

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04063

研究課題名（和文）九州南西海域亜表層に出現する小規模な低塩分水塊の観測研究

研究課題名（英文）Observational study of small low-salinity water masses appearing in the sub-surface layer of the East China Sea off the southwest of Kyushu.

研究代表者

仁科 文子（Nishina, Ayako）

鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・助教

研究者番号：80311885

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：東シナ海北部の亜表層では黒潮前線や暖水渦の周辺で空間スケールが小さい低塩分水塊が観測されることが時々あった。この低塩分水塊は小規模なため、今までほとんど注目されてこなかった。本研究では、再解析データセットを使用し、低塩分水塊の解析を行なった。さらに、九州南西方の大陸棚斜面域で海洋観測を行なった。その結果、低塩分水塊の出現数には季節変動と経年変動があること、移流経路は黒潮前線に沿う経路と黒潮の北側に発達した暖水舌の外縁に沿う経路の2系統があることがわかった。また観測された低塩分水塊は低気圧性回転の楕円体構造をもっており、低塩分水の輸送量を求めるには慎重な解析が必要であることが推測された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

九州周辺海域は様々な魚種の産卵・育成場となっており、海域の一次生産を支える栄養塩供給の物理プロセスとして乱流鉛直混合が近年注目されているが、水平的に輸送された低塩分水塊による栄養塩供給も考える必要がある。本研究では、再解析データの解析と観測から低塩分水塊の実態を示し、東シナ海大陸棚から九州南方への低塩分水塊の輸送量の見積を試みたものである。

研究成果の概要（英文）：In the sub-surface layer of the northern East China Sea, low-salinity water masses with small spatial scales have occasionally been observed around the Kuroshio front and warm water eddies. Because of their small size, these low-salinity water masses have received little attention until now. In this study, the low-salinity water masses were analyzed using the reanalysis dataset. In addition, oceanographic observations were conducted in the continental shelf slope area southwest of Kyushu. The results showed that there were seasonal and interannual variations in the number of low-salinity water masses and that there were two advection pathways: one along the Kuroshio front and the other along the outer edge of the warm water tongue that developed on the north side of the Kuroshio. The observed low-salinity water masses have an ellipsoid structure with cyclonic rotation, suggesting that careful analysis is necessary to determine the low-salinity water transport.

研究分野：海洋物理学

キーワード：低塩分水 大陸棚 黒潮 物質循環

1. 研究開始当初の背景

東シナ海北部の亜表層では黒潮前線や暖水渦の周辺で空間スケールが小さい低塩分水塊が観測されることが時々あった。この低塩分水塊は小規模なため、今までほとんど注目されてこなかった。この低塩分水塊について初期的な解析を行なったところ、大陸棚の低塩水が水平移流されてきたもので、その数は多く、季節・経年変動を持つことがわかった。九州周辺海域は様々な魚種の産卵・育成場となっており、海域の一次生産を支える栄養塩供給の物理プロセスとして乱流鉛直混合が近年注目されているが、水平的に輸送された低塩分水塊による栄養塩供給も考える必要がある。

2. 研究の目的

再解析データと実測データを用いて低塩分水塊の出現数の季節・経年変動、移流経路を調べ、輸送量の見積りを行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 低塩分水塊の分布を把握するために FORA-WNP30 再解析データを用いて東経 125 度～134 度、北緯 27 度～34 度、深度 10～330m の海域で、塩分差 0.05 の等値線で囲まれる塩分極小のコア抽出した。それらの低塩分コアの空間分布、月毎の分布、月毎の出現数、コアの塩分や密度を調べた。

(2) 低塩分水塊の移流経路を示すために、0.5 度毎の経度線上で抽出された低塩分コアを計数し、流路パターンを示した。

(3) 鹿児島大学付属練習船「かごしま丸」で 2020 年、2021、2022 年の 6 月に行なわれる実習航海を利用して、低塩分水塊の出現数が多い沖縄トラフ北端および北緯 29.5 度付近の大陸棚斜面域で高解像度の横断観測を複数の観測線で行った。この観測には本研究経費で購入した RINKO プロファイラーと練習船搭載の CTD・L-ADCP (超音波流速計) および船底 ADCP を使用した。観測結果から、低塩分水塊コアの体積、輸送量などを求める。

