

冬春季に天草灘・五島灘南部陸棚縁辺部で観測された 北-北東向きの流れの構造と変動

高木信夫^{1*}, 森永健司², 中田英昭³

Structure and variation of the north to northeastward current observed on the continental margin of the Amakusa-nada and southern part of Goto-nada through winter to spring

Nobuo TAKAGI^{1†}, Kenji MORINAGA² and Hideaki NAKATA³

North to northeastward daily mean currents were detected on the continental margin of the Amakusa-nada and southern part of Goto-nada by 24-h ADCP observations conducted through winter to spring in 2004–2007. These currents corresponded to northward movement of warm water masses extending from the Koshikijima Strait or western offshore of the Koshiki Islands. The current speeds of the warm water masses were appreciably large ($40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ at maximum), and often exceeded the speed of tidal current around these regions. It is suggested that the north-northeastward currents could play an important role in the egg and larval transport of anchovy to Tachibana Bay, where anchovy is a major target of fisheries.

Key words: 24-h ADCP observation, daily mean current, warm water mass, Koshikijima Strait, continental margin

はじめに

五島灘は、長崎県の五島列島と西彼杵半島および平戸島に囲まれ、南に大きく開いた海湾であり、天草灘はその南東方向に位置している。両灘の海底地形は大部分が200m以浅の大陸棚で占められているが、陸棚谷が発達しており海底の形状は極めて複雑である。この海域の流れについては、これまで小田巻(1982)の測流結果が報告されているだけで観測データが少なく、その実態には不明の点が多い。

一方、天草灘の北東方向に位置する橘湾はイワシ類を漁獲対象とする中小型まき網等の漁業が営まれており、近年は春季に漁獲される小型のカタクチイワシが重要な漁獲対

象となっている。下村ほか(1970)は橘湾で漁獲されるカタクチイワシは主として仔稚魚期に天草灘・五島灘から補給されることを示唆しており、その漁況には五島灘・天草灘の流れの状況が重要なかわりを持つものと考えられる。仔稚魚の輸送への寄与という点からは往復流である潮流よりも、残差流の果たす役割が重要であるが、残差流を算出するためには長期間にわたる流れの係留観測を行うことが必要であり、船舶の往来が多く漁業活動が盛んな当該海域では、係留系を用いた観測を長期間実施することは困難である。このため、これまで五島灘・天草灘における残差流に関するこれまでの知見は非常に限られている。

たとえば、小田巻(1982)は秋季に実施した係留系による測流結果から、五島灘の恒流の経日変化は比較的安定していること、天草灘や五島灘西部においては時に約 $35 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ の北上流がみられることを報告している。しかしながら、イワシ類の主な産卵期にあたる冬季~春季における当該海域の係留測流にもとづく残差流についての報告は全くない。当該海域では他に漂流瓶や漂流ハガキなどを用いた表面流の調査が実施されており(玉井ほか, 1970; 永谷ほか, 1995)、永谷ほか(1995)は1-4月に実施した漂流ハガキ調査の結果をもとに、冬春季の季節風の変化に起

2008年9月29日受付, 2009年7月7日受理

¹ 長崎県総合水産試験場

Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, 1551-4 Taira, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan

² 水産総合研究センター中央水産研究所

National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

³ 長崎大学水産学部

Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki, Nagasaki 852-8521, Japan

† takagi011141@pref.nagasaki.lg.jp

因する五島灘の流れの変化が、マイワシの卵・仔稚魚の輸送に影響を及ぼす可能性があることを指摘しているが、これらは海表面の流れの概況を示しているにすぎない。

以上のように、冬・春季の五島灘南部から天草灘にかけての海域における残差流は、橋湾へのカタクチイワシ仔稚魚等の輸送に重要な働きをしているものと考えられるが、これまで流れの観測データそのものが非常に少なく、その構造や変動についてはほとんど知見が得られていない。そこで本研究では、冬季から春季の五島灘南部・天草灘海域において、潮汐成分除去を目的とした船舶設置型超音波潮流計（以下 ADCP: Acoustic-Doppler Current Profiler, RD Instruments 社製, 300 kHz）による測流観測を繰り返し実施し、残差流（日平均流）の変動実態を明らかにするとともに、その結果を測流時の STD による水温・塩分観測結果や人工衛星画像にもとづく海面水温分布と対応させることにより、残差流の変動と水塊構造との関連性について考察した。

資料と方法

潮流成分の除去を目的として、加藤 (1988) の方法に従い、24時間 50 分で同一コースを 4 往復する測流観測を実施し

た。潮流が日周潮流と半日周潮流の和であるとの仮定のもとで、この方法により観測ライン上の定点で得られる 8 回の観測値を合計することによって、潮流の影響を除去することができる。後述する測線 A の観測には長崎県総合水産試験場の調査船鶴丸、測線 B の観測には長崎大学水産学部の練習船鶴洋丸に搭載されている ADCP をそれぞれ用いた。調査海域と調査点を Fig. 1 に、また調査日時等の詳細を Table 1 にまとめて示す。ADCP データはすべてトランスデューサーとジャイロコンパスの不整合による誤差を補正した後 (Joyce, 1989), Fig. 1 に示した測線 A と測線 B についてそれぞれ 13 定点間の平均値 (12 個) を算出し、その 8 回分の平均値を求めることにより測線 A, B 上で 12 点の日平均流を得た。また、観測時の水塊構造を調べるため、ADCP による往復調査終了後、調査船鶴丸搭載 STD (アレック電子社製, ACL220PDK) で測線 A 上の 7 定点 (Stns. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13) について、また長崎大学練習船鶴洋丸搭載の CTD (Sea Bird 社製, SBE-911 plus) で測線 B 上の 5 定点 (Stns. K1, K3, K5, K7, K9) について、それぞれ水温と塩分の観測を実施した (Fig. 1b)。

