

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

第一部 海鷹丸航海調査報告 平成20年度(2008年度)
調査報告 2008/2009南大洋研究観測航海報告

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2011-12-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/381

4.5.3 2008/2009 南大洋研究観測航海報告

山口征矢（東京海洋大学海洋科学部）

1. はじめに

本報告は、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所（以下「極地研究所」）と、国立大学法人東京海洋大学（以下「東京海洋大学」）との間に交わされた、「2008/2009 年南極夏期共同観測実施」に関する協定にもとづいて、東京海洋大学の研究練習船「海鷹丸」の2008年度遠洋航海（2008年11月14日-2009年3月9日）の一部の期間（2009年1月7日-2月6日）を利用して行われた南大洋観測の暫定的報告書である。極地研究所側は日本南極地域観測第VII期計画重点プロジェクト研究観測「極域における宇宙－大気－海洋の相互作用からとらえる地球環境システムの研究（その2：極域の大気圏－海洋圏総合研究）」の一部（GS2-2）「極域における地球温暖化関連ガス動態の解明」、および一般プロジェクト研究観測「極域環境変動と生態系変動に関する研究」（P3-1）の一部「海氷変動と海洋低次生産過程に関する研究」の実施を主目的としている。一方、東京海洋大学側は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究（A）海外学術調査「南大洋の環境変動と生態系変動（平成19年度-22年度：研究代表者石丸 隆）」の一環として、また東京海洋大学の平成20年度重点的に取り組むべきプロジェクト研究「地球温暖化の影響の監視・検証とその対策に向けての取り組み（研究代表者松山優治）」の援助を受けて実施された。

本共同観測には東京海洋大学13名、極地研究所2名、北大低温研および水産科学研究院7名、東大海洋研2名および名大、国立環境研究所、石巻専修大、コネチカット大からそれぞれ各1名の、延べ9研究機関から参加した28名の研究員が乗船し、海鷹丸乗組員および乗船専攻科学生の強力な支援を受けて観測が実施された。

海鷹丸を利用した、極地研究所と東京海洋大学との南大洋インド洋セクター、リュッツオホルム湾沖域の共同観測は今回で通算4回目を数えるが、今期は例年になく海氷の後退が早く、また調査期間を通じて好天に恵まれ、計画観測点の大半を実施することができた。リュッツオホルム湾域では残念ながら

本格的氷縁の直近まで迫ることができなかったものの、Cape Darnley 沖域では、昨年度白鳳丸 (JAMSTEC) の研究航海で設置された係留観測システム 4 基をすべて回収したほか、計画点以上に南下し氷縁に追加の観測点を設置するなど、詳細な海洋構造の観測を実施することができた。

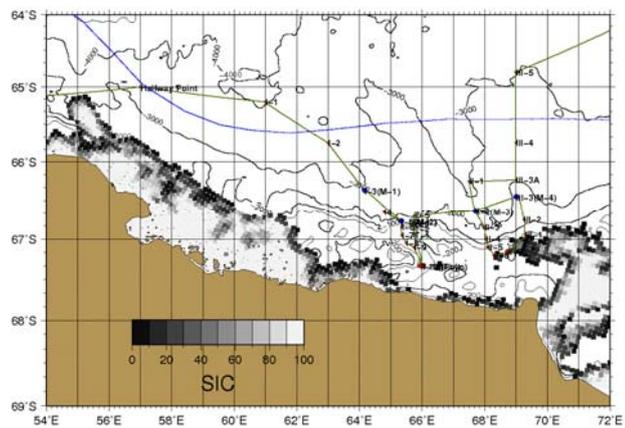
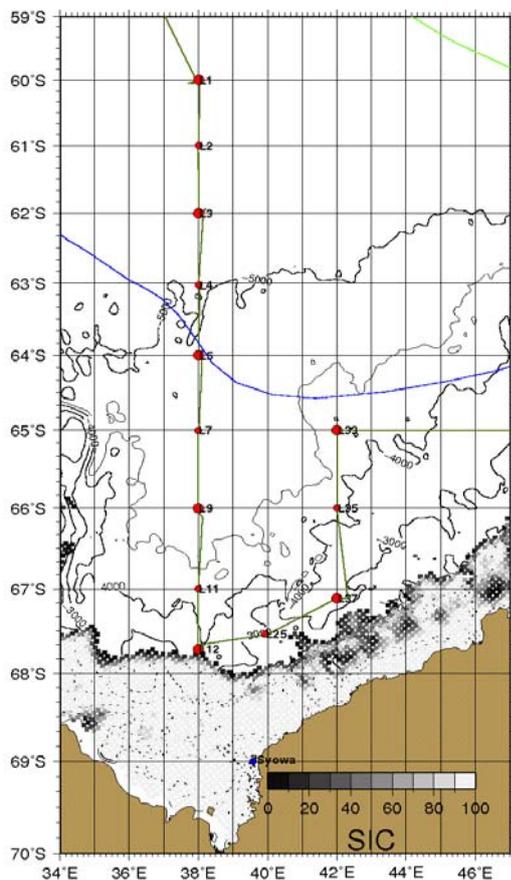
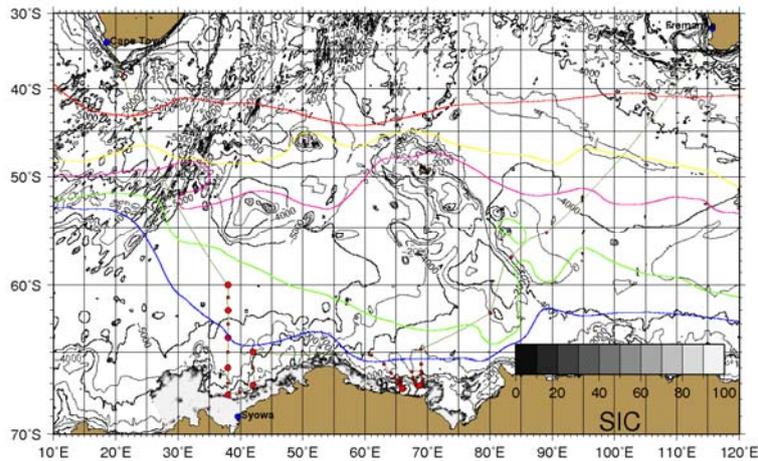
この度、この研究航海を無事終了し、多くの観測を実施することができたことは、本研究航海の成功を意味するものであり、乗船研究者一同の努力の賜物である。また、現場観測の成功は「海鷹丸」側の強力な支援なしには達成され得なかった。士官、乗組員はじめ乗船専攻科学生の皆様に深く感謝する次第である。

本航海によって得られた成果は、第 50 次日本南極地域観測隊報告の一部として公表されるほか、様々な機会を利用して公表されることになる。またデータの概要についてはメタデータを日本南極地域観測隊 (JARE) および国際極年 (IPY: SCAR/COMNAP) のデータベースに登録されることになる。しかしながら、データの詳細については公表までには時間を必要とすると予想されるため、それまでの暫定版として本報告書を取りまとめることとし、各乗船者が行った研究概要、観測データとその責任者等を乗船者間で周知するとともに今後の解析への便宜を図ることとした。現時点では、まだ分析や解析の終わっていない観測項目が多く、これらは各研究室へ持ち帰った後に研究に供されることになる。付図付表として CD に収録したデータの多くは現時点の暫定的なものであり、今後実施される機器の検定等により数値の変更がなされることが多いので、本報告中のデータ値をそのまま引用することは避けてほしい。それぞれのデータを管理する乗船者は、データの校正が終わり次第、必要に応じ乗船研究員への公表等便宜を図られるようお願いするとともに、関連研究課題を実施した乗船者は、互いに連絡を密にしてよりよい成果を、より多く発表できるよう努力していただくことを希望する。

2. 観測航海概要

山口征矢 (東京海洋大学)

観測の日程および経過については、添付 3 に詳細を記録した。また、観測海域全体、リュツォ・ホルム湾およびケープダンレー沖の観測点を下図に示す。(拡大図は添付 4 の UM0809-1a.png、UM0809-1b.png および UM0809-1c.png)



2-1. 航海全般

2009年1月4日10:50、東京海洋大学、極地研グループ、北大からの24名が、ケープタウン・ダンカンドックに入港した海鷹丸に到着し乗船した。同日夜にコネチカット大から、また1月5日には海洋研からの研究員が到着し、前レグより引き続き乗船する2名と合わせ28名の研究員全員がそろった。1月5日・6日の両日はRMT等観測機材の倉庫からの搬出が行われ、機材の組み立ておよび研究室の設営が行われた。1月7日出港前には全研究員によるミーティングを行い、観測概要と今後の予定を確認・周知し、観測ワッチが編成された。給油の遅れにより出港は1月7日14:00となった。

出港後、1月8日・9日にCTD-RMSの作動確認、採水筒のOリング等の交換、各種採水の注意事項の確認と習熟訓練が行われ、観測体制が整った。1月9日20:00、CPRが投入され、またこの日から8時間ごとの表面採水が始まり、観測を開始した。1月12日21:18、南緯60度東経38度に達し、リュッツオホルム湾域の観測を開始、1月19日19:50にSt. L33の観測を終了してマックロバートソンランド沖の観測へ向かった。1月21日02:20、予定海域に達し観測を開始した。2007年白鳳丸航海で設置された係留系4基をすべて回収した後、1月27日10:37、予定海域の全観測を終了して同海域を離脱し、フリーマントルへ向かった。幸い航海期間を通して好天に恵まれ、順調に観測を消化することができた。2月2日中に最後のARGO投入、CPR回収、表面採水を行い、すべての観測活動を終了した。2月5日には入港を控えて観測機材の撤収、収納を行った。2月6日10:35海鷹丸はフリーマントル港に入港した。

2-2. 航走観測および停船観測

予定観測域での観測時間を確保するため、往路の1日1回の停船観測は見合わせた。表層モニタリングは出港後に起動し、そのポンプ汲み上げ海水の採取・分析を1月9日より開始し、8時間毎に採水した。また1月10日19:59よりCPR曳航を開始した。

1月12日21:18、リュッツオホルム湾域最初の観測点である60-00S, 38-00E (L1) に、予定より約2時間の遅れで到達し観測を開始した。AMSR-Eの衛星画像では同海域の海水は68S付近まで後退しており、東経38観線の観測実施は予定通り可能と判断して、L1より観測を開始した。L1では荒天の

ために船体の動揺が激しく、船首部でのネット採集はキャンセルした。海況に加えて、海鷹丸での観測は初めての研究者も多いために準備や次の観測項目への切り替えが遅く予想以上のシップタイムを消費し、観測は遅れ気味であった。L4 完了までに予定時間より約 10 時間の遅れが生じたため、L6、L8 および L10 の 3 点はスキップしてより南方まで観測点を伸ばすこととした。

1 月 17 日 11 : 13 L11 (66-59.9758S 37-59.9282E) を完了し、さらに南下中の 12 : 40 頃突然防火訓練報が発せられ、全員後部甲板へ集合し放水等の訓練が行われた。観測実施中でもあり、訓練は防火訓練のみで緊急時の避難訓練は後日に回された。14 : 28 頃前方に浮氷帯を発見した。厚い氷縁は 68S 付近にあるとの Aurora Australis よりの情報をもとに、浮氷帯を迂回または突破してさらに南下することを船側に要請したものの、これ以上の南下は船体に危険との船長の判断により、やむなくこの点 (67-43.1721S 37-58.1504E) を L12 (大観測点) として観測を行った。L12 終了後東に向い、氷縁沿いに 40E 目指そうとしたが前記の理由で氷縁沿いの航行は行われなかった。40E に達して南下開始後、間もなく再び浮氷帯に遭遇した (67-32.642S、39-58.471E 付近)。この回も浮氷帯の突破は受け入れられず、やむなく 67-33.5842S、39-57.5330E をもって L25 (小観測点) として観測を行った。40E の観測ラインは残りの観測日程を考慮して L25 のみに止め、42E へ向かい東進した。このライン端でも事情は同じであり、67-06.8043S、41-59.8748E をもって L37 を設定し、観測終了後北上した。この時点までに要したシップタイムを考慮し、また予定される係留系の回収に十分な時間を確保するため、42E ラインの観測を L37 の後、L35 および L33 の 2 測点に絞って実施し、その後マックロバートソンランド沖の物理観測域へ向かうこととした。結局リュトオホルム湾域では浮氷端へは達したものの氷縁に達することはできなかった。

1 月 19 日 19:50 に St. L33 の観測を最後にリュツオホルム湾域の観測を終了し、東進を開始した。マックロバートソンランド沖の物理観測域への途上設定した Halfway Point を海底地形を考慮して、55E から 57E へ 2 度移し、CTD-SBE、NORPAC、Salp-net および FRRF の観測を行った。1 月 21 日 14 : 18、小雪ちらつく中 I-1 点に達し物理観測を開始した。I-1、I-2 観測後、1 月 22 日 05 : 47 に最初の係留系回収点である I-3 (M-1) に到着した。霧と小雪のために視界が悪く、係留点より約 2 マイル西にずらして物理観測を先行して明るくなるのを待つこととし、08 : 12 係留系の回収を開始、09 : 23 には

