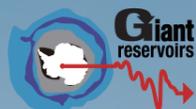


新学術領域研究（研究領域提案型）

# 南極の海と氷床

News Letter vol.3



文部科学省 科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」

熱－水－物質の巨大リザーバ：  
全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床

Giant Reservoirs - Antarctic

# 南極の海と氷床

News Letter vol.3



発行・問い合わせ先

新学術領域研究「南極の海と氷床」事務局  
〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3  
情報・システム研究機構 国立極地研究所  
Tel : 042-512-0711  
E-mail : office@grantarctic.jp  
http://grantarctic.jp

発行日 2019.5.26



## 第22次「海鷹丸」南極観測航海

東京海洋大学 茂木正人



係留系設置の直前に、セジメントトラップの前で記念撮影。1年後の再開を期して。

箱根駅伝の往路が4区から5区の間に入ったところ、東京海洋大学「海鷹丸」は、同じ岸壁に並んで停泊していた白鳳丸より一足先にフリーマントルを出港しました。22回目となる海鷹丸の南極観測航海。いつものとおり多くの研究課題を抱えた航海で、さらに、今回は新学術領域研究の課題が加わった合計27日間の日程です。新学術関係としては、生態系班、底層水班、古海洋班の研究課題が絡みあい、10回目の航海となる私にとっても、いつになく南大洋の理解が進みそうな予感がします。

この航海における大きなミッションのひとつは、3系の係留系の設置でした。これらの係留系観測は上述の3班が共同で計画を立案し、東経110度トランゼクト上の南緯61～65度の

間、水深2625～4280mの海底に予定通りに設置されました。主席研究者の私は現場を見守るだけでしたがなぜかたいへん緊張していたので、すべてうまくいったときはひとり心の中で乾杯をしました。係留系は、海底から海面下400mくらいまで立ち上がったロープに沿って各種のセンサーやセジメントトラップ（沈降粒子を1年間経時的に補足する装置、沈降粒子の量の組成・季節変化が分かる）が取り付けられたシステムで、1年後に海鷹丸で回収されます。実は、係留系の回収は設置より根気の要る危険を伴う作業です。しかし、回収に成功しセンサー類がうまく作動していたら、いちどに世界でもあまりない大きなデータセットが得られます。研究者は、すでにうまく回収できたときのことを妄想して興奮しています。

このような大規模な観測には多くの人たちの協力が必要です。研究者同士は、実際の観測航海までにミーティングを重ねて研究の目的や意義を共有します。また、長期の乗船には家族の理解も必要です。さらには、海鷹丸の仕官や乗組員の献身的な協力は欠かせませんし、海鷹丸には水産専攻科の実習生40名あまりが乗船しています。全員の協力があって貴重なデータが得られます。そう、駅伝と同じです。ひとりの力で走るのではなく、10人の選手が櫂（たすき）をつなぎます。そして、多くのスタッフのサポートを得ながら、私たちもゴールに向かいます。



海鷹丸(手前)と白鳳丸(前方)。どちらもこれから南極海に向かいます。西オーストラリア州、フリーマントル港。

航海の様子は、  
FacebookページKARE 東京海洋大学「海鷹丸」南極観測隊  
<https://www.facebook.com/KARE.umitaka.nankyoku/>

南極ゲートウェイジャパン  
<https://www.jr-east.com/>からもご覧いただけます。

次の23次航海は、2020年1月8日にフリーマントル出港、2月4日ホバート入港の予定です。

## 白鳳丸 KH-19-1 次航海：偶然と必然の南大洋航海

高知大学海洋コア総合研究センター 池原 実

Leg 1: 2019年1月2日フリーマントル～1月13日ポートルイス  
Leg 2: 2019年1月16日ポートルイス～2月12日フリーマントル  
主席研究員: 池原実 (高知大、古海洋班)  
次席研究員: 大島慶一郎 (北大、底層水班)

