

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21340133

研究課題名（和文）北太平洋亜熱帯域のサブダクション過程およびその経年変動のメカニズム解明

研究課題名（英文）Mechanism of subduction processes in the North Pacific subtropical region and their interannual variations

研究代表者

岡 英太郎（OKA EITAROU）

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：60360749

研究成果の概要（和文）：鉛直一様層として特徴づけられる表層水塊「モード水」に焦点を当て、北太平洋亜熱帯域のサブダクション過程（海水が海面から海洋内部に沈み込む過程）とその時間変動を調べた。アルゴフロートデータや高解像度モデルの出力データの解析、船舶観測の実施などにより、各モード水の冬季形成域における構造を明らかにしたほか、空間スケール100km程度の中規模現象に伴う各モード水のサブダクション過程とその十年規模変動を明らかにした。

研究成果の概要（英文）： We have investigated the subduction processes (in which water is subducted from the sea surface to the subsurface) and their temporal variations in the North Pacific subtropical region, focusing on mode waters, which are water masses characterized by their vertical homogeneity. By analyzing Argo float data and high-resolution numerical model outputs and conducting shipboard observations, we have clarified the structure of each mode water in its winter formation region, as well as the subduction process of each mode water in association with mesoscale variability with a horizontal scale of about 100 km and its decadal variation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	10,300,000	3,090,000	13,390,000
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

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：北太平洋、モード水、サブダクション、中規模現象、季節変動、十年規模変動

## 1. 研究開始当初の背景

北太平洋の亜熱帯域では冬季混合層から永年密度躍層へと水が沈み込んでいる（これをサブダクションという）。特に日本の東方海域では大量の水が亜熱帯モード水（STMW）や中央モード水（CMW）といったモード水としてサブダクトしている。これらのモード水は

数年～数十年スケールの気候変動や物質循環変動において重要な役割を果たしていると期待されており、その役割を評価するために各モード水の詳細な形成・輸送・変質・散逸過程、分布・特性の経年変化、およびそれらのメカニズムを明らかにする必要がある。

## 2. 研究の目的

(1) 渦分解スケールまで考慮した、各モード水の形成・輸送・変質・散逸過程とそのメカニズムの解明

(2) 各モード水の分布・特性の経年変化とそのメカニズムの解明

(3) 各モード水の経年変化に伴う海洋内部構造の変動とそれが海面水温分布に与える影響の解明

## 3. 研究の方法

(1) 海洋自動観測網データの解析：アルゴフロートデータや衛星観測による海面高度データ・海面フラックスデータ等の解析を行うほか、より長期の変動を調べるために官庁等の定線観測データ、歴史的気温・塩分データの解析を併せて行う。

(2) 船舶観測の実施および取得データの解析：利用可能な航海で各モード水の横断観測を実施し、水温・塩分・溶存酸素・乱流拡散係数などの物理パラメータの測定を行い、過去に実施した船舶観測のデータとともに解析する。

(3) 高解像度海洋大循環モデルの出力データの解析：気象研究所の高解像度北太平洋海洋大循環モデルの気候値実験および経年変動再現実験の出力データの解析を行う。

## 4. 研究成果

### (1)

未解明の点が多かった CMW の形成過程に関して、アルゴデータを用いた研究を行い、黒潮続流の北、日本の東から西経 160 度付近まで東西に伸びる 2 つの領域で深い冬季混合層が形成され、各領域の東側部分から重いタイプ (D-CMW)、軽いタイプ (L-CMW) という 2 種類の CMW として主密度躍層にサブダクトすることを明らかにした。また、D-CMW 形成域の西側部分で形成される移行領域モード水 (TRMW) の D-CMW への変質過程において、二重拡散が重要な役割を果たしていることを示した。

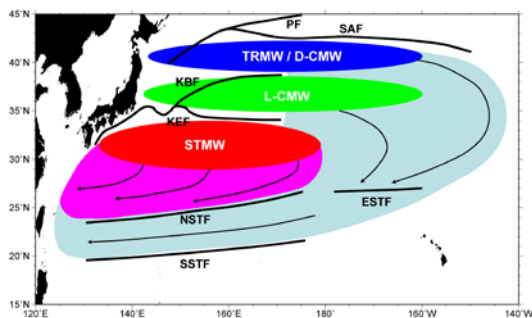


図 1 各モード水の形成域とサブダクション後の広がり (Oka and Qiu, 2010)

### (2)

各モード水の形成・移流・サブダクション・散逸過程とその長期変動に短い時間スケールの現象が果たす役割を明らかにした。

### ①

STMW のサブダクションおよび分布に中規模渦が与える影響について、高解像度大循環モデルを用いた研究を行った。その結果、渦によるサブダクション率は平均流によるそれとほぼ同程度であることが示された。また渦によるサブダクションに伴う具体的なプロセス (1. STMW を内包した渦の南への移動、2. 渦による水平混合) を明らかにした。

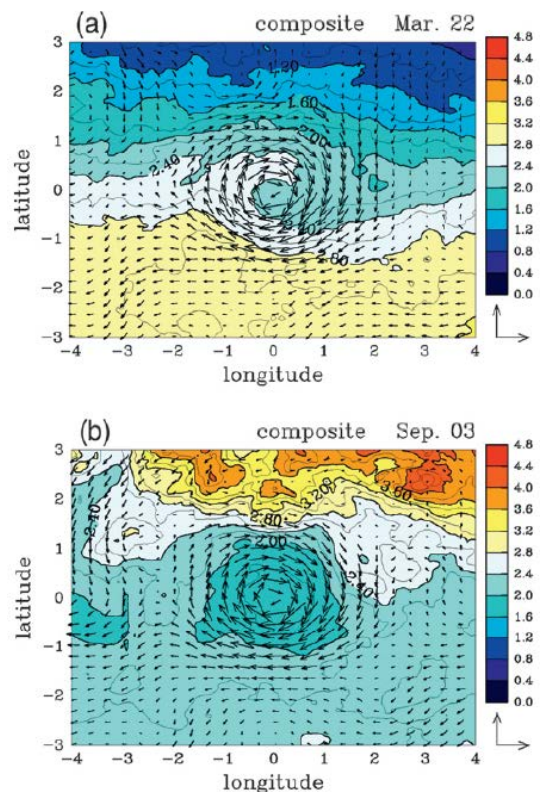


図 2 高解像度モデルで見られた、中規模渦に伴う 2 種類の STMW のサブダクション：(a) 渦拡散、(b) 渦による移流 (Nishikawa et al., 2011)

### ②

中規模渦による STMW の輸送・サブダクションに関して、アルゴデータと船舶による高密度観測データの解析を行った。その結果、①のモデル研究により示された中規模渦による STMW 輸送が実際に起こり、春以降の STMW

の減衰プロセスに重要な役割を果たしていることを明らかにした。

③

北西太平洋の各モード水形成域における冬季混合層深度と中規模渦との関係をアルゴデータと衛星海面高度データの解析により調べ、高気圧性渦の中心部に近いほど厚いモード水が形成されること、その傾向は L-CMW の形成域でもっとも顕著であること、CMW 形成域で観測された厚い混合層の約半数は高気圧性渦の中で形成されていたことを明らかにした。

④

黒潮続流およびその周辺の渦活動度の十年規模変動がモード水の形成に与える影響をアルゴデータを用いて調べ、黒潮続流のすぐ北で起こる L-CMW の形成が黒潮続流の安定期には不活発、不安定期には活発となることを示し、そのメカニズムを推察した。また、黒潮続流の南で形成される STMW について、形成過程のみならず、その後の輸送・散逸過程もが続流の十年規模変動に大きく影響を受けている可能性を提示した。

