

チャクチ海生物学的ホットスポットにおける底層溶存酸素濃度と基礎生産量の関係

藤原 周^{1,2}、平譚 享²、西野 茂人³、菊地 隆³、齊藤 誠一²

¹国立極地研究所、²北海道大学大学院水産科学院、³海洋開発研究機構

Relationship between bottom oxygen concentration and primary production at the Chukchi Sea biological hotspot

Amane Fujiwara^{1,2}, Toru Hirawake², Shigeto Nishino³, Takashi Kikuchi³, Sei-Ichi Saitoh²

¹National Institute of Polar Research, ²Faculty/Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, ³JAMSTEC

The Chukchi Sea is one of the most biologically productive regions in the world ocean, especially Southern part of the Chukchi shelf so-called “biological hotspot” (Grebmeier et al., 2006) (Fig. 1). It is known that dissolved oxygen (DO) decreases at bottom of the hotspot because of large sediment community oxygen consumption (SCOC) through remineralization of organic matter produced at the upper layer by phytoplankton. We found lower bottom DO than ever during R/V Mirai Cruise in 2012 and it suggests the inter-annual variability of the formation of low DO bottom water. Since biological production is significantly large at the hotspot, its variability can largely affect biogeochemical cycles in the region around, and therefore, comprehension of the hotspot formation process is important. The aim of this study is to clarify the relationship between hotspot bottom DO and primary production.

The in situ data were collected from five cruises of R/V Miria (JAMSTEC) conducted during late summers of 2004, 2006, 2008, 2010 and 2012. Satellite ocean color dataset, MODIS-Aqua, was used to calculate annually integrated water column primary production (APP) by ABPM algorithm [Hirawake et al., 2012]. Since water masses flow northward in the region, we investigated latitudinal distribution of APP on the 169°W line (Fig. 1) to quantify the relationship between inter-annual variability of bottom DO at the hotspot and the latitudinal APP.

APP on 169°W line varied latitudinally ranged from 20 to 140 gC m⁻² yr⁻¹ (Figs. 1 & 2). It peaks at Bering Strait and gradually decreases from ~63.5°N. Latitudinal APP and the hotspot bottom DO indicated statistically significant and negative relationship at southern region (< 67°N) rather than the hotspot APP itself (Fig. 2). Our results indicated that higher APP causes lower bottom DO during late summer at the hotspot via higher SCOC. We also suggest that horizontal advection of organic carbon from upstream more productive region is important to determine the bottom DO. While annual primary production in the Arctic Ocean is controlled by length of open water season (Arrigo et al., 2012), it cannot be explained by the ice-free days in the southern Chukchi Sea. Therefore, continuous monitoring of primary production is needed to clarify the mechanism of inter-annual variability of APP, and it will contribute to comprehend the biogeochemical cycles and energy transport to higher trophic levels at the hotspot.

チャクチ海陸棚域は世界で最も生物生産の高い海域の一つである。その中でも局所的に生産が高くなる海域はホットスポットと呼ばれ、チャクチ海南部（北緯 68 度、西経 169 度近辺海域、Fig. 1）もその一つである (Grebmeier et al., 2006)。このホットスポットでは、上層で植物プランクトンによって生産された有機物が底層で分解されることによる酸素消費量が大いことから溶存酸素濃度 (DO) が低くなる。特に 2012 年のみらい北極航海では極めて低い DO が観測され、ホットスポット底層での低 DO 水の形成が経年的に変動することが示唆された。ホットスポットでの生物生産量は、規模が大いことからその時系列的変動は周辺海域の生物地球化学的物質循環に対しての影響が大いことが予想され、その要因解明は重要な課題である。本研究では、ホットスポットにおける秋季の底層 DO と年間基礎生産量の間関係を定量的に明らかにすることを目的とした。

チャクチ海ホットスポットにおける現場の CTD および採水試料は、晩夏（主に 9 月から 10 月）に行われた研究船みらい（海洋研究開発機構）の 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 年航海のデータを使用した。チャクチ海の基礎生産量は、海色衛星 MODIS-Aqua データを用いて、基礎生産力推定アルゴリズム ABPM (Hirawake et al., 2012) より算出し、水柱での年間積算基礎生産量 (APP) を上述各年について計算した（日平均、空間解像度 9 km）。チャクチ海では、南から北への流れが正味で卓越するため、西経 169 度線上の南北の APP の分布を調べ、どの海域における APP の変動がホットスポットの底層 DO の変動に影響するか相関分析を行った。

