

論文内容の要旨

論文題目 **Observational study of deep water circulation in the North Pacific**

(北太平洋における深層循環の観測的研究)

氏名 加藤 史拓

本研究では、北太平洋深層の三次元的な循環像を明らかにすることを目的とし、特に北太平洋深層循環のこれまであまり調べられてこなかった部分に焦点を絞り、白鳳丸航海で得られた海洋データと World Ocean Circulation Experiment (WOCE) Hydrographic Programme (WHP) の海洋データの解析を行った。

大西洋の北端域と南極沿岸で沈み込んだ深層水は、南極周極流で合流して混合し、Lower Circumpolar Deep Water (LCDW) を形成する。LCDW は、南極周極流から分岐して太平洋へ入る。この LCDW は南太平洋の西岸を北上して中央太平洋海盆に到達して北太平洋の深層下部 ($\theta \leq 1.2^\circ\text{C}$) に流入し、そこから西、北、東の三方向へ向かう。このうち西と北へ向かう経路に関しては、深層循環が中央太平洋海盆で東西に分岐し、それらの分枝流がともに北西太平洋海盆へ向かい、そこで再び合流して北西太平洋海盆の北端域から北東太平洋海盆へ流入することが、これまでの様々な研究により明らかにされている (図 1)。一方、中央太平洋海盆から東へ向かう経路に関しては、LCDW が中央太平洋海盆からクラリオン水路とホライゾン水路を通して東へ向かうことが示されているものの、LCDW を運ぶ流れ (図 1 のドット矢印、以降東向き分枝流と呼ぶ) の存在は確かめられていない。そこで、白鳳丸 KH03-1 次航海において 165°W の $8^\circ50'\text{N}$ から $44^\circ30'\text{N}$ までの測線で CTD・採水観測を実施し (図 1)、この観測で得られたデータと WHP データを解析し、東向き分枝流の存在と、その詳細 (分布や流量) を調べた。

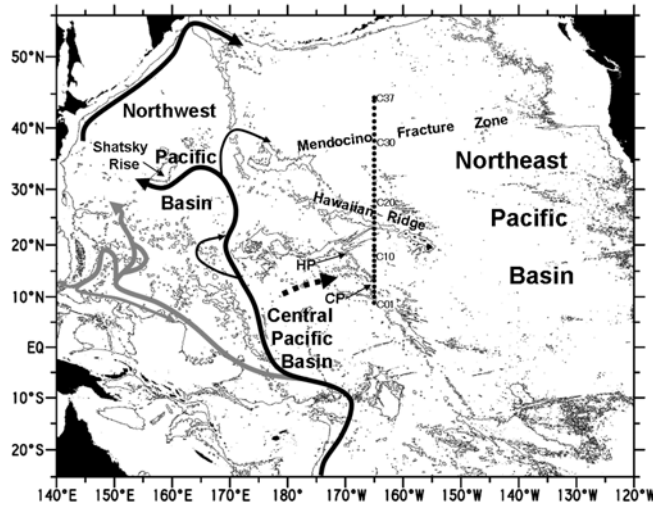


図 1. 海底地形と観測点(●)。矢印は深層循環流の流路。細線は 4000m 等深線。CP は Clarion Passage、HP は Horizon Passage。

165°W の深層下部の海水特性は、ハワイ海嶺 (~24°N) 以南の南側海域、ハワイ海嶺からメンドシノ断裂帯 (~37°N) までの中央海域、メンドシノ断裂帯以北の北側海域の 3 海域で大きく異なっている (図 2)。特に顕著なのが、南側海域の深層水の低温、高塩、高酸素、低ケイ酸塩という特徴である。この深層水は中央太平洋海盆から東進してきた LCDW である。