古海洋班、底層水班、探査班、そしてモデル班の豪華(?)メンバーが乗船した白鳳丸KH-19-1次航海が2019年1～2月に行われました。航海は2つに分かれており、レグ1は1月2日にフリーマントル港からスタートしました。これは全くの偶然でしたが、同時期に海鷹丸もフリーマントル港に寄港することになっており、日本の2隻の研究船と練習船が異国の港でしかも前後に並んで停泊するという珍しい状況となりました。事前に海鷹丸主席研究者の茂木さんと調整し、大晦日と元日に双方の船を見学することにしました。また、大晦日の晩には新年を迎える街で合同壮行会を開き、待ち受ける南大洋での厳しい観測へ向けて英気を養ったのでした。

2隻とも1月2日に出港し、海鷹丸は一路南大洋へ向けて南下し、白鳳丸は南へは向かわずポートルイスを目指して西進しました。レグ1は観測準備と船に慣れることが狙いでしたが、船酔いに悩まされる大学院生が続出し先が思いやられる船出となりました。ポートルイスではレグ2から乗船する多くの研究者が合流し、いよいよ南大洋航海の始まりです。

1月16日にポートルイス港を出港し南を目指します。観測海域が点在するので航走距離が長く、天候が悪化したら退避できる島影もないので、時化たら全ての観測をスキップしてどんどん先に進むしかありません。暴風圏との闘いの始まりです。出だしはほぼ快調で、デルカノライズ周辺で反射法地震探査、ピストンコア採泥を行い、IODP掘削プロポーザルの改訂に向けて良いデータが取得できました。また、名も無き海山で岩石ドレッジにもチャレンジして多様な岩石と深海サンゴをゲット。

個人的に大きな山場だったのは、セジメントトラップの回収でした。遡ること4年前、KH-16-1次航海で南大洋にトラップを係留しました。研究費が無い状況だったので設置を半分諦めていましたが、多くの共同研究者から少しずつ費用と労力を提供してもらい中古のセジメントトラップを整備し、ダメモトで積み込んで設置したのでした。結果は、見事回収に成功!!しかも回収された沈降粒子は教科書に出てくるような明瞭な季節変化を示していて、それを見ただけでワクワクしてきます。南極前線付近の沈降粒子研究は極めて限られているので、南大洋でのトラップ研究に楔を打ち込む貴重な試料が手に入りました。

航海中で最も厳しい状況となったのがケープダンレーでの係留系の設置でした。朝から降りしきる雪と暴風の中、乗組員の多大なる協力の下なんとか計画した3系すべての係留系を設置することが出来ました。今年度の白鳳丸航海で回収し、ケープダンレー底層水の実態に迫る新たな学際研究への展開が期待されます。

暴風圏では周期的に暴風目玉が東進していきますが、その合間をスルリスルリと抜けながら南下しつつ多くの観測を実施することができました。後から思えば、これも必然。天候任せの南大洋航海はなるようにしかならないのです。異なる分野から集まった総勢27名の研究者と技術者が一致団結して1ヶ月間の航海を見事に成功裏に導いたのでした。



白鳳丸KH-19-1次航海の乗船者(フリーマントル港にて) (撮影:池原)



吹雪の中の係留系設置(ケープダンレー沖) (撮影:高塚)

## 東南極の外国基地における絶対重力測定

京都大学大学院理学研究科 風間卓仁

### 南極における地上重力観測の重要性

南極氷床の時空間的な変動を詳しく知ることは、将来の気候変動を予測する上で非常に重要です。氷床変動を把握するには様々な手法がありますが、有効な手段の一つに重力観測があります。そもそも地球表面の重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ Gal}$ と知られていますが、この値はあくまでも近似値です。重力計という装置を用いて重力値をより細かい分解能で測定すると、重力値の場所による違いや時間変化を観察できます。ところで、重力値は数学的には「重力測定点周辺の質量がもたらす万有引力の空間積分値」として表現できるので、重力測定点周辺で質量の増減や移動が発生するとその場の重力値は時間変化します。すなわち、重力計によって重力値の時間変化をモニターすることで、南極氷床質量の変動を直接的に把握することができるのです。

実際、重力観測衛星GRACEの観測によると2000年代～2010年代には西南極で質量減少が、東南極で質量増加が観察されていて、それぞれ氷床融解および積雪増加がその主要因と考えられています[1]。しかしながら、衛星重力データには固体地球内部の質量変動、特に過去の氷床変動に伴う固体地球の粘弾性的変形(GIA: Glacial Isostatic Adjustment)の影響も含まれていて、衛星重力データのみから氷床変動を定量的に把握することは困難です。しかもGRACEの軌道高度は500kmと高く、小さな空間スケールの氷床変動に対しては十分な感度を有していません。つまり、南極大陸における氷床変動をより詳細に知るためには、氷床のより近い場所で重力を定期的に測定し、かつ地殻変動観測などによってGIA変動も同時に把握することが重要です。

そこで私たちの研究チームでは、南極地域の陸上において重力値や地殻変動をその場測定してきました。例えば昭和基地(東経39.59度)では、他機関と協力して絶対重力計を用いた重力測定を1990年代以降数年間隔で実施してきました。なお絶対重力計とは重力加速度の絶対値を高い分解能で測定できる装置のことで、FG5という機種では $2 \mu\text{Gal}$ (絶対値980 Galに対して0.0000002%)という高い精度・確度を保障できます。その結果、昭和基地ではこの約20年間で $-0.26 \mu\text{Gal/year}$ という微小な重力変化を検出することに成功しています[2]。また、昭和基地周辺のより広域における重力時空間変化を把握するために、2012年2月に日本南極地域観測隊として初めて南極大陸(ラングホブデ; 東経39.72度)における絶対重力の直接測定が行われたほか[3]、2017～2018年にはリュツォ・ホルム湾露岩域の複数点で絶対重力測定が新たに実施されました[4]。これらの重力測定点ではGNSSによる地殻変動観測も行ってきたので、今後重力変化量と地殻変動量を比較することによって氷床変動とGIAの寄与を適切に分離できるものと期待しています。

### トロール・マイトリ基地における絶対重力測定

さらに今回私たちは、東南極全体の氷床変動をモニターするため、GRAntarcticプロジェクトの一環で2018年11月～12月にノルウェー・トロール基地(東経2.53度)およびインド・マイトリ基地(東経11.73度)にて絶対重力計FG5-210を用いた絶対重力測定を実施しました。なお、文化圏～南極間の移動には飛行機を活用したため、30日間(日本出国11月9日→日本帰国12月8日)という短期間で任務を遂行することができました。まず最初に訪問したトロール基地では、重力計内部を真空化する

ための真空ポンプが低温の影響で起動しないなど、測定前の準備段階でいくつかのトラブルに見舞われました。測定準備に通常の2倍程度の期間(約5日間)を費やした結果、11月18日に絶対重力測定を開始することができました。その後、11月18日～22日の連続測定によって絶対重力の平均値を $g = 982 \ 360 \ 741.41 \pm 1.16 \pm 1.82 \ \mu\text{Gal}$ という高い精度で得ることができました。

次に訪問したマイトリ基地では、重力計内部の制震機構である長周期バネが正常に動作しないという問題に直面しましたが、同行者の国立極地研究所・青山雄一さんによる的確な調整作業のおかげでこの問題を解決することができました。その後、11月28日に最初の絶対重力測定を開始し、12月1日までの連続測定によって $g = 982 \ 576 \ 883.10 \pm 1.23 \pm 1.83 \ \mu\text{Gal}$ という重力平均値を得ることに成功しました。

これらの絶対重力測定の他、両基地では測地基準点においてGNSS観測も実施しました。取得されたGNSSデータを今後解析することで、各基準点の座標値を高精度に決定する予定です。また、同様の絶対重力・GNSS観測は2011～2012年にフィンランドの研究グループによって実施されています。私たちの今回の測定結果を彼らの結果と比較することで、2010年代の重力変化や地殻変動を把握し、東南極の氷床変動やGIA変動を詳細に議論できるものと期待されます。

本稿の最後に、今回の絶対重力測定は多くの方々のご協力の下に達成することができました。今回の観測に同行くださった青山雄一さん、重力測定に際して助言や支援をくださった国立極地研究所および京都大学の皆さん、重力計を安全に輸送してくださった南アフリカやノルウェーの輸送チームの皆さん、そして基地内における測定や生活をサポートくださったトロール・マイトリ両基地の隊員の皆さんに感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 福田(2018), GRAntarcticニュースレター, vol. 1.
- [2] 東ほか(2013), 測地学会誌, 59, 37-43, doi:10.11366/sokuchi.59.37.
- [3] Kazama et al. (2013), Polar Science, 7, 260-277, doi:10.1016/j.polar.2013.07.001.
- [4] 西島ほか(2018), 日本地球惑星科学連合2018年大会, SGD01-P04.