APP は西経 169 度線上 (Fig. 1) で 20-140 gC m⁻² yr⁻¹ の範囲で変動し、ベーリング海峡（北緯 66 度以南）を極大としその北部（北緯 67.3 度付近）から徐々に減少する (Figs. 1 & 2)。APP とホットスポットの底層 DO は、ホットスポット上ではなくその南部の APP (< 67°N) と統計的に有意な負の関係を示した。このことから、水柱での基礎生産量が高い年は、ホットスポットにおける晩夏の底層 DO が低下する傾向が示され、底層における有機物分解過程を経た酸素消費量の増大が示唆され

る。また、ベーリング海峡北部で生産された有機物の移流が底層 DO を決定する要因であることが示唆された。一方で、チャクチ海南部における基礎生産量の変動は北極海と異なり、単純に開放水面期間の長さ（植物プランクトンの成長期間）では説明できない。ホットスポットにおける生物地球化学的物質循環や高次生物へのエネルギー転送メカニズムを理解するためには、基礎生産量の変動要因の解明が必須であり、基礎生産量の継続的なモニタリングが重要である。



Fig. 1. Study region and location of the Chukchi Sea hotspot, and spatial distribution of satellite derived APP in 2012. Dashed line indicates 160°W line where latitudinal APP was analyzed shown in Fig. 2.

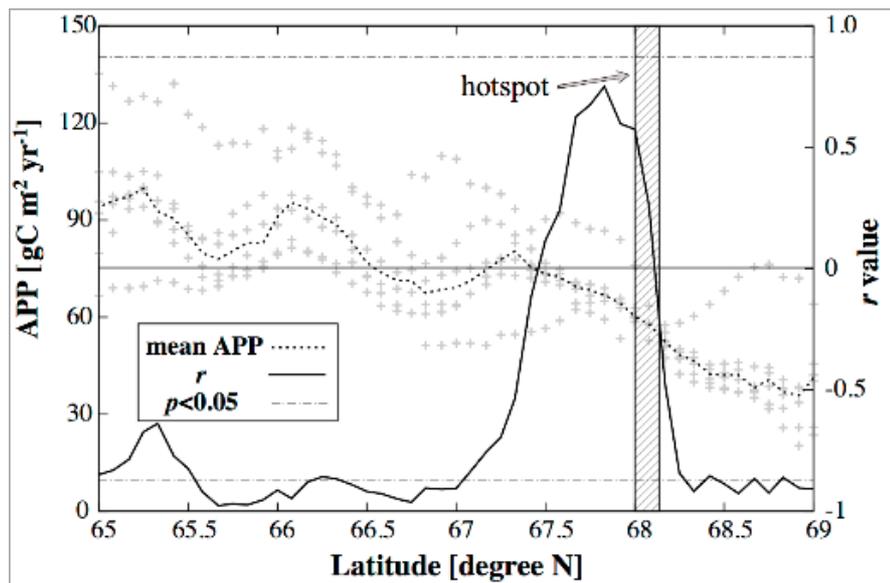


Fig. 2. Latitudinal variability of satellite derived annual primary production on 169°W line (white dashed line of Fig. 1). Crossed points indicate values of each year and dashed line indicates mean APP. Solid line show latitudinal variability of correlation coefficient (r) between inter-annual variability of hotspot bottom DO and APP. Gray dashed lines indicate statistically significant level ($p < 0.05$). The location of the Chukchi Sea hotspot is also shown as shaded box.

References

- Arrigo, K. R. and Van Dijken, G. L.: Secular trends in Arctic Ocean net primary production, *J. Geophys. Res.*, 116(C9), doi:10.1029/2011JC007151, 2011.
- Grebmeier, J., Cooper, L., Feder, H. and Sirenko, B.: Ecosystem dynamics of the Pacific-influenced northern Bering and Chukchi Seas in the Amerasian Arctic, *Progress in Oceanography*, 71(2-4), 331–361, 2006.
- Hirawake, T., Shinmyo, K., Fujiwara, A. and Saitoh, S.-I.: Satellite remote sensing of primary productivity in the Bering and Chukchi Seas using an absorption-based approach, *ICES Journal of Marine Science*, 69(7), 1194–1204, 2012.