

平成 22 年 6 月 4 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006 ～ 2009

課題番号：18340136

研究課題名 (和文) 北西太平洋における深層循環の観測的研究

研究課題名 (英文) Observational study of deep circulation in the Northwest Pacific

研究代表者

川辺 正樹 (KAWABE MASAKI)

東京大学・海洋研究所・教授

研究者番号：40143549

研究成果の概要 (和文)： 深層水を運ぶことで現在の海洋と気候を形成している海洋深層循環の実態を解明するため、深層水が湧昇して南に戻る重要な海域である北太平洋で観測を行い、太平洋を北上して北西太平洋海盆を流れる深層下部(3500m 以深)の深層循環流の分布と流速・流量の時間変動、及びそれがオーバーターンして南極に戻る深層上部(2000～3500m 深)の深層循環流の分布と流量を明らかにした。さらに、研究成果を総合することで太平洋海洋循環の全体像を明らかにした。

研究成果の概要 (英文)： In order to clarify the deep ocean circulation which forms the current state of ocean and climate by transporting deep water, we conducted oceanographic observations in the North Pacific where deep water upwells and returns to south. Analyzing the oceanographic data, we clarified the variability of location, velocity, and volume transport of deep current in the lower deep layer (deeper than 3500 m) which flows in the Northwest Pacific Basin proceeding northward in the Pacific Ocean, and also clarified the distribution and volume transport of deep current in the upper deep layer (2000-3500 m depth) which overturns and returns to the Antarctic Ocean. Moreover, we proposed the overall picture of the Pacific Ocean circulation by integrating the results of the study.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2007 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008 年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2009 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 地球惑星科学, 気象・海洋物理・陸水学

キーワード： 海洋物理, 海洋観測, 深層循環, 流量変動, 水塊分析

1. 研究開始当初の背景

世界の海をめぐる深層循環の研究は、観測の難しさのために目立った進展のない状況が暫く続いていたが、1990 年代に実施された国際研究計画 WOCE (World Ocean Cir-

ulation Experiment, 世界海洋循環実験)で、精度の高いデータが世界の海でとられたことにより大きく進展した。その結果、太平洋の深層循環は、南太平洋については 20 世紀の間にかかなりの程度明らかにされた。しかし、

深層水の形成域から最も遠い北太平洋については、深層水の特徴が海水混合で薄らいていること、西部低緯度域などで海底地形が非常に複雑であること、深層循環流の時間変動が大きいことのために解明が遅れていた。

私たちは 20 世紀末に北太平洋西部低緯度域での観測を実施し、北緯 20 度以南の深層循環流の実態を明らかにした。しかし、その下流域である北西太平洋海盆での深層循環については、本研究が始まる時点では、流れの構造も大きさも確たることはわかっておらず、深層循環全体を総合的に議論することができない状況であった。

2. 研究の目的

大西洋北端域や南極周辺域で形成された深層水が、深層循環によって世界の海に運ばれ、そのおかげで、酸素の豊富な深海の環境が作られ、海洋の水温上昇が抑えられ、現在の気候が作られている。そうした重要な働きをしている深層循環を、特に深層水が湧昇して南に戻る重要な海域であり、まだよくわかっていない北太平洋について、循環流の分布と流速、流量の平均的な状況と時間変動を明らかにすることが、本研究の目的である。

3. 研究の方法

- (1) 平成 16 年と平成 17 年に行った白鳳丸 KH-04-4 次航海と KH-05-4 次航海で取ったシャツキー海膨南西測線での CTDO₂ データと測流データを解析した。
- (2) 平成 19 年 5 月 7 日～6 月 8 日に白鳳丸 KH-07-1 次航海を実施し、深層循環流が北上する本州東方沖の 40°N 線に流速計と CTD を付けた係留系を 7 系設置し、40°N、38°N、32.5°N に沿って CTDO₂ 観測を行った(図 1)。

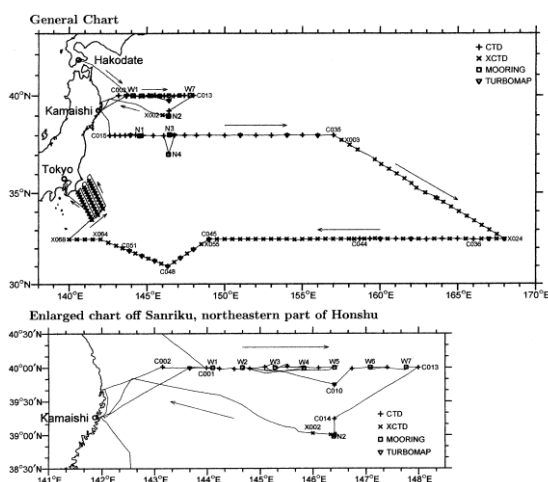


図 1. 白鳳丸 KH-07-1 次航海の測点・航跡図, 上: CTDO₂ 測点, 下: 係留系の設置点 W1-W7。

- (3) 平成 20 年 10 月 7 日～11 月 7 日に白鳳丸 KH-08-3 次航海を実施し、KH-07-1 次航海で

設置した係留系を回収し、40°N、146°E、143°E の測線で CTDO₂ 観測を行った(図 2)。

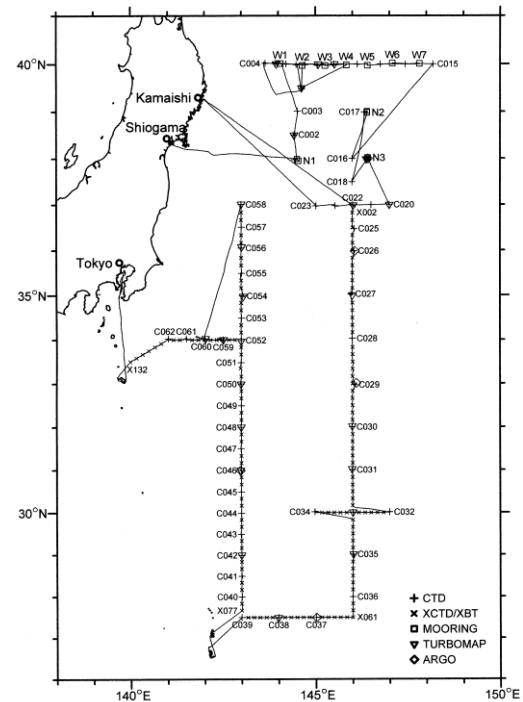


図 2. 白鳳丸 KH-08-3 次航海の測点・航跡図。係留系回収点 W1-W7 と回収・再設置点 N1-N3, 及び CTDO₂ 測点 C001-C062 を示す。

- (4) 取得した水温、塩分、溶存酸素などのデータを整理し、深層循環の分布と変動特性を明らかにするために、水塊データと地衡流速、測流による流速データを総合的に解析した。

4. 研究成果

- (1) 白鳳丸 KH-05-4 次航海で取ったシャツキー海膨南西測線での塩分、溶存酸素データの較正を行い、基礎的な解析や観測の概要をまとめた英文クルーズレポートを印刷した。
- (2) 平成 19 年に行った白鳳丸 KH-07-1 次航海で取得した塩分と溶存酸素のセンサーデータの較正や断面図の作成などの基礎的な解析を行い、KH-07-1 次航海の英文クルーズレポートを印刷した。
- (3) 平成 20 年に行った白鳳丸 KH-08-3 次航海で取得した塩分と溶存酸素のセンサーデータの較正や断面図の作成などの基礎的な解析を行い、KH-08-3 次航海の英文クルーズレポートを印刷した。

- (4) 白鳳丸 KH-04-4 次航海と KH-05-4 次航海のデータを併せて解析し(図 3), 下部周極深層水を運びながら深層下部を北上する深層循環流と、それがオーバーターンして北太平洋深層水を運びながら南に戻る深層上部

の深層流の分布と流量を、次のように明らかにした (Kawabe et al. 2009)。

深層下部(1.2°C 以下)を南極から北上してくる下部周極深層水は、長旅の間の海水混合で高酸素という特徴を次第に失うため、図4では判別できず、地衡流速と測流データから深層循環流の位置を判断した。一方、深層上部(1.2-2.2°C)の深層水は、30°N 以北の低酸素水と 25.5°N 以南の高酸素水に明確に分かれる (図4)。北側の低酸素水は、深層下部の深層循環によって運ばれてきた下部周極深層水が、北太平洋北東部で湧昇し、低酸素の北太平洋深層水に変質して深層上部を西進したのち南下してきた深層水である(図6上を参照のこと)。一方、南側の高酸素水は、南極から北上してきた上部周極深層水がフィリピン海から南西向きに流れ出した深層水である。こうした水塊の特性と源、及びそれらを運ぶ深層循環の構造を明らかにした。

