

東京大学海洋研究所共同利用研究集会

海底拡大系の総合研究

—InterRidge Japan 研究集会—

海底熱水系が繋ぐ地圏・水圏・生命圏

# 要旨集

## AUVうらしまによる南部マリアナ三次元マルチセンサーマッピング ～ YK09-08概要報告

沖野郷子（東大海洋研）、浅田美穂（JAMSTEC）、砂村倫成（東大理）、  
野木義史（極地研）、野口拓郎（高知大）、望月伸竜（東大海洋研）、山本啓之  
（JAMSTEC）

現在活動中の背弧拡大系である南部マリアナトラフに位置する3つの熱水噴出域（Snailサイト、Archeanサイト、Picaサイト）は、わずか5kmの近接した海域にあるにもかかわらず、K-Cl濃度の異なる熱水が噴出し、また熱水沈殿物中のイオウ同位体比も異なることが知られている。YK09-08航海では、AUV「うらしま」搭載の複数のセンサーを用い、熱水域の3次元精密マッピングを行い、1)このような化学的特徴の差が熱水噴出域の地質学・地球物理学的な背景に起因するのかどうか、また2)それぞれ異なる特徴を持つ熱水が熱水プルームを通じて熱・物質・生物フラックスにどのような影響を与えているかを明らかにすることを試みた。「うらしま」標準搭載のマルチビーム測深機およびサイドスキャンソナーに加え、磁力計、CTD、硫化水素・pH・ORPセンサー等を新たに機装して物理化学マッピングを行ったほか、ニースキン採水器により採取した海水の化学分析および海水中の微生物測定を実施した。

今航海では、「うらしま」による水深3000m級の潜航を全5回実施した。過去の観測から熱水プルームの上限と推定された水深2600mでの広域探査（Dive#90）、3つの熱水噴出域それぞれの精密地形・地磁気マッピングを主目的とした定高度80mの潜航（Dive#91~#93）、そして熱水プルームの中心があると考えられる高度150m程度での広域探査（Dive#94）である。特に、海底ごく近傍を対象としてDive#91~#93では、SEABATによる精密地形およびサイドスキャンソナーによる音響画像を取得して熱水域の高解像度マップが得られたほか、熱水変質もしくは貫入岩体の存在を示唆する磁気異常が検知された。熱水プルームのシグナルも各サイトで観測され、採水サンプルからの化学・微生物分析の結果とあわせて解析が進行中である。

今回は、初の公募による「うらしま」潜航調査として、研究者側もオペレーション側も試行錯誤の部分があったが、概ね期待した調査が実施できた。特に、持ち込みペイロードのうち採水器と磁力計の観測においては、AUVによる世界初の本格的な採水、およびきわめて高品質の磁場データの取得に成功した点は特筆に値する。本講演では、航海全体の概要を報告するほか、AUVの位置決定およびマルチビーム測深の結果について速報し、その他のセンサーデータに関しては続く講演で発表する予定である。

\*なお、本研究は、科学研究費補助金新学術領域「海底下の大河：地球規模の海洋地殻中の移流と生物地球化学作用」の一環として実施した。

**AUV うらしまがサイドスキャンソナーで捉えた  
南部マリアナトラフ熱水サイト -YK0908/SSS データ報告  
浅田美穂 (JAMSTEC)、沖野郷子 (東京大学海洋研究所)、  
YK0908 乗船研究者一同**

AUV うらしまにとって初めての公募航海となる YK0908 が南部マリアナトラフに知られる熱水噴出孔 (スネイルサイト、アーキアンサイト、ピカサイト) 周辺で行われた。YK0908 において AUV うらしまは、サイドスキャンソナー (SSS) の発信間隔 0.5 s、周波数 120 kHz、ビーム幅 0.9°、平均巡航速度 2 ノット程度、高度 80 m 程度 (YK0908) で観測を行った。

