

2006年西部オホーツク海航海（Kh06航海）の概要

西岡 純・中塚 武・小野 数也

環オホーツク・海洋環境、環オホーツク(兼)・技術部先端技術支援室

1. 研究の概要

窒素、リン、珪素などの栄養塩の残存する北太平洋亜寒帯外洋域では、基礎生産が低レベルで季節的変動が小さく、微量栄養物質である鉄の不足が海洋植物プランクトンの増殖を制限している事が明らかになっている (Tsuda *et al.*, 2003; Boyd *et al.*, 2004)。一方、オホーツク海や隣接する親潮海域および西部北太平洋亜寒帯域からなる「環オホーツク海域」は、基礎生産に大きな季節的な変動がみられる。春から夏に高い基礎生産を持つ「環オホーツク海域」は、水産資源にとって貴重な海域である事が古くから知られている。また、最近の研究では気候変動の影響が基礎生産や物質循環に顕著に現れる海域としても重要性が高まっている。我々低温科学研究所は「環オホーツク海域」の基礎生産の変動メカニズムを解明するために、海洋内の微量栄養物質である鉄分に着目して物質循環研究を進めている。

一般的に海洋外洋域への鉄の供給源としては大気経由で運ばれてくるダストの寄与が大きいと考えられてきたが、近年それに加え、河川や大陸棚を経由して海洋循環によって外洋へ輸送される鉄によって高い基礎生産が支えられている可能性が指摘されている (Lam *et al.*, 2006)。一方、これまでに低温科学研究所で行われたオホーツク海の集中観測によって、環オホーツク圏は独自の海洋循環と物質循環を持つことが明らかになっている。アムール川河口が位置するオホーツク海北西陸棚域では、海水生成量が非常に多く、この海水生成にともない多量の低温・高塩分・高密度分水（ブライン）が陸棚に排出され、高密度陸棚水が形成される。この水はサハリン東岸沖の中層等密度面を南下し、オホーツク海さらには北太平洋の中層（400–800m）へと広がっていく。この陸棚底層起源の低温・高塩分・高密度の中層水（DSW: Dense Shelf Water）とその影響を受けて形成される北太平洋中層水（NPIW: North Pacific Intermediate Water）には、大陸棚起源の多くの物質がとりこまれ、中層水の循環によってオホーツク海から親潮域・西部北太平洋の広範囲へ物質が輸送されている (Nakatsuka *et al.*, 2002; Nakatsuka *et al.*, 2004)。我々の研究グループはこのオホーツク海独自の中層水を介した物質循環によって、大陸棚から微量栄養物質である鉄分が外洋域へ移送されていることを想定し、この大陸棚起源の鉄が西部北太平洋を含む海域の基礎生産にどのように影響を与えているかを明らかにするために観測研究を進めている。

2. 2006年クロモフ号航海の概要

この研究に関連し、2006年8月13日から9月14日に西部オホーツク海域の研究調査航海を実施した（図1）。上記のこれまでの知見から推測すれば「環オホーツク海域」において鉄の循環を明らかにするためには、従来から行われている大気からの鉄供給の研究に加えて、オホーツク海北西部大陸棚を含めた海洋内の地球化学的な鉄の循環を明らかにしなければならない。本研究では、1) 海洋循環に支配される3次元的な鉄循環、2) 供給・移送・除去過程における鉄の存在状態の変化（溶解、粒子化、無機化、有機化など）、3) 基礎生産に寄

与する鉄供給過程の把握および植物プランクトンによる利用能、などに焦点を当てて研究航海を行った。その結果、オホーツク海内部の鉄や栄養塩の循環を解析するためのサンプルの取得、基礎生産量を把握するための実験や光データの観測、植物プランクトンの鉄利用に関する培養実験などに成功した。これらのサンプルおよびデータは現在分析および解析中であるが、今の所オホーツク海の北西部大陸棚を起源とする鉄が、中層水循環によって、北太平洋の外洋の広範囲へ移送されているという我々の仮説を支持している。これら移送されている鉄は、千島列島付近の潮汐混合と親潮域の冬季混合などで表層に回帰し、表層の基礎生産に利用されている可能性が高い。

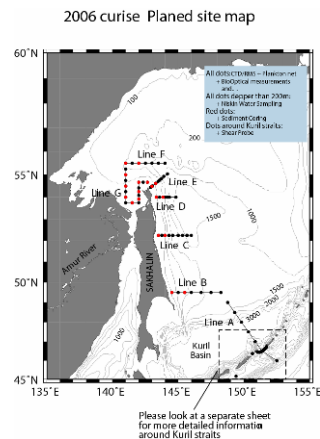


図1 研究調査船クロモフ号 (左) と観測点 (右)
(全観測点にて塩分・溶存酸素の採水および分析を実施した)