以上に加えて、調査海域を含む広域の海面水温分布について検討するため、人工衛星 NOAA (National Oceanic and

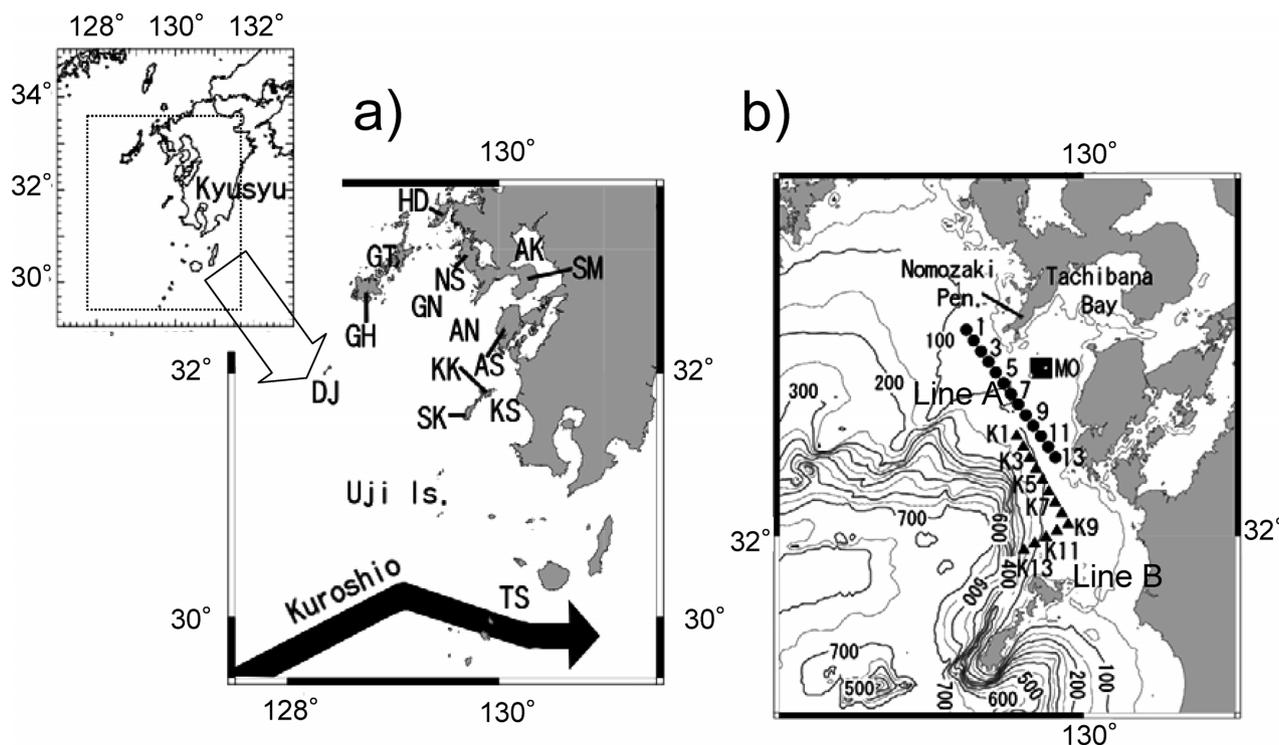


Figure 1. Location of the study area (shown by a square) (a), and transects (Lines A and B) for ADCP measurement and STD/CTD observation (b). The solid square (MO) indicates the mooring station for tidal current observation. The isopleths indicate the depth. AK: Ariake Bay, AN: Amakusa-nada, AS: Amakusa-shimoshima Pen., DJ: Danjyogunto Is., GH: Goto-Hukuejima Is., GN: Goto-nada, GT: Goto-retto Is., HD: Hirado Is., KK: Kamikoshiki-shima Is., SK: Shimokoshiki-shima Is., SM: Shimabara Pen., TS: Tokara Strait.

Table 1. Detailed description of the data collected along Line A and Line B.

Name of Line	Date of observation				Date of SST				
	ADCP		STD or CTD						
A	13–14	April	2004	14	April	2004	14	April	2004
A	10–11	May	2005	11	May	2005	11	May	2005
A	23–24	May	2005	24	May	2005	24	May	2005
A	10–11	January	2006	11	January	2006	11	January	2006
A	24–25	January	2006	25	January	2006	25	January	2006
A	10–11	January	2007	11	January	2007	11	January	2007
B	13–14	March	2007	13	March	2007	13	March	2007

Atmospheric Administration) に搭載された改良型高分解能放射計 (AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer) の海面温度分布 (MCSST: Multi-Channel Sea Surface Temperature) の日毎合成熱赤外画像を農林水産省農林水産研究情報センターが運営する農学情報資源システム (AGROPE-DIA) の気象衛星画像データベースから取得した (<http://wesidab1.wesidab.agropedia.affrc.go.jp/cgi-bin/index.cgi>, 2004年4月14日, 2005年5月11日, 2005年5月24日, 2006年1月11日, 2006年1月25日, 2007年1月11日, 2007年3月13日).

また, 潮流に対する平均流の大きさを見積もるために, 係留観測が可能な野母崎半島沿岸部 (Fig. 1bのMO点) で2006年5月9日から6月8日まで係留測流観測を実施し, 測流結果を調和解析することにより潮流調和定数を算出した. 測定は電磁流速計 (ACM16M, アレック電子社製) を, MO点の60m深 (海底上25m) に設置して実施した. なお, 6月6日以降のデータにはバッテリー切れが原因と考えられる異常値が見られたことから, 5月9–24日までの15日間のデータについて調和解析を行った.