スネイルサイトは拡大軸上に知られる熱水地域であるが、SSS 画像によれば長軸 150 m×短軸 90 m 程度の楕円を呈する特徴的な地質構造の中にあるらしい。この特徴的な地質構造は熱水性堆積物が埋積している地域だと解釈した。長軸が拡大軸走向に沿ってひろがる楕円の地域は、北西側を落差 0.9 m 程度・長さが少なくとも 610 m の断層に接し、一部で断層を埋めている。またデッドチムニーの存在が知られていたヤマナカサイト周辺にもスネイル周辺に似た特徴的な地質構造が見られ、スネイルサイトとは異なる断層に北東側を接した。何れのサイトも特徴的な地質構造を呈する楕円の範囲が断層に規制されているようには見えなかった。

アーキアンサイトはスネイルサイトがある背弧拡大軸の麓部にあつて、比高 60 m 程度のマウンド上にあることが知られている熱水地域である。アーキアンサイトそのものは、マウンド中央に更に高さ 50 m 超程度・直径 400 m 程度で盛り上がった地形上に形成されている、微細な凸構造がそれだと目された。周辺に断層様構造は見あたらなかった。アーキアンサイトの南側は比較的平らな海底であるが、SSS 画像で初見の、細かい凹凸の繰り返して見える地質構造が広がった。この特徴的な地質構造はアーキアンサイトの南東～1 km 地点のピカサイトを保有する山体の麓部まで続くことから、広範囲を覆う何らかの堆積構造を見ているものと解釈した。

独立した比高 200 m 程度の海山頂上付近に活動するピカサイトにおいては AUV うらしまの観測姿勢保持が難しく、他の 2 サイトよりも大きなノイズが乗った画像を得た。ピカサイト周辺にはスネイルサイト同様の地質構造が長軸 210 m×短軸 145 m 程度の楕円を呈してあり、断層は認識できなかった。ピカサイトの南西側斜面にはボールを伏せたように緩やかな傾斜をもつマウンド群を発見した。マウンド群のうちいくつかの頂上付近には、微細な凸構造を発見した。

AUV うらしまに搭載されている EdgeTech 製の SSS は音波を発信した直後から後方散乱強度の受信を行うので、音波が海底面を捉える以前の様子も見られることがある。今航海では複数の測線で水中に擾乱がある様子を捉えた。水中に擾乱がある測線は、既知の熱水噴出孔周辺を通っていることが殆どであった。今後水中擾乱の原因を突き止めることが出来れば、SSS を用いて水中の異常を検知する試みも有効になるのかも知れない。

## 巡航型無人探査機「うらしま」による熱水プルーム探査について

山本啓之、砂村倫成、野口拓郎、岡村慶、福場辰洋  
海洋研究開発機構、東京大学理学系研究科、高知大学海洋コア総合研究センター、  
東京大学生産技術研究所

深海熱水噴出域から噴出する熱水は、海洋に放出後周辺海水と混ざりながら上昇し、その後水平方向に煙突からたなびく煙のように広がり、深海で熱水プルームを形成する。この熱水プルームには、噴出熱水由来のイオウやメタンなどの還元型化学成分とマグマに由来する $^3\text{He}$ などの化学成分が多く含まれており、微生物細胞密度も増加していることが観察されている。その生物生産は、熱水化学成分とともに海洋生態系へと運び込まれている。しかし調査方法が難しいことからプルームの動態には不明なことが多い。

巡航型無人探査機「うらしま」は沖縄トラフ航海（YK07-07）においてセンサー計測と音響探査（サイドスキャンソナー）により熱水プルームを検出することに成功している。今回、広域での高精度な熱水プルーム検出を可能にするため、「うらしま」にCTD、pH計、硫化水素計などの各種センサー類、さらにロゼット型ニスキン採水器（500ml、24本）を装備して、深海熱水プルームのマッピングとともに熱水プルーム試料の採取が出来るようにし、南部マリアナ航海（YK09-08）において探査を実施した。