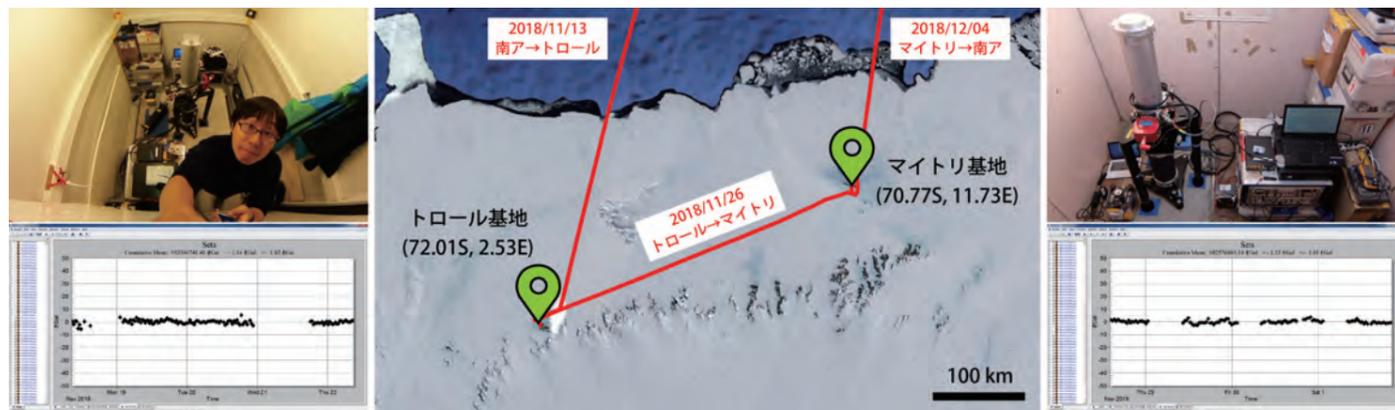
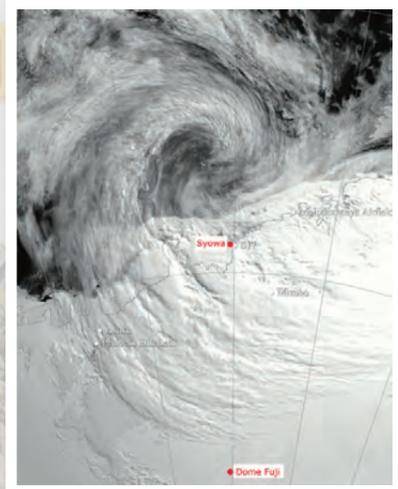


トロール基地の南東約2kmの山頂 Trollveikja から撮影した、トロール基地周辺の風景。2018年11月25日、360度カメラにて撮影した。筆者の背後左側には南極氷床が、右側には氷床が作ったと考えられる緩やかな平地が広がっている。

## 南半球における中高緯度大気循環の不確実性の定量化

これまで15年間以上北極の研究を行ってきましたが、こんな私にも南極研究に携わる機会が到来しました。そのきっかけは世界気象機関で進めている極域予測プロジェクトです。当公募研究は、特に南極の予測可能性研究に大きく貢献します。2018年度に昭和基地等で実施したラジオゾンデの強化観測には、気象庁や南極観測隊のご支援をいただき、3ヶ月間で130回以上の追加観測が実現し、これらのデータは各国の現業数値予報に利用されました。2019年度はこれらの観測データの影響評価を行う予定です。特に、昭和基地やドームふじで気象観測を強化すると、南半球の低気圧等に伴う極端気象等の予測精度はどのように向上するのかを国際共同研究の枠組みで調べます。一方で、低気圧に伴う降雪が南極氷床の涵養量に大きく貢献することは指摘されていますが、その数十年スケールの変動については未解明な部分も多いです。当研究課題では北半球で培ってきた、中緯度の海洋前線変動と高緯度大気循環の関係性を南半球へ応用し、積雪や気温の数十年変動を理解することも目指しています。

