

西部太平洋亜熱帯表層における栄養塩ダイナミクス

○児玉 武稔, 塩崎 拓平, 古谷 研 (東大院農)

[背景と目的]

亜熱帯海域では一年のほとんどの期間を通じて成層が発達しており、下層から表層への栄養塩供給が制限されている。このため、台風等による擾乱を除くと表層の栄養塩濃度は定法の検出限界付近ないしはそれ以下に維持されていることから、低い栄養塩濃度のもとでの変化に乏しい生物活動というのが亜熱帯海域のこれまでの通念であった。しかし、近年の分析手法の進歩により、この概念は大きく変わってきた。栄養塩はナノモルレベルで時空間的にダイナミックに変動し、下層からの供給の影響が表層に現れること、窒素固定活性と密にリンクしていること、それに応じてプランクトン群集組成が変動することなどが明らかになってきた。これまで亜熱帯海域におけるナノモルレベルの栄養塩変動については HOT や BAT を中心に進められてきたが、広域観測例は少ない。我々は、西部太平洋熱帯・亜熱帯海域表層における栄養塩の分布を調べ、その時空間的な濃度変動について興味ある知見を得たので発表する。

[方法]

観測は、「みらい」MR07-01 (2007年2~3月)、MR07-06 (同年11月~12月)、MR09-01 (2009年6月) 航海にておこなった (図)。航走時、船底から組み上げた研究用海水を用いて、水温・塩分、クロロフィル蛍光とともに、硝酸塩+亜硝酸塩 (N+N) 濃度と溶存反応性リン (SRP) 濃度の連続測定を行った。栄養塩分析には AutoAnalyzerII に検出部として長光路キャピラリーセルを用いて検出感度を高めた高感度比色分析法を用いた。検出限界は、両項目共に 3 nM であった。

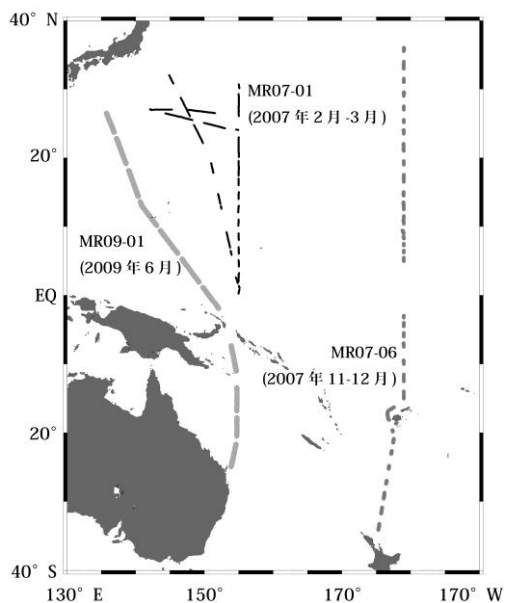


図 栄養塩を測定した航跡

MR07-01、MR07-06 航海では、表面の窒素固定活性を重窒素トレーサー法で測定した。塩酸洗浄したバケツで表面海水を採水し、重窒素ガスを添加後 24 時間、表面海水をかけ流しにした甲板水槽にて培養した。培養後、グラスファイバーフィルター上に粒子を濾過捕集し、質量分析計を用いて窒素量ならびに窒素同位体比を測定した。また、同航海中観測地点では、CTD ならびにニスキン採水により水温、塩分、マイクロモルレベルでの栄養塩の鉛直プロファイルを求めた。

[結果と考察]

表層水の N+N 濃度は 3 航海とも調査海域のほとんどで 10 nM 以下と著しく低い濃度域で変動していた。一方、SRP 濃度は検出限界以下から 250 nM までと、N+N に比べると海域による濃度の違いが著しく大きかった。Longhurst

(1998) の定義に従い、西部北太平洋を北から 30° N 以上を黒潮続流域 (KURO)、 30° N から 10° N 付近の塩分フロントまでを亜熱帯循環 (NPTG)、それ以南を暖水プール (WARM) とし、南太平洋については、MR07-06 航海の 10° S 以南を南太平洋亜熱帯循環 (SPSG)、MR09-01 については 2° S 以南を諸島海域 (ARCH) として海域毎に結果を整理する。