「うらしま」による調査では、**Tow-yo**に比べ遙かに高精度な探査、また**ROV**よりも広域での探査を可能にした。センサー計測と採水試料により、南部マリアナ海域の3カ所の熱水噴出域由来と考えられる熱水プルームの検出に成功した。採水試料中の微生物細胞密度の変動と物理化学成分の熱水プルームシグナルの変動は、各熱水域により異なっており、熱水成分の違いが微生物群集におよぼす影響が示唆された。また、生細胞／全微生物細胞の比は、熱水プルームシグナル強度が特に高い場所で強く、プルーム中微生物はこのような場所で増殖していると示唆された。

## AUV うらしま搭載磁力計による南部マリアナ熱水活動域の 高解像度磁気異常マッピング

望月伸竜（東大海洋研）・野木義史（極地研）・沖野郷子（東大海洋研）

YK09-08 航海において南部マリアナ熱水活動域の海底下の地質構造を調べるために、AUV うらしま搭載磁力計による高解像度磁気異常マッピングを行った。高解像度磁気異常マップにより、熱水変質に伴う磁化の減少ゾーン（e.g. Tivey et al., 2002）や貫入岩体の存在など、海底下の地質情報を把握できる可能性がある。本発表では、観測の概要と予察的解析結果を報告する。

本航海では、1台のオーバーハウザー磁力計（全磁力磁力計）と4台の三軸フラックスゲート磁力計（三成分磁力計）をAUV うらしまに搭載するという観測システムで、従来にはない多面的な深海地磁気観測を行っている。まず、オーバーハウザー磁力計をAUVに搭載した観測は、おそらく初めてである。複数のフラックスゲート磁力計データの比較を行い、データの信頼性を検討した上で、最適な船体磁気の補正・データの利用を行う。そして、AUV うらしまを探査機として利用することで、低高度（海底からの高度80 m）・測線間隔（90-150 m）という高解像度深海磁気異常マップの作成を試みる。複数の高度（80, 300 m）での観測を行い、磁気異常ソースの深さについての制約を試みる点も、従来にはない新しい工夫である。

4台の三軸フラックスゲート磁力計による地磁気三成分の測定は、全5ダイブを通じて成功した。一方、オーバーハウザー磁力計による地磁気全磁力の測定は、東西方向の測線上でのみ成功した。東西方向以外の測線で全磁力が得られなかった原因は、(1)浅い地磁気伏角および水平向きセンサーコイル軸に伴うシグナルの減少、(2)アルミ製耐圧容器によるシグナルの減衰、の両者の足し合わせにあると考えられる。今後は、センサー取り付け方位および耐圧容器の改良により、低緯度地域においてもデータ取得が可能と予想される。

地磁気三成分データの予察的な解析の結果、センサー位置の近い3つのフラックスゲート磁力計から得られた磁気異常データは一致し、データの信頼性を確認することができた。熱水活動地点に対応する磁気異常は、いくつか検出された。高度80m観測における磁気異常のピーク値は $\pm 1000\sim 2000$  nTと十分に大きいものもあり、周辺部とのコントラストは明瞭である。今後、得られた磁気異常マップに基いて、フォワードあるいはインバージョンにより磁化モデルを作成することで、熱水活動域の地質情報を得る予定である。

## シロウリガイとシマイシロウリガイの 分布・性比・成熟サイズの比較

瀬尾絵理子（東京海洋大），藤倉克則，渡部裕美，吉田尊雄，河戸勝，  
丸山正（海洋研究開発機構），今井秀行（琉球大）

相模湾初島沖の水深 800-1200 m には，海底下からの湧水活動によって供給されるメタンなどの化学物質に依存した化学合成生物群集が分布している．この群集ではオトヒメハマグリ科に属する二枚貝のシロウリガイ *Calyplogena soyoae* および，その姉妹種であるシマイシロウリガイ *Calyplogena okutanii* の 2 種が優占している．両種は鰓内に化学合成細菌を共生させ，それらからの栄養に依存しており，同所的に混在して生息していることが知られている．

