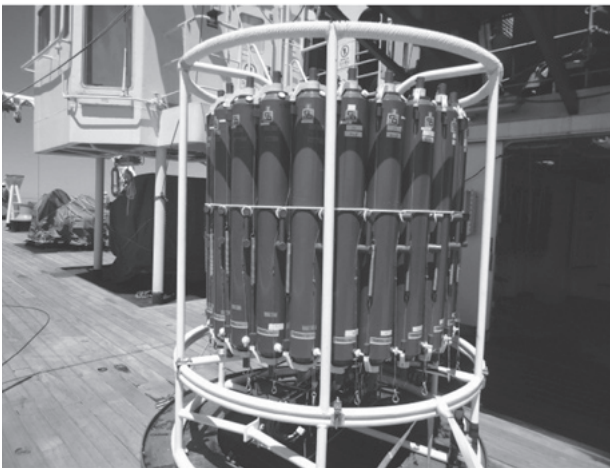


海洋観測船による南太平洋・南極海研究航海

丸尾 雅啓
環境生態学科

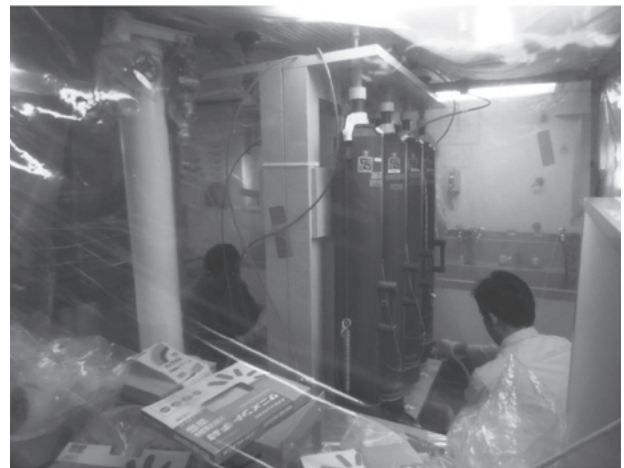
昨年12月から今年1月にかけて参加した、海洋観測船白鳳丸 JAMSTEC：海洋科学技術開発機構所有）による研究航海について紹介させていただきます。白鳳丸は東京大学大気海洋研究所が運航計画を立てています。訪れる海域は様々ですが、本航海では10年ぶりに南極海・南太平洋の西経170度線に沿って観測を行いました。特に今回は世界の海洋観測船を持つ国々（アメリカ合衆国・カナダ・フランス・イギリス等16カ国）の共同観測計画 [GEOTRACES] の一環としても行われました。この観測計画では、地球規模での海洋の化学成分を測定し、以前に行われた同様の大規模観測 [GEOSECS] との変化、また以前は測定できなかった成分の分布を知ることが目的の一つです。そのため各国の同意が得られた観測方法に従ってデータを取り、また試料も一定の手法で採取・処理したものの分析します。主たる観測は、一定間隔の観測点における海洋の物理・化学指標観測、化学成分測定のための採水、海水中懸濁物の採取、海底堆積物の採取です。このほか放射性元素測定のための海水採取、現場化学成分分析装置による鉄濃度の測定など、それぞれの研究者が独自の研究を行います。



CTD-RMS (Chlorinity Temperature Depth - Rosetta Mounting System) 海洋観測採水システムです。24本のニスキンX式採水器(容量12L)を搭載し、船からワイヤーでつり下げて投入します。現場の塩分などのデータが、ケーブルを通して船上にリアルタイムで転送されるので、必要な深度での採水ができます。無事に採れているかを見ることはできませんが、ほぼ成功率100%。でも時にクラゲの触手が付いていることも。

本航海の日程は2014年12月2日～2015年2月26日の長期にわたり、4つのLegで構成されました。私が乗船したのは2つめのLegで、ニュージーランドの首都Wellingtonを12月に出港し、翌年1月Aucklandに入港する25日間の日程でした。航路上に10観測点が設けられました。

