

対馬海峡を通過する物質輸送量に関する観測研究

長崎大学 大学院 水産・環境科学総合研究科 滝川哲太郎

愛媛大学 沿岸環境科学研究センター 森本 昭彦

研究目的

中国大陸の経済発展や地球規模の温暖化現象が、東シナ海の海洋環境に影響を与えていると考えられる。この東シナ海の水塊は、対馬暖流によって対馬海峡を通過し、そして日本海へ流入する。これまで、2005年からの船舶観測結果をもとに、対馬海峡の栄養塩類の濃度と、海峡を通過する栄養塩類の物質輸送量を観測から明らかにしてきた (e.g. Kodama et al., 2017, JO; 森本ほか, 2013, 海と空)。

2018年4月に、この観測で使用する長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」が新船となった。栄養塩輸送量の見積もりには、栄養塩濃度の測定結果だけでなく、ADCP (acoustic Doppler current profiler) の流速データを用いている。新船にともない、これまでと異なり ADCP は RDI 社製の 300 kHz と 75 kHz の 2 周波となった。本報告では、2018年9月に新長崎丸で行われた ADCP 観測について報告する。

観測データ

対馬暖流の日本海への入り口にあたる対馬海峡において、新長崎丸による航走 ADCP 観測を行った。観測線 (CL 測線) は、博多―釜山間を結ぶフェリー「ニューかめりあ」の航路である (図 1)。航路上の最大水深は約 220 m である。300 kHz と 75 kHz の最大海底探査深度 (カタログ値) は、それぞれ 253 m と 950 m であり、当海域では精度の高い対地流速を観測できる (ボトムトラックデータ)。

300 kHz と 75 kHz の ADCP の層厚をそれぞれ 2 m と 8 m に設定した。この場合、最大測定レンジ (カタログ値) は、それぞれ 93 m と 650 m となる。300 kHz の最表層は 10.15 m 深であり、2 周波の ADCP データを組み合わせ、表層約 10 m 深から海底付近までの流速プロファイルを観測した。ただし、300 kHz と 75 kHz の ADCP のビーム角は、それぞれ 20° と 30° であり、ADCP トランスデューサから海底までの距離に対し、それぞれ海底付近の 6% と 13% の範囲の流速を測定できない。本報告では、300 kHz と 75 kHz のそれぞれで、この範囲を 15% と 20% として解析した。

ADCP の取付角の誤差の測定（海上試験）は、ハイドロシステム開発社によって行われた。300 kHz と 75 kHz の取付角誤差（ボトムトラック針路 - GPS 針路，時計回り：正）は，それぞれ+0.139 と-0.045 度であった。300 kHz では+0.14 度の補正を行ったが，75 kHz の取付角誤差は±0.1 度未満と小さいため，補正しなかった。

時間 1 分ごとにアンサンブル平均された ADCP データを，緯度 1/96°ごとに CL 測線上で空間平均した。ここでは，アンサンブル中の有効データの割合（パーセントグッド）が 85%以上のデータを用いた。さらに，船の運動が，低船速（3 knot 以下），急加速減速（2 knot/分以上），急旋回（10 度/分以上）のとき，データを使用しなかった。その後，Takikawa et al. (2003), JO の潮流調和定数を用い，潮流成分を除去した。2 周波の ADCP 観測から得られた潮流成分除去流（平均流）は，1 m 深ごとに，ガウシアンフィルターを用い，空間的に内外挿した。ここでの水平方向と鉛直方向の e-folding スケール（影響半径）は，それぞれ 2 km（4 km）と 5 m（10 m）とした。

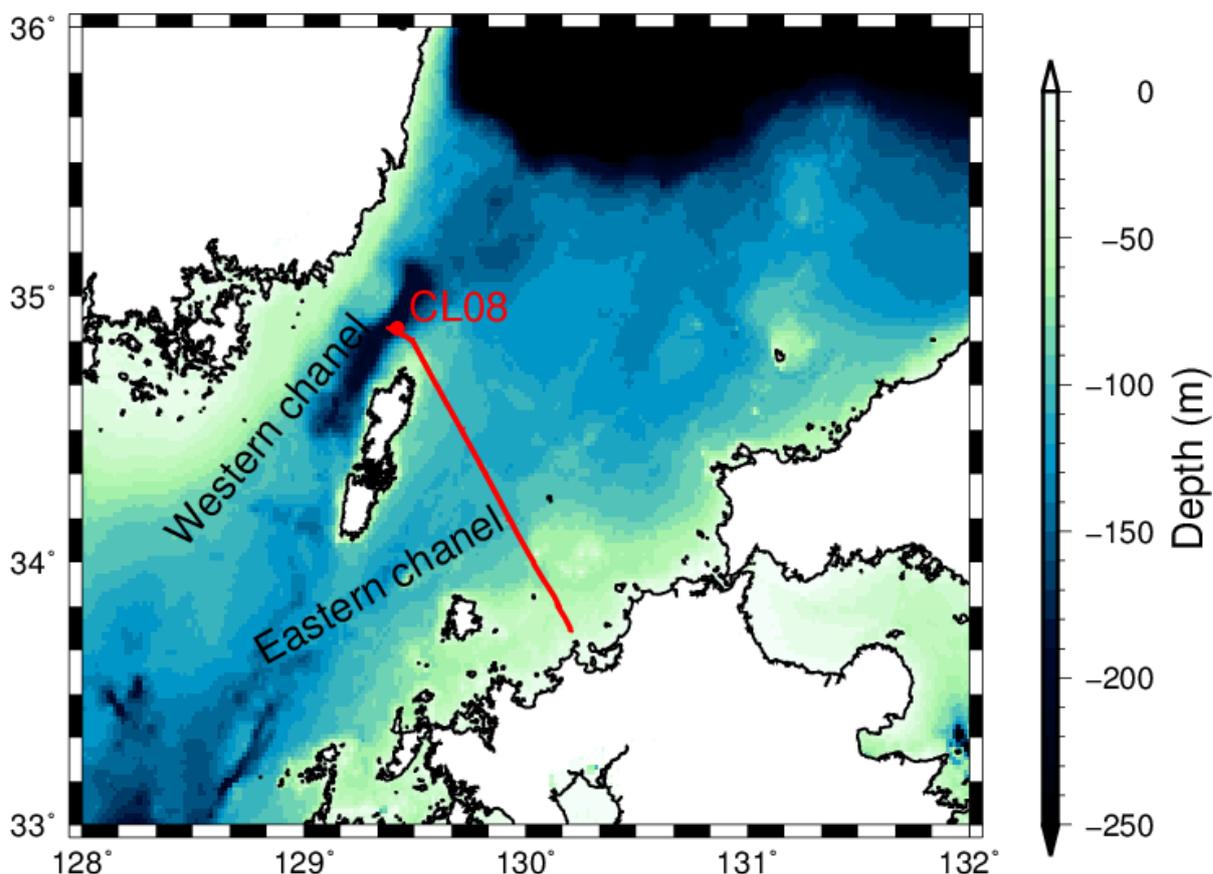


図 1. 航跡図（赤実線）と CL08（赤丸）。

結果

300 kHz と 75 kHz の ADCP から得られた流速プロファイルを**図 2**に示す。両者とも良く一致していた。ただし、300 kHz-ADCP 流速は、約 50–100 m 深と約 120–130 m 深で欠測となった。これらの欠測はあるものの、300 kHz-ADCP は約 170 m 深までの流速を計測することができた。

表層約 20 m 深のほぼ同深度のデータを用い、2 周波の ADCP から得られた流速を比較した。両者とも、同様の流速ベクトル分布を示した (**図 3**)。ただし、対馬東方の島陰では、測線に沿った成分で両者の差が大きい傾向を示した。

潮流成分除去と内外挿を施した後、測線に直交する成分の流速の鉛直断面を**図 4**に示す。海面から海底付近までの対馬海峡を通過する流速断面が得られた。西水道と東水道に流速コアが現れ、前者は 90 cm s^{-1} 以上、後者は 50 cm s^{-1} 以上の北東流であった。南西向きの反流は、対馬島陰と西水道底層に現れ、それらの流速は、それぞれ 20 cm s^{-1} 以上と 10 cm s^{-1} 程度であった。これらの流動構造は、これまでのフェリー-ADCP による観測研究と良く一致していた (e.g. Fukudome et al., 2010, JO)。