このように非常に近縁な 2 種が共存している背景には，何らかの繁殖生態の違いがあると考えられる．これまで両種の繁殖生態については，i) 繁殖期に季節性がない，ii) 放精のトリガーは水温上昇で多数個体が放卵放精を同調させる，iii) 放精の後流速が低下したときに放卵が起こる，iv) 成熟サイズは雌が殻長 68 mm，雄は殻長 57 mm である，と報告されている（Fujiwara et al. 1998, 神山 2003, Fujikura et al. 2007）．しかし，両種ともに堆積物中に殻を半分以上潜らせて生息しており，上記の先行研究の現場実験においては種判別が困難であり，種を区別して生態的特徴を明らかにすることはできなかった．

そこで本研究では同所的に生息していると考えられるシロウリガイ類 2 種の分布を明らかにし，性比・成熟サイズに代表される繁殖生態について両種間で比較し相違を明らかにすることを目的とした．優占種である両種の繁殖生態を明らかにすることにより，メタン湧水域における化学合成生物群集の多様性維持のメカニズムの解明の一助となることが期待される．

本研究に用いたシロウリガイ類計 282 個体は，2006 年 12 月から 2009 年 4 月までの間に相模湾初島沖水深 855 m および 1178 m の地点で無人探査機「ハイパードルフィン」を用い採集された．これらのシロウリガイ類の殻長・殻高・殻幅を計測し形態に基づいた判別するとともに，ミトコンドリア CO I 遺伝子領域の一部を解読し配列の違いから種を同定した．一方，両種の性判別と成熟段階は，解剖時の生殖巣部分の観察またはパラフィン包埋法により作成した生殖巣組織切片の顕微鏡下での組織学的観察に基づき判断した．生殖巣組織内に 180  $\mu$  m 以上の発達した卵母細胞が認められたものを成熟した雌，濾胞内に多量の精細胞が認められたものを成熟した雄とした．その結果，2 種の分布を比較したところ，分布水深に差がみられた．また両種ともに性比は同じであったが，雌雄の成熟サイズの違いがあることが明らかになった．

## 深海熱水噴出域間における分散と集団構造： ゴエモンコシオリエビを例に

徐 美恵（東京大学海洋研究所）、渡部裕美（海洋研究開発機構）、頼末武史（東京大学海洋研究所）、小島茂明（東京大学海洋研究所）、豊原哲彦（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

### 要旨

世界中の海洋底でプレートとプレートの境目に沿って形成される熱水噴出域は、高いバイオマスを誇る深海底のオアシスとして知られている。暗黒・高圧かつ有害な重金属を含む高温熱水周辺の特異な環境では、化学合成生物群集という独自の生態系が存在しているが、熱水噴出域は数十年から百年程度でその活動が止まる事が報告されており、熱水に強く依存した生物群が限られた時間の中でどのように新たな生息域を見つけるのかという疑問に答える為に近年様々な研究が為されて来た。本研究では知見が極めて少ないゴエモンコシオリエビ *Shinkaia crosnieri* を対象として、沖縄トラフの各熱水噴出域間の集団解析を行って本種がどのように集団を形成して来たかを明らかにし、熱水生物群集の分散機構へ新たな知見を加えたい。

## Development of deformation with hydrothermal metamorphism in gabbroic rocks in the Godzilla Mullion

### ゴジラムリオンにおけるはんれい岩の変形構造発達と熱水変成作用について

○針金 由美子・森下知晃(金沢大学フロンティアサイエンス機構)・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)・田村明弘(金沢大学フロンティアサイエンス機構)・荒井章司(金沢大学理工学域自然システム学類地球学コース)

フィリピン海パレスベラ海盆のゴジラムリオンは世界最大の海洋コアコンプレックスであり(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きた. Harigane et al., (2008, Tectonophysics)において, はんれい岩の変形構造発達に流体付加による熱水変成作用が関与していることを示唆したが, どのような起源の流体が変形構造発達にどれほど寄与していたのかは不明である. そこで, デタッチメント断層由来であると推定されるはんれい岩マイロナイトとウルトラマイロナイトにおいて熱水変成作用によって形成した角閃石の微細構造解析及び主要元素, 微量元素組成分析を行い, 変形構造と熱水変成作用の関係について考察する. 特に本発表では, はんれい岩が熱水変成作用で形成した角閃石の変形微細構造とその微量元素組成から考察される流体の特徴について述べる. 岩石試料は白鳳丸 KH07-2-Leg 2 & 4 航海において採取された, ゴジラムリオン中央部の D18 地点のはんれい岩を用いた. D18 地点のはんれい岩の微細構造発達過程についてはすでに針金ほか(2008, 日本地質学会第 115 年会秋田大会; 2008, InterRidge 研究集会)にて報告している.

