シンポジウムC

「海洋の微量元素・同位体研究:始動した国際GEOTRACES計画」

主催:日本海洋学会
 日時:2011年3月22日(火)13:00~18:20
 場所:東京大学大気海洋研究所・2F大講義室
 コンビーナー:蒲生俊敬・小畑 元(東大大気海洋研)
 張 勁(富山大院理工)・宗林由樹(京大化研)

主旨:2005年にSCORの大型研究の1つとして発足した国際GEOTRACES(海洋の微量元素と 同位体による生物地球化学研究)計画は、その後の準備期間を経て、2009年より本格的なフ ィールド観測が開始された。我が国は本計画の立案段階から深く関わり、2009年度の白鳳丸 によるインド洋KH-09-5次航海は最初の本格的GEOTRACES航海として注目を集めた。また アジア地域ではAsian-GEOTRACESの推進にも強くコミットし、2010年度には白鳳丸による 日本海・北西太平洋KH-10-2次航海を成功裡に実施した。引き続き2011年度には白鳳丸による 北西太平洋KH-11-5次航海(内航),2012年度には北太平洋(47°N)横断航海(外航)が予定 されている。本シンポジウムでは、最新の航海成果速報を含め、我が国のGEOTRACES関連 研究の現況について幅広く議論を行うとともに、今後の展開に向け活発な意見交換とロード マップの検討などを目的としている。海洋の化学観測に携わる研究者のみならず、物理・生 物・モデリングなど幅広い研究分野からご参加をお願いしたい。

1. GEOTRACES国内外の情勢(座長:宗林由樹)

- 13:00~13:15 **シンポジウムの主旨及び国際GEOTRACES計画に関わる国内外の概況** 〇蒲生俊敬(東大大気海洋研)・張 勁(富山大院理工)
- 13:15~13:30 **国際GEOTRACES**計画における相互検定と標準試料作成に関する活動
- ○小畑 元(東大大気海洋研)・則末和宏(京大化研)・西岡 純(北大低温研)・田副博文(日大 文理)
- 13:30~13:50 日本近海における微量元素・同位体分布の生物地球化学的研究-極東・アジ アGEOTRACES計画の始動:KH-10-2次およびKH-11-5次航海について

○張 勁(富山大院理工) · 蒲生俊敬(東大大気海洋研)

(休憩)

2. 白鳳丸インド洋KH-09-5次GEOTRACES航海速報(座長:山田正俊)

14:00~14:20 インド洋縦断観測における溶存鉄濃度の船上分析結果および北太平洋観測 への提案

○西岡 純(北大低温研)・小畑 元(東大大気海洋研)

14:20~14:35 インド洋および南極海における堆積物中の生物生産指標成分の分布:KH-09-5 次航海

○坂本 緑・加藤義久(東海大海洋)・村山雅史(高知大海洋コアセンター)・南秀樹 (東海大生物理工)

- 14:35~14:50 インド洋・南極海における浮遊粒子状物質の個別粒子分析
- ○坂本敦史1、浅谷拓也1、廣田晶子2、山田悠香子3、金 泰辰4、小畑 元4、南 秀樹3、 中口 譲2(1. 近畿大院総合理工, 2. 近畿大理工, 3. 東海大生物理工, 4. 東大 大気海洋研)
- 14:50~15:05 インド洋・南極海におけるセレンのスペシエーション
- ○西内 明、竹内 誠(近畿大院総合理工)、笠松哲也、中口 譲(近畿大理工)

(休憩)

3. GEOTRACES関連研究の進展(1)同位体(座長:天川裕史)

15:20~15:40 太平洋表層堆積物中のNd同位体分布: Core-top fossil fish teethのNd同 位体によるマッピング

○堀川恵司(富山大院理工・フロリダ大)・浅原良浩(名大)・E.E.Martin(フロリダ大) 15:40~16:00 **海水のトリチウムーヘリウム-3年代測定の試み**

○高畑直人·佐野有司(東大大気海洋研)

16:00~16:20 **北太平洋におけるプルトニウム同位体比の分布** 〇山田正俊(弘前大)、鄭 建(放医研)

(休憩)

4. GEOTRACES関連研究の進展(2)微量元素 (座長:西岡 純)

16:30~16:50 強配位子場元素ジルコニウム,ハフニウム、ニオブ、タンタルの海洋地球 化学

○宗林由樹, M. Lutfi Firdaus, 南 知晴, 則末和宏 (京大化研)

- 16:50~17:10 海底境界層における親生物元素および微量金属元素の動態解明--東部太平 洋の観測結果を中心に--
 - ○南 秀樹・山田悠香子(東海大生物理工)・小畑 元(東大大気海洋研)・中□ 譲(近 畿大理工)・村山雅史(高知大海洋コア)・加藤義久(海大海洋)・南川雅男(北 大院地球環境)
- 17:10~17:30 海洋におけるバリウムの分布とBa−Si/Nダイアグラムの特徴
 ○加藤義久(東海大海洋)
- 17:30~17:50 **熱水プルーム中の微量元素の挙動** 〇下島公紀(電力中研)
- 5. 総合討論とまとめ(17:50~18:20 座長:蒲生俊敬)

懇親会(18:30~20:00,大気海洋研 4F セミナー室・ラウンジ)

シンポジウムの主旨及び国際 GEOTRACES 計画に関わる国内外の概況

○ 蒲生俊敬・張 勁

(東大大気海洋研)(富山大院理工)

キーワード: GEOTRACES・微量元素・同位体・海洋の生物地球化学・白鳳丸・クリーン技術

本シンポジウムは,国際 GEOTRACES (海洋の微量元 素と同位体による生物地球化学研究)計画の進捗状況を踏 まえながら,本計画と密接に関連する国内の観測航海と研 究の現状について広く情報交換することを目的とする。

2005 年に SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research)の大型研究の 1 つに加えられた GEOTRACES 計画は,その後多くの国際・国内計画立案会議を経て各加 盟国による観測海域分担の大筋が合意され,かつ分析相互 検定やデータポリシー策定が進められ,2009 年度から本 格的な研究航海とデータ取得が世界各地で開始されるに 至っている。

GEOTRACES 計画は,近年技術革新が著しい超微量成 分分析の手法と,海水試料のクリーン採取技術の革新的向 上を背景に,ミクロ栄養塩として海洋の炭素循環との関わ りが深い微量重金属や放射性及び安定同位体を,全海洋に わたり,かつてない高精度・高密度で解明しようとしてい る。海洋の一次生産との関わりが深いと思われる重金属元 素 (Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Cd等),海洋の物質循環のトレーサ ー (³He, Mn, Ra 同位体,Nd 同位体,Th 同位体等),古海 洋プロキシー(²³¹Pa,²³⁰Th, δ¹⁵N of NO₃, δ¹³C of DIC, Cd/PO₄ 等)などがこれに該当する。他の大型国際共同研究計画 SOLAS, IMBER, InterRidge 等との関連も非常に深い。

