

2015年「みらい」北極航海における海洋観測

○西野茂人・川口悠介・藤原周（海洋研究開発機構），
竹田大樹（東京学芸大学大学院），大島和裕（海洋研究開発機構）

1. 背景

北極海では、1990年代後半から海氷減少に代表されるさまざまな環境変化が起こっている。特に近年（2000年代後半以降）、急激な海氷減少に伴い北極海の海洋循環が強化され、栄養塩の分布が変化し、その結果、生態系にも影響を及ぼしていることが分かってきた（e.g., Nishino et al., 2011a, 2013）。また、北極海の海洋循環強化は、海洋の渦の生成・維持に寄与している可能性もある（Kawaguchi et al., 2012）。このような渦が栄養塩を運ぶことにより、渦内部では周りより高い植物プランクトン濃度が維持されていることが観測され（Nishino et al., 2011b）、数値モデルでも再現された（Watanabe et al., 2012）。最近では、渦が生物粒子を沖合（海盆域）まで運び炭素循環を加速させていることも明らかになってきた（Watanabe et al., 2014）。このように、海氷減少に伴う海洋循環強化や渦活動の増大は、現在北極海で起きている新たな現象であり、それらは物質循環や生態系にまで影響を及ぼしている。しかし、そのような影響の定量的な評価や時間変動の把握には至っておらず、今後観測等からそれらを明らかにしていくことは、生態系を含めた北極海気候システムの理解に必要不可欠である。

2. 観測

2015年「みらい」北極航海では、アラスカ沖のバロー海底谷周辺海域において、太平洋夏季水を含む渦の構造（物理・化学環境）や時間発展、低次生態系への影響を調べるため、ADCP、乱流計、水中分光放射計、CTD/採水、XCTD、UCTD、漂流ブイ、プランクトンネットによる渦集中観測を行った。また渦による粒子輸送を明らかにするため、セジメントトラップの設置を行った。さらに太平洋夏季水や冬季水の熱・淡水（塩分）輸送の季節変動の定量的評価のため、係留系の回収・再設置を行った。

一方、渦の移動経路の下流に位置するハンナ海底谷周辺海域においても、海洋構造（物理・化学環境）と動植物プランクトンの分布を明らかにするため、乱流計、水中分光放射計、CTD/採水、プランクトンネットによる観測を行うとともに、渦の移動経路上における粒子輸送の空間変動把握のため、セジメントトラップの設置を行った。この場所は太平洋冬季水の通り道でもあり、セジメントトラップにより冬季水の季節変動や渦形成をも捉えることが期待される。

チャクチ海では、ベーリング海峡やホープ岬沖の生物生産が高い生物学的ホットスポットから陸棚斜面に至る南北観測線を設け、海洋構造、及び動植物プランクトンの広域分布を調査するため、乱流計、水中分光放射計、CTD/採水、プランクトンネットによる観測を行った。

航路上では、ゾンデ、ドップラーレーダー、総合海上気象、大気サンプリング、スカイラジオメーター、MAX-DOAS、ディストロメータ群、表層海水連続採水、地球物理観測等、大気・海洋・海底の航走観測を実施した。加えて、北太平洋の航路上の一部では曳航式磁力計の観測を行った。

3. 結果

アラスカ・バロー沖の陸棚斜面域に直径約 25km の低気圧性の渦を発見した。渦の上部（水深 50m

付近)には、水温が 5°Cにも及ぶ暖水がみられ、太平洋夏季水と考えられる (図 1a)。この暖水は栄養塩躍層 (硝酸塩躍層)の上に現れるが (図 1b)、周囲より高濃度のアンモニアを含み (図 1c)、チャクチ海陸棚域から渦とともに運ばれてきたと考えられる。また、渦の中央部ではクロロフィル *a* 濃度が高く (図 1d)、大型の植物プランクトン (> 20 μm)が優占していた (図 1e)。一方、渦の周縁では小型の植物プランクトン (< 2 μm)が優占していた (図 1f)。

乱流計による観測では、渦の中央部でエネルギー消散率が高く、流速の鉛直シアーによる混合が起きていたことが示唆される。一方、渦の周縁では温度擾乱消散率が高く、異種水塊が接するところで二重拡散が起きていたことが示唆される。以上のことから、渦の中央と周縁での混合過程の違いにより、植物プランクトンの優占種に違いが出たと考えられる。