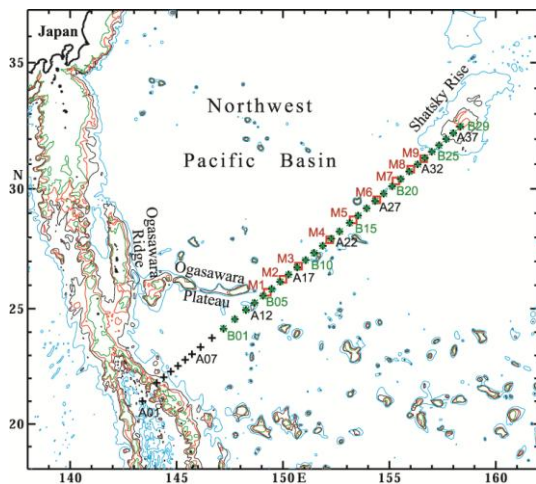


図3. シャツキー海膨南西測線での測点図。KH-07-1次航海でのCTDO₂測点A01-A38(+), KH-08-3次航海でのCTDO₂測点B01-B29(x), 流速計の係留測点M1-M9(□)を示す。(Kawabe et al. 2009)

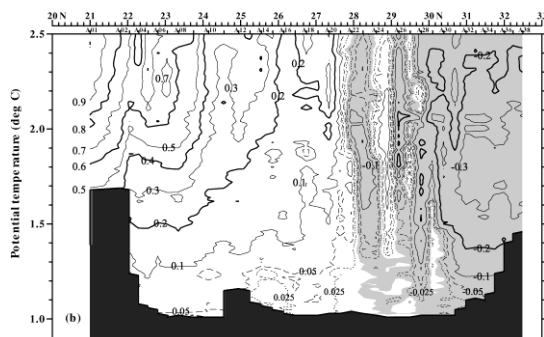


図4. シャツキー海膨南西測線での溶存酸素偏差の断面図。28-29°Nの4測点での平均水塊からの偏差を求めた。陰影は負の偏差(低酸素)を示す。(Kawabe et al. 2009)

(5) さらに、シャツキー海膨南西測線での係留系M1-M9(図3)による流速データを解析し、深層循環の位置と流速・流量の時間変動について、次のような特徴を明らかにした (Yanagimoto et al. 2010)。

深層下部の深層循環流は、南太平洋の低緯度域で東西二本の分枝流に分かれるが、図5からわかるように、東側分枝流はM8を中心にM7-M9を北西向きに流れる。その位置は時間とともに変動し、南端がM6にかかることもある。一方、西側分枝流はM2をほぼ北向きに流れ、M1とM3にかかることはない。このように、流れの幅は東側分枝流の方が大きい、位置の東西変動はともに1か月と約3か月の周期性をもっている。

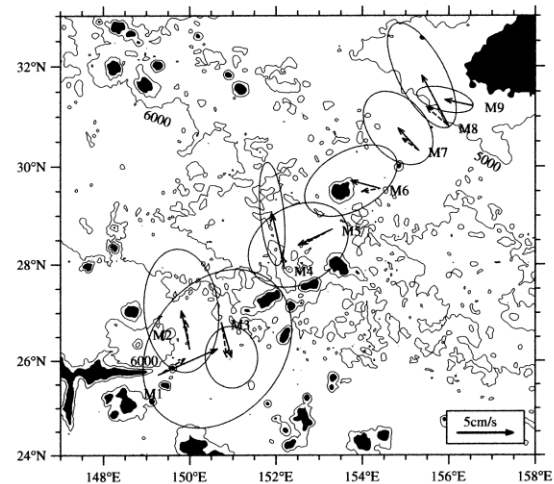


図5. シャツキー海膨南西測線での測流による平均流速ベクトル(矢印)と時間変動のバリアンス(楕円)。(Yanagimoto et al. 2010)