GEOTRACES 計画では、濃度のきわめて低い微量元素 や同位体濃度の正確な分析値を得るために、海水試料を汚 染なく採取するためのプロトコルを厳しく定めている。こ の基準をクリアできる観測船は今のところ、アジア地域で は我が国の白鳳丸しかない。さらに各微量元素・同位体ご とに分析値の相互検定を事前に実施しており、これをクリ アしないと GEOTRACES データとして認定されない。

我が国は,2009 年から2010 年にかけて,白鳳丸による

インド洋 KH-09-5 次航海を実施した。これはアラビア海 から南極海まで南北に縦断するもので、最初の本格的 GEOTRACES 航海として注目を集めた。またアジア地域 における Asian-GEOTRACES の推進に尽力し, 2010 年度 に白鳳丸による日本海・北西太平洋 KH-10-2 次航海を成 功裡に実施した。今後2011年度には白鳳丸による北西太 平洋 KH-11-5 次航海(内航), 2012 年度には北太平洋(47°N) 横断航海(外航)が予定されている。さらに白鳳丸の次期 3年計画応募(今秋)にあわせて、太平洋・南極海の南北 縦断航海を申請する予定である。一方,諸外国においては, 米国、英国、オランダ等の国々を中心に大西洋における横 断もしくは縦断観測が 2010 年から開始されており、太平 洋においてはオーストラリア, ニュージーランド, フラン ス,米国等による観測航海が2011~2013年にかけて計画 されている。またインド洋ではインドによるアラビア海と ベンガル湾における観測が予定されている。

得られた GEOTRACES 観測データは英国 BODC (British Ocean Data Center) に集積され, グローバルデータベース の構築と公開が図られる。我が国では JODC (日本海洋デ ータセンター) が国内 GEOTRACES データセンターの役 割を果たし, JODC を経由してデータが BODC に送付され ることになっている。

なお GEOTRACES-SSC (Science Steering Committee) 委 員は,2006〜2010 年にかけて蒲生が担当したが,SCOR のポリシーから 5〜6 年ごとに委員の交代が求められる。 2011 年より張が SSC 委員を務めることとしている。

国際GEOTRACES計画における相互検定と標準試料作成 に関する活動

○小畑元 ・則末和宏 ・西岡純 ・田副博文
 (東大・大気海洋研)(京大・化研)(北大・低温研)(日大・文理)
 キーワード:相互検定・標準試料・マニュアル・インド洋

1. GETRACES Standard and Intercalibration Committee

国際GEOTRACES計画のScience Planに おいて、Standard and Intercalibration (S&I) Committeeの設置が求められている。そこ で、米国Old Dominion大学のGreg Cutter 教授を中心に、米・欧・加・日の8人の委 員からなるS&I委員会が2007年3月に設置 された。日本からは小畑(東大・大気海洋 研)が委員として参加した。2009年4月、

2010年3月にOld Dominion大学(Norfolk)に おいて委員会が開催されるとともに、適 宜E-mailによる会議が実施された。国際 GEOTRACES計画において使用する標準 試料の作成と、試料採取法・分析法の相 互検定について議論するのがこの委員会 の主な役割である。S&I委員会において、 2010年12月までに主に下記のような活動 を行った。

- ・GEOTRACES IPY Protocolsの作成 (2007年10月)
- ・米国によって実施された相互検定航海 及びその後の相互検定に関するReview (2009年5月)
- Sampling and Sample-handling Protocols for GEOTRACES Cruisesの作成 (2010年12月)

プロトコールについては、新しい情報が あれば、この委員会を中心に適宜加筆・ 修正していく予定である。

2. 国際相互検定に対する日本の対応 大西洋において米国が実施した相互検 定航海(2008年6-7月)には、日本からオブ ザーバーとして小畑と則末(京大・化研) が参加した。米国GEOTRACESの試料採 取システムの操作に協力するとともに、 各研究機関の試料採取法や分析法につい て情報収集を行った。

この大西洋および太平洋(2009年8月)における相互検定航海において、相互検定

用試料が採取され、世界の研究者に配布 された。GEOTRACESのKey Parameterに ついては、鉛同位体以外の全項目の測定 が日本で行われている。

3. 日本GEOTRACESインド洋航海におけ る相互検定

白鳳丸KH-09-5次研究航海では、国際 GEOTRACES計画のインド洋断面につい ての研究が行われた。本航海では国際 GEOTRACES計画において求められるク リーン技術の水準を満たすため、試料採 取法、試料処理法について、これまで以 上の注意を払い観測を実施した。また、 本航海においては、相互検定を行うため にいくつかの観測・試料採取が行われた。 3-1. 試料採取法の比較

試料採取はすべて内部をテフロンコートしたX型ニスキン採水器を用いて行った。断面観測については、洗浄したX型ニスキン採水器をCTD-CMSに取り付け、採水を行った。このCTD-CMSからの汚染を検討するため、採水器をKevlar Wireに直接取り付け、同じ測点、同じ深度において採水を行った。船上での鉄の分析結果を検討したところ、方法の違いによる有意な差は見られなかった。

3-2. Baseline Stationの設定

国際GEOTRACES航海においては、断 面観測を行う場合、設定されたBaseline station(BATS, SAFEなど)においても観測 を行うことが推奨されている。インド洋 においてはまだBaseline Stationが設定さ れていないため、白鳳丸KH-09-5次研究航 海においては、南インド洋の観測点ER-10 (20 °S, 73°E)をBaseline Stationと設定した。 この観測点においては、世界の主な研究 機関が各Key Parameterを測定するための 試料(50m, 200m, 600m, 1000m, 2000m, 4000mの各層)を採取している。今後、分 析・試料配付を進める予定である。