無事船上に揚収された。この後、I-4 は通過して I-5 (M-2) へ向かい係留系の回収を優先し、その後 I-4 へ戻り観測を再開することとした。2 台目の係留系は同日 12 : 31 から回収を開始し、14 : 06 に終了した。回収後 I-4 へ戻り、以後 I-9 まで順調に観測が行われた。南方の Storegg Bank 海谷部が開いているように見られるため南下し、67-20S 66-00E 付近に新たに物理観測点 I-10 を設定、さらに可能であれば 67-24S, 65-40E 付近まで侵入して物理観測 (I-11) を行い、そのご氷縁を探索して生物観測を行うことを決めた。09 : 56、I-10 に到達し観測を行ったが、南方の氷状況が不明であることや、西風の強まりにより海谷西方の氷群により帰途が閉鎖される恐れがあるため、これ以上の南下を断念し I-10 西の氷群縁に船を寄せて生物・化学のための採水を行った (I-10 生物)。15 : 30 氷縁での観測を終了して北上し、1 月 24 日 03 : 30 までに T1-T5 のターボマップによる観測を完了した。これより東進して M3 の係留点に向かい、この間 3 回の XCTD 観測を実施した。

3 基目の係留点 (M-3) には 1 月 24 日、07 : 57 に到着し、直ちに回収作業を行い 09 : 40 に揚収した。この点での観測は帰途行うこととし、直ちに次の係留点 (M-4) へ向かい、12 : 24 着、13 : 18 に揚収を終え引き続き III-3 (M-4) の物理観測を行った。III-3 を起点に南下し III-2、III-1 まで間に 3 点の XCTD 観測をはさんで順調に消化した。途中 III-2 において 126 度 1.5 マイルに他の観測隊による係留と思われるオレンジ色の 6 連ブイが浮遊するのを発見。III-1 終了後、ライン II を目指し、II-6 経由でさらに南下し Cape Darnley 西方に伸びる海谷へ南下侵入を試みた。1 月 25 日、II-6 通過後間もなく前方に海谷を埋める氷群を発見し、侵入路を探索しつつ氷縁を進んだ。05 : 48、侵入を断念しこの点で物理観測点 II-7 を新たに設定し、観測後氷縁に接近して生物系観測 (II-7 生物) を行うこととした。

Cape Darnley より 336 度 36 マイル。09 : 46 St. II-7 (生物) 完了後、氷縁を背景に観測員、乗組員、専攻科学生の記念写真を撮影した。撮影後氷縁を離れ、St. II-6 へ向かいライン II の観測に入った。11 : 27、II-6 を完了、XCTD 観測をはさんで II-5 へ。II-5 ではルーチン観測後、ターボマップによる 12 時間の連続観測を開始した。1 月 26 日 01 : 36、26 回目投下中、ケーブルが海底突起に接触破損したためターボマップ観測を中断し、II-4 へ向かった。II-5-II-4 間は船速を 3.5kts とし、連続的に XCTD 投下 (8 点) 観測を行った。その後ルーチン観測に戻り、同日 17 : 21、II-4~II-1 の観測を完了した。II-1 より V-4 へ向かう途中、物理グループより提案があり、ライン V のプロフィールをより確かなものにするた

め、66-14S, 69-00E に新たな測点 (III-3A) を設けることを決定し東進した。III-3A、III-4 を順調に消化し、1月27日06:25、III-5 に到達し、ルーチン観測に加えて化学グループのための採水を行い、この観測点を最後にマックロバートソンランド沖の物理観測海域を離脱した。離脱に当たり、CPR 曳航を再開した。

1月28日より1日1回の観測および8時間毎の表面採水による測定を始めた。同日12:20、総員退船訓練が行われた。しかしながら、シップタイムののこりが少なくなったため、1月30日までの観測をもって1日1回の停船観測 (K-1~K-3) は終了した。この間、1月29日04:58から23:56の間に、ケルゲレン海台域において15回のXBTおよびXCTD観測が行われた。またJAMSTECから委託されたARGOブイ4基を帰途航路上54S、50.86S、47.8S、および44.7Sで投下し、2月2日16:29、CPRを回収してすべての観測活動を終了した。2月6日10:35、海鷹丸はフリーマントル港に到着した。総航程6772海里。

3. 各観測の概要（各観測項目の担当者）

3-1. 航走観測

3-1-1. XBT および XCTD

北出裕二郎・平野大輔（東京海洋大学）・大島慶一郎・深町康（北海道大学）

「3-2-1. CTD、XCTD による物理環境の観測」を参照。

3-1-2. ADCP

北出裕二郎（東京海洋大学）

南極周極流の分布を調べるため、船底設置型 ADCP（RD Instrument, 32 kHz）による流速観測を実施した。RD の ADCP による観測は、ケープタウンリュッツオホルム湾間、リュッツオホルム湾-ダンレー岬沖間、ダンレー岬沖-フリーマントル間で実施された。37.9 m 深から 16 m 間隔で 75 層の流向流速記録が得られた。古野 ADCP による観測は、全航程において実施され、2、50、100 m 深の流向流速記録が得られたが、2 m 深のデータにはノイズが多く含まれていた。

3-1-3. 表面海水モニタリング

平譚 享（北海道大学）

橋濱史典（東京海洋大学）

坂口雅之 3/O（海鷹丸）

航路に沿った表面海水の水温、塩分、クロロフィル *a* 濃度（*in-vivo* 蛍光）をモニターするため、

2009年1月7日から2009年2月5日にかけて表層環境モニタリングシステム（CT&C社製）の運用を行った。海水を専用ポンプにより船底海水採取口よりくみ上げ、その水温塩分をFSI製CTセンサー、*in-vivo* 蛍光をWETLabs社製蛍光光度計WETStarを使用して測定した。また同時に、光合成有効放射（PAR）と紫外線-B量（UV-B）をInternational Light社製PARセンサーおよびUV-Bセンサーにより測定した。尚、同装置の光吸収センサーac-9および光学プランクトンカウンターは使用しなかった。くみ上げた海水の各種分析については「3-1-4. ポンプ採水」を参照のこと。これらのデータは時間1分毎に記録された（添付5. データ量膨大のため、デジタルデータのみ）。

3-1-4. ポンプ採水

橋濱史典・鮎川航太（東京海洋大学）

平譚 享・高尾信太郎・香川奈緒子（北海道大学）

笠松伸江（国立極地研究所）

中岡慎一郎（国立環境研究所）

上田紗也子（名古屋大学）

海鷹丸航走中に船底からポンプで連続的にくみ上げた表面海水（研究用海水）を定時（基本的に船内時で7:00, 15:00, 23:00）に採取した。海水採取時には、船位、表層水温・塩分（C-T）およびクロロフィル蛍光（Wet Star）を記録した。採取した海水は、以下の項目に関する処理・分析に用いた。処理・分析の詳細は3-3を参照されたい。

- ・栄養塩（橋濱・鮎川・上田）
- ・Chl *a*, bulk/size HPLC（平譚・高尾・香川・橋濱）
- ・DIC+同位体、アルカリ度（中岡）
- ・DMS (P)、植物プランクトン固定（笠松）

これらの表面採水のログを添付12とする。

3-1-5. 光合成有効放射 (PAR) の測定

平譚 享・高尾信太郎 (北海道大学)

堀本奈穂 (東京海洋大学)

基礎生産力測定および推定モデル開発のため、光合成活性測定時の光合成有効放射 (PAR) をモニターした。空中 PAR センサー (LI-190SB, Li. COR Inc.) を培養水槽の上に設置し、データロガー (LI-1400, Li. COR Inc.) で測定・記録した。15 秒毎に測定し、5 分間の平均値を連続的に記録した。

3-1-6. 大気/海洋 CO₂ 濃度測定

中岡慎一郎 (国立環境研究所)

南大洋における大気-海洋間の二酸化炭素 (CO₂) 交換量の時空間分布を把握するために、大気/海洋中 CO₂ 濃度の測定を航行中に行った。測定は KIMOTO MOG-501 システムを用いて行い、濃度の異なる 4 本の標準ガス (それぞれ 200, 266, 320, 400ppm) で 12 時間毎に校正を行いながら、2 時間おきに大気中 CO₂ 濃度を測定し、それ以外の時間で常時海洋中 CO₂ 濃度の測定を行った。大気観測時には、ブリッジ直上に設置された大気の入入れ口からダイアフラムポンプを用いて大気を採集し、また海洋観測時には船底から汲み上げた表層海水を平衡器に導入した後、器内で海洋中 CO₂ 濃度と平衡に達した空気 (平衡空気) を採集し、分析装置に導入し測定した。

3-1-7. 大気中 DMS 濃度測定

中岡慎一郎 (国立環境研究所)

南極域の雲形成に重要な役割を果たしていると考えられている硫化ジメチル (DMS) の大気中での挙動と空間分布を把握するために、IONICON 社製 PTR-MS を用いて大気中の DMS 濃度を航行中に測定した。大気の入れ口はブリッジ直上に設置し、ダイヤフラムポンプを用いて大気を採集し、装置に導入した。また、大気中 DMS の生成源は海洋表層であるため、海況が安定した停船観測点 (Stn. L37, I-10, K3) で空気の入れ口を海面直上まで下ろし、海洋表面とブリッジ直上の DMS 濃度と比較をすることで、DMS の鉛直分布について調べた。

3-1-8. 大気エアロゾル

上田紗也子・長田和雄 (名古屋大学)

矢吹正教 (千葉大学)

原 圭一郎 (福岡大学)

小林 拓 (山梨大学)

南極海における大気エアロゾル粒子および主要気体成分の時空間分布とその変化要因を把握するため、ケープタウン出港時 (09/01/07) からフリーマントル沖 (09/02/03) において以下の航走観測を行った。

・大気中ガス態アンモニア濃度と粒子態アンモニウム塩濃度

海水中のアンモニア濃度との比較により、大気海洋間のアンモニアのやりとりを考察するため、海洋大気中のガス態および粒子態のアンモニア態窒素を測定した。コンパスデッキ右舷側に粗大粒子カット用のインパクターとデニューダー管を配置した。2系統の気液捕集ライン (ガス態アンモニアを捕集するためにリン酸を塗布したデニューダーを用いたラインと塗布のないデニューダーを用いたライン) を用いて、粒子態アンモニアと粒子+ガス態アンモニアを26分毎に、ブリッジに

設置したアンモニア測定器で定量した。観測ではリュッツホルム湾沖や、ケーブダンレー沖の氷縁付近でガス態アンモニア濃度が外洋と比べて高い値で検出された。

- ・エアロゾル粒子および気体の化学成分

粒径別のエアロゾル粒子の化学成分、およびSO₂、NH₃濃度を測定するために、化学分析用の日別試料を得た。コンパスデッキ前方に設置したサンプリングシールド内にサンプラーを設置し、風向・風速によってポンプを制御して清浄大気のエアロゾル試料を得た。これらのサンプルは、回収して速やかに冷凍保存し、持ち帰った後はイオンクロマトグラフを用いて水溶性化学成分の分析を行う。

- ・エアロゾル粒子の粒径分布と吸湿性、光学的性質およびオゾン濃度の連続測定

エアロゾル粒子の粒径分布を測定するために、2台の光散乱式粒子計数器（KC01DとKC18、Rion社製）と凝結核粒子数濃度計数器（CPC 3781、TSI社製）を用いた。KC01DとKC18の測定粒径はそれぞれ、>0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.5と>0.3, 0.5, 1, 2, 5 μmである。KC18の導入口には、拡散加湿器とインパクター、拡散乾燥器を用いた2ラインを配すことで、湿度85%において粒子直径0.5 μm以下の粒子（弱吸湿性粒子）と、総粒子数濃度を湿度8%以下の条件下で測定した。また、CPCへの導入口には2方バルブを用いて拡散スクリーンを配したラインと比較ラインを用いて、10分毎に>10 nmと>20 nmの粒子数濃度が測定した。

エアロゾルの光学的性質を測定するため、2台の吸収係数測定器（PSAP、Radiance Research社製）と散乱係数測定器（IN、Radiance Research社製）を用いた。一台の吸収計数測定器は、インパクターによって、0.5 μm以下および1 μm以下の粒子の吸収係数を、もう一方では粒径積算した吸収係数を測定した。

測定する試料空気は、コンパスデッキ右舷前方に取り付けたインレットから室内へ取り込み、マニホールドで各測器へと分岐した。また、同場所におけるオゾン濃度の時別値を得た。

- ・個別エアロゾル粒子の混合状態

個別の粒子の混合状態（内部混合・外部混合状態）を調べるために、電子顕微鏡観察に用いる試料を採取した。試料採取に用いたグリッドにはカーボン蒸着したコロジオン膜（水透析法による個別粒子の水不溶性物質の混合状態の観察用と、X線分析用）と、Ca薄膜（アンモニアにより中和されていない硫酸塩粒子の観察用）、マイクログリッド（電子線回折および表面の結晶構造観察用）、およびCu板、Al板（X線分析用）がある。これらの電子顕微鏡用試料は、特別データを元に、一日1-3回程度の頻度で10分から1時間程度、適宜採取し、持ち帰った後に透過型電子顕微鏡および走査型電子顕微鏡による観察を行う。

- ・大気エアロゾルの光学的厚さ

大気エアロゾルの光学的厚さを、サンフォトメータ（MICROTOPS II, SOLAR Inc.）を用いて測定した。測定は雲による太陽の遮りのない日のみ実施した。

3-1-9. 連続プランクトン採集器 (CPR)による表層動物プランクトンのモニタリング

高橋邦夫 (国立極地研究所)

1.目的

本研究航海の航路における動物プランクトン水平分布のモニタリングである。

2.観測実施概要

CPR による動物プランクトン採集は、往路ケープタウン出港後 L1 到着まで、および帰路 III-5 離脱後フリーマントルまで、およそ 300~350 マイル航行ごとにネットを交換した。得られた連続標本は、往路3区間3本、帰路6区間6本、合計9本であった。往路および帰路の CPR 採集記録は、それぞれ表 2-1、表 2-2 の通りである。