国立極地研究所 猪上 淳



中央地図(Google Earthより)における緑色のピンはトロール・マイトリ両基地の位置、赤線はGPSロガーで取得した航路の軌跡。左上上部の写真は両基地内の重力測定室の風景。左右下部のグラフは両基地で取得した絶対重力値の時系列。

## GRAntarctic-NIPR Joint International Symposium

2018年12月3日から4日の2日間にわたり、国立極地研究所において、『The 1st GRAntarctic International Symposium』を開催しました。初日は本領域が主催するシンポジウムとし、2日目を『The 9th Symposium on Polar Science』と共催で行うシンポジウムとしました。2日間の参加者は132名で、発表数は48件と盛況でした。本領域メンバーから招聘した10名を含め、米・英・独等の主要な南極研究の先進国を中心に、海外研究者合計28名の参加がありました。今回はIce-Ocean Interaction (氷床海洋相互作用)をメインテーマと設定し、この分野で世界の第一線で研究を推進している研究者を海外から招聘しました。このシンポジウムの発表や質疑を通して活発な議論がされた他、前後の日程において関連の本領域メンバーと精力的な今後の連携研究についての打ち合わせを行いました。さらに今回の国際シンポジウムには、計32名の若手研究者が参加しました。発表・質疑を通じて交わされた南極環境システム学に関わる議論が、本領域に関わる若手研究者にとって、研究の視野や幅を広げることに大きく貢献しました。最終年度には、本領域の最終成果報告シンポジウム(国際シンポジウム)の開催が予定されています。今回の国際シンポジウムは、国際的な研究の流れや南極での共同研究、異分野の新知見の共有といったさまざまな側面から、重要な位置づけとなり、最終年度開催予定の成果報告国際シンポジウムに繋がる重要な流れが構築されました。



## 第2回南極若手勉強会

昨年の11月30日から12月2日までの4日間にわたって、レイクロッジヤマナカにて第2回南極若手勉強会 ～国際・学際研究者を志す実習合宿を行いました。異分野の若手研究者がお互いの研究内容を学び、その関係性を理解した上で、学際研究についての考えを深める会として、9大学から総勢20人の学生・ポスドクが集まりました。ポスターセッションを通じてお互いの分野について、「何を知っていて、何を知らないのか、また何を知りたいのか」を共有し、異なる分野に対する基本的な質問が飛び交う中で、自分の専門分野だけでは得られない思いがけない意見も聞くことができ、連日議論が白熱しました。さらに、学生向けとして、研究遂行の上で必要不可欠となるデータ描画のツールの使い方や、基本的なデータアーカイブの利用方法などについて、経験のあるポスドクが主体となって、実践的な技術を習得するという試みを行い、若手勉強会の新しい一面を開拓しています。今年も8月22日(予定)から第3回目の南極若手勉強会が企画されています。本領域とも関係の深いIPCC特別報告書「1.5°Cの地球温暖化」が公表されたということで、その内容を共有し今後の研究の大きな流れを俯瞰する予定です。詳細情報は、領域ホームページにて随時お知らせします。学生・若手研究者の皆さん、自分の専門分野は問いません! 奮ってご参加ください!



## 今後の主な行事予定

- 5月26日～5月30日 : JpGU2019 @ 幕張メッセ (27日: セッション名: 南大洋・南極氷床が駆動する全球気候変動: M-IS14)
- 7月1日～7月3日 : 2019年度第1回拡大総括班会合@ 鳥羽
- 7月8日～7月18日 : 27th International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly @ Montreal, Canada
- 7月20日～9月29日 : 気候-海洋-氷床に関する特別展 ～過去、現在、将来を探る～ @ 東大 駒場博物館 (本領域協力)
- 7月22日～7月26日 : 13th International Symposium on Antarctic Earth Sciences @ Incheon, Republic of Korea
- 7月25日～7月31日 : 20th Congress of the International Union for Quaternary Reserach 2019 @ Dublin, Ireland
- 8月22日～8月24日 : 第3回南極若手勉強会@ 東京大学大気海洋研究所 (予定)

