぶりに「白鳳丸」を訪れ、大学院生時代を思い出すとともに、運航側としての責任の重さをあらためて感じました。研究者と運航側が、互いをプロフェッショナルとして扱いリスペクトして初めて、素晴らしい研究航海になります。「白鳳丸」はJAMSTECのほかの船舶とは違う特徴をもっています。どうしたらその強みを生かすことができるのか、運航側でも考えていきます。

鈴木：「白鳳丸」には感謝の一言ですね。海洋研究所ができて57年になります。その設立趣旨には、海洋科学に関する研究と教育を広く発展させる、とあります。多くの人の情熱が込められた「白鳳丸」とその文化を次の世代に伝え、今後も研究と教育の発展に役立てていただきたいと思います。OBとして応援しています。

高橋：「白鳳丸」の文化を消してはいけないうと、私も強く感じています。

道田：私は、定年までの4年のうちに、久しぶりに「白鳳丸」に乗りたいと思っています。2021～30年は「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年」であると、2017年の国連総会で宣言されています。改造によって一皮むけた「白鳳丸」が「海洋科学の10年」に貢献することを期待しています。本日は、ありがとうございました。

はABS（Access and Benefit-Sharing、遺伝資源の取得の機会およびその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分）に関する手続きも必要です。どちらも時間がかかるため、外航が難しくなっているのは事実です。しかし、世界中の海に行くことができる「白鳳丸」が、日本近海の航海ばかりではもったいない。運航側でも、研究者の要望に応えられるように手続きを工夫できないか、考えていきます。

■多様な成果、つながる成果

道田：「白鳳丸」は、これまでに数多くの成果を上げています。

津田：この10年ほどを見ると、大気海洋研究所やJAMSTEC以外の研究者による成果が増えています。海洋だけでなく大気関連の成果も増えています。また、一つの航海が成功するだけでなく、その航海でのサブテーマをメインテーマとして次の航海が行われる、ということもあります。私は2004年に鉄の散布航海を行いました。そのグループから、親潮域の鉄の挙動を調べよう、次は太平洋の挙動を調べようと、新しい航海が次々と提案され、実現しています。派生した航海では若手が主席研究員となることも多く、裾野の広がりを感じます。

道田：津田さんが冒頭におっしゃっていたように、船に乗ると、所属や分野、世代の違う研究者と知り合いになります。それをきっかけに、新しい研究の芽が出

ることはよくあります。その点でも、「白鳳丸」はとてもいいプラットフォームになっています。

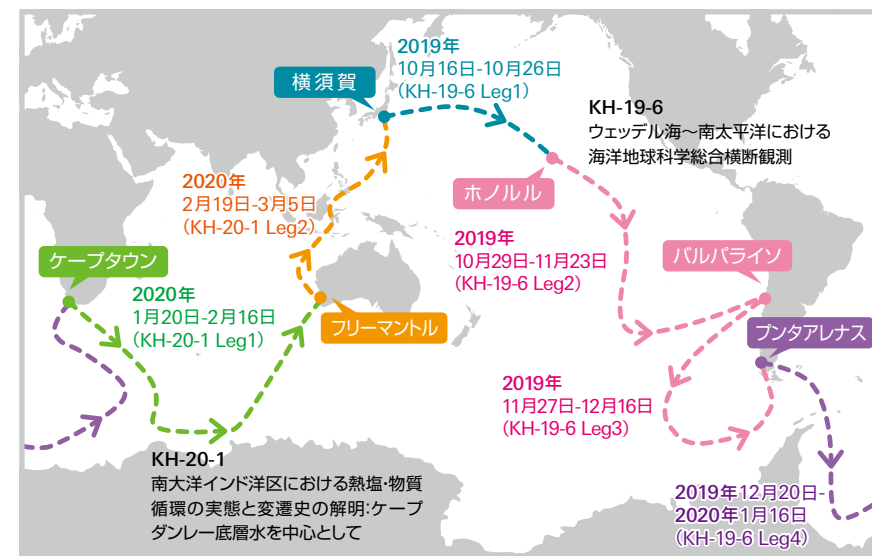
沖野：地学系では東北大学の日野亮太さんのグループが、東北地方太平洋沖地震の震源域周辺における地殻変動に関する素晴らしい成果を出しています（12ページ）。2011年の地震の前から調査していたからこそ得られた成果です。日野さんには、2004年に研究航海の審査システムが変わったばかりのころ、研究船運航部会の委員になっていただいています。

道田：審査に携わると、次は自分でも使ってみよう、という刺激にもなるのだと思います。海洋物理学では、北海道大学の大島慶一郎さんが南極底層水に関する大きな成果を出しています（7ページ）。南極の海水域の際まで行くことができる船は、多くありません。大型の「白鳳丸」ならではの成果です。

津田：生物地球化学では、大気海洋研究所の小畑 元さんたちのGEOTRACES（8ページ）や、創価大学の古谷 研さんのナノモル栄養塩濃度分布の解明（15ページ）のために、太平洋の測線観測が行われています。太平洋は大規模な測線観測が少ないため、大きな価値があります。

■「海洋科学の10年」への貢献も期待

道田：「白鳳丸」は、2019年10月から2020年3月にかけて四大洋で航海を行います。こうした航海は1989年以来、2回



四大洋研究航海の航路

2019年10月16日から2020年3月5日まで、太平洋および南半球を中心とした研究航海を行う。

2代目「白鳳丸」就航30年の思い出



鈴木祥市
「白鳳丸」元船長

私にとって2代目「白鳳丸」の一番の思い出は、三等航海士ながら代船建造工事に初期から参加していたことです。代船建造は1987年に始まり、当初計画より半年早い1989年5月に竣工しました。あれからすでに32年が過ぎたので、3代目「白鳳丸」の建造を期待しています。

初代「白鳳丸」の代船建造に当たり、1985年に東京大学海洋研究所（現 大気海洋研究所）で研究船基本構想委員会が発足し、最新鋭の多目的海洋研究船を建造するための構想が練られました。そして1987年に代船建造委員会が設置され、海洋研究所を中心に国内の海洋研究者や船舶設計専門家、大学本部の関係者が熟議し、建造仕様書を作成しました。もちろん現場である「白鳳丸」乗組員も多くの要望を出しました。

代船建造委員会では、共同利用する新しい観測機材、観測設備、補助設備、専門別研究室、高速大容量の船内ネットワーク、最新鋭の操船システム、コンピュータ制御の推進システム、各種設備の自動化などについて議論されました。また研究船の質を高めるために、船体と機関にも高い性能が求められました。それは、移動時の快速性、細やかな操船性、静粛性、省燃費性、研究室と居室の快適性、船舶情報の表示と収集、機関制御の自動化、前後進時の堪航性、観測時の動揺の減殺でした。残念ながら文部省から完成総トン数の上限厳守の要請があったため、建造仕様書案から減揺水槽を削除し、さらに船橋の面積をも減らして最終仕様書案を作成しました。代船建造工

「白鳳丸」進水式。1988年10月28日、三菱重工業下関造船所にて。



事は公募入札の結果、三菱重工業株式会社下関造船所が受注しました。

私は、1988年5月から10月まで代船建造委員会の委員代理として、川又亘機関士と共に委員会や幹事会、ワーキンググループ会合などに参加しました。1988年3月ごろから、船体、機関、観測設備などの設計承認図面や関係書類が造船所から代船建造委員会に提出されており、各ワーキンググループが審査を行い、承認の可否を回答することになっていました。

