

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540426

研究課題名(和文) 東シナ海から流入する大陸河川起源の淡水が日本海及び三陸沿岸の海洋環境に及ぼす影響

研究課題名(英文) Influence of low salinity water from the East China Sea originated from the continental river discharge on the Japan Sea and the Sanriku coast

研究代表者

千手 智晴 (SENJYU TOMOHARU)

九州大学・応用力学研究所・准教授

研究者番号：60335982

研究成果の概要(和文)：

日本海沿岸に点在する漁業用定置網に水温・塩分計を設置し、夏季に東シナ海から流入する大陸河川起源の低塩分水の挙動を調査した。その結果、対馬海峡から流入した低塩分水は約 0.3 ms^{-1} の速度で、約2ヶ月かけて津軽海峡まで輸送されていることがわかった。また、能登北西沖と対馬海峡における過去30年間の塩分観測資料を比較した結果、対馬海峡東水道から流入した低塩分水が、約1ヶ月後に能登半島沖の表層塩分を変動させていることが示された。

研究成果の概要(英文)：

The behavior of low salinity water from the East China Sea originated from the continental river discharge was investigated. Salinity measurements in the surface layer with T-S meters attached with fisheries trap-nets revealed that the low salinity water is transported from the Tsushima Strait to the Tsugaru Strait at about 0.3 ms^{-1} within two months. The comparison of the 30-year long salinity data in the Tsushima Strait with that of the northwest off the Noto Peninsula revealed that the low salinity water from the eastern channel of the Tsushima Strait varies the surface salinity around the Noto Peninsula with a month time lag.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：海洋物理学

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、淡水輸送

1. 研究開始当初の背景

大型クラゲや有害藻類のブルーム(HAB)による漁業被害など、東シナ海の環境変化が原因と考えられる現象が日本海へと拡大し、社会的な注目を集めている。一方、中国の経済発展にともなって、長江(揚子江)へ流入する生活排水・工業廃水が激増し、河川環境

の急激な悪化が進んでいる。既往の研究から、長江流量のほとんどが対馬海峡を通して日本海へ流入していることが明らかとなり、実際、対馬海峡の塩分変動に最も影響を与えているのは長江の流量変動であることがわかっている。さらに、その影響は対馬海流沿岸分枝流の最上流域である東水道で

顕著に現れる。これらの事実は、長江から大量の汚染物質が東シナ海に拡大した場合、その影響は東シナ海のみならず、日本海沿岸の広い範囲に及ぶ可能性を示している。しかし、日本海表層の環境変動を長江の流量変動と関連づけて議論した研究は皆無であった。

2. 研究の目的

東シナ海から対馬海峡を通して流入した大陸河川（主に長江）に起源をもつ淡水が、日本海の中でどのように拡散し、どのくらい遠方にまで影響を与えるのかを、現場観測と既往観測資料の解析を通して定量的に明らかにする。

3. 研究の方法

河川水の影響を調べるのに、塩分はよい指標となる。そこで、対馬海峡から日本海に流入した低塩分水の挙動を(1)係留式水温・塩分計による現場観測と、(2)既往塩分観測資料の解析によって調査した。

(1) 係留式水温・塩分計による現場観測

対馬海峡から津軽海峡に点在する日本海沿岸の漁業用定置網にメモリー式水温・塩分計を係留し、1時間間隔で表層水温・塩分の連続計測を実施した。図1に2008年度の観測点を示す。観測には、生物付着によるトラブルを避けるため、ワイパーが定期的にセンサーを掃除するタイプの機器を使用した。通常、長江流量は6月に最大となり、それに応じて対馬海峡では8月に最低塩分を記録する。そこで、入梅前の6月に機器を展開し、11~12月に回収するという夏季を中心とした観測を実施した。