インド洋縦断観測における溶存鉄濃度の船上分析結果および北太平洋観測への提案

○西岡 純(北大低温研)・小畑 元(東大大気海洋研) キーワード:鉄、インド洋、GEOTRACES計画

【はじめに】

海洋における微量金属元素は、供給過程、物理的 な海洋循環と混合、生物生産、粒状・溶存物質の挙 動などと密接に関連し、分布や循環が支配されてい る。また、観測には厳密なクリーン技術と分析技術 が必要となる。これまで実施されてきた微量金属元 素の観測は、その困難さから、十分な空間スケール を網羅しておらず、各大洋における分布の全貌を捉 えるには至っていない。GEOTRACES 計画では、 大洋縦断(横断)観測を実施し、微量元素および同 位体の全海洋の分布とそれを支配する要因を明ら かにすることを目的としている。2009年11月から 2010年1月に、国際GEOTRACES 計画の一環とし て、白鳳丸 KH09-5 次航海でインド洋の縦断観測が 実施された。本報告では、Key Parameter の一つで ある溶存鉄濃度の船上分析の結果を報告する。

【インド洋縦断観測・分析方法】

KH09-5 次航海では、北部アラビア海から南極海 に至る間に ER5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 の 9 点の 観測点を設け、インド洋の縦断観測を実施した。本 航海では、国際 GEOTRACES 計画によって求めら れる水準を満たす試料採取方法、処理方法を用いて 観測を実施した(詳細は小畑ら本シンポジウム要旨 参照)。すべての観測点で、酸洗浄したテフロンコ ート済みの 12 L ニスキンX採水器を白鳳丸のチタ ン製アーマードケーブルを用いた CTD-CMS システ ムに取り付け、表層から海底直上までの試料を採取 した。試料は、クリーンエアーを満たした環境下で、 直ちに 0.22 μm AcroPac カートリッジフィルター を用いてろ過し、酸洗浄したポリエチレンボトルに ろ液を採取した。ER6, 8, 10, 12, 14 の観測点のサン プルは、コロイド状鉄の情報を集めるため、さらに 0.03 µm の中空糸フィルターを用いてサイズ分画し た。得られたろ液は、船上のクリーンルーム内で蒸 留塩酸を加え pH 2以下に調整し、およそ1昼夜放 置した。その後、再度 pH 3.2 に調整し、8HQ カラ ム濃縮-化学発光分析法(Obata et al., 1997)で Fe(III)を船上分析した。すべてのサンプルの測定時 には、SAFe標準海水(表層水S、深層水D2)を同 時に分析した。船上分析での SAFe 標準海水の分析 結果は、国際相互検定で定められた値と良く一致し ていた。

【インド洋縦断観測の結果と考察】

インド洋の溶存鉄濃度の分布について主な特徴 を次に記す。

 1)表層(25 m以浅):北部アラビア海の ER5 と ER6 の 2 点を除き、すべての観測点で極低濃度 (0.1 nM以下)であった。特に南極海 ER14 では、 最も低濃度(0.02 nM)を観測した。ER5 と ER6 の観測点では 0.1 nM を若干上回る濃度が観測され ており、その要因として陸域の影響が考えられた。

2) 中層(50-1000 m):赤道以北のすべての測 定には中層に1 nMを超える高い溶存鉄濃度が観測 された。この高い溶存鉄濃度の分布は、北部アラビ ア海特有の溶存酸素濃度が低い水塊と良く一致し ており、低酸素状態における粒子からの鉄の溶解の 影響が見られたものと推測される。赤道以南は南極 海に至るまで0.6-0.4 nMの値が観測されており、南 極海で最も低濃度を示した。

3)深層(1000 m以深):北緯4度のER8付近 から南緯30度のER11にかけて、水深2000-3000 m 付近に、最高で2 nMを超える高い溶存鉄濃度の水 塊が広範囲に見られた。当海域の海底近郊には中央 海嶺が存在し、海底熱水活動の影響がみられること が報告されている。我々が観測した底層付近の高濃 度の水塊は、この海底熱水活動の影響を受けていた 可能性が高いと考えている。この高濃度のシグナル が熱水活動の影響であれば、その影響は南北方向 3000 km 以上の広範囲に及んでいる事をデータは 示している。一方で、南極海の深層には約0.4 nM レベルの低濃度の水塊が分布していた。

4) コロイド状鉄の分布:サイズ分画を実施した 結果、コロイド状鉄の分布にも特徴があった。溶存 鉄濃度の高い北部中層から深層にかけて、溶存鉄に はコロイド状鉄が大きな割合(40-50%)を占めて存 在していた。深層の熱水活動の影響を受けていたと 考えられる水塊では、溶存鉄濃度は高い値にも関わ らず、コロイド状鉄の割合は比較的低い値であった (20-40%)。鉄の供給が少なく、表層から深層まで低 濃度のレベルであった南極海では、コロイド状鉄の 割合は低い値であった(20-40%)。

【北太平洋観測への提案】

シンポジウムでは、これまで観測が進められてき た北太平洋における鉄濃度の観測結果にも触れ、今 後予定されている北太平洋亜寒帯域の横断観測に おいて注目すべきプロセスに関しても議論したい。

インド洋および南極海における堆積物中の 生物生産指標成分の分布:KH-09-5次航海

○坂本 緑¹・加藤義久¹・村山雅史²・南 秀樹³ (1東海大海洋,2高知大海洋コアセンター,3東海大生物理工) キーワード:重晶石・生物生産量・深海堆積物・インド洋

1. はじめに

古海洋研究における生物生産量の指標としては, 一般に,堆積物中の炭酸カルシウム(Calcite)や生物 起源二酸化ケイ素(Bio.Opal)が用いられている.本研 究では,このほかに重晶石(BaSO₄)を用いた.重晶石 は海水中や堆積物中で見つかっており.その堆積速 度と生物生産量の間には相関関係があることが知ら れている.そして,重晶石は難溶性であることが知ら れている.そして,重晶石は難溶性であることから, 古海洋の生物生産量の指標として有用であると考え られている.しかしながら,その分布は詳しくはわ かっていない.そこで,本研究では,インド洋から 南極海にかけての表層堆積物を用いて重晶石の緯度 分布を,また,南極海における柱状堆積物を用いて, 過去 70 万年にわたる生物生産量の変動を明らかに する.

2. 試料と方法

堆積物試料は 2009 年から 2010 年にかけて行われ た GEOTRACES 航海 (KH09-5) において,インド洋 から南極海にかけてマルチプルコアラー (MC)を用 いて採取された表層堆積物を用いた.また,南極海 においてはピストンコアラー (PC)を用いて柱状堆 積物が得られた.

試料は間隙水を除いた後,減圧乾燥により乾燥化 させた. Calcite 量はガス圧定量によって定量した. Bio.Opal は炭酸ナトリウムを用いてアルカリ抽出 (Mortlock and Froelich,1989)を行い,モリブテンイエロ ー法によってケイ素を定量し,Bio.Opal を求めた.重晶 石は重液(比重=3.0)を用いた比重分離後.浮選分離 を行い,ICP-AESを用いてBaを定量した.

