

# (研究題目) 貧栄養海域における栄養塩のミッシングソース：中規模渦と気象擾乱の役割

海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター 本多牧生 (報告者)

海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター 原田直美 (申請者)

## 1. 初言

2017年6月12日~6月15日にノルウエートロムソで開催された Ecosystem Studies for Sub-Arctic Seas (ESSAS) Open Science Meeting の OMIX session に参加、ポスター発表「貧栄養海域における栄養塩のミッシングソース：中規模渦と気象擾乱の役割 (発表タイトル: Study of missing nutrients source in the oligotrophic ocean based on time-series biogeochemical / physical / meteorological observation at station KE0)」により成果を公表するとともに、国内外の研究者と意見交換を行った。以下に発表した研究内容を記す。

## 2. 研究の背景

2010年-2013年に実施された北西部北太平洋亜寒帯・亜熱帯比較研究”K2S1プロジェクト”(JO特集号 72 (3)2016; Honda et al. JO 2017)により、見かけ上、表層域栄養塩濃度が年間を通して極めて低い亜熱帯海域の基礎生産力が、栄養塩が豊富な亜寒帯海域の基礎生産力に匹敵することが明らかとなった。そこで亜熱帯海域の基礎生産力を支える栄養塩供給メカニズムを明らかにするために同海域で時系列式セジメントトラップ実験を開始した。

## 3. 方法

### 3.1 観測点KE0

2014年7月、米国海洋大気庁 (NOAA) の太平洋海洋環境研究所 (PMEL) が表層ブイ (以下KE0ブイ) を設置している観測点KE0 (32-23N / 142-32E) の約10km 西方 (32-22N / 144-25E、水深5700m) においてセジメントトラップ実験を開始した。同地点を選定したのは、KE0ブイが同地点の気温、気圧、風速などの気象データ、および水深550m以浅の水温、塩分などを時系列観測しているためセジメントトラップで観測された沈降粒子の時系列変化と気象・海洋物理の時系列変化との関係を明らかにできることが期待されたためである。

### 3.2 セジメントトラップ実験

捕集カップ21本の時系列式セジメントトラップ (McLane Mark VII-21) を水深4900mに設置した。1年目は2014年7月-2015年7月、2年目は2015年9月-2016年6月、18日毎の沈降

粒子を捕集した。回収された沈降粒子を陸上実験室で、ふるい分け・分割・ろか・乾燥・粉碎などの前処理後、全粒子フラックスおよび有機炭素・オパール・炭酸カルシウム・Al濃度を測定した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 沈降粒子

1年目は2014年9-10月、2015年1月および2015年4-5月に全粒子フラックスの顕著なピークが見られた (図1b)。2年目も2015年12月、2016年3-4月にピークが見られたが1年目のピークに比べると小さいものであった。これらのピークは生物起源の有機炭素・オパールフラックス (冬場のピークは有機炭素・炭酸カルシウムフラックス) の増加によるものであり、深海で粒子フラックスのピークが現れる以前に海洋表層有光層において基礎生産力が増加したことを示唆するものであった。

### 4.2 低気圧性渦と沈降粒子の変動の関係

KE0ブイで観測された水温分布から (図1a) 2014年12月後半-2015年4月前半、および2016年1月後半-2016年4月前半に、水温が20度以下で密度が25.5程度の亜表層水の海面までの

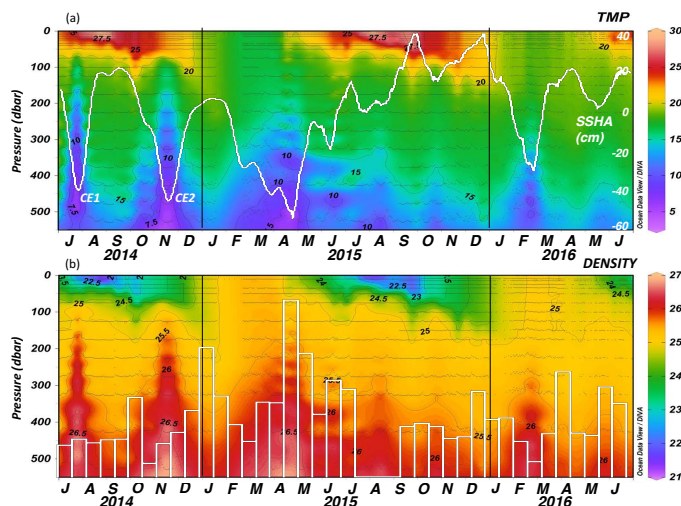


図1 KE0における2014年7月-2016年6月間の水深550m以浅の(a)水温と(b)密度の時系列変化。(a)の白線は海面高度偏差(SSHA)。(b)の棒グラフ(白)は水深4900mにおける全粒子フラックス (Honda et al. submitted to PEPPS)

