

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05283

研究課題名(和文) 船舶観測データを用いた天皇海山列メインギャップを通過する底層流の定量的解明

研究課題名(英文) Observational study to quantitatively clarify bottom current passing through Main Gap of the Emperor Seamount Chain

研究代表者

柳本 大吾 (Yanagimoto, Daigo)

東京大学・大気海洋研究所・助教

研究者番号：40260517

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：北太平洋深層を東西の海盆に分ける天皇海山列の中で最大・最深の切れ目であるメインギャップ(39N～40N)において、船から吊り下げるADCPや係留流速計を用いて底層流を直接計測した。その結果、メインギャップ北部で弱く、南部で東向き毎秒20cm以上の強い底層流の水平分布がスナップショットで得られた。係留系の時系列データによると北部でも1年平均は東向きであり、底層水はメインギャップ全域で西から東に流れていた。海水特性からするとこの底層水は南大洋由来の下部周極水そのものではなく、北西太平洋海盆で変質した下部周極水の名残がメインギャップを通じて北東太平洋海盆に流出するという新たな深層循環像が得られた。

研究成果の概要(英文)：Bottom current was directly measured by ADCP lowered from ship and a current-meter mooring system at Main Gap, which is the widest, deepest gap at 39N-40N in the Emperor Seamount Chain dividing the deep layer of the North Pacific into the east and west basins. As the result, we obtained a snapshot of horizontal distribution of bottom current, which is weak in the northern part of the gap while eastward current is strong enough to exceed 20 cm/s in the southern part. One-year average of current velocity directed eastward also at the mooring site in the northern part. In total, the bottom water flows eastward through the gap. Water characteristics did not indicate that the bottom water is Lower Circumpolar Deep Water (LCDW) originating from the Southern Ocean. We obtained a new image of the deep ocean circulation where LCDW may be strongly modified in the Northwest Pacific Basin and may flow into the Northeast Pacific Basin through Main Gap.

研究分野：海洋物理学

キーワード：海洋深層循環 北太平洋 底層水 船舶観測 係留観測 測流

1. 研究開始当初の背景

グリーンランド沖で冷却されて沈降した高塩分水が大西洋を南下して、南極周辺でより冷たい南極底層水と混合して変質し、大西のみならずインド洋や太平洋に底層水として広がっていく深層循環が存在する。代表者の所属する大気海洋研究所海洋物理学部門は長年にわたって、南太平洋に流入した底層水がさらに北太平洋にどのように広がっているのかを主に白鳳丸を活用して明らかにしてきた(図1)(Yanagimoto and Kawabe, 2010; Kawabe and Fujio, 2010 など)。太平洋西岸を北上してきた深層循環の主要な部分は日本東方の北西太平洋海盆(図1のNW)に達することがわかってきた。

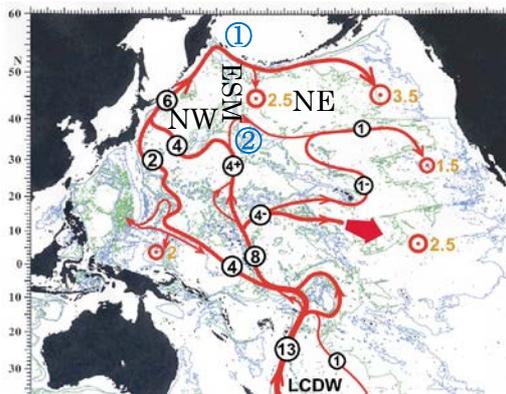


図1. Kawabe and Fujio (2010)による太平洋深層循環の模式図(一部)。NWは北西太平洋海盆、NEは北東太平洋海盆、ESMは天皇海山列。青字の①②はそれぞれ、アリューシャン海溝・千島海溝の接合部とメインギャップ(本文)。