結果

係留測流観測から得られた潮流の評価

係留測流データの調和解析により得られた潮流調和定数のうち4分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の潮流楕円を Fig. 2a–d) に示す. 4分潮の中では半日周潮である M_2 分潮が最も卓越しており, 主軸方向は北東から南西方向, 最大流速は $19.9 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であった. また, S_2 分潮の主軸も北東から南西方向を示しており, 最大流速は $8.1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であった. 1日周潮の流速は半日周潮に比べて小さく K_1 分潮と O_1 分潮の潮流楕円の主軸方向の最大流速は, それぞれ $3.6 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ と $2.6 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であった.

一方, 調和解析により得られた平均流の流速は $6.0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であり, M_2 分潮や S_2 分潮に比べて小さかった. 測線Aの沿岸部では, このように平均流に対して往復流である潮流の影響が大きいことから, 五島灘・天草灘において卵・仔稚魚等の輸送にかかわる流れを検討するためには,

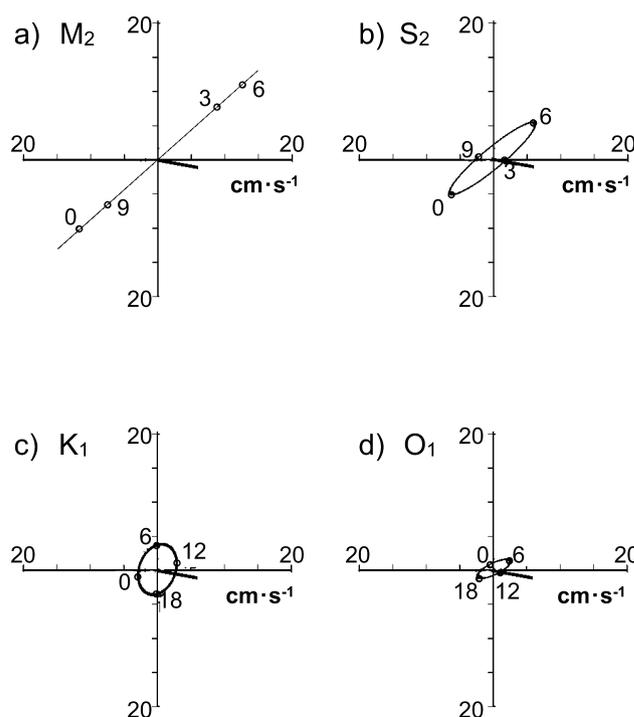


Figure 2. Tidal current ellipses for M_2 (a), S_2 (b), K_1 (c), and O_1 (d) tides, based on tidal current measurement conducted at 60 m depth of St. MO (see Fig. 1b) from 9–24 May 2006. Bold solid lines in (a)–(d) indicate the tidal residual current.

潮流成分を除去することが必要であることが確認された.

測線Aの往復観測で得られた日平均流

測線Aで実施したADCPによる24時間50分の往復観測で得られた30m深における日平均流の空間分布をまとめて Fig. 3に示す. なお, カタクチイワシは卵から仔稚期までは表面から50m深に分布するとの報告 (桑原・鈴木, 1984) を考慮して, ここでは日平均流の代表深度として30mを選択した.

2004–2007年の冬・春季に実施した6回の測流結果のうち5回は全体に北上流が卓越し, Stns. 9–13では北ないし北東向きの日平均流が認められた. 一方, 2007年1月10–

11日は、南下流が Stns. 1-3と Stns. 11-13で認められたが、このときも Stns. 4-10では北上流が見られた。橘湾は天草灘の北東に位置しており、測線Aの Stns. 7-13で観測された北-北東方向の日平均流は、橘湾への卵・仔稚魚の輸送

に直接かかわる重要な働きをしている可能性がある。

測線Aの平均流と水塊構造の対応

橘湾への卵・仔稚魚輸送に重要と考えられる測線Aとくに Stns. 7-13で観測された北-北東向きの平均流と水塊構造との関連を検討するために、測流時の状況に対応する人工衛星NOAAの熱赤外画像と、水温等の鉛直断面図に10, 30, 50, 70m深の日平均流を重ね描きしたものを、測流観測時別に Fig. 4-8に示した。なお、熱赤外画像上にも、ADCPによる測流結果の中でデータ水深が最も浅い10m深の平均流をあわせて示した。以下、観測年別に結果の概要を記す。

2006年1月10-11日および24-25日 (Figs. 4, 5) : 1月11日の熱赤外画像を Fig. 4aに示す。甌島西方に分布していた16°C以上の高温域 (I) から連続する暖水が上甌島北西から天草下島に向け100m等深線に沿って反時計回りに舌状に伸び、測線Aの Stns. 10-13に達しており、そこに北もしくは北東方向の日平均流が認められた。また、宇治群島東から甌島海峡にかけて17°C以上の高温域 (II) が分布していた。さらに測線Aの水温鉛直断面図 (Fig. 4b) を見ると Stns. 5-13の下層では16°Cの等温線が凹状の構造を示し、その最深部は65m深に達していた (破線の赤枠部分を参照のこと)。Stns. 9-13で見られた日平均流の流速は10m深では11-20 cm・s⁻¹, 70m深では24-28 cm・s⁻¹であり、暖水塊の底部にも強い北向きの流れが認められた。