(4) 観測結果と再解析データの解析結果から、低塩分水塊の輸送量を見積もる。

4. 研究成果

(1) 解析期間 (20 年間) の低塩分水塊の出現数は 111,022 個であった。その分布を図 1 に示す。低塩分水塊の出現は大陸棚斜面沿いと沖縄トラフ北端、五島列島南方に集中して多かった。図 1 と同様の図を月別に作成したところ、大陸棚斜面沿いでの出現は 1～5 月に多く、3 月が最大であった。沖縄トラフ北端での出現は 3～8 月に多く、5 月が最大であった。低塩分水塊

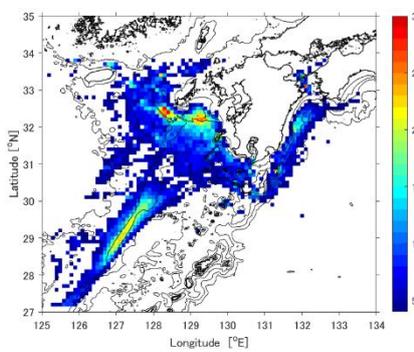


図 1. 0.1 度格子点毎の低塩分水塊コアの出現頻度(1995 年～2014 年)

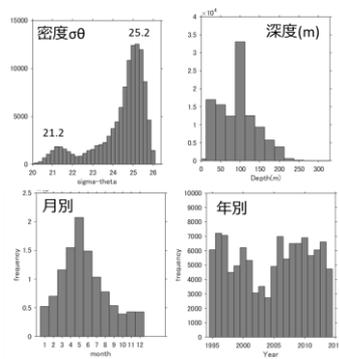


図 2. 低塩分水塊の格子点毎の低塩分水塊コアの度数分布

出現頻度には 5 月がピークになる季節変動があり、この季節変動は Nakamura et al. (2010) で示された東シナ海における黒潮の渦活動の季節変動と一致した。一方、経年変動は明確でないが、2002 年～2004 年は低塩分水塊が少なかった (多い年の半分程度)。この経年変動は Qiao et al. (2022) が示した、東シナ海における黒潮流速の経年変動とほぼ一致しており、黒潮の流速変動ともなう流路の大陸棚側シフトと沖側シフトとの関連が考えられた。また、低塩分水塊のコアの密度は全体では $21.2\sigma_\theta$ と $25.2\sigma_\theta$ の 2 つのピークをもつ。月別では 12 月および 1～5 月は $25\sigma_\theta$ 台にピークがあり、6～11 月はより低密度の範囲にピークがみられた。低密度のピークは九州沿岸と大陸棚斜面域の低塩分水塊が起源と考えられた。

(2) 低塩分水塊の移流経路は当初は粒子追跡で示す予定であったが、1 事例ずつの追跡で行なうしかなく、数多くの事例からの選択が困難であったため、低塩分水塊の抽出の期間を変え、経度線上の通過数分布から、移流経路を示すことにした。期間は 2005 年～2014 年の 10 年間とした。低塩分水塊の月別移流経路のうち 1～6 月の移流経路を図 3 に示す。

低塩分水塊は、1月～4月は黒潮のフロント付近を移流される事が解った。これらの低塩分水塊の密度面は大陸棚斜面域で海面に outcrop しており, Isobe et al. (2004) が示した outcrop した海面からの沈み込みにより形成されると考えられた。4月～6月は (a) 黒潮前線に沿う経路, (b) 黒潮前線の北側の暖水舌 (渦) 外縁に沿う経路の 2 経路であった。黒潮フロント付近の低塩分水塊は暖水舌の発達にともなって形成される低気圧性渦により低塩分水が移流されることが事例解析から解った。