川又機関士が機関部と観測設備関係全般を審査し、私が船体・甲板部と観測関係全般を審査しました。審査する図面や書類は多岐にわたり、しかも新しい機械、設備、システムが多くありました。私たちは、造船所の設計担当者やメーカー担当者、輸入代理店関係者などに何度も確認し、本船による確認が必要な場合はインマルサットファックスなどで連絡を取り、審査を行いました。途中から船殻の工作が始まり、造船所で立ち会い検査もするという煩雑ながら、よい経験をしました。

10月に神野洋一次席一等航海士と交代して復船しましたが、1989年1月に再び艤装員として裸殻試験などに参加しました。裸殻試験とは、進水後に一部の内装工事をせず、海上で運動性能、安定性、船体振動、水中雑音などを検査して、建造要件を満たさなければ船体や機関を迅速容易に改造するための試験でした。

建造に当たり代船の品質を高めるために以下の対策が取られました。移動時の快速性と省燃費性のためディーゼル4基・電気推進2軸の複合推進方式を採用、全速航走時はディーゼル4機CPP（可変ピッチプロペラ）で観測時は2軸電気推進・軸発2機（現在は1機）、推進方式切り換えは自動、操船にジョイスティックシステム採用、静粛性のため主機・主発電機に防音材添付、架台から二重防振ゴムで持ち上げ、ほかの機械にも騒音・振動対策、船首船底から船体中央部までの船底内側に防振剤を貼付、居住区や食堂・研究室の床に防振床施工、船内情報はデータモニター・TVでの数値表示、プロッターによって画面表示し必要な場所で取得可能とする、大容量の送受信のため船内光LANを11ヵ所に設置、ほかにCPUネットワークなどを構築、機関制御はMゼロ仕様、観測のため波乗り型の船尾船型として前後進の堪航性を確保。そうした数々の対策の結果、横揺れ減殺を除き、建造仕様書要件を満たした2代目「白鳳丸」が誕生しました

この代船建造工事では、共同利用する研究者の要望や関係者からの提案などを代船建造委員会で大いに議論して、建造仕様書を作成しました。そして造船所関係者を含む皆が力を合わせて建造したこの経験は、今もとても感慨深く心に残っています。

「白鳳丸」と海洋観測



東 垣
海洋研究開発機構 理事

海洋観測の在り方が大きく変わろうとしている。これまでの海洋観測は調査船に観測目的に応じた装置を搭載し、それらの機器を駆使し、必要とされたさまざまなデータ取得やサンプルを採取してきた。しかし、AUV、ASVに代表される自律型無人探査機的能力や機能が向上し支援母船さえも不要で（Shell Ocean Discovery XPRIZEに参加した「Team KUROSHIO」の掲げるOne Click Ocean戦略）、衛星通信により観測船から画像データがリアルタイムで送信される時代に突入しようとしている。故にこれまでのように「海洋の観測プラットフォームは調査船だけ」の時代は過ぎ、自律型無人探査を含めた新たな「スマート観測」の時代の幕が上がろうとしている。この傾向は、陸上で行われるドローン化の新たな波にも促され、今後の海洋観測の世界においてますます顕在化することになる。

と、勇ましく書いてはみたものの、このような世の流れの中でも、若い研究者の育成を担う「白鳳丸」の果たす役割は別格であろう。「白鳳丸」は1989年に竣工し30年の節目を迎え、船体は古くなってきてはいるものの、変わらず守り通しているものもある。

その一つが、乗船中の学生の役割である。「白鳳丸」に乗船した学生自らがヘルメットをかぶり軍手をはめ、後部甲板に出て甲板員らと共にネットを引き、ディープ・トウやピストンコアラを操り、とも綱を握りさまざまな調査機器を操り動かすといった「白鳳丸」独自の“おきて”が、初めての航海であるKH-89-1次航海（東部南海トラフ）以降守られている。

併せて、日が昇れば今日一日どのように作業するのか、日が落ちれば明日の計画をどう立てるのか、船上で安全に作業することの意味や大切さ、調査船での調査法やマネジメント、さらに研究それ自体に対する真摯な考え方を、主席研究員や第一線の研究者の背中を見ながら習うことができる空気が、この船にはある。