はんれい岩の変形微細構造は, 斜長石, 単斜輝石と角閃石のポーフィロクラストと細粒基質部からなり, 非対称組織の発達したマイロナイトとウルトラマイロナイトで特徴づけられる. 角閃石は褐色角閃石と緑色角閃石の2つに分かれる. 褐色角閃石において(1)単斜輝石の周囲に形成した角閃石(replacement タイプ)と, (2)単斜輝石粒子の内部に bleb 状に形成した角閃石(bleb タイプ)の2種類の微細構造が観察された. replacement タイプは塑性変形によって細粒化していたが bleb タイプは未変形であった. 緑色角閃石は褐色角閃石の周囲に形成しているものが多く, 未変形である. 角閃石の主要元素組成(静岡大学, 東京大学 EPMA 使用)において, 褐色角閃石はパーガサイト(高温型), マグネシオ-ホルンブレンド(高温型)を示し, 緑色角閃石はアクチノライト(低温型)を示す. 角閃石の微量元素組成(金沢大学荒井研究室 LA-ICP-MS 使用)について, 角閃石の微細構造ごとにコンドライト規格化微量元素組成パターン(REE パターン)が異なることがわかった. 褐色角閃石において(1) 単斜輝石の周囲に形成した, replacement タイプは単斜輝石の REE パターンとほとんど同じパターンを示すが, 軽希土類元素(LREE)に富み, Ti に正の異常を示す. (2) 単斜輝石粒子の内部に bleb 状に形成した, bleb タイプは単斜輝石の REE パターンよりも LREE と HREE に富んでいる. 緑色角閃石は褐色角閃石の REE パターンと異なり, Eu に正異常, Sr, Hf と Ti に負の異常を示す.

褐色角閃石が微細構造ごとに異なる微量元素パターンを示したことから, 褐色角閃石形成に関与した流体組成は replacement タイプと bleb タイプで同じではなかった可能性を示す. これは変形時に流入した流体の化学組成が多様であることを示唆する. さらに緑色角閃石の形成は, 変形後に褐色角閃石形成時とは異なる化学組成を持つ流体がはんれい岩に付加したことが考えられる.



## **Building the crust at mid-ocean ridges: the scientific ocean drilling perspective**

**Benoît Ildefonse (Géosciences Montpellier, Université Montpellier II)**

### Abstract

In April 1961, 13.5m of basalts were drilled offshore Guadalupe Island, together with a few hundred meters of Miocene sediments, below about 3500 of water. This first time exploit, reported by John Steinbeck for Life Magazine, opened the way for scientific success and operational adventures in drilling the oceanic lithosphere. This lecture will draw from results of over 30 years of ocean drilling at mid-ocean ridges and in older igneous ocean crust, illustrating important milestones that led to further understanding the crustal accretion processes at mid-ocean ridges, and to refine early ocean crust models. Deep drilling in the fast-spread crust of the Pacific ocean has partially opened the curtain and revealed the ocean crust down to gabbros thought to represent the top of the magma chamber at the ridge axis. Along the slow-spreading Southwest Indian Ridge and Mid-Atlantic Ridge, several drilling and geomarine expeditions have revealed a different and more variable crustal architecture, reflecting peculiar modes of crustal construction. This is illustrated by drilling results in oceanic core complexes, such as the Atlantis Massif at 30°N near the Mid-Atlantic Ridge.

There is still a long way to go to explore the fundamental plate tectonics processes that are recorded in the ocean lithosphere. Future objectives include penetrating the entire ocean crust and the Moho, down to the upper mantle peridotites, and instrumenting mid-ocean ridge boreholes to monitor active processes.

