

令和元年度伊藤光昌氏記念学術助成金(研究助成)成果報告書

| | |
|-----------------|------------------------------------|
| 研究課題番号 | H31-R1 |
| 研究課題名 | 北太平洋および南太平洋における微量金属のストイキオメトリーと断面解析 |
| 研究代表者 | 鄭 臨潔 |
| 所属・職 (または学年) | 京都大学化学研究所 助教 |

研究目的

今まで、私たちは、当研究室が開発した多元素一括分析法をろ過海水および未ろ過海水に適用し、北太平洋における3つの GEOTRACES Japan 白鳳丸航海 [(KH-05-2, 160°W), (KH-11-7, 165°E), (KH-12-4, 47°N)] で採集された微量金属9元素 (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) の溶存態、全可溶態および置換活性粒子態の鉛直断面分布を明らかにした。これらの9元素は、生物必須元素またはトレーサーとして海洋学で最も重要なキーパラメータである。本研究の目的は、深層循環の終点である北太平洋に注目し、これらの元素と生物生産や海洋大循環との相互作用を明らかにすることである。

研究内容・成果

北太平洋の表層では、北緯40度の北に、親潮、北太平洋海流、アラスカ海流、およびアラスカストリームで形成される反時計回りの北太平洋亜寒帯循環がある。亜寒帯前線の南にある北太平洋亜熱帯循環は、黒潮続流、北太平洋海流、および北赤道海流から構成されている (Yuan & Talley, 1996)。北太平洋の中層では、北太平洋中層水 (NPIW)、南極中層水 (AAIW)、赤道太平洋中層水 (EqPIW) の3つの主要な水塊がある。3つの水塊の中で、NPIWは深さ200~800 mに、EqPIWは深さ700~1000 mに、AAIWは深さ600~1100 mに位置している。北太平洋の深層では、周極深層水 (CDW) と PDW が存在する。

微量金属は、従来の教科書では、溶存態濃度の

鉛直分布に基づいて保存型、スキヤベンジ型およびリサイクル型 (または栄養塩型) に分けられていた (Elderfield, 2003)。本研究の結果によれば、北太平洋では9元素が従来のように簡単に分類できない。微量金属の分布は、その元素の化学的および生物的作用により、生物過程と海洋大循環に様々に影響される。今まで、従来スキヤベンジ型に分類された Al, Mn, Co, Pb とハイブリッド型の Fe の結果は、それぞれ国際誌「*Geochimica et Cosmochimica Acta*」, 「*Scientific Reports*」に発表した。以下それぞれの論文の概要を述べる。

1. Zheng, L., Minami, T., Konagaya, W., Chan, C.Y., Tsujisaka, M., Takano, S., Norisuye, K. and Sohrin, Y. (2019) Distinct basin-scale-distributions of aluminum, manganese, cobalt, and lead in the North Pacific Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 254, 102-121.

• lpMs と dMs

Al, Mn, Co, Pb はスキヤベンジ型金属に分類されてきたが、dMs と lpMs の間のスペシエーションが大きく異なる。lpAl/tdAl 比は 0.66 ± 0.31 (average \pm sd, $n = 489$)、lpMn/tdMn 比は 0.24 ± 0.24 ($n = 628$)、lpCo/tdCo 比は 0.12 ± 0.18 ($n = 620$)、lpPb/tdPb 比は 0.02 ± 0.08 ($n = 575$) である。lpMs/tdMs 比を制御する主な要因は、海水中イオンの粒子への吸着である。吸着は表面錯形成モデルによって説明される (Li, 1981)。表面錯体の安定性は、金属イオンの第一加水分解定数と線形関係がある。Al は海水中で3価の陽イ

オンを形成するため、加水分解定数が最も高く、lpMs/tdMs 比が最も高い。

・Al が示す地殻起源

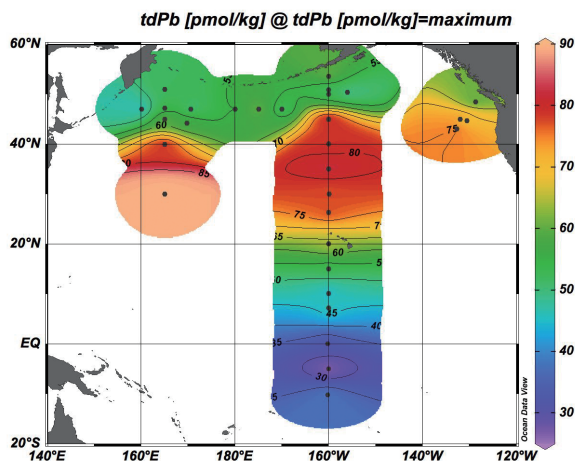
Al は、陸源物質のトレーサーであり、北太平洋における下部周極深層水 (LCDW) の追跡に有用であることが分かった。dAl は、LCDW が北太平洋の南から北に流れるにつれ減少した。LCDW が北太平洋を流れると、dAl は徐々に粒子に吸着除去され、dAl 濃度が低くなる。

・Pb の人為起源

Pb は、垂表層 (200~300 m) に極大があり、この極大はポテンシャル密度差約 $26 \sigma_\theta$ を中心で、北太平洋において西から東に向かって減少する傾向がある (図)。中国、日本、ロシアから人為起源の鉛は、偏西風によりエアロゾルとして北太平洋に運ばれ、海洋表層に沈降し、表層混合層に溶解し、北緯 35 度の深さ約 200 m を中心に広がっていることを示した。

・濃縮係数

私たちは、海水中溶存態微量金属の濃縮係数 $EF (dM) = (dM/dAl)_{\text{海水}} / (M/Al)_{\text{上部地殻}}$ が、元素の供給源の指標となることを提唱した。この式で $(dM/dAl)_{\text{海水}}$ は海水中の dMs と dAl の濃度比、 $(M/Al)_{\text{上部地殻}}$ は上部地殻中の金属と Al のモル比を指す。本研究の結果によれば、 $EF (dPb)$ はエ



図：垂表層にある tdPb 極大の水平分布

アロゾル中の EF と同程度であり、人為起源エアロゾルの沈降が海水中 dPb の主な供給源であることを示唆した。 $EF (dMn)$ と $EF (dCo)$ はエアロゾル中の EF より約 100 倍も高く、これらの金属にとってエアロゾルよりも海洋内部の還元的供給源が重要であることを示した。

2. [Zheng, L. and Sohrin, Y. \(2019\)](#) Major lithogenic contributions to the distribution and budget of iron in the North Pacific Ocean. Scientific Reports 9, 11652.

・lpFe と dFe

北太平洋全体で lpFe/tdFe 比は 0.64 ± 0.23 ($n = 625$) であり、lpFe が tdFe の支配的な化学形であることが分かった。lpFe/tdFe 比を制御する主な要因には、Fe の植物プランクトンによる取り込みおよび粒子への吸着と考えられる。Fe は重要な必須元素であり、海水中で 3 価の陽イオンを形成し、粒子に吸着されやすいため、高い lpFe/tdFe 比を示すと考えられる。

・dFe の供給源

本研究は、大陸斜面からの Fe の供給は一般的な現象で、還元的堆積物からの Fe の溶出、植物プランクトンによる Fe のぜいたく取り込み、その後の沈降粒子および大陸斜面からの Fe の再生が原因であると提唱した。

・北太平洋における Fe の現存量

本研究は、北太平洋における tdFe、dFe、および lpFe の現存量はそれぞれ 1.1×10^{12} mol、 2.8×10^{11} mol、および 8.2×10^{11} mol であると推定した。