

Isotopic studies on the roles of diatoms in the oceanic material circulation

安田, 早希

<https://doi.org/10.15017/1560376>

出版情報 : 九州大学, 2015, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : 全文ファイル公表済

Isotopic studies on the roles of diatoms in the oceanic material circulation

(海洋物質循環における珪藻の役割の同位体比からの考察)

安田早希

【序文】

珪藻は海洋において約半分の第一次生産を担う重要な生産者である。主にケイ素質の殻と中に光合成で固定した有機炭素を持ち、海洋表層でケイ素や炭素などの物質を取り込む。珪藻が沈降し、水柱でバクテリアなどに分解されることにより、海洋深層へ物質を輸送する働きは、海洋の物質循環において重要である。

本研究は、有機炭素と陸源物質(特に Nd、Fe)について、同位体比を用いて、珪藻が介在する海洋物質循環と、その量的な寄与を考察した。

【炭素の背景】

海洋表層に溶存している二酸化炭素は、植物プランクトンが表層で大気から溶け込んだ溶存二酸化炭素を取り込み、沈降し、バクテリアによって分解され、深海へ炭素を輸送する。一般的には、 CaCO_3 のバラスト効果がとなって炭素を輸送する上で重要と考えられている。本研究では、炭素同位体比を用いて、ケイ藻ケイ酸殻はバラストになりえるかどうか、また、ケイ藻の運ぶ有機炭素の運命についてケイ藻の生産性が高い海域に焦点を当てて議論した。

【実験手法】

世界でも珪藻の生産性が高いベーリング海の沈降粒子をセディメントトラップで採取した。採取した試料は湿式酸化法で CO_2 として有機炭素を取り出し、その炭素同位体比を測定した。

【結果・考察】

沈降粒子中の有機炭素同位体比は、Opal/ CaCO_3 重量比と顕著な相関を示した。円石藻由来の有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ が -25‰ (Rost et al., 2002)、ケイ藻由来の有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ が -19‰ (Burkhardt et al., 1999) の δ 値を持つエンドメンバーのミキシングであるように見えた。

また、各プランクトンの有機炭素残存

率を考慮したミキシングの計算式によるフィッティングの結果、珪藻と円石藻の生産性の比によって分解率が異なり、珪藻の比が大きいほど分解しにくいこと、珪藻の有機炭素は、ほぼ 100% が海水柱で分解し、円石藻の有機炭素の分解量は多くても 7 割であることが明らかになった。

【陸源元素の背景】

陸源元素は珪藻ケイ酸と共にたびたび検出されていた。珪藻ケイ酸殻が取り込んだ元素と粘土鉱物(コンタミネーション)との区別は非常に難しく、一般的には、珪藻ケイ酸殻に陸源元素は入っておらず、全てコンタミネーションである、と信じられてきた。

Akagi, 2011 では、ベーリングの海の沈降粒子試料について、オパール粒子束が $200 \text{ mg/ m}^2/\text{day}$ 以上の大きな値になると、陸源元素の濃度が一定値に収束する現象を報告し、珪藻ケイ酸殻が陸源元素を取り込んでいる可能性を示した。この現象から、珪藻ケイ酸殻の新しい見積もり法として、生産性が無限に高いとき、溶解変質していない珪藻ケイ酸殻の真の姿を見ることができる“漸近線法”を提案した。Akagi, 2013 では、陸源元素の中でも希土類元素を用い、漸近線法を支持す

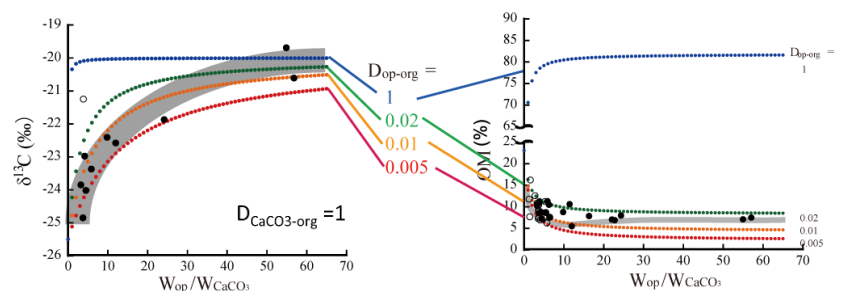


図1 セディメントトラップ試料の炭素同位体比(左)と炭素量(右)とオパール/炭酸カルシウム重量比

る結果を報告している。

希土類元素である Nd に着目して、珪藻ケイ酸殻の収支関係を計算したところ、漸近線法が正しいならば、表層で珪藻の摂取する Nd 量は、海洋深層に溶存している Nd 量だけでは足りず、他に不明な供給源（陸源粒子）が存在すると考えられた。