3.帰国後の予定

CPR サンプルは、帰国後、国立極地研究所において処理・解析がなされる予定である。

表 2-1. 往路における CPR 採集記録

Sample no.	Towing time (LT(GMT))		Position	
	Start*	End**	Start*	End**
CPR-1	9 Jan 2009 20:00 (18:00)	10 Jan 2009 16:35 (14:05)	44°53.7559'S 23°49.9936'E	49°36.8286'S 27°05.9133'E
CPR-2	10 Jan 2009 16:40 (14:10)	11 Jan 2009 16:34 (13:34)	49°36.9531'S 27°05.4080'E	54°38.3048'S 31°02.3011'E
CPR-3	11 Jan 2009 16:38 (13:38)	12 Jan 2009 21:25 (18:25)	54°38.8258'S 31°02.5452'E	60°00.3333'S 38°00.1437'E

*: time and position of CPR cast in the sea; **: time and position of CPR retrieval on the deck

表 2-2. 帰路における CPR 採集記録

Sample no.	Towing time (LT(GMT))		Position	
	Start*	End**	Start*	End**
CPR-4	27 Jan 2009 10:48 (06:48)	28 Jan 2009 09:02 (04:34)	64°47.3751'S 69°02.8780'E	62°12.1669'S 80°07.6998'E
CPR-5	28 Jan 2009 11:13 (06:13)	29 Jan 2009 08:29 (03:29)	62°11.9140'S 80°08.6521'E	57°38.9856'S 83°27.1645'E
CPR-6	29 Jan 2009	30 Jan 2009	57°39.1502'S	55°29.3047'S

	10:29 (04:59)	08:29 (02:59)	83°28.3403'E	89°05.7676'E
CPR-7	30 Jan 2009 11:12 (05:42)	31 Jan 2009 16:26 (09:26)	55°29.3396'S 89°07.0237'E	52°39.9061'S 96°17.7973'E
CPR-8	31 Jan 2009 16:33 (09:33)	1 Feb 2009 16:24 (08:24)	52°39.4970'S 96°16.9696'E	48°27.4650'S 97°32.9720'E
CPR-9	1 Feb 2009 16:28 (08:28)	2 Feb 2009 16:29 (07:59)	48°27.1393'S 97°32.5880'E	43°52.2176'S 99°57.9655'E

*: time and position of CPR cast in the sea; **: time and position of CPR retrieval on the deck

3-2. 停船観測

3-2-1. CTD、XCTD による物理環境の観測

北出裕二郎・平野大輔（東京海洋大学）・大島慶一郎・深町康（北大低温研）

(1) リュッツオホルム湾沖での CTD 観測

この海域における CTD 観測は物理環境と各種生物・化学物質の分布の関係を調べるための観測で、観測線は東経 38 度、40 度、42 度の経線に沿った 17 測点が設けられていたが、当初の予測よりも海氷が少なく、より南の測点まで観測可能であったこと、および低緯度側から行ってきた観測による遅延により、測点を変更して東経 38 度と東経 42 度の 2 つの経線に沿った 14 地点で観測が実施された。測点は東経 38 度の経線に沿って南緯 60 度から南緯 67 度まで 1 度毎で、最も南の測点は南緯 67 度 43.25 分であった。海面から海底直上までの基本物理場の観測にはカラーセルマルチサンプラーを搭載した CTD（Sea-Bird 社 SBE911 Plus と SBE43）により実施され、水温・塩分・DO（溶存酸素量）の鉛直プロファイルが得られた。また、CTD フレームに取り付けられた LADCP (RDI 200 kHz) により流速の鉛直プロファイルが同時に得られている。一方、FSI の Integrated CTD による観測では、海面から 200 dbar までの水温、塩分、DO に加えて Chl. *a*、光束透過率、光粒子量などのデータが得られた。両 CTD によりサンプリングされた海水は CTD の DO センサーや塩分センサーの検定に用いられた。

リュッツオホルム湾での観測結果の一例として、東経 38 度線で Sea Bird CTD で観測された水温、塩分、DO の鉛直断面図を図 3-2-1 に示す。図中の緑点線は南極底層水 Antarctic Bottom Water (AABW) の指標となる $37.16\sigma_2$ を示している。この海域では 100 dbar 付近に水温極小層、300-1000 dbar に周極深層水 Circumpolar Deep Water (CDW) のコアの部分が見られ、低緯度側から高緯度側へと緩やかに浅くなっている様子が見られる。また、AABW に相当する重い水は 2500 dbar 以深にかなりの厚みをもって分布しているが、センサーで得られた DO の最大値は 5 mL/L を超えることは無く、後述のダンレー岬西方海域で観測された新しい AABW と比べると形成されてから少し時間が経過しているといえるだろう。この断面図では分からないが、海底の近傍では僅かに DO が低くなっている様子が観測されており、今後キャリブレーションしたデータを用いて、各深度帯における底層水の分布やその起源についての詳細な解析がなされることになる。

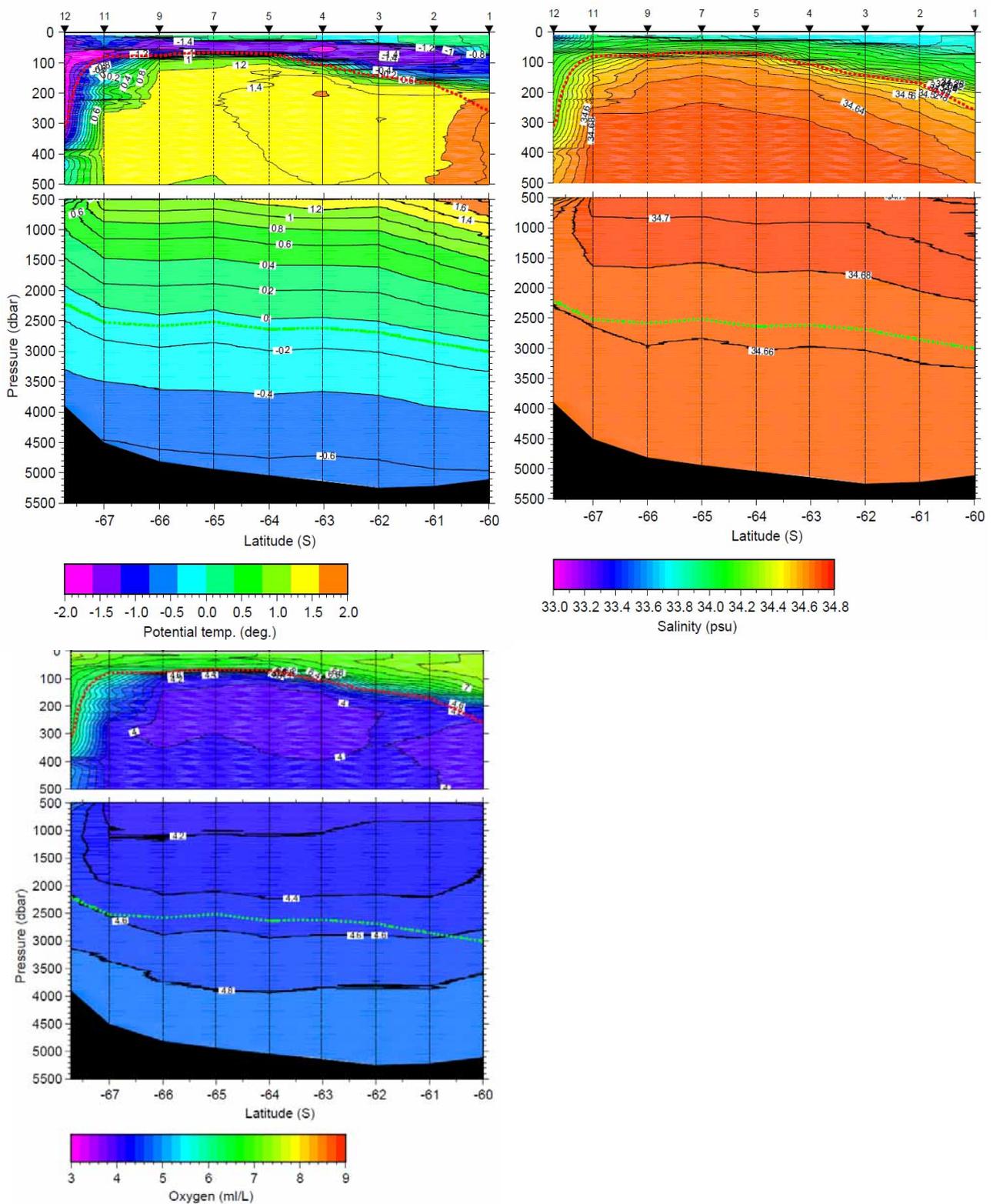


図 3-2-1 東経 38 度線で得られた水温(上段左)と塩分(上段右)、DO(下段)の鉛直断面。緑の点線は $37.16\sigma_2$ 、赤の点線は $27.6\sigma_0$ の等値線を示す。注) 各図はセンサーで得られた値で塩分、DO の補正は施していない。

(2) ダンレー岬西方海域における CTD、XCTD 観測

ダンレー岬西方海域は冬季に顕著な沿岸ポリニアが形成されることが Tamura et al. (2008)の最新の研究で明らかになっており、その海水生産量はロス海に次いで2番目に大きいと見積もられていることから、大規模な南極底層水の形成が期待されている。しかし、当該海域における CTD 観測はそれほど多くなく、僅かに1970年代および2005年に実施されたものだけである。それらの観測結果では、沈み込んでからあまり時間が経過していない底層水が海底にへばりつくように分布している様子が観測されているが、その起源がダンレー岬の東側のプリッツ湾であるのかダンレー岬西方のポリニア形成海域であるのかなどをはじめとして、底層水の分布や形成過程など不明な点が多く残されている。当該海域における CTD および XCTD 観測の目的は南極底層水の分布を捉え、底層水の起源や形成過程を探求することである。

観測はカローセルマルチサンプラーを搭載した CTD (Sea-Bird 社 SBE911 Plus と SBE43) により陸棚域から深海域まで続く海底溪谷に沿った2測線とダンレー岬から沖に伸びる海脚の尾根に沿った測線の合計3測線で実施された。海氷が少なかったことから、当初計画の測点に加えて、海底溪谷に沿った測線 I と II において、陸棚上にそれぞれ1測点を追加し観測を実施した。陸棚上の観測点 I-10 と II-7 では FSI 社製 CTD による観測および採水を行った。各観測点において200 m までの標準層キャストおよび基礎生産用キャストの2キャスト実施した。CTD によりサンプルリングされた海水は CTD の DO センサーや塩分センサーの検定に用いられた。また、CTD フレームに取り付けられた LADCP (RDI 200kHz) により流速の鉛直プロファイルが同時に得られている。さらに、底層水の詳細な空間構造を捉えるため、測点間隔の広い陸棚斜面上の測点間で XCTD による観測を実施した。特に、測線 II の陸棚斜面域では0.7-1.5 マイル間隔で XCTD 観測を行った。水深が1000 m より浅い地点での XCTD 観測ではプローブに抵抗版を取り付けて落下速度を遅くして鉛直分解能を向上させた。全ての XCTD 観測において海面から海底までの良好な記録が得られた。

CTD で観測された記録の例として測線 II で得られた水温・塩分・DO の鉛直断面分布を図 3-2-2 に示す。陸棚端には周極深層水 CDW と陸棚水 SW の接するスロープフロントが形成されており、陸棚斜面には海底に沿って比較的低温・低塩で高い DO の水塊が見られる。この海水は、周囲に比

べ比較的高酸素であることから新しく沈み込んだ水であると考えられる。フロント域や陸棚斜面直上の低温低塩高酸素水は浅い深度に分布しているが、南極底層水の指標となる $37.16\sigma_2$ よりも重く、南極底層水となるポテンシャルを持った水であるといえる。このような水塊が 3000 m 以深へと沈みこみ南極底層水が形成されるプロセスについては、今後 LADCP のデータ解析や細かい間隔で実施された XCTD データの解析、さらには係留系のデータの解析と合わせて (3-2-3 節に記載)、明らかにされていくものと期待される。