3. 技術部の貢献

2006年西部オホーツク海航海の実施において、海洋内の塩分・溶存酸素等基礎パラメータの測定、船上における観測作業のサポートおよび船上にて利用した諸実験設備・観測設備の製作に関して技術部に数多くのサポートを依頼した。

上記に記したとおり、本航海では海洋内の3次元的鉄の循環を明らかにすることが目的の一つとなっているため、化学パラメータに加えて物理的な水塊の把握が必要である。そのため水塊を把握するための重要なパラメータである塩分・溶存酸素を全観測点で測定する必要がある。その準備・観測・測定作業は技術部・先端技術支援室を中心に実施した (図2)。



図2 船上での溶存酸素 (左) および塩分測定用オートサルの様子 (右)

海洋の鉄と植物プランクトンを研究するためには「低濃度の鉄を正確に測定する」ことが必要になる。鉄は様々な船上・分析環境に存在しているため容易に汚染を受ける。また、海水中の鉄は不安定で除去され易いため、濃度が極めて低い。そのため海水中の鉄濃度の分析や植物プランクトンと鉄の関係を調べていく手法では、採水・分析の過程でクリーン技術と呼ばれる特殊な技術を用いて汚染や吸着を厳密に避けなければならない。厳密なクリーン技術は、採水器・採水ボトルの材質（テフロンコート）、採水機材や実験道具の酸洗浄、採水ワイヤーの整備、船上のクリーン実験室の整備、クリーンろ過、超純水の確保、分析試薬の精製など、採水から分析に至る広範囲にわたる。また船上に必要な装備を整えることが重要になる。研究船によってはクリーン実験室やチタン製アーマードケーブルなど専用の設備を有しているが、それ以外の研究船ではクリーン採水・分析を行うための採水および分析環境の整備が必要になる。これらを着実に実行することによって初めて、後の議論に耐えうるデータが得られる。2006年西部オホーツク海の観測航海で使用した Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute (FERHRI) 所有の研究調査船クロモフ号においても、鉄を研究する上での装備を整える必要があった。下記に船上で使用した技術部・装置開発室にて製作したものを示す。

A) CTD-フレーム台座



CTD センサーと採水システムを備えたフレームを船上でクリーンに扱うためにステンレスの台座を製作した。

B) CTD-採水用防風用のテントの製作

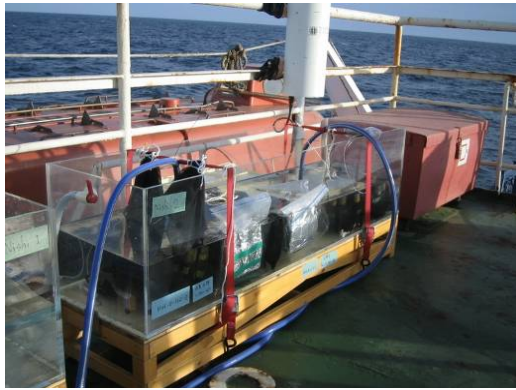


無風で採水を行う環境を確保するために、甲板上にアルミフレームおよびキャンパス地からなるテントを製作し設置した。

C) ウインチシフター用ステンスロールの製作と取り付け

採水時の汚染を防ぐため、ウインチからワイヤーが導入される鋼鉄製のシフターの部分にステンレスを巻き込み、錆びからワイヤーの汚染を防ぐように船上設備を現場で改造した。

D) 培養実験用水槽の製作



微量栄養物質である鉄と植物プランクトンの関係を調べるため、培養実験用の水槽を製作し設置した。

E) 船上クリーンルーム用エアフィルターユニット加工



海洋中の鉄分を船上で分析するために簡易のクリーンルーム内にクリーンエアを送り込む送風機の改造を行った。

F) 大型冷蔵庫枠の取り付け



本航海に用いた調査船には研究用冷蔵庫が無い
ため大型の冷蔵庫を船内に設置する必要があった。
それらを船内に固定するための枠の製作を行った。

4. まとめ

2006年西部オホーツク海航海を実施し観測を成功させるためには、技術部のサポートが不可欠であった。今後も本研究を進めるにあたって研究航海が予定されており、それらの成功のためにも継続的にサポートをお願いする次第である。

5. 参考文献

- Boyd, P.W. *et al.* (2004), *Nature*, **428**, 549–543.
Nakatsuka, T. *et al.* (2002), *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 10•13.
Nakatsuka, T. *et al.* (2004), *J. Geophys. Res.*, **109**, doi: 10.1029/2003JC001908.
Tsuda, A. *et al.* (2003), *Science*, **300**, 958–961.
Lam, P. J. *et al.* (2006), *Global Biogeochem. Cycles*, **20**, doi:10.1029/2005GB002557.