

高時間分解能アイスコアによる近年の北大西洋植物プランクトンブルームの長期化の解明 Recent expanding of north Atlantic phytoplankton bloom evidenced by seasonal resolution ice core

○黒崎豊^{1,2}, 的場澄人², 飯塚芳徳², 藤田耕史³, 島田利元⁴

Yutaka Kurosaki, Sumito Matoba, Yoshinori Iizuka, Koji Fujita and Rigen Shimada

1. はじめに

太陽光が十分に届く海洋浅層に栄養塩が豊富に存在すると、植物プランクトンの大增殖(ブルーム)が起こる¹。北大西洋は、世界的に最も植物プランクトンの春と秋のブルームが活発な地域である²。ハプト藻などの植物プランクトンによって生成される硫化ジメチルは、大気中に放出され、酸化されると、硫酸またはメタンスルホン酸(以下、MSA)になる³。これらのエアロゾルは、太陽光を散乱させ、雲凝結核となり雲アルベドの増加に寄与し、地球上の放射収支に影響を与える³。そのため、過去から現在のブルームの変遷を把握し、そのメカニズムを理解することは、将来の海洋基礎生産量や、それが地球大気放射収支に与える影響を評価するために重要である。複数のグリーンランド氷床アイスコアを用いた研究は、産業革命以降から1990年代にかけて年間のMSA堆積量が減少していることを示し、北大西洋の海洋生物生産量が減少していることを示唆した⁴。しかし、先行研究で得られたアイスコアは、掘削地点における涵養量が小さく、季節分解能でのMSAの挙動の解釈はされてこなかった。本研究では、グリーンランド氷床で最も涵養量が大きく季節分解能での古環境復元が可能で、グリーンランド南東部(以下、SE-Dome)で採取されたアイスコアを用いて、過去60年間の北大西洋のMSAの時系列変化の解釈を行い、北大西洋の植物プランクトンと周辺の気象場との関係を季節変動スケールで明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2015年にSE-Domeで掘削された90.45 mのアイスコア⁵を鉛直約100 mm毎に分割し、汚染除去処理を施した後清浄なポリプロピレン容器内で融解せしめ溶液試料を調製した。試料中の主要イオン濃度をイオンクロマトグラフィー(Thermo Scientific社; ICS-2100)を用いて定量した。Furukawa et al. (2017)において水の酸素同位体比組成を用いて推定されたコア年代に基づき1959年-2015年の約8日分解能⁶のMSA濃度プロファイルと、各年について年間(前年12月-11月)および季節毎(冬: 前年12月-2月, 春: 3月-5月, 夏: 6月-8月, 秋: 9月-11月)にMSA堆積フラックスを求めた(以下、MSA-F)(図1)。植物プランクトンのバイオマスの目安となるクロロフィルa濃度(以下、Chl-a)は、JAXA/EORCが提供している、Terra衛星とAqua衛星に搭載されているMODISセンサーから得られたChl-aのコンポジットデータ(2000年-2015年)⁷を使用した。また、気象データは、ECMWFが提供しているERA5再解析データの海上10 m風速、海面水温、海氷密接度(1979年-2015年)⁸を使用した。

3. 結果と考察

SE-Domeアイスコア中の年間のMSA-Fは、1997年以降に増加し(2.89 ng m⁻² yr⁻¹, $p < 0.05$), 2007年に正のピークに達した(43.90 ng m⁻³)。また、1997年-2007年は、年間に対する秋のMSA-Fの割合が上がった。2009年-2014年は、冬のMSA-Fが連続して検

出された。年内のMSA検出開始月は、2002年-2013年にかけて早まり(-0.47 month yr⁻¹, $p < 0.05$), MSA検出終了月は、1995年-2005年にかけて遅くなった(0.26 month yr⁻¹, $p < 0.05$)。

上述したMSA-Fの年々変化を、衛星観測による海氷密接度や植物プランクトンの春と秋のブルームから考察する。まず、1980年-2015年にかけて、SE-Dome近海の冬と春の海氷密接度は減少傾向を示した(冬: -0.41 % yr⁻¹, $p < 0.01$, 春: -0.30 % yr⁻¹, $p < 0.05$)。海氷密接度の減少により、太陽光が海洋表層に届く面積が拡大したため、海氷域の春のブルームが早まり、2009年以降は冬のMSA-Fの検出頻度が増えたことが考えられる。他方で、北大西洋中高緯度における秋のブルームは夏の終わりから秋にかけて海面水温が下がることで、海洋の鉛直混合が激しくなり、海洋深層の栄養塩が有光層に浮上することで起きる⁹。1997年-2007年にかけて、北大西洋中高緯度海域では、秋の海面水温が増加傾向を示した(0.02 °C yr⁻¹, $p < 0.001$)。そのため、秋のブルームのタイミングが9月以降に遅れたことが考えられる。また、秋のMSA-Fが高かった2001年-2007年の北大西洋中高緯度における秋のChl-aの平均値は、2001年-2015年の平均値よりも高かった(+0.09 mg m⁻³, $p < 0.05$)。そのため、秋のブルームの規模の拡大が、秋のMSA-Fを高くしたことが考えられる。以上より、1997年以降は、春と秋のブルームの早期化、遅延化、および秋のブルームの拡大化によって、大気中に放出される生物由来の硫黄濃度が大きくなっていることが示唆される。

参考文献

- 1) Lindeman and John, 2014: *Front. Mar. Sci.*, **1**(37), 1-6.
- 2) Boyce et al., 2010: *Nature*, **466**, 591-596.
- 3) Charlson et al., 1987: *Nature*, **326**, 655-661.
- 4) Osman et al., 2019: *Nature*, **569**, 551-555.
- 5) Iizuka et al., 2016: *Bull. Glaciol. Res.*, **34**, 1-10.
- 6) Furukawa et al., 2017: *J. Geophys. Res. Atmos.*, **122**.
- 7) JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies (JASMES), <http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/index.html>
- 8) Hersbach et al., 2020: *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **146**, 1999-2049.

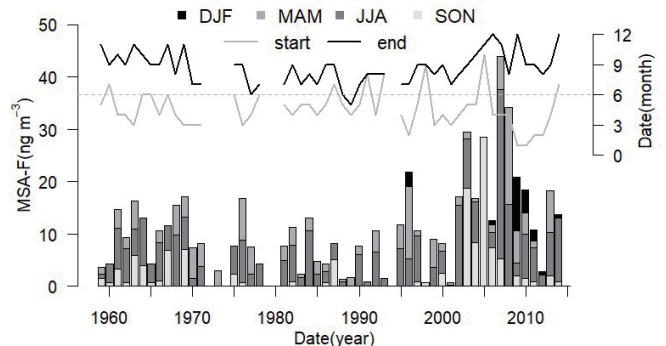


図1 SE-Domeアイスコア中の各季節のMSA-Fの積み上げ棒グラフと、各年のMSA検出開始月(灰色線)と終了月(黒線)。

1 北海道大学 大学院環境科学院
2 北海道大学 低温科学研究所
3 名古屋大学 大学院環境学研究所
4 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター

Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University.
Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.
Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University.
Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency.