

「みらい」 MR12-E03 北極航海において観測された大気ポテンシャル酸素の変動

石戸谷重之¹、笹野大輔²、内田裕³、田口彰一¹、遠嶋康徳⁴、松下隼士^{4,5}、石井雅男²、小杉如央²、石島健太郎³、森本真司^{5,6}、西野茂人³、村山昌平¹、後藤大輔^{5,6}、中澤高清⁶、青木周司⁶

¹産業技術総合研究所、²気象研究所、³海洋研究開発機構、⁴国立環境研究所、⁵国立極地研究所、⁶東北大学

Variations in the Atmospheric Potential Oxygen observed over the North Pacific and the Arctic Ocean during MR12-E03 cruise of the R/V Mirai

Shigeyuki Ishidoya¹, Daisuke Sasano², Hiroshi Uchida³, Shoichi Taguchi¹, Yasunori Tohjima⁴, Junji Matsushita^{4,5}, Masao Ishii², Naohiro Kosugi², Kentaro Ishijima³, Shinji Morimoto^{5,6}, Shigeto Nishino³, Shohei Murayama¹, Daisuke Goto^{5,6}, Takakiyo Nakazawa⁶, Shuji Aoki⁶

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ²Meteorological Research Institute, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ⁴National Institute for Environmental Studies, ⁵National Institute of Polar Research, ⁶Tohoku University

To investigate the air-sea O₂ exchanges processes, the Atmospheric Potential Oxygen (APO = O₂ + 1.1xCO₂) was analyzed for the air samples collected over the North Pacific and the Arctic Ocean for the period September 4 – October 16, 2012 on MR12-E03 cruise of the R/V Mirai. The observed APO was positively correlated with the partial pressure of O₂ in surface seawater (pO_{2_sw}), and the variations in the partial pressure of atmospheric O₂, corresponding to the variations in the APO, was about two thousandth part of those in the pO_{2_sw}. The APO calculated by using an atmospheric transport model and the seasonal air-sea O₂ flux climatology reproduced the decreasing trend of the observed APO throughout the observation period, however, failed to reproduce the large day-to-day variations seen in the observed APO. On the other hand, the 5-days backward trajectories showed that the minimal values of the observed APO were affected by the air mass over the Bearing Sea, where the minimal pO_{2_sw} values were observed. These facts suggested that the shipboard observations of APO would provide useful information to evaluate the local air-sea O₂ fluxes, which were not reflected in the seasonal air-sea O₂ flux climatology.

はじめに

大気中 O₂ 濃度 (δ(O₂/N₂)) と CO₂ 濃度から求められる大気ポテンシャル酸素 (Atmospheric Potential Oxygen, APO = O₂ + 1.1 x CO₂) は陸上植物活動に対する保存量であり、人為起源 CO₂ 収支推定や季節的な大気海洋間 O₂ フラックスの評価に用いられている (e.g. Manning and Keeling, 2006; Garcia and Keeling, 2001)。O₂ は CO₂ と比較して大気海洋間の交換速度が極めて速く、洋上で観測した APO の変動から近傍海域の大気海洋間 O₂ フラックス変動の情報が得られることも期待される。そこで本研究では、観測船「みらい」により 2012 年秋期に行なわれた北極海航路観測において得られた APO と、海水中 O₂ 分圧 (pO_{2_sw}) との関係を比較したので報告する。

観測

観測船「みらい」は 2012 年 9 月 4 日に八戸港を出港し、ベーリング海峡を経て北限 76° N までの北極海において観測を行い、同様の航路によって 10 月 16 日に八戸港に帰還した。観測期間中、1 日に約 1 サンプルの大気採取を行い、得られた計 40 本の大气試料を研究室に持ち帰り、δ(O₂/N₂)を質量分析計 (ThermoScientific Delta-V) により (Ishidoya and Murayama, submitted to Tellus B)、CO₂ 濃度を非分散型赤外分析計 (Li-7000) によって分析した。δ(O₂/N₂)および CO₂ 濃度の測定精度はそれぞれ約 ±4 per meg (~±0.8 ppm) および ±0.1 ppm であった。また溶存 O₂ 濃度 (μmol kg⁻¹) を、溶存 O₂ センサ (RINKO) によって連続的に観測した。