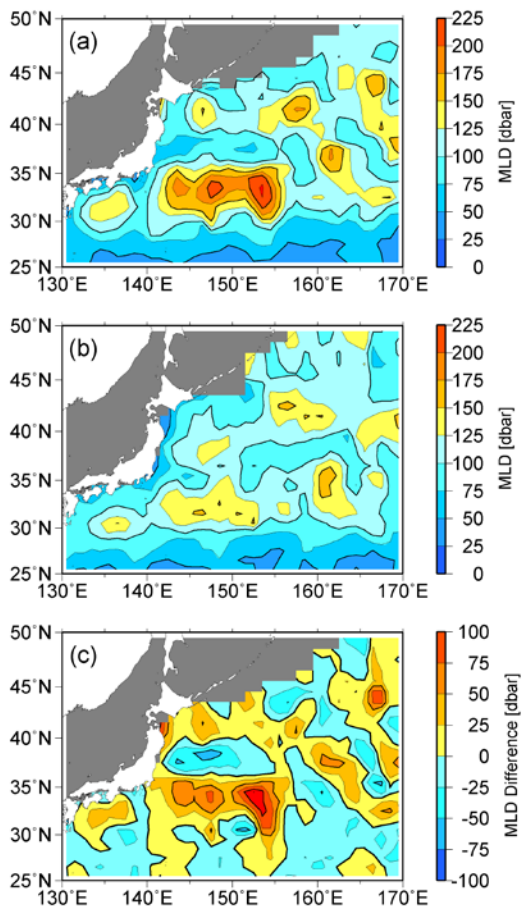


図 3 アルゴデータから求めた、黒潮続流の安定期(a)と不安定期(b)における冬季混合層深度分布。(c)は(a)と(b)の差を表す (Oka et al., 2012)

⑤

北緯 40 度、東経 155 度付近で定期的な厚い冬季混合層が形成されるメカニズムをアルゴデータと海面フラックスデータの解析により調べ、準定常流として北東向きに流れる亜寒帯フロントに伴う局所的な海洋の熱損失が厚い TRMW の形成に寄与していることを明らかにした。

(3)

毎冬形成される STMW の厚さの長期変動およびその要因を、歴史的観測データの解析により調べた。冬季の STMW の厚さは経年スケールおよび 10 年スケールで変動していた。この変動は晩秋から初冬にかけての海面熱フラックスおよび前年の夏に存在していた亜表層の鉛直密度成層の強さと高い相関があり、両者の寄与は同程度であることを示した。

(4)

モード水の諸過程に伴う乱流混合過程を調べるため、2 度の船舶観測を実施した。

①

2009 年 10 月の淡青丸 KT-09-21 航海において日本の東方海域で CTD やマイクロストラクチャプロファイラーを用いた船舶観測を行い、STMW や CMW の構造とそれに伴う鉛直拡散係数の分布を測定した。この航海中に三陸沖の定点観測で得た海洋乱流計データと海上気象データを解析し、海洋前線が海洋表層混合層の乱流エネルギーの変化に大きく寄与していることを明らかにした。

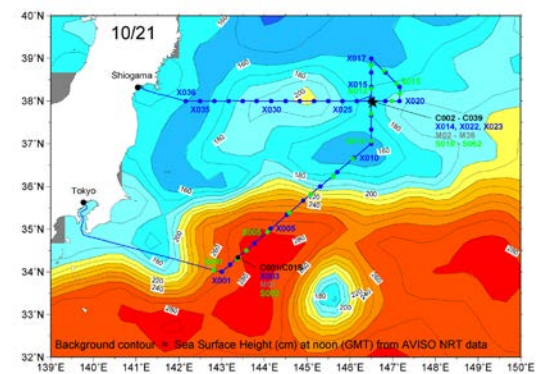


図 4 淡青丸 KT-09-21 航海 (2009 年 10 月 15 日～26 日) の航路図

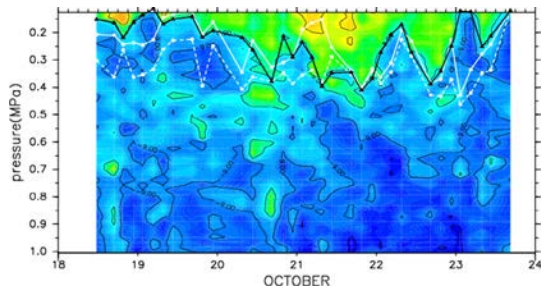


図5 KT-09-21 航海中、38N・146.5E の定点観測により得られた乱流運動エネルギー散逸率の時間変化

②

2010年5月の望星丸実習航海において、STMWの散逸過程およびそれに伴う一次生産への影響を調べるため、四国沖の黒潮暖水塊にトラップされたSTMWの構造と乱流強度分布を、栄養塩やクロロフィルの分布とともに測定した。

③

2011年3月に白鳳丸で本州南東海域において、大気観測も併せた総合的な船舶観測を実施し、晩冬のSTMWの形成過程を詳細に調べる予定であったが、東日本大震災の影響により中止となった。なお、この航海の大体航海が2014年2~3月に実施されることが決定している。