深層循環の終焉の地は年代測定等から北東太平洋海盆(図1のNE)とされる。北東太平洋海盆と北西太平洋海盆の深層はアリューシャン列島から南に1000km以上にわたって続く長大な天皇海山列(図1のESM)によって隔てられている。西から東への底層水の流入経路は、アリューシャン海溝と千島海溝の接合部(図1の①)と北緯39~40度に位置する天皇海山列でもっとも深くて広い切れ目「メインギャップ」(図1の②)が有力な候補とされてきたが(Owens and Warren, 2001 など)、今なおはっきりしない。①はロシアの経済水域にあり、政治的な理由で利用可能な海洋データは皆無である。一方、②のメインギャップは陸から遠いことを除けば誰でも観測可能な公海にあり、これまでいくつかの機関により観測がなされてきた(Hamann and Taft, 1987; Komaki and Kawabe, 2009)。しかしながら、いずれの研究もメインギャップ内における観測点が少なく、結果の代表性に疑問が残っていた。

2. 研究の目的

本研究は、天皇海山列における底層水の経路の主要な二つの候補のうち、メインギャ

ップにおける流動の空間構造を把握し、底層水がこのギャップをネットとして東に抜けるのかどうかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究で行った手法は以下の3つである。

1) 既往データの解析: 2012年に気象庁凌風丸によって高精度に詳細に得られた海水特性データを用い、メインギャップを通過する底層水の海水特性の解析と地衡流の推定を行った。このデータは気象庁のホームページで公開されている。

2) 船舶によるCTD観測および直接流速観測: 2016年6月に実施された白鳳丸航海(主席研究員: 大気海洋研究所・岡英太郎准教授)にてメインギャップ内の5点において海底直上までのCTD/LADCP観測を実施し(図2)、底層の海水特性の解析と深層流のスナップショットの空間構造の把握を行った。音波を発信して反射音のドップラーシフトから流速の鉛直分布を捉えるLADCP(吊り下げ型音響ドップラー式流速プロファイラ)を、水温・塩分・水圧を船から降ろしながら測るCTDのフレームに取り付けて海底までの流速分布を調べるのだが、浮遊物が乏しく音波の反射強度が弱い深層でもより多くのデータを取れるように上向きと下向きの2台を取り付けた。また、CTDフレームは船の動揺や移流に伴って動くため、海底に反射した音波でLADCPの移動速度を計測するボトムトラック機能が有効に働く海底直上100mほどの測定値を使用して底層の絶対流速を得た。

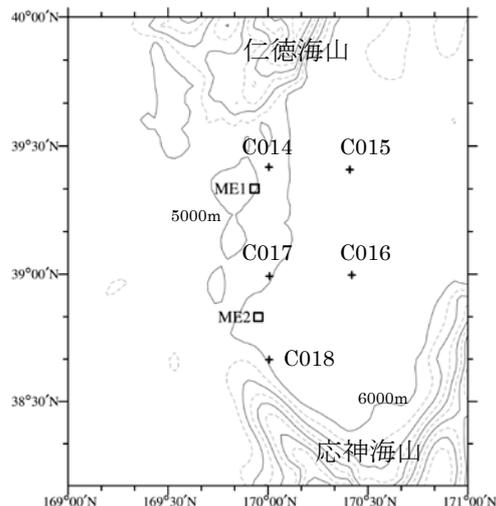


図2. メインギャップの海底地形と観測点。実線の等深線は1000m間隔。CTD/ADCP観測点はC014~C018(+), 係留点はME1, ME2(□)。

3) 係留観測: 2016年6月の白鳳丸航海(前出)にてメインギャップに南北に2系の測流係留系を設置(図2のME1およびME2)、2017年6月の北海道大学おしよる丸航海(主席研究員: 北大水産科学研究所・大木淳之准教授)にて回収した。残念ながら南側のME2

は切離装置の反応がなく回収できなかった。なお、これらの観測は、それぞれ別の研究目的で同乗した他の研究者や乗組員の協力を得て実施した。また CTD データの解析や係留作業は大気海洋研究所博士課程院生の宮本雅俊氏と共同で行った。