(6) KH-07-1, KH-08-3次航海のデータを解析することで、日本(岩手県)東方の40°N線では、深層循環流が日本海溝の沖側斜面域とそのすぐ東方にかけて流れており、5~8か月の継続期間をもって東西に位置を変えている。すなわち、測流期間の初めの5か月は日本海溝沖側海域、次の8か月は日本海溝の東側斜面域、最後の5か月はそれらの間の海域に位置していた。このように、深層循環流の明瞭な東西振動を明らかにした。

(7) その他、深層循環に関する様々な研究を進め、測流データによるメラネシア海盆及び北西太平洋海盆での深層流の変動 (Kawabe et al. 2006, Yanagimoto and Kawabe 2007), 深層循環に大きく影響する拡散係数をCTDデータから求める方法 (Kawabe 2008), 降下式音響ドップラー流速プロファイラー(LADCP)から流速を求める方法 (Komaki and Kawabe 2007a), LADCPデータによるメラネシア海盆及び天皇山山列を通過する深層流 (Komaki and Kawabe 2007b, 2009)

の論文を発表した。

(8) 以上の本研究の成果とその他の研究の成果を総合することで、太平洋全体での深層循環の研究を進め、太平洋海洋循環の全体像を明らかにした (Kawabe and Fujio 2010)。

すなわち、図6下のように深層下部を南極から北上してくる下部周極深層水が、北東太平洋海盆に流入して湧昇し、北太平洋深層水となって図6上のように深層上部を南極に戻っていく。このような太平洋での南北オーバーターン循環を明らかにした。さらに、上部周極深層水が深層上部を南極から北上し、北太平洋深層水と混ざって“変質した北太平洋深層水”を形成し、南極に戻っていくことも明らかにした。この循環像の主要な根拠が、本研究で得られた研究成果(4)~(7)である。

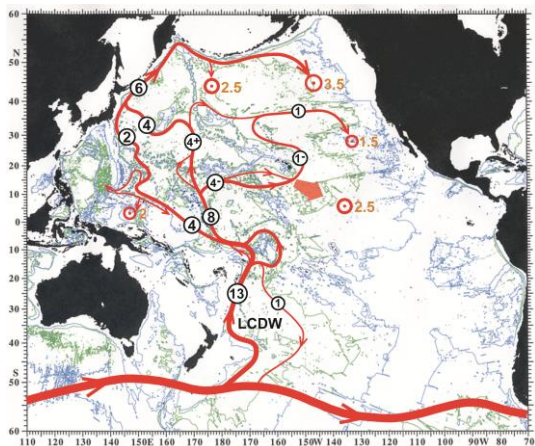
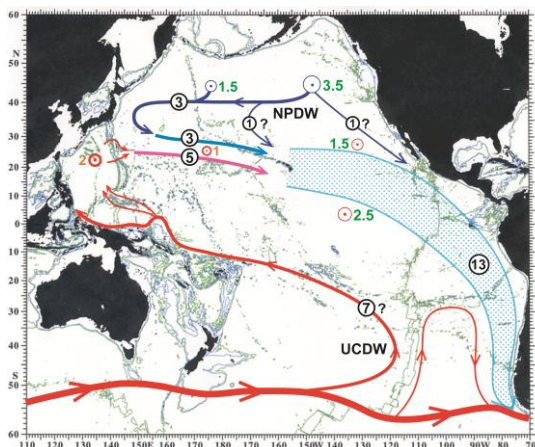


図6. 太平洋の深層循環, 上: 深層上部(約2000~3500 m深), 下: 深層下部(約3500 m以深)。○内の数字は体積流量(単位はSv。1 Sv = $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)、⊙は湧昇、UCDW(LCDW)は上部(下部)周極深層水、NPDWは北太平洋深層水を表す。赤色は高酸素、低ケイ酸塩の水、青色は低酸素、高ケイ酸塩の水を運ぶ深層循環流を表す。(Kawabe and Fujio 2010)

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13件)

1) Kawabe M., Fujio S., 2010, Pacific Ocean circulation based on observation, *Journal of Oceanography*, 66, 389-403, 査読有。

2) Yanagimoto D., Kawabe M., Fujio S., 2010, Direct velocity measurements of deep circulation southwest of the Shatsky Rise in the western North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 57, 328-337, 査読有。