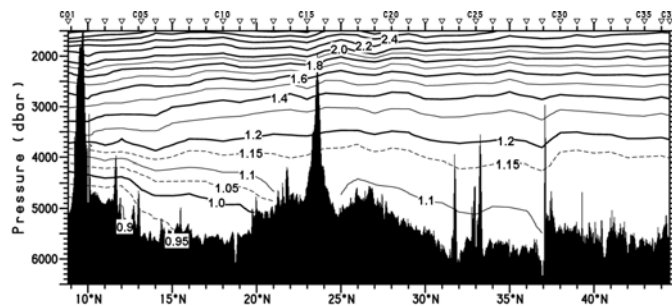


図 2. 165°W におけるポテンシャル水温 (θ) の断面図 (°C)

続いて、LCDW の中央太平洋海盆からの流入がどの深さまで及んでいるのか、等密度面上の酸素分布により調べた。45.91 σ_4 上では、中央太平洋海盆西岸を北上する深層循環流から分岐した流れが、中央太平洋海盆北部を北東太平洋海盆へ向かって東向きに流れていることが示唆された。一方 45.88 σ_4 上では、逆に北東太平洋海盆から中央太平洋海盆へ向かって西向きに流れていることが示唆された。以上から、これらの密度面の間に無流面が存在すると考えられる。これらの密度面間の酸素分布をさらに調べた結果、1.05°C 等温面が無流面として適切であると判断した。

そこで、1.05°C 等温面を南側海域の無流面と仮定して、165°W の地衡流を計算した (図

3)。南側海域の 1.05°C 等温面以深ではほぼ全域で東向きに流れており、東向き分枝流の存在が確認された。この測線と、そのすぐ西に位置する WHP P15 の測線で東向き分枝流の流量を計算した結果、 3.7 Sv ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) と見積もられた。これは、北太平洋に流入する LCDW の約三分の一にも相当する。また、クラリオン水路通過分の流量は 3.1 Sv となり、東向き分枝流の大部分がクラリオン水路を通過することも明らかになった。

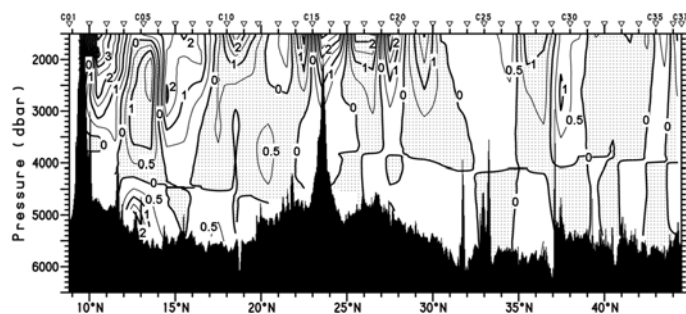


図 3. 165°W における地衡流分布 (cm s^{-1})。シェードは西向き。

LCDW は、北東太平洋海盆の北東域に集まり、深層上部 ($1.3^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 2.2^{\circ}\text{C}$) へ湧昇してケイ酸塩の豊富な North Pacific Deep Water (NPDW)になる。 165°W では、NPDW は北側海域に存在していた。Komaki and Kawabe (2009)の結果から北側海域では 1.15°C 等温面が無流面として適当であり、この仮定のもとで地衡流を計算したところ、NPDW は西向きに流れており (図 3)、その流れの流量は 2.0 Sv と見積もられた。

NPDW が北東太平洋海盆の北東域から北西太平洋海盆へ向かって西向きに流れることは、深層上部のケイ酸塩分布と先述の 165°W での観測結果から示唆されている。一方、南極周極流から分岐した Upper Circumpolar Deep Water (UCDW) も、赤道西岸からフィリピン海を經由して北西太平洋海盆に流入する。NPDW と UCDW は共に、北西太平洋海盆内のシャツキーライズの南西域では東向きに流れており、このことは、NPDW を運ぶ西向きの流れが北西太平洋海盆で東向きへ向きを変えることを示唆している。NPDW の分布を調べるにはケイ酸塩データが適しているのではあるが、北西太平洋海盆ではケイ酸塩データが不足していたため、NPDW を運ぶ西向き流と東向き流がどのように繋がっているのかはこれまで調べられてこなかった。そこで、白鳳丸航海 (KH04-4, KH05-4, KH07-1) で北西太平洋海盆内のケイ酸塩データ取得し、このデータを WHP のケイ酸塩データとともに解析して、NPDW を運ぶ深層循環流の流路を調べた。