4. 研究成果

1) 底層水の海水特性

2012年の凌風丸航海および2016年の白鳳丸航海で得られた深層の海水特性の解析によると、メインギャップ内の海水は南方由来の低温の底層水の特徴を引き継いでおらず、天皇海山列とシャツキー海膨、および、それらの間の北緯 37 度付近に存在する 5200m ほどの浅瀬 (図 3 中の "Sill") に囲まれた小海盆に様に広がった海水に近かった。南方由来の底層水は周囲に比べて新しい (表面から沈み込んでからの年代が若い) ため、溶け込む酸素の量 (溶存酸素量) も高いが、メインギャップ内の溶存酸素量は低く、水温と同様、ギャップの西側あるいはさらに北方に広がる海水と同じ特性を持っていた (佐々木ら, 2013 年度日本海洋学会春季大会も同様の指摘)。

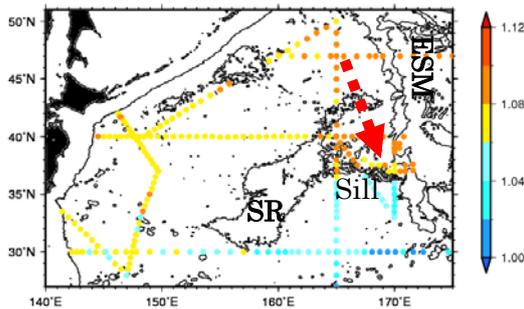


図 3. 北西太平洋海盆水深 5150m におけるポテンシャル水温 (圧力の影響を除いた水温) の分布 (宮本私信)。公開されている最新の海水データを使用した。赤い点線矢印は本文参照。海底地形は 5000m 等深線です。ESM は天皇海山列、SR はシャツキー海膨、Sill は ESM と SR を東西につなぐ無名の浅瀬。

もしメインギャップを東向きに通過する流量があるとすれば、南方から来た底層水はシャツキー海膨を北に回り込むなどするうちに特性を失い、北から小海盆に流入している可能性がある (図 3 の赤点線矢印)。あるいは、メインギャップを含めた小さな海盆内で古い底層水が循環しているだけの可能性も考えられる。したがってメインギャップを東向きに抜ける正味の流量があるかどうか非常に重要なポイントであり、そのためには流れを直接計測する必要がある。ここでは示さないが CTD 観測から得られる等密度面の傾きから計算される地衡流速は鉛直シアが非常に弱く、上層の強い地衡流速の絶対値をどう評価するかによって深層の地衡流

速が大きく左右されるため参考にできなかった。

2) 深層流の分布と変動特性

2016 年の白鳳丸航海における LADCP 観測の結果、メインギャップの南半分と北半分とで流速の強さに違いが見られた (図 4)。つまり、南側の 2 点 C018 と C017 ではそれぞれ 24.4 cm/s、12.8 cm/s という深層流としては非常に強い東向き流が見られたのに対し、北側の C014 と C015 ではいずれも微弱な (それでも東向きの) 流速しか得られなかった。

北半分の微弱な東向き流速は 1 年間の係留観測からも支持された。観測期間中の平均流速は海底上 40m にて 1.3 cm/s (方位 66 度)、海底上 450m にて 2.4 cm/s (方位 60 度) と弱かった (図 4)。ただ、弱いながらも東向きであることは東向流速成分の時系列 (図 5) から明らかで、潮汐を含む 1 時間間隔の流速時系列においても全期間中 61% から 65% のデータが東向きを示した。

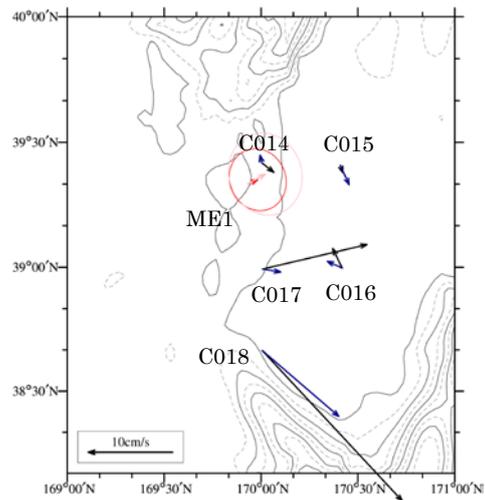


図 4. メインギャップ内の流速分布。LADCP によるスナップショットの流速 (黒は海底直上、青は海底上 15m) と係留観測による平均流速 (赤は海底上 40m、ピンクは海底上 450m、楕円は標準偏差) を矢印で示す。

