

論文内容の要旨

論文題目 Reconstruction of sea surface salinity from coral oxygen isotope analysis

(サンゴ骨格酸素同位体比解析による塩分変動の復元)

氏名 飯嶋 寛子

はじめに

海洋表層の塩分 (SSS) は、主に蒸発量と降水量のバランスによって決まるため、海上気象を表す指標となる。熱帯海域は ENSO などの大気-海洋相互作用によって起こる気象変動の成因と深く関わる地域であり、熱帯での塩分変動の復元は特に重要である。しかし、観測による SSS は、過去十数年間の限られた期間、地域についての報告があるのみで、ENSO などの大気-海洋相互作用の長期的な変動を議論するには十分ではない。

熱帯浅海域に広く生息するサンゴの骨格の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$) は、周囲海域の海面水温 (SST) と SSS の指標である海水の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$) によって決まる (式(1): a、b は係数)。

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{sw}} = a\text{SST} + b \quad (1)$$

そのため、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ から SST の効果を差し引くことで、塩分変動を復元することができる。しかし、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の十分なデータセットがないため、その関係式は $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ と SST のみを用いて算出されることが多く、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の変動を復元するには不十分であった。

$\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ と SSS については、近年の海水分析により、両者の間に強い線形相関があることが明らかになっている (式(2): c、d は係数)。

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}} = c\text{SSS} + d \quad (2)$$

この関係は、サンゴから見積もった $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を SSS へ変換できることを示唆している。両者の関係は、その変動を支配する蒸発量と降水量のバランスが特に熱帯域で地域性が高いことから、地域毎に算出された関係式を利用することが必要である。

本研究の目的は、①十分なデータセットのない $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の代わりに SSS を利用することで、熱帯太平洋のハマサンゴ属に共通する $\delta^{18}\text{O}$ と SST の関係式を導出し、その結果を用いて、②西太平洋熱帯域パラオの過去 50 年間の塩分変動を復元し、ENSO との関係について考察すること。また、③過去 50 年間の太平洋熱帯域における塩分変動を、塩分の指標としての $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を見積もることにより復元し、太平洋熱帯域の長期的な塩分変動について考察することである。さらに、サンゴより復元した $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ と観測による SSS のデータを用いて、太平洋熱帯域の 3 地点の $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ と SSS の関係式を算出し、サンゴによる「塩分」復元の可能性について考察する。

I. サンゴ骨格酸素同位体組成の温度依存係数 a の見積もり

本研究では、十分なデータセットのない $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の代わりに SSS を利用し、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ と SST、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の間の関係を重回帰分析によって見積もった (式(3))。

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}} = a\text{SST} + c\text{SSS} + (b+d) \quad (3)$$

$\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ は、サンゴによる石灰化速度の違いなどによる Kinetic Effect の影響を受ける。本研究では、Kinetic Effect を一定と仮定できる熱帯域を研究対象地域とし、さらに属の違いによる影響を無くすために *Porites* spp. を対象とした。Palau, Nauru, Tarawa, Palmyra, Kiritimati, Clipperton の計 6 海域について、 $\delta^{18}\text{O}$ -SST 式の傾きを算出し、太平洋熱帯域の *Porites* spp. に共通する値として、 $-0.191(\pm 0.039)$ を得た。

II. パラオにおける過去 50 年間の塩分変動の復元

西太平洋熱帯域パラオ (7°N, 134°E) のサンゴコアを用いて、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ を 1954 年から 2000 年の 57 年間について測定した。得られた $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ から $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を復元し、さらにパラオについて報告されている $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ -SSS 式[Morimoto et al., 2002]を利用することで、SSS 変動を復元した。その結果、パラオの塩分は、1972-73 年、1982-83 年、1997-98 年の強いエルニーニョ時に、著しく高い値を示した。一方、SST と SSS の混合の指標である $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ には、強弱両方のエルニーニョのアノマリーが現れた。

パラオは、エルニーニョ時に高 SST・低降水量となり、その結果として $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ は高くなる。高 SSS 異常の起こった 1972-73, 82-83, 97-98 年は、特に降水量の減少が激しく、結果として高塩分化していたことが示された。エルニーニョ時の西太平洋での降水量の減少は、上昇気流の弱まりによって起こる。一方、西太平洋にある高 SST・低 SSS の水塊、暖水塊は、エルニーニョ時に東方へ移動する。パラオは暖水塊の北西端に位置するため、エルニーニョ時は暖水塊から外れ、通常よりも低 SST・高 SSS の状態になる。SSS は大気場の変化による降水量の減少と海洋での水塊の移動の両方の効果を記録しているため、エルニーニョの強弱は $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ よりも SSS に、より強いシグナルとして現れることを考察した。

III. 太平洋熱帯域の過去 50 年間の海水同位体比の復元

太平洋熱帯域の塩分変動の復元には、World Data Center for Paleoclimatology: Coral Data Archive に公表されている $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ 値を用いた。New Caledonia, Nauru, Maiana, Palmyra,

Kitirimati, Clipperton の計 6 海域について、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を復元した。さらに、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ より復元した $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ と観測による SSS のデータを用いて、太平洋熱帯域の 3 地点 (Palmyra, Kiritimati, Clipperton) の $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}/\text{SSS}$ 式を算出し、SSS の復元を行った。しかし、SSS の復元は 3 地域に限られること、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}/\text{SSS}$ 式の不確定性に起因して、復元した SSS の誤差が大きくなることから、本研究では、塩分の代理指標として、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ を復元した。

その結果、西太平洋のパラオでは 50 年間の長期的な変動が見られなかったのに対し、中央太平洋の各海域では長期的な淡水化が起こっていたことが分かった。西太平洋と中央太平洋での淡水化傾向の差は、エルニーニョ時に見られるような、塩分のコントラストを示しており、熱帯海洋全体がエルニーニョ様の状態になっていることを指摘した。さらに、エルニーニョに伴う西太平洋暖水塊の東西移動を、暖水塊東縁域に位置する Nauru と Maiana の塩分変動を比較することで復元した。

本研究は、サンゴ $\delta^{18}\text{O}$ の古塩分計としての有用性を、その変動要因を指摘し、影響を見積もることで評価した。本研究により過去 50 年間の太平洋熱帯域での塩分変動を時間的、空間的に議論することが出来、ENSO 変動や近年の温暖化傾向による海洋の応答についての知見を与えることができた。今後、より広域的な範囲での復元を行うことで、気候変動と海洋の応答を明らかにすることができると考えられる。