

令和2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	R2-R4
研究課題名	南太平洋およびインド洋における微量金属の断面解析
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、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 (dMs), 全 可 溶 態 (tdMs) および置換活性粒子態 (lpMs) の鉛直断面分布を明らかにし、従来スカ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。本研究の目的は、インド洋を加え、南太平洋における9元素と生物生産や海洋大循環との関係を明らかにし、微量金属の生物地球化学サイクルを理解することである。

研究内容・成果

1) 論文

現代の海洋では、北大西洋および南極海で表層海水が冷却され、海底に沈み込み、北大西洋深層水 (NADW) と南極底層水 (AABW) を生成する。NADW と AABW は、インド洋と太平洋へ流れていく [Talley, 2011 #2881]。このような深層の全球規模の循環は熱塩循環と呼ばれ、表層で起こる風成循環と合わせて海洋大循環を生じる。私たちは、北太平洋における従来栄養塩型に分類された元素 (Ni, Cu, Zn, Cd) に関する論文 “Sectional Distribution Patterns of Cd, Ni, Zn, and Cu in the North Pacific Ocean: Systematic Importance of Scavenging” を国際誌「*Global Biogeochemical*

Cycles」に投稿した。この論文では、dCd は主に、生物学的プロセスと海水の循環の影響を受け、dNi, dZn, および dCu にはスカベンジの影響を受けたことを提唱した。以下投稿中の論文の概要を述べる。

1. dCd の分布に対する海水循環と生物学的プロセスの影響

分別係数 (*FF*) は、 PO_4 より dCd の優先的な取り込みを調べるために定義された： $FF(dCd) = (Cd:PO_{4, particles}) / (dCd/PO_{4, seawater})$ 。ここで、 $Cd:PO_{4, particles}$ は、海水における栄養塩躍層の dCd 対 PO_4 プロットの傾き (深さ 50~800 m) から推定され、 $dCd/PO_{4, seawater}$ は、表面混合層 (深さ 0~50 m) のスポット濃度比を用いた。本研究の *FF* (dCd) は 9.2 ± 13.1 であり、北の測点での ~0.7 から 10°N より南の測点とファンデフカ海嶺 (JdFR) 周辺の測点での >10 まで変化した (図 1)。

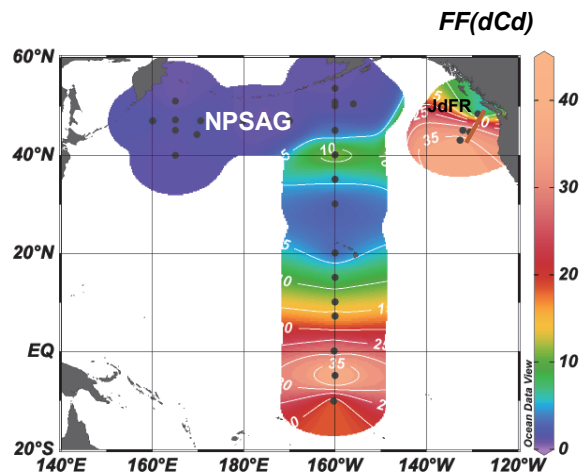


図 1. dCd (*FF*) の水平分布

この結果は、dCdの優先的な取り込みが高栄養塩低クロフィル海域（HNLC）である北太平洋亜寒帯循環（NPSAG）では重要ではないことを示す。これは、他のHNLC海域での以前の観察および計算結果と矛盾している。この研究の南の測点でのより低い表層dCd/PO₄比、および大陸から北の測点への供給に起因する可能性がある。

2. Cu, Ni, および Zn の分布に対するスキャベンジおよび再無機化の影響

深さ 800 m 以深での dCd/PO₄ のスポット濃度比は 0.34 ± 0.02 nmol/ μ mol であり、植物プランクトンにおける Cd/P 比 (0.20–0.56 nmol/ μ mol) の範囲内にある。一方、dNi, dCu, および dZn と PO₄ の比は、部分的または完全に典型的なバイオマス比の範囲外であった。深さ 800 m 以深では、見かけの酸素消費量 (AOU) が 150 から 300 μ mol/kg に増加することにずれ、dMs/PO₄ 比が減少した：Cd では $4 \pm 3\%$ 、Zn では $21 \pm 4\%$ 、Ni では $21 \pm 3\%$ 、Cu では $69 \pm 7\%$ (図 2)。補足すると、NO₃/PO₄ の減少は $6 \pm 3\%$ であり、dCd/PO₄ の減少と調和的である。これらの結果は、除去源としてスキャベンジが Cu, Ni, および Zn にとって重要であることを示した。そうでなければ、それらの PO₄ に対する比率は AOU によって

変化しない。

3. 濃縮係数 (EF)

私たち以前の論文では、海水中溶存態微量元素の濃縮係数 $EF(dM) = (dM/dAl)_{\text{海水}} / (M/Al)_{\text{上部地殻}}$ 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、各元素の中央値では、 $EF(dFe) = 6.4$, $EF(dCu) = 3.2 \times 10^4$, $EF(dNi) = 6.3 \times 10^4$, $EF(dZn) = 7.4 \times 10^4$, $EF(dCd) = 6.6 \times 10^6$, $EF(\text{Si}(\text{OH})_4) = 7.7 \times 10^4$, $EF(\text{PO}_4) = 7.1 \times 10^5$, $EF(\text{NO}_3) = 3.5 \times 10^7$ である。dCd は、4つの栄養塩型元素の中で最も高い EF を示し、 $EF(\text{NO}_3)$ よりも 1桁低く、スキャベンジの影響が dCd に対して最も小さかったことを示す。 $EF(dCu)$, $EF(dNi)$, および $EF(dZn)$ は同じ桁であり、 $EF(dCd)$ より 2桁低く、 $EF(dFe)$ より 3桁高かった。dCu, dNi, および dZn が粒子と中程度の相互作用を持っていることを示唆する。

2) 海水試料の分析

今年、KH-14-6 航海で採取された南太平洋におけるろ過および未ろ過海水試料の分析を完成し、それぞれ 9 元素の溶存態、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。

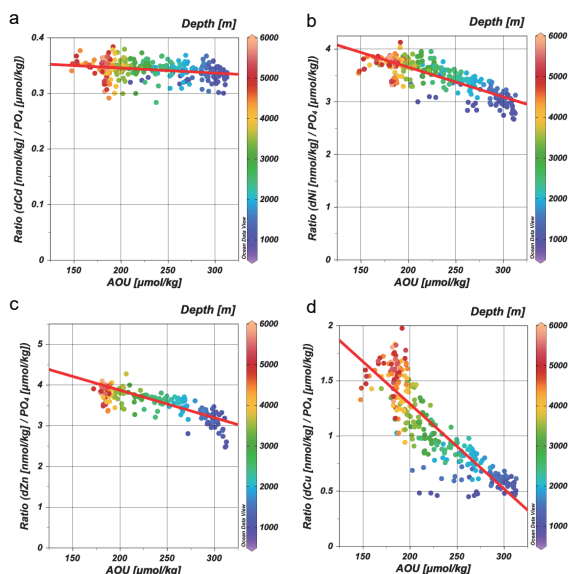


図 2. 深さ > 800 m での dMs/PO₄ vs. AOU