

様式3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター  
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」  
共同研究報告書

平成30年2月15日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）

所属機関 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

職 准教授

氏名 滝川 哲太郎

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

対馬海峡を通過する物質輸送量に関する観測研究

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 滝川 哲太郎	長崎大学大学院 水産・環境科学 総合研究科	准教授	海洋観測とそのデータ解析
拠点对応教員 森本 昭彦	愛媛大学 沿岸環境科学 研究センター	教授	海洋観測と栄養塩分析

3 研究内容（別紙）

## 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. Morimoto et al., 2012, PIO; 森本ほか, 2013, 海と空)。本研究では、対馬海峡において、船舶による物理-化学過程に関する継続的な海洋観測と栄養塩分析を行う。ここで得られた観測・分析結果から、対馬海峡横断面の栄養塩分布、栄養塩濃度と流量の経年変動を明らかにする。今後も、この観測研究を継続的に行うことによって、数十年スケールの気候変動について議論しうるデータの蓄積を目指す。

### 船舶観測

対馬海峡から日本海南西部の対馬暖流域を中心に、水産大学校練習船を用いたCTD・採水、航走 ADCP 等の海洋観測を実施した (図 1)。採水層は、0 (バケツ採水)、10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300 dbar と CTD の最下層である。観測海域は、観測目的から大きく 2 つに分類される。一つは、日本海に流入する対馬暖流を観測するための対馬海峡横断測線 (CL 測線) であり、もう一つは、対馬海峡を通過したあとの対馬暖流沿岸分枝 (第 1 分枝) を捉えるための萩市見島周辺海域 (MS 測線, 東経 131.25 度線) である。

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。このフェリーの船底には ADCP が付いており、対馬暖流のモニタリングが行われている。この ADCP モニタリングによって、このフェリー航路上では、約半日または 1 日周期の往復流である潮流成分が既知である (Takikawa et al., 2003, JO)。そのため、本研究で得られた 1 回の航走 ADCP 観測結果から、潮流成分を除去し、東シナ海から日本海に流入する平均的な対馬暖流の流量や物質輸送量を見積もることができる。

日本海南西部の萩市見島周辺海域では、潮流成分推定や水位差からの流量の見積もりに関する観測研究を進めている。対馬海峡域と同時に、観測研究を行うことによって、対馬海峡から日本海南西部の対馬暖流域における海洋物理現象と物質輸送過程についての研究を進めることが可能となる。

## 栄養塩分析

2017年8月の天鷹丸航海で得られた採水サンプルを用い、栄養塩類の分析を行った。この分析には、愛媛大学沿岸環境科学研究センター所有のオートアナライザーを使用した。分析項目は、硝酸塩+亜硝酸塩 (DIN:  $\text{NO}_3+\text{NO}_2$ )、亜硝酸塩 ( $\text{NO}_2$ )、ケイ酸塩 (Si:  $\text{SiO}_2$ )、リン酸塩 (DIP:  $\text{PO}_4$ ) である。

## 結果

水温、塩分、溶存酸素、クロロフィルの鉛直断面を**図 2**に示す。ただし、塩分、溶存酸素、クロロフィルについては、センサー値を用いており、較正を行っていない。表層には、高温・低塩分水が分布しており、長江希积水と考えられる。水深 100 m 程度の東水道では、表層に比べ下層ほど低温・高塩分・低溶存酸素となった。西水道の約 120 m 以深では、日本海起源と考えられる底冷水が分布していた。CL05 では、水温の等値線が上に凸の構造をしており、40 m 深付近にクロロフィルの亜表層極大が観測された。**図 3**の DIN の鉛直断面によると、下層の冷水ほど高 DIN となった。対馬の島陰 (CL06a, 06b) では、表層でも DIN 濃度は約  $0.5 \mu\text{M}$  と高かった。CL05 のクロロフィルの亜表層極大の DIN 濃度は、周辺と比べ低い傾向を示した。

2017年8月の東水道 (CL01-06) の DIN, DIP, Si 濃度は、それぞれ 4.29, 0.29, 7.63  $\mu\text{M}$  であった。DIN, DIP, Si の東水道通過量は、それぞれ 4.78, 0.33, 8.25  $\text{kmol/s}$  であった。2005年から2011年の7月から9月の平均 DIN 濃度と比較すると、2017年8月のそれは高濃度の傾向を示した (**図 4**)。2005年から2009年の8月から9月の DIN 輸送量と比べても、平年より多量の DIN が日本海に輸送されていた (**図 5**)。

## 謝辞

現場海洋観測の実施には、水産大学校練習船「天鷹丸」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、天鷹丸の秦一浩船長、水産大学校練習