乗船すると分かるが、船内での学生は思いのほか忙しく、与えられた役割に取り組んでいる。故に、これまでたくさんの海洋観測の研究者が「白鳳丸」という道場を巣立ち一人前の観測研究者として育ってきた。もちろん、その中には女性研究者も多く含まれる。育った研究者は、今もって「白鳳丸」を慕い憧



「白鳳丸」の木甲板

れる。そんな船なのである。

海洋研究開発機構（JAMSTEC）などが有するほかの調査船と異なり、なぜ「白鳳丸」だけがこのような特別な雰囲気醸し出すのか不思議に思っていると、「白鳳丸」をつくるに当たり尽力された小林和男先生の文章に出会った。

いわく、「甲板には米松の板を突起なく張り巡らし、作業がない航海中は誰でも寝転んで空と海を眺められるようにした。海の初心者の方の非専門家や学生が海に慣れ親しむには、最高の機会なのである」

そうなのである。今の「白鳳丸」をつくった先人たちは、未来を見つめ、次の世代の観測研究者を育てるべく、当初から船を設計していた。最新鋭の観測装置を有しつつも、初心者や学生が甲板で安全に働けることと併せて海に親しみ、海が好きになるようにとの思いが込められている。なるほど、確かに乗船するだけでも初心者や若い研究者への深い思いが伝わるはずである。

さて、問題はこれからである。船齢が30年を超えた「白鳳丸」を今後どうすべきか。先日、「白鳳丸」の船長や船員と研究者を含めたステークホルダー、さらに文部科学省とも協議を図り、たどり着いた結論は、新船の建造でなく、「白鳳丸」の延命を図ること、まさに白鳳の名のごとくこの船の再生を図ることであった。ただし、単なる延命ではない。これまで「白鳳丸」が担ってきた次世代の研究者を育てる環境を守りつつ、できれば地球環境にも優しい地球温暖化ガス排出への対応など、さまざまな創意工夫と研究現場の新たな夢に応えるための研究・操船機能の強化、多様な人にも働きやすい船内環境づくりを通して、未来の海洋の研究者・技術者が慈しみ好きになってくれる「白鳳丸」に生まれ変わればと考えている。

書きながら、30年前の「白鳳丸」航海においてトーイングしたJAMSTECのディープ・トウが東部南海トラフ海溝陸側斜面上（水深3,784m）で巨大なシロウリガイ群集を初めて発見したときの記憶がよみがえる。後部甲板につくられた部屋で、トーイング・ケーブルの操作のため握っていた船内マイクに向かって思わず「シロウリガイの巨大なコロニーだ!」と叫んだことを。

「白鳳丸」就航30年を振り返って



小池 勲夫

東京大学 大気海洋研究所 名誉教授

初代「白鳳丸」が代船になる約10年前の1980年前後から、化石燃料の使用などによる人間活動によって地球環境が大きく影響を受けているのではないかという考えが国際的に広がり、国際学術連合（ICSU）の提唱で1986年に地球圏—生物圏国際協同研究計画（IGBP）が創設された。IGBPは地球圏で人間活動により攪乱を受けやすい生物圏におけるこの100年程度の時間スケールでの人為的な変動に注目して研究を行うが、中でも全球での炭素循環における人間活動の影響の定量的な評価が大きな課題となった。

海洋は地球表層における気体炭素の大きなリザーバーとして存在し、また大気中の二酸化炭素のシンクとなっていることから、海洋における炭素循環の重要性が注目された。IGBPのコアプロジェクトの一つである全地球海洋フラックス合同研究計画（JGOFS）は、大気から海洋への二酸化炭素の取り込みと、炭素および関連する親生物元素の海洋深部への輸送に密接にリンクしている生物活動に焦点を当て、それらのフラックスを制御する諸過程の解明と地球規模での収支を評価することを目的として始まった。