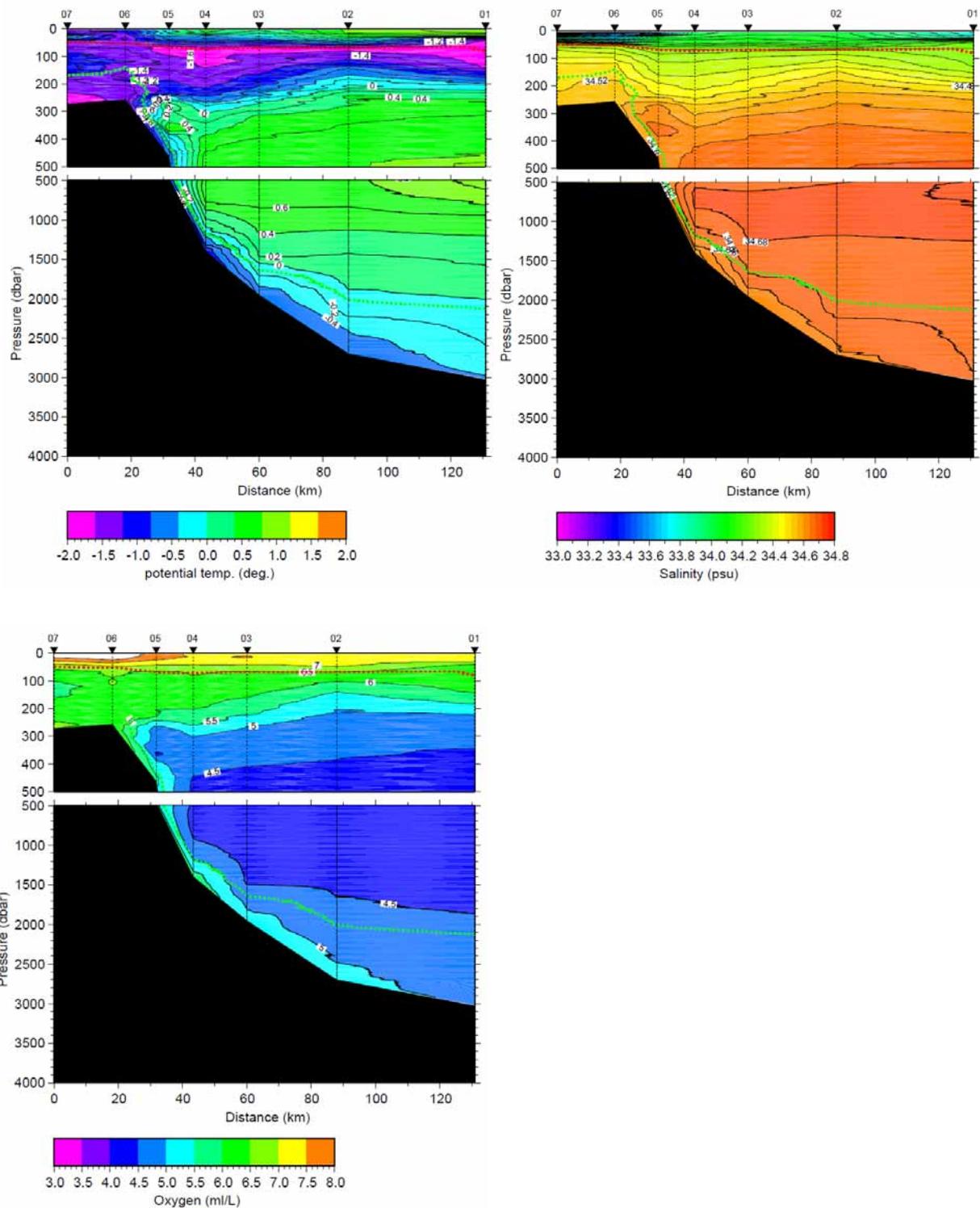


図3-2-2 測線Ⅱで観測された水温(上段左)、塩分(上段右)、DO(下段)の鉛直断面図。各図中の緑の点線は $37.16\sigma_2$ 、赤の点線は $27.6\sigma_\theta$ の等値線を示す。注) 各図はセンサーで得られた値で塩分、DOの補正は施していない。

(3) ケルゲレン海台での XCTD・XBT 観測

ケルゲレン海台沖の南緯 58 度 13 分・東経 82 度 21 分から 56 度 4 分・86 度 27 分の約 185 マイルの測線上 15 点で、XCTD/XBT 観測を実施した。このラインは 2003 年から 2005 年まで行われた日豪共同観測ラインの一部であり、TOPEX/Poseidon・Jason-1 (海面高度計搭載)の軌道と一致している。本船も 2003 年に同海域で CTD/LADCP 観測を実施しており、さらに 2008 年 1 月に XBT 観測を行っている。今回の観測の目的は、こうした過去の観測と合わせて、海洋表層構造の経年的な変化を調査することにある。

観測は 2008 年 1 月の観測点 14 点とそれに 1 点追加した点で行った。観測には鶴見精機 XCTD (1000 m 用) と XBT・T-7 プローブ(760 m 用)を使用した。観測時の風速は 3.0–9.1 m/s、風向は 214-240 度であった。観測時には CPR の曳航観測も同時に行われていた。風向きと CPR の振れ具合を見ただけで投下場所を選定した (主に左舷側から投下した)。なお、観測時には 12 ノットまで減速していただいた。10 点で XCTD 観測を行ったが、最後 (最北) の 1 点を除き、1100 m 程度までのデータが取得できた。最後の 1 点のみ、CPR に接触して断線したと思われる。6 点で XBT-T7 の観測を行ったが (1 点は断線した XCTD の代用)、全点で最高深度の 760 m までのデータが取得できた。

3-2-2. ダンレー岬西方海域での TurboMap による海洋乱流・微細構造の観測

北出裕二郎・平野大輔・王 琦・山崎恵市 (東京海洋大学)

ダンレー岬西方海域は 3-2-1 節での記載された通り底層水の形成において重要な海域であると期待されており、どのような過程を経て底層水が形成されているのか非常に興味深い。さらに、CTD 観測結果にみられた様な水温・塩分の分布や $37.16\sigma_2$ の等値線の分布は、夏場にも底層水あるいは底層水上部の水塊ができる可能性を示すものであり、スロープフロントや大陸斜面域で、混合水がどの程度形成されているのかを定量的に評価する必要がある。そこで、当該海域では、特に陸棚面域で集中的に、TurboMap による乱流の直接観測を実施した。

TurboMap には、流速シア、高速応答水温、水温、塩分、深度、3次元方向加速度、Chl.a、濁度の10項目のセンサーが搭載されており、1秒間に256回計測できる。TurboMapを約0.7 m/sで自由落下させて流速シアを計測することにより、1 cm から1 m スケールの流速シア（乱流による渦）の大きさと強さが計測され、そのデータを解析することにより乱流エネルギー散逸率や乱流拡散係数を求めることができる。乱流観測を実施した測点は各CTD観測点と陸棚斜面域T1-T5である。特に、II-5ではドリフトしながら約11時間弱に渡り繰り返して乱流観測を実施した。なお、途中ケーブルのトラブルのため、I-3とII-1~II-4、III-4、III-5では欠測となってしまったが、多くの地点で海底までの非常に貴重なデータを得ることに成功した。

陸棚端-大陸斜面域では、沖合いの点に比べて2桁程度大きいエネルギー散逸率であることが分かった。詳細については更なる解析を待たねばならないが、今後解析を進め、拡散係数、海水混合量（混合水形成量）などが随時求められていくものと期待される。

3-2-3. 係留系回収

深町 康・大島慶一郎（北海道大学）

北出裕二郎（東京海洋大学）

平池友梨・山本健喜（北海道大学）

衛星による海氷データと客観解析気象データに基づく熱収支解析による南極海の海氷生産量マッピングにより、ダンレー岬ポリニヤがロス海に続いて2番目に海氷生産量が高いことが明らかとなった（Tamura et al., 2008）。この結果に基づき、このポリニヤにおける海氷生産に起因する南極底層水を捉えるために、2008年2月に係留系4系（M1-4）を、海洋研究開発機構の白鳳丸において、国際極年のプロジェクトの一環として設置した。（設置点の位置については、前章の地図を参照されたい。） 係留系の構成は図1に示す通りである。設置した測器は、流速計（Union Engineering RU-1）5台、ADCP（RD Instruments WorkHorse Sentinel 300 kHz）2台、水温・塩分計（Sea-Bird Electronics

SBE-37SM) 15 台、水温計 (日油技研 NWT-DN) 2 台である。また、使用した切離装置は、海洋電
子の TMR-6005 である。

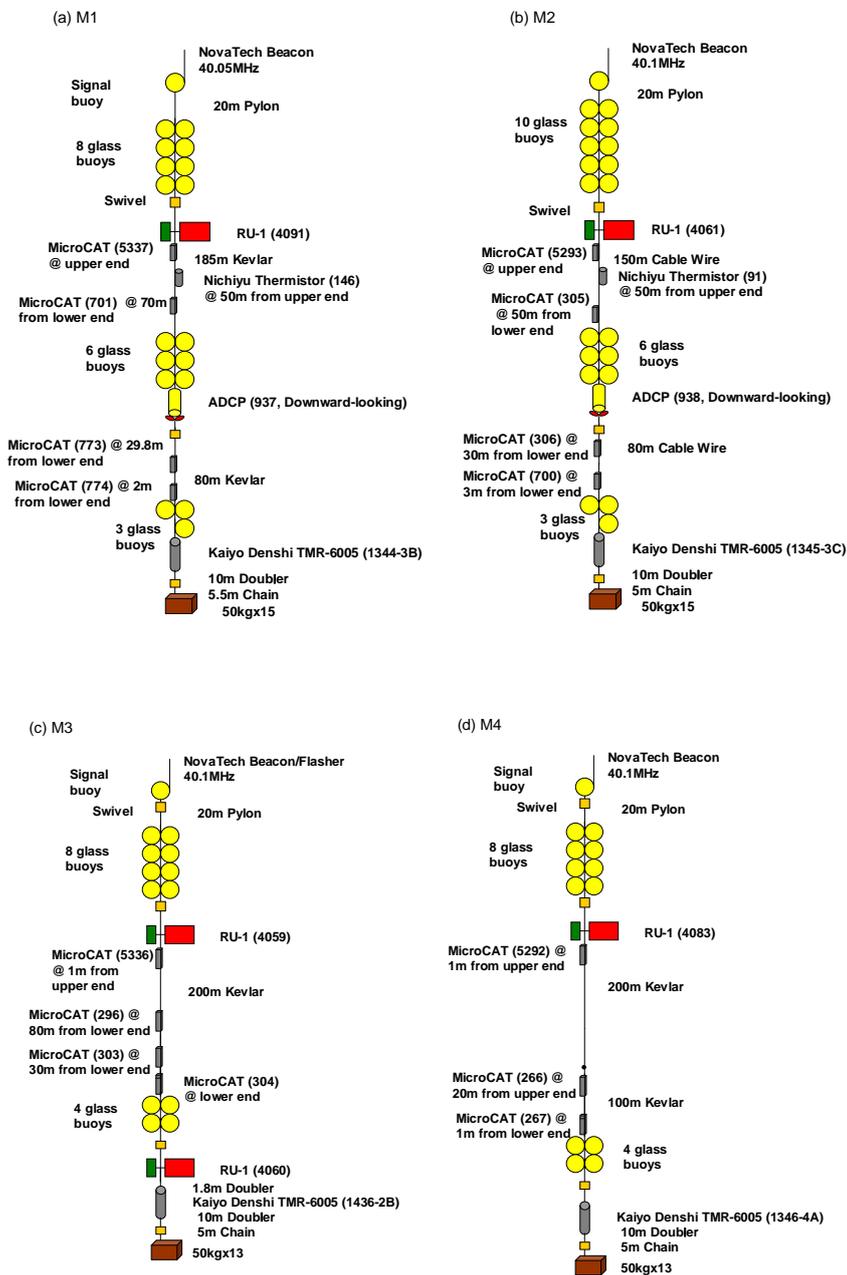


図 1: 本航海で回収した係留系の構成。

良好な海況と海氷の後退に恵まれ、1月22日にM1とM2、24日にM3とM4の回収を実施した。

切り離し後の系の浮上時には、M2を除いて、ラジオビーコンからの発信電波を受信することが出来なかったが（M3に取り付けていたフラッシャーについても、朝の明るい時間の回収であったため作動せず）、浮上位置が船から近かったため、すぐに視認することが可能であった。M1からM3の回収に際しては、浮上時に係留系が絡んでしまったため回収作業に支障を来たしたが、M2に取り付けていた水温・塩分計1台（上部から2台目のS/N 305）がカバーから外れて脱落してしまっていた以外は、全ての測器を無事に回収することが出来た。M1に取り付けていたADCP(S/N 937)は浸水していて、データを回収出来なかったが、これまでにデータの回収を行ったもう1台のADCP(S/N 938)、14台の水温・塩分計、2台の水温計については、良好なデータが取得されていた。なお、下向きに設置したADCP(S/N 938)では、海底直上まで約90m（8m層×11）に渡って、データが取得されている。また、流速計のデータ回収は、ダウンロード用ソフトウェアの不具合のため、帰国してからとなる。

回収したデータの一例として、図2に各係留系の海底直上におけるポテンシャル温度と塩分の時系列を示す。全ての地点において、ポリニヤにおける海氷生産に起因すると想定される低温・低塩のシグナルが見られるが、その出現時期や強度は地点毎に異なっており、ダンレー岬ポリニヤ（および更に東側のポリニヤ）との位置関係や距離が、これらの相違の原因であると考えられる。