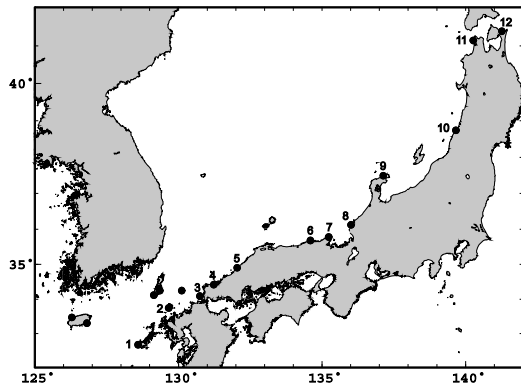


図1 2008年度の表層水温・塩分観測点

(2) 既往塩分観測資料の解析

(1)の係留観測からは時間的に詳細なデータが得られるものの、空間的には沿岸域の表層の変動しか把握できない。また、経年的な変動については情報が限られる。そこで、石川県水産総合センターが能登半島北西沖で30年以上にわたって実施してきた定線観測

の資料を解析し、沖合域での低塩分水の移流経路や鉛直的な塩分分布の特徴について調査した。また、対馬海峡の塩分変動や長江流量の経年変動との関連を検討した。

4. 研究成果

(1) 係留式水温・塩分計による現場観測

観測は2008~2010年の各年度に実施したが、本報では2008年度に得られた結果を中心に報告する。現場観測による表層塩分の時間-測点ダイアグラムを図2に示す。横軸は時間を表し、2008年7月1日からの経過日数を示している。また、縦軸の数字は測点番号を表し、図1に示す測点の番号と対応している。図中のカラーと等値線は塩分を表し、暖色ほど低塩分であることを示す。能登半島の曾々木(No.9)以南の等塩分線に注目すると、全体的に右上がりの分布をしており、対馬海峡から流入した低塩分水が時間とともに岸に沿って北上している様子が伺える。しかし、能登半島以北の測点では低塩分水の伝播は明瞭ではなく、山形県の三瀬(No.10)や青森県の横磯(No.11)では信濃川や最上川からの河川水の影響(7月に散発的に現れている低塩分水)が認められる。一方、下北半島の関根浜(No.12)では、津軽海峡通過ともなう強い混合のために塩分変化の振幅が小さくなっており、これも低塩分水の伝播のシグナルを不明瞭にする要因の一つとなっている。

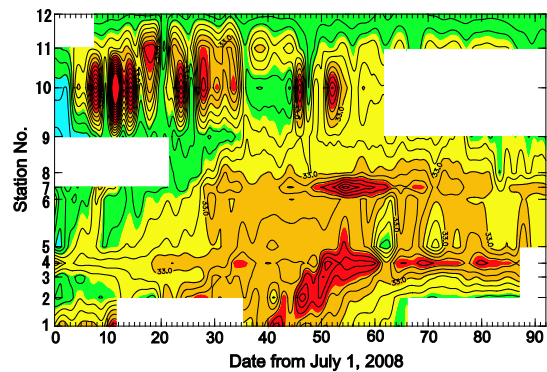


図2 表層塩分の時間-測点ダイアグラム

T-S解析の結果から、対馬海峡から流入した低塩分水塊は、周囲の低温・高塩分な海水と混合しつつ移流されていることが示された。そこで、各測点の塩分時系列を標準化した値についての時間-測点ダイアグラムを作成した(図3)。7月上旬に玉之浦(No.1)に現れた負偏差は約1ヶ月後には石川県の曾々木に達し、さらに関根浜にも三瀬や横磯に連なるように9月上旬(day 60-70)に負偏差が現れ、対馬海峡から津軽海峡までの低塩分水の伝播が確認できる。図3より見積もられる低塩分水の移流速度は約 0.3 ms^{-1} であり、

漂流ブイの挙動から推定される対馬海流の流速とほぼ一致する。また、日本海内部での低塩分水の移流のタイムスケールは、対馬海峡から能登半島まで約1ヶ月、さらに能登半島から津軽海峡まで約1ヶ月の、合計約2ヶ月であることがわかった。

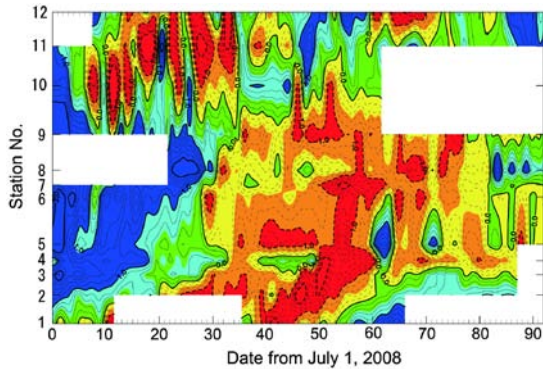


図3 標準化した塩分の時間-測点ダイアグラム。破線は負の値を示す。

(2) 既往塩分観測資料の解析

能登半島北西沖で 1971~2000 年に実施された定線観測の資料を解析し、水温・塩分場の季節・経年変動について調査するとともに、対馬海峡での塩分変動との関連を考察した。解析に用いた両海域の観測点を図4に示す。