わが国も日本学術会議を中心に当初からIGBPに参加しており、JGOFSについても西部太平洋を中心に生元素循環の研究を進展させることになった。そのためには、海洋でさまざまな形態を取る炭素や窒素などの化学分析と合わせて、植物プランクトンによる光合成活性の測定をはじめとする海洋表層での低次生産に係る生物群集と代謝フラックスの測定や、表層での有機炭素の生産がどのくらい海洋深部へ移行するかを計測するためのセジメントトラップ実験など、多様な項目をこなすことができる高機能な大型研究船が望まれた。

1988年5月に起工され翌年5月に竣工した2代目「白鳳丸」は、このような時代の要請に応えることのできる装備をもった研究船として活躍することが期待され、誕生した。当時、東京大学海洋研究所の生化学部門の教授になったばかりの私は、この船の建造委員会の委員に指名され、下関にある三菱重工業の造船所に通うことになった。

私の担当は、船内における研究室・実験室のレイアウトであった。実験室などを最も多面的に利用する生物地球化学の視

点から、多くの実験室を使いやすいように船内に配置するにはどうしたらよいか、いろいろ考えたことを記憶している。生物分野で多用されるRI（放射性同位元素）実験室や、当時、注目され始めてきた海洋での鉄など微量元素を測定するためのクリーンルームなど、わが国で初めて船に常設された施設も多い。これらは、外洋で調査を行う研究船の今後の大きな用途の一つとしての“浮かぶ実験・研究施設”をイメージしたものである。

2代目「白鳳丸」の竣工後、公募による生元素の循環と生物活動に関する航海は、1993年の西部太平洋の亜寒帯域と亜熱帯域に焦点を当てた航海を皮切りに、2005年までほぼ1年おきに合計6つ行われた。これらの航海は、数日間における代表的な測点での観測と、その大測点を結ぶ小測点での海底近傍までの断面観測とを組み合わせで行われた。特に大測点では12リットル×24（36）本の採水器を用いて、生物群集や生元素循環に関連する溶存・懸濁成分の分析用の各層サンプリングを行い、乗船した30人以上の研究者で手分けして全部で50項目近い成分の分析が行われた。

これらの航海により、太平洋での表層から深層までの生元素循環について、赤道域から亜寒帯での南北断面や北部中緯度での東西断面などを比較することで、各海域における表層での低次生態系の特性が、深層までの炭素などの生元素循環に密接に関係していることを明らかにすることができた。当時、分析法がようやく確立された溶存有機炭素などの深層までの分布を明らかにし、表層から深層までの生物活動と密接に関係した溶存有機炭素の動態が海洋における炭素循環で大きな役割をもっていることが示され、また表層から深層に至るウイルス・バクテリアから原生動物までの微生物食物網の存在を明らかにするなど、JGOFSの目的に大きな貢献をすることができた。

なお、私たちの行った「白鳳丸」での研究航海では、生元素の循環と生物活動に関して研究を行っている国内の大学などの研究室から多くの大学院学生が乗船して採水や分析などを担当した。海洋の生物地球化学は、海洋における炭素循環の解明という大きな課題を背負うことで、その研究の需要が大きく拡大したが、それを担う若手研究者の育成に「白鳳丸」による公募航海が実践の場として大きな貢献をしたことも確かであろう。



CTD採水器



「白鳳丸」船内クリーンルーム



中村 哲朗

「白鳳丸」二等航海士

私は航海士として働き始めてから「白鳳丸」でしか仕事をしたことがありませんが、二等航海士の立場で観測作業の責任者として仕事ができる船舶はほかにあまりないので、とてもやりがいのある仕事と思っています。今まで事故なく観測作業をしてこられたのも、私よりはるかに多くの経験がある上長航海士のアドバイスや甲板部員のサポートのおかげです。そして、航海が終えたときに研究者が満足して下船できた際は、喜びや達成感があります。これからも「白鳳丸」を支え、研究者やほかの乗組員に貢献できるよう努めます。