3) Kato F., Kawabe M., 2009, Volume transport and distribution of deep circulation at 165°W in the North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 56, 2077-2087, 査読有。

4) Kawabe M., Fujio S., Yanagimoto D., Tanaka K., 2009, Water masses and currents of deep circulation southwest of the Shatsky Rise in the western North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 56, 1675-1687, 査読有。

5) Komaki K., Kawabe M., 2009, Deep-circulation current through the Main Gap of the Emperor Seamounts Chain in the North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 56, 305-313, 査読有。

6) Kawabe M., Kashino Y., Kuroda Y., 2008, Variability and linkages of New Guinea Coastal Undercurrent and Lower Equatorial Intermediate Current, *Journal of Physical Oceanography*, 38, 1780-1793, 査読有。

7) Kawabe M., 2008, Vertical and horizontal eddy diffusivities and oxygen dissipation rate in the subtropical Northwest Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 55, 247-260, 査読有。

8) Yanagimoto D., Kawabe M., 2007, Deep circulation flow at mid-latitude in the western North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 54, 2067-2081, 査読有。

9) Komaki K., Kawabe M., 2007a, Correction method for full-depth current velocity with lowered acoustic Doppler current profiler (LADCP), *Journal of Oceanography*, 63, 995-1007, 査読有。

10) Komaki K., Kawabe M., 2007b, Structure of the upper deep current in the Melanesian Basin, western North Pacific, *La mer*, 45, 15-22, 査読有.

11) Kawabe M., Yanagimoto D., Kitagawa S., 2006, Variations of deep western boundary currents in the Melanesian Basin in the western North Pacific, *Deep-Sea Research Part 1*, 53, 942-959, 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

1) 黛健斗、川辺正樹、北太平洋亜熱帯域における中層海洋循環の構造と特性、日本海洋学会、2010年3月27日、東京海洋大学品川キャンパス

2) Yanagimoto D., Kawabe M., Fujio S., Direct velocity measurements of deep circulation southwest of the Shatsky Rise in the western North Pacific, *OceanObs09*, 24 September 2009, Venice Convention Center, Italy.

3) 川辺正樹、藤尾伸三、柳本大吾、田中潔、北太平洋シャツキー海膨南西海域を通過する深層循環の水塊と流れ、日本海洋学会、2009年9月28日、京都大学吉田キャンパス

4) 川辺正樹、柏野祐二、黒田芳史、ニューギニア沿岸潜流と赤道中層流の変動特性、日本海洋学会、2008年9月25日、広島国際大学呉キャンパス

5) 藤尾伸三、柳本大吾、北川庄司、日本海溝周辺における深層流の時間変動、日本海洋学会、2008年9月27日、広島国際大学呉キャンパス

6) 柳本大吾、川辺正樹、藤尾伸三、北川庄司、北西太平洋海盆南部における深層循環流の流動特性、日本海洋学会、2007年9月28日、琉球大学工学部

7) 小牧加奈絵、川辺正樹、藤尾伸三、LADCP 反射強度データの水塊分析への利用、日本海洋学会、2007年9月28日、琉球大学工学部

8) 加藤史拓、川辺正樹、北西太平洋海盆におけるケイ酸塩分布と深層循環、日本海洋学会、2007年9月27日、琉球大学工学部

[図書] (計 3 件)

1) 川辺正樹、2009、海と生命 — 「海の生命観」を求めて(「海流と生命」の項(P. 52-68)を執筆)、508pp.

2) Kawabe M., 2008, Ocean research Institute, The University of Tokyo, Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-07-1 leg 2, 39pp.

3) Kawabe M., 2006, Ocean research Institute, The University of Tokyo, Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-05-4, 42pp.

[その他]

ホームページ等

[機関リポジトリ] (計 2 件)

① 修士論文 (古原聡美)
<http://hdl.handle.net/2261/25707>

② 博士論文 (小牧加奈絵)
<http://hdl.handle.net/2261/24339>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川辺 正樹 (KAWABE MASAKI)

東京大学・海洋研究所・教授

研究者番号：40143549

(2) 研究分担者

柳本 大吾 (YANAGIMOTO DAIGO)

東京大学・海洋研究所・助教

研究者番号：40260517

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：