3. 結果

インド洋から南極海における生物生産指標成分の

緯度分布を Fig. 1 に示す. 重晶石は Calcite や Bio. Opal の含有量が高い堆積物中で増加する傾向が見 出された. さらに, Bio. Opal に比べ, Calcite が高い ときに重晶石含有量がより高くなる傾向がみられた.

南極海における生物生産指標成分の年代分布を Fig.2に示す.重晶石とCalcite 量の変動傾向は,南 極大陸縁辺海における生物生産量はむしろ間氷期に 高かったことを示している.



Fig. 1. インド洋から南極海に至る表層堆積物中に おける生物生産指標成分の緯度分布



Fig. 2. 南極海(ER15PC コア)における生物生産指標 成分の年代分布

インド洋及び南極海における 浮遊粒子状物質の個別粒子解析

○坂本敦史¹、浅谷拓也¹、廣田晶子²、山田悠香子³、金 泰辰⁴、小畑 元⁴、南 秀樹³、中口 譲² (1. 近畿大院総合理工, 2. 近畿大理工, 3. 東海大生物理工, 4. 東大大気海洋研)

<はじめに>海水中の浮遊粒子には河川や大気を通じ陸起源 粒子や、海水中の生物活動により生成する生物起源粒子など、 様々な起源をもつものが存在する。これら浮遊懸濁物質 (SPM)は海水中で溶解することにより様々な元素の起源とな る一方で、スキャベンジングにも関わり、元素の除掃担体と もなりうるため、海水中の微量元素と浮遊粒子との相互作用 の解明は元素の地球化学的輪廻挙動を解明する上で大変重要 な研究課題となる。これまで、いくつかの海域について、SPM の研究が行われてきたが、海域によりその特性は大きく異な ることが予想される。そこで本研究では GEOTRACES 研究 計画の一環として実施された白鳳丸のインド洋・南極海航海 において採取した SPM の個別粒子解析を行った。また、キ レート樹脂固相抽出法を用いて、溶存微量元素を定量し、 SPM の化学組成への影響を調べた。

<方法>SPM は海洋研究開発機構白鳳丸の KH-09-5 次航海 (2009年11月~2010年1月)において、CTD-CMS にて採取 した。粒子態試料は海水を孔径 0.4 µmのヌクレポアフィル ターにてろ過を行い、フィルター上に捕集した。ろ過後のフ ィルターは純水 200 ml にて脱塩を行い、プラスチックケー スに移し換え、冷蔵保存して研究室に持ち帰った。持ち帰っ たフィルターは乾燥後、5 mm 角の大きさにカットし、誘電 性カーボン両面テープにて試料台に貼り付け、オスミウムコ ーターによりオスミウムを蒸着した。電子顕微鏡は走査型電 子顕微鏡(日立製作所製 S-4800型)にて撮影し、化学組成分析 はエネルギー分散型 X 線分析装置(堀場製 EX-420型)にて行 った。フィルター上の約 300 個の粒子について元素別重量割 合を求め、粒子のタイプ別分類を行った。以下のように元素 (X)の重量割合を定義する。

P(X)=X/(Mg+Al+Si+P+S+K+Ca+Ti+

V+Mn+Fe+Co+Ni+Ba+Pb)

溶存態試料は海水を孔径 0.2 μm の AcroPak でろ過し、洗 浄した低密度ポリエチレン瓶に保存した。この試料を日立ハ イテクノロジーズ NOBIAS CHELATE-PA-1 を用いたキレ ート樹脂固相抽出法により濃縮・溶離を行い、ICP-MS(島津 製作所製 ICPM-8500)で定量した。

<結果>SPM の乾燥重量は各採水点で深層に向かって減少傾 向がみられた。表層では生物生産の影響を受けており、南極 海 0.384 mg/L で最大、赤道域 0.042 mg/L で最小を示した。

SPM のタイプ別分類を行った結果、各採水点、各層で Al-rich 粒子と Si-rich 粒子が大部分を占めており、さらにこ れら粒子を顕微鏡写真より形態観察した結果、鉱物等の陸起 源粒子と珪藻等の生物起源粒子であった。また表層からは Fe-rich 粒子が 6.3 - 14.4%で中深層に比べて高い存在割合を 示し、その大部分が陸起源粒子であることが確認された。

SPM の起源別粒径は、生物起源粒子(珪藻の殻等)が分解に 伴い、表層(7.3 - 27.1 µm)から底層(4.3 - 6.4 µm)へと大きく 減少したのに対して、陸起源粒子は表層(3.1 - 5.3 µm)、底層 (2.6 - 3.7 µm)と大きな変化はなく、分解の影響をあまり受け ていないことがわかった。

インド洋北部では粒径の変化により、生物起源粒子が全粒 子体積中を占める割合は100m以深で減少傾向にあり、これ に伴い陸起源粒子が占める体積が増加した。陸起源粒子の体 積比とSPMの乾燥重量から陸起源粒子量を算出すると、100 m以深で僅かながらに増加した。このとき溶存態のアルミニ ウム、マンガン、コバルトが減少傾向にあることから、陸起 源粒子への吸着、または再粒子化の可能性が示唆された。



■ Al-rich ■ Si-rich ■ S-rich ■ Ca-rich ■ Fe-rich ■ Ba-rich ■ other

インド洋・南極海におけるセレンのスペシエーション

○ 西内 明¹・竹内 誠¹・笠松 哲也²・中口 譲² (1近畿大院・総合理工、2近畿大・理工) キーワード:セレン・インド洋・南極海

【はじめに】

海洋においてセレンは亜セレン酸、セレン酸、 有機態セレンといった 3 つの化学形態で存在して いる。海洋におけるセレンの状態別分析は様々な 研究者によって報告されてきた。インド洋は北の 海流が時計回りに巡り、南の海流は反時計周りに 巡る。しかし、冬季の間、北の海流は季節風の影 響を受け逆転する。深層海流は南大西洋から流入 する海流を主とし、紅海からの海流と南極大陸を 流れる海流が複合している。本研究ではインド洋 および南極海におけるセレンの循環と生物活動と の関わりを解明することを目的とした。

【実験】

試料採水点をFig.1に示した。採水は表層水を ポリエチレン製バケツ、深度別採水は CTD-CMS シ ステムにて行った。採取した試料水は孔径 0.2µm ヌクレポアフィルターにてろ過を行い、精密分析 用塩酸を添加し 0.1M 塩酸酸性とした後冷凍保存 をした。水圏においてセレンは亜セレン酸・セレ



ン酸・有機熊セレンの3つの化学状態で存在して いると考えられているため、溶存状態を考慮した 前処理後、蛍光検出—HPLC法にて分析を行った。 【結果および考察】

インド洋おける亜セレン酸は、表層において枯 渇状態にあり、水深 200~400m 付近より増加を示 したが、南極海では亜セレン酸は表層から深層ま でほぼ一定に存在していることが確認できた。有 機態セレンは ER-6,7 および ER-14 の深層部におい て高濃度を示す水塊が認められた。この水塊にお ける有効酸素消費量は比較的低い数値を示してい たため、難分解性の分子種が存在していると推測 される。



Fig. 2 Cross section distributions of selenite, selenate and organic selenium in the Indian Ocean and Antarctic Ocean.