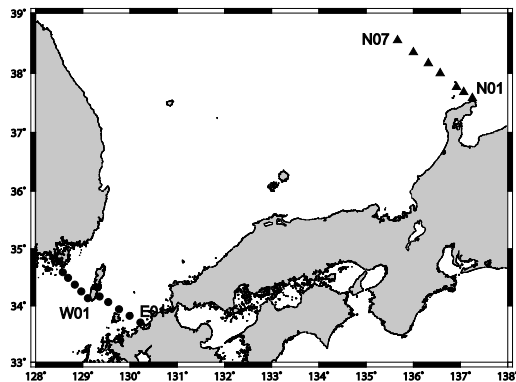


図4 能登北西沖と対馬海峡の観測点

まず長期平均資料に基づき、季節変動について考察した。能登北西沖海域の表層塩分が最も低くなるのは9~10月であり、対馬海峡での最低塩分月(8月)よりも1~2ヶ月遅れている。これは、現場観測から見積もられる低塩分水の移流時間スケールと一致する。

次に、長期平均資料からの偏差データセットに基づき、塩分場の経年変動について考察した。対馬海峡から能登北西沖海域まで1ヶ月の移流時間を仮定し、対馬海峡の塩分時系列と、1ヶ月遅らせた能登北西沖の塩分時系列との間で特異値解析分解を行ったところ、第1特異成分(SVD1)として両海域で同位相で変動するモードが抽出された。SVD1の時係数を図5に示す。SVD1の2乗共分散寄与率は

75.8%であり、さらに両海域の時係数の相関係数は $r=+0.42$ と有意な値を示すことから、対馬海峡と能登北西沖海域には同期した塩分変動が存在すると判断される。

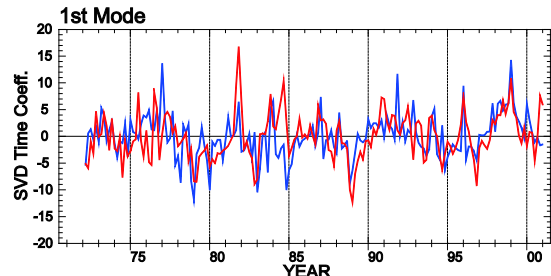


図5 第1特異成分(SVD1)の時係数(赤:能登北西沖,青:対馬海峡)

両海域の異質相関マップを図6に示す。両海域ともほとんどの領域で負の相関を示しており、広い領域で同位相の変動が存在することがわかる。対馬海峡ではほぼ全域で負相関となっているが、特に東水道東部に強い相関が現れている。一方、能登北西沖では、比較的強い相関は能登半島北方の陸棚上に現れている。このことは、対馬海峡東水道東部から流入した低塩分水は約1ヶ月かけて能登北西沖海域にまで移流され、能登半島沖の陸棚上および沖合上層の塩分を変動させていることを示唆している。

