

北極海 CO₂ フラックスの分布推定とその時空間変動特性

安中さやか¹、村田昌彦¹、渡邊英嗣¹、小杉如央²、笹野大輔²、石井雅男²、西野茂人¹、内田裕¹
¹ 海洋研究開発機構
² 気象研究所

Estimating the monthly CO₂ flux distribution in the Arctic and its spatio-temporal variability

Sayaka Yasunaka¹, Masahiko Murata¹, Eiji Watanabe¹, Naohiro Kosugi², Daisuke Sasano², Masao Ishii², Shigeto Nishino¹ and Hiroshi Uchida¹
¹JAMSTEC/RCGC
²JMA/MRI

204 monthly maps of air-sea CO₂ flux were produced for the Arctic from January 1997 to December 2013 from surface ocean partial pressure of CO₂ (pCO_{2_o}) estimation using a self-organizing map of temperature, salinity, sea ice concentration, and atmospheric pCO₂ (pCO_{2_a}). pCO_{2_o} data were obtained from underway observation and also calculated from bottled biogeochemistry data. Using the mapping results, we investigated the spatio-temporal variability of Arctic CO₂ flux in seasonal and interannual time scales.

Large CO₂ influx appeared in Greenland Sea, Barents Sea, and Chukchi Sea, because of slight coverage of sea ice and strong wind (Fig. 1). Seasonal and interannual variability was also relatively large in these regions. Seasonal and interannual variability of CO₂ flux largely depended on wind variability almost all area, and partly depended on sea ice melting in seasonal ice zone.

The Arctic Ocean annual CO₂ uptake of 150 TgC was estimated, consistent with estimates based on extrapolations of sparse data. The Arctic Ocean CO₂ uptake showed interannual change; large uptake when wind was strong and sea ice area was narrow; maximum annual uptake of 190 TgC in 2007 and minimum of 90 TgC in 2001. Furthermore, the CO₂ sink was enhanced by 2 TgC/yr associated with shrinking sea ice coverage.

北大西洋や北太平洋において行われている CO₂ 分圧の推定手法 (Telszewski et al. 2009; Nakaoka et al. 2013) を用いて、北極海の CO₂ 分圧および CO₂ フラックスを推定し、その時空間変動の要因を調べた。解析範囲は、60N 以北、期間は 1997 年 1 月～2013 年 12 月で、空間解像度は 1 度である。北極海の CO₂ 分圧観測値として、SOCATv2 と、それに含まれていない観測船みらいによる観測値 (MR0903、MR1005、MR1203、MR1306)、および CARINA の全炭酸とアルカリ度の表層ボトル観測値を CO₂ 分圧に変換したデータを用いた。

まず、北極海において月平均した海面水温 (NCEP-OI)、海面塩分 (PHC)、海氷密接度 (NCEP2) の格子化データと、大気 CO₂ 分圧 (GLOBAL-VIEW)、緯度、経度をパラメータとした自己組織化マップを作成し、北極海の月格子を、800 のグループに分けた。次に、CO₂ 分圧観測データを用いて、各グループに CO₂ 分圧の値づけを行った。最後に、再び、各格子の海面水温、海面塩分、海氷密接度、緯度、経度の情報から、最も近い二つのグループの CO₂ 分圧を選び出し、その重み付き平均を格子の CO₂ 分圧とした。さらに、得られた海洋 CO₂ 分圧と、大気 CO₂ 分圧、風速 (NCEP2)、海面水温、海面塩分、海面気圧 (NCEP2) の格子化データから、Wanninkhof et al. (1992) の式と、Sweeney et al. (2007) の定数を用いて、CO₂ フラックスを求めた。推定値は、観測の存在する海域では、その大まかな分布や時間変化を再現していた。推定値と観測値の平均バイアスは 0.6 μ atm、RMSD は、50.0 μ atm であった。

長期平均場においては、海氷が少なく風の強い、グリーンランド海やバレンツ海、チャクチ海で大きな吸収を示した (図 1)。また、これらの海域では、相対的に大きな季節変化や経年変化を示した。CO₂ フラックスの季節変化や経年変化は、全域において、風の季節変化に大きく依存していたが、季節海氷域では、海氷の融解に伴う変化も見られた。

北緯 65 度以北全体で平均した CO₂ 年間吸収量は 150 ± 20 TgC であり、過去の研究の推定 (81-199 TgC ; Bates & Mathis 2009) の範囲内であった。北極海全体の CO₂ 吸収量は、風と海氷面積、CO₂ 分圧差の季節変化の位相が異なることから、顕著な季節変化は示さなかった。一方、風の強い年や海氷域の狭い年には、北極海全体の CO₂ 吸収量の増加が見られた。さらに、海氷域の減少と CO₂ 分圧差の増加に伴い、年間吸収量は 2 TgC/yr の増加トレンドが見られた。

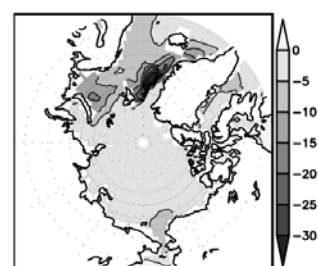


Figure 1. 18-year annual mean of CO₂ flux (negative means influx) [mmol/m²/day].