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19件)

- ① Iwamaru, H., F. Kobashi, and N. Iwasaka, Temporal variations of the winter mixed layer south of the Kuroshio Extension, *Journal of Oceanography*, 査読有, 66, 2010, 147-153.
- ② Nishikawa, S., H. Tsujino, K. Sakamoto, and H. Nakano, Effects of mesoscale eddies on subduction and distribution of Subtropical Mode Water in an eddy-resolving OGCM of the western North Pacific, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 40, 2010, 1748-1765.
- ③ Oka, E., S. Kouketsu, K. Toyama, K. Uehara, T. Kobayashi, S. Hosoda, and T. Suga, Formation and subduction of Central Mode Water based on profiling float data, 2003-08, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 41, 2011, 113-129.

- ④ Oka, E., T. Suga, C. Sukigara, K. Toyama, K. Shimada, and J. Yoshida, "Eddy-resolving" observation of the North Pacific Subtropical Mode Water, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 41, 2011, 666-681.
- ⑤ Saito, H., T. Suga, K. Hanawa, and N. Shikama, The transition region mode water of the North Pacific and its rapid modification, *Journal of Physical Oceanography*, 査読有, 41, 2011, 1639-1658.
- ⑥ Oka, E. and B. Qiu, Progress of North Pacific mode water research in the past decade, *Journal of Oceanography*, 査読有, 68, 2012, 5-20.
- ⑦ Kouketsu, S., H. Tomita, E. Oka, S. Hosoda, T. Kobayashi, and K. Sato, The role of meso-scale eddies in mixed layer deepening and mode water formation in the western North Pacific, *Journal of Oceanography*, 査読有, 68, 2012, 63-77.
- ⑧ Oka, E., B. Qiu, S. Kouketsu, K. Uehara, and T. Suga, Decadal seesaw of the Central and Subtropical Mode Water formation associated with the Kuroshio Extension variability, *Journal of Oceanography*, 査読有, 68, 2012, 355-360.

[学会発表] (計38件)

- ① Oka, E., Formation and Circulation of Subtropical and Central Mode Waters based on Profiling Float Data, 2010 Ocean Sciences Meeting, 2010年2月23日, Portland, 米国.
- ② 西川史朗・辻野博之・坂本圭・中野英之, 高解像度北太平洋モデルを用いた表層水塊変質・形成率の診断, 2010年度日本海洋学会秋季大会, 2010年9月8日, 東京農業大学生物産業学部, 網走.
- ③ Iwasaka, N., F. Kobashi, M. Konda, F. Kondo, M. Kubota, K. Kutsuwada, T. Murayama, E. Oka, Y. Tanimoto, O. Tsukamoto, and K. Uehara, A comprehensive observation of the air-sea interaction north of the Kuroshio Extension in KT-09-21 cruise in October 2009, IUGG 2011, 2011年6月29日, Melbourne, Australia.
- ④ Uehara, K., E. Oka, M. Konda, F. Kobashi, N. Iwasaka, Y. Tanimoto, K. Kutsuwada, and M. Kubota, Daily Variation of Turbulent Kinetic Energy Observed at a Fixed Point North of the Kuroshio Extension, 2012 Ocean

Sciences Meeting, 2012 年 2 月 20 日,  
Salt Lake City, 米国.

- ⑤ Oka, E. and B. Qiu, Observed and  
hypothesized decadal variability of  
Subtropical and Central Mode Waters in  
association with the Kuroshio  
Extension variability, 2012 Ocean  
Sciences Meeting, 2012 年 2 月 20 日,  
Salt Lake City, 米国.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡 英太郎 (OKA EITAROU)  
東京大学・大気海洋研究所・准教授  
研究者番号：60360749

### (2) 研究分担者

岩坂 直人 (IWASAKA NAOTO)  
東京海洋大学・海洋工学部・教授  
研究者番号：60211760  
須賀 利雄 (SUGA TOSHIO)  
東北大学・理学研究科・准教授  
研究者番号：70211977  
植原 量行 (UEHARA KAZUYUKI)  
東海大学・海洋学部・准教授  
研究者番号：90371939  
辻野 博之 (TSUJINO HIROYUKI)  
気象庁気象研究所・海洋研究部・  
主任研究官  
研究者番号：50343893

### (3) 連携研究者

なし