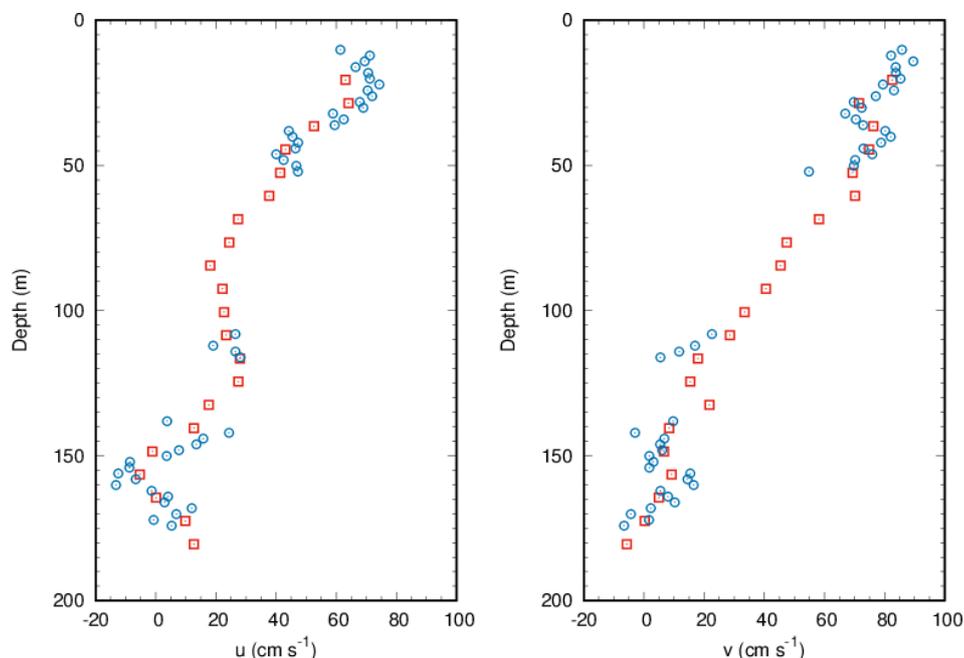


図 2. CL08 の流速プロファイル (左図：東方成分，右図：北方成分)。青丸と赤四角は、それぞれ 300 kHz と 75 kHz の ADCP から得られた流速を示す。緯度 $1/96^\circ$ ごとに空間平均し、潮流成分を除去する前のデータを用いた。

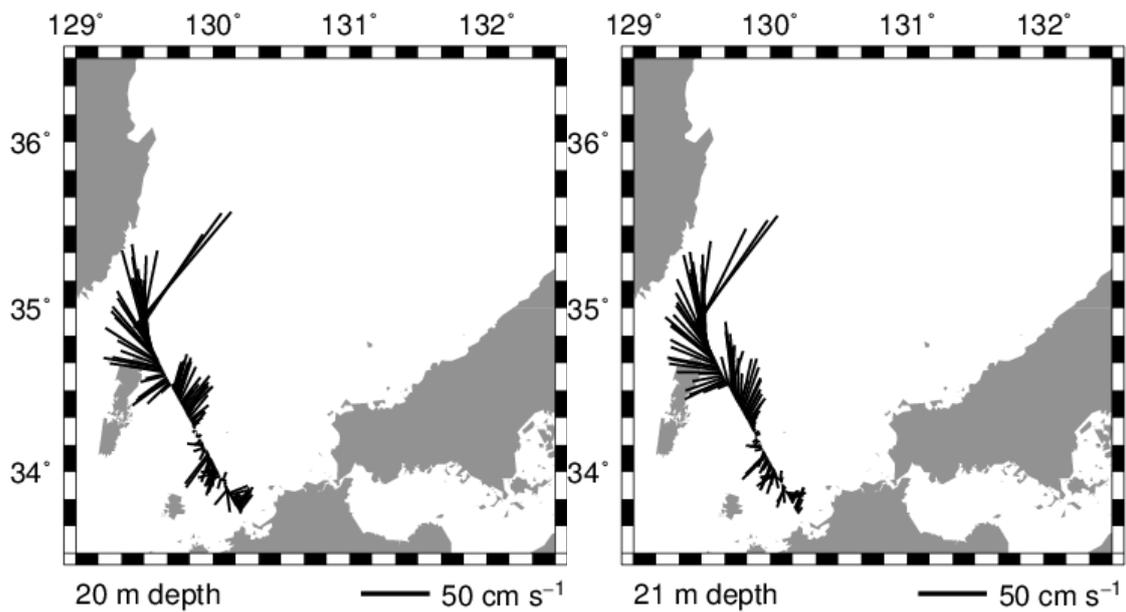


図 3. 20.15 m 深 (300 kHz, 左図) と 20.53 m 深 (75 kHz, 右図) の流速ベクトル分布。緯度 1/96°ごとに空間平均し、潮流成分を除去する前のデータを用いた。