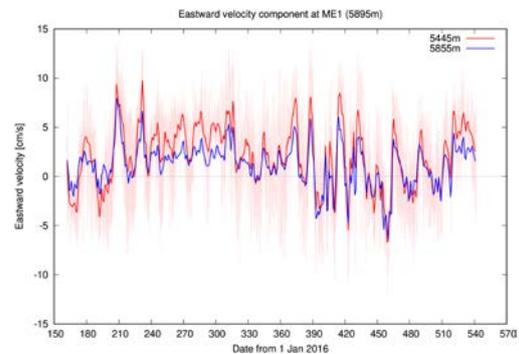


図 5. 東向流速成分の時系列。赤と青の太線は水深 5445m および 5855m (海底上 40m) の日平均の時系列、薄い赤は水深 5445m における潮汐などの短周期変動を含んだ 1 時間間隔の時系列。

3) 北太平洋深層循環の一部についての新たなイメージ

流動の直接計測から、メインギャップでは底層水がほぼ全域で東向きに流れていることがわかった。そして海水特性の解析から、この底層水は南方起源の底層水が直接来ているのではなく、北西太平洋海盆の北部に見られるより高温で低酸素の水であった。これらのことを合わせて考えると、北西太平洋海盆に到達した南方起源の底層水は海盆の北部で混合などにより大きく変質してから天皇海山列中のメインギャップを抜けて北東太平洋海盆に流れ出ていることが示唆される。Komaki and Kawabe (2009)は2003年の観測データからメインギャップに比較的低温で高酸素の底層水があることを報告しており、2012年以降のデータを用いた本研究の結果とは異なるが、時間変化がある可能性も考えられる。

<引用文献>

- ① Yanagimoto D. and Kawabe M., Direct velocity measurements of Deep Circulation southwest of the Shatsky Rise in the western North Pacific, *Deep-Sea Res. I*, 57, 328–337, 2010.
- ② Kawabe M. and Fujio S., Pacific Ocean circulation based on observation, *J. Oceanogr.*, 66, 389–403, 2010.
- ③ Owens W. B. and Warren B. A., Deep Circulation in the northwest corner of the Pacific Ocean, *Deep-Sea Res. I*, 48, 959–993, 2001.
- ④ Hamann I. and Taft B. A., On the Kuroshio Extension near the Emperor Seamounts, *J. Geophys. Res.*, 92, 3827–3839, 1987.
- ⑤ Komaki K. and Kawabe M., Deep-circulation current through the Main Gap of the Emperor Seamounts Chain in the North Pacific, *Deep-Sea Res. I*, 56, 305–313, 2009.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Miyamoto M., Oka E., Yanagimoto D., Fujio S., Mizuta G., Imawaki S., Kurogi M., Hasumi H., Characteristics and mechanism of deep mesoscale variability south of the Kuroshio Extension, *Deep-Sea Research Part I*, 123, 110–117, 2017.

[学会発表] (計2件)

- ① Yanagimoto D., Miyamoto M., Oka E., Nakano T., Tsujino H., Takatsuki Y., Deep Current Structure at the Main

Gap of the Emperor Seamount Chain, 2018 Ocean Sciences Meeting, Portland, U.S.A., 2018. (国際学会)

- ② Yanagimoto D., Tanaka T., Yasuda I., Goto Y., Miyamoto M., Kikuchi M., Oka E., Takatsuki Y., Nakano T., Mooring and turbulence observations around the Emperor seamounts and gaps, OMIX International Workshop, Hongo, Tokyo, 2017. (国際シンポジウム)

[図書] (計0件)

[産業財産権] (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://ocg.aori.u-tokyo.ac.jp/member/daigo/research/MainGap/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

柳本 大吾 (YANAGIMOTO, Daigo)
東京大学・大気海洋研究所・助教
研究者番号：40260517

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし

(4)研究協力者

宮本 雅俊 (MIYAMOTO, Masatoshi)
東京大学・理学系研究科・大学院学生