寄港地を離れた日の夕方には全体ミーティングが開かれて、自己紹介と全体の観測計画の説明があります。そのあとは共通の設備の整備や動作確認、各自の研究機器の確認と設置を行います。最初の観測点までには一日以上あったので、十分に時間を取ることができました。海況や天候によって、実際に観測を始める時間は前後します。時には24時間以上、待機となることもあります。観測点でのスケジュールは、各研究者の希望を受けてから決定され、各船室に予定表が配布されます。到着予定時間は概ねわかっているので観測点が近づくと、皆観測に向けて準備を始めます。ある観測点でのスケジュールを示します。



GEOTRACES 観測計画のプロトコルに従って、試料処理を行います。採水終了後の採水器はそのまま船内実験室のクリーンブース(除塵フィルターを通じた空気が常に送り込まれる状態の区画)に運ばれます。この中で試料採取を行います。一測点で3～5回の採水を行いますと、最大で120本分の作業が必要となります。これを各研究者のリクエストに応じて、サイズと材質が異なる容器に移すので、なかなか大変。

0130 (午前1時30分) 観測点到着
0130-0430 CTD-RMS 1回目 (海底約5000m)
0500-0800 大量採水1回 (同上)
(大量採水器の容量は1本200L超で4本掛)
0830-1100 CTD-RMS 2回目 (3500m)
1130-1530 大量採水3回 (1000, 300, 60m)
1600-1730 CTD-RMS 3回目 (1500m)
1800-2030 大量採水1回 (3000m)
2100-2200 CTD-RMS 4回目 (400m)
2230-2日目 0130

マルチプルコアラー：堆積物採取

0200-0300 CTD-RMS 5回目 (100m)
0330-0700 現場ろ過 (1000mで装置をつり下げて海中懸濁物の収集)
0700 次の観測点へ (17時間後に到着予定)

全ての作業に全員が参加するわけではありませんが、たとえば海水を採取する研究者の場合、5回CTD-RMSによる試料採取を行い、各回24本の試料を各々の目的にあうよう分取していくので、なかなか忙しい作業となります。夜間に作業を行い、時に海水をかぶり(キツイ)、機器調整でグリソや油にまみれ(キタナイ)、重量のある測器を高テンションのワイヤーでつり上げる(キケン)ので、3Kといわれることもあります。

採水開始時には担当者10人ほどが立ち会い、測定器のチェック、採水器の蓋を開け、RMSの中心

にあるフックに蓋とつながっているテグスを引っかけておきます。このフックを船上からの信号で解放し、蓋を閉めるようになっています。CTD-RMSをつり下げているワイヤーの中には、採水器の蓋を閉じるための信号を送り、一方でリアルタイムのCTDデータを船上に送るためのケーブルが備わっています。ケーブルの外部は海水と接しないように被覆されており、さらにおそらく世界で唯一であろうチタン製のワイヤーがその外部を支えています。チタンにこだわるのは、海水中の微量な鉄の濃度(低いときには 10^{-11} mol/L以下となります)を、船や機器からの汚染を受けずに測定するためです。システムが無事海中に投入されると、回収まで長いときは3時間くらいかかりますので、その間に仮眠を取ったり、試料保存用の容器に識別用の番号を打ったりしながら待機します。

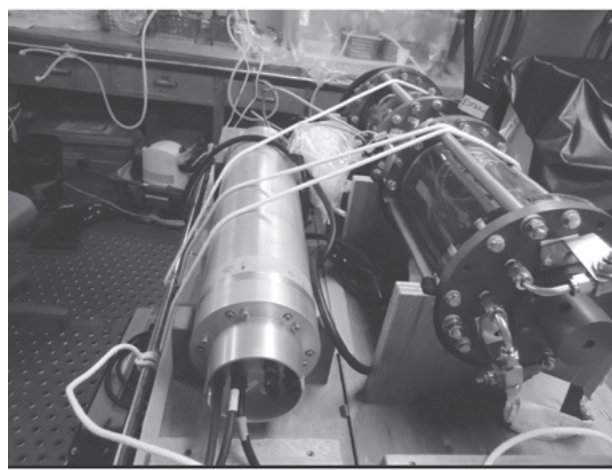
採水は装置がやってくれますが、深度の確認などは、修士課程の大学院生が技術職員の方と共に当番を務め、システムから送られてくるデータを確認し、予定されている採水深度に達したら、船のウインチ担当者に依頼してワイヤーの繰出しを止めてもらい、キーボードから採水器番号を入力します。すると、選択した番号がついた採水器のフックがはずれて蓋が閉まります。この作業を繰り返してゆきます。