## 南西インド洋海嶺 Prince Edward 断裂帯沿いのかんらん岩礫岩の 形成年代と岩石組成

佐藤暢（専修大）・森下知晃・田村明弘（金沢大）・  
朝日博史・佐藤太一（東大・海洋研）

白鳳丸 KH07-4 次航海第 2 節において調査を行った南西インド洋海嶺の東経 35 度の Prince Edward 断裂帯内の、南北性の構造的な高まりからかんらん岩礫岩が採取された。変質は著しいが、単斜輝石・斜方輝石・スピネルといった初生鉱物は残存していた。礫岩のマトリクスには、蛇紋岩化したかんらん岩に由来する変質鉱物とともに、有孔虫が含まれていた。

かんらん岩クラストのモード組成は、最大の礫で、蛇紋石・変質鉱物 73.8%、かんらん石 1.6%、単斜輝石 11.0%、斜方輝石 12.3%、スピネル 1.3%であった。約 10%以上の単斜輝石を含んでいることから、源岩はレルズライトと推定される。両輝石・スピネルの組織は、シンプレクタイト様である。

スピネルの化学組成は、 $Cr\# \approx 25-36$ （礫ごとの平均値）で、礫の違いによる変化が大きい。南西インド洋海嶺東側の東経 52 度から 68 度の範囲で採取されたマントルかんらん岩中のスピネルの  $Cr\#$ は  $\sim 20$  から 40 程度と報告されている（例えば Seyler et al., 2003）。これらの値と比べると、ほぼ同程度かやや枯渇した値を示している。初生鉱物として残存している単斜輝石の希土類元素組成は、軽希土類に著しく枯渇している。モデル計算では、ざくろ石安定領域で 8%、スピネル安定領域で 11-14%の部分融解で説明できる希土類元素組成である。

礫のマトリクスから *Globorotalia inflata*, *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.), *Neogloboquadrina dutertreii*, *Globigerina bulloides*, *Orvulina universa* といった有孔虫が見いだされた。群集に基づく第四紀と推定される。南西インド洋の南緯 40 度近傍で行われた深海掘削（例えば ODP Leg 177）の結果を参照すると、これらの群集はコアの上部に限られている。従って、礫岩としての形成年代は第四紀と推定される。

南西インド洋海嶺 34~40°E から得られた玄武岩の地球化学  
 佐藤暢（専修大）、中村謙太郎（JAMSTEC）、町田嗣樹（東大・海洋研）、  
 淡路俊作、加藤泰浩（東大・工）、熊谷英憲（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。このことを検証する目的で、近接した海嶺セグメントで、拡大速度がほぼ等しいにも関わらず、マントルソースの違いが顕著に現れる可能性のある南西インド洋海嶺の東経 34°から 40°の海域で地球物理探査と併せて、ドレッジによる岩石採取を行った。

当該海域の拡大速度は、年間約 15 mm であり、超低速拡大海嶺に分類される。また、南西インド洋海嶺の他の海域と同様に、断裂帯によって比較的短いセグメントに分かれている。東経 36°に Prince Edward(PE)断裂帯があり、東経 39°に Eric Simpson(ES)断裂帯がある。今回調査したのは、その 2 つの断裂帯を含む範囲である。この海域の南側にはマリオンホットスポットが存在するが、その影響を受けているセグメントは、PE-ES に挟まれたセグメントに限られ、PE の西側には影響していないとされている。また ES の東側のセグメントでは DUPAL 異常が顕著であると報告されている。

PE の西側セグメントからは変質した無斑晶質の玄武岩が採取された (KH07-4D07)。希土類元素組成のコンドライト規格化パターンは、軽希土類にやや枯渇する、MORB に典型的なパターンを示し、Depleted MORB Mantle (DMM: Workman & Hart, 2005) の約 4 % の部分融解で説明できる。

