

## 砕氷艦「しらせ」での海水観測

高橋啓伍（総合研究大学院大学（5年））

## はじめに

2019年12月から2020年3月にかけて砕氷船「しらせ」に乗船し海洋・海水観測を行いました。南極地域観測は例年、観測計画（基本、重点、一般、萌芽、共同）と設営計画（昭和基地への輸送と運営）のもと実施されます。61次の重点観測ではトッテン氷河沖の海洋・堆積物調査を実施することで、暖かい海水が棚氷（海上に張り出している氷床）を融解するメカニズム解明を目指しました。私は一般観測の枠組みで参加しましたが、一般観測でも10を超える領域の課題（大気、陸上・海洋生態系、地形地質など）があります。私は南極海の氷縁ブルーム（海水の近くで起こる植物プランクトンの大量発生）とアイスアルジー（海水に生息する単細胞の藻類、写真1）との関係を研究しています。春から夏に海水が融けることにより放出されたアイスアルジーは、海水中でも増殖し氷縁ブルームを起すこととされています。海洋への放出量を決定するアイスアルジーの放出量と海水の種類（生成して数日の新成氷から、1年以上経過した氷盤や海水の構造）の関係、そしてアイスアルジー種組成の地域・季節による違いを明らかにすることを目的として、観測に参加しました。本稿では61次南極地域観測での海水採取から船上での分析までの一連の作業について記したいと思います。

## 1. 船上での海水採取

しらせでは観測甲板から人力で海水を採取します。金属製のカゴを舷側から2人で操り、小さく砕けた海水（砕け氷）を揚収します（写真2）。作業人員は概ね5-6名で、カゴを操る人が2名、海水の温度測定と野帳記入と写真撮影が1名（私）で、残りの人員で海水を袋に詰めたり道具を運んだりするといった配置でした。海水採取は主にCTD（Conductivity, Temperature, Depth）採水器による採水の待ち時間（測器を沈めてから回収、採水するまでの時間）に行われました。観測

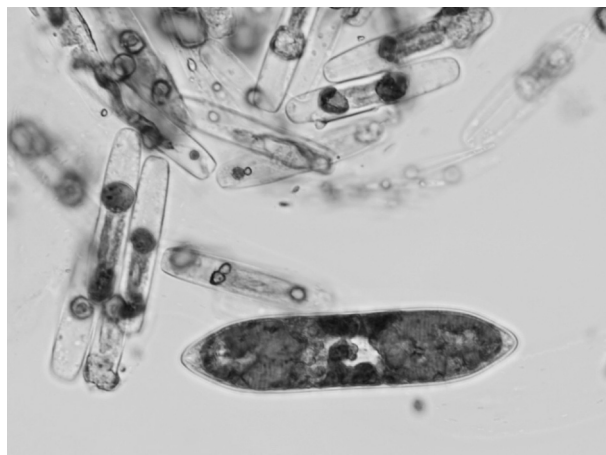


写真1：リュツォ・ホルム湾の海水から採取したアイスアルジー *Berkeleya adeliensis* の群体と *Pinnularia quadratarea*（細胞の長さは約70  $\mu\text{m}$ ）。

甲板上では基本的に左右舷でしか作業できないため、船の移動や海水の漂流によって採取場所を変更せざるを得ませんでした。船の側面に海水が密集しているためにカゴが沈まないといった問題も生じたため、後半はカゴに重りを付けて対処しました。

これまで、しらせによる航海で海水採取例はありますが、当時とは人員が異なるうえ私を含めて隊員に海水採取の経験はほとんどありませんでした。また、作業には少なくとも5名の人手が必要になると予想されたので、隊員向けに研究紹介をする場で観測の狙いや計画を説明したり、毎夕開かれるミーティング時に呼び掛けたりすることで協力を仰ぎました。その結果、有り難いことに観測関係者を中心として61次隊、海上自衛隊、復路から60次越冬隊の方々にご協力いただき海水採取を行うことが出来ました。観測点到着前に海水採取が可能かどうかを私が判断して、予め決めておいた隊員を招集する方法を採りました。数を重ねることで海水採取に熟練していったため、約30分間の短い観測時間でも目的の海水を採取することができました。リュツォ・ホルム湾、ケープダンレー、トッテン氷河沖にて計20観測点で実施をすることができました。直接観測に関わっていない人からも海水が採れたか声をかけていただき、観測の人員配置やサンプルが確保できるかといった海水採取への不安が和らいだことを記憶しています。

## 2. 海水目視観測

海水中の生物は、海水の種類や氷況の違いが生息環境（光量、塩分、窒素・リン・珪素などの栄養塩濃度など）に大きく影響を受けます。海水上の雪を例にしますと、積雪が多いほど海水へ到達する光量は減少するため光合成を行う生物には不利になります。一方で、雪の重量によって海水が沈むと、栄養塩を含んだ海水が海水へ浸透するために、アイスアルジーの増殖にとってメリットになることもあります。したがって、海水下にいる植物プランクトンにとって、水中の光量を支配する海水密接度（海水が面積において何割を占めているか）は、私の観測において基本的な情報であると言えます。これによりアイスアルジーがどのような過程で海水に蓄積したか（新成氷であれば、凍結時に海水中の植物が取り込まれたため海水中は少ない等）を推測できます。

