

東京大学海洋研究所共同利用研究集会

InterRidge-Japan 研究集会 海底拡大系の総合研究

- 海底拡大系における海洋地殻内流体 -

講演要旨集

平成 20 年 10 月 30 日 (木)

平成 20 年 10 月 31 日 (金)

東京大学海洋研究所 講堂

中部マリアナトラフ潜航調査報告

富士原敏也 (JAMSTEC)、○浅田美穂 (東京大学海洋研究所)、海野進 (金沢大学)
小池悠己 (高知大学)、岡田聡 (日本海洋事業)、YK08-08Leg1 乗船研究者一同

マリアナトラフは活動している背弧拡大系の一つである。東から太平洋プレートの沈み込みを受けているマリアナトラフの拡大軸位置はトラフ中心線よりも優位に東側に寄っていることが知られている。なぜ、どのようにして拡大軸がトラフ中心線より東側へ寄ったのかを解明するために、中部マリアナトラフ拡大軸谷内部の火山性およびテクトニック構造群の分布をかつてない精度で調査している。

サイドスキャンソナー「わだつみ (東京大学海洋研究所)」を用いた海洋地質構造調査は、北緯 17° および北緯 18° の 2 セグメントで 2003 年に行われた。北緯 17° のセグメントではセグメント中心が大きくドーム型をなしており、低速拡大軸に典型的ではない大規模な火山活動が、近い過去に起こった可能性が示唆されていた。調査の結果、これのセグメント中心には活発な火山活動を示唆する溶岩流が、端に向かってはより低い火山活動を示唆する溶岩流が分布していることが分かった。また軸谷内部に発達する尾根や断層など線状構造には、軸谷走向に平行な(NW-SE 走向)ものと、斜交する(NS 走向)ものが混在していることが分かった(Deschamps et al., 2004, 2005, ほか)。単一の拡大軸谷内部に複数の応力状態を反映する構造群が見つかることは異例である。NS 走向の構造は NW-SE 走向の構造よりも若い傾向があったが、明瞭な前後関係は掴めなかった。また NS 走向の構造は軸谷内部の東側に多く観察された。Asada et al. (2007) は、この NS 走向の構造が東側に多い理由を「拡大軸位置の東へのジャンプにより破壊を受ける範囲が東側に移動したから」とした。しかし解明には至らなかった。

今回この北緯 17° セグメントの拡大軸谷内部で 3 回の潜航調査を行った。その結果、以下の新しい事実を得た。

1. 2003 年に得たサイドスキャンソナー画像の、グラウンドリファレンスデータを得ることが出来た。サイドスキャンソナーで識別できた異なる種類の画像が、それぞれ異なるタイプの溶岩流を映していることを確認した。これによりサイドスキャンソナーが得たより広い範囲で、火山活動度を推し量ることが可能になった。
2. 異なる走向群間の新旧関係がはっきりした。サイドスキャンソナー画像上に現れた異なる走向を持つ構造群のうち、NW-SE 走向の構造がよく尾根-沢地形を形成し(時に堆積物で埋められた亀裂としても発見され)、NS 走向の新鮮な亀裂がこれを切る様子が確認出来て、NS 走向の構造がより新しい構造であると確かめられた。
3. 溶岩流の分布を推測出来た。計 3 回の潜航調査を行った結果、似た形態をもつ溶岩流が離れた場所で確認できた。これは海底で一筋の溶岩流が到達する範囲の考察に発展する。
4. サイドスキャンソナーで得た海底の詳細な特徴は、マルチビーム測深で得られる微細地形とよく一致することを再確認した。

本発表では、中部マリアナトラフ研究の意義を再確認すると共に、サイドスキャンソナー画像解析の視点からこの航海で得た最新の知見を報告する。今後は、潜航で得たサブボトムプロファイルデータと三成分磁力計データの解析、岩石試料分析などを行って、北緯 17° のセグメントにおける火山活動・造構運動の分布や変遷などを明らかにする予定である。

ホットスポット影響下の南西インド洋海嶺（東経 34 度 - 40 度） における地球物理マッピング探査

○佐藤太一・沖野郷子（東京大学海洋研究所）・島 伸和（神戸大学）

海洋性地殻の多様性は海洋底拡大速度とメルトの供給度合で決定すると考えられている。加えてホットスポットが中央海嶺の十分に近傍に存在するときはこの 2 つの火成活動の相互作用により特徴的な海洋性地殻が形成され、世界各地で研究されている。しかし二つのシステムがどのように相互作用するのかについては解明されていない点が多い。火成活動の程度すなわちマグマ生産量は地殻の厚さの変化と考えることができるので、本研究ではホットスポット近傍の中央海嶺において、海洋底拡大に伴う海底地形の対称性および地殻の厚さに着目して研究を進め、マグマ生産量の時空間的な変化の有無を検討した。

本研究では、2008 年 1 月に実施された白鳳丸航海(KH0704-Leg2)で得られた地球物理探査(海底地形・船上地磁気・船上重力)データを使用した。調査海域は超低速拡大海嶺(両側拡大で年間 20mm 以下)の南西インド洋海嶺の一部であり、マリオンホットスポットの相互作用が期待される。

調査範囲は Prince Edward 断裂帯と Eric Simpson 断裂帯に挟まれた海域である。3 つの拡大軸に直交するサブセグメントとそれをつなぐ斜交した深まりから構成されている。このうち西側セグメント(35°30'E-36°20'E)、中央セグメント(37°15'- 37°35'E)、これら二つをつなぐ深まり(35°30'-36°20'E)を海嶺軸から南北 60km までを調査した。

中央セグメントでは、軸谷内に AVR がみられ、オフアクシスではアビスアルヒルがみられ、地磁気の縞は明瞭で、地殻の厚さは 6km と推定されることから、典型的な低速拡大海嶺だと思われる。加えて、海底地形は南北非対称で、南側は起伏が大きく平均深度は浅い。また南側は時代ごとの拡大速度に大きなばらつきがあり、非対称拡大が過去に起きたことを示している。西側セグメントは中央セグメント同様に地形的には低速拡大系の特徴を呈して、起伏が大きく、かつ南北非対称で、浅い。加えて、過去の内角高地にあたる場所では地殻が薄く地磁気の縞が不明瞭である。さらにはセグメント東端に西向き V 字の地形的高まりが存在するが、その先端では地殻の厚さが 9km と推定されている。これより地殻の厚さが時空間的に大きく変化していることが明らかである。拡大速度の見積もりから現在の拡大軸はごく最近北へジャンプしたと解釈すると地磁気異常をうまく解釈できた。二つのセグメントをつなぐ深まりの軸から離れた部分は南北非対称な地形、不明瞭な地磁気、比較的薄い地殻で特徴付けられ、地殻深部物質が露出している可能性を示唆する。

以上の結果から、本海域も他の超低速拡大海嶺と同様にメルトフォーカシングの影響が大きいと考えられる。また非対称拡大とそれに伴う海底地形の非対称性(南側で浅く起伏が激しい)が明らかである。これらの特徴をもつ海洋性地殻の形成過程およびホットスポットの関連を探るには、地震波速度構造や断層の分布などさらなる情報と併せて議論することが必要である。

南西インド洋海嶺 (KH07 - 4 航海) で採取された岩石類

佐藤 暢[○] (専修大学経営学部)・仙田量子 (IFREE/JAMSTEC)・中村謙太郎 (東京大学工学研究科)・町田嗣樹 (東京大学海洋研究所)・根尾夏紀 (新潟大学自然科学研究科)・熊谷英憲 (IFREE/JAMSTEC)

中央海嶺での拡大様式や海嶺の構造は、拡大速度とメルト供給のバランスで決まっており、メルト供給量はマントルソースの温度や組成を反映していると考えられる。従って、拡大速度がほぼ等しい中央海嶺での拡大様式・海嶺の構造は、マントルソースの温度・組成条件の違いの結果であると推測される。この仮説のもと、白鳳丸KH07-4次航海第2節では、南西インド洋海嶺の東経34度から40度の海域で地球物理学の探査の他、ドレッジによる岩石採取を行った。岩石採取は計8点で行われ、6点から玄武岩類・カンラン岩類の岩石が採取された。

当該海域の拡大速度は、年間 \sim 15 mmであり、超低速拡大海嶺に分類される。南側にマリオンホットスポットが存在するため、Prince Edward FZとEric Simpson FZの間のセグメントはその影響を受けていると考えられるが、その影響はPrince Edward FZの西側には影響していないとされている。またEric Simpson FZより東側のセグメントはDUPAL異常が顕著であると報告されている。このようなセグメントの下、図に示した場所で試料採取を行った。

DR01からDR07のドレッジサイトでは、玄武岩が採取された。DR01では極少量のガラス片を、DR02では斜長石斑晶を多量に含む玄武岩が採取された。DR04では斜長石斑晶を多量に含む玄武岩のほか、無斑晶質一斑状玄武岩が採取された。DR06およびDR07では、変質を被った無斑晶質の玄武岩が採取された。無斑晶質および斑状の玄武岩の全岩主成分化学組成から計算されたNa8 (Mg0=8wt%におけるNa₂O含有量。ソースマントル組成が均質で、同じ様な結晶分化作用を経たと仮定すれば、値が高いほど部分融解度が低いと推定される)はDR04の玄武岩で2.6 \sim 2.7、DR06で1.9、DR07で2.5であった。

Prince Edward FZの中の構造的な高まり (DR08) でかんらん岩が採取された。蛇紋岩起源と見られる砂サイズのマトリクスの中に最大5 cm程度の礫岩として含まれていた。蛇紋岩化作用が著しく、70体積%以上が蛇紋石などの変質鉱物であり、かんらん石は2体積%未満である。輝石類は不定形のスピネル (約1.3体積%) とともに変質を免れて含まれており、斜方輝石が約12体積%、単斜輝石が約11体積%であった。輝石類のモード組成から、源岩はレルズライトであったと推定される。かんらん石の化学組成はMg#=0.92 (N=9)、スピネルの化学組成はMg#=0.68、Cr#=0.33 (N=13)であった。スピネルのCr#からは比較的低い部分融解度が推定される。

