

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-R3
研究課題名	深海底堆積物における生物活性微量金属元素の動態解明
研究代表者	南 秀樹
所属・職 (または学年)	東海大学生物学部・教授

1. 研究目的および背景

国際 GEOTRACES 計画では溶存化学種の濃度分布や、同位体測定が行われているが、その微量金属元素の海洋における供給と除去過程についても注目されており、海底堆積物が微量金属元素の海洋における物質循環にどのような影響与えているのか、その評価の必要性も高まっている。北太平洋東部海域は海洋表層の生物生産が高く、海域特有な環境変動だけではなく地球規模で起こる環境変動にとっても重要な海域としても注目されている。また、中央海嶺の1つであるファンデフーカ海嶺 (Juan de Fuca Ridge) では、近年活発な火山活動が観測されている。熱水が噴出する海底付近 (熱水活動域) には化学合成微生物を一次生産者として発達する生態系が存在しており (中村・高井, 2009)、海底熱水循環系は岩石圏=水圏=生物圏の相互作用を仲立ちする重要な機能も持っている (石橋ほか, 2009)。また、海底熱水活動地帯では高温で還元的な熱水と低温で酸化的な海水が混合する特殊な場となる (石橋ほか, 2005)。熱水域では一般的に熱水噴出口から非常に高温の熱水プルーム (hydrothermal plume) が噴出しており、このプルームにはメタン (CH₄) や硫化水素 (H₂S) といった気体や、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、銅 (Cu)、鉛 (Pb) などの微量金属元素なども多く含まれており、海洋における微量金属元素の移動循環にも大きな影響を及ぼしている。特に生物活性微量金属元素として注目されている Fe や Mn などは一般的に海水中では濃度が極めて低いが、熱水プルーム中では高濃度で

ある。Mn は溶存態のまま比較的長期間熱水プルーム中に存在しており、Fe は有機錯体として存在していたり、酸水酸化物の懸濁態として漂っていたりする (蒲生ほか, 2014)。このような元素は様々な化学種を吸着しており、近年注目されているレアアース泥は熱水プルーム中の鉄水酸化物が海水中の希土類を吸着した後に堆積したものと考えられており、熱水域における微量金属元素の堆積過程の解明は、海洋の資源開発にも貴重な情報を与える。

2. 試料および分析方法

堆積物試料は2012年8月から10月に行われた学術研究船白鳳丸 KH-12-4 次航海においてマルチプルコアラーを使用して、BD-17 から BD-22 の6試料を採取した (図1)。なお、BD-18 (水深2602 m) については、表層2 cm しか採取することができなかったため色相の情報は掲載していない。堆積物中の金属元素は硝酸、フッ化水素酸、過塩素酸の混酸により全溶解した溶液試料と、酢酸および還元剤で抽出したフラクションを ICP 発光分光分析装置 (ICP-AES)、ICP 質量分析装置 (ICP-MS)、原子吸光光度計 (AAS) で分析した。

3. 結果および考察

堆積物の色相は、海底における酸化還元環境の指標となる。全ての試料で表層は褐色であり、この海域の海底環境は酸化状態であることが示唆された (図1)。ただし、沿岸に近い BD-21 と

22では、下層に灰緑色の還元層が確認できることから、他の試料と比較すると亜酸化的な状態であると考えられる。また、海洋表層の生物生産の指標となるCaCO₃がBD-18で44.9%と高い値を示したので、生物遺骸による各元素の希釈効果を除去するために粘土鉱物の指標となるAlで規格化することで議論を行った。

地殻の平均組成における各元素のAl比を、各試料の表層2cm平均値と比較すると、最も低いBD-17でもMnが10.7倍、Feが1.5倍高く、最も高いBD-20ではMnが230.2倍、Feが3.6倍高くなり熱水活動の影響と考えられる金属元素の付加が確認された。また、同様に海水および粒子態のデータもある観測点BD-19の表層堆積物について各元素の濃縮係数(EF = 【試料中の各元素のAl比】 / 【地殻中の各元素の平均Al比】)を求めたところ、V = 1.6, Fe = 1.6, Pb = 2.3, Zn = 2.5, Co = 3.2, Ni = 5.6, Cu = 6.7, Cd = 8.6, Ba = 15.3, Mo = 18.4, Mn = 20.7となり、特にMnの濃縮率が高いことが明らかとなった。なお、還元剤溶出フラクションの分析から、酸化物とし

て堆積している割合がFeで36%、Mnは91%となることがわかり、特にMnは酸化物態として堆積している割合が極めて高いことがわかった。また、BD-19における水深3642m(底層水)の粒子態(Labile particulate)のMn/Al比は0.29、Fe/Al比が1.44であるが(Zheng *et al.*, 2017よりWt比で算出)、表層堆積物中ではMn/Al比は0.14、Fe/Al比が0.71と低い値を示し、表層堆積物よりも底層水中の粒子態の状態が濃縮することが明らかとなった。(なお、BD-20の表層堆積物ではMn/Al比は1.68、Fe/Al比が1.72であった)。BD-19の全Mnの堆積物中の鉛直分布については表層が高含有量で、10cmから15cmの亜表層で極大値を示し、これ以深は急激に減少する傾向を示した。このようなMnと同様な分布を示す元素は、Cu, Ba, Ni, Zn, Co, Mo, Cd, Pbであり、Fe, Cr, Vなどは異なる傾向を示した。したがって、ファンデフーカ海嶺付近の深海底においては、熱水活動に起因するMnの挙動が他の多くの微量金属元素の動態に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。

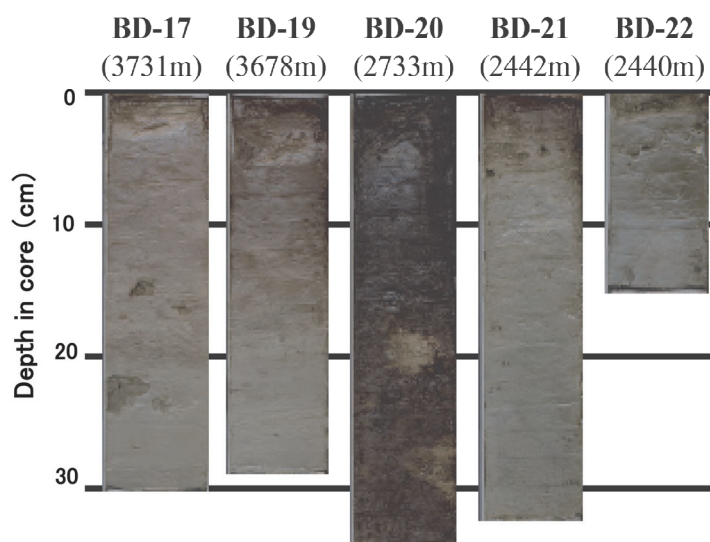


図1. 採取した試料の色彩情報(村山, 私信)