PE-ES セグメントはマリオンホットスポットの影響があると考えられているセグメントである。地形から 3 つのサブセグメントに分けられる。東側のセグメント境界でガラス片(KH07-4D01)、西側のサブセグメントで斜長石斑晶を多量に含む玄武岩が採取された(KH07-4D02)。D01 のガラス片の希土類元素組成のコンドライト規格化パターンは、コンドライトの 20~30 倍のフラットなパターンである。ヘリウムの同位体比 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) は 8.0Ra で、典型的な MORB の値に近い。従って、ホットスポットの影響は極めて低いと推定される。

ES の東側セグメントは DUPAL 異常が報告されているセグメントである (Mahoney et al., 1992)。2 つのサブセグメントに分けられるが、西側のサブセグメントの 2 地点で試料が採取された。サブセグメント中心 (KH07-4DR04) では斜長石斑晶を多量に含む玄武岩のほか、無斑晶質~斑状玄武岩が採取された。サブセグメント端 (KH07-4DR06) では、変質を被った無斑晶質の玄武岩が採取された。希土類元素組成のコンドライト規格化パターンは、サブセグメント中心の試料はコンドライトの 20~40 倍のフラットなパターンであるのに対し、サブセグメント端の試料は Eu から Lu がフラットなもの、La から Sm が下に凸となるパターンである。このようなパターンは、DMM の単純な部分融解では説明できず、特異なマントルソースの組成を考える必要がある。

## 南西インド洋海嶺、東経 37 度における電気伝導度構造探査

水間恵子・島 伸和・辻野良輔(神戸大学)・  
野木義史(国立極地研究所)・沖野郷子(東京大学海洋研究所)

中央海嶺系における海底拡大のプロセスとそこで生成される海洋性地殻・リソスフェアの構造は、拡大速度とメルト供給量のバランスに依存してい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近くにあるときには、ホットスポット-海嶺相互作用により、特徴的な海洋性地殻が形成されることが知られている。しかし、2つのシステムがどのように相互作用するかについては解明されていない点が多い。

本研究の対象地域である南西インド洋海嶺は、拡大速度が約 15mm/年(Sato et al., 2009)の超低速拡大系であり、拡大軸の南側に、マリオンホットスポットが最も近い所で約 260km の距離に位置している。このため、ホットスポットの影響を受けて拡大軸より南側でメルト供給量が多い場合、拡大軸に対して北側と南側で構造が違ふことが予想される。本研究では、電気伝導度構造探査を行ない、ホットスポットが拡大軸付近のマントル溶融の様式にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的としている。

調査は、南西インド洋海嶺(東経 37 度)の、拡大軸を中心とする南北方向の測線で行なわれた。探査には 7 台の海底電位差磁力計 (OBEM) を用い、2008 年 1 月の白鳳丸 KH07-4 航海にて設置し、2008 年 12 月の第 27 次海鷹丸航海にて全て回収した。OBEM による観測点を北から順に EM1、EM2、...、EM7 と名付けた。測線の全長は約 110km であり、観測点の間隔は、拡大軸上の EM4 付近では約 10km、両端では約 30km である。

本探査で使用した OBEM には、全観測期間である約 11 か月間の磁場、電場、傾斜データが記録されていた。時系列データの処理として、傾斜補正、座標回転、長周期トレンド除去等を行い、磁場 3 成分、電場 2 成分の時系列データを得た。磁場データからは 40–80nT、電場データからは数 mV/km の日変化が確認でき、さらに、磁気嵐時には磁場変動に対応する電場変動が読み取れ、良好なデータであると判断できる。一方、EM3 と EM5 の電場データからは、数 100mV/km の極端に大きな変動をする期間が数か月も見られたため、今回の解析では使用しなかった。次に、水平磁場 2 成分、電場 2 成分時系列データから見かけ比抵抗と位相を求めるために、BIRRP (Chave and Thomson, 2003; Chave and Thomson, 2004)と呼ばれるプログラムを用いて計算を行なった。BIRRP とは、統計学的に見た異常電場と異常磁場を取り除き、さらに、remote reference 法で各観測点固有の磁場のノイズを取り除いて精度を高めるプログラムである。電場データが良くない EM3 と EM5 においては、各々 EM2 と EM6 で得られた電場データを用いた。得られた見かけ比抵抗と位相に、地形補正を行なった後、2次元の電気伝導度構造を推定する。