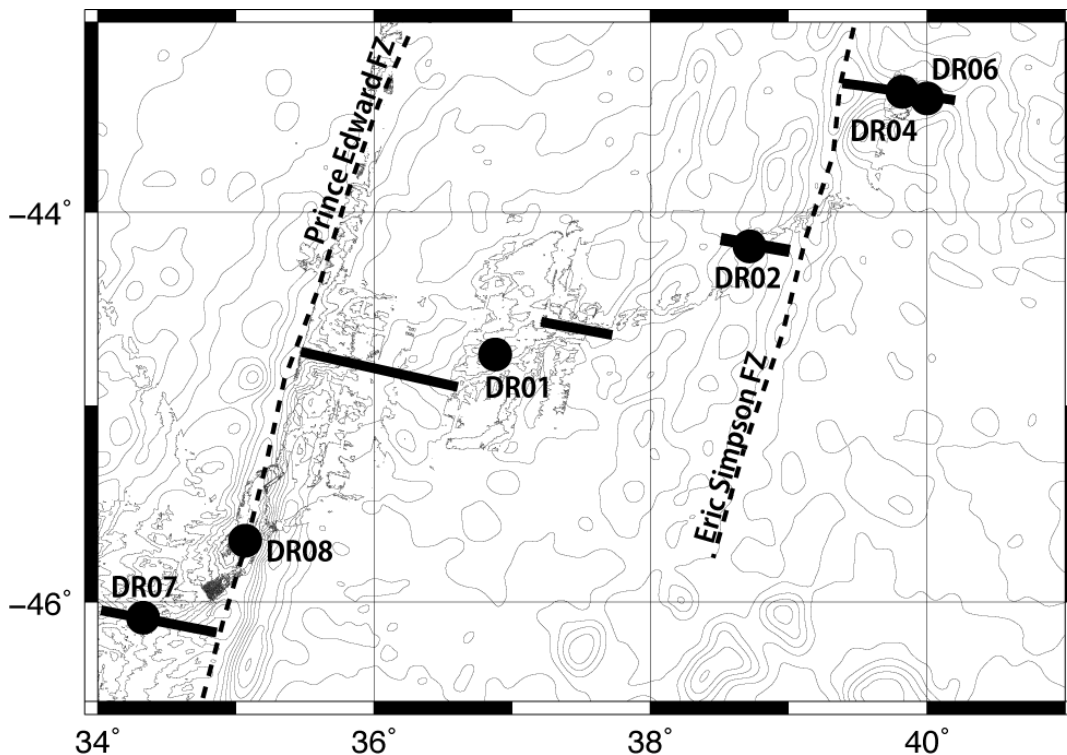


図 KH07-4 Leg2 でのドレッジサイト (試料採取されたサイトのみ)。黒太線は拡大軸を示す。地形データは東京大学海洋研究所・佐藤太一氏より提供されたものを用いて作成した。

南西インド洋海嶺、東経 37° 付近における地震波速度構造調査（序報）

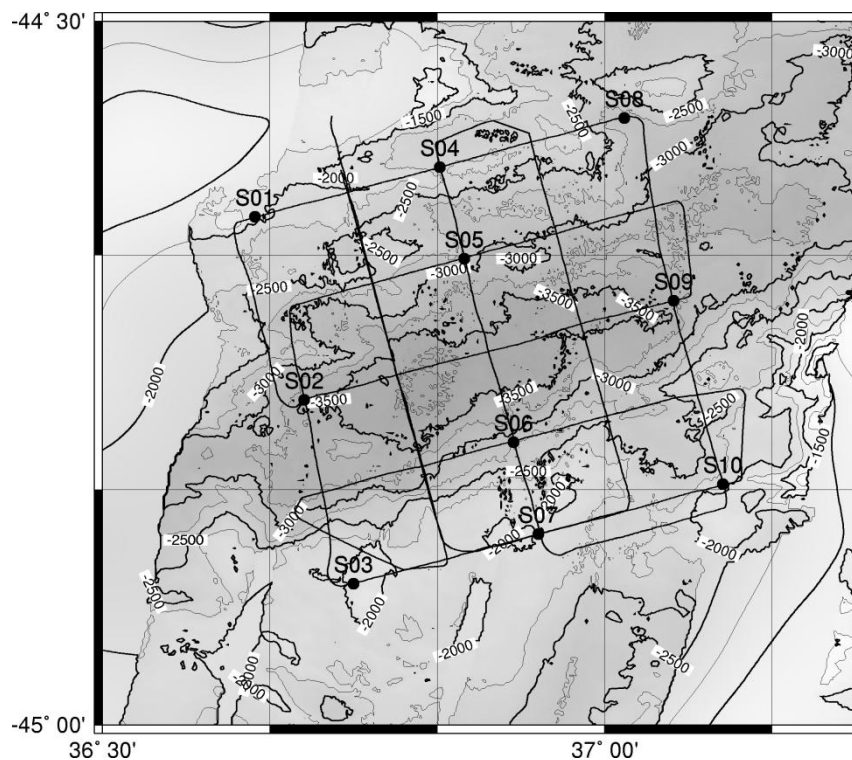
○北村貴幸・佐藤利典・水野真理子（千葉大）・竹本帝人（東大・地震研）・亀尾桂・中村恭之（東大・海洋研）・篠原雅尚・望月公廣（東大・地震研）

中央海嶺系における海洋底拡大のプロセスとそこで生成される海洋地殻・リソスフェアの構造は概ね海洋底拡大速度に依存すると考えられている。しかし、海洋底拡大様式と地殻構造に影響を与えているのは、メルト供給と拡大速度のバランスであるとされている。そこで拡大速度以外のパラメータによって中央海嶺の構造がどのように変化するかを調べるため、南西インド洋海嶺、東経 37° 付近で地殻構造探査を行った。

南西インド洋海嶺、東経 37° 付近には、南側にマリオンホットスポットが存在し、南北でメルトの供給量が異なることが予想され、それによる影響で南北の構造がどのように違うのかを調べるため、海底地震計(OBS)とエアガンを用いた地震波速度構造調査を行った。

観測は、2008年1月に東京大学海洋研究所白鳳丸 KH07-4 航海において行った。使用した OBS は 10 台、エアガンは 20 l x2 を 60 秒間隔(150m 間隔)で発震した。OBS は下図のように海嶺の一つのセグメントを囲うように展開し、3次元構造を調べるためにエアガンを格子状に発震した。

本発表では、観測の概要と各 OBS 測線上の 2次元の地震波速度構造の結果を示す。結果、北側の方が南側よりも地殻が厚くなっているが、地震波速度は南側の方が遅くなっているということが分かった。



図：地震波構造探査測線図。黒丸は OBS、実線はエアガンのショットラインを示す。

PS 変換波を用いた海洋地殻内 S 波速度構造の推定

○辻野良輔(神戸大学)・小平秀一(海洋研究開発機構)・
 金田謙太郎(海上保安庁海洋情報部)・島伸和(神戸大学)・
 西澤あずさ(海上保安庁海洋情報部)

地震探査において S 波速度構造を得ることは重要である。P 波速度構造に加えて S 波速度構造を推定し、 V_p/V_s を求めることができれば、岩石の種類や構成物質に更なる情報を与えることができる。また、含水量や空隙率といった評価にもつなげられる可能性がある。海底地震計(OBS)を用いた屈折法地震探査では、人工震源としてエアガンが用いられることが多い。エアガンから発振される弾性波は P 波であるために、主に P 波速度構造推定が行われてきた。しかし海底下に柔らかい堆積層などがある場合、その下の基盤との境界に P 波が入射してしばしば PS 変換波を発生させる。本研究では、この PS 変換波を用いて海洋地殻内 S 波速度構造を推定した。

使用したデータは、大陸棚調査において海上保安庁海洋情報部が探査を行った OGr13 測線のものである。測線は 505km の長さで、小笠原諸島・母島の東方沖約 50km の地点から南東へ母島海山及び小笠原海台を横切って北西太平洋海盆へと延びている。OBS は測線に沿って 5km 間隔に 100 台設置され、内 94 台が回収された。エアガンによる発振は 200m 毎に行われた。また、同測線に沿ってマルチチャンネルストリーマを用いた反射法地震探査も行われた。PS 変換波は測線の北西端を始点として水平距離 200-505km の間で計 54 個の OBS の記録から読み取ることができた。よってこの範囲を S 波速度構造推定範囲とした。

PS 変換は、一般的に P 波速度のコントラストが大きい場所で起こるとされている。本研究では、PS 変換面を堆積層-基盤境界と仮定し、堆積層-基盤境界の位置は MCS データと速度解析結果から決定した。堆積層の PS 変換波には主に、OBS 直下で P 波から S 波に変換される PPS 波、発振点直下で P 波から S 波に変換される PSS 波、発振点直下で P 波から S 波に変換され、OBS 直下で S 波から P 波に変換される PSP 波の 3 種類がある。この内 PSP 波は地殻内のみ S 波で通過するので、PSS 波に比べ解析がしやすい。そこで今回はこの PSP 波を用いて解析を行った。推定された P 波速度構造モデルから、基盤以深を $V_p/V_s=1.78$ とした S 波速度構造初期モデルを作成し、フォワードモデリング、インバージョンを用いてモデルを更新した。

推定された P 波速度構造モデルと S 波速度構造モデルから計算された V_p/V_s モデルでは、測線上約 320km 地点を境に大きな違いがみられる。すなわち、200-310km 間の小笠原海台部分では 1.8-1.95 と比較的大きな値を示し、330-505km 間の北西太平洋海盆部分では 1.785 と比較的小さくほぼ一定の値を示した。この違いは両者の組成、含水量や空隙率の違いを示唆している。

海嶺セグメント構造による溶岩層の層序学的変化 —オマーンオフィオライトの例—

○草野有紀・宮下純夫（新潟大学）・海野 進（金沢大学）

中央海嶺火成活動による溶岩層の実体については、海底の音波探査や掘削、ドレッジなどによって盛んに研究が進められている。高速拡大海嶺において、海嶺セグメント構造の位置によるマグマシステムの系統的な変化も明らかになってきたが、これらは表層の玄武岩組成や地形的な考察が主体である。

オマーンオフィオライトは、マントルから斑レイ岩、シート状岩脈群、溶岩層までの海洋リソスフェア構造が連続的に露出している世界最大規模のオフィオライトである。これまで、マントルハルツバージャイト・斑レイ岩を中心に研究が進められているが、溶岩層を海洋底で得られた事実とあわせて検討した例はあまり報告されていない。

溶岩層は、シート状岩脈群の直上に位置し、海嶺火成活動で形成された **Geotimes/V1**、未分化な組成を持つ **Lasail**、島弧火成活動で形成された **Alley/V2**、オブダクションステージで形成された **Salahi/V3** で構成される。各研究者によって区分や成因に関する議論が異なり、特に **Lasail** ユニットの区分に関しては混乱した状態にある。**MORB** の最上面を示すアンバーを根拠に **V1** に含めるとする研究者と、化学組成の類似から **V2** に含めるとする研究者の大きく 2 派に分かれている。前者は層序学的な観察結果を根拠に、後者は地球化学組成の類似を根拠にしているが、両手法をあわせて結論を出すことが、この問題の解決に欠かせない。

海嶺から噴出した溶岩の形態は、マグマ供給率や冷却速度、海底の地形を反映し、噴出量が多く、斜面の傾斜が緩やかなところではシートフローが卓越する。一方、噴出量が少なく、斜度が急なところでは枕状溶岩が形成される。また、海洋地殻の溶岩層は元来、そのすべてが海嶺火成活動により形成したと考えられてきた。しかし実際には、海嶺軸上で噴出した溶岩、軸から 1~4 km 流出した溶岩、上部 1/4~1/3 はオフアクシスで噴出した溶岩が累重し、構成する溶岩の組成は非常に複雑であることがわかりつつある。

本研究では既存研究で 2~3 次の海嶺セグメント構造が定義されている地域において、セグメント中心・中間・境界部の主要 3 ルートの調査を行い、精密な柱状図を作製した。これをもとに、**V1** 噴出岩類の層序学的な変化を検討した。得られたサンプルからは岩石薄片を作成・観察した上で、変質の少ないものは全岩化学組成を分析した。

その結果、オマーンオフィオライト溶岩層において、マグマシステムがセグメント構造の影響を強く反映していることがわかってきた。溶岩層全体の厚さは、セグメント中心部で厚く、境界部ほど薄くなる。中心部の溶岩層は薄く多数のシート溶岩からなるのに対し、境界部では厚い枕状溶岩が卓越する。全岩化学組成では、**Zr ppm** 組成幅はセグメント中心で狭い範囲を示すのに対し、境界部では広い範囲を示す。このような変化と、シート状岩脈群で報告されている変化 (Umino et al., 2003; Miyashita et al., 2003) とをあわせると、上部地殻の形成がセグメント構造に依存することを示している。

本講演では、各ルートの特徴的な変化と層序学的な比較検討、海嶺セグメント構造との関係について報告する。

オマーンオフィオライト北部地域の海嶺セグメント構造と 下部海洋地殻の構造

足立佳子・宮下純夫・橋本瑛久・秋元 梓・戸松 敬
(新潟大学超域研究機構・新潟大学自然科学研究科・
株式会社アサカ理研・株式会社キタック)

1980年代に海洋底の観測が詳細になるに従って、大洋中央海嶺は連続的ではなく、一次から四次の階層的なセグメント構造を有していることが明らかとなってきた (Macdonald et al., 1988; 1991). これらの海嶺セグメントの間には大規模な不連続である重複海嶺から、やや規模の小さな不連続までが識別されている. 海嶺軸方向に沿った地形変化でみると、海嶺セグメントの中心部は水深がより浅く、より規模の大きな海嶺セグメント境界ほど著しく水深が深くなっており、海嶺セグメントの中心部にマグマ供給の中心があることによっていると考えられている (Macdonald et al., 1989). 海嶺セグメント構造が認識されるとともに、海嶺に沿った MORB 組成の変化が検討され、セグメント末端部で部分熔融度が低下すること、セグメント中心部で未分化な岩石が卓越することなどが明らかとなっている. しかし、これらは海底に噴出した玄武岩による解析であり、その深部の構造については物理探査による間接的な情報しか存在しない (Canals et al., 2003 など).

オマーンオフィオライトは全域に渡って連続的にシート状岩脈群およびガブロユニットが観察されることから、高速～中速の拡大軸で形成された海洋地殻と考えられている. シート状岩脈群の走向方向から推定される形成時の海嶺軸は岩体の延長方向と類似しており、同オフィオライトでは延長方向に海嶺軸方向の変化を観察することが可能である. また、露出規模が大きく、噴出岩層からマンテルセクションまでほぼ連続的に観察できるため、マグマ生成から噴出までを総合的に検討できる. 海嶺軸方向の変化については、Nicolas et al. (1996), Lippard et al. (1986)によって、モホ遷移帯-ガブロユニットの層厚に側方変化が見られることが報告されている.

オマーンオフィオライト北部の Fizeh ブロックから Hilti ブロックにおいては、シート状岩脈群の化学組成と貫入方向 (Miyashita et al., 2003; Umino et al., 2003) やガブロユニット内の不連続構造 (Adachi and Miyashita, 2003; Tomatsu, 2004MS) から詳細なセグメント構造が復元されている. このセグメント構造に基づき、セグメントの位置によるモホ遷移帯およびガブロユニットの層厚変化、鉍物化学組成の変化を検討した. またガブロユニットにおいては、垂直方向の鉍物化学組成の変化についても検討を行った. その結果、セグメント中心部ではモホ遷移帯の層厚が厚く、末端部に向かって薄くなること、ガブロ層はセグメント中心部で薄く、末端部に向かって厚くなっていることが明らかとなった. 岩相においてもセグメントの場所により変化が見られ、中心部ではモホ遷移帯内にガブロ層が発達し、ガブロユニットもマフィック鉍物に富む優黒質層が発達する. 末端部では、マンテルセクション最上部にガブロ岩脈が多く、ガブロユニットは優黒質層が少ない. 鉍物化学組成では、かんらん石の Fo 組成、単斜輝石の Mg# は、全体としてマンテルセクションからモホ遷移帯、ガブロユニットにかけて順次分化した値を示すが、その変化幅はセグメント中心部でより連続的で小さく、セグメント末端部ではより大きく不連続的となっている. つまり、セグメント構造はマグマシステム(マンテルでの部分熔融度、メルト抽出の度合い、結晶分化作用など)を基本的にコントロールしていることが結論される.

Macdonald, K. C., et al., 1988, *Nature*, **335**, 217-225.

Macdonald, K. C. et al., 1991, *Science*, **253**, 986-994.

Canals, J. P. et al., 2003, *Geophysical Journal International*, **152**, 766-794.

Nicolas, A. et al., 1996, *J. Geophys. Res.*, **101**, 17,941-17,950.

Miyashita, S. et al., 2003, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **4**, 8617, DOI 10.1029/2001GC000235.

Umino, S. et al., 2003, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **4**, 8618, DOI 10.1029/2001GC000233.

Adachi, Y. and Miyashita, S., 2003, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **4**, 8619, DOI 10.1029/2001GC000272.

大西洋中央海嶺 Site U1309 に産する Cr spinel 中の incompatible 成分に富んだ鉱物包有物の起源

○武田史明・前田仁一郎（北大理）・山崎 徹（産業技術総合研究所）・北大 MORG チーム

MAR の IODP Site U1309 (Blackman et al. 2006) で採取された苦鉄質-超苦鉄質深成岩中のスピネルに H₂O と液相濃集元素に富む鉱物の包有物が見いだされた。包有される鉱物は、パーガサイト質角閃石, Na フロゴバイト (K フロゴバイトの離溶ラメラを含む), 斜方輝石, アルバイト, カンラン石, 単斜輝石, アパタイト, 酸化鉱物, 硫化鉱物である。カンラン石と単斜輝石（一部の試料では硫化鉱物）以外の鉱物は、同一試料中ではスピネル中の包有物にのみ出現する。

このようなスピネル中の包有物は、これまで大陸地殻内層状貫入岩体(Li et al. 2005 など), オフィオライト(Auge 1987 など)から比較的多くの報告があるが、中央海嶺系では、EPR の Hess Deep (Matsukage & Arai 1998 など) に次いで 2 例目である。層状貫入岩体の研究では、未分化なマグマと液相濃集成分に富む媒体との混合に関連してこのような包有物が形成されたとされているが、中央海嶺系は地球上で最も液相濃集成分に乏しい環境のため、そういった媒体を想定しにくい。Hess Deep では、溶け残りカンラン岩と未分化メルトとの反応過程で液相濃集成分に富むメルトが生成される (zone refining 効果: Kushiro 1968) と提案されている (Matsukage & Arai 1998 など)が、それによって液相濃集成分に乏しい未分化メルトから H₂O や Na, Ti 等の元素がどの程度濃集するかという定量的議論はなされていない。また、本研究の検討試料はメルトから生成された集積岩であり、カンラン岩とメルトが反応した証拠は存在しない。

包有物の bulk 組成の見積もりから、包有物の生成には、未分化メルトやそこから晶出した珪酸塩鉱物の他に、少なくとも Na, K, Ti, Si, P, S, H₂O に富む成分の付加が必要であることが示唆される。Hess Deep の場合とも共通するが、大陸地殻内層状貫入岩体やオフィオライトの鉱物包有物と比較すると、特に Ti の濃集は顕著である。また、Na >> K であり、Na と同等の K を含む大陸地殻内層状貫入岩体のものとは異なる。このことは関与した媒体の性質が強く反映されていることを示唆する。中央海嶺環境でこれらの液相濃集成分のリザーバとなり得るものは、所謂オキサイドガブロや“珪長質脈”と呼ばれるもののみである。そこで、演者はオキサイドガブロや“珪長質脈”あるいは両者の生成に関与したメルトが未分化 MORB と相互作用を行い、そのことによって スピネル 内に鉱物包有物が保存されたとする作業仮説を設定し、それを検証するために 包有物や包有物以外の鉱物化学組成を微量元素の点から検討している。発表では産状の観察結果と鉱物の化学組成の検討結果を紹介する。

Structural evolution of the Godzilla Mullion inferred from spatial distribution of deformation and hydrothermal metamorphism within gabbroic rocks.
ゴジラムリオンにおけるはんれい岩の変形と熱水変成作用の空間分布とその発達過程

○針金 由美子(静岡大学大学院自然科学系)・道林 克禎(静岡大学理学部地球科学科)・小原 泰彦(海上保安庁海洋情報部)

フィリピン海パレスベラ海盆で発見されたゴジラムリオン(125km×55km)は非マグマ性伸張テクトニクスである海洋コアコンプレックスと解釈されている(Ohara et al., 2001, MGR). これまでにマントルリソスフェアにまで達する大規模なデタッチメント断層(Harigane et al., 2005, AGU)やデタッチメント断層初期発達過程(Harigane et al., 2008, Tectonophysics)について研究されている。しかし、その全体像は未だに曖昧である。そこで本研究ではゴジラムリオンの発達過程において、発達前期、中期、後期に対応する 3 つのドレッジ地点から採取された変形した変はんれい岩と角閃岩について構造解析を行い、ゴジラムリオンの発達過程について考察した。

岩石試料は 2003 年に調査船「かいらい」によるドレッジ探査において、ゴジラムリオン発達前期に対応する D6 地点の変はんれい岩と角閃岩と発達後期にあたる D10 地点の変はんれい岩と角閃岩を用いた。さらに 2007 年に調査船「白鳳丸」による海洋底調査(KH07-2-Leg 2, 4)において採取されたゴジラムリオンの発達中期にあたる D18 地点の変はんれい岩を用いた。岩石試料の中で変形構造が発達した斜長石と角閃石について、微細構造観察、主要化学組成分析と結晶方位解析を行った。

得られた結果を以下に示す。(1)D6 地点の変はんれい岩の構成鉱物が初生的に同じような化学組成を持つことから、D6 地点では単一のはんれい岩体にデタッチメント断層と関連した延性剪断帯が発達したことが示唆された。温度推定から、この延性剪断帯は 850°C から 560°C 程度の範囲で活動したと考えられる。(2)ゴジラムリオンの中央に位置する D18 地点においてもはんれい岩体に延性剪断帯が発達したことが示唆された。温度推定から、この延性剪断帯は D6 地点に発達した延性剪断帯の温度条件よりも高温(>850°C-650°C)で形成したことがわかった。また微細構造解析から、延性剪断帯の中心であるウルトラマイロナイトほど流体付加が大きかったと考えられる。(3)D10 地点における変はんれい岩と角閃岩は不均質な化学組成や変形微細構造を示した。このことから D10 地点は D6 地点や D18 地点と比べて、熱水変成作用の影響が大きいと考えられる。また D10 地点から採取された角閃岩には火成作用の影響によって累進変成作用を被った角閃岩が含まれていた。

以上の結果から、ゴジラムリオンの発達前期と中期にあたる D6 地点と D18 地点ではデタッチメント断層に関連した延性剪断帯が発達したと考えられる。さらに、流体が延性剪断帯に沿って付加していたことが示唆される。これに対して、ゴジラムリオンの発達後期にあたる D10 地点では断層運動よりも熱水変成作用を伴う火成作用が活発だったと考えられる。

マリアナ海溝南部陸側斜面のかんらん岩の構造解析

○上原茂樹・道林克禎（静岡大学）

太平洋西部マリアナ諸島の東側に弧状に張り出したマリアナ海溝は、平均水深 6000m を超える海溝であり、特に海溝最南部は水深 10000m 超の世界最深部である。また、海溝南部は海溝軸の走向が海溝北部地域とは著しく変化しているため、非常に複雑な地質学的背景をもつ。数多くのドレッジや潜水艇などによる調査の結果、この地域にはかんらん岩をはじめとする苦鉄質から超苦鉄質の火成岩が分布していることがわかっている。本研究ではマリアナ海溝南部の 5 地点から採取されたかんらん岩について微細構造解析を行った。

かんらん岩中のスピネルの配列、伸長方向をもとに、面構造に垂直、線構造に平行な XZ 面で薄片を作成し、偏光顕微鏡を用いて微細構造の観察を行った。主要構成鉱物はかんらん石、スピネルであり、それらに加えて斜方輝石を含むものもあった。かんらん石はほとんどの試料で比較的粗粒で伸張した組織や波動消光を示す。一部のかんらん石には劈開が確認された。また、全ての試料が蛇紋岩化作用を受けており、一部の蛇紋石はアンチゴライトであった。

かんらん石について、静岡大学機器分析センター所有の SEM-EBSD システムを用いて結晶方位を測定した。主に(010)[100]パターン(A タイプ)を示し、一部(001)[100]パターン(E タイプ)、{0kl}[100]パターン(D タイプ)もみられた。

さらに、かんらん石とスピネルについて、静岡大学機器分析センター所有の EPMA を用いて化学組成を測定した。かんらん岩の枯渇度を示す Cr# は 0.4-0.9 と様々な値を示し、より深い地点から採取したかんらん岩のほうが Cr# が高くなる傾向がみられた。

かんらん石の Mg# ($Mg/(Mg+Fe)$) とスピネルの Cr# ($Cr/(Cr+Al)$) の値からマリアナ海溝南部のかんらん岩はほぼマントル起源のかんらん岩である (Arai, 1994, Chem. Geol.)。これらのかんらん岩に観察された比較的粗粒なかんらん石の伸張した組織は、高温下で剪断変形を受けた結果と考えられる (Michibayashi and Mainprice, 2004, Jour. Petrol.)。かんらん石の結晶方位について [100] すべりが卓越していたが、これは 1000°C 以上の高温条件で形成されるものである (Michibayashi and Mainprice, 2004, Jour. Petrol.)。また、高温で安定なアンチゴライトが存在することは、海洋底浅部の蛇紋岩化作用とは異なり、比較的深部で蛇紋岩化作用をうけて上昇したことが示唆される。

インド洋ロドリゲス海嶺三重点に産する蛇紋岩の岩石学的研究

○吉崎もと子(東工大地惑)・渡辺祐也(東工大総合理工)・渋谷岳造(JAMSTEC)
山本伸次・大森聡一(東工大地惑)・鈴木勝彦(JAMSTEC)・丸山茂徳(東工大地惑)
森下知晃(金沢大学フロンティアサイエンス機構)・沖野郷子(東大海洋研)
熊谷英憲(JAMSTEC)

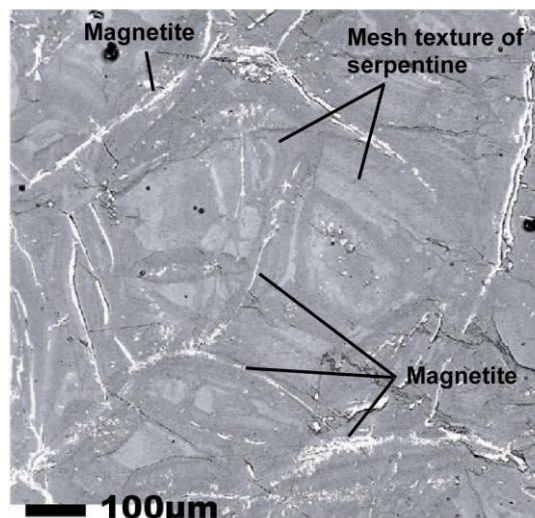
深海熱水系は、1970年代の発見以来、初期生命誕生の場の候補と考えられてきた。Takai et al. (2004)は、インド洋海嶺ロドリゲス三重点近傍の kairei フィールドから、 H_2 と CO_2 をエネルギー・炭素源とする超好熱メタン生成菌を一次生産者とする超好熱化学合成微生物生態系(hyperthermophilic subsurface lithoautotrophic microbial ecosystems: HyperSLiMEs)を発見し、様々な研究分野の成果を踏まえ、これが、現存する生物の共通祖先の生態系として生命の起源から初期生命進化を結ぶ重要な過程として存在したという仮説を提案した。HyperSLiMEの形成条件は水素の供給量に大きく依存している。一方、かんらん岩の蛇紋岩化反応が多量の水素を供給することを示した熱水実験を基に、「超マフィック岩-熱水-水素-HyperSLiME(Ultramafic rocks, Hydrothermal activity, Hydrogen and HyperSLiME: Ultra-H3)リンケージが、初期地球において生命の起源の場を準備し、それに続く初期生命生態系の誕生を導き、現在までその生態系を支えてきた」とする仮説が立てられた(Takai et al., 2006)。Ultra-H3 linkageは、現在の海洋底の観測によりその存在が確認されている。本研究では、Ultra-H3 linkageの水素発生機構を、ロドリゲス三重点産蛇紋岩の鉱物反応組織に注目して議論する。

ロドリゲス三重点は、インド洋上東経70度、南緯24度の位置に存在し、インド洋プレート、アフリカプレート、南極プレートの3つのプレートがぶつかる海嶺三重点である。JAMSTECの研究チームは「kairei 熱水フィールド」(南緯25度19分23秒、東経70度2分42秒、深さ2415–2460m)に2006年1月、潜航調査を行い、メガムリオン上の岩石を採取した。今回は、この潜航により採取された岩石試料のうち、かんらん石起源であると思われる蛇紋岩試料919-08と919-10について、鉱物共生組織と鉱物の化学組成を記載した。蛇紋石族鉱物の同定にはレーザーラマン分光法を用いた。また、FE-EPMAを用いて、サブミクロンスケールの鉱物共生関係を観察した。

蛇紋岩は、蛇紋岩化に伴い生成した鉱物として蛇紋石族鉱物、磁鉄鉱、およびまれにトレモライトを含有する。原岩のかんらん石、斜方輝石、およびスピネルは、部分的に保存されている場合がある。蛇紋石は、バスタイトまたはメッシュ状組織を呈する(図1)。磁鉄鉱は、主にメッシュ状組織のリム部に分布し、メッシュの内部およびバスタイトにはほとんど出現しない。残留かんらん石および斜方輝石が多い部分では、メッシュ構造のリム部の磁鉄鉱の量が少ない。レーザーラマン分光分析の結果から、バスタイトの蛇紋石はリザルダイトで、蛇紋石族鉱物はメッシュ組織のコアの部分ではリザルダイトとクリソタイトが共存もしくは片方だけ存在し、メッシュ組織のリムの部分ではリザルダイトが主な蛇紋石族鉱物である。FE-EPMAを用いて、微細鉱物の探索を行ったが、蛇紋石と共存する可能性のある、ブルーサイトまたはタルクの存在は確認できなかった。これらの観察結果と鉱物の化学組成を基に、蛇紋岩化の過程と水素発生反応について議論する。

図1：後方散乱電子像

メッシュ組織を呈する蛇紋石族鉱物は、主にそのFe含有量に起因する明度差を示している。磁鉄鉱(白色部)は、主にメッシュ構造のリムに分布している。



夜久野オフィオライト待ちの山蛇紋岩体
 ～Serpentine Mud Volcano のアナログモデル？～

○道林克禎・鈴木慎人
 (静岡大学理学部地球科学科)

マリアナ海溝前弧側で発見された海山は、ほとんどが蛇紋岩泥で形成されており、その泥中にかんらん岩や変成岩などの岩片を含むことが知られている(例えば, Maekawa et al., 1993, Nature; Fryer et al., 1999, Geology ; Fryer et al., 2006, G-cubed). 特に高压変成岩の発見は、蛇紋岩海山の構成物質に変成作用の温度圧力条件に到達する約 20km 以深のものが含まれることを示した点で重要である. そのため、蛇紋岩海山は、前弧側に約 20km まで到達する断層帯に沿って蛇紋岩泥が海底まで噴出して形成された蛇紋岩泥火山と考えられている (Fryer et al., 1999, 2006). しかし、その実体についてよくわかっていないのが現状である. 本研究では、地表で観察される蛇紋岩体の構造解析から、蛇紋岩泥火山の上昇過程について考察することを目的とした.

本研究で解析した蛇紋岩体は、福井県西部に露出する夜久野オフィオライト待ちの山蛇紋岩体である. 夜久野オフィオライトは舞鶴帯に分布する海洋プレート断片であり、その東端である大島半島に超塩基性岩体として大島岩体と待ちの山岩体が露出する(例えば, Ishiwatari, 1985). 待ちの山超塩基性岩体は、数 m から数 cm までの様々な大きさのかんらん岩片を含む小さな蛇紋岩体である. 本研究では、蛇紋岩の露頭規模の構造とかんらん岩片の微細構造について、これまでに得られた結果を紹介する.

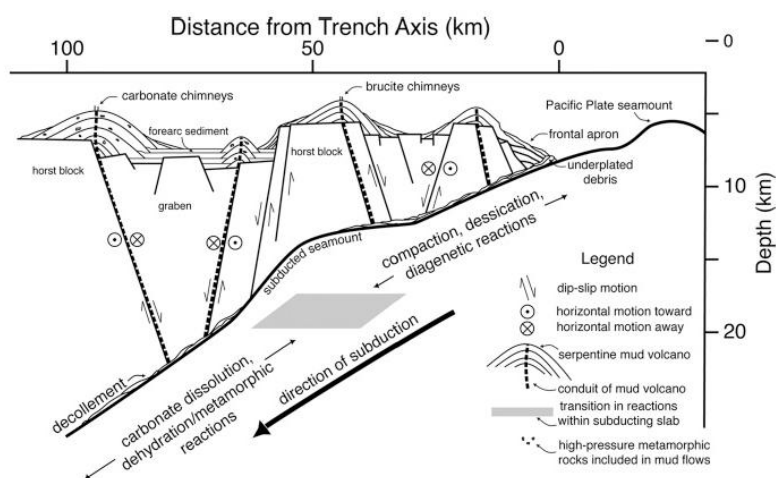


図 1. 蛇紋岩泥火山の模式断面図. スラブから派生した断層沿いに蛇紋岩泥がかんらん岩や変成岩を含みながら上昇して蛇紋岩泥火山となり海山を形成する (Fryer et al., 2006) .

WHOI の新しい AUV, "Sentry" および 海底連続写真撮影-CTD システム "TowCam" の特徴, 機能, 構成

○中村 光一 (産業技術総合研究所)

ウッズホール海洋研究所(WHOI)の AUV, ABE の後継機である Sentry の最初の本格航海において, Eh センサーを確実に装備するため, ワシントン大学の John Delaney と Debbie Kelley が首席を務めた Thomas G. Thompson 号による INSite'08 航海に参加した. その航海の主要な二つの探査機器について紹介する.

ABE の後継機を作るという話は 2000 年の夏に初めて私が ABE group と一緒に仕事を始めた時には既に始まっており, 新しい船体の体型の有効性を試験する模型による水槽試験の試験結果と一緒に航海に乗った大学院生の航海中のプレゼンテーションで聞いた. WHOI の広報誌である Oceanus のその年の最初の号 (vol. 42, no. 1) は Ocean observatories 特集で Delaney の Neptune 計画の紹介記事も載っているが, 表紙は新しい体型の AUV が海底の基地局の間を巡るイラストであった. だから, 1999 年後半には予算もついていた訳だが, ABE group のハード設計中心人物である Albert Bradley の言によれば, その後も新しい AUV の予算を ABE の改良・改造に継続的に流用したので予算不足になり建造が遅れた. 流用という用語があるので, 説明を加えると, 例えば, 2000 年の ABE 航海では初めて ABE にリチウムイオン電池を搭載して潜航時間を大幅に延ばした. この電池の製作は新しい AUV のための予算で作られたが, そうしたことを「流用」と言っていた. Sentry は 2005 年暮れに初めて岸壁試験, 2006 年 4 月の Alvin 試験航海で初めて潜航試験, 今年 4 月に WHOI 沖合で初めての 2,000m 級の試験潜航を行ったが, 今回が初めての実航海の調査潜航であった. Sentry は時間, 距離両面において ABE よりも長く潜航できるようにするため, 抵抗の少ない船体が採用された. ABE よりもずっと大きな下降用と上昇用それぞれの錘が CTD winch 最高速度並みの上昇, 下降速度を可能にした他, 傾斜を 180 度変えることができる翼につけられた推進機によって移動速度があがり, 最初の調査潜航で時間, 距離両方において ABE の最高記録を上回った. また, ペイロード可載重量, 容積も大幅に向上し, 潜航目的によって搭載する機器の交換を容易にするため, 油浸ジャンクションボックスが採用され, やはり油浸の A/D 変換ユニットが作製された. これら主耐圧容器外装備品によってセンサーの組み合わせを変更するため主耐圧容器を開けて電子基板上で作業する必要がなくなった.

Dan Fornari の Towcam (EOS vol. 84, no.8, Feb 25, 2003 に紹介記事) は米国の海洋調査船であれば中型船までは標準に装備されている CTD 用アーマードケーブルウィンチを用いて海底の観察と試料の採取を行うことを目的に設計, 建造されている. 従って, 基本は CTD である. Towcam の CTD は SeaBird の小型 CTD としては最も多数のセンサーを取り付けることができる SBE25 を使い, Altimeter を下方と前方に配置して海底すれすれで曳航した際に海底に衝突しないようなウィンチ操作を実行する. 今航海では CTD には更に濁度計と Eh 電極を装着した. データはオンラインで SBE の船上ユニットを介して研究室で SBE の Seasave ソフトで表示される. 表示画面は Seasave の機能を最大限利用してデザインされているのでソフトの開発費はいっさいかかっていない. 海底写真は DeepSea Power & Light 社の深海デジタルカメラ (中身は Nikon Coolpix) と 2 個のストロボを使ってオフラインでプリセットの時間間隔で撮影されるが, 電源は CTD ケーブル供給の電源とは独立に搭載した 4 個の DeepSea Power & Light 社の水中バッテリーから供給され, ストロボのチャージとコントロールは Benthos の昔からあるストロボチャージャーで行われる. WHOI で独自に作製された光電素子を埋め込んだセンサーを CTD につないで曳航中に写真撮影が正常に行われていることを確認する. また, SBE 25 の採水トリガー機能から FSI 社の個別トリガー器具を用いて 6 本の採水器をトリガーすることができる. ハードウェアでは, これらの複雑な電源とその使用機器側を問題なく働かせるために 3 個の油浸回路つきジャンクションボックスと 1 個の耐圧容器入りコンデンサーユニットが付属している.

ファンデフーカプレートでのケーブルオブザーバトリーNeptune 計画の現状

○中村 光一（産業技術総合研究所）

本年 7 月 22 日から 8 月 5 日にシアトルのワシントン大学(UW)の専用岸壁を入出港した John Delaney と Debbie Kelley が首席の Thomas G. Thompson 号による INSite'08 航海に参加した。航海 web (<http://ooi.ocean.washington.edu/cruise>) の標題に OOI Mapping cruise と書かれているように Ocean Observatory Initiative の Neptune Project で計画されているケーブルルート沿いのいくつかの点についての詳細な事前調査が目的であった。Neptune 計画では当初、限られた陸上局から海底にケーブルを施設して、Juan de Fuca plate の周り、主に、海嶺沿いにケーブルを巡らせて観測点をつなぐ構想であったが、現在は、より多くの陸上局からターゲットとする観測点に直達するケーブルネットが考えられている。そのため、北米プレートに沈み込む Cascadia subduction zone を横切る箇所が多くなった。数年前の台湾の大きな地震で複数の海底ケーブルが海底地滑りと推定される原因で切断されたことを教訓に、海溝に近いところで地滑りを発生させる可能性のあるところを避ける、海溝から沿岸部に向かって斜面を這い上がるケーブル施設ルート上で急崖など設置上の問題がないかどうか調べるといった目的を達成するために、航海調査項目が計画された。また、node の設置が予定されている Axial Seamount の陸寄りの地点とその周辺の予定ルート沿いの調査も航海後半で行われた。

1. Thompson 号船底にマウントされた EM300 マルチビーム音響測深器により、subduction complex toe 付近の詳細な海底地形調査をする。
2. AUV, Sentry を用いて、ケーブルの node 設置予定点付近の更に詳細な海底地形調査を海底上 100m 以下の高さで EM2000 を用いて実施する。
3. Towcam を用いて、node 付近やルート沿いの海底写真を取得して海底地質を吟味する。
4. Node 設置地点付近で gravity core で堆積物を採取し、海底地質を吟味する。

OOI は海洋科学のファシリティを充実させるという目的で設立され、大型加速器の建設などと同じ予算範疇に入っており、NSF の海洋科学の予算とは別枠である。巨額の予算が現在はケーブルの施設と node の設置に向けて使われようとしており、Debbie はこの 2 年間は研究をやっていないと UW の同僚が憂えている状況にある。Neptune 計画は UW の中で海洋科学部とは別にオフィスを構え、予算規模の大きさ故に、UW へ納められるオーバーヘッドの金額も大きいことから UW の執行部からも重視されているように見受けられる。また、ケーブルを通じて電力が供給され、データの伝送も可能になることから、従来海洋科学に携わっていなかった研究者で将来の科学計画について大きな期待をもつ人やグループも存在する。一方、Neptune 計画については UW 海洋科学部の faculty の中でも、外部機関にも強い批判と懸念がある。その代表的な意見は

1. 投下金額に比して、観測で得られる結果の科学としての革新性やデータの質、量が乏しい。
2. 現在は、海洋科学とは別枠で建設計画が進められているが、node から先に観測機器を設置する段階になると、研究予算や調査船運航時間(ship time)において海洋科学のパイを蚕食することになる懸念がある、などである。

ファンデフーカプレートの北部に位置する Endeavour hydrothermal field には米国とは独立に Canadian Neptune としてまもなくケーブルが施設されようとしており、早ければ来年夏には node から先に観測機器を設置する段階に進む。Canadian Neptune においては、最初の機器設置は招聘された海底観測に実績のある研究者に機器の製作費用が支給/補助されて実施されるべく契約手続きなどが進んでいるが、その後の機器の設置については逆に、設置を希望する研究者がケーブル回線使用料を拠出しなければならないのではないかと、研究者側で工面しなければならない予算の金額が大きくなり、設置されたケーブル回線が十分に活用されない事態が発生するのではないかと懸念されている。

プチスポット総合調査で明らかになったこと、未解決の問題

馬場聖至(東京大学地震研究所)・阿部なつ江(JAMSTEC)・プチスポット研究グループ

北西太平洋の海底で発見された火山活動「プチスポット」は、既存の火山活動場、中央海嶺、島弧火山、ホットスポットとは異なる様相を示しており、第4種の火山として注目されている。その成因については、発見の経緯と地質学的・岩石学的・地球化学的特徴を元に、アウターライズ手前で太平洋プレートが上方に屈曲し始めることで割れ目を生じ、アセノスフェアの溶融体が地表まで運ばれて、火山として噴出したとするモデルが提示されている(Hirano et al., 2001; 2006)。このプレート屈曲起源説は、噴出のメカニズムを説明しようとしているが、溶融のメカニズムについては説明しない。溶融メカニズムについては、高橋(2007)がダイナミクスモデリングの立場から、アウターライズ地形に沿ったアセノスフェア流の上昇成分による減圧融解を提案しているが、観測による裏付けはまだできていない。ここで重要なポイントは、プレート屈曲起源説はプチスポットマグマの噴出とアセノスフェアでの部分溶融をそれぞれ独立な要因に求めていることである。したがってその検証には、メルト生成場の分布とアセノスフェアの物理化学特性、マグマ噴出場の分布と表層テクトニクスをそれぞれ明らかにすることが必要となる。

プチスポットのより詳細な記載とその成因解明にむけて、地球物理学、岩石学、地球化学、数値モデリングなど様々な手法を用いた総合的な観測・観察・研究が進行している。これまでにJAMSTECの深海調査研究を利用して、4度の総合調査航海を行った(YK05-06次航海、KR05-10次航海、KR07-06次航海、YK08-09次航海)。このほかにもいくつかの航海でプチスポットに関連した観測が行われている。これらの航海で得られたデータの解析、サンプルの分析は現在も進行中であるが、メルト生成場としてのマントル、マグマ噴出場としての海丘群周辺の地殻構造・地殻活動に関する知見が徐々に増えてきた。以下にそれぞれをまとめる。

メルト生成場の理解

マントル捕獲岩の分析からリソスフェアの温度構造がプレート冷却モデルよりも高温であることが示唆されている。一方で海底電磁気探査による電気伝導度構造研究では、アセノスフェアの温度はパイロライトマントルのソリダスよりも低く、部分溶融を起こすためにはソリダスの低い岩石の寄与が必要であることを示唆した。Sr, Nd, Pb同位体組成の研究からもマントル流に地殻リサイクル物質の寄与があることが示唆されている。広帯域海底地震計を展開して得られたデータの解析は、現在進行中である。遠地地震の解析により地震波の速度構造や減衰構造が今後明らかになる。また広域の上部マントル電気伝導度構造についても解析が進行中である。部分溶融帯の分布を直接示す結果は得られていないが、今後のデータ解析を通じてメルト生成場の理解がより進むことが期待される。

マグマ噴出場の理解

湯川海丘周辺では、多くの観測が集中して行われ山体と周辺の海底の描像が得られつつある。シングルチャンネル反射法地震探査では、湯川海丘の麓の堆積物の下に貫入した溶岩とみられる強い反射面が発見された。湯川海丘周辺の地殻熱流量観測では、海丘に近づくほど熱流量が低くなる傾向が捕らえられ、水の循環による熱の輸送が示唆される。かいこう海丘群であらたに採取された玄武岩からは1.8Maという生成年代が得られた。これまでに得られていた年代(4.2, 6.0, 8.5Ma)とあわせると、プレートがアウターライズの麓から頂上付近にまで移動する長い年月を通じて完結的に火山活動があったことになる。一方でかいこう海丘群と湯川海丘群の間およびその延長上ではプチスポット様の地形は見つかっておらず、海底へのマグマの噴出は非常にローカルなテクトニクスに起因している可能性もある。広帯域海底地震計による地震観測では、湯川海丘群の近傍でおきる地震が記録されており、今後詳細な解析により、噴出場のテクトニクスに関する新たな情報が得られるものと期待される。

プチスポット総合調査は進行中のプロジェクトであり、解析を待つデータ、さらなる観測計画があつて、今後も続々と成果が報告されるだろう。現状ではプチスポット生成モデルとしてのプレート屈曲起源説が検証できたとは言いが、プチスポット研究グループの精力的な活動に引き続きご期待いただきたい。

「今後の計画とプチスポット研究から広がる未来」

○阿部なつ江(JAMSTEC)、馬場聖至(東大地震研)、プチスポット研究グループ

一般的に高速拡大系で形成された“典型的な”海洋プレートは、不均質な低速拡大系海洋プレートと異なり、ホットスポットなどの大規模プルーム活動を経験しない限り、中央海嶺で形成された後もオフィオライト層序を保ったままであると考えられていた。しかし近年、中一高速拡大軸においても、蛇紋岩やはんれい岩の様なプレート深部の岩石が海底に露出するコア・コンプレックスなどが見つかるとともに、また海嶺付近にはオフリッジ火山活動が多数見つかっている。さらに「プチスポット」と呼ばれる新しいタイプの火山活動が、北西太平洋において発見された(Hirano et al., 2001; 2006)。これらの活動によって、“典型的”と思われている太平洋プレートでも、長い年月の間にはオフィオライト層序を乱す活動があり、構造変化が起こっていると考えられる。

プチスポット総合研究では、北西太平洋におけるプチスポット活動域を重点的に、地震観測、電磁気観測、重力・地形・地磁気観測を実施し、地質(主に岩石)試料を採取して岩石学的・地球化学的・岩石物性学的な分析・解析を行っている。採取試料の岩石物理化学的研究から得られる地下情報と、海域観測により得られる地球物理学的データとを照合・解析することで、マントル対流の上部熱境界層という重要な役割を担う海洋プレート(リソスフェア)の構造、およびアセノスフェアの実態解明を目指している。

本発表では、現在までの調査研究によって明らかになっていること(馬場ほか、前講演)を踏まえ、プチスポット総合研究の今後の計画、および期待される展開(下記)について紹介する。

<観測・試料採取計画>

●高精度地震波速度構造探査:(平成21年度から)

高速拡大により形成された“典型的”な古い海洋プレートの構造、モホの実態、地殻、最上部マントル、リソスフェアの異方性。プチスポット火山の有無によるプレート構造の変化を調査する。

●(以下平成22年度以降)プチスポット火山の山体およびその周辺での地殻熱流量測定:

プチスポット火山形成による地殻熱流量変化、火山の影響による熱物質流を見積もる。さらに古い海洋プレートの沈み込みに伴う広域的な地殻熱流量変化を求めるとともに、

●マフィックー超マフィック捕獲岩採取:

かんらん石ファブリックと地震波速度などの岩石物性計測を行い、鉱物温度圧力計を用いた岩石の平衡PTを見積もる。プチスポット火山下のリソスフェアの熱物質構造を推定し、母岩(マグマ・ソース)との関係について考察する。

●より多くのプチスポット火山体から火山岩試料を採取:

各山体の噴出年代を求め、噴出時のテクトニクスと活動期間を推定する。さらにマグマの化学組成の多様性を調べマグマ・ソースの組成、マグマ形成過程の変化を明らかにし、各活動域下の地下構造を推定する。

●プレート内地震活動の震源およびメカニズム解を決定し、プチスポット火山活動域にかかる応力場を推定する。

<試料分析・データ解析計画>

●地震波トモグラフィーおよびマグネトテリック法から推定されるリソスフェア/アセノスフェア境界および上部マントルの構造を求めるとともに、

●プレート内地震の震源域を絞り込む。

●岩石試料採取に成功した火山体全て(9火山)の噴出年代決定する。

●地殻熱流量測定値、捕獲結晶、捕獲岩から、プチスポット火山下の正確な温度構造を求めるとともに、

深海底に生息するベントス類の生活史に関する研究

— 鯨骨産イガイ科二枚貝について —

○木下 吟 (広島大学)・藤原義弘・藤倉克則・山本啓之 (JAMSTEC)

海底に沈んだ鯨の遺骸周辺には、腐敗によって生じた硫化水素やメタンに依存した鯨骨生物群集と呼ばれる独特の生物群が形成される。本生物群には化学合成細菌と共生するイガイ科二枚貝類やホネクイハナムシ類といった生物が優占しており、鯨骨域のみで見つかっている種が多数報告されている。このような独特の生物群を支える鯨骨は世界各地に点在しており、硫化水素などの化学物質の供給は数十年ほどと短命である。そのため、鯨骨に依存し成体の移動能力が低い生物にとって種を維持し分布域を拡大するためには幼生期の分散が重要になる。しかし、鯨骨依存種において初期発生から成長・成熟・繁殖まで生活史を通して研究した例はまだ無い。

鹿児島県野間岬沖の鯨骨域では、イガイ科二枚貝のヒラノマクラ *Adipicola pacifica* が優占している。本種は個体数が多く、長期的な飼育が可能となっている。そこで、本研究では鯨骨依存種の生活史を明らかにすることを目的として、ヒラノマクラの成長速度計測や生殖腺成熟度の確認を行っている。

まず、成長実験において、標識後 1 年の個体の殻長を計測したところ、その増加量は 0.01-5.63mm となっていた。ほとんどの個体では増加率が 0-30%であったが一部個体では 70%に達するものもあった。成長曲線を推定したところ、最大殻長 (13.5-16.2mm) に達するのに 10 年以上かかるという結果が出た。鹿児島県野間岬沖に沈設した鯨遺骸から 1 年半で 12mm の個体が存在していることから、飼育環境では成長が良くないことがわかった。繁殖時期について、組織切片による生殖腺の観察から、雄個体・雌個体両方とも、それぞれに発達途中の生殖細胞を確認した。それらの性比は、雄：雌=7：1 (n=16) であった。これまでの観察結果によると、生殖腺の成熟は 10 月に始まり、12 月には放卵放精後の生殖腺を有する個体も存在した。このことから、ヒラノマクラは 11 月から 12 月に産卵する可能性がある。また、他のイガイ類の産卵時期と比較すると、浅海産イガイ類は春季に、深海産イガイ類は冬季に産卵すると報告されており、今回の結果は深海種と類似した傾向を示した。

また、本研究において新たに発見した鯨骨産イガイ科二枚貝の特徴についても紹介し、鯨骨産イガイ科二枚貝の多様性についても議論を深めたい。

西太平洋熱水噴出域に分布する化学合成生物群集の系統地理

○渡部裕美, 藤倉克則 (海洋研究開発機構), 頼末武史, 村上宗樹, 中野祐, 小島茂明 (東大海洋研究所)

熱水噴出域には, 化学合成細菌の一次生産を基にする化学合成生物群集が分布している. 化学合成生物群集を構成する動物種は, 多くの場合, 化学合成環境に固有であるため, 群集の形成は, 熱水噴出活動に大きく依存していると考えられている. つまり, 化学合成生物群集の組成やその集団構造から熱水噴出活動に関連する情報を引き出せる可能性がある. 本発表では, 生物群集の解析法を西太平洋の化学合成生物群集への応用例を含めて紹介する.

群集の類似度解析: ある熱水噴出域に生息する生物全てを調査対象とし, 環境に応じた生物の分布の偏りを明らかにする際に利用する. 日本周辺の化学合成生物群集 (メタン湧水域を含む) から報告されている 137 種の生物の分布情報に基づき各化学合成生物群集間の類似度を比較したところ, 同一海域に分布する熱水噴出域間での類似性が比較的高かった. 一方, 海域間を比較すると, 沖縄トラフと伊豆-マリアナ弧の熱水噴出域同士より沖縄トラフと相模湾のメタン湧水域での類似性の方が高かった. この結果は, 生物相の類似性が熱水や湧水の組成に依存する可能性を示唆している.

系統および集団解析: 複数の熱水噴出域に生息する特定の種または分類群を対象として, 集団ごとの歴史を推測する. 西太平洋の熱水噴出域間に共通して分布する分類群 (ネッスイハナカゴ類 *Neoverruca* spp., イトエラゴカイ類 *Paralvinella* spp., サツマハオリムシ *Lamellibrachia satsuma* など) を対象に, 遺伝的交流が起こっている範囲と, 各海域集団の相対的拡大年代の推定を行ったところ, マリアナトラフ, 沖縄トラフ, 伊豆-マリアナ弧の間で遺伝的交流は起こっておらず, 集団の拡大はマリアナトラフから黒潮の流れと同じ方向に起こっていると推測された. イトエラゴカイ類やサツマハオリムシでも同様の傾向が見られた. 動物それぞれが持つ生態的特徴も集団の形成や拡大に影響を与えるが, 集団の拡大が熱水噴出活動の消長と関連している可能性が高い.

今後は, 熱水噴出域生物群集構成の詳細なデータを集めるとともに, 生物の繁殖戦略を明らかにすることで, 熱水噴出環境と生物群集の関連性について検討を進めていきたい.

鳩間海丘において世界で初めて観測された「青い熱水」

○ 岩田大吾¹, 土岐知弘¹, 大森保¹, 石橋純一郎², 高井研³
(¹琉球大理, ²九州大理, ³JAMSTEC)

<緒言>

沖縄トラフは琉球海溝及び琉球列島の背弧に位置するプレートの沈み込みにより生じた海盆であり、複数の海底熱水活動が確認されている。このうち鳩間海丘における熱水活動は、1999年の有人潜水探査船「しんかい2000」による潜航調査において初めて発見された。海底には二酸化炭素の液滴が観測され、熱水の化学組成から海底下において酸性岩や有機物との反応や気液分離が起きていると考えられている。2006年8月に行われたNHKの取材時に世界で初めて熱水が青く見える現象が観測され、過去の調査では観測されたことのない青色の熱水であったことから、海底熱水活動が活発化した可能性が示唆された。本研究では発見当時青く観測された熱水噴出孔から2007年3月及び7月、2008年7月に熱水試料を採取し、2000年の熱水成分との比較を行った。また、化学分析と分光学的解析によって推察された青色の熱水の成因に基づいて、2008年7月の航海において青い熱水が観測された噴出現場で再現実験を行い推察された成因を検証した。

<結果・考察>

熱水の主成分化学組成は2000年と2007年では大きな変化は見られなかったことから、海底熱水活動が活発化した可能性は低いと考えられる。一方、これまで報告されていない気体成分については、熱水中の二酸化炭素が世界中の熱水と比較して最高レベルの濃度（600 mmol/kg）であることが明らかとなった。鳩間海丘における熱水の噴出温度と現場の圧力（それぞれ320 °C, 150 気圧）では二酸化炭素は超臨界状態で存在している。超臨界流体は液体の密度と気体の拡散性を合わせ持っているため、海水と超臨界二酸化炭素の間に粒子が不均一に分布している流体を生じる可能性がある。そのような流体を構成する粒子の半径が入射光の波長よりも小さい場合は、レイリー散乱を生じさせることが室内実験と理論により知られている。レイリー散乱では散乱光の強度は波長の4乗に反比例するため、可視光の短波長側である青色光の散乱が卓越する。しかし、このような青色光が卓越した光の散乱はこれまで鳩間海丘において観測されたことはなかった。熱水が青く観測されたNHKの取材時には「しんかい6500」を撮影するために「ハイパードルフィン」の照明が側面から熱水を照らしていた。このような通常とは異なる特殊な照明環境であったことが、これまで観測されたことのない青色光が卓越した散乱光を生じたと推察した。

現場における再現実験は、「ハイパードルフィン」の右腕に投光機であるハロゲンランプやCCDカメラ用のLEDを取り付け、様々な角度から熱水を照らして観測を行った。その結果、「ハイパードルフィン」本体から照らした熱水は無色透明に観測されたが、側面からの照明だけを用いて熱水を照らした際に熱水が青く観測された。このことから鳩間海丘における青色の熱水の成因は、通常とは異なる側面からの照明を用いて観測することが条件の一つとして必要であるということが、現場における再現実験によって検証された。

島弧・背弧型熱水中における希土類元素組成の特徴とその地球化学的挙動

○ 寺西源太・小畑元（東大海洋研究所）・石橋純一郎（九州大学）
蒲生俊敬（東大海洋研究所）

1. 序論

海底熱水系における希土類元素組成の研究は大西洋中央海嶺や東太平洋海膨においてこれまでによく行われてきた(Klinkhammer et al., 1994 ; German et al., 1997)。しかしながら、プレートの沈み込み帯で形成される島弧型熱水系における報告例は未だない。本研究では島弧型熱水系である伊豆・小笠原弧水曜海山で採取した熱水試料中の希土類元素を初めて測定した。また比較のため背弧型熱水系である沖縄トラフ鳩間海丘の熱水試料についても希土類元素分析を行った。

2. 方法

水曜海山熱水試料は海洋研究開発機構「なつしま」NT07-08次航海において、鳩間海丘熱水試料は NT08-13 次航海において、無人潜水艇「ハイパードルフィン」を用いて採取された。熱水プルーム試料に関してはニスキン採水器により採取した。採水後、直ちに高純度塩酸 (TAMAPURE AA-100)を添加してpH2以下で保存し、陸上に持ち帰って分析を行った。熱水中のアルミニウムはフローシステムを用いたルモガリオン蛍光光度法 (Obata et al., 2000) により、希土類元素は溶媒抽出法と ICP 質量分析法 (Shabani et al., 1990 ; Alibo et al., 1998) により定量した。

3. 結果と議論

コンドライト隕石で規格化した希土類元素パターンでは、水曜海山、鳩間海丘ともに軽希土類元素から重希土類元素にかけての系統的な減少と、正の Eu 異常が見られた。これらの結果は中央海嶺系で報告されたものと同様の傾向を示しており、島弧型熱水系、背弧型熱水系においても、中央海嶺系と同様の過程で希土類元素が熱水中に付加されていると推測される。また水曜海山は中央に巨大なカルデラをもつ海底海山であり、カルデラ内で採取された熱水プルーム試料では通常の熱水プルームでは見られないような顕著な正の Eu 異常が見られた。これらは、カルデラ内において熱水の影響を受けた海水が滞留していることを示しており、およそ 10 日間にわたる、全潜航において同様の現象が確認できた。

熱水中 H₂ ガスの水素安定同位体比の一般的特徴と特異的観測値の解釈

川口慎介 蒲生俊敬 (東大海洋研)

はじめに

熱水噴出口の近傍には目に見えて豊かな生態系に加え、地殻内にも微生物生態系が存在することが知られている。これらの生態系は酸化的な海水と還元的な熱水の混合によって作られる酸化還元勾配を利用してエネルギーを生産している。水素ガス (H₂) は炭酸や硫黄を還元する化学合成代謝によってメタンや硫化水素を二次的に作りうる点でもっとも重要視される物質であり、その熱水への起源や熱水生態系での挙動の理解が望まれる。

ある物質の起源や挙動を知るための手段として安定同位体比の利用は非常に有用である。安定同位体利用の有用性は、起源毎に異なる安定同位体比や、分解に伴う同位体効果に関わる法則や定数について十分な理解があることによって保障されている。一方、熱水中 H₂ ガスの安定同位体比 (δD_{H_2} 値) は他の安定同位体比とまったく異なった変動をすることがこれまでの研究で明らかとなってきている。

熱水および熱水生態系での一般的な δD_{H_2} 値変動

高温熱水において、 δD_{H_2} 値は H₂-H₂O 間の水素同位体平衡反応に支配されている (Proskurowski et al., 2006)。熱水の δD_{H_2O} 値はほぼ一定であるため、平衡に達した δD_{H_2} 値は同位体分別係数の温度依存性を介して流体温度と相関を持つ。実際にこれまでに複数の高温熱水 (>300°C) で観測された δD_{H_2} 値は、同位体分別係数 (Horibe and Craig, 1995) から算出される熱水温度での平衡値 (>-420‰) と一致する。この δD_{H_2} 値が熱水流体中での同位体平衡に支配されるという事実は、 δD_{H_2} 値が H₂ の起源についての情報 (たとえばマグマ由来か水-岩石反応由来か) を保持していないと言い換えることが出来る。

ある物質が生物の代謝により消費されるとき残渣に重い同位体が濃集するという一般則 (レイリー蒸留モデル) は、安定同位体による物質の動態把握における基礎的な法則である。しかしながら、微生物による H₂ 消費時の同位体分別はこの一般即に従わず、むしろ H₂-H₂O 間の同位体平衡反応を促進することが知られている (たとえば Romanek et al., 2003)。生物が生息可能な温度で H₂-H₂O が同位体平衡に達すると δD_{H_2} 値は <-600‰ となることから、低温熱水生態系で H₂ 消費が起こると δD_{H_2} 値はエンドメンバー値から軽くなる方向へと変化することが予想されている。

一般則に従わない特異的観測値

我々のグループではこれまでに、インド洋、沖縄トラフ、ラウ海盆、南マリアナトラフの熱水域において高温熱水/低温熱水の δD_{H_2} 値を観測した。ほとんどの熱水域で一般則で説明される値が観測された一方、南マリアナトラフ熱水では高温エンドメンバー熱水においても 50°C を下回る冷たい温度での平衡を示す特異的な δD_{H_2} 値 (<-700‰) が観測された。

海底地殻を冷却する『煙突』としての海山：数値実験による考察

○川田佳史 (JAMSTEC)・島 伸和 (神戸大学)・浦辺徹郎 (東京大学)

海嶺軸から離れた場所にある低温熱水系は、グローバルの熱・化学成分の輸送の大部分を担う (Elderfield and Schultz, 1996)。地下生命圏の存在も、その大部分は低温熱水系に胎胚していると考えられている。しかし低温熱水系に対する理解は相対的に遅れている。というのも、これまでの主な興味は、400°Cの黒い熱水を噴き上げるブラックスモーカーや、熱水の硫化水素を栄養とするチューブワームなどで特徴付けられる高温熱水系に当てられていたためである。

近年、ODP コアのその場観測などにより海洋地殻の浸透率構造が明らかになり (Fisher, 1998)、それに伴い低温熱水系に対する描像も徐々に変わりつつある。地殻の最上部の堆積物は低浸透率(10^{-19} m^2)、玄武岩の最上部約 200 m は極めて高浸透率($>10^{-12} \text{ m}^2$)、玄武岩の深部もまた低浸透率(10^{-17} m^2) である。そこで、熱水循環は、堆積物と玄武岩の間の厚さ数百 m の領域を水平方向に流れる (e.g. Stein and Fisher, 2003) と考えられるようになった。以前は、地殻深部 2~3 km まで侵入するセル状の対流 (Lister, 1972; Fehn et al., 1983) が考えられていた。

さらに、地殻内部と海とをつなぐ通路すなわち『煙突』として、堆積物から突き出した海山の存在が着目されるようになった (Fisher et al., 2003)。例えば、コスタリカ沖のココスプレートでは、海山の存在が地殻熱流量を低下することが実測されている。海山は、地殻内部と海とをつなぐ『煙突』として、熱や流体を輸送するのである。

本研究は、海洋地殻を冷却する『煙突』としての海山の役割に着目し、海山とその周辺の地殻内部の流れを数値流体力学の計算でモデル化する。本研究では表面を覆う堆積物から突き出した円筒状の海山を扱う。堆積物の厚さは 500 m、海山の高さは 1 km 程度とした (パラメータとして扱う)。海山内部および堆積物下部の火山岩は透水性が高く ($\sim 10^{-11} \text{ m}^2$)、堆積物および海山の深部は透水性が低い ($\sim 10^{-17} \text{ m}^2$) ものとする。計算領域の下部には、一定の熱フラックス (パラメータ) を与える。計算領域として海山の周囲のなるべく広い領域を取り、計算領域の横方向には流体は自由に流れるものとする。本研究では、この領域の熱水流動を、2次元の円筒座標で計算した。

計算の結果、マントルからの熱フラックスが大きい ($\sim 150 \text{ mW m}^{-2}$) 場合、海山は海水の吸い込み口になる傾向を持つことが分かった。このとき、海山の周りでは効率的な冷却が行われる。また、堆積物の下部の領域では、小規模なセル状対流が発生する。一方、マントルからの熱フラックスが小さい ($\sim 50 \text{ mW m}^{-2}$) 場合、海山は熱水の吐き出し口になることが分かった。このとき、海山の温度はやや上昇する。この段階では、堆積物下部の領域では対流は起こらず、堆積物の下部の領域は、水を一様に海山へ送り込む。

熱流量を時間とともに低くしていった場合 (プレートに乗った海山を考えることに相当する)、最初吸い込み口であった海山が、吐き出し口に遷移する。一つの海山に着目した場合、海山は吸い込み口から吐き出し口に時間変化することが予想できる。このことは、地殻の冷却史を考える上で重要である。

本研究では、一つの海山に着目して、熱水流動および地殻の冷却の効果を確かめる数値計算を行った。その結果、海山は、下部からの熱フラックスが大きなステージで、地殻のより効率的な冷却を担うことが分かった。今後、複数の海山が合わさった系の力学、すなわち海山群の熱的相互作用の扱いについても計算を行う予定である。

Petrological effect of the circulation of high-*T* hydrothermal fluid in the oceanic mantle: Mineralogical and chemical variations in the mantle peridotites and magmatic dykes

○Marie Python* · 荒井章司

金沢大学理工学域自然システム学系

Dykes are omnipresent features in the mantle section of the Oman ophiolite. They are considered as the fossilized melt migration structures that fed the oceanic crust. Nevertheless all the dykes present in the Omanese mantle are not of magmatic origin and about 2% of them show petrological characteristics (textures, mineralogy, chemistry, etc.) that may be explained in the frame of a high-*T* hydrothermal circulation within the mantle. These hydrothermal dykes (or *diopsidite dykes*) are composed mainly of pure diopside ($Mg\# > 0.95$) highly depleted in Fe, Al, Cr, Ti and other trace and minor elements. We interpreted them as the result of very high-*T* hydrothermal activity in the upper mantle (see Python et al., Earth Planet. Sci. Letters, 2007 and Python et al., J. Mineral. Petrol. Sci., 2007).

In the Northern part of the Oman ophiolite, the diopsidite dykes are abnormally abundant and their effect is observable in the lithologies (peridotites, gabbroic and pyroxenitic dykes) located in their immediate vicinities. In the field, some diopsidite dykes are crosscut by magmatic dykes, showing that these two features formed more or less contemporaneously and may have interact to some extent. At the contact with a diopsidite dyke, the chemistry of the primary minerals in harzburgites or magmatic dykes is modified. Chromian spinels, olivines and plagioclases showing exceptionally high Cr#, forsterite and anorthite contents (reaching respectively 0.85, 0.98, and 0.99). The process leading to the genesis of the diopsidites affect a region larger than the dyke itself, and a few millimetres to few tens of centimetre wide reaction zone is observed between the diopsidite dyke and its host rock. Two types of reaction zones are observed according to the lithology in contact with the diopsidite:

1. In the absence of any magmatic dyke, the reaction zone occurs between the mantle harzburgites and the diopsidite dyke. It is very rich in hydrous phases (tremolite and antigorite) and contains low amount of forsterite, diopside and high Cr# chromian spinels. The textures shows that the diopside and the forsterite are not in equilibrium and reacted to form a mixture of antigorite and tremolite. Chromian spinel progressively decompose into chromite ($FeCr_2O_4$) and chlorite, and the total absence of magnetite suggest a reducing chemical environment.

2. When a gabbroic dyke is present, the diopsidite dyke react with the magmatic lithology as well as with the peridotite. In this case, the *diopsidite* actually contains 40 to 50 Vol.% of anorthite ($An\% > 0.98$) and the reaction zone, composed of fine grained diopsides and anorthites which chemical composition is intermediate between the composition of the magmatic dyke and that of the diopsidite, is devoid of any hydrous phases.

The mineralogical and chemical compositions of the reaction zone between a diopsidite dyke and its host rock illustrate the variety of the diopsidites petrogenetic conditions. Out of the active magmatic zones (absence of any dyke), the mantle probably reacted with a Ca-rich hydrous fluid leading to the formation of antigorite and tremolite in the reaction zone. On the other hand, in a active magmatic zone (presence of magmatic features like gabbroic dyke), the hydrothermal fluid reacted with the magma at very high-*T*, leading to the formation of an assemblage of diopside and anorthite devoid of any hydrous phases. The chemical composition of the minerals in the reaction zone is intermediate between the magmatic and the hydrothermal compositions, showing that there is a very narrow mixing zone where hydrothermal and magmatic processes interacted.

* Present address: 〒874-0903 大分県別府市野口原 京都大学大学院理学研究科附属 地球熱学研究施設

オマーンオフィオライト海洋地殻のホウ素含有量鉛直分布

○山岡香子(東大海洋研究所)・永石一弥(マリンワークジャパン)・石川剛志(JAMSTEC
高知コア研究所)・川幡穂高(東大海洋研究所)

島弧マグマは、沈み込むスラブから供給される流体によって、マントルウェッジが部分熔融することにより生成されると考えられている(Tatsumi et al., 1986 など). 熱水変質した海洋地殻は、沈み込み帯において重要な流体及び揮発性物質の供給源となると考えられる. ホウ素は、流体とともに動きやすい性質があり、またリザーバ間の同位体分別が大きいので、沈み込み帯における流体収支の指標として非常に有効である(Morris et al., 1990). しかしながら、火成岩のホウ素は分析が難しく、これまでに枕状溶岩・シート状岩脈群・はんれい岩を含む連続した同一の海洋地殻について、含有量、同位体ともに鉛直プロファイルは得られていない. オマーンオフィオライトは、白亜紀の海洋プレートがアラビア半島に衝突した岩体であるが、海洋プレート層序が完全かつ連続的に露出しており、海洋地殻全体の熱水変質を調べるために適した試料である. 本研究では、オマーンオフィオライトのフィズ地域における連続的な海洋地殻岩試料についてホウ素含有量鉛直分布を決定した.

ホウ素含有量の定量は、最近確立された新しい分析手法(Nagaishi and Ishikawa, in prep.)により、ICP-MS を用いて行った. この分析手法における精度は $\pm 5\%$ 以下である. なお、本研究で用いたサンプルセットは、Kawahata et al. (2001)により鉱物組成、Sr 同位体組成がすでに報告されている.

オマーンオフィオライトのホウ素含有量は、深度とともに減少傾向を示した. 枕状溶岩およびシート状岩脈群の平均値はそれぞれ7.9 ppm, 5.2 ppmであり、未変質岩石の値と考えられるMORBのホウ素濃度(< 1 ppm)よりも高い. これは、熱水変質反応により海水中のホウ素が二次鉱物中に取り込まれたためと考えられる. 一方、はんれい岩の平均値は1.3 ppmと上部地殻に比べて低いので、ホウ素が不適合元素であることを考慮すると、未変質のはんれい岩の値と予想される濃度(< 0.1 ppm)より有意に高い. オマーンオフィオライトでは、地殻-マントル境界付近まで海水が浸透していたことが示唆されており(Kawahata et al., 2001), はんれい岩の高いホウ素濃度は海水由来と考えられる. 従来、海洋地殻の熱水変質過程では玄武岩がホウ素のシンクであると考えられていたが、はんれい岩もまたホウ素の大きなリザーバであることが本研究から示された. ホウ素はほとんどマントルにリサイクルされないと考えられている(Ryan and Langmuir, 1993)ので、沈み込み帯において、下部地殻からも大量のホウ素が流体とともに島弧マグマへ付加されていることが示唆される. ホウ素同位体は、島弧マグマへ付加された流体の起源を議論する上で有効なツールであるが、はんれい岩のホウ素同位体比はこれまでに1例(Smith et al., 1995)しか報告例がなく、今後ははんれい岩のホウ素同位体についても分析を進めていく必要性が示された.

海洋地殻の熱水変質作用と物質収支の解明： 北部オマーン・オフィオライトの例

○吉武直哉、荒井章司（金沢大・自然科学）

海嶺付近の海洋リソスフェア内では、海洋底より浸入した海水が、より深部に浸透し、一部が上昇流となって海嶺付近の熱水噴出孔から海水中に戻る”熱水循環”が起こっていると考えられている。この循環の間には、岩石-熱水間の相互反応によりお互いに著しく組成を変化させる。熱水循環とそれに伴う岩石の化学的改変の詳細を、北部オマーン・オフィオライトから報告する。

オマーン・オフィオライト地殻部、シート状岩脈群直下の境界に近い等方斑れい岩露頭(Wadi Bani Umar)において、熱水変質作用によって形成されたと考えられる黒褐色の岩石を発見した(上杉・荒井 2001)。この岩石は非選択的に、斑れい岩とそれに貫入するドレライトの構成鉱物をほぼ全て緑泥石に置換したものである(本研究ではこれをクロライト岩と呼ぶ)。クロライト岩は、数 mm から数 10cm 厚の脈状、もしくは最大 10m 以上の岩塊として露出している。試料は、クロライト脈本体と接触部へ 200cm までの壁岩を 50cm おきに採取し、6 個 1 セットとして扱う。

壁岩にも熱水による鉱物の交代作用が観察できる。単斜輝石はホルンブレンドに置換され、斜方輝石は緑泥石と角閃石よりなる黒褐色の鉱物集合体、またはカミングトン閃石によって置換されている。

全岩化学組成は、壁岩では大きな変化はない。一方クロライト岩は、壁岩に比べ顕著に SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O が減少し、 FeO が増加し、微量元素はクロライト岩で Rb、Ba、Sr、Pb、Eu が顕著に減少していた。REE は、N-MORB 型の壁岩とクロライトの含有量(コンドライト比(CN)LREE 3-10 倍 HREE 6-20 倍)とパターンはほぼ変化が無いのに対し、クロライト岩で Eu に著しく大きな負の異常(CN0.6 倍程度)を示す。

Fe は熱水によって運ばれ、等方斑れい岩中で固定されたものと考えられる。しかし、付加された Fe はどこに由来するのか、ここで取り除かれた元素はどこか？これらの問題の考察が物質循環の推測に必要である。

Eu の減少は、最も優勢な鉱物であった斜長石が緑泥石に変質した事に起因すると考えられる。しかし、緑泥石の REE 含有量は CN 1 桁程度であり、全岩の高い REE 量を説明するには高濃度の REE を持つ鉱物が必要である。LA-ICP-MS による分析により、アパタイトが CN1000-10000 倍、チタン石が CN100-1000 倍程度の濃度を持つ事が分かったが、体積比を考慮すると全岩含有量にはまだ不足している。そこでクロライト岩中に二次的に形成された微細な不透明鉱物に注目し、分析を行ったところ、CN1000 倍程度の REE を保有していることが分かった。

これらの結果と先行研究の情報を比較し、相互反応の詳細な条件を絞り込み、元素収支を考察することで、海洋リソスフェア内での熱水循環の全貌を推測する。