次に1月25日の熱赤外画像を Fig. 5aに示す。宇治群島東から甌島海峡にかけて分布していた高温域 (III) から連続した暖水が上甌島東から天草下島に向けて沿岸に沿って細長く舌状に伸びている様子が分かる。この暖水は測線Aの

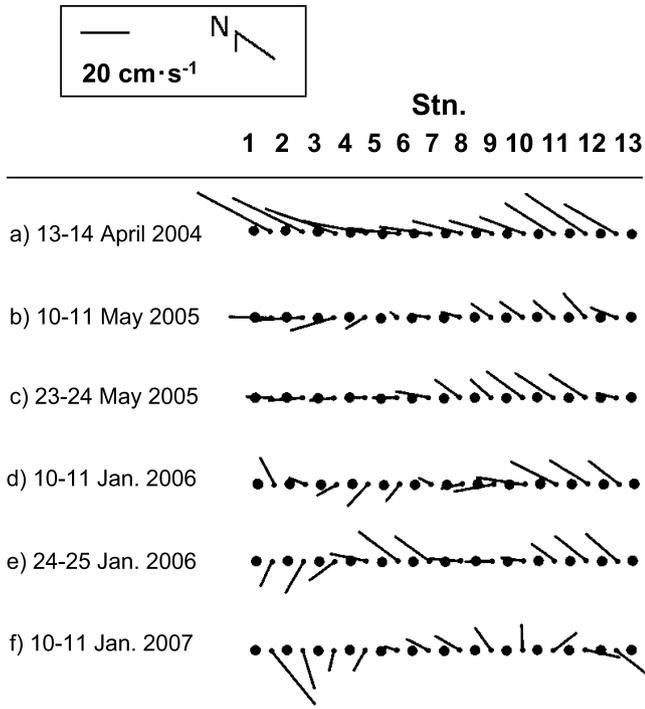


Figure 3. Spatial and temporal changes in the tidal residual current (daily mean current) at the depth of 30 m along the Line A (see Fig. 1) in the shelf region of the Amakusa-nada.

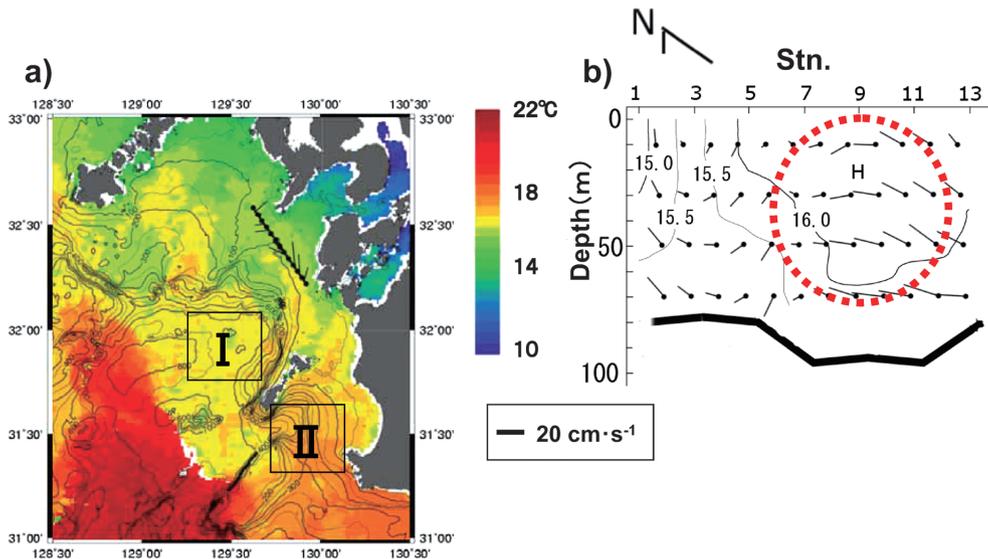


Figure 4. A composite image of NOAA/AVHRR on 11 January 2006 with daily mean currents at 10 m depth along Line A (a), and vertical section of temperature and daily mean currents along Line A on 10-11 January 2006 (b). The solid squares I and II indicate the areas of high temperature.

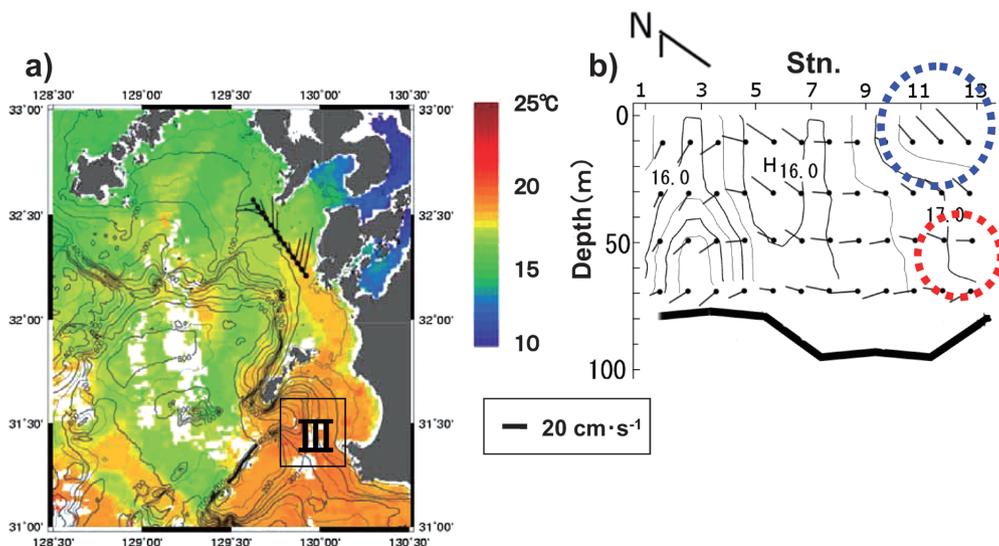


Figure 5. A composite image of NOAA/AVHRR on 25 January 2006 with daily mean currents at 10 m depth along Line A (a), and vertical section of temperature and daily mean currents (b) and salinity (c) on 24–25 January 2006 along Line A. The solid square III indicates the area of high temperature.

