

グリーンランド北西部沿岸の海洋環境 Ocean environment in the northwestern Greenland coast

大橋良彦 (北海道大学 大学院環境科学院・低温科学研究所),
飯田高大 (国立極地研究所), 杉山慎 (北海道大学低温科学研究所)
Yoshihiko Ohashi, Takahiro Iida, Shin Sugiyama

1. はじめに

グリーンランド沿岸には氷床から溢流する氷河が多く存在し、氷河から海洋へ高濁度の淡水が流入する (図1)。したがって沿岸海洋では、氷床融解の影響を受けた海洋環境の変化が考えられる。例えば南極氷床沿岸では、融解水の流入に伴って植物プランクトン量の指標であるクロロフィル *a* (Chl-*a*) 濃度が上昇することが示唆されている^{1,2)}。また、近年ではグリーンランド沿岸でも同種の研究が行われており、南西部の Disko Bay において Chl-*a* 濃度の増加時期が沿岸からの距離によって異なることが明らかとなっている³⁾。しかしながら氷床沿岸の海洋環境についての研究事例は少なく、その詳細は明らかでない。

そこで本研究では、人工衛星データを使用し、グリーンランド北西部沿岸域における海面温度 (SST), Chl-*a* 濃度, 海水密接度, 懸濁の指標となる波長 555 nm のリモートセンシング反射率 (Rrs555) を解析した。



図1 グリーンランド北西部ボードイン氷河から海洋に高濁度の淡水が流入する様子 (2012年7月撮影)。右図は左図の黒枠部分を拡大したもの。

2. 使用データおよび解析手法

SST, Chl-*a* 濃度, Rrs555 は、人工衛星 Aqua に搭載されている Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS: 中分解能撮像分光放射計) センサーのデータをもとに、アメリカ航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration: NASA) が作成したデータプロダクトを使用した。時間解像度は8日、空間解像度は4 km である。海水密接度は、同じく Aqua に搭載されている Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E: 改良型マイクロ波放射計) センサーによって取得されたデータをもとに、

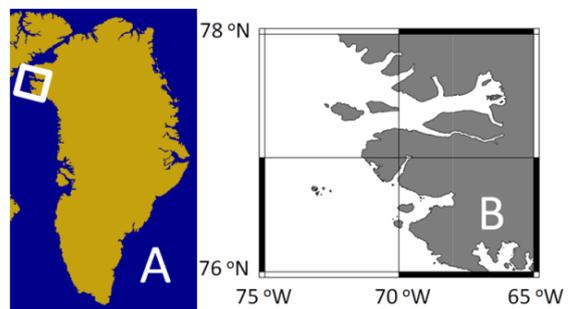


図2 (A)グリーンランドにおける研究対象域を白枠で示す。(B)研究対象地。白い部分が海洋, グレーの部分は氷床又は陸を示す。

Hamburg 大学が作成したデータプロダクトを使用した。時間解像度は1日、空間解像度は6.25 km である。誤差は6–25%であり、海氷密接度の値が小さいほど誤差が大きい⁴⁾。他のデータと時間解像度を合わせて8日間の平均値を求めた。以上の各物理量に関して、研究対象域(図2)における水平分布図を作成して時空間変動を解析した。