結果

図 1 は APO 観測値の時系列プロットを示す。図には溶存 O₂ 濃度の観測値と、Garcia and Gordon (1992)による飽和 O₂ 濃度計算式から求めた pO_{2_sw} の値を併せて示した。APO は pO_{2_sw}=0.20946 (atm)の時の値をゼロとした偏差として ppm 相当量で表した。図から、APO の変動と pO_{2_sw} の変動には明瞭な正相関の関係が見られる。このことから、海水中の O₂ 分圧の増加 (減少) に伴う大気海洋間 O₂ フラックスの変動が直上大気中の APO の増加 (減少) として捉えられていることが示唆され、また海水中 : 大気中の O₂ 分圧の変動量比はおおよそ 2000 : 1 であることが示唆される。図 1 には、過去の研究による季節的な大気海洋間 O₂ フラックス気候値 (Garcia and Keeling, 2001) と大気輸送モデル (Taguchi et al. 2011) による APO 計算値も併せて示した。APO 計算値は APO 観測値の観

測期間を通じた減少傾向を比較的よく再現したが、日々の変動量は観測値と比較して過小評価になっており、特に10月4~11日における、観測期間の極小値を示す APO の減少とその後の期間の再増加は再現しなかった。10月4~11日の期間に採取された大気試料は、10月4-7日に pO_{2_sw} の観測期間における極小値が観測されたベーリング海の方から輸送されてきた空気塊であることが、後方流跡線解析 (NOAA, HYSPLIT) の結果から示されている。また、Keeling et al. (1998) の手法により溶存 O₂ 濃度と飽和 O₂ 濃度から求めた大気海洋間 O₂ フラックスからも、10月4-7日のベーリング海上において O₂ が大気から海洋に強く吸収されていたことが示された。これらの結果から、本研究で観測された洋上 APO の変動は、気候値的な O₂ フラックスには反映されていない、観測域の直下および近傍海域からの O₂ フラックスの情報を反映していることが示唆される。

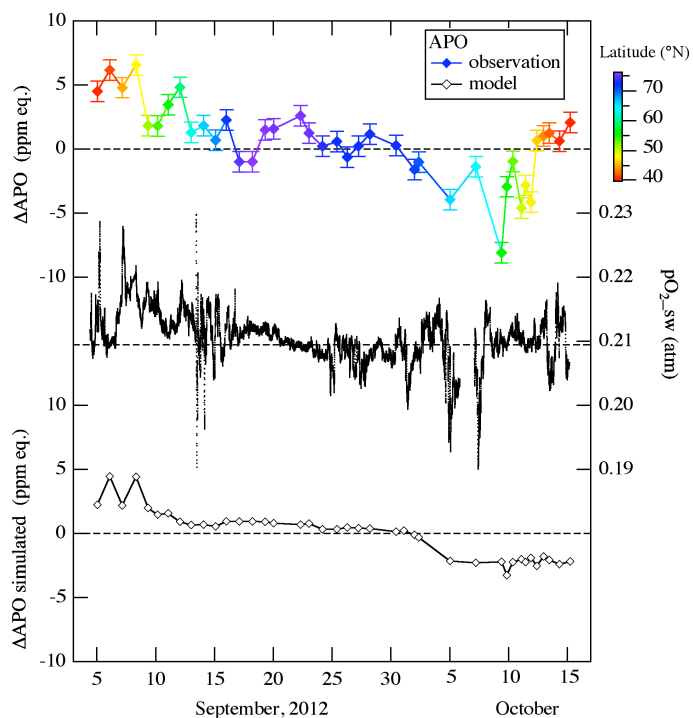


Figure 1. APO and pO_{2_sw} observed over the North Pacific and the Arctic Ocean during MR12-E03 cruise of the R/V Mirai. Dashed lines denote the values for pO_{2_sw} of 0.20946. The APO values, calculated using an atmospheric transport model and seasonal air-sea O₂ flux climatology (Garcia and Keeling, 2001), are also shown.

References

- Garcia, H., and L. Gordon, Oxygen solubility in seawater: Better fitting equations, *Limnol. Oceanogr.*, 37, 1307– 1312, 1992.
- Garcia, H. and Keeling, R. On the global oxygen anomaly and air-sea flux. *J. Geophys. Res.* 106(C12), 31155-31166, 2001.
- Ishidoya and Murayama Development of a new high precision continuous measuring system for atmospheric O₂/N₂ and Ar/N₂ and its application to the observation in Tsukuba, Japan, submitted to *Tellus B*.
- Keeling, R. F. et al., Seasonal variations in the atmospheric O₂/N₂ ratio in relation to the kinetics of air-sea gas exchange. *Global Biogeochem. Cycles.* 12, 141-163, 1998.
- Manning, A. C. and Keeling, R. F., Global oceanic and land biotic carbon sinks from the Scripps atmospheric oxygen flask sampling network. *Tellus.* 58B, 95-116, 2006.
- Taguchi, S. et al., TransCom continuous experiment: comparison of ²²²Rn transport at hourly time scales at three stations in Germany. *Atmos. Chem. Phys.* 11, 10071-10084, 2011.