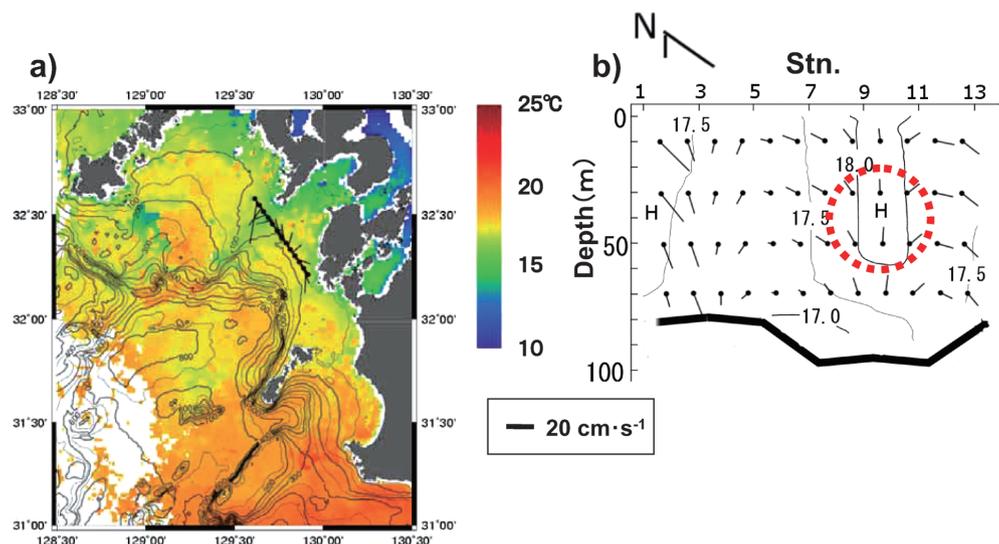


Figure 6. A composite image of NOAA/AVHRR on 11 January 2007 with daily mean currents at 10 m depth along Line A (a), and vertical section of temperature and daily mean currents along Line A on 10–11 January 2007 (b).

Stns. 9–13に達し, Stns. 5–7とStns. 9–13には北向きの流れが認められた. 水温 (Fig. 5b) を見ると, このとき Stns. 9–13において17°C以上の暖水塊は70m深まで達しており (破線の赤枠部分), 20m以浅の17.5°C以上の水塊 (塩分は34.6台) では最大34 cm·s⁻¹の北向きの流れが認められた (破線の青枠部分).

2007年1月10–11日 (Fig. 6) : 1月11日の熱赤外画像を Fig. 6aに示す. 32°N以南, 128°E以西に雲域があるため明瞭ではないが, 18°C以上の高温域が宇治群島東から甌島北西方まで広く分布し, 32°5'N, 129°30'–130°Eから北東方

向に暖水が舌状に伸び, 測線AのStns. 7–13まで達していることが分かる. このとき, Stns. 7–10付近に北ないし北東方向の平均流が認められた. さらに測線Aの水温鉛直断面図 (Fig. 6b) によれば, Stns. 7–13には70m深まで17.5°C以上の暖水塊 (塩分は34.3–34.4台) が認められ, 北東向きの日平均流が見られたStn. 9付近には18°C以上の水塊が60m深まで分布していた (破線の赤枠部分).

2004年4月13–14日 (Fig. 7) : 4月14日の熱赤外画像 (Fig. 7a) を見ると, 宇治群島東から甌島海峡にかけて分布していた高温域 (IV) から暖水が上甌島東の北方に細長く

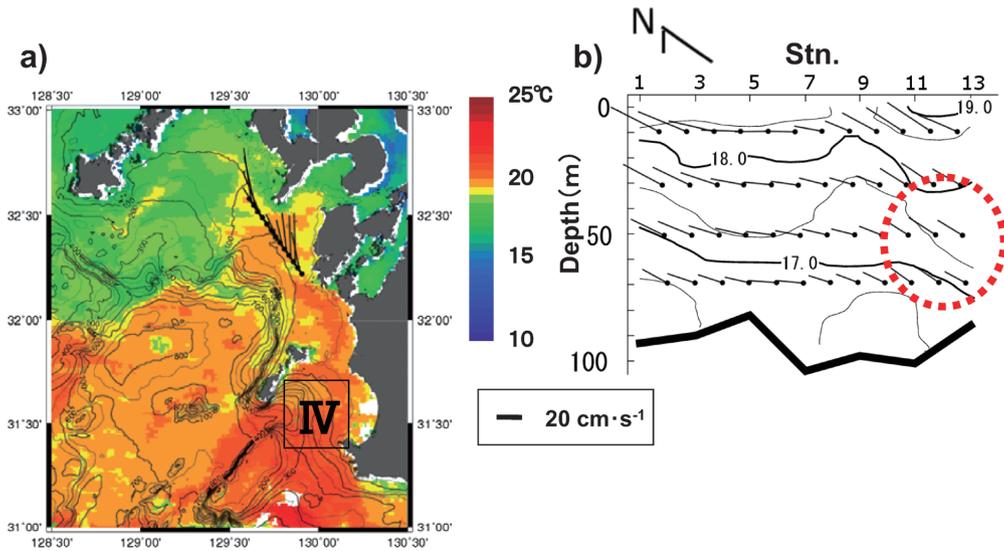


Figure 7. A composite image of NOAA/AVHRR on 14 April 2004 with daily mean currents at 10 m depth along Line A (a), and vertical section of temperature and daily mean currents on 13–14 April 2004 (b). The solid square IV indicates the area of high temperature.