3. 結果

2002–2011年の7–8月について行った解析から、本論文では2011年に着目して結果を紹介する。7月上旬において、フィヨルド外部(3–4 °C)と比較して、氷床沿岸でより低いSST(0–2 °C)が観測された(図3黒枠線内)。7月下旬から8月下旬においてはその逆に、氷床沿岸で比較的高いSST(4–5 °C)であった(図3白枠線内)。またChl-*a*濃度は、フィヨルド外部で7月上旬に高い値(2–3 mg m⁻³)が観測された(図4黒枠線内)。7月中旬においては、フィヨルド外部(0.5–1.5 mg m⁻³)と比較して、氷床沿岸でより高いChl-*a*濃度(2–3 mg m⁻³)であった(図4白枠線内)。SST, Chl-*a*濃度の衛星時系列データより、最大となった時期を図5に示す。SSTは、フィヨルド外部では7月上旬、氷床沿岸では8月上旬に最大値を示した(図5黒枠線内)。Chl-*a*濃度もSSTと同じような傾向を示しており、フィヨルド外部では7月上旬、氷床沿岸では7月下旬から8月上旬にかけて最大値を示す(図5白枠線内)。以上の結果から、SST, Chl-*a*濃度ともに、夏の初めにフィヨルド外部で値が上昇した後、氷床沿岸にその極大値が移動することが明らかとなった。Chl-*a*濃度に関する結果は、グリーンランド南西部に位置するDisko Bayの研究結果³⁾と整合するものである。

フィヨルド外部の海氷密接度は解析期間を通して約0%であり(図6白枠線内)、7–8月は海氷が存在していない。一方、氷床沿岸では7月上旬は高い値(80–100%)、7月中旬は低い値(0–20%)を示す(図6黒枠線内)。誤差(6–25%)を考慮しても、7月上旬から中旬にかけて、氷床沿岸の海氷密接度が大きく低下したことが明らかとなった。フィヨルド外部のRrs555は、解析期間を通して低い値(0.002 sr⁻¹)を示した(図7黒枠線内)。氷床沿岸においては、7月中旬に比較的高い値(0.008–0.01 sr⁻¹)(図7黒枠線内)を示した後に減少し、8月下旬には比較的低い値(0.002–0.004 sr⁻¹)となった(図7白枠線内)。

4. 考察

氷床沿岸のChl-*a*濃度の時空間的変動は、海氷密接度と関係があると考えられる。海氷密接度は7月上旬から中旬にかけて大きく低下しており(図6黒枠線内)、海氷が後退した後、Chl-*a*濃度が増加する傾向が見られる。このようなChl-*a*濃度と海氷との関係性は、南極海などの海氷域で一般的に見られるものである⁵⁾。海氷の後退により生じた融解水が低塩分水を生成し、氷縁近くに鉛直的に安定した表層水が形成される。この表層付近で植物プランクトンが光合成に必要な光を十分に受けて繁殖し、Chl-*a*濃度が増加すると考えられる⁶⁾。本研究で得られた結果は、グリーンランド沿岸でも海氷の後退とChl-*a*濃度の増加に密接な関係があることを示唆するものであり、多時期にわたりChl-*a*濃度と海氷の関係を詳細に解析していく必要がある。

Rrs555の時空間分布は、氷河から高濁度の淡水が流入する時期と場所を示している。Rrs555が0.0070 sr⁻¹以上の値を示す地域に高濁度の淡水が流入していると仮定すると⁷⁾、7月上旬から8月上旬に氷床沿岸域でそのような条件が確認できる(図8黒枠線内)。これらの地域には多くの氷河が流入しており、氷河から海洋への高濁度の淡水流入を強く示唆するものである。また2011年に関しては、8月中旬以降はそのような条件は観測されなかった。