本研究では、陸源元素の中でも Nd, Fe 同位体比を用いて、① 漸近線法の妥当性の検証、② 陸源元素の供給源の解析、③ 珪藻が関わる海洋の物質循環 を考察した。

【実験手法】

ベーリング海の沈降粒子をセディメントトラップで採取した。試料は、酢酸、塩酸、過塩素酸とフッ酸で分画処理を行った。カラムで各元素を分離し、それぞれ同位体比を測定した。

【結果・考察】

[Nd]

珪藻ケイ酸殻の $\epsilon_{Nd} = +0.7$ (漸近線法)、海水の $\epsilon_{Nd} = -2$ と見積もった。leftober 理論(Akagi, 2011)から、珪藻ケイ酸殻中の Nd の半分は、深層水中に溶解する Nd に由来することが求められる。残りの半分が陸源粒子由来である。その際、陸源粒子の同位体比 $\epsilon_{Nd} = +3.7$ でなければならない。ミキシングの計算から、ベーリング海の珪藻ケイ酸殻の ϵ_{Nd} 値を満たすには、アリューシャン島弧 ($\epsilon_{Nd} = +8$ (Kelemen et al., 2003)) と黄砂 ($\epsilon_{Nd} = -10$ (Jahn et al., 2001)) を 3:1 で供給すると良いことが分かった。

また、アリューシャン島弧と黄砂を 3:1 で混合した希土類元素組成は、海洋深層で炭酸塩中に吸着除去される希土類元素組成とよく一致し、漸近線法の妥当性を強めた。

このことから、珪藻の介在によってケイ酸塩鉱物中の希土類元素を、炭酸塩の希土類元素に変えているといえる。

[Fe]

珪藻ケイ酸殻の $\delta^{56}Fe = 0\text{‰}$ 、海水の $\delta^{56}Fe = -1\text{‰}$ (Radic et al., 2011 に基づく) と見積もった。また、堆積物から還元溶解する Fe はおよそ $\delta^{56}Fe = -2\text{‰}$ (Conway and John, 2014) と報告されている。海水の $\delta^{56}Fe = -1\text{‰}$ を実現するには珪藻ケイ酸殻と堆積物が 1:1 で混ざることになる。

また、海水の溶存鉄と珪藻ケイ酸殻中の Fe/Si 濃度比の計算より、海水から珪藻ケイ酸殻に吸収されうる最大量に対し、珪藻ケイ酸殻には約 400 倍の Fe が存在することが明らかになった。つまり、珪藻ケイ酸殻から海洋に溶解する Fe は珪藻ケイ酸殻の 1/400 以下であり、大部分の Fe は堆積していると考えられた。

陸源元素は Nd や鉄だけではないので、他の多くの元素、特に陸源元素の海洋での循環に珪藻が関わっていることが明らかになった。

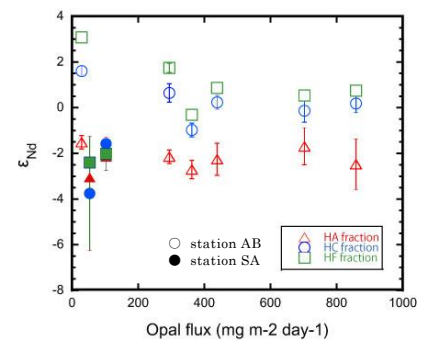


図 2 セディメントトラップ試料のネオジム同位体比とオパール粒子束との関係

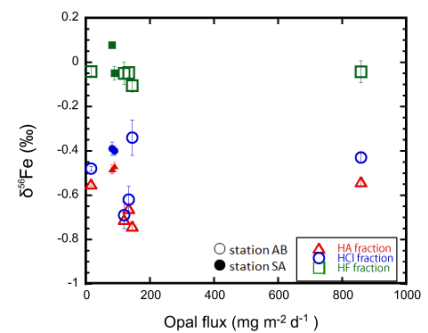


図 3 セディメントトラップ試料の鉄同位体比とオパール粒子束との関係