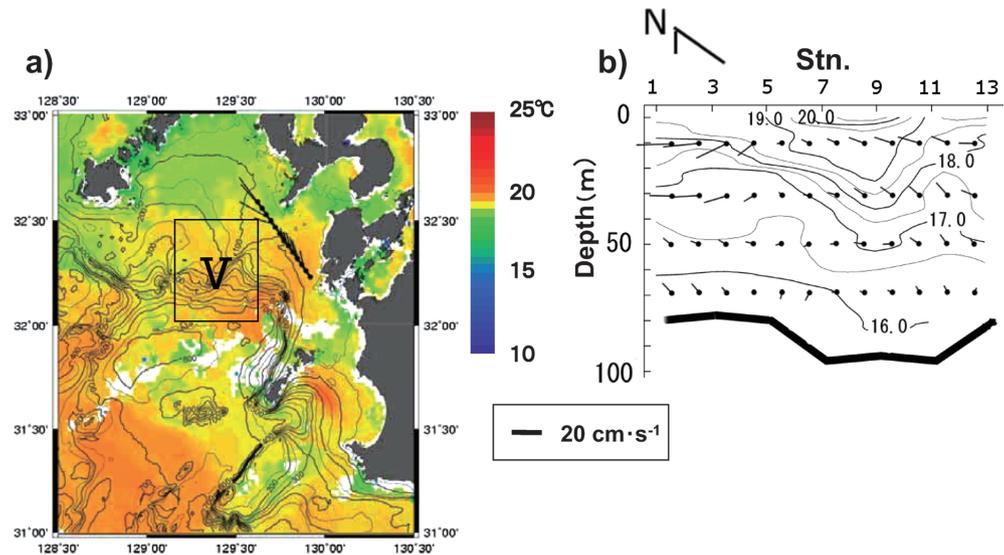


Figure 8. A composite image of NOAA/AVHRR on 11 May 2005 with daily mean currents at 10 m depth along Line A (a), and vertical section of temperature and daily mean currents (b) and salinity (c) on 10–11 May 2005 along Line A. The solid square V indicates the area of high temperature.

舌状に伸び、甕島海峡東を北西に伸長して、測線Aに達している。一方、水温鉛直断面図 (Fig. 7b) によれば、測線AのStns. 11–13の表層には19°C以上の水塊がみられ、その下層では17.5°Cの等温線が凹状の構造を示し、その最深部は70 mまで達していた (破線の赤枠部分)。このときにStns. 9–13で見られた北向きの日平均流の10 m深および70 m深における流速は、それぞれ31–40 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ および19–22 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。

2005年5月10–11日および23–24日 (Fig. 8) : 5月11日

の熱赤外画像を Fig. 8a に示す。32°N以南に雲域があるため明瞭ではないが、32°–32°30'Nに20°C以上の高温域 (V) が分布していた。この高温域は測線AのStns. 4–13に認められ、この範囲で北向きの日平均流が見られた。高温域の鉛直的な水塊構造 (Fig. 8b) を見ると、測線AのStns. 7–9の表層に20°C以上の高温水が分布しており、その下層には16–19°Cの等温線が凹状となった構造が認められる。16°Cの等温線の最深部は80 m深まで達していた。

2005年5月23–24日についても、水塊構造と日平均流の

状況にはFig. 8に示した5月10–11日と同様の傾向が認められた。

上甕島北部海域（測線B）の平均流と水塊構造の対応

上甕島北部に設定した測線B上で、2007年3月13–14日に観測した平均流と水塊構造との関連を検討するため、3月13日の熱赤外画像に10m深の日平均流を重ね描きしたも

のをFig. 9aに、水温等の鉛直断面図に10, 30, 50, 70m深の日平均流を重ね描きしたものをFig. 9bに示した。熱赤外画像から、甕島海峡に分布している暖水は、上甕島東から北方に細長く舌状を呈して西薩沿岸まで伸び、さらに西薩沿岸に沿って北西に伸長して上甕島北部海域まで達していることが分かる。水温鉛直断面図でもStns. K5–K9の表層