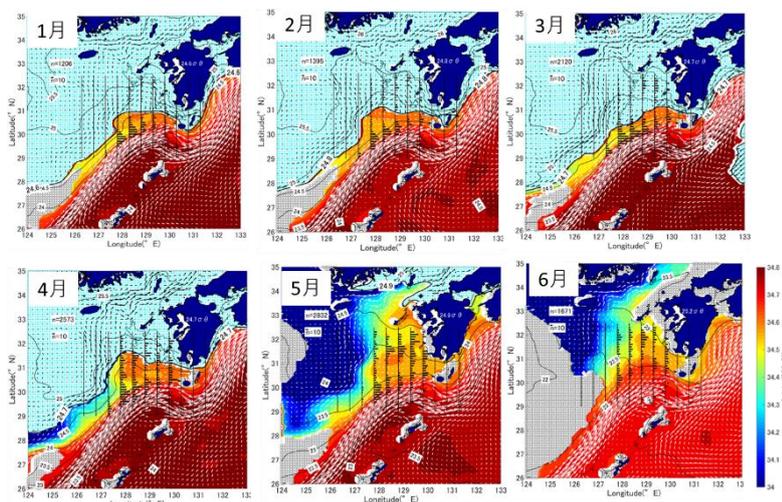


図 3. 各経度線における低塩分水塊の出現数分布(bar)と各月の低塩分水塊の平均コア密度面上の塩分分布(color) 図中の白矢印は流速ベクトル

(3) および (4) 2020 年, 2021 年, 2022 年の 6 月に観測を行なった。そのうち, 低塩分水塊を捉えられたのは 2020 年の AC 測線とその南東方の測線のみであった。図 4 の AC 線の西側と東側にも観測線を設定していたが, 熱帯低気圧の接近のため観測を予定よりも早く終了するために測線を削った。AC 線の結果を図 4 に示す。80m 深付近を中心とした低塩分水塊が分布している。この低塩分水塊の上層 23.5σ_θ 線に沿うようにクロロフィル極大層が分布しており, この低塩分水塊は有光層よりも深い深度に分布していた。この低塩分水塊を楕円体と模し, 長軸半径 10 マイル (18520m), 短軸半径 15m とすると, 体積は 21.5×10⁹ m³ であった。また流速計の解析から, 塩分の最小値を示すコアを軸に, 南側は東向きに, 北側は西向きの流れがあった。その流速値から低塩分水塊は最小値のコアを軸に低気圧性回転をしていると推測された。流速から簡単に輸送量を見積もると, 南側は 0.2Sv で東に輸送, 北側は 0.15Sv で西側に輸送され, 正味の輸送量は 0.05Sv と推定された。全ての低塩分水塊が楕円体の構造を持つとは限らず, 全体の輸送量の検討は慎重に行なうべきと考える。低塩分水塊コアを再解析データから抽出する際に楕円体構造を持つかもたないか, での分類を再度行なう予定である。

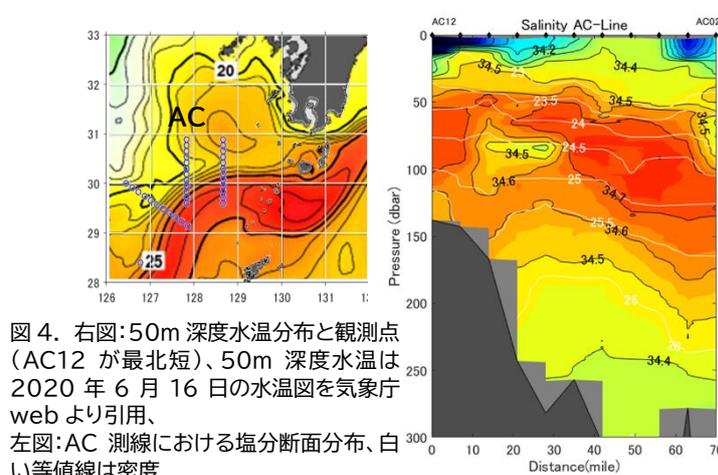


図 4. 右図: 50m 深度水温分布と観測点 (AC12 が最北短), 50m 深度水温は 2020 年 6 月 16 日の水温図を気象庁 web より引用、左図: AC 測線における塩分断面分布、白い等値線は密度

<引用文献>

Isobe, A., Fujiwara, E., Chang, PH. et al. Intrusion of less saline shelf water into the Kuroshio subsurface layer in the East China Sea. *J Oceanogr* 60, 853-863 (2004). <https://doi.org/10.1007/s10872-005-5778-1>

Nakamura H, Nonaka M, Sasaki H (2010) Seasonality of the Kuroshio path destabilization phenomenon in the Okinawa Trough: a numerical study of its mechanism. *J Phys Oceanogr* 40:530-550. doi:10.1175/2009JP04156.1

Yu-Xiang Qiao, Hirohiko Nakamura, Shinichiro Kako, Ayako Nishina, Tomohiko Tomita, Synchronized decadal variabilities in the Kuroshio and Kuroshio Extension system, *Progress in Oceanography*, Volume 204, 2022, 102808, ISSN 0079-6611, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102808>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
韓国	Korea Institute of Ocean Sci. and Tech.	Seoul National University	