新たなデータによって詳細なケイ酸塩分布図が得られ (図 4)、 40°N 付近を西向きに流れて北西太平洋海盆に入った NPDW が、 38°N と $32^{\circ}30'\text{N}$ の間のおおよそ 150°E 以東の海域で反時計回りにターンし 30°N – 35°N の緯度帯を東へ向かうことを明らかにした (図 5)。

さらに、シャツキーライズの南西域で見られる UCDW のケイ酸塩で見られる特徴を追い

かけることで、フィリピン海から流出した UCDW が 20–25°N の緯度帯で東へ向かうことが示された (図 5)。また、UCDW のケイ酸塩濃度は東へ向かうにつれて高くなっており、これは UCDW の北に位置する NPDW と混合しながら東へ進むことを示唆している。

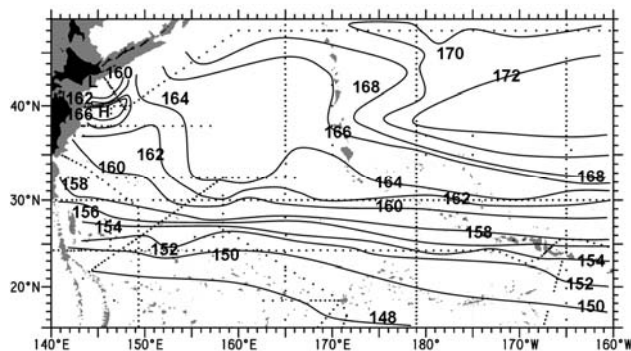


図 4. 36.90 σ_2 上のケイ酸塩 (*Si*) の分布 ($\mu\text{mol kg}^{-1}$)。シェードは 2000m 以浅。

本研究により明らかにされた深層下部と深層上部の流れは、図 5 の色つき矢印で模式的に示される。中央太平洋海盆の北西域で分岐した東向き分枝流は、LCDW を中央太平洋海盆から北東太平洋海盆へ運ぶ。その LCDW の一部と北西太平洋海盆北端域からやってきた LCDW は、北東太平洋海盆の北東域で深層上部へ湧昇し、NPDW となる。そこから NPDW は西へ流れ、北西太平洋海盆の西部で反時計回りにターンし、UCDW とともに東へ向かう。そして、その NPDW と UCDW は、北東太平洋海盆を南下し、南極周極流へ戻るのだろう。

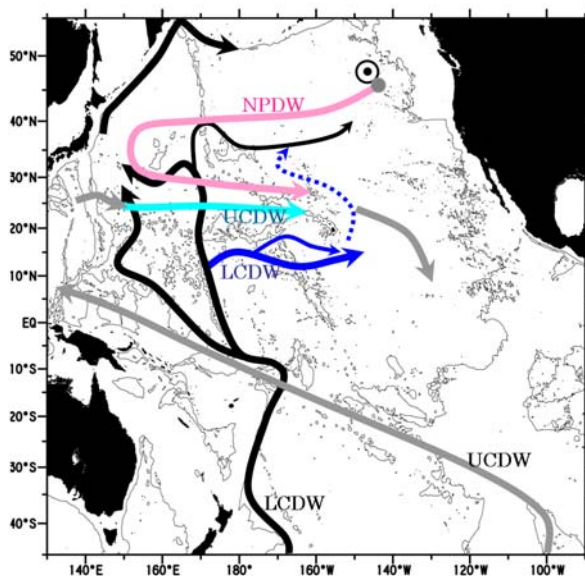


図 5. 北太平洋深層循環の模式図。黒、青の矢印と、灰色、桃色、水色の矢印はそれぞれ、深層下部と深層上部の流れ。本研究で明らかにされた流れを色つき矢印で示す。二重丸は LCDW の湧昇を示す。