KURO では、N+N、SRP ともに 2 月～3 月にかけて N+N、SRP ともに濃度が高く、それぞれ $1\ \mu\text{M}$ 、 $100\ \text{nM}$ 以上になったが、11 月では N+N は $10\ \text{nM}$ 程度まで低下し、SRP も $15\sim 50\ \text{nM}$ だった。水温、塩分から求めた同海域の混合層深度は 3 月では $200\ \text{m}$ 以深だったのに対し、11 月では $100\ \text{m}$ 以浅と季節によって異なった。

NPTG では、N+N は $100\ \text{nM}$ 以上の高濃度になることは稀で、ほとんどの海域で検出限界付近あるいは以下であった。一方、SRP は $3\ \text{nM}$ 以下から $125\ \text{nM}$ まで変動し、NPTG の 20° N 以北ではほぼ一定の濃度範囲であるのに対して 20° N から北赤道海流の塩分フロントにかけて増加するパターンは航海によらず共通していた。しかし、 20° N 以北の濃度は航海によって異なり、2007 年 2 月には $20\ \text{nM}$ と高いが、それ以外の時期では $5\ \text{nM}$ 以下とほぼ枯渇していた。

WARM 内においても N+N、SRP とも時期により濃度に大きな変化が認められた。2007 年 11 月では N+N が $1\ \mu\text{M}$ 以上、SRP は $500\ \text{nM}$ 以上存在し、これはラニーニャに伴う赤道湧昇の西方への張り出しを捉えたものであった。一方、エルニーニョ下の 2009 年 6 月には、N+N はほぼ $5\ \text{nM}$ 以下と枯渇し、SRP も $120\ \text{nM}$ 以下と栄養塩濃度は ENSO の影響を明瞭に示した。エルニーニョが収束した 2007 年 2 月には N+N は $5\sim 10\ \text{nM}$ 、SRP は $50\sim 200\ \text{nM}$ で変動した。

SPSG では N+N は $20\ \text{nM}$ 以下、SRP は $5\sim 200\ \text{nM}$ で変動したが、他の海域では認められなかったこととして、 $20\ \text{km}$ ほどの狭い範囲で SRP が $5\ \text{nM}$ と急激に低下した海域があり、そこでは周辺域よりも有意に高い窒素固定活性が認められた。ARCH でも N+N と SRP は同程度の濃度域で変動し、それぞれ $20\ \text{nM}$ 以下、 $50\sim 70\ \text{nM}$ であった。

[考察]

表層の栄養塩濃度を決める要因として下層からの供給は重要である。ブラントバイサラ振動数と栄養塩躍層の傾きで計算される、下層からの栄養塩フラックスと表層のナノモルレベルの栄養塩濃度と相関を調べた。KURO および WARM では両者に有意な関係が認められた。KURO では、冬季の冷却による混合層の深化、WARM ではエルニーニョ、ラニーニャ現象に伴う推理構造の変化で説明された。NPTG においても 2 月に SRP が高くなり、他の時期には低下する傾向が認められたが、この変動は下層からの供給量の違いとは相関がなく、窒素固定との関連が認められた。すなわち、SRP 濃度の低い時期は窒素固定活性が高いため、それに伴い SRP が消費されたと考えられた。窒素固定による SRP の消費を見積もったところ、2 割程度の減少が窒素固定によって説明された。一方、SPSG で認められたメソスケールでの枯渇域も高い窒素固定活性を伴っていたことから、窒素固定による SRP 枯渇が確認されたものとする。

本研究から、N+N、SRP が、大規模なスケールで、時空間的に変動していることが明らかになり、その変動として下層からの供給の変動や、窒素固定が示唆された。一方、それらでは説明できない変動が、北太平洋赤道反流に認められ、ナノモルレベルの栄養塩濃度変動を制御する要因について、さらに検討する必要がある。