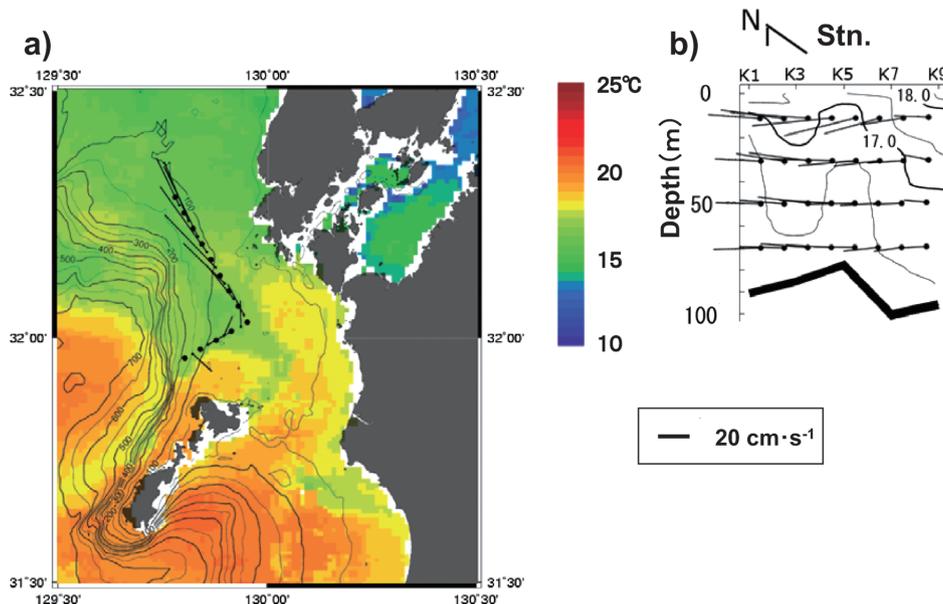


Figure 9. A composite image of NOAA/AVHRR on 13 March 2007 with daily mean currents at 10 m depth along two transects in the northern Koshiki-shima Is. (a), and vertical section of temperature and daily mean currents along the transect (Stn. K₁–Stn. K₉) on 13–14 March 2007 (b).

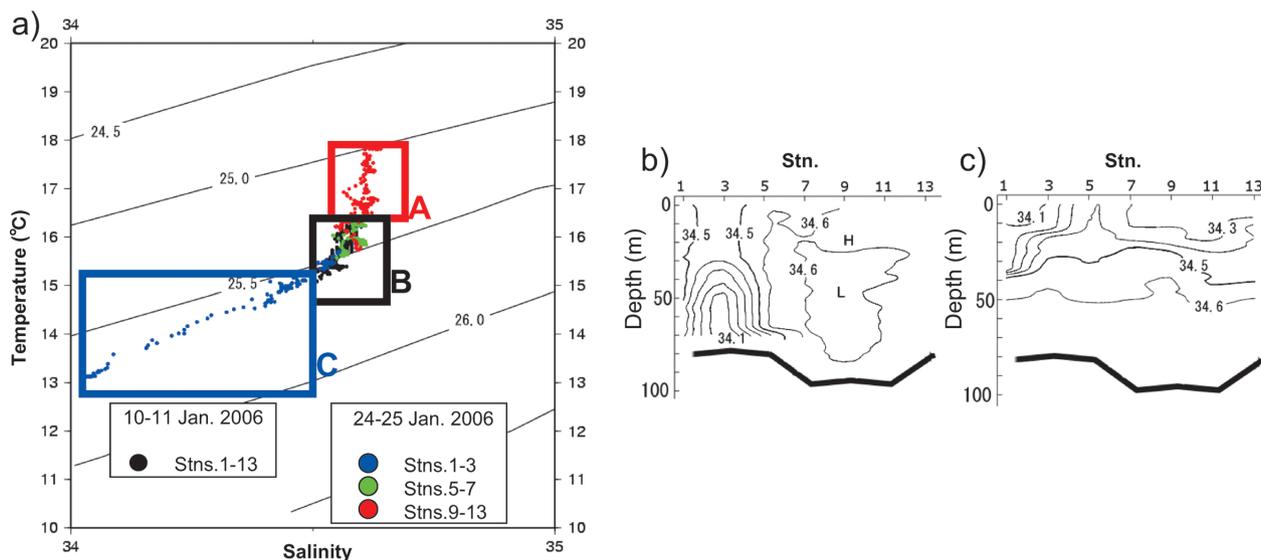


Figure 10. (a) A temperature-salinity diagram for water masses observed along Line A on 10–11 January 2006 (the water mass B, shown by black dots) and on 24–25 January 2006 (shown by blue dots: Stns. 1–3, green dots: Stns. 5–7 and red dots: Stns. 9–13). The water masses A and C correspond to higher temperature/higher salinity water and lower temperature/lower salinity water than the water mass B, respectively. Vertical sections of salinity on 24–25 January 2006 (b) and on 10–11 May 2005 (c) are shown in the lower panels.

に18°C以上の暖水が見られ、そこには北向きの日平均流(水深毎の最大値は34–56 cm·s⁻¹)が認められた。

考察

本研究により、日平均流に関する知見がこれまで非常に乏しかった天草灘・五島灘南部陸棚縁辺部において、橘湾へのカタクチイワシ仔稚魚等の輸送に重要な役割を果たしていると考えられる北-北東向きの流れ(日平均流)の実態を捉えることができた。

この日平均流の流速は潮流よりも大きな値を示すこともあり、五島灘で秋季に観測された35 cm·s⁻¹以上の北向きの流れ(小田巻, 1982)が冬・春季にも見られることが本研究によって確認された。また測流時の水塊構造と対比することにより、この北向きの日平均流が暖水の北上とよく対応していることが明らかとなった。水温の鉛直断面分布から、この日平均流は表層だけでなく中・底層においても暖水に対応した構造を示すことが分かった。さらに熱赤外面像にもとづく海面水温分布から、上記の北上する暖水は天草灘南方海域の暖水分布と連続していたものと推察された。天草灘南方に設定した測線Bでも、表層に18°C以上の暖水が見られ、そこで観測された北向きの日平均流は、西薩沿岸に沿って天草灘へ北上する暖水に対応した流れを示すものと考えられる。この観測結果は測線Aと同時期のものではないが、測線Aで観測された北上流が天草灘南方海域からの暖水の北上によるものであることを支持している。