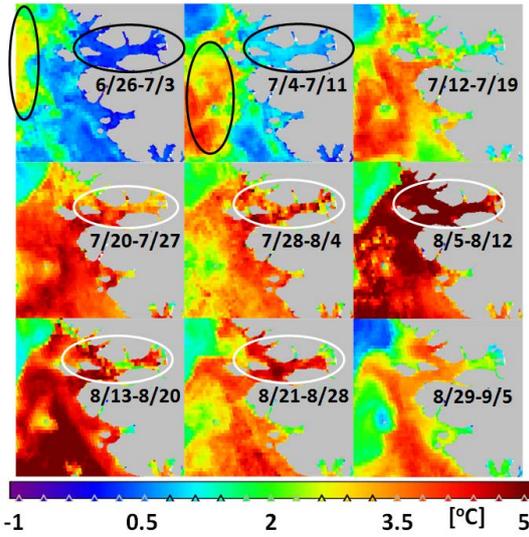


図3 2011年の各時期における SST

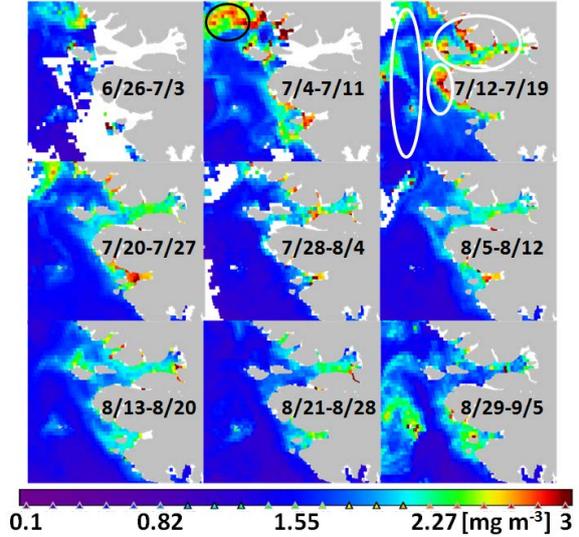


図4 2011年の各時期における Chl-a濃度

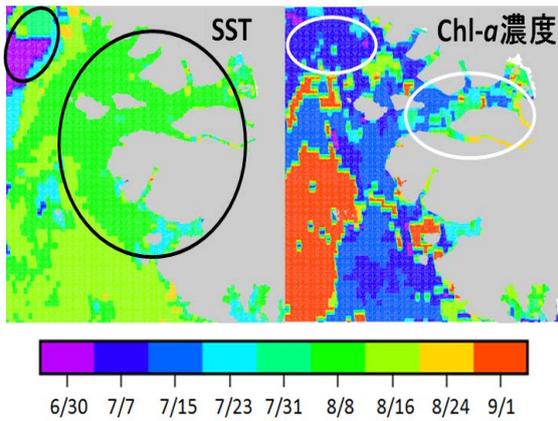


図5 2011年の SST, Chl-a濃度が最大値を示す時期

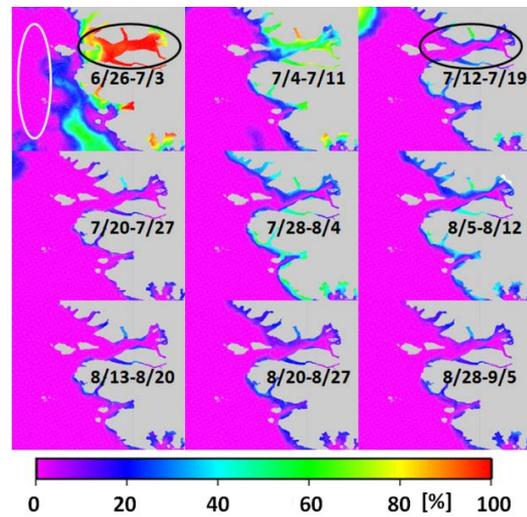


図6 2011年の各時期における海水密接度

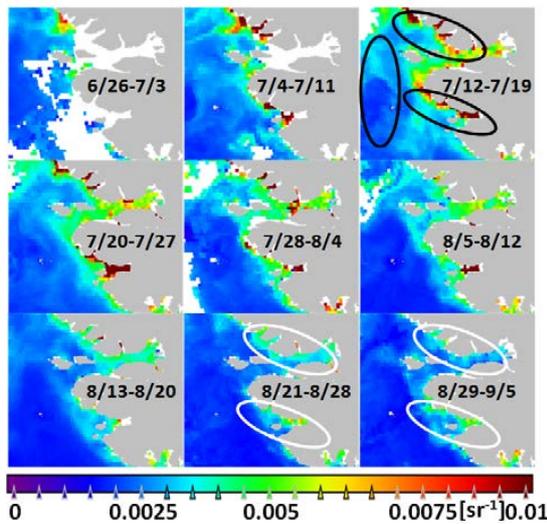


図7 2011年の各時期における Rrs555

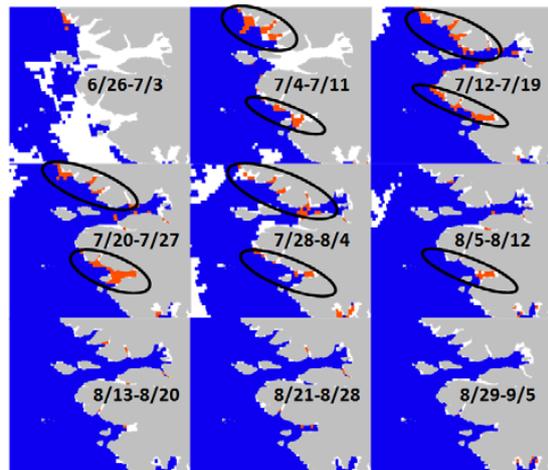


図8 2011年の各時期における Rrs555の分布. Rrs555が 0.0070 sr⁻¹以上を橙, 0.0070 sr⁻¹未満を青で示す.

5. まとめ

グリーンランド北西部沿岸域において、2011年7-8月のSST、Chl-*a*濃度、海氷密接度、Rrs555のデータセットを作成し、それぞれの変動を解析した。SST、Chl-*a*濃度はフィヨルド外部と氷床沿岸で最大となる時期が異なることが明らかとなった。氷床沿岸のChl-*a*濃度の増加は海氷の後退後に生じ、海氷密接度がChl-*a*濃度に影響を与えていることが示唆された。また多くの氷河が流入する氷床沿岸では、7月上旬から8月上旬にかけて高濁度の淡水流入を示すRrs555の上昇が見られ、氷河から海洋へ高濁度の淡水が流入していることが示唆された。

今後は、2002-2011年について作成したデータセットをもとにSST、Chl-*a*濃度、海氷密接度、Rrs555の年変動とその要因、各データ間の関係性について解析を進める。また、本論文で示唆されたChl-*a*濃度の増加時期と海氷密接度の関係などについて各年の状況や、そのメカニズムについて明らかにする。

【参考文献】

- 1) Anne-Carljin Alderkamp and 10 others, 2012: Iron from melting glaciers fuels phytoplankton blooms in the Amundsen Sea (Southern Ocean): Phytoplankton characteristics and productivity. *Deep Sea Res.* ., **71-76**, 32-48.
- 2) Heidi M. Dierssen and 2 others, 2002: Glacial meltwater dynamics in coastal waters west of the Antarctic peninsula. *PNAS*, **99**(4), 1790-1795.
- 3) M. P. Heide-Jørgensen and 3 others, 2007: Springtime coupling between chlorophyll a, sea ice and sea surface temperature in Disko Bay, West Greenland. *Progress in Oceanography*, **73**, 79-95.
- 4) G. Spreen and 2 others, 2008: Sea ice remote sensing using AMSR-E 89-GHz channels. *Journal of Geophysical research*, **113**, C02S03.
- 5) Yoriko Arai and 4 others, 2005: Distribution of chlorophyll-a and sea surface temperature in the marginal ice zone (20 °E-60 °E) in East Antarctica determined using satellite multi-sensor remote sensing during austral summer. *Polar Bioscience*, **18**, 16-27.
- 6) V. Alexander and H. J. Niebauer, 1981: Oceanography of the eastern Bering Sea ice-edge zone in spring. *Limnology and Oceanography*, **26**, 1111-1125.
- 7) I. Caballero and 2 others, 2011: Dynamics of the turbidity plume in the Guadalquivir estuary (SW Spain): a remote sensing approach. *IEEE Oceans*, 1-11.