本発表では、探査の概要、得られた見かけ比抵抗と位相、推定した 2次元の電気伝導度構造等を示し、この構造を解釈することを試みる。

## 南西インド洋海嶺、東経 37 度付近における自然地震活動

#水野真理子[1]; 佐藤利典[1]; 北村貴幸[1]; 竹本帝人[2]; 篠原雅尚[2];  
望月公廣[2]; 亀尾桂[3]; 中村恭之[3]

[1]千葉大学院・理; [2] 東大・地震研; [3] 東大・海洋研

インド洋南部に位置する南西インド洋海嶺は、両側拡大速度が約14mm/yearの超低速拡大海嶺として知られている。また、その東経37度付近は、海嶺セグメントに対して斜め方向に拡大している。そこで、超低速、かつ斜め方向に拡大している海嶺での地震活動について探るため、2008年1月の白鳳丸KH07-4 Leg2航海にて、本海域の人工地震探査及び自然地震探査を実施した。観測期間は、2008年1月13日から1月16日の4日間である。観測に用いたOBSは10台で、南緯44度38分から44度55分、東経36度35分から37度10分の領域に海嶺セグメントに沿って格子状に配置された。よって、南緯44度30分から45度、東経36度30分から37度25分の間を研究領域とした。本発表では、自然地震探査の解析結果について報告する。なお、解析に必要な地震波速度構造は、北村[2008]を使用した。

震源決定には、観測領域の海底地形が比較的複雑であることを考慮し、3次元速度構造を使用することが可能な NLLoc プログラム(Lomax et al.[2000])を用いた。具体的には、global search 手法の1つである Oct-tree sampling 法を使用している。

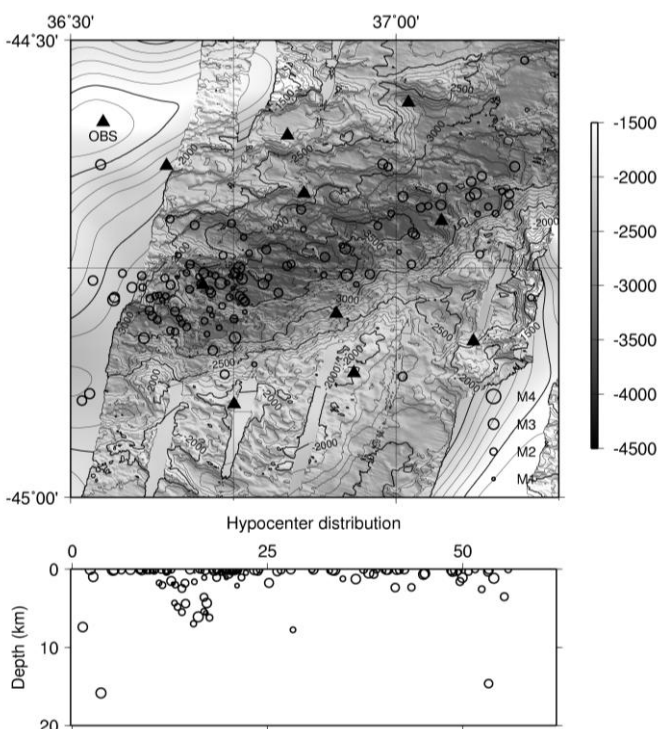


図 1. 観測領域内の震央分布と震源分布  
震央分布上の▲→OBS の位置

その結果、観測期間内に観測領域で 126 個の自然地震が発生していた。また、その震央分布の特徴としては、図 1 より、ほとんどの地震が中軸谷内で発生していること、東側よりも西側で数多くの地震が発生していることが挙げられる。そしてセグメントの境界付近に比較的多くの地震が存在しているように読み取れる。

また震源の深度分布も図 1 に示した。その結果、得られた震源のほとんどが深さ 10km 以下の極めて浅い場所に位置している。