

南極海ケーブダンレーポリニヤにおける高密度水生成に伴う炭素輸送過程

村上寛¹、野村大樹¹、橋田元²、中岡 慎一郎³、北出裕二郎⁴、平野大輔⁵、大島慶一郎⁵
1, 北大院水産、2, 極地研、3, 国環研、4, 東京海洋大、5, 北大低温研

Carbon transport by Dense Shelf Water formation in the Cape Darnley Polynya, East Antarctica

Kan Murakami¹, Daiki Nomura¹, Gen Hashida², Shin-ichiro Nakaoka³, Yujiro Kitade⁴, Daisuke Hirano⁵, Kay, I. Ohshima⁵

¹Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University

²National Institute of Polar Research, ³National Institute for Environmental Studies, ⁴Tokyo University of Marine Science and Technology, ⁵Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Dense Shelf Water (DSW) forms in coastal polynya by the intense cooling and brine rejection associated with high sea ice production. DSW overflows down the continental slope, and through an export pathway to the continental shelf and a mixing with ambient water, Antarctic Bottom Water (AABW) forms. Coastal polynyas act as a sink for atmospheric CO₂ due to high biological productivity in surface water. Although these processes may play an important role for the carbon transport from surface to the deep ocean, quantitative estimations of carbon transport in coastal polynyas is still limited. Here, we have examined carbonate system parameters in the Cape Darnley polynya with combining the oceanographic mooring data. The CO₂ partial pressure in the surface water was lower than that for the atmosphere and the air-to-sea CO₂ fluxes were estimated to be $-0.15 \text{ g-C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (negative value means surface water absorb CO₂ from atmosphere). Vertical profiles for dissolved inorganic carbon (DIC) showed that DIC in the bottom layer close to the ocean floor were lower (about $10 \mu\text{mol kg}^{-1}$) than those in the ambient water (e.g., Circumpolar Deep Water) because low-DIC DSW overflowed down the continental slope and low-DIC was kept through an export pathway to the continental shelf. These results suggest that the carbon dioxide absorbed from atmosphere to the under-saturated CO₂ surface water, was transported and sequestered to the abyssal ocean with a downward flow of the dense water mass. The amount of carbon transported from the surface to the bottom water was estimated to be 260–600 TgC yr⁻¹, which was obtained using the data from the DIC of DSW and the current velocity from a mooring in the Cape Darnley polynya. Our results provide the quantitative estimations and the potential role of the dense water formation for the carbon transport in coastal polynyas, Antarctica.

南極海の沿岸ポリニヤ(海氷域内大規模開水面)で、海氷生産に伴って形成される高密度陸棚水(DSW)は、陸棚斜面を下る流出によって、南極底層水(AABW)を生成する。沿岸ポリニヤは、早春からの活発な一次生産が要因となり、大気から海洋へ二酸化炭素(CO₂)が吸収されることも重なって、DSW形成に伴う海洋表層から深層への炭素輸送過程として重要な海域である。しかしながら、ポリニヤにおける炭素輸送の定量的な評価には至っていない。本論文では、東南極海ケーブダンレーポリニヤ(CDP)にて海洋観測を行い、海洋炭酸系および炭素輸送過程について評価した。夏季 CDP における海洋表層の二酸化炭素分圧は大気に対して未飽和となり、大気–海洋間の CO₂ フラックスは $-0.15 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ となった(マイナスは大気から海洋への CO₂ 吸収を意味する)。また、鉛直採水より底層の溶存無機炭素(DIC)濃度は、周囲の DIC 濃度に対して $10 \mu\text{mol kg}^{-1}$ 程度低くなる特徴的な挙動を示した。流出中の DSW は、周囲に広がる周極深層水(mCDW)に対して、表層由来の低い DIC 濃度を維持したまま輸送されるために、底層で局所的な濃度変化を示した。これらは沿岸ポリニヤで起こる DSW の流出が、大気から吸収した CO₂ を含む無機炭素を、潜在的に海洋深層へと輸送・隔離することを示している。また鉛直全炭酸濃度と流速計による DSW 流出量をもとに DSW の年間を通した海洋深層への炭素輸送量を見積もった結果、260–600 TgC yr⁻¹ となった。本研究では CDP において、DSW の流出が起こる沿岸ポリニヤ特有の、海洋深層の炭酸系に与える影響とその輸送過程について実測より明らかにした。