太平洋表層堆積物中のNd同位体分布: Core-top fossil fish teethのNd同位体によるマッピング

○堀川恵司(富山大院理工・フロリダ大)・浅原良浩(名大)・E.E.Martin(フロリダ大) キーワード:ネオジム同位体、太平洋深層水、トレーサー

Neodymium (Nd) isotopes are commonly accepted as a tracer for water mass. Yet, high rates of radiogenic Nd supplied from volcanic islands/arcs in the western equatorial Pacific (WEP) and the subarctic North Pacific (SANP) have altered significantly Nd isotopes of ambient seawaters, leading to concern about the conservative nature of Nd isotopes in the North Pacific. In this study we measured Nd isotopes of core-top fossil fish teeth/debris for the first time at 31 sites in the Pacific to clarify the vertical and horizontal distributions of Nd isotopic compositions and the reliability of Nd isotopes as a water mass tracer. We found that Lower Circumpolar Deep Water (LCDW) experiences significant increases in Nd isotopic values while flowing northward in the central equatorial Pacific and the SANP, which is believed to result from radiogenic Nd inputs of young circum-Pacific island arcs in those regions. Yet, alteration of seawater Nd isotopes is limited to the western and northern margins of the Pacific, and the conservative behavior of Nd isotopes is maintained in the central Pacific. Nd isotopic ratios of fish teeth/debris in the central Pacific plotted against salinity (or phosphate content) from the overlying bottom water produce a mixing envelope between North Pacific Deep Water (NPDW) and modified LCDW, indicating that there is no alteration of Nd isotopes due to radiogenic Nd inputs during mixing between these two water masses. From these findings, we

derived three main processes that control Nd isotopic values for waters in the Pacific: (i) advection of water masses from the Southern Ocean (i.e. LCDW) that introduces the primary Nd isotopic value, (ii) supply of radiogenic Nd from young circum-Pacific island arcs that determines the Nd isotopic value of modified LCDW and NPDW in the SANP, and (iii) mixing between modified LCDW and NPDW that defines vertical profiles of Nd isotopes in the central Pacific. Thus, in the central and eastern Pacific Nd isotopes are a reliable water mass tracer, whereas high rates of lithogenic inputs from basalt weathering overwhelmed the conservative behavior of Nd isotopes in the WEP and the SANP.



Fig. 1. Sample locations of core-top fossil fish teeth/debris (yellow squares) and sites of previously reported seawater Nd isotopes (white circles) are shown in the map.

海水のトリチウムーヘリウム-3年代測定の試み

○高畑直人・佐野有司

(東大·大気海洋研)

キーワード:トリチウム、ヘリウム、海水、年代測定

はじめに

水素の放射性同位体であるトリチウムは、半減期約12 年で放射壊変してヘリウム-3になる。ヘリウムの散逸が 無視できる閉鎖系を考えた場合、トリチウム起源のヘリ ウム-3は、時間とともに次のように増加する。

³He(t) = ³H(0) × (1 - e^{- λ t}) = ³H(t) × (e^{λ t}-1) ここで λ はトリチウムの壊変定数、t は水が大気から遮断 されてからの時間、³H は水のトリチウム濃度である。

この式からトリチウムに対するヘリウム-3の濃度比は 図1のように時間とともに単調増加し、トリチウムの初 期濃度を仮定しなくても年代が求まる。この方法は閉鎖 系を保ちやすい地下水の年代を求めるのに用いられてき たが、雨水のトリチウム濃度が天然レベルにまで下がっ た現在の海洋でも有意な年代が得られるかどうか試みた のでその結果を報告する。



方法

今回分析に用いた海水試料は淡青丸および白鳳丸の3 つの研究航海において採取した。採水場所は日本海 (KT-05-11)、南太平洋(KH-04-5)、南インド洋(KH-09-5) の3ヶ所でいずれも表層水が沈み込んでいると考えられ る所である。海水試料は CTD 装置を備えたカルーセル採 水システムにより深さ方向に異なる試料を採取し、ヘリ ウム分析用にはなまし銅管に約 30mL、トリチウム分析用 にはポリビンに 1L 採水した。その後海水試料を実験室に 持ち帰り、ヘリウム-3 濃度は希ガス用質量分析計で測定 し、トリチウム濃度は海水を電解濃縮した後、液体シン チレーションカウンターで測定した。南インド洋の試料 はこれから測定する予定である。

結果と考察

図2に日本海の3ヶ所で測定した海水のトリチウムー ヘリウム-3年代を示す[1]。いずれの場所でも深くなる ほど古く、大和海盆に比べ大陸に近い日本海盆の方が若 干若い傾向を示した。また北太平洋中層水のCFC年代と 比べると日本海の方が若く、表層水が沈み込む速度の違 いを示していると考えられる。



図2.日本海中層海水の³H-³He 年代[1]

南太平洋でも深くなるほど古い年代を示す傾向は同じ であったが、緯度による違いが顕著であった。南緯20° ~50°付近では中層の年代が若く、この領域は南極中層水 の沈み込みに対応すると推定された。等密度面に沿って 南極中層水の年代を求めたところ、中緯度では20~30年 と推定され、これまでに報告されているCFC年代と大ま かに一致した。この水塊ではマントル由来のヘリウムの 影響は小さいと考えられる。南インド洋でも同様の傾向 が見られるか今後分析を進めたい。

引用文献

[1] Takahata et al. (2008), J. Oceanog., 64, 293-301.

北太平洋におけるプルトニウム同位体比の分布

○山田 正俊 ・ 鄭 建 (弘前大・被ばく研)(放医研・環境影響) キーワード: プルトニウム同位体比 ・ ID-SF-ICP-MS ・ 北太平洋 ・ ビキニ核実験

1.はじめに

北太平洋におけるプルトニウム同位体の主要な起源は、 1950年代から1960年代前半にかけて行われた大気圏核 実験によるグローバルフォールアウトや1940年代後半 から1950年代に行われたマーシャル諸島ビキニ核実験 によるローカルフォールアウトである。プルトニウムに は13種の同位体が存在し、そのうち地球化学的に有用な 同位体は、²³⁸Pu (半減期:87.7年)、²³⁹Pu (2.413x10⁴年)、 ²⁴⁰Pu (6.563x10³年)、²⁴¹Pu (14.36年)である。核実験 によりもたらされた²³⁹Pu、²⁴¹Pu の太平洋全体にお ける蓄積量は、それぞれ、4.5 PBq (10¹⁵ Bq)、4.0 PBq、 24 PBq と見積もられている(西暦 2000年1月1日に減 衰補正)。プルトニウム同位体のうち²³⁸Pu は、630TBq の²³⁸Pu 燃料電池を搭載した米国の衛星(SNAP-9A)が打ち 上げに失敗し、大気圏に再突入し、西インド洋上空で完 全に燃え尽き環境中に拡散したことによりもたらされた。

プルトニウム同位体は、国際GEOTRACES(海洋の微 量元素と同位体による生物地球化学研究)計画のキーパ ラメーターではないが、海水中で粒子との反応性に富み、 沈降除去されやすいことが知られており、化学トレーサ ーとして有用であると考えられる。また、²⁴⁰Pu/²³⁹Pu同位 体比は、原子炉や核兵器のタイプ、核燃料の種類や燃焼 時間などによって異なることが知られており、環境試料 中の同位体比の測定から、その起源や輸送過程を推定す るのに有効である。しかし、²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度のみで、測定の 困難さから海水の²⁴⁰Pu/²³⁹Pu同位体比の定量はほとんど 行われていない。本研究は、海水中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度と ²⁴⁰Pu/²³⁹Pu同位体比の鉛直分布を測定し、グローバルフォ ールアウト起源とビキニ核実験起源の相対的な寄与率お よび北太平洋でビキニ核実験起源プルトニウムがどこま で拡がっているかを解明することを目的とした。

2. 方法

海水試料は、北部北太平洋や太平洋赤道域において、 1 試料につき約 250 L を採取した。Pu は水酸化鉄で共沈 後、陰イオン交換法等により分離・精製した。ステンレ ス板に電着し、²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度を測定した。アルファ線測定 後、ステンレス板から溶解し、分離・精製を行い、高分 解能誘導結合プラズマ質量分析装置(ELEMENT 2, Thermo Fisher Scientific)を用いて、²³⁹Pu と²⁴⁰Pu を定量した。

3.結果と考察

結果の一部として、図-1に太平洋赤道域における海水

中の²³⁹Pu、²⁴⁰Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度の鉛直分布を示す。表面 水の²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度は 2 mBq m⁻³ で、深度とともに増加し、 水深 600 m で極大となり、その後減少する。²³⁹Pu と²⁴⁰Pu 濃度も鉛直分布パターンは一緒であるが、²³⁹Pu が²⁴⁰Pu に 比べやや高い濃度である。また、表面水の²⁴⁰Pu/²³⁹Pu 同 位体比は 0.214 で、深度とともに増加し水深 3000 m で極 大となり、その後減少し、底層で 0.228 となった。この ²⁴⁰Pu/²³⁹Pu 同位体比の値は、大気圏核実験によるグロー バルフォールアウトの平均値(0.180 ± 0.014, Kelley et al., 1999)に比べ、有意に高い値であった。

海水柱中での²³⁹Pu、²⁴⁰Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu の全インベントリーは、それぞれ、15.0、13.1、28.1 Bq m⁻²であった。この28.1 Bq m⁻²のうち、ビキニ核実験起源は11.1 Bq m⁻²を占め、その寄与率は40%であった。残りの17.0 Bq m⁻²がグローバルフォールアウト起源である。太平洋赤道域でも深海にまでビキニ核実験起源プルトニウムがおよんでいた。



図-1 太平洋赤道域における海水中の²³⁹Pu、 ²⁴⁰Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu 濃度の鉛直分布

強配位子場元素ジルコニウム, ハフニウム,

ニオブ、タンタルの海洋地球化学

○宗林由樹, M. Lutfi Firdaus, 南 知晴, 則末和宏 (京大化研) キーワード: HFSEs, 太平洋, 南極海, 水塊トレーサー

水塊の循環を知ることは、海洋および地球の気候 システムを理解する上で重要である.水温と塩分が 基本的に水塊を特徴付けるが、それはしばしば不十 分である.可能性のあるトレーサーが、微量元素と その同位体に求められてきた.候補のひとつは、ジ ルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、ニオブ (Nb)、 タンタル (Ta) などの強配位子場元素 (high field strength elements, HFSEs) である¹.これらは、+4 または+5の酸化数をとり、Zr(OH)⁵ や Nb(OH)⁶ な どの水酸化物錯体を生成するため海水に溶けにくい、 従来これらの元素は分析が困難であったが、我々は 新しい分析法を開発し²、それを用いて溶存態 HFSEs の南極海-太平洋における鉛直断面分布をあきらか にした³.

西経 170度(65°S~10°N)および西経 160度(10°S ~50°N)に沿った鉛直断面において,HFSEsは一般 に表層で濃度が低く,深層では南極海から北太平洋 に向かって濃度が増加し,ケイ酸と強い相関を示し た(R>0.8).鉛直断面分布は,これら元素の収支に は海底熱水活動による供給よりも陸源物質の寄与が 重要であることを示唆した.太平洋海水中の重量比 は, Zr/Hf は 45~350, Nb/Ta は 14~85 であった. これらの値は, 淡水, マントル, 地殻, コンドライ ト隕石などの値に比べて概して高く, かつ変動が大 きかった. 我々は, 海洋における Zr/Hf 比および Nb/Ta 比が, 特徴的な分別を示し, 水塊のトレーサ ーとして有用であることを見出した.

- Orians, K. J. & Merrin, C. L. in *Encyclopedia of* Ocean Sciences Vol. 4 (eds John H. Steele, Steve A. Thorpe, & Karl K. Turekian) 2387-2399 (Academic Press, 2001).
- 2 Firdaus, M. L. *et al.* Preconcentration of Zr, Hf, Nb, Ta and W in seawater using solid-phase extraction on TSK-8-hydroxyquinoline resin and determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* **583**, 296-302 (2007).
- 3 Firdaus, M. L., Minami, T., Norisuye, K. & Sohrin, Y. Strong elemental fractionation of Zr-Hf and Nb-Ta across the Pacific Ocean. *Nature Geosci.* (in press).



図 1 溶存態 Zr/Hf モル比の南極海-太平洋鉛直断面分布

海底境界層における親生物元素および微量金属元素の動態解明 - 東部太平洋の観測結果を中心に-

○南 秀樹¹・山田悠香子¹・小畑 元²・中口 譲³・村山雅史⁴・加藤義久⁵・南川雅男⁶ (¹東海大・生物理工,²東大・大気海洋研,³近畿大・理工,⁴高知大・海洋コア,⁵東海大・海洋,⁶北大院・地球環境) キ- ワ- ド:堆積物・海底境界層・物質循環・環境プロキシ

<u>1. はじめに</u>

海洋における植物プランクトンの発生には必須栄養塩と,鉄 (Fe), マンガン (Mn), 銅 (Cu), 亜鉛 (Zn), バナジウム (V), セレン (Se), モリブテン (Mo) など生物活性微量金属元素が必要 とされている。これらの元素は海洋表層において、生物活動によ り粒子化され、溶解、吸着、再懸濁などの作用を受けながら海水 中を沈降し、海底へと運ばれ最終的には堆積物へ埋没する。堆積 後も海底への有機物のフラックスと密接に関係する初期続成過程 などの影響を受けて、移動および循環を行っているが、その過程 は複雑で明らかになっていないことが多い。また、これらの元素 はその個々の特徴により現在および過去の海洋環境情報を蓄積し ていると考えられているが、上述したように堆積後も様々な物理、 化学、生物的な影響を受けているため、そのことを考慮した環境 解析への応用が不可欠となる。本研究は世界的な気候変動に対し てもその影響が強く、表層の生物生産量や種が南北で長期にわた り大きく変化していると推定される東部太平洋ペルー沖湧昇域の 深海堆積物中で起こる親生物元素および生物活性微量金属元素の 挙動を明らかにし、今後の古環境プロキシへ応用するための情報 を得ることを目的としている。

2. 試料採取と分析

堆積物試料は東京大学海洋研究所「白鳳丸」の2003年KH-03-1 次航海においてマルチプルコアラー採泥器を用いて採取した。堆 積物の色相は色彩色差計により測定した。堆積物中の全炭素およ び全窒素はCHN元素分析装置により、炭酸カルシウムはガス圧式 定量法により測定した。有機態炭素は(Corg)は、全炭素から炭酸 カルシウムの炭素量を引いて算出した。生物起源ケイ素(Opal) は炭酸ナトリウムにより抽出し定量した。金属元素は、酢酸溶出 画分(HOAc)、還元剤溶出画分(Reducible)、全溶解(Total)(硝 酸、フッ化水素酸、過塩素酸、塩酸)の各画分中のFe, Mn, Al, Ti, Ba, Zn, CuをICP発光分光分析装置により, Mo, Vを原子吸 光光度計により測定した。なお、堆積量はHorikawa et al. (2006) の AMS¹⁴C 年代法により求められたピストンコアラーの平均堆積 速度を用いて算出した。

3. 結果および考察

海洋表層の生物生産の指標となる堆積物中の炭酸カルシウム

含有量は、HY03 が 12%以下と低い値を示したのに対して、HY04 から南で 58-77%と高含有量を示した。HY03 の水深は 3661m で他 の観測点と変わらないことから、溶解による影響は少ないものと 考えられる。同様に生物生産の指標となる Opal はHY05 から HY08 の低緯度域で平均 40%と高含有量を示した。堆積量についても赤 道付近の HY06 で多いことがわかる (図1)。したがって、海洋表 層の環境の変化に伴いこの海域の南北では生物生産量や生物種 が大きく変化していたことがわかった。

陸起源物質である粘土鉱物の指標となる全溶解した 【Total-A1】/【Total-Ti】比は全測点でほぼ一定で,地殻の平 均組成比(18.5)に近い値を示した。この比はHY09を除く他の 観測点において鉛直的にも変化が少ないことから南北で堆積す る粘土鉱物の組成は水平あるいは鉛直的にもあまり変化がない ことがわかった。一方,生物活性微量金属元素の一つであるFe

(Total-Fe)とTotal-Tiの比は地殻の平均組成値よりHY04,HY05, HY08において高く,低緯度のHY06,HY07は低くなった。この傾向はReducible-Fe(主に酸化物態鉄)の分布も同様であり,Opal の水平分布とは逆の傾向を示した。したがって,生物生産が高い 低緯度の海底環境は、多少還元的な環境となりReducible-Fe が 堆積しにくい状態であることがわかった。また、特にHY04にお いてはReducible-Fe の堆積量が多く、酸化的であったが、この 試料においては HOAc-Cu と Opal 間に正の相関がみられた (R²=0.82)。その他にもMn やMo についてもその挙動に関連性が みられたのでこれについても報告する予定である。



図; 1.0pal と炭酸カルシウムの堆積量(mg/m²/yr)

海洋におけるバリウムの分布と Ba-Si/Nダイアグラムの特徴

○加藤義久 (東海大海洋)

キーワード:バリウム,大洋縦断分布, Ba-Si/Nダイアグラム

海洋における溶存バリウムは、栄養塩と類似した鉛直 分布を示し、かつ深層水大循環の下流域に向かってその濃 度が徐々に増加することが知られている.一方、海水中あ るいは海底堆積物中において重晶石の微粒子が見いだされ るが、最近の研究の焦点は、果たして生物生産過程におい て、生物体内(骨格あるいは軟組織)で重晶石が合成さ れるのか否かに移りつつある.なぜなら、難溶性である 重晶石の生成量が生物生産量と直接関係するなら、海底 コア中の重晶石の堆積速度から海洋表層における古生物 生産量の変動を復元することが可能となるからである (Paytan et al.,1996; Paytan and Kastner, 1996; Paytan and Griffith, 2007).

果たして,海産重晶石は古海洋生物生産プロキシー となり得るであろうか.そのことを明らかにするため にも,現在の海洋における溶存バリウムの分布の特徴 を理解しておく必要がある.

我々の研究室では、これまでに北太平洋(WOCE P01rev. & P02),東インド洋(KH-96-5),南極海 (KH-04-5),東太平洋赤道域 (KH-03-1),および中央 太平洋 (KH-04-5 & KH-05-2)から海水試料を収集 し,溶存バリウムを測定してきた.それに縁辺海であ るオホーツク海(KH-98-3),日本海(KH-98-3),南シナ 海(KH-96-5),スールー海(KH-96-5,),アンダマン海 (KH-96-5),およびタスマニア海(KH-92-4)では、海盆 地形に依存する特徴的な鉛直分布を得た.

図1は中央太平洋における溶存バリウムおよびSi/N 比の南北縦断分布を表している.この断面図から,南 緯45度~北緯15度にかけて,溶存バリウムの分布にお いてもBenthic Frontが明瞭に現れている事が読み取れ る.また,北太平洋亜寒帯域の底層水中で見られる高 Ba高Si/N比は,海底からのバリウムの溶出,およびケ イ酸塩の再生・回帰の寄与が大きいことを示し ている.

インド洋GEOTRACES航海(KH-09-5)ではマル チプルコアラーで表層堆積物を採取した.図2は その間隙水中のバリウムの分布を表している. インド洋北部では表層間隙水のバリウム濃度は 極めて高く,底層水中の約7倍にも達している. しかしながら,その濃度は南下するに従って重 晶石の飽和濃度に近づく.すなわち,高生物生 産域であるアラビア海の海底では,バリウムの 再生・回帰が活発に起こっていると予想される.

一方, Ba-Si/Nダイヤグラムによる解析の結果, これま で調べた海域では,大洋の海盆ごと,あるいは縁辺海ご とにBa対Si/N比は特有な直線関係を示すことが判ってき た. 白鳳丸KH-09-5航海においては,西部インド洋のアラ ビア海から南極海までの縦断観測によって海水試料を得て いる.また,坂本ら(本シンポジウム)によって,表層堆 積物中の重晶石の緯度分布が明らかにされようとしてい る.海水中の溶存バリウムの分布と海底からのバリウムの 再生循環の実態はどのようか,その効果がBa-Si/Nダイア グラムの関係にどのように反映されるのか,期待される.



図1. 中央太平洋における溶存バリウムおよびケイ素/窒素比の南北 縦断分布(KH-04-5およびKH-05-2観測結果:中村, 2008)



図2. インド注表層堆積物間隙水中のパリワムの分布(KH-09-5). 点縁は 現場条件下(温度, 圧力, 塩分)における重晶石の飽和濃度 (田中, 2011).

熱水プルーム中の微量元素の挙動

下島 公紀 (財)電力中央研究所 キーワード:海底熱水活動,熱水プルーム,微量元素

海底熱水活動では海洋地殻にしみこんだ海水と高温の 岩石との化学反応によって、熱水中の微量元素濃度は非常 に高くなる。高濃度の微量元素を含んだ熱水は、熱水噴出 孔を通して海洋深層に放出され,周囲の海水との急激な希 釈・混合によってやがて浮力を失い、熱水プルームとして 広範囲に拡がっていく。海底熱水活動よる海洋への微量元 素の供給について検討する場合、潜水船による熱水噴出孔 からの熱水採取と、観測船からのハイドロキャストによる 熱水プルームの採取といった従来の方法だけでなく,熱水 が放出された直後から熱水プルームとなる過程、すなわち 噴出直後の熱水と周辺の深層海水との混合・希釈・拡散の 過程で起こる微量元素の挙動について,時空間的に連続し た試料やデータを取得する必要がある。なぜなら、微量元 素は、ヘリウムのような単純に希釈のみで濃度が減少する 保存性成分とは全く異なり、粒子として海水中から必ず除 去される非保存性成分だからである。そのためには、熱水 と熱水プルームをつなぐ浮上性プルームの追跡観測や、熱 水噴出孔を中心にしたグリッド航走による熱水プルーム のマッピング観測によって試料を採取し、深層水中に拡散 していく熱水プルーム中の存在状態別(溶存態と懸濁態) の微量元素の割合を広範囲に把握する方法が効果的であ る。

このような観測手法によって得られた熱水プルーム中 の存在状態別の微量元素濃度の違いから、粒子として熱水 プルーム中から除去される部分と、溶存態として底層海水 中に運ばれる部分とに分け、それぞれの挙動を検討するこ とによって、海底熱水活動から海洋への微量元素の供給に ついて議論することが可能となる。

これまでの観測によって次のことが解ってきた。熱水中 では、V, Ni, Cu, Mo, Cd, Pb, Zn は懸濁態の割合が多い。 Cu, Cd, Pb などのように硫化物を形成しやすい元素は、 熱水が底層水へ噴出するまでの過程で硫化物として沈積 し、噴出直後にはそのほとんどが熱水中から除去されてい る。そのため、熱水プルーム中の濃度は底層海水中の濃度 に比べると僅かに高いか、ほぼ同じであり、溶存態の割合 が高くなる。熱水中のFe 濃度は底層海水の500倍~10万 倍という高濃度であり、溶存態と懸濁態がほぼ同じくらい の割合である。熱水プルーム中では、Fe などは主に水酸 化物を形成し、熱水プルームの希釈・拡散過程で徐々に海 水中から除去される。このような水酸化物は他の微量元素 を吸着して共沈させる除掃担体としての役割を果たすこ とが考えられる。硫化物として沈積しにくいMnは、熱水 中においてもそのほとんどが溶存態であり、その濃度も Fe と同様に極めて高い。Mn は溶存態として底層水中に放 出され、熱水プルームの希釈・拡散過程で徐々に懸濁態の 割合が多くなり、酸化物として徐々に海水中から除去され る。また、溶存態の化学形態の一つとして有機態金属の存 在が確認されており、熱水依存型生態系との関連が注目さ れる。

このように、噴出直後の熱水が周辺の海水によって希 釈・混合される間に熱水の化学的性質は劇的に変化し、微 量元素はその物理化学的な性質に応じた挙動をする。これ は微量元素が河川から沿岸域に流入したときに起こる現 象とよく似ている。すなわち、河川からは大量の陸起源の 微量元素が流入するが、これらのほとんどは沿岸域で除去 されるため、僅かな部分だけが外洋域に運ばれるのである。 同様に海底熱水活動によって供給される微量元素のほと んどは、噴出口周辺に硫化物や水酸化物・酸化物として沈 積し、残ったわずかな部分だけが底層水中に拡散するが、 やがては海水中から除去されていると考えられる。

海底熱水活動による海洋への微量元素の供給の研究に おいては、浮上性プルームや熱水プルーム中の微量元素が 懸濁態として除去される過程を明らかにし、微量元素の真 の供給を見積もることが、今後の大きな課題である。また、 このような観測と同時に、熱水が噴出してからの時間経過 を把握するために放射性核種などを利用して、微量元素の 除去過程に時間項を入れること、海水流動観測など海洋物 理学的パラメータを取得すること、微生物活動の関与(微 量元素の懸濁態化や溶存態化)を検討することなども必要 である。