船に関わられた皆様に感謝いたします。さらに、本研究を行うにあたり、愛媛大学沿岸環境科学研究センターの大西秀次郎氏、柴野良太博士にご協力頂きました。

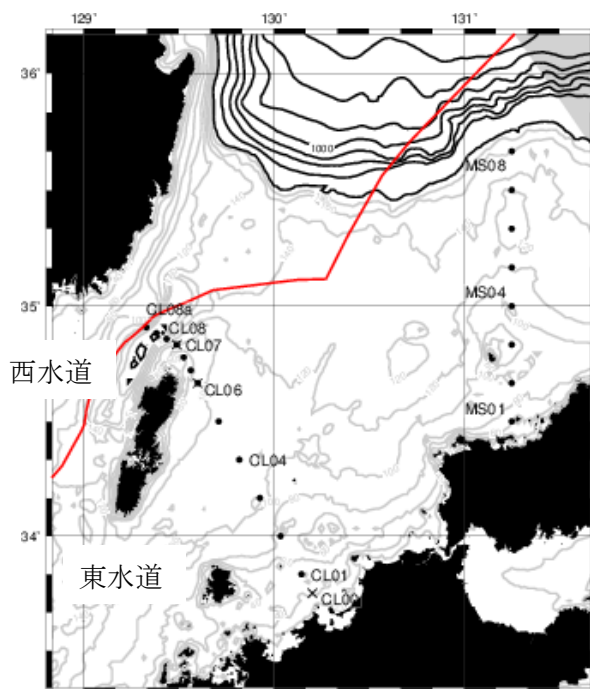


図1. 対馬海峡から日本海南西部の対馬暖流域の観測点図。

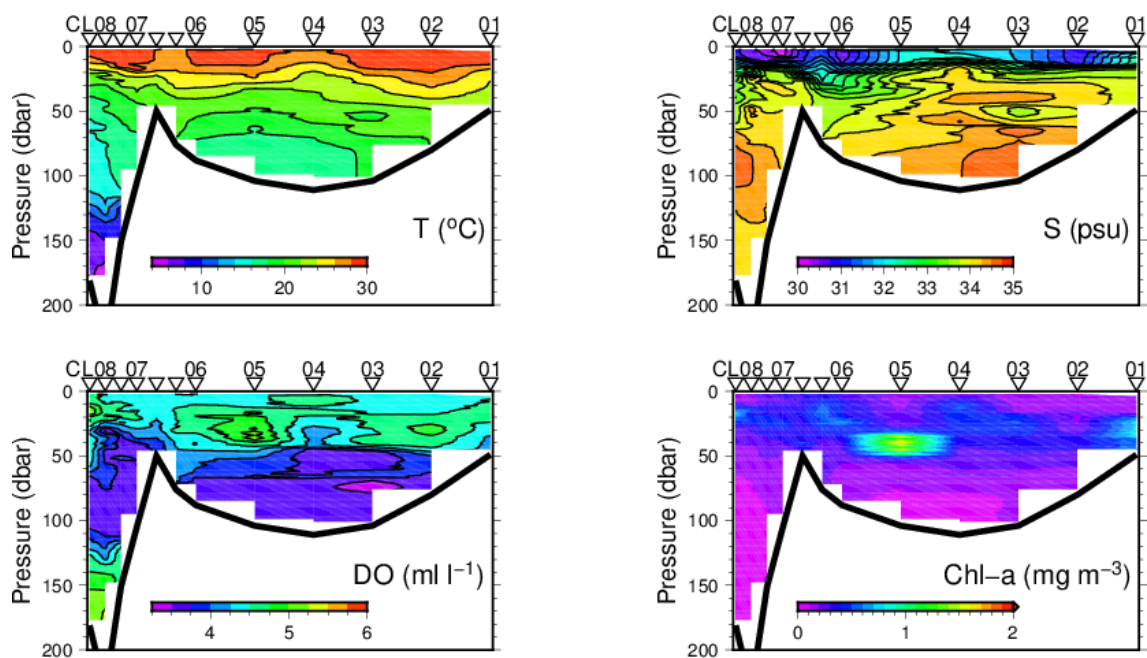


図2. 水温 (T), 塩分 (S), 溶存酸素 (DO), クロロフィル (Chl-a) の鉛直断面。

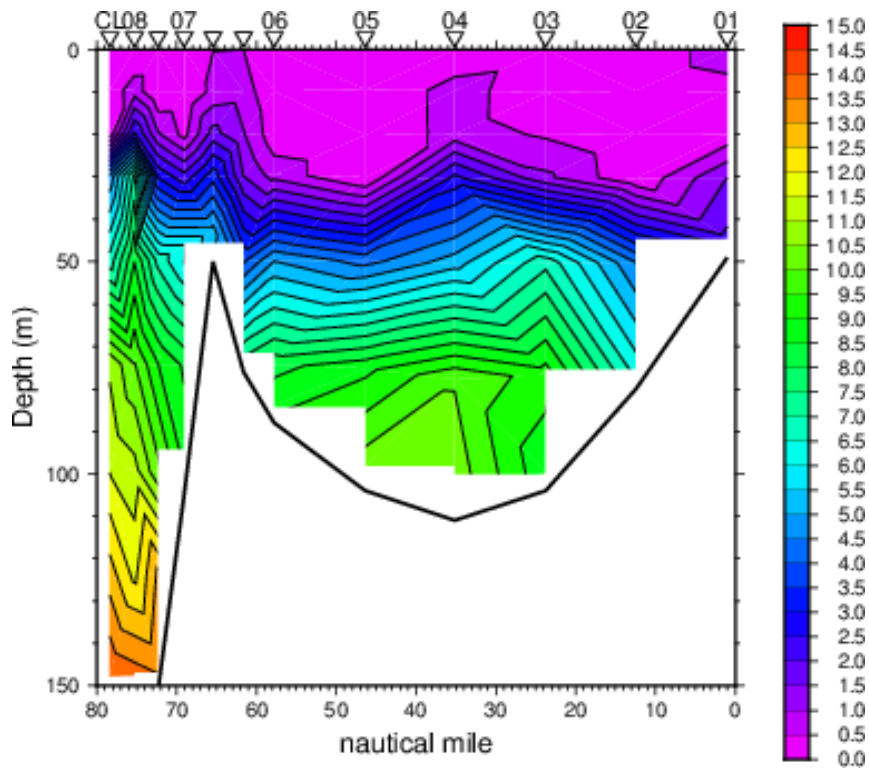


図 3. DIN ( $\mu\text{M}$ ) の鉛直断面。

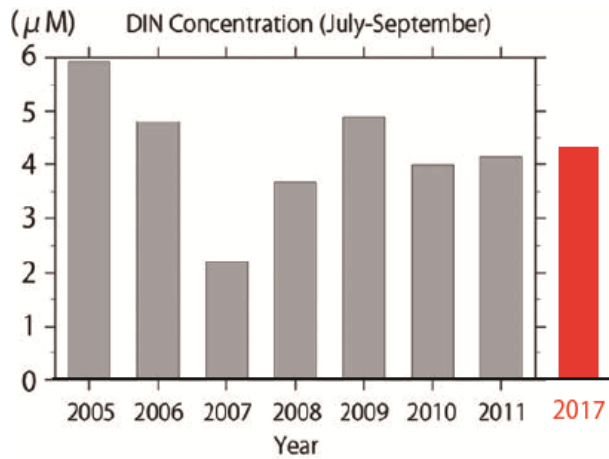


図 4. 対馬海峡東水道における 2005 年から 2011 年の 7 月から 9 月の平均 DIN 濃度 (森本ほか, 2013, 海と空) と 2017 年 8 月の DIN 濃度 (赤)。

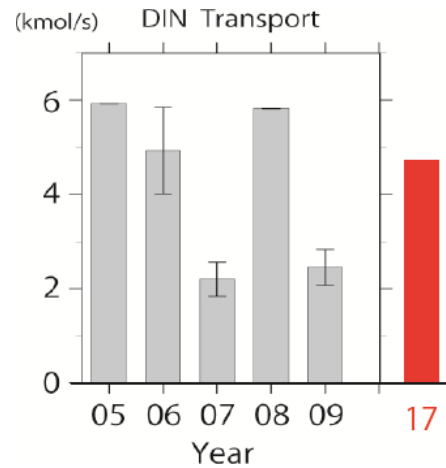


図 5. 対馬海峡東水道を通過する 2005 年から 2009 年の 8 月から 9 月の平均 DIN 輸送量 (森本ほか, 2010, 月刊海洋) と 2017 年 8 月の DIN 輸送量 (赤)。

## 成果発表

### 【論文等】

Kodama T, Morimoto A, Takikawa T, Ito M, Igeta Y, Abe S, Fukudome K, Honda N, Katoh O: Presence of high nitrate to phosphate ratio subsurface water in the Tsushima Strait during summer. *Journal of Oceanography*, **73**, 759-769 (2017)

Inoue M, Shirotani Y, Furusawa Y, Fujimoto K, Kofuji H, Yoshida K, Nagao S, Yamamoto M, Hamajima Y, Honda N, Morimoto A, Takikawa T, Shiimoto A, Isoda Y, Minakawa M: Migration area of the Tsushima Warm Current Branches within the Sea of Japan: Implications from transport of 228Ra. *Continental Shelf Research*, **143**, 167-174 (2017)

Takikawa T, Watanabe T, Senjyu T, Morimoto A: Wind-driven intensification of the Tsushima Warm Current along the Japanese coast detected by sea level difference in the summer monsoon of 2013. *Continental Shelf Research*, **143**, 271-277 (2017)

### 【学会等発表】

滝川哲太郎, 橋本涼介, 渡辺俊輝, 千手智晴, 森本昭彦: 水位差によって見積もられた山口県沿岸を通過する対馬暖流の変動. 金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム「海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構」, 金沢市石川四高記念文化交流館 (2017.12)

Takikawa T, Morimoto A, Kyushima M, Ichikawa K, Ito M, Yufu K: Fortnightly variation of the Tsushima Warm Current after passing through the Tsushima Straits associated with internal tide. *The 19th Pacific-Asian Marginal Seas (PAMS) Meeting*, Jeju, Korea (2017.4)