## 新メンバー紹介!

### 小林英貴 (モデル班・東京大学大気海洋研究所)

東京大学大気海洋研究所の小林英貴です。2018年春よりモデル班の特任研究員として着任しております。これまでの研究では、氷期-間氷期サイクルと呼ばれる過去の気候変動において、主に海洋の炭素循環の変化に起因すると認識されている、大気中の二酸化炭素濃度の変化要因に迫ることを目指し、海洋モデルを用いて、海洋内部の生物地球化学過程を含めた数値実験を行ってきました。領域の題目にもあるように、南大洋は巨大な物質のリザーバーです。そのため、南大洋がこの古気候研究の謎を解く鍵ではないかと考え、研究の過程において南大洋の変化が全地球規模の炭素循環の変化に及ぼす影響に着目してきました。これからの研究においては、モデル班のみならずとの協力の中でこれまで取り組んできた研究を発展させるとともに、他班のみならずのもつ豊富な観測的知見との積極的な比較を通して、既存の海洋モデルの改善や開発に関する議論も新たに進めていきたいと思っています。班の枠組みを越えてみなさまと切磋琢磨し、新学術「南極の海と氷床」の発展の一翼を担えるように取り組んでいきます。



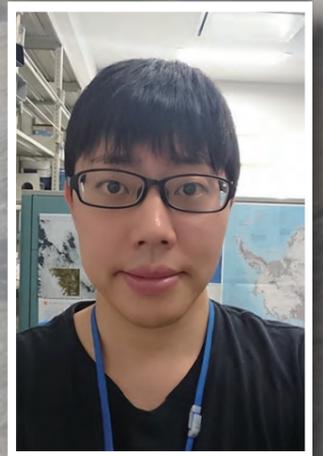
### 大橋良彦 (底層水班・東京海洋大学)

みなさまはじめまして、東京海洋大学の橋本良彦です。昨年の8月から底層水班のメンバーに博士研究員として加わりました。博士課程では、北極グリーンランドを対象に、氷河の融解がフィヨルドの水塊特性に与える影響に着目して研究を行ってきました。現在は、南極底層水の拡がりや循環時間スケールを研究のターゲットとして、フロン類や六フッ化硫黄といった化学トレーサーの分析・解析を進めています。化学トレーサーの海水中の濃度を調べることで、その水がいつ大気と接していたかを推定でき、底層水の循環時間スケールなどの定量的な理解につながります。これまで私は、化学分析を行った経験がなかったため、日々勉強の毎日です。今年の1月には、白鳳丸の南大洋観測航海に参加し、実際に化学トレーサー試料の取得・分析を行いました。来年の1月にも、再び南大洋観測航海に参加する予定で、どのような新しい発見があるか楽しみにしています。今後、新学術「南極の海と氷床」に貢献できるように研究に励んでいきたいと思っています。これからどうぞよろしくお願いいたします。



### 柏瀬陽彦 (底層水班・国立極地研究所)

こんにちは、国立極地研究所の柏瀬陽彦です。今年度から南極新学術・底層水班のメンバーになりました。よろしくお願いいたします。私はつい先日の第60次南極地域観測隊に参加し、南極底層水の形成域であるケープダンレー沖での海洋観測や係留系回収・設置作業などを行ってきました。が、普段は衛星リモートセンシングを用いて海水の長期変動に関する研究をしています。南極底層水の形成に関して鍵となるのは沿岸ポリニヤと呼ばれる場所での活発な海氷生産です。沿岸ポリニヤでの海氷生産量を定量的に見積るためには、まず衛星マイクロ波放射計から薄氷厚分布を推定することが必要です。この薄氷厚を推定するための手法(薄氷厚アルゴリズム)は海域毎にそれぞれ研究されていましたが、それらを統合して高精度かつ汎用的なアルゴリズムを開発していきます。さらに複数の衛星データを組み合わせることで、本格的な衛星観測が開始した1970年代末から現在に至るまでの40年間の海氷生産量や底層水形成量の長期変動を明らかにすることを目指して頑張りたいと思います。



### 編集後記

新学術「南極の海と氷床」ニュースレター3号をお届けします。今号は、本格的な観測が始まった海洋観測について、底層水班・古海洋班・生態系班・探査班・モデル班(?! )のメンバーが参加した白鳳丸・海鷹丸観測の速報です。さらに、固体地球班の外国基地での観測や、公募研究の紹介と盛りだくさんの内容となっています!(A, O)