

フェオダリアが西部北太平洋の海洋炭素循環に果たす役割の定量評価

海洋沈降粒子研究で、これまであまり注目されなかった>1mm分画沈降粒子が、西部北太平洋の海洋中層(水深200~1000m)において有機炭素の深層への輸送に貢献しており、その主要な運び手の一つがフェオダリアと呼ばれる浮遊性原生動物であることを明らかにしました。フェオダリアを解剖し、ケイ酸塩骨格と軟体部に分けることでフェオダリアの体表面に多数付着したデトライタス粒子(以下、付着粒子と呼ぶ)を除き、フェオダリア由来の有機炭素量の直接測定を初めて実現しました。

フェオダリア(Phaeodaria)は放散虫と同じく、ケイ酸塩の骨格を持つ単細胞の動物プランクトンです。フェオダリアは放散虫や有孔虫と同じリザリア類の仲間ですが、さらにその中でケルゴゾア門という別のグループに分かれています。2000年代にDNA分析が進む以前は放散虫の1グループと考えられていました。(フェオダリア、放散虫については、海の豆知識Vol. 80~82でも解説していますので、併せてご覧下さい。)

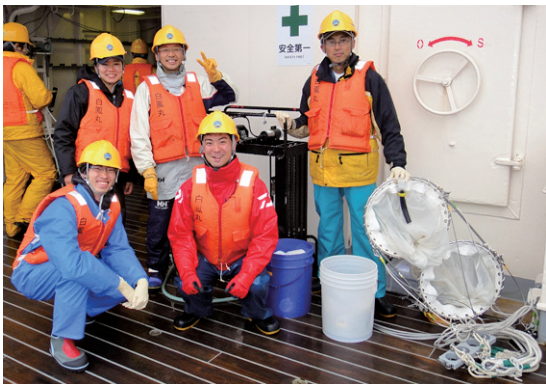


図1 KH-15-J01航海のプランクトン研究チーム(前列左から2番目が筆者)

海洋表層から深層への有機炭素の輸送は、植物プランクトンの光合成に始まる生物ポンプによって駆動されています。西部北太平洋は、ケイ酸塩殻プランクトンの生産量が高く、世界の海洋の中でも生物ポンプによるCO₂吸収量の大きな海域です。CO₂に由来する炭素の一部が深層へ隔離される量と期間は、生態系構造に応じた生物ポンプの輸送効率により規定されます。西部北太平洋では、表層混合層から輸送された粒状有

機炭素が他の海域に比べて分解されにくく、深海まで効率的に輸送されます。その要因の一つがケイ酸塩殻プランクトンによるバラスト効果であると考えられていますが、それ以外の要因についてはこれまでほとんど分かっていませんでした。筆者らは、>1mm以上の大型海洋沈降粒子による輸送が生物ポンプの効率を高めている要因の一つではないかと考え、その構成要素と有機炭素量の内訳を調査しました。

研究試料は、研究船白鳳丸のKH-15-J01航海(2015年6~7月)に参加して採取しました(図1)。西部北太平洋のStation K2(北緯47度/東経160度)の水深1000mにセジメント・トラップと呼ばれる測器を2014年6月から2015年7月にかけて係留し、20日ごとに分けて捕集されたものを測器とともに回収しました。従来の沈降粒子観測では>1mm分画の粒子はトラップに混入したスイマー(カイアシ類など遊泳能力のある生物の完個体)を取り除くために慣例的に沈降粒子のカテゴリーから除外されてきました。筆者は、この>1mm分画の粒子からスイマーを除いた残部を>1mm分画の沈降粒子と定義し、1)大型フェオダリアとその体表面の付着粒子および2)その他の動物プランクトンの遺骸(破片)で構成されることを顕微鏡観察により明らかにしました(図2)。

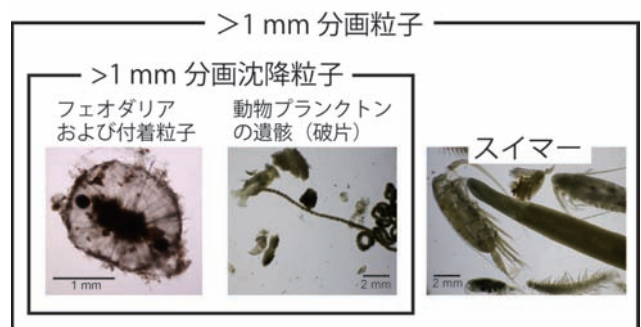


図2 西部北太平洋の>1mm分画粒子の内訳

図3上段に示す>1mm分画試料の中で褐色体(黒っぽい点状のもの)を持つ多数の細胞がフェオダリアの一群です。>1mm沈降粒子を分類するにあたって大きな問題点は、フェオダリアの体表面の付着粒子の存在でした。このまま測定したのでは、正確なフェオダリア