目視観測は、船橋と同じ階の甲板上で、約15分かけて行います（写真3）。観測手順はASPeCt（Antarctic Sea-ice Processes and Climate）から公開されている観測プロトコルに従いました。このプロトコルは広く使われており、例えば全目視観測データをまとめることによって衛星から見積もる南極海の氷厚分布の検証に使われたこともあります。周囲1 kmにどのような海水が占めているか（面積の大きい順に3種類）、そしてそれぞれの海水の特徴、つまり氷の厚さ、海水同士が重なり盛り上がった地形の有無、アイスアルジーの様子（茶褐色に色付いているか）などを記載します。加えてメルトポンドの有無（表面が融解して池のようになっている環境）や雪の様子（積雪深、新雪かどうか）も記録します。なかでも、氷厚の観察に多くの時間を費やしました。これは、船が海水を割り横転した氷盤を見ることでおおよそ見当をつけます。目視観測のルールでは氷厚によって海水の種類（新成氷や一年、多年氷など）が決まるため、海水の種類と整合するように氷厚を記録する必要があります。現場の海水は成長とともに重なり合うため、数10 mのスケールで海水厚は変化をします。また、厚い場所では割れたとしても横転しにくいので、適当な海水が現れるまで舷側で過ごしました。

目視観測は海水採取の合間に行う必要があったため、観測甲



写真2：しらせ側面に集まった海水と海水採取に用いたカゴ。

板と6階上の船橋を往復するのは大変でした。加えて海水の種類や厚さなど全ての記録は指定されたコードで表されるため（例えば厚さ0.7 m以下の一年氷は60と記録する等）、慣れるまで時間を要しました。しかし広域で海水を観察できたのは幸運な経験だったと思います。広範囲で目視観測を続けていると、リュツォ・ホルム湾ではアイスアルジーによる海水の着色がよく見られる一方、トッテン氷河沖ではそうではないなど場所ごとの違いが見えてきました。また船の移動とともにめまぐるしく変化する氷況を観察しているうちに、どのような空間スケールでの現象を研究しているのか認識しなければ、と感じたのを覚えています。目視観測自体は初めてでしたが、海水研究者の方にサポートをいただきながら延べ39観測点で行いました。

### 3. 船上分析

採取した海水は冷凍庫で長期保存することもあります。アイスアルジーの測定（クロロフィルa濃度もしくは細胞密度）の前処理は短期間で行います。観測以外の時間の多くは冷凍庫と観測室（ウェットラボ）で過ごしました。しらせでは停船観測は日中に行われるため、夜間や移動のみの日に海水処理を行う時間がありました。船上で行われる海水分析に海水を砕いて融かす処理が加わるだけですが、海水によっては1個あたり20 kgを超える試料もあるため、分析項目の数に応じて切り分ける作業を必要としました。より一般的な観測方法で得られるアイスコア（柱状に海水をくり抜いた試料）と異なり、カゴで採取した海水は大きさがバラバラであるため、最低限必要な項目を

取れるよう調整が必要でした。例を挙げますと、海水の量によって後生動物（海水では有孔虫やカイアシ類などの甲殻類）の試料を確保するか、後生動物は諦めて安定同位体測定など他の項目を優先すべきか、といった点を事前に決めてから処理する必要がありました。より大型の生物ほど多くの濾過量（すなわち海水の量）が必要となるため、この観測点での海水の量が十分であれば後生動物試料確保を優先します。しかし限られた時間や氷況のために採取出来る海水の量は観測点ごとに一定ではなかったため、最後まで調整に悩まされることとなりました。復路の停船観測終了まで分析を進め、船上では半数以上の144試料を処理しました。帰国後は、顕微鏡によるアイスアルジー組成・細胞密度を分析し、採取時の氷況や海水の構造や栄養塩濃度との関係の解析を進めています。

### おわりに

海水採取および観測に携わった60次隊、61次隊、海上自衛隊の方々には大変お世話になりました。この場をお借りして感謝申し上げます。61次観測で得られた試料から、極域海洋の研究に貢献が出来ればと思います。



写真3：しらせ船橋から望んだ氷海。

常時投稿をお待ちしています。編集は、現在以下の4名で行っています。原稿は1500～5000文字程度、図・写真3点以内を目安に、e-mailでお送りください。

7160.nonn@gmail.com  
a.sakuma@eps.s.u-tokyo.ac.jp  
dkuwano@chiba-u.jp  
90rymenjgr@gmail.com

大山 望（九州大）  
佐久間杏樹（東京大）  
桑野太輔（千葉大）  
時永万音（新潟大）