湧昇が見られた。これは冬季冷却混合によるものである。この時期には亜表層の栄養塩が有光層にもたらされるためその後の春季の基礎生産力を増加させ、2015年4-5月および2016年3-4月の水深4800mの全粒子フラックスのピークとして現れたと考えられる。一方、冬季以外では亜表層水が海面まで湧昇している様子は観測されなかったが、1年目の2014年7-8月および2014年11月に低水温で高密度の中層水が水深100m付近まで湧昇していた。衛星データの解析の結果、同時期に海面高度偏差 (SSHA) が大きく低下しており (図1a)、観測点KE0を低気圧性渦が通過したことが明らかとなった。観測点KE0周辺では同時期の水深100m付近は有光層内であり植物プランクトンの生息可能水深である。従って2014年9-10月、2015年1月に見られた全粒子フラックスの増加は、2014年7-8月および2014年11月に低気圧性渦がKE0を通過した際に栄養塩を含む中層水を水深100mまで湧昇させた結果、同水深付近で基礎生産力が増加し沈降粒子が形成された結果であると推察された。これらの低気圧性渦の栄養塩供給能力を定量的に評価するために簡単な3次元物理-化学モデルを構築し数値シミュレーションを行った。その結果、同規模 (SSHA = -50cm) の低気圧性渦が供給する栄養塩で水深4900mでの有機炭素フラックスの増加が説明できること、および同海域における新生産の50-100%が低気圧性渦による栄養塩供給に支えられている可能性が示唆された。

### 4.3 台風の影響

セジメントトラップ実験を実施した2014年7月~2015年6月には5個の台風がKE0に接近した。これまでの先行研究では台風の通過時には風応力によるエクマンポンピング・湧昇流の発生、台風通過後は近慣性内部波の発生による乱流混合の活発化、等による有光層への栄養塩の供給が観測・数値シミュレーションにより報告されている。本観測研究では水温鉛直分布の時系列変化からは台風通過時に、低気圧性渦通過時に見られたような顕著な亜表層水の湧昇は見られなかった (図2)。しかし2014年9月9日に最接近した台風14号の通過後約10日間にわたって周期が約22時間、振幅約10mである顕著な近慣性内部波が表層混合層底部 (約50m) で観測された。このことは同水深の拡散係数が数倍~数十倍増加した可能性がある。気候値より同時期には同水深に栄養塩躍層が存在していた可能性があるため、亜表層の栄養塩が表層混合層に拡散供給された可能性がある。従って2014年9-10月の全粒子フラックスの増加は、この影響を反映しているかもしれない。現在、近慣性内部波による栄養塩の供給量とフラックスの増加を定量的に解析中である。

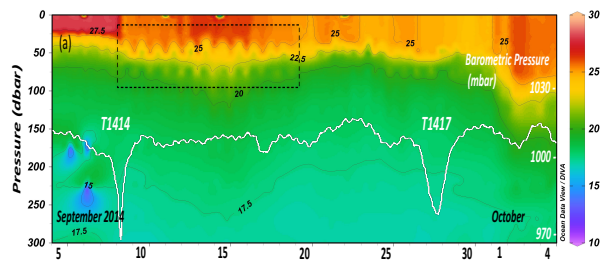


図2 2014年9月における水温鉛直分布の時系列変化。白線は気圧で低下しているのは台風14号 (T1414)、台風17号 (T1417) 接近のため。台風14号 (T1414) 通過後 (黒枠内) に近慣性内部波の発生が見られる (Honda et al. submitted to PEPPS)

## 4. 結言

貧栄養な西部北太平洋亜熱帯域における栄養塩の供給メカニズムとして低気圧性渦が重要であることが示唆された。また台風による乱流拡散混合も重要である可能性が指摘された。本研究成果は、地球環境変化に伴うこれらの海洋象学的・物理学的変化がどのように生物地球化学的变化をもたらすのかを予測するための重要な知見を与えるものである。

## 謝辞

本研究は、海洋研究開発機構 笹井義一博士、Eko Siswanto 博士、京都大学 吉田聡博士、NOAA-PMEL Meghan Cronin 博士の協力無しでは遂行できませんでした。OMIX 研究代表者 東京大学大気海洋研究所の安田一郎教授にはESSASでの成果報告を採択していただきました。同研究所 小林奈緒美さんには事務手続きでご尽力いただきました。この場を借りて謝意を表します。

## 参考文献

Honda et al. (2017) Comparison of carbon cycle between the western Pacific subarctic and subtropical time-series stations: highlight of the K2S1 project. J Oceanogr doi: 10.1007/s10872-017-0423-3

Honda et al. Impact of cyclonic eddies on biogeochemistry in the oligotrophic ocean based on biogeochemical/physical/meteorological time-series at station KE0. Submitted to PEPPS