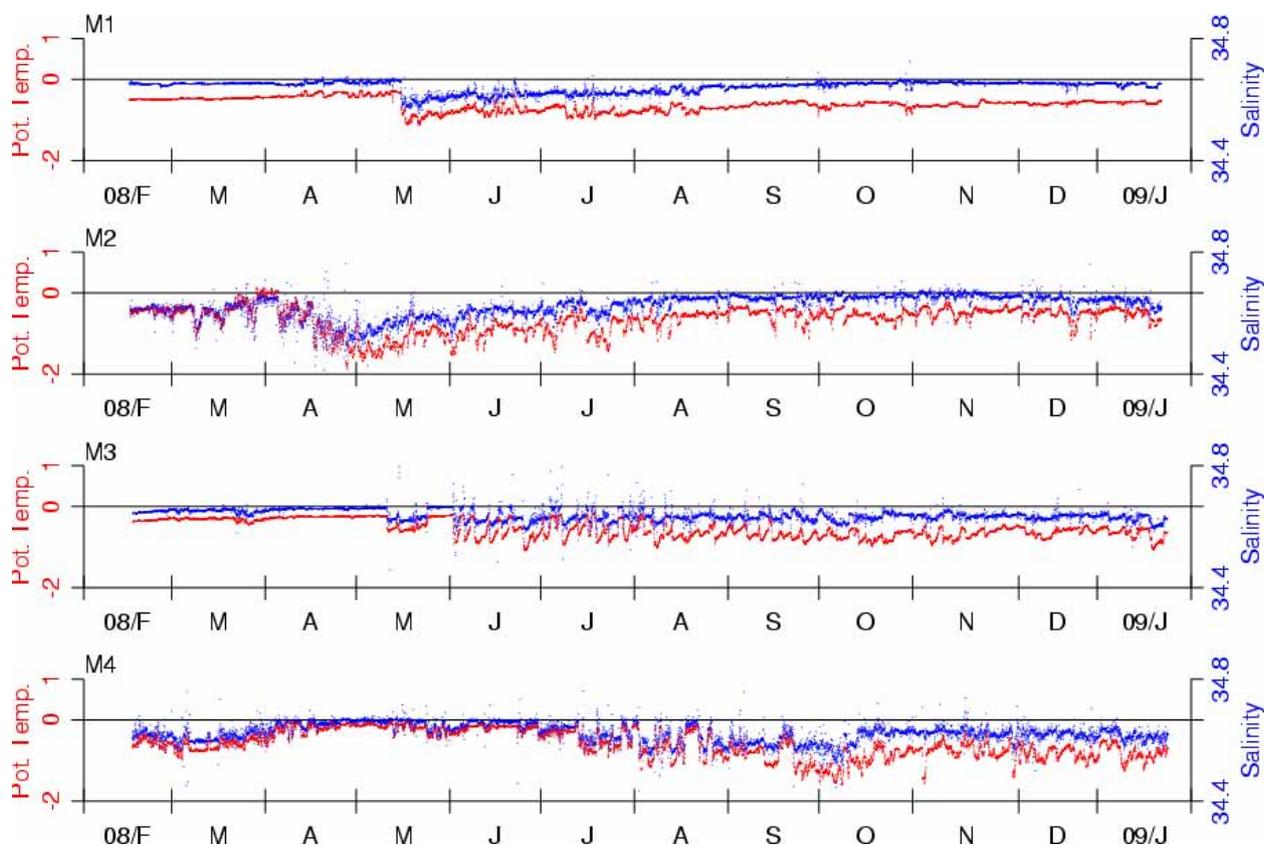


図2: 各係留系における海底直上（約25m）でのポテンシャル温度（赤）と塩分（青）の時系列。

3-2-4. 南大洋における海水の光学的特性

水中光学観測（水中分光放射、光吸収—光束消散係数、体積散乱関数の測定）

平譚 享・高尾信太郎・香川奈緒子（北海道大学）

南大洋の光環境は海氷や大型珪藻類の優占により他の海域とは異なると考えられる。その光学的特性の違いは海色リモートセンシングによる各種パラメータ推定精度に大きく影響する。南大洋の光学的特性と海氷や植物プランクトングループとの関係を明らかにすると同時に、海色衛星データを検証することを目的として水中光学観測を実施した。

水中分光放射（下方向放射照度および上方向放射輝度）は水中分光放射計 PRR-800/810 (Biospherical Inc.) を用いて測定した。光吸収および光束消散係数スペクトルは光吸収-光束消散係数計 ac-s (WETLabs) を用いて測定した。ac-s は2キャスト実施し、2回目のキャストの際は0.2マイクロのカプセルフィルターを海水取り入れ口にに取り付けることによって溶存物の光吸収を測定した。体積散乱関数は体積散乱関数計 VSF3P (WETLabs) を使用して測定した。

光学観測を実施した観測点、日時、位置を下表に示す。水中光学観測の際は、採水も実施し植物色素濃度 (HPLC)、クロロフィル a 濃度、光吸収係数の測定も行った（「3-3-9. クロロフィル a 濃度ルーチン」および「3-3-11. 植物プランクトングループと光学特性および DMS 濃度との関係」を参照）。

08-09 T/S UMITAKA-MARU Cruise (Optics)

Stn.	Date(LT)	Time(LT)	Date(GMT)	Time(GMT)	ZT	Latitude (°,S)		Longitude (°,E)		PRR-800	VSF	ac-s	
												a	ay
L1	2009/01/13		2009/01/13		+ 3:00								
L3	2009/01/14	12:00	2009/01/14	09:00	+ 3:00	62	0.1312	38	0.3352	○	○	○	○
L5	2009/01/15	11:24	2009/01/15	08:24	+ 3:00	63	59.9994	37	59.9081	○	○	○	○
L9	2009/01/16	12:45	2009/01/16	09:45	+ 3:00	65	59.9612	37	57.9599	○	○	○	○
L12	2009/01/17	16:26	2009/01/17	13:26	+ 3:00	67	43.1903	37	56.7339	○	○	○	○
L37	2009/01/18	16:02	2009/01/18	13:02	+ 3:00	67	6.8351	42	0.4280	○	○	○	○
L33	2009/01/19	13:46	2009/01/19	10:46	+ 3:00	65	0.0567	41	58.7316	○	○	○	○
I-10	2009/01/23	14:28	2009/01/23	10:28	+ 4:00	67	19.9711	65	56.4496	○	○	○	○
II-7	2009/01/25	8:59	2009/01/25	04:59	+ 4:00	67	10.4250	68	51.6801	○	○	○	○
K1	2009/01/28	10:50	2009/01/28	05:50	+ 5:00	62	12.0506	80	7.9988	○			
K2	2009/01/29	10:16	2009/01/29	04:46	+ 5:30	57	39.1839	83	28.0568	○			
K3	2009/01/30	10:56	2009/01/30	04:26	+ 6:30	55	29.4518	89	6.8497	○			

* Time、Lat.、Long.はPRR-800 観測開始時のデータを使用

3-2-5. FRRF

堀本奈穂・山口征矢（東京海洋大学）

平譚 享（北海道大学）

植物プランクトンの細胞内 Chl a の生体内蛍光を利用して、光化学系 II の光合成潜在能力や量子収

率などを測定することが可能になってきた。この手法で得た基礎生産力と現場で培養した炭素固定速度との関係を調べるために、KIMOTO 社製の FRRF (Fast Repetition Rate Fluorometer、高速フラッシュ励起蛍光光度計) による測定と ^{13}C 法による基礎生産力の測定を行った。FRRF は、下記の表に示した観測点において、BT ウインチを用いて水深 100 m から 0.2 m/s の速度で巻き上げて測定を行った。各観測点の植物プランクトンの組成から光合成特性についても考察する。

表. FRRf による観測を行った測点と日時

Station	Date (SMT)	Start	Finish	Lat. (°, 'S)		Long. (°, 'E)	
		SMT	SMT				
L2	13 Jan. 09	21:25	21:52	60	59.832	38	00.374
L3	14 Jan. 09	10:51	11:05	62	00.015	38	00.028
L4	14 Jan. 09	0:41	1:02	63	00.267	38	00.104
L5	15 Jan. 09	6:40	6:53	64	00.17	37	59.700
L9	16 Jan. 09	7:56	8:12	66	0.013	37	59.597
L11	17 Jan. 09	6:32	6:49	67	0.001	38	0.021
L37	18 Jan. 09	11:36	11:47	67	06.798	41	59.971
L33	19 Jan. 09	8:46	9:00	65	00.011	41	59.998
Halfway Pt.	21 Jan. 09	4:50	5:02	64	59.979	56	59.994
I-1	21 Jan. 09	15:22	-	65	12.134	61	00.321
I-2	21 Jan. 09	23:32	23:51	65	44.996	63	00.063
I-3	22 Jan. 09	5:54	6:07	66	21.983	64	09.987
I-4	22 Jan. 09	16:12	-	66	39.052	64	47.997
I-10'	23 Jan. 09	13:08	13:20	67	19.968	65	57.093
III-3	24 Jan. 09	14:33	-	66	27.163	69	01.454
III-2	24 Jan. 09	18:35	18:49	66	45.036	69	15.454
II-7	25 Jan. 09	7:44	-	67	10.383	68	50.570
II-4	26 Jan. 09	5:06	-	66	59.964	68	02.920
II-3	26 Jan. 09	6:44	6:56	66	50.950	68	00.111
II-2	26 Jan. 09	9:27	9:41	66	37.867	67	40.919
III-3A	26 Jan. 09	20:04	20:20	66	14.083	69	00.214
III-5	27 Jan. 09	6:43	6:54	64	48.026	69	00.023
K-1	28 Jan. 09	9:43	9:54	62	12.053	80	07.683
K-2	29 Jan. 09	9:22	9:32	57	39.112	83	27.491
K-3	30 Jan. 09	9:37	9:48	55	29.341	89	06.020

3-2-6. 南極海における動物プランクトンメタゲノミクス (ORI+VMPS)

町田龍二 (東京大学)

近年における地球規模での環境変動や環境問題に対する理解, また生物に対するそれらの影響評価が喫緊の課題として認識されつつある. このような背景のもと, 著者はこれまでに動物プランクトンメタゲノミクスを確立し, 動物プランクトン群集の多様性モニタリングを可能とするとともに, 全球的な動物プランクトン群集の多様性を遺伝子レベルで把握することを目指している. 動物プランクトンメタゲノミクスはプランクトンネットで採集された試料を同定せず全てホモジナイズし

たのち、抽出した RNA を鋳型とし特定の遺伝子を増幅、網羅的にその遺伝子配列を決定することにより、採集された動物の組成とその系統情報や遺伝的多様性を把握することを可能とした。本航海では南極海の動物プランクトン群集を本メタゲノムにより解析し、その組成や多様性を他海域と比較し、その特徴を明らかにするとともに現時点の南極海における動物プランクトンの多様性を遺伝情報とともに把握することを目指す。

採集には ORI ネット（網目 0.69 mm）と VMPS ネット（網目 0.11 mm）を用いた。それぞれのネットを測点 L11 にて水深 1000 m から表層にかけて曳網し、採集された動物プランクトン試料を RNALater (Ambion)にて固定、 -80°C にて保存、研究室に持ち帰る。

3-2-7. RMT 1+8（添付 16 ネットログ Table 1 および添付 15 RMT データ参照）

小野敦史・戸田亮二・高橋憲太・佐藤勇介・田中祐志（東京海洋大学）

動物プランクトンおよびマイクロネクトンの鉛直分布、現存量、種組成を把握する目的で、Stns. L1, L3, L5, L9, L12, L37 および L33 の 7 測点において RMT 1+8 (Fig. 1) を用いた層別採集を行った。各測点において shallow cast と deep cast の 2 曳網を 1 セットとして行った。それぞれの設定深度は shallow cast が 0-50-100-200 m の 3 層、deep cast が 200-500-1000-2000 m の 3 層とした。曳網時の船速は shallow cast が対水で 2 kt, deep cast では対地で 2 kt とした。RMT 1 m² の目合いは 330 μm , 8 m² は 4.5 mm である。

Stn. L1 における shallow cast の 8-1 では多量のオキアミが採集されたため、全量の 1/4 を標本として保存した。

Stn. L5 の deep cast では、Net 2 による採集中に濾水計不調となり、Net2 と Net3 では正確な濾水量のデータが得られなかった。また、同測点の shallow cast ではレリーサーが作動せず、サンプルを得ることはできなかった。Stns. L12, L37, L33 の 3 測点ではシステム不調のため、RMT 1 m² と 8 m² の各 1 枚開放のまま投入し、傾斜曳きで採集を行った。ワイヤーアウトは基本的に 500 m と 3000

mとした。なお、深度履歴を把握するため、深度計 (Alec, Compact-TD)を取り付けた。



Fig. 1 RMT 1+8

3-2-8. ORI ネット (添付 16 ネットログ Table 2 および添付 14 ORI 深度計データ参照)

小野敦史・戸田亮二・高橋憲太・佐藤勇介・田中祐志 (東京海洋大学)

町田龍二 (東京大学)

Paola G Batta Lona (コネチカット大学)

表層における動物プランクトンおよびマイクロネクトンの分布、現存量、種組成を把握する目的で Stns. L2, L4, L7, L11, L25, L35, I-10' および II-7 の 8 測点において ORI ネットを用いた採集を行った (ネットの口径は 1.6 m, 目合い 0.69 mm)。曳網時の船速は対水で 2 kt に設定した。ORI ネットには深度計 (Alec, Compact-TD) と濾水計を取り付けた。ワイヤーアウトは Stn. L2 では 400 m とし、その他の 7 測点では 500 m とした。Stn. L1 と L11 では DNA 解析用のサンプルを得る目的で、ワイヤーアウト 2000 m の曳網を行った。

3-2-9. NORPAC ネット ルーチン (添付 16 ネットログ Table 3 参照)

小野敦史・戸田亮二・高橋憲太・佐藤勇介・田中祐志 (東京海洋大学)

高橋邦夫 (国立極地研究所)

小・中型動物プランクトンの生物量および種組成を評価する目的で、リュツォ・ホルム湾およびマックロバートソンランド沖の計 40 測点において NORPAC ネット (口径 0.45 m, 目合い 100 μm および 330 μm , Fig. 2) による採集を行った。採集は深度 150-0 m の鉛直曳きで行った。ネットには濾水計を取り付け、濾水量を推定した。



Fig. 2 NORPAC ネット

3-2-10. サルパネット (添付 16 ネットログ Table 4 参照)

小野敦史・戸田亮二・高橋憲太・佐藤勇介・田中祐志 (東京海洋大学)

高橋邦夫 (国立極地研究所)

秋葉文弘 (石巻専修大学)

町田龍二 (東京大学)

Paola G. Batta Lona (コネチカット大学)

動物プランクトンの代謝速度測定 (酸素消費速度, アンモニアおよびリン酸排泄速度), 翼足類の飼育実験, ハイビジョンビデオならびにハイスピードビデオを用いた動物プランクトンの動画撮影およびDNA解析に用いる個体を得る目的で, リュツォ・ホルム湾およびマックロバートソンランド沖の計 32 測点においてコッドエンド部にトスロンバケツを取り付けたリングネット (通称サルパネット, 口径 1.0 m, 目合い 500 μm , Fig. 3) を用いて 200-0 m (Stn. I-9 では 100 m, Stn. II-7 では 175 m, Stn. K-3 では 500-0 m) までの鉛直曳きを行った。ワイヤー繰り出しは 1.0 m/s, 巻き上げは 0.5 m/s で行った。得られた試料から状態の良い動物プランクトンを選別し, それぞれの実験・観察に用いた。



Fig. 3 本航海で用いたサルパネット

3-2-11. 小型/微小動物プランクトンの現存量および分布 (NORPAC NIPR & がまロネット)

高橋邦夫 (国立極地研究所)

1.目的

これまで南極海生態系における大型の植食性カイアシ類の重要性について多くの知見が集積されてきているものの、たびたび数的に卓越する小型カイアシ類についての知見は依然として十分でない。本研究は目合 60 および 110 μm のネットを用いて小型/微小動物プランクトン群集を定量し、調査海域における小型/微小動物プランクトン構造のより正確な知見を得る。

2.観測実施概要

NORPAC twin net (110, 60 μm) による採集は 26 観測点において、またがまロネット (60 μm) による採集は、リュツォ・ホルム湾沖において表 1-1 に示す 12 観測点において実施した。なお、NORPAC twin net 採集は、200 m 深から表層までの鉛直採集、がまロネットは、0-100, 100-200, 200-500 m の 3 層の鉛直区分採集を行った。得られた標本は 5% 中性ホルマリンで固定保存した。

3.帰国後の予定

標本の種の同定、計数を行い、各分類群の現存量および空間分布を解析する。

表 1-1. NORPAC net およびがまロネットによる小型動物プランクトン採集

Date	Station	NORPAC net		Gamaguchi net		
		60 μm	110 μm	0-100 m	100-200 m	200-500 m
2009 Jan 13	L2	○	○	○	○	○
Jan 14	L3	○	○	○	○	○
Jan 15	L4	○	○	○	○	○
Jan 15	L5	○	○	○	○	○
Jan 16	L7	○	○	○	○	-
Jan 16	L9	○	○	○	○	○
Jan 17	L11	○	○	○	○	○
Jan 17	L12	○	○	-	○	○
Jan 18	L25	○	○	○	○	○
Jan 18	L37	○	○	○	○	○
Jan 19	L35	○	○	○	○	○
Jan 19	L33	○	○	○	○	○

Jan 21	HP	○	○	-	-	-
Jan 21	I-1	○	○	-	-	-
Jan 21	I-2	○	○	-	-	-
Jan 22	I-3	○	○	-	-	-
Jan 22	I-4	○	○	-	-	-
Jan 22	I-5	○	○	-	-	-
Jan 23	I-10	○	○	-	-	-
Jan 24	III-3	○	○	-	-	-
Jan 25	II-7	○	○	-	-	-
Jan 26	II-2	○	○	-	-	-
Jan 26	II-1	○	○	-	-	-
Jan 26	III-3A	○	○	-	-	-
Jan 27	III-4	○	○	-	-	-
Jan 27	III-5	-	○	-	-	-

3-2-12. 翼足類飼育実験

秋葉文弘・佐々木洋（石巻専修大学）

小達恒夫・福地光男（国立極地研究所）

1. 目的

有殻翼足類が分泌する粘液性捕食網（mucous web）の構造観察および生産速度、糞粒生産速度、植物プランクトンの摂食速度を測定する。また、海の酸性化が有殻翼足類の殻に及ぼす影響を評価する。

2. 観測概要

1) 有殻翼足類飼育実験

リュツォ・ホルム湾観測点（L3, L4, L7, L11, L12, L25, L37, L35）およびケープダンレー沖観測点（I-2, I-3, I-4, I-5, I-9, III-3, III-2, II-7, II-3, II-2）において SalpNet と NORPAC net (NIPR) により採集された有殻翼足類（*Limacina helicina Antarctica*:Fig.1, *Clio pyramidata*）を飼育実験に使用した。まず、翼足類を飢餓状態にするため、数個体を 0.2 μm のカプセルフィルターにより濾過した研究用海水またはバケツによる表面採水で得た濾過海水で 24 時間以上暗条件下で甲板水槽 (Fig.2) において飼育した。その後、100 μm メッシュにより大型の動物プランクトンや粒子を取り除いた

海水（飼育用海水）で満たしたポリカーボネートボトル（1Lまたは2L）に入れ、甲板水槽において暗条件下で24-48時間の飼育を行った。翼足類の種類、飼育時間、飼育ボトル内個体数、クロロフィル濃度に変化をつけ、計8回の飼育実験を行った。

全ての飼育実験において、ボトル内に放棄された mucous web は確認できなかった。飼育実験終了後、飼育海水を攪拌したのちに糞粒を駒込ピペットでピックアップし、飼育海水およびコントロール（飼育用海水のみの培養）それぞれ200 mLを25 mm Whatmann GF/Fでろ過し、DMFにより抽出した後、ターナー式蛍光光度計によりクロロフィル濃度を測定した。なお、飼育実験開始時の飼育用海水のクロロフィル濃度も同様に濾過し、ターナー式蛍光光度計により測定している。

2) 酸性化海水による有殻翼足類の飼育実験

海の酸性化が有殻翼足類の殻に及ぼす影響を評価するため、HClによりpHを調節した表面海水1Lで満たされたポリカーボネートボトルにおいて、暗条件下で甲板水槽において24時間の飼育を行った。飼育海水のpH調節には、表面海水を0.2 μm カプセルフィルターにより濾過した海水にHClを数mL加え、pH 1.36に調整した濾過海水を使用した。pH 1.36に調整した濾過海水を、0.2 μm カプセルフィルターにより表面海水を濾過した濾過海水1Lに3-4 mL程度加え、pH 7.83と7.54の飼育海水を作成した。作成した飼育海水で有殻翼足類（*Limacina helicina antarctica*）を24時間暗条件下で甲板水槽にて飼育した。飼育後、有殻翼足類は液体窒素により冷凍保存した。

3. 帰国後の予定

飼育実験で採集した糞粒の形体観察および湿重量と乾燥重量の測定、HClでヒューイングした後質量分析計（ANCA-GSL GEO 20-20, Europa Scientific Ltd.）で有機炭素量の測定を行う。また、飼育前後のクロロフィル濃度の比較から有殻翼足類（*L. helicina Antarctica*, *Clio pyramidata*）の植物プランクトン摂餌速度を求める予定である。また、pHを調節した海水で飼育した有殻翼足類を走査型電子顕微鏡下で観察する予定である。



Fig.1 (左) 有殻翼足類 *Limacina helicina Antarctica*

Fig.2 (右) 有殻翼足類飼育実験に用いた甲板水槽

3-2-13. アルゴスブイ投入

笠松伸江・小達恒夫 (国立極地研究所)

リュツォ・ホルム湾沖沖合の、海水の流れ場を調査するため、アルゴスブイ(MetOcean 社)投入を行った。

投入地点、日時は表の通りである。アルゴスブイの位置データおよび水温データは衛星通信を通じて日本で受信している。

表. アルゴスブイの投入日時と位置.

Argos ID No.	Date (GMT)	Latitude (S)	Longitude (E)
88219	2009/01/14 11:00	62-00.632	38-04.051
88220	2009/01/15 12:27	64-00.410	37-59.351
88221	2009/01/16 14:33	66-00.364	37-54.940

3-3. 採水

3-3-1. 溶存酸素

北出裕二郎（東京海洋大学）

CTD 付属の DO センサー(SBE43)の校正および海水中の DO を測定するために採水を行った。採水はCTDに取り付けたニスキン採水器から採水した。採水器の取り出し口に採水用ゴム管をはめ、コックを開いた後ゴム管を指で挟み水を出した。気泡が混入していないことを確認し、酸素瓶に丁寧に注入し、とも洗いを2回行った。とも洗い後、管の先端を瓶の底近くまで入れ、ゆっくりと試水を満たし、瓶の容量の 1/3 程度オーバーフローさせながら管を抜いた。栓も試水で洗浄した。その後、塩化マンガン溶液とアルカリ・ヨード液を順に各 0.5 mL 加えて栓をした。約 30 回瓶を上下に転倒させながら試水と試薬をよく混ぜ、暗所に静置した。6 N 塩酸 2 mL を加え、沈殿を完全に溶かした後、溶存酸素滴定装置タイランド MET-808 DO 型 (メトローム・シバタ株式会社)を用いて DO を測定した。

データは添付 8 を参照。

3-3-2. 塩分検定

北出裕二郎（東京海洋大学）

FSI CTD および Sea-Bird CTD の塩分センサーの校正を目的として、CTD 上昇時にニスキンボトルで採水した海水を塩検ビンに取り分けた。1 月 31 日にセミドライラボに設置された Autosal (Guildline 社製)により電気伝導度を求めた。室内の温度をおよそ 22°C とし、Autosal のバス内の温度を 24°C に設定した。

データは添付 7 を参照。

3-3-3. 溶存無機炭素濃度と炭素の安定同位体比測定

中岡慎一郎 (国立環境研究所)

海洋生物の光合成・呼吸活動や、有機物の分解過程および大気海洋間の二酸化炭素 (CO₂) 交換過程による海水中溶存無機炭素 (DIC) 濃度とその炭素の安定同位体比 (¹³C) の変動を把握する目的で、試料海水を採取した (採水測点、採水層の情報は添付 10 の採水リストを参照)。CTD に取付けたニスキン採水器によって各深度の試料海水を SIBATA 社製 250 mL 合わせガラス瓶に採水後、直ちに塩化第二水銀 (II) 飽和溶液を 50 μl 添加し、グリスで密栓した上で保管した。海水試料は持ち帰り後、クーロメーターを用いて DIC 濃度分析を行い、抽出装置で DIC を CO₂ として抽出した後、質量分析計にて ¹³C 分析を行なう。

3-3-4. 栄養塩

橋濱史典・鮎川航太・神田穰太 (東京海洋大学)

南大洋における栄養塩類の分布を明らかにするため、観測点における CTD-RMS キャスト (4. 参照) および研究用海水 (4. 参照) から試水を採取し、硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニウム塩、ケイ酸およびリン酸塩の項目についてオートアナライザー (AACS-III, Bran+Luebbe) を用いて船上分析した。

硝酸塩および亜硝酸塩の測定は、銅-カドミウム還元・ナフチルエチレンジアミン法 (Strickland and Parsons, 1968) を一部改変して行った。原法では、銅-カドミウムカラムの緩衝液として塩化アンモニウム溶液を用いるが、Bran+Luebbe のマニュアルに従いイミダゾールを用いた。アンモニウム塩の測定は、オルトフェニルフェノール法 (Kanda, 1995) に準じた。ケイ酸の測定は、モリブデ

ンブルー法 (Hansen and Koroleff, 1999) に従った。リン酸塩の測定は、モリブデンブルー法 (Murphy and Riley, 1962) を改変した Hansen and Koroleff (1999) の方法を用いた。

また、氷縁域における栄養塩類の動態を把握するため、Stn. L12、T1、II-1 で採取した氷、および Stn. I-3 で採取した雪についても、室温で溶かした後、オートアナライザーを用いて分析した。

3-3-5. 栄養塩ストイキオメトリと植物プランクトン群集組成

橋濱史典・鮎川航太・堀本奈穂・神田穰太 (東京海洋大学)

平譚 享・高尾信太郎・香川奈緒子 (北海道大学)

笠松伸江 (国立極地研究所)

中岡慎一郎 (国立環境研究所)

高栄養塩低クロロフィル状態が卓越する南大洋では、植物プランクトンの光合成は栄養塩によって律速されないという見方が一般的である。しかしながら、栄養塩類のストイキオメトリ (例えば、硝酸塩とリン酸塩の濃度比) の変動に併せて植物プランクトン群集組成が劇的に変わることがロス海で報告されており、その組成変化は二酸化炭素の海洋へのシンクを制御すると考えられている (Arrigo *et al.*, 1999)。本研究では、インド洋セクターの領域における栄養塩ストイキオメトリと植物プランクトン群集組成の関係を明らかにすることを目的とする。

栄養塩分析 (3-3-4. 栄養塩参照) によって得られる濃度比の分布と、HPLC による植物色素分析 (3-3-11 参照) および検鏡 (3-3-12 および 3-3-10 参照) から得られる植物プランクトン群集組成の分布との比較を行う。また、それらと DIC 濃度分布 (3-3-3 参照) との関係も調べる

さらに、本航海では植物プランクトンブルームをシミュレートした培養実験を行った。Stn. L1 および L33 において表面海水を酸洗浄したバケツで採取し、9 L のポリカーボネートタンクに移した後、硫酸鉄を 5.6 nM 添加し、表面海水を流した甲板水槽内にて 6 日間培養した。培養開始時と終了時に栄養塩、DIC、HPLC および検鏡の項目についてサンプリングを行った。培養終了時には

目視でわかるほどタンク内の海水が緑色になっており、このブルームに伴う栄養塩ストイキオメトリおよび植物プランクトン群集組成の変動、さらには DIC 濃度の変動が期待される。

3-3-6. 南極海における亜硝酸極大に関する研究

鮎川航太・橋濱史典・神田穰太 (東京海洋大学)

海水中の亜硝酸塩は様々なプロセスを通じて生成・消費されるため、その挙動を明らかにすることは海洋の窒素循環を理解する上で重要である。亜硝酸塩は主として、海洋表層では植物プランクトンに、深層では硝化細菌によって消費される。そのため表層でも深層でも濃度は極めて低いが、しばしば有光層下部に濃度の極大を形成することがある。この亜硝酸極大の形成要因としては、植物プランクトンによる硝酸塩の不完全な同化と硝化細菌によるアンモニウム塩の酸化が知られている (Lomas and Lipschultz, 2006)。これまでの海鷹丸による観測 (UM0203 & UM0405) では、南極海に形成される亜硝酸極大は水温極小層の上部と下部にピークを持つなど、複雑な鉛直分布を示すことが明らかになっている。本研究では、不完全な硝酸同化とアンモニウム塩の酸化のどちらが南極海における亜硝酸極大形成に寄与しているのかを明らかにすることを目的とする。