一方、チャクチ海の観測から、2015 年のホットスポットは例年より表層栄養塩濃度は高いものの基礎生産が低いことが分かった。これに関しては、過去のデータと合わせて議論する予定である。

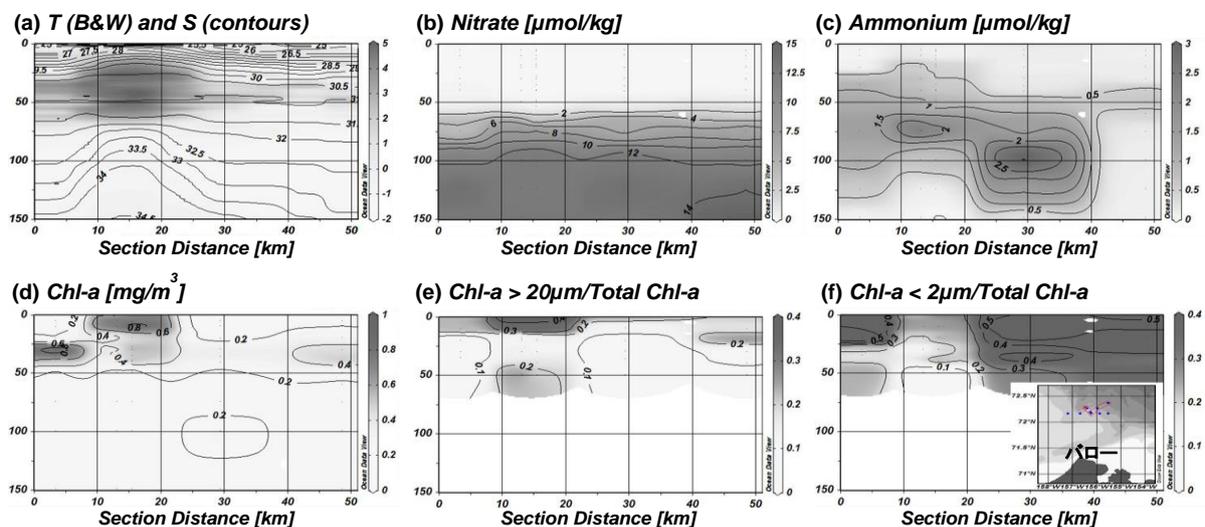


図1. アラスカ・バロー沖の渦の (a) 水温 (白黒)・塩分 (コンター), (b) 硝酸, (c) アンモニア, (d) クロロフィル a , (e) 大型植物プランクトン (> 20 μm)のクロロフィル a と全クロロフィル a の比, 及び (f) 小型植物プランクトン (< 2 μm)のクロロフィル a と全クロロフィル a の比の断面。

参考文献

- Kawaguchi, Y., M. Itoh, and S. Nishino (2012), Detailed survey of a large baroclinic eddy with extremely high temperatures in the Western Canada Basin, *Deep-Sea Res. I*, 66, 90–102, doi:10.1016/j.dsr.2012.04.006.
- Nishino, S., T. Kikuchi, M. Yamamoto-Kawai, Y. Kawaguchi, T. Hirawake, and M. Itoh (2011a), Enhancement/reduction of biological pump depends on ocean circulation in the sea-ice reduction regions of the Arctic Ocean, *J. Oceanogr.*, 67, 305–314, doi:10.1007/s10872-011-0030-7.
- Nishino, S., M. Itoh, Y. Kawaguchi, T. Kikuchi, and M. Aoyama (2011b), Impact of an unusually large warm-core eddy on distributions of nutrients and phytoplankton in the southwestern Canada Basin during late summer/early fall 2010, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L16602, doi:10.1029/2011GL047885.
- Nishino, S., M. Itoh, W. J. Williams, and I. Semiletov (2013), Shoaling of the nutricline with an increase in near-freezing temperature water in the Makarov Basin, *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 635–649, doi:10.1029/2012JC008234.
- Watanabe, E., M. J. Kishi, A. Ishida, and M. N. Aita (2012), Western Arctic primary productivity regulated by shelf-break warm eddies, *J. Oceanogr.*, 68, 703–718, doi:10.1007/s10872-012-0128-6.
- Watanabe, E., J. Onodera, N. Harada, M. C. Honda, K. Kimoto, T. Kikuchi, S. Nishino, K. Matsuno, A. Yamaguchi, A. Ishida, and M. J. Kishi (2014), Enhanced role of eddies in the Arctic marine biological pump, *Nature Comm.*, 5:3950, doi:10.1038/ncomms4950.