

# 夏期日本海における海面-大気間のメタン (CH<sub>4</sub>) ガス交換 Exchange of methane gas between the sea surface and the atmosphere in Japan Sea during summer

○登尾浩助\* 小宮秀治郎\* 近藤文義\*\* 植松光夫\*\*\* 松本良\*

K. Noborio\*, S. Komiya\*, F. Kondo\*\*, M. Uematsu\*\*\*, and R. Matsumoto\*

## 1. はじめに

海洋は気候変動に対して重要な役割を担っているが、メタン (CH<sub>4</sub>) の放出源としては天然と人為起源の両方を併せた放出量の約 2%と比較的小さいと考えられている。海面と大気中の CH<sub>4</sub> ガス交換量は、大気と海水中の濃度差に係数を乗じて推定されてきた。近年、Kondo ら (2007) が海洋における CO<sub>2</sub> 交換量を渦相関法で直接測定して、従来法によるフラックスの数倍大きいことを報告している。本報告では、主要な温室効果ガスである CH<sub>4</sub> に関しても CO<sub>2</sub> と同様のことが有るのではないかと考えて、CH<sub>4</sub> フラックスの直接測定を試みた。

## 2. 実験方法

図 1 には、海鷹丸のコンパスデッキに設置した超音波風速計、三軸加速度計・角速度計、大気吸引口を示した。コンパスデッキ上 2 m の高さにおける 3 軸風速  $U_{observed}$  を 3 軸超音波風速計 (SAT540, ソニック社) とデータロガー (CR5000, Campbell Scientific 社) を使って 10 Hz で測定した。船舶の動揺を補正後の 3 軸方向の風速  $U_{true}$  (m s<sup>-1</sup>) は次のように表される (Kondo ら, 2007)。

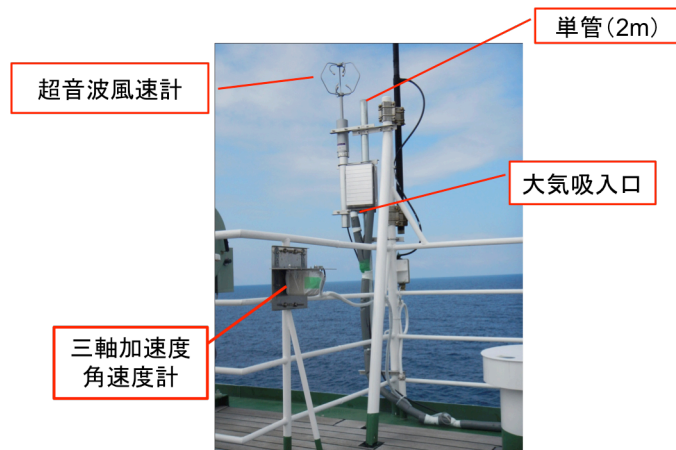


図 1. 超音波風速計と大気吸引口の取付け

$$U_{true} = T(\phi, \theta, \Psi) U_{observed} + U_{anemo} \quad [1]$$

ここで、 $T(\phi, \theta, \Psi)$  は横揺れ (roll)  $\phi$ 、縦揺れ (pitch)  $\theta$ 、船首揺れ (yaw)  $\Psi$  を考慮するための座標変換行列、 $U_{observed}$  は 3 軸超音波風速計で測定した 3 軸方向の風速 (m s<sup>-1</sup>)、 $U_{anemo}$  はコンパスデッキに設置した 3 軸加速度計で測定した 3 軸方向加速度の時間積分値である (m s<sup>-1</sup>)。ガスフラックスは、REA 法を使って [3] 式から算出した (McInnes and Heilman, 2005)。

$$J_{REA} = B \sigma_w (\overline{C_u} - \overline{C_d}) \times 3600 \quad [1]$$

ここで、 $J_{REA}$  はガスフラックス (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)、 $B$  は実験値、 $\sigma_w$  は鉛直方向風速の標準偏差 (m s<sup>-1</sup>)、

\*明治大学 Meiji Univ., \*\*国立環境研究所 National Institute of Environment, \*\*\*東京大学 The Univ. of Tokyo キーワード：温室効果ガス、緩和渦集積法、溶存ガス

$C_u$  と  $C_d$  はそれぞれ上向きと下向きの風で運ばれたガス濃度の 1 時間の平均値 ( $\text{mg m}^{-3}$ ) である。 $B$  は実験値で、本研究では  $B = 0.56$  とした (McInnes and Heilman, 2005)。座標変換行列は、以下のように表される (Edson ら, 1998)。

$$T(\phi, \theta, \Psi) = \begin{bmatrix} \cos \Psi \cos \theta & \sin \Psi \cos \phi + \cos \Psi \sin \theta \sin \phi & -\sin \Psi \sin \phi + \cos \Psi \sin \theta \cos \phi \\ -\sin \Psi \cos \theta & \cos \Psi \cos \phi - \sin \Psi \sin \theta \sin \phi & -\sin \Psi \cos \phi \sin \Psi - \sin \phi \cos \Psi \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \quad [2]$$

ここで、横揺れ (roll)  $\phi$ 、縦揺れ (pitch)  $\theta$ 、船首揺れ (yaw)  $\Psi$  の値は、コンパスデッキに設置した角速度計による測定値である。[1][2] 式による船舶上での動揺補正は、CR5000 を使ってリアルタイムで行い、上向き風と下向き風によって輸送される空気を振り分けた。振り分けられた風は、それぞれ 2L タンクに 20-30 分間貯留し、後に GC で採気した試料の  $\text{CH}_4$  濃度を分析した。

### 3. 結果

海鷹丸を使って測定した顕熱フラックス、潜熱フラックスは、陸上の測定で見られると同様の昼過ぎを最大値とする日変動を示した (図 8 上)。Noborio ら (2012) が報告した牧草地での測定値と比較すると、潜熱フラックスが幾分高めではあったが、水面からの蒸発であることを考慮すると、ほぼ妥当な値である。従って、 $\text{CH}_4$  フラックスも妥当な値だと考えられるが、水田で報告されている  $\text{CH}_4$  フラックスの 1.5 倍程度大きい。水田で測定された  $\text{CH}_4$  フラックスと同様に、海面上の  $\text{CH}_4$  フラックスも日変動しているように見える (図 8 中)。特に、海面上では負のフラックスとなっており、大気から海面に向かって吸収される  $\text{CH}_4$  フラックスが、海面から大気へ向けて放出される  $\text{CH}_4$  フラックスと同程度の大きさであった。7 月 31 日には、海水面に向かって吸収される (負の値)  $\text{CH}_4$  フラックスの値が大きかった。海水面中の溶存  $\text{CH}_4$  濃度にも日変動と場所による違いが見られた (図 8 下)。

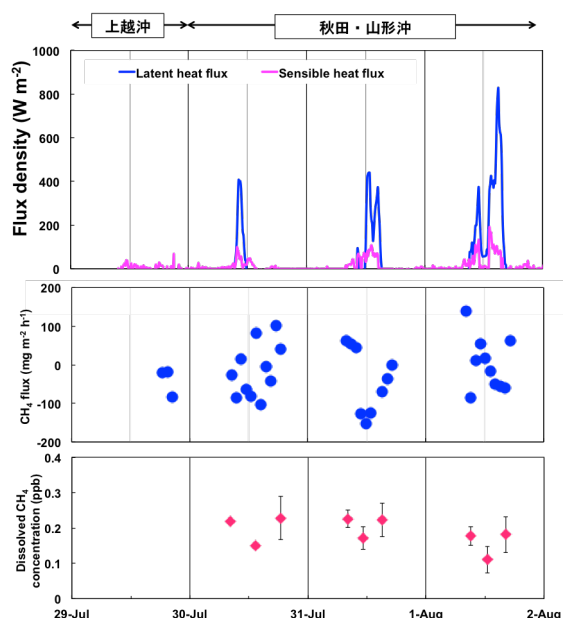


図 2. 海上で測定した各種フラックスと海面水中の溶存メタン濃度

**引用文献** Kondo, F., and O. Tsukamoto. 2007. Air-sea  $\text{CO}_2$  flux by eddy covariance technique in the equatorial Indian ocean. *Journal of Oceanography*. 63:449-456. McInnes, K.J., and J.L. Heilman. 2005. Relaxed eddy accumulation. pp. 437-454. In Hatfield et al. (eds.) *Micrometeorology in agricultural systems*. Agronomy monograph no. 47. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. Noborio, K. ら 2012. Evaluation of energy-balance-based evapotranspiration in a grass field. *J. Jpn. Soc. Soil Phys.* 122:15-21.

**謝辞** 本研究の一部は、科研費基盤研究 A (代表：松本) 調査として実施されたものである。UT13 の乗組員をはじめ研究者の皆様のご協力に感謝致します。