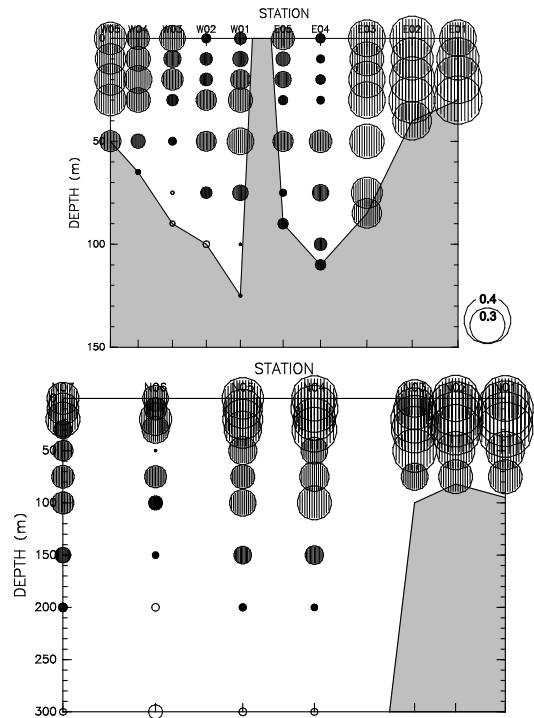


図6 対馬海峡(上)と能登北西沖海域(下)のSVD1異質相関マップ。円の大きさが相関の強さを、色が符号を表す(白:正,黒:負)。

対馬海峡の SVD1 の時係数は、同海峡における塩分の経年変動の主要モード（経験的直交関数の第 1 モード；EOF1）と高い相関 ($r=+0.95$) を示す。EOF1 は長江流量の経年変動とよい相関を示すことから、長江流量の変動に関連した塩分変動は、少なくとも能登北西沖海域にまで及んでいると考えられる。

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 8 件）

- ① T. Senjyu, S. Matsui and I. -S. Han (2010), Spatiotemporal characteristics of interannual temperature variations in the Tsushima Strait, *Journal of Oceanography*, 66 (6), 789-799. (査読有)
- ② T. Senjyu, I. -S. Han and S. Matsui (2010), Interdecadal variations of temperature and salinity structures in the Tsushima Strait, *Pacific Oceanography*, 5 (1), 44-55. (査読有)
- ③ 千手智晴, 松井繁明, 韓 仁盛 (2010), 対馬海峡における水温・塩分構造の季節・経年・十年スケール変動, 月刊海洋 総特集「東アジア海洋大気環境変化の監視と予測-II」, 42 (10), 545-553. (査読無)
- ④ T. Senjyu, I. -S. Han and S. Matsui (2009), Connectivity between the interannual salinity variation in the western channel of the Tsushima Strait and hydrographic conditions in the Cheju Strait, *Journal of Oceanography*, 65, 511-524. (査読有)
- ⑤ K. Mori, T. Matsuno, T. Senjyu, N. Hirose and I. -S. Han (2009), Short-term temperature and salinity variations in the Tsushima Strait in 2004: Behavior of the surface low-salinity water in the strait, *Journal of Oceanography*, 65 (3), 301-310. (査読有)
- ⑥ 松井繁明, 千手智晴 (2009), 対馬海峡東水道における水塊変動モニタリング, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 19, 75-81. (査読無)
- ⑦ T. Senjyu, S. Matsui and I. -S. Han (2008), Hydrographic conditions in the Tsushima Strait revisited, *Journal of Oceanography*, 64, 171-183. (査読有)

〔学会発表〕（計 28 件）

- ① 千手智晴, 大慶則之, 対馬海峡と同期した能登北西沖海域における塩分の経年変動, 2011 年度日本海洋学会春季大会, 2011.03.24, 柏.
- ② 松野 健, 千手智晴, Sang-Hyun Kim, 济州

島および九州周辺の島における塩分のモニタリング結果から推察される長江希釈水の挙動, 2010 年度九州沖縄地区合同シンポジウム「離島周辺の海洋環境と生物資源・海洋エネルギー」, 2010.12.08, 鹿児島.

- ③ T. Senjyu and N. Ookei, Correlation of interannual salinity variations in the Tsushima Strait and NW off the Noto Peninsula in the Japan Sea, The 5th PEACE/CREAMS-AP International Ocean Workshop, 2010.09.12, Gangneung, Korea.
- ④ 千手智晴, 対馬海峡と日本海中部海域の塩分変動の関連について, 名古屋大学地球水循環研究センター共同研究集会「東シナ海の大気海洋相互作用と生物基礎生産」, 2010.06.07, 名古屋.
- ⑤ 千手智晴, 松野 健, 対馬海流沿岸分枝流による長江希釈水の移流時間スケール～対馬海峡から津軽海峡まで, 2010 年度日本海洋学会春季大会, 2010.03.27, 東京.
- ⑥ 千手智晴, 松井繁明, 韓 仁盛, 対馬海峡の水温・塩分変動, 2010 年度日本海洋学会春季大会シンポジウム「東アジア海洋大気環境変化の監視と予測」, 2010.03.26, 東京.
- ⑦ T. Senjyu and T. Matsuno, Propagation of the Changjiang Diluted Water in the Japan Sea - From the Tsushima Strait to the Tsugaru Strait, The 2nd Workshop on Marine Environment in the East China Sea and Its Sound Future, 2010.02.07, 福岡.
- ⑧ 千手智晴, 松野 健, 追跡！低塩分水！！～対馬海峡から津軽海峡まで～, 第 64 回日本海海洋調査技術連絡会, 2009.12.15, 舞鶴.
- ⑨ I. -S. Han, T. Matsuno, T. Senjyu, Y. -S. Suh and J. -S. Lee, Behavior of low salinity water mass from Northern East China Sea to Korea Strait, PICES-2009 Annual meeting, 2009.10.29, Jeju, Korea.
- ⑩ T. Senjyu, T. Matsuno, S. -H. Kim and I. -C. Pang, Monitoring of the Changjiang Diluted Water around the Jeju and Tsushima Straits using fisheries trap-nets, PICES-2009 Annual meeting, 2009.10.29, Jeju, Korea.
- ⑪ 千手智晴, 松野 健, S. -H. Kim, I. -C. Pang, 定置塩分観測からみた東シナ海から日本海にかけての低塩分水の挙動, 2009 年度日本海洋学会秋季大会, 2009.09.28, 京都.
- ⑫ 千手智晴, 松野健, 追跡！低塩分水！！～Cheju 海峡から対馬海峡まで～, 北海道大学低温科学研究所研究集会「宗谷暖流を始めた対馬暖流系の変動メカニズム」,

2009.09.03, 札幌.

- ⑬ 千手智晴, 夏季の日本海の表層塩分モニタリングー対馬海峡から津軽海峡までー, 東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会「北海道周辺から本州東方海域の諸現象とその時間的変動」, 2009.08.19, 大槌.
- ⑭ T. Senjyu, Evolution of low salinity water related to the Changjiang discharge, Workshop on Marine Environment in the East China Sea, 2009.06.15, Nagoya, Japan.
- ⑮ I.-S. Han, T. Matsuno, T. Senjyu, N. Hirose, J.-H. Yoon and Y.-S. Suh, Behavior of low salinity water mass from northern East China Sea to Korea Strait, The 15th Pacific-Asian Marginal Seas Meeting, 2009.04.24, Busan, Korea.
- ⑯ 千手智晴, 対馬海峡における水温・塩分構造の長期変動, 第 63 回日本海洋調査技術連絡会, 2008.12.10, 舞鶴.
- ⑰ I.-S. Han, T. Matsuno, T. Senjyu, N. Hirose, J.-H. Yoon and Y.-S. Suh, Behavior of low salinity water mass from northern East China Sea to Korea/Tsushima Strait, Workshop on Marine Environment in the East China Sea and Its Sound Future, 2008.12.05, Fukuoka, Japan.
- ⑱ 千手智晴, 福留研一, 広瀬直毅, 東シナ海から日本海への熱・淡水輸送(再考), 2008 年度 日本海洋学会秋季大会, 2008.09.25, 呉.
- ⑲ T. Senjyu, I.-S. Han and S. Matsui, Inter-decadal variations of temperature and salinity structures in the Tsushima Strait, The 4th PEACE Ocean Science Workshop, 2008.09.18, Vladivostok, Russia.
- ⑳ T. Senjyu, I.-S. Han and S. Matsui, Inter-decadal variations of temperature and salinity structures in the Tsushima Strait connecting the East China Sea to the Japan Sea, 5th Annual Meeting AOGS 2008, 2008.06.20, Bangkok, Thailand.

[図書] (計 1 件)

- ① T. Senjyu (2010), Temperature and salinity variability in the Tsushima Strait, Monitoring and Prediction of Marine and Atmospheric Environmental Change in the East Asia, Edited by Tetsuo Yanagi, TERRAPUB, 157-169.

[その他]

アウトリーチ活動

- ① 漁業者を対象とした「平成 21 年度第 1 回

境港地区漁海況連絡会議」において「山陰沿岸の水温・塩分変動～定置網を利用した海洋観測からわかったこと～」というタイトルで講演を行った, 鳥取県水産試験場, みさき会館大会議室 (2009 年 11 月) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千手 智晴 (SENJYU TOMOHARU)
九州大学・応用力学研究所・准教授
研究者番号: 60335982

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: