

# 津軽海峡における海洋酸性化モニタリング

脇田昌英<sup>1</sup>・佐々木建一<sup>1</sup>・山本秀樹<sup>1</sup>・高田信<sup>1</sup>

大村貴光<sup>2</sup>・吉野順<sup>3</sup>・豊指祥子<sup>2</sup>・渡邊修一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>海洋研究開発機構むつ研究所、<sup>2</sup>株式会社マリン・ワーク・ジャパン、

<sup>3</sup>東北環境科学サービス株式会社、

## 1. はじめに

2013年に発表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の「第5次評価報告書」では、産業革命以降、大気に放出された人為起源CO<sub>2</sub>の30%は、海洋が吸収し、海面pHを0.1低下させており、海洋酸性化が進行している。この海洋酸性化は、海水中のCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度も減少させ、CaCO<sub>3</sub>の化学的飽和度Ωを減少させている。このため、CaCO<sub>3</sub>の殻や骨格を持つ生物の生育障害が危惧されるが、その影響を実海域で定量的に示した例は稀である。

生物生産力が高い沿岸域や海浜域での海洋酸性化の進行と生物への影響評価は、「持続可能な海洋利用」に直結するため社会的要請は大きい。日本沿岸域の海洋酸性化モニタリング点は少ない。海洋研究開発機構むつ研究所では、津軽暖流において、沿岸域の環境変動および海洋酸性化の進行とその要因を調べることが目的である。

## 2. 方法

津軽海峡に面する所内の関根浜港の東防波堤の突堤（水深9m）と港内（水深3m）の2カ所で2014年2月から週1回のCTDとバケツによる表面採水観測を行っている（図1）。この活動は、国際酸性化観測ネットワーク Global Ocean Acidification Observing Network

（[http://data.nanoos.org/files/goaon/inventory/assets-/FOTS\\_588.html](http://data.nanoos.org/files/goaon/inventory/assets-/FOTS_588.html)）に登録済みである。また、

西部津軽海峡の恵山岬－尻屋崎間にSE測線、大間－函館間にHO測線、下北半島北部沖にOSシリーズ測点を設け、2012年夏から北海道大学附属練習船「うしお丸」により表面から海底までCTD-CMS採水観測を年4～5回行っている。そのうちSE9・SE3・HO3・OS1の計4点を大測点と設定し（図2）、溶存無機炭素（DIC）、アルカリ度（TA）、水温、塩分、栄養塩、全溶存有機炭素、全溶存窒素、海水の酸素同位体、クロロフィルaなどのデータを取得している。DIC、TA等よりpH<sub>T</sub>とアラゴナイト飽和度Ω<sub>araginite</sub>を算出し、蒸発・降水の影響を除くために塩分35への規格化を行った上でその他の取得データと共に解析した。



図1 海洋研究開発機構むつ研究所内の関根浜港の観測点（突堤、港内）

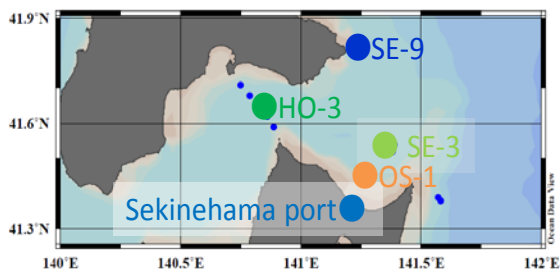


図2 津軽海峡における船舶観測点 (SE9・SE3・HO3・OS1) と関根浜港

### 3. 結果

関根浜港の2点 (突堤と港内) と津軽海峡での船舶観測大測点4点を比較したところ、恵山岬沖のSE9は、冬季の釧路沖の沿岸親潮 (COW) データと一致していたことから、冬から夏にかけて、COWの影響を受けていた (図3)。その他の大測点 (HO3, OS1, SE3) の表層と関根浜港突堤の変動はよく一致しており、港突堤の観測値は津軽暖流の特徴を示していた (図3)。他方、港内データは、突堤よりもバラツキが大きく、潮汐などを含む短周期変動が影響していると思われる (図3)。

津軽暖流表層水の各成分の経年変化を求めため、Takahashi et al. (2006)の手法に従って船舶観測点 (HO3, OS1, SE3) の表層と突堤の観測値から月平均値を差し引き、各年の年平均値を求めた。このとき、2014年2~4月に約30年ぶりに下北半島まで沿岸親潮が接岸して明らかに例年と異なる水塊が占めていた (佐々木ら 2015 春季海洋学会) ため、その間の観測値は棄却した。

津軽暖流水表層の年平均値  $pH_T$  および  $\Omega_{\text{araginite}}$  は、ここ数年で有意な低下を示し ( $pH_T: -0.0034 \pm 0.0009/\text{yr}, p < 0.001$ ;  $\Omega_{\text{araginite}}: -0.048 \pm 0.006/\text{yr}, p < 0.001$ )、酸性化傾向が示された (図4)。加えて、硝酸塩濃度が年々減少しており (図なし)、生物生産力が変化してい

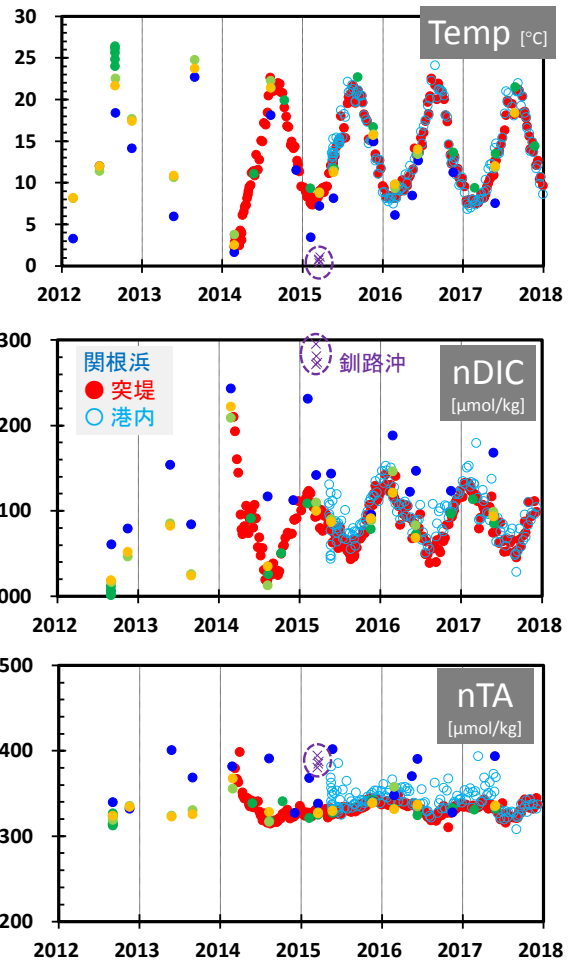


図3 津軽海峡の船舶観測点 (SE9 (●)、SE3 (●)、HO3 (●)、OS1 (●)) と関根浜港 (突堤 (●)、港内 (○)) における表層の水温、nDIC、nTAの時系列変化。また、参考として、2015年3月の釧路沖の沿岸親潮 (×)のデータを示す。

る可能性もある。この酸性化は、太平洋外洋域や熊野灘沖のそれ ( $pH_T: -0.002/\text{yr}$ ,  $\Omega_{\text{araginite}}: -0.01/\text{yr}$ ; Midorikawa et al., 2010, Dore et al., 2009, Wakita et al., 2017, Ishii et al., 2011) よりもやや速く進行していた。これは、人為起源二酸化炭素の吸収に加え、生物生産変化や陸域・海浜域・海底などから流入した有機物の分解によるDIC増加の影響が加算されている可能性がある。このような海浜域特有の短周期現象 (日周変動等) を捉えるため、今冬に関根浜港内で  $pH \cdot CTD$

センサー係留による連続観測を開始した。今後、その結果も加え、原因を解明する予定である。

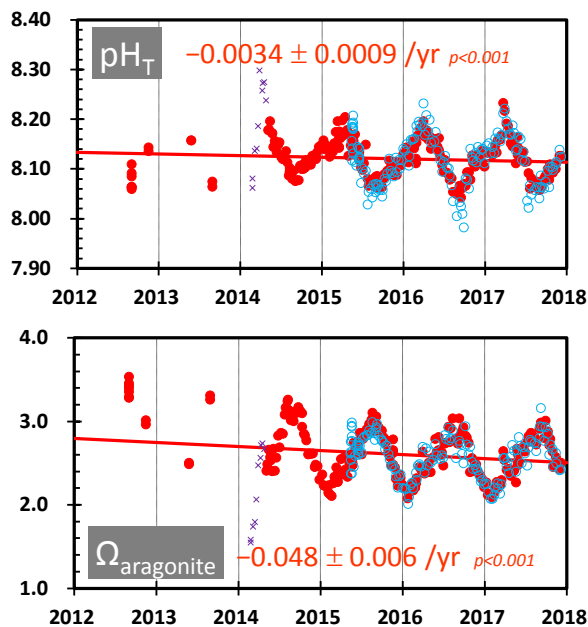


図4 津軽暖流の表層(●)の  $\text{pH}_T$  と  $\Omega_{\text{aragonite}}$  の時系列変化。また、参考として、関根浜港の港内(○)と2014年2月～4月の沿岸親潮接近(×)のデータを示す。

#### 謝辞

北海道大学附属練習船「うしお丸」による観測航海で得た CTD データの一部を使用した。「うしお丸」の船長及び船員に感謝いたします。

#### 引用文献

- Dore, J. E., R. Lukas, D. W. Sadler, M. J. Church, and D. M. Karl (2009), Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, *106*, 12,235–12,240, doi:10.1073/pnas.0906044106.
- Ishii, M., N. Kosugi, D. Sasano, S. Saito, T. Midorikawa, and H. Y. Inoue (2011), Ocean acidification off the south coast of Japan: A

result from time series observations of  $\text{CO}_2$  parameters from 1994 to 2008, *J. Geophys. Res.*, *116*, C06022, doi:10.1029/2010jc006831.

Midorikawa, T., M. Ishii, S. Saito, D. Sasano, N. Kosugi, T. Motoi, H. Kamiya, A. Nakadate, K. Nemoto, and H. Y. Inoue (2010), Decreasing pH trend estimated from 25-yr time series of carbonate parameters in the western North Pacific, *Tellus, Ser. B*, *62*, 649–659, doi:10.1111/j.1600-0889.2010.00474.x.

Takahashi, T., S. C. Sutherland, R. A. Feely, and R. Wanninkhof (2006), Decadal change of the surface water  $\text{pCO}_2$  in the North Pacific: A synthesis of 35 years of observations, *J. Geophys. Res.*, *111*, C07S05, doi:10.1029/2005JC003074.

Wakita, M., A. Nagano, T. Fujiki, and S. Watanabe (2017), Slow acidification of the winter mixed layer in the subarctic western North Pacific, *J. Geophys. Res. Oceans*, *122*, 6923–6935, doi:10.1002/2017JC013002.