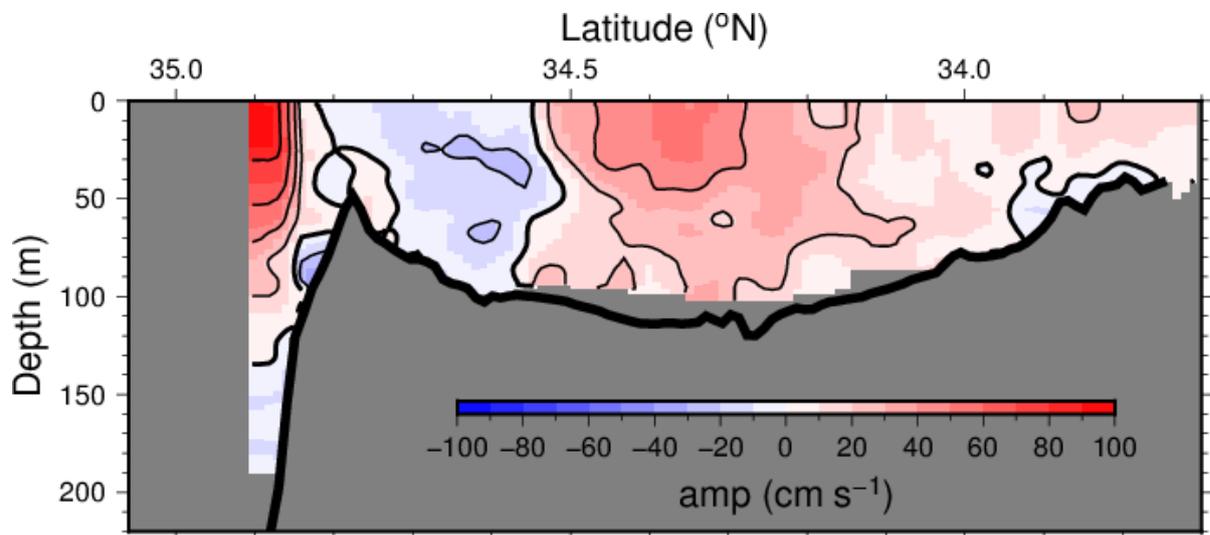


図 4. CL 測線の流速断面。観測断面に直交する成分を示す。日本海に流入する向きを正とする。潮流成分を除去し、300 kHz と 75 kHz の ADCP から得られた流速を内外挿したデータを用いた。

謝辞

現場海洋観測の実施には、長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」の船長をはじめとする乗組員の皆様の協力が不可欠でした。ここに、本航海に関わられた皆様に感謝いたします。

成果発表

【学会等発表】

都倉雄太, 滝川哲太郎, 森本昭彦, 鎌野忠, 秦一浩: 山口県山陰沿岸定線 ADCP データによる潮流と平均流の推定. 2018 年度九州沖縄地区合同シンポジウム「日本海研究の現状と今後について」, 水産大学校, 下関 (2018.12)

橋本涼介, 滝川哲太郎, 渡邊俊輝, 千手智晴, 森本昭彦: 沿岸水位差から推定した山口県見島周辺海域を通過する対馬暖流沿岸分枝の流量変動. 2018 年度九州沖縄地区合同シンポジウム「日本海研究の現状と今後について」, 水産大学校, 下関 (2018.12)

滝川哲太郎, 森本昭彦, 千手智晴: 2 つの潮流調和定数の差の評価. 2018 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 18F-02-6, 東京海洋大学, 品川 (2018.9)

橋本涼介, 滝川哲太郎, 渡邊俊輝, 千手智晴, 森本昭彦: 山口県見島周辺海域を通過する対馬暖流沿岸分枝の流量推定. 北海道大学低温科学研究所研究集会「宗谷暖流を始めとした対馬暖流系の変動メカニズム」, 札幌 (2018.7)

Takikawa T, Morimoto A, Kyushima M, Ichikawa K, Ito M, Yufu K: Fortnightly Variation of the Tsushima Warm Current on the Continental Shelf of the Southwestern Japan Sea. *AOGS 15th Annual Meeting*, OS09-A018, Hawaii (2018.4)