無事システムが揚収されると、採水器からまずは揮散しやすいガス類(ヘリウムなど)分析用の試料



共同研究者の東大気海洋研：小畑元准教授開発の化学発光式Fe(II)分析装置です。

10^{-11} mol/LレベルのFe(II)を、2分以内に検出可能なハイスpek。船上での私はもっぱらこの装置を扱っていました。



この装置の名前はGAMOS (Geochemical Anomaly Monitoring System) つまり現場型化学成分測定装置です。今回の航海では、Fe(II)の選択的測定用にチューンアップされたモデルを搭載しました。

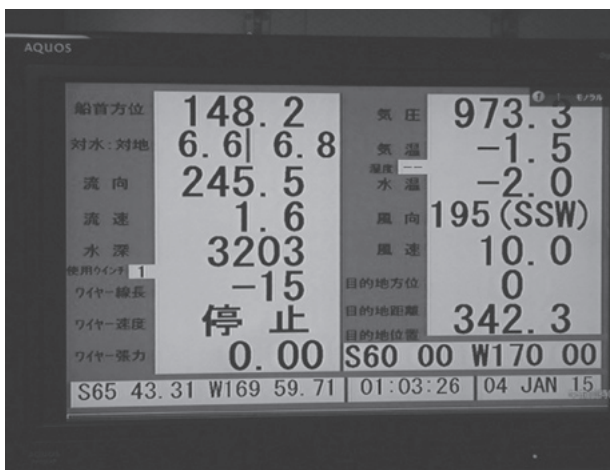
を、真っ先に銅管に採取し、管の両側を万力で締め上げて保存します。次にルーチンワーク（塩分、溶解酸素、pH、クロロフィル a、栄養塩：硝酸態窒素、アンモニア態窒素、ケイ素、リン酸態リン）に供される試料が採取されます。そのあと、各々の研究目的に応じて分取した試料を分けてもらいます。

今回の私の研究目的は、1:海水中微量金属のうち、銅イオンがどのくらいの割合で有機化合物と結合しているか（錯生成能）、2:結合している有機化合物（配位子）との結合の強さはどのくらいなのか（安定度定数）、3:海水中で不安定ではあるが、植物プランクトンの増殖に寄与する可能性があるとして鉄のうち Fe(II) の状態のものがどの程度存在するか（大気海洋研究所・小畑准教授との共同研究）の三つです。1と2については大学に持ち帰って測定しますが、3については寿命がそれこそ何分何秒とされているので、試料を受け取ったあと、大急ぎで分析を行いました。一試料の分析にかかる時間は数分で、10 試料程測定したとしても、40 分程度の仕事なのですが、試料の番号や測定にかけた時間などを測定しながらメモしてゆき、採取が終わったものを受け取ってすぐさま装置に流す作業をひたすら繰り返すので、かなりの緊張感がありました。私だけでなく、分解、散逸しやすい化学成分を測定している場合は船上で測定を完了する必要があります。今回の場合ですと、微量の硫化水素をガスクロマトグラフィーで測定している研究者の方がおられました

たが、そのまま放置しておくとも酸化を受けて硫酸イオンに変化してしまいます。装置の前にすわったまま、試料を注入してはひと眠りを繰り返すといった過酷な測定風景を目にすることもありました。また、海水中の懸濁物に含まれる微量金属を測定する研究者は外洋のきれいな水からわずかな懸濁物を濃縮する必要があるため、上記の観測作業が終了したあとも、時には 12 時間以上つづけてる過を行うこともありました。