観測は Stn. L1、L9、III-5 の 3 点において行った。まず、亜硝酸塩濃度の詳細鉛直分布を捉えるために、深度間隔を 5~10 m に設定した採水を CTD-SBE を用いて行った。得られた試水はオートアナライザーを用いて船上にて分析した。分析項目および方法は 3-3. 栄養塩の項を参照されたい。次に、CTD-FSI を用いて水温極小層付近の 3 層で試水を採取し、 ^{15}N トレーサー実験を行った。試水は 2 L のポリカーボネイトボトル 4 本に採取した。4 本中 1 本は現場の ^{14}N と ^{15}N の同位体比を測定するためのサンプルで、採水後直ちに凍結保存した。残りの 3 本については $^{15}\text{N-NO}_3^-$ 、 $^{15}\text{N-NH}_4^+$ 、 $^{15}\text{N-NO}_2^-$ をそれぞれ添加し、採水層の相対光強度に減光して、表面海水を流した甲板水槽内で 24 時間培養した。培養終了後、試水を焼済 Whatman GF/F フィルター (450°C, 4h) でろ過後、フィルターとろ液は直ちに凍結保存した。フィルターサンプルとろ液は研究室に持ち帰り、質量分析計を

用い¹⁴Nと¹⁵Nの同位体比を測定する。

3-3-7. $\delta^{18}\text{O}$

大島慶一郎・深町康・平池友梨・山本健喜（北海道大学）

酸素の安定同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ は、水塊、特にその淡水分の履歴を理解するうえで有用なトレーサーである。海水の塩分変化の要因には主として海氷融解、降雪、氷河の融解が挙げられるが、塩分の変化のみではこの要因の推定は不可能である。ここでそれぞれの淡水分の持つ酸素安定同位体比をみると、積雪では同位体比が-17‰前後、氷床起源では-35-50‰となり、海氷の融解では同位体比はほとんど変わらない。この大幅な違いを使えば、塩分の差が生じた原因についての推定が可能となる。現在いわれているような陸棚水の低塩化が降雪の増加によるものなのか、氷床の融解によるものなのかといった気候変動に関する問題から、夏場の海氷融解量についての推定など、 $\delta^{18}\text{O}$ は様々な用途に利用できる。

本研究ではリュツォ・ホルム湾沖のL測線の13点、及びケープダンレー沖のI, II, III測線の23点、の計36点で採水を実施した。ねじ口瓶(SV-30)に採水した後、常温で増す締めを行い、パラフィルムを巻きつけて保存した。資料は北海道大学低温科学研究所に持ち帰りの上、当研究所の青木茂が中心となり、質量分析計により分析される予定である。

3-3-8. 基礎生産力の測定

平譚 享・高尾信太郎（北海道大学）

堀本奈穂（東京海洋大学）

南大洋における基礎生産力の分布の解明および光吸収係数を利用した衛星基礎生産推定モデル

作成のため、疑似現場法による植物プランクトンの基礎生産力測定を行った（下表）。光合成活性は¹³C法（Hama et al., 1983）に従って測定された。

試水は海面およびPARが海面の25、12.5、6、3、1%となる深度からニスキン採水器によって採取した。それぞれの試水500 mLを各層2本のポリカーボネイトボトルに入れ、NaH₁₃CO₃水溶液（ISOTEC, Inc.）を全炭酸量の約10%となるように加えた。黒色ネットによりボトル内の光量を各層の光量（%）に合わせ、海面水温に調整した水槽内で太陽光により試水のインキュベーションを行った。インキュベーションは24時間行った。インキュベーション終了後、あらかじめ450°Cで4時間燃焼しておいたWhatman GF/Fグラスファイバーフィルター（φ25 mm）に試水を濾過し、濾過海水で洗浄した。フィルターサンプルは液体窒素中に冷凍保存した。採水直後にNaH₁₃CO₃水溶液を添加しない試水500 mLを同様にろ過、冷凍保存し、natural abundanceサンプルとした。また、海面、光学深度12.5%層および1%層の試水をガラスボトルに採取後、塩化第2水銀水溶液を添加して生物活動を停止させ、全炭酸測定用サンプルとした。

観測点においては同様の方法により、サイズ別の基礎生産力測定も実施した。採水層は海面、12.5%および1%層の3層とし、20μm、5μmおよびGF/Fによりサイズ分画を行った。

帰国後、¹²Cと¹³Cの同位体比および全炭酸濃度を測定し、炭素固定量をHama et al.（1983）の式により計算する。

08-09 T/S UMITAKA-MARU Cruise (Primary Production)

Stn.	Date(LT)	Time(LT)	Date(GMT)	Time(GMT)	ZT	Latitude (°S)	Longitude (°E)	Optical Depth							Incubation		PP-size	HPLC-size	
								100%	25%	12.5%	6%	3%	1%	Start Time (GMT)	Stop Time (GMT)				
L1	2009/01/13	10:47	2009/01/13	07:47	+ 3:00	59	59.9095	38	0.1344	0	23	47	75	92	120	2009/01/13 09:50	2009/01/14 09:50	○	○
L3	2009/01/14	11:24	2009/01/14	08:24	+ 3:00	62	0.0279	38	0.1207	0	26	49	78	100	125	2009/01/14 11:00	2009/01/15 11:00		
L5	2009/01/15	09:40	2009/01/15	06:40	+ 3:00	64	0.0929	38	0.3158	0	25	52	77	100	120	2009/01/15 08:50	2009/01/16 09:00		
L9	2009/01/16	10:59	2009/01/16	07:59	+ 3:00	66	0.0208	37	59.5757	0	27	58	82	100	125	2009/01/16 11:00	2009/01/17 11:00	○	○
L12	2009/01/17	15:00	2009/01/17	12:00	+ 3:00	67	43.2185	37	58.0240	0	2	3	7	12	35	2009/01/17 14:00	2009/01/18 14:00		
L37	2009/01/18	14:36	2009/01/18	11:36	+ 3:00	67	6.8063	41	59.9427	0	14	25	37	47	68	2009/01/18 13:50	2009/01/19 13:50		
L33	2009/01/19	11:46	2009/01/19	08:46	+ 3:00	65	0.0136	42	0.0286	0	26	51	70	85	130	2009/01/19 11:40	2009/01/20 11:40		
I-10	2009/01/23	12:34	2009/01/23	08:34	+ 4:00	67	19.9853	65	51.4165	0	13	15	21	25	33	2009/01/23 12:00	2009/01/24 12:00	○	○
II-7	2009/01/25	07:02	2009/01/25	03:02	+ 4:00	67	10.3742	68	50.5095	0	10	16	21	25	32	2009/01/25 06:30	2009/01/26 06:30		
K1	2009/01/28	09:43	2009/01/28	04:43	+ 5:00	62	12.0514	80	7.6239	0	10	17	23	30	40	2009/01/28 06:30	2009/01/29 06:30		
K2	2009/01/29	09:07	2009/01/29	03:37	+ 5:30	57	39.0162	83	27.4139	0	15	25	38	48	68	2009/01/29 05:30	2009/01/30 05:30		
K3	2009/01/30	09:36	2009/01/30	03:06	+ 6:30	55	29.3571	89	5.9931	0	14	30	50	64	92	2009/01/30 05:00	2009/01/31 05:00		

* Time, Lat., Long.はFSI PP cast 開始時のデータを使用

* PP-size, HPLC-sizeは100%、12.5%、1%の3層において各サンプルを20μ、5μ、GF/Fの3サイズに分画

3-3-9. クロロフィルa濃度 ルーチン

平譚 享・高尾信太郎・香川奈緒子（北海道大学）

堀本奈穂（東京海洋大学）

試水 200 mL を Whatman GF/F グラスファイバーフィルター（ ϕ 25 mm）で濾過した後、DMF（N, N-Dimethylformamide）により光合成色素を冷暗所において抽出した（Suzuki and Ishimaru, 1990）。その後、蛍光光度計 10AU（Turner Designs）を用いて抽出した色素の蛍光光度を測定し、非酸添加蛍光法（Welschmeyer）によりクロロフィル *a* 濃度を求めた。なお、蛍光光度計はクロロフィル *a* 標準試料（SIGMA）を DMF に溶解した標準溶液によりキャリブレーションを行った。標準溶液のクロロフィル *a* 濃度はその吸光度と DMF 中におけるクロロフィル *a* の比吸光係数（Porra et al., 1989）から算出した。各観測点におけるクロロフィル *a* 濃度を添付 9 とした。観測期間中、セカンダリースタンドによる蛍光光度計の安定性を確認したところ、出港時よりも感度が下がっていることが認められた。フィルターの劣化とセカンダリースタンドの劣化の両方が考えられるため、蛍光光度計が東京に戻った後に標準溶液を使用して確認する。

3-3-10. 植物プランクトンの群集構造の把握 と主要種の培養株作成

堀本奈穂・山口征矢（東京海洋大学）

南極海の外洋域から季節海氷域における植物プランクトンの群集構造やその生理活性に関する知見を蓄積し、南大洋インド洋セクターにおける海洋環境と低次生産変動のメカニズムを解明することを目的として行った。

試料は、FSI社製のCTDに取り付けたテフロンコーティングを施したニスキン採水器（20L）を用いて採水した。採水深度は、海表面（0 m）を100%とした相対照度が100, 12.5, 3, 1%となる深度とした。相対照度深度は、CTDに取り付けた光量子センサー（LI-COR社製）の鉛直プロファイルから決定した。海水試料は直ちに中性ホルマリンを終濃度1%になるように加えて固定した。その後研究室に持ち帰り、光学顕微鏡を用いて同定及び計数し、細胞サイズを測定し、炭素量の推定を行う予定である。

また、同サンプルのうち100%および1%照度水深の0.5-2 L相当の試料については、ホルマリンで固定をしない細胞の蛍光顕微鏡による観察を行った。これにより、珪藻、渦鞭毛藻、珪質鞭毛藻、ハプト藻の主要種について、細胞形態やクロロフィル蛍光の有無を確認し、各細胞の顕微鏡写真を得た。植物プランクトンの培養は、L10-100%, L12-100%・1%, L37-100%, L33-100%, II2-100%, II7-100%, K1-100%・1%, K2-10%, K3-100%の試料を用いて行った。それぞれの試水を用いてT1培地を作成し、実体顕微鏡下で単離した細胞は、培地で洗浄して24wellマイクロプレートに接種した。それらは、0°Cに設定した恒温装置で明暗周期12:12、照度 $50 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の条件で培養し、東京まで持ち帰り細胞生理について実験を進める予定である。

3-3-11. 植物プランクトングループと光学特性およびDMS濃度との関係

（HPLC、光吸収係数）

平譚 享・高尾信太郎・香川奈緒子（北海道大学）

植物プランクトンはそのグループによって色素組成と光学特性が異なる。それぞれの植物プランクトングループが持つ吸収係数などの光学特性な違いを利用することにより、海色衛星データから植物プランクトングループを光学的に識別し、さらに優占する植物プランクトングループを指標としてDMSP/DMSを推定するべく、植物プランクトン色素濃度サンプルの作成と、光吸収係数(a^*_{ph} 、CDOM)の測定を行った(下表)。DMSP/DMSの測定については「3-3-12. 生物生産過程とDMSの関係に関する研究」を参照のこと。採水層は添付10を参照。

(1) 植物色素濃度サンプル

試水 1-6 L を 20 μm ナイロンメッシュ、5 μm ナイロンメッシュおよび Whatman GF/F グラスファイバーフィルター ($\phi 47 \text{ mm}$) に順に分画濾過した。濾過後、フィルターの水分を十分に切り、液体窒素中に凍結保存した。サンプルを実験室に持ち帰った後、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によって各植物色素濃度を測定する。

(2) 海中懸濁粒子による吸収係数

グラスファイバーフィルター法 (Mitchell and Kiefer, 1984, 1988) により測定した。試水 1-5L を Whatman GF/F グラスファイバーフィルター ($\phi 25 \text{ mm}$) で濾過した。フィルターサンプルの吸光度を分光光度計 MPS-2400 (Shimadzu) によって測定した。スリット幅 2 nm、測定波長 350-750 nm、ピッチ 0.5 nm で走査した。その際、750 nm の値を 0 とした。ろ過直径を計測した後、色素を除去するためフィルターを 1 昼夜メタノールに浸した (Kishino et al., 1985)。再度メタノールで洗い、さらに濾過海水で洗浄した (Bricaud and Stramski, 1990)。脱色後のフィルターを再度分光光度計にセットし吸光度を測定した。これらの吸光度から全懸濁粒子の吸収係数、植物プランクトンの吸収係数、植物プランクトン以外の粒子の吸収係数を算出する。

(3) 溶存有色物質 (CDOM) の吸収係数

試水 500 mL をポアサイズ 0.2 μm スクレポアフィルターでろ過した。ろ過後の海水を 10 cm 円筒

セルに入れ、分光光度計 MPS-2400 (Shimadzu)によって吸光度を測定した。対照はミリ Q 水とした。

分光光度計の設定は上記と同じである。

08-09 T/S UMITAKA-MARU Cruise (HPLC・a*・CDOM)

Stn.	Date(LT)	Time(LT)	Date(GMT)	Time(GMT)	ZT	Latitude (°,S)		Longitude (°,E)		HPLC (Bulk)	a*	CDOM
L1	2009/01/13	9:22	2009/01/13	06:22	+ 3:00	59	59.9967	38	1.9211	○	○	○
L3	2009/01/14	13:34	2009/01/14	10:34	+ 3:00	62	0.8487	38	3.8588	○	○	○
L5	2009/01/15	11:51	2009/01/15	08:51	+ 3:00	64	0.1446	37	59.6708	○	○	○
L9	2009/01/16	11:45	2009/01/16	08:45	+ 3:00	66	0.0976	37	59.0160	○	○	○
L12	2009/01/17	15:00	2009/01/17	12:00	+ 3:00	67	43.2185	37	58.0240	○	○	○
L37	2009/01/18	15:18	2009/01/18	12:18	+ 3:00	67	6.7937	42	0.1028	○	○	○
L33	2009/01/19	12:23	2009/01/19	09:23	+ 3:00	64	59.9458	41	59.4784	○	○	○
I-10	2009/01/23	13:18	2009/01/23	09:18	+ 4:00	67	19.9660	65	57.0747	○	○	○
II-7	2009/01/25	7:44	2009/01/25	03:44	+ 4:00	67	10.5371	68	51.2448	○	○	○
K1	2009/01/28	10:23	2009/01/28	05:23	+ 5:00	62	12.0593	80	7.6768	○	○	○
K2	2009/01/29	9:45	2009/01/29	04:15	+ 5:30	57	39.1625	83	27.6775	○	○	○
K3	2009/01/30	10:10	2009/01/30	03:40	+ 6:30	55	29.4254	89	6.4162	○	○	○

* Time、Lat.、Long.はFSI Shallow cast 開始時のデータを使用

3-3-12. 生物生産過程と DMS の関係に関する研究

DMS および DMSP 濃度, 植物プランクトン顕微鏡観察, クロロフィル *a* サイズ別濃度, DMSP-
バクテリア分解実験

笠松伸江・小達恒夫・福地光男 (国立極地研究所)

岡本亜矢子・浜崎恒二 (東京大学)

平譚 享 (北海道大学)

硫化ジメチル (DMS, $(\text{CH}_3)_2\text{S}$) は海洋環境において生物学的に作られる主要な揮発性有機硫黄化合物である。植物プランクトンが生成する硫化ジメチルの前駆体, DMSP (ジメチルスルフォニオプロピオネート) は, 引き続き起こる生物過程を通じて硫化ジメチル (DMS) となり, 大気中に放出され化学変化を経ると雲の凝結核となり, 地球規模気候変化に影響を与えられとされる。南極海における DMS の生成過程を明らかにするため, 今航海において, 海水中 DMS および DMSP 濃度分布の把握および生物生産過程に関する観測を行った。

航走中およびリュツォ・ホルム湾沖とケーブダンレー沖の停船観測点において研究用海水, バケツ採水による表面海水, FSI-CTD マルチサンプラー付きニスキン採水器により水深 0 m から 200 m の各層(添付のポンプ採水ログおよび採水リスト参照)から DMS および全 DMSP 濃度, 植物プランクトン種組成顕微鏡観察, クロロフィルサイズ別濃度測定用の試水を採取した。

DMS(P)濃度用の試水は直接ニスキンボトルまたはバケツから採水チューブを用いて 30 mL 容ガラスバイアルに移した。この時, DMS 濃度用試水は採水チューブに 47 mm Whatman GF/F を取り付ける過しながら採水した。DMS 濃度用試水はゴム栓とアルミキャップで密閉し分析するまで約 4°C 以下の暗所に保存した。DMS の分離は Kasamatsu et al. (2004) のページ&トラップ法で行い, 定量は蛍光光度検出器付きのガスクロマトグラフ(Shimadzu GC-2014)により行った。DMS 用のサンプルは 12 時間以内に分析した。試水の入った 30 mL バイアル瓶に 8 N の水酸化ナトリウム溶液を 4 mL 加え, ゴム栓とアルミキャップで密栓し 24 時間以上冷暗所(0-4 °C)に放置し, DMSP を DMS とアクリル酸に分解し, DMS として測定した。この操作により, 全 DMSP 分解により生成した DMS

と海水中に溶存していた DMS が測定される。ここで測定される濃度から DMS 濃度を差し引くことにより全 DMSP 濃度を算出した。

バクテリアと DMSP および DMS 濃度の関係を把握するためバクテリアによる DMSP 分解実験を行った。

植物プランクトンと DMSP 量の関係を把握するため、植物プランクトン顕微鏡用試料の採水を行った。ニスキンボトル、バケツもしくは研究用海水から 500 mL 容のサンプル瓶に採水し、2% グルタルアルデヒド-ホルゴール混液で固定し、4°C 以下で保存した。サンプルは日本に帰国後に顕微鏡観察を行い、植物プランクトン種組成のデータを得る予定である。

植物プランクトンのサイズ分布特性と DMSP 濃度分布の関係を把握するため、クロロフィルサイズ別濃度を測定した。試水はニスキンボトル、バケツもしくは研究用海水から 500 mL 容のポリカーボネートボトルに移され、採水後数時間以内に 10 μm および 2 μm のヌクレポアフィルターおよび GF/F フィルターで分別濾過した。また、別の試水 200 mL を全クロロフィル *a* 濃度の測定のために GF/F フィルターで濾過した。濾過後直ちにフィルターをザルステッドチューブに移し、DMF (*N, N*-dimethylformamide) を 6 mL 加えて密栓し、色素を抽出した (Suzuki and Ishimaru, 1990)。抽出液はただちに遮光し、分析まで -20°C で保存した。クロロフィル *a* 濃度の測定は船上において、ターナー式蛍光光度計を用いて Welschmeyer 法によって測定した。

3-3-13. DMSP - bacteria 培養実験

岡本亜矢子 (東京大学)

笠松伸江 (国立極地研究所)

浜崎恒二 (東京大学)

南大洋における DMSP の分解に関わる細菌種を明らかにすることを目的とし、DMSP 添加培養及び細胞増殖のマーカーとして汎用されているブロモデオキシウリジン (BrdU) を用いた培養実験を

行った。Stn. L1、L12においては表面海水を揚水ポンプで200 Lくみ上げ、15 cm Whatman GF/Fでろ過し、ろ過海水を20 Lポリタンク11個に貯め、ろ過海水中のDMSとDMSPの濃度を減少させる為遮光をして数日間放置した。数日後、20 Lポリタンクから200 Lタンクに移し、よく攪拌してから20 Lユニオンテナー9個にろ過海水を分注した。ユニオンテナー6個にBrdU(終濃度20 nM)および基質としてそれぞれDMSP(終濃度100 nM)、ロイシン(終濃度83 nM)、グルコース(終濃度83 nM)を加えた。2個にはBrdU(終濃度20 nM)のみを添加し、1個は何も加えずコントロールとして培養を甲板水槽(現場海水温±2°C)にて行った。サンプリングは表1に示した時間、測定項目で行った。基質添加後を培養実験のはじめ(T=0)とし、T0のサンプリングにおいては、DMSとDMSPの濃度はそれぞれのユニオンテナーから採水し、その他の測定項目は200 Lタンクから採水した。なお、Stn. L1、L12のDMSP濃度変化の結果から、20 Lポリタンクで数日間放置してもDMSP濃度が減少しなかった為、次のStn. I-4、II-5においては表面海水を揚水ポンプで200 Lくみ上げ、15 cm Whatman GF/Fでろ過し、直接200 Lタンクに貯めよく攪拌してから20 Lユニオンテナー9個にろ過海水を分注し、上記と同様に基質を添加し培養を開始した。最後に航行中の研究用海水を用いて同様の実験を行った。

サンプルは以下のように保存した。解析は東京大学海洋研究所の研究室で行う。

現場群集構造解析(DNA);現場海水2 Lを孔径0.22 μmのステリベクスフィルターでろ過し-20°Cで冷凍保存した。解析はPCR-DGGE法を用いる。

DMS代謝遺伝子解析(mRNA);現場海水2 Lを孔径3 μm、0.2 μmのポリカーボネートメンブレンフィルター上に吸引ろ過し、RNAlaterの入った2 mLエッペンチューブに入れなじましてから-80°Cで冷凍保存した。

溶存炭素測定(DOC);現場海水20 mLを、ベルジャーを用いて有機物フリーのGF/Fフィルター(450°C、5時間燃焼済)でろ過し、ろ液を有機物フリー(550°C、5時間燃焼済)のサンプル管に入れ、-80°Cで冷凍保存した。測定は東京大学海洋研究所で行う。

クロロフィルa濃度(Chl);試料海水500 mLを25 mm GF/Fフィルターでろ過し、6 mLのDMFで抽出(Suzuki and Ishimaru 1990)後、ターナー蛍光光度計で測定した。

ウイルスフローサイト計数 (Virus FCM) ; 試料海水 4 mL を終濃度 0.5% グルタルアルデヒドで固定後、液体窒素で凍結後-80°C で冷凍保存した。東京大学海洋研究所でフローサイトメトリーを用いウイルス数を係数する。

細菌フローサイト計数 (Bacteria FCM) ; 試料海水 4 mL を終濃度 2% パラホルムアルデヒドで固定後、液体窒素で凍結後-80°C で冷凍保存した。東京大学海洋研究所でフローサイトメトリーを用い全菌数を係数する。

細菌増殖速度 (BrdU-bulk) ; 試料海水 40 mL をコーニングチューブに移し、終濃度 100 nM のチミジンを加え、-20°C で冷凍保存した。解析は BrdU-bulk 法を用いる (Hamasaki et al., 2006)。

増殖細菌系統群別計数 (BIC-FISH) ; 試料海水 50 mL を終濃度 2% パラホルムアルデヒドで固定後、24 時間以上 4°C で保存し孔径 0.2 μm のポリカーボネートメンブレンフィルター上に吸引ろ過し、-80°C で冷凍保存した。解析は BrdU 免疫化学 FISH (BIC-FISH 法) を用いる。

増殖細菌群集構造 (BUMP-DGGE) ; 試料海水 20L (Stn. II-5 では 15 L) を孔径 0.22 μm のステリベクスフィルターでろ過し-20°C で冷凍保存した。解析は磁気ビーズを用いた PCR-DGGE (BUMP-DGGE) 法 (Hamasaki et al., 2007) で行う。

また、DNA、RNA、DOC についてはリュツォ・ホルム沖で 7 点、Halfway、ケープダンレー沖で 15 点、計 23 点でも環境サンプルを採水した。(添付 10 採水リスト参照)

表1 サンプルング時間と測定項目

Stn.	Incubation time(h)	DNA	RNA	DOC	Virus FCM	Bacteria FCM	BrdU-bulk /BIC-FISH	BUMP- DGGE	Chl
L1	In situ	○	○	○	○	○	○		○
	GF/F後	○			○	○	○		
	0	○		○	○	○	○		
	12				○	○	○		
	24				○	○	○	○	
L12	In situ	○	○	○	○	○	○		○
	GF/F後	○			○	○	○		
	0	○		○	○	○	○		
	6				○	○	○		
	12				○	○	○	○	
L-4	In situ	○	○	○	○	○	○		○
	GF/F後	○			○	○	○		
	0	○		○	○	○	○		
	7				○	○	○		
	14				○	○	○	○	
L-5	In situ	○	○	○	○	○	○		○
	GF/F後	○			○	○	○		
	0	○		○	○	○	○		
	13				○	○	○		
	22				○	○	○	○	
23	In situ	○	○	○	○	○	○		○
	GF/F後	○			/	○	○		
	0	○		○	/	○	○		○
	3				/	○	○		
	6				/	○	○		
	10				/	○	○	○	○

3-3-14. 懸濁態粒状有機炭素、窒素濃度および安定同位体比

(POC, PON, delta ¹³C, delta ¹⁵N)

秋葉文弘・佐々木洋 (石巻専修大学)

小達恒夫・福地光男 (国立極地研究所)

1. 目的

リュツォ・ホルム湾沖における POC, PON 濃度分布の把握および安定同位体比を明らかにする

2. 観測概要

リュツォ・ホルム湾沖の停船観測点 7 点 (L1, L3, L5, L9, L12, L37, L33) およびケープダンレー沖

観測点 2 点 (I-10, II-7) において 20 L ニスキンボトルから採水を行った。採水層は、深度 10, 30, 75, ChlMAX, 100 m の 5 層であり、それぞれ 8 L を燃焼・重量測定済みの 47 mm Whatmann GF/F でろ過した。ろ過後、フィルターはディープフリーザーで凍結保存した。

3. 帰国後の予定

フィルターサンプルを HCl でヒューイングした後、石巻専修大学で質量分析計 (ANCA-GSL GEO 20-20, Europa Scientific Ltd.) を用いて粒状物の有機炭素、窒素量および安定同位体比を測定する予定である。

3-3-15. ナノ、ピコプランクトン、微小動物プランクトン

秋葉文弘・佐々木洋 (石巻専修大学)

小達恒夫・福地光男 (国立極地研究所)

1. 目的

リュツォ・ホルム湾沖におけるナノ、ピコプランクトン、微小動物プランクトンの現存量と分類群組成の把握である。

2. 観測概要

リュツォ・ホルム湾沖の停船観測点 7 点 (L1, L3, L5, L9, L12, L37, L33) およびケープ・ダンレー沖観測点 2 点 (I-10, II-7) の深度 10, 30, 75, ChlMAX, 100 m の 5 層から 20 L にスキュラ採水器を用いて採水を行った。採水後、ナノ・ピコプランクトンの計数用に海水 80 mL にグルタルアルデヒド溶液を終濃度 1% となるよう 20 mL 添加しナノ、ピコプランクトンを固定した後、遮光して冷蔵庫で保存した。また、微小動物プランクトンの計数および分類群組成のため、海水 490 mL に酸性ルゴールを 10 mL、海水 470 mL にブアンを 25 mL、酢酸を 5 mL 加えて固定した。

3. 帰国後の予定

グルタルアルデヒド固定サンプルは、石巻専修大学において、フィルターでろ過した後、蛍光顕微鏡下で計数を行う。また、ブアン固定サンプルは、フィルターでろ過後プロタゴール染色を行い、出現量の計数を行う。