この10年で、国内20港、海外20港と、多くの地の上陸しました。私の港での楽しみは、飲食店やスーパーマーケットに行くことです。航海中は自由に好きなものが食べられないので、ここぞとばかり胃袋を満たします。今までで一番感動した食事は、庶民的で申し訳ないですが、高知の「カツオのたたき&日本酒」です。また、長い外航から日本に戻ってきた際に行くコンビニは、天国のように思えます。



林 巧

「白鳳丸」司厨長

「白鳳丸」が実家に近い小樽港に寄港停泊しているのを初めて見てから、早いもので30年がたちました。最初の数年は「淡青丸」に乗船し、日本近海やグアムぐらゐまでの航海で、船酔いで動けない日々を体験しました。何度も「帰りたい、もう乗りたくない」と思う日々との格闘でした。今考えると、船の乗組員になった日からの試練だったんだな—と思えます。

私は趣味が多彩で、その中でも写真撮影が好きです。「白鳳丸」乗組員になってから、いろいろな土地に足を運ぶことで、いろいろな風景を見ることができました。陸上の就職先に勤める人生を送っていたら見ることのできない風景を多く見られて幸せです。もう、定年退職してしまった数多くの先輩たちがいなければ、私は今ここにいなかったと思います。先輩の励ましや勇気の出る言葉が私の背中を押してくれて、今ここにいますと実感しています。今でも人間関係はかなり難しいですが、体が動く間は定年まで頑張って乗組員でいたいと思います。



船津 広宣

「白鳳丸」機関長

建造後30年を過ぎてなお現役でいる官庁船は数少ない。1991年に東京大学海洋研究所に入所してから28年がたち、その半分以上もの歳月を船内で過ごしたことになる。地球を何周回分巡ったであろうか。「何周巡ったか」には意味はない。たくさん巡った。その間にあまたの研究者が成果を上げたその陰には、私たち無名の船乗りがいた。すでにこの世を去った先輩たち、いま現在老いと闘っておられる先輩たち、この先も「白鳳丸」と闘う海に向かう後輩たち……。私も、あと数年で「白鳳丸」を去る。

振り返れば、船乗りならではの寄港地の楽しい思い出など、数限りない。つらく苦しい仕事のことは忘れた。激動の2004年の移管劇、どうなることかと不安な船出。問題もあったが関係者が力を尽くしたかいあって、この先も日本の海洋研究を支え続けていけそうだと聞いている。「白鳳丸」がいつまで私たちを見送るのかは知らない。また新たな時代が来て、後輩たちが陸続と出現されることを願う。



石垣 秀雄

東京大学 大気海洋研究所 共同利用共同研究推進センター 観測研究推進室 技術専門職員

私が東京大学海洋研究所（現 大気海洋研究所）に技術職員として就職したのは、「白鳳丸」が海洋研究開発機構に移管された2004年でした。移管された直後ということもあり、分からないことばかりでしたが、困ったときはいつも乗組員の皆さんに助けていただきました。心より感謝しています。私が働いてきた15年間に、乗船する女性が年々増えているように思います。就職前、船には男性しかいないというイメージがありましたが、驚きと同時に時代の交遷を「白鳳丸」で実感しています。乗船する女性はエネルギー豊かな人ばかりですので、私も負けずに頑張ろう!と思うこのごろです。

私は30歳になった「白鳳丸」の半分を知っています。ドック工事に毎年立ち会っていますので、「白鳳丸」が老人であるのは理解していますが、乗船する皆さんのエネルギーは衰えません。「白鳳丸」はこのエネルギーをもらい、まだまだ活躍できると信じています。



大気海洋研究拠点
Joint Usage/Research Center
for Atmosphere and Ocean Science



東京大学 大気海洋研究所
Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo



JAMSTEC 国立研究開発法人
海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology



2019年12月発行