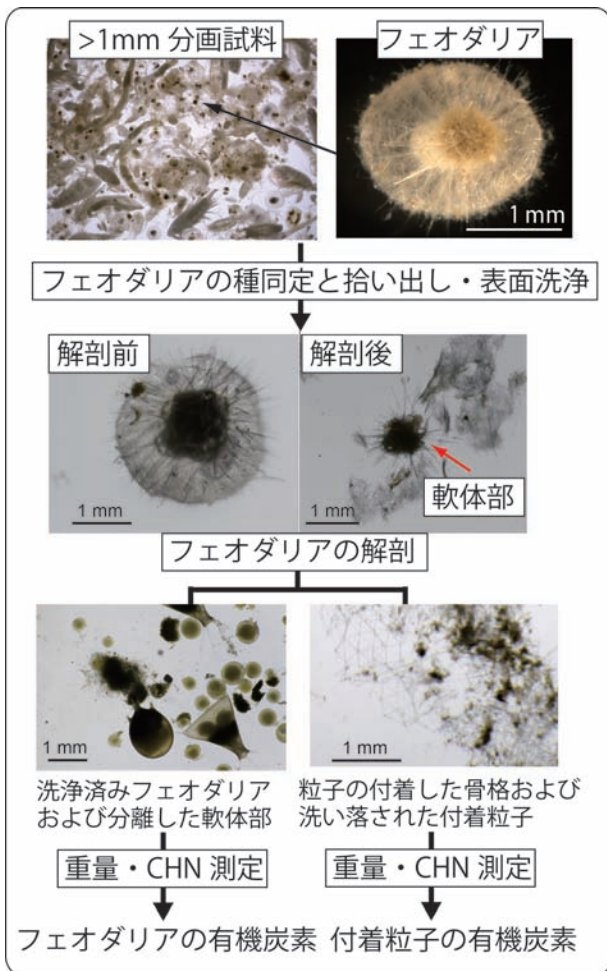


図3 フェオダリアとその付着粒子の有機炭素量測定の手順
由来の有機炭素を定量することができません。そのため考え出したのがフェオダリアを一個体ずつ解剖する方法でした(図3中段)。フェオダリアの骨格表面をホルマリン海水など試料保存液と同じ液体であらかじめ洗浄し、それでも粒子が付着しているものについては、解剖による測定前処理を行いました。フェオダリアの有機炭素は軟体部に存在するため、解剖により軟体部を取り出して元素分析(CHN測定)すれば、フェオダリアのみに由来する有機炭素を定量できます。また、フェオダリアの骨格はほぼ純粋なケイ酸塩で有機物を含まないため、付着粒子を骨格ごとCHN測定することで付着粒子の有機炭素も定量できます(図3下段)。

測定の結果、>1mm沈降粒子中に含まれる有機炭素量の内訳はフェオダリアが平均で33%、付着粒子が26%、その他の動物プランクトンの破片が41%でした。また、>1mm分画と<1mm分画の沈降粒子を合わせたものを全沈降粒子と定義すると、>1mm沈降粒子は全沈降粒子の3~24%、1年間の平均では12%を占め

ることが分かりました。フェオダリアの有機炭素量は全沈降粒子に対しては最大で10%の寄与でした(図4)。また、沈降粒子中に観察された粒子がどの水深から沈降したのかを推定するため、2015年7月に多層曳きプランクトンネットによりプランクトン試料採取を行いました。その結果、西部北太平洋のフェオダリアのバイオマスのピークは200~500 mに位置することが分かりました。

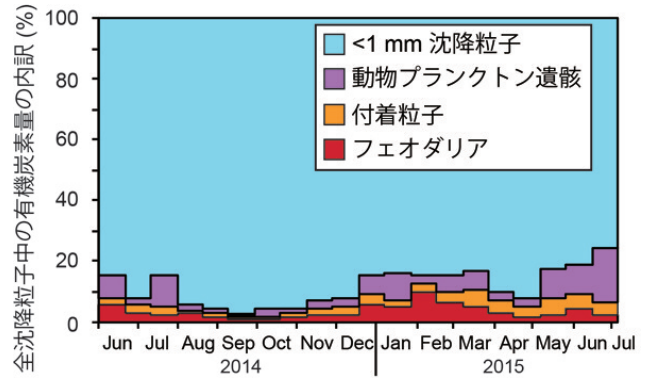


図4 全沈降粒子中の有機炭素量の内訳

まとめ

これまでに知られているフェオダリアの特徴と本研究の成果から、フェオダリアが海洋炭素循環に果たす役割は、次のようにまとめられます。フェオダリアは、1) 遊泳能力を持たない雑食性プランクトンであり、西部北太平洋においては、主に中層に生息するデトライタス食者である。2) 海水に対して比重の大きいケイ酸塩骨格を有し、単細胞生物でありながら数ミリに達する大型種が多く存在するため、沈降粒子の重要な構成者である。さらに、3) 沈降する際に体表面に周囲のデトライタス粒子を付着させる凝集効果がある。以上のような特徴から、フェオダリアは表層で生産された有機物のうち、デトライタスとして中層に沈降してきた粒子を食物連鎖に組み入れ、粒状有機炭素として効率的に深層(1000m以深)へ輸送する役割を持つと考えられます。

さらに詳しい内容は以下の論文でご覧いただけます。

Ikenoue, T., Kimoto, K., Okazaki, Y., Sato, M., Honda, C. M., Takahashi, K., Harada, N., Fujiki, T., (2019). Phaeodaria: An important carrier of particulate organic carbon in the mesopelagic twilight zone of the North Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 33(8), 1146-1160.

(中央研究所 海洋環境グループ 池上 隆仁)