今回の南極海航海の楽しみの一つは、氷が採取できるところまで南下することです。陸からの影響供給が少なく、鉄が植物プランクトンの増殖を制限している場合がある（通常の外洋では窒素、湖では多くの場合リンが、増殖を制限するとされています。ちなみに琵琶湖はリンに制限を受けていますので、リンを大量に供給すると...）とされています。もっとも植物プランクトンもちゃんと生きる術を心得ており、本稿の写真に載せたように、栄養が多めで光のよく当たる氷の裏側などでちゃっかり生活しています（いわゆるアイスアルジー: Ice Algae）。このような環境では、微量な鉄や銅といった栄養素に特異的に結合する有機物を生合成し、これを利用して摂取している可能性があり、私の研究目的にもかなう海域なのです。

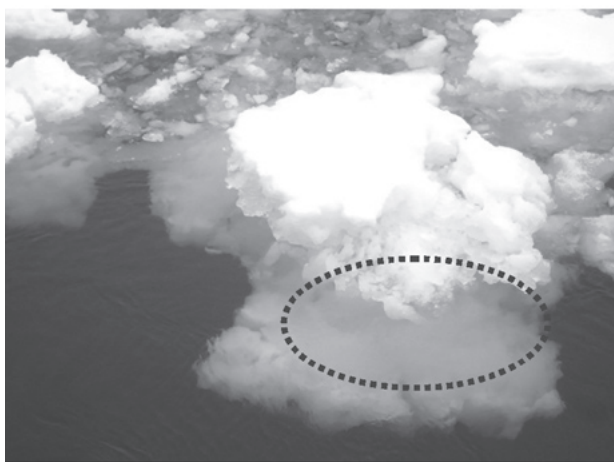
南極海の航海に参加する研究者の思惑は様々で、IAEA (International Atomic Energy Agency: 国際原子力機関) に所属する研究者の方は、これを持



南緯 65 度 43 分まで到達すると、さすがに水温も低くなり、氷点下 2 度になりました。塩分の影響で凝固点降下を起こしています。居室に設置されたテレビの画面によりリアルタイムで海況を知ることができます。



南緯 65 度付近で海氷を採取したときの写真です。左上に小さく冰山が見えています。南極観測船のような厚みをもった鋼板ではできていない観測船の場合、冰山の多い海域を通過することは危険。



点線で囲んだ部分、実は黄色に着色しています。おそらくはアイスアルジー (Ice Algae) とよばれる藻類です。このように氷の下面に付着し、氷を通過した光を利用して光合成を行い、また氷の表面に濃縮されている栄養を利用して生活しているようです。

ち帰って放射性元素の濃度を調べるのだということでした。世界中の分布を明らかにするための一環だそうです。琵琶湖にも調査に訪れたいとのことで、本学の実習調査船を用いて大量の試料採取ができるかという相談になりました。船内では時間のあるときには、食堂や船室で少人数の親睦会が開かれることがあり、その際にこのような話ができ、お互いの研究の背景を知り、またそこから共同での新たな企画が生まれることがあります。また修士課程、博士後期課程の学生が多く乗り込んでおりその活気に刺激を受けることができます。また船室のほとんどが2人部屋ですので、同室の研究者との生活、会話も楽しいものです（うちの部屋は結構散らかっていましたが、どちらも気に留めませんでした：笑）。これを読まれた皆さんの中で、海洋の研究に興味のある方は、お気軽にお問い合わせください。

紹介が最後になりましたが、主席研究員の東京大学大気海洋研究所の海洋無機化学部門：蒲生俊敬教授には、20年来お世話になっています。研究船には研究・観測作業、船の運航、日常生活を支える船員の方々（厨房担当、船医など）35名程度（研究者も30名程度）が乗り組み、交代で研究を支えてくれています。食事も提供され、病気の際にも医師が待機してくれています。無事に観測を遂行させて頂くことができましたことも、同乗した皆さんのおかげです。この場を借りて御礼申し上げます。



海底堆積物コアを、1cmごとに切り分けているところです。堆積速度は琵琶湖（1年間に0.2-1mm程度）に比べて非常に遅く、1000年かかっても1cmに満たないこともあるようです。