本研究では、海洋観測をADCPによる24時間50分の測流に引き続いて実施しており、また、水塊構造との対応を検討した人工衛星画像もできる限り観測に近い日時のものを使用した。いずれも全く同時の情報ではない。そのため流れの日変動が大きい場合は、解析の手法上の問題が生じる可能性が考えられる。しかしながら、観測期間における流れの状況はいずれも持続性が高く、同時性のある人工衛星画像が取得できた2006年1月24–25日の暖水分布パターンにも大きな変化は見られなかった。このことから、本研究で対象としている現象に関しては、日々スケールの変動性は比較的小さく、上述の推論は妥当であると判断した。

測線Aで観測された暖水の起源については、甌島海峡から北上する場合(Fig. 9a)の他に、甌島西方の暖水と連続している様子が見られる場合があった。たとえば1カ月以内に2回の調査を行った2006年1月は、1月10–11日に測線Aで観測された暖水は甌島西方に分布する暖水と連続していたのに対して、1月24–25日に観測された暖水は甌島海峡に分布する暖水と連続していた。そこで、TSダイアグラム(Fig. 10a)を用いてこの両者を水塊構造の面から比較してみた。すなわち、1月11日に観測された水塊を「水塊B」とし、1月25日に観測された水塊のうち、水塊B

よりも高水温・高塩分のものを「水塊A」、低水温・低塩分のものを「水塊C」として、それぞれをFig. 10にプロットした。その結果、1月25日にStns. 5–7に出現した水塊は1月11日に観測された水塊Bに属するのに対して、Stns. 9–13に出現した水塊の大半はそれとは異なる水塊Aに属することから、これらの測点で観測された北向きの流れは異なる水塊の移動に対応したものであったことが示唆された。このことは、熱赤外面像や水温鉛直断面図から推察された暖水の起源の違いを裏付けている。

森永(2000)は定置網に設置した水温計による連続水温観測データと人工衛星の熱赤外面像の解析によって、九州西方沿岸域への暖水の伝播に男女群島南東経由の他に甌島海峡および甌島西側経由のものがあると推察している。本研究で流れの変動と水塊構造の対応について検討した結果、天草灘・五島灘における北向きの流れは甌島海峡もしくは甌島西側を北上する暖水と密接に関連していること、天草灘・五島灘への物質輸送には九州西岸沿岸に沿う上記の流れが重要であることを新たに示すことができた。

なお、2006年1月24–25日には測線Aに低水温・低塩分の水塊Cが出現している。この水塊はFig. 10bに示した塩分断面分布から分かるようにStns. 1–3の中・底層に分布しており、2005年5月10–11日調査でもStns. 1–3付近には34.1以下の低塩分水が認められた(Fig. 10c)。これらは山本ほか(1999)が報告している橘湾もしくは有明海から天草灘への沿岸水の流出を示すものと考えられる。

小田巻(1982)は数値解析結果をもとに、五島灘における残差流の変動要因として黒潮変動の影響を指摘している。本研究で示した熱赤外面像からも、測線A上を北上していた暖水は甌島西方海域から宇治群島東、もしくは甌島海峡から宇治群島東に分布する高水温域と連続していたことから、おそらくは黒潮から分派したものである可能性が高いと考えられるが、その発生機構については不明である。今後、水温・流れ等の連続観測などにより、暖水北上の機構が解明されることを期待したい。

下村ほか(1970)は、橘湾で実施した短期の測流観測等から推定された流速分布をもとに、五島福江島と上甌島とを結ぶ範囲内の沿岸海域で産卵された卵・仔稚魚が橘湾に主に輸送されると推察している。本研究で明らかとなった天草灘を北上する流れは、甌島近海域の暖水塊と連続した構造を示していることから、この海域における浮魚類の資源量評価や漁況予報を行う上で有用な情報の一つとなるものと考えられる。

謝辞

本研究に対して有益なご助言をいただいた、(独)瀬戸内水産研究所の中川倫寿氏、(独)西海区水産研究所の秋山秀樹博士、種子田雄氏に感謝いたします。また長崎県総合水産試験場の平川榮一氏、対馬水産業普及指導センターの

山本憲一氏に御礼申し上げます。さらに、長崎県総合水産試験場調査船鶴丸の川原好博船長ならびに長崎大学練習船鶴洋丸の兼原壽生船長はじめ両船の乗組員の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- Joyce, T. M. (1989) On in situ “calibration” of shipboard ADCPs. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **6**, 169–172.
- 加藤 修 (1988) 超音波式潮流計による残差流の測定. *西水研研報*, **66**, 59–67.
- 桑原昭彦・鈴木重喜 (1984) 若狭湾西部海域におけるカタクチイワシ卵・稚仔魚の鉛直分布の昼夜変化. *日本誌*, **50**, 1285–1292.
- 森永健司 (2000) 九州西岸沿岸域での海況変動について一定置網で

- の水温連続観測記録から一. *西海ブロック漁海況調査研究報告*, **8**, 25–46.
- 永谷 浩・大下誠二・一丸俊雄 (1995) 漂流ハガキ調査から推定したマイワシ卵仔魚の輸送に関する研究. *西水研研報*, **4**, 27–33.
- 小田巻実 (1982) 五島灘における潮流と恒流系に関して. *沿岸海洋研究ノート*, **19**, 112–120.
- 下村敏正・山下秀夫・小笹悦二 (1970) 橘湾で漁獲されるカタクチイワシについて. 橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査, 水産庁西海区水産研究所, 1–21.
- 玉井一寿・井上尚文・近藤正人 (1970) 橘湾の流況. 橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査, 水産庁西海区水産研究所, 69–91.
- 山本憲一・中田 実・水田浩二 (1999) 水温・塩分の鉛直分布からみた五島灘の海況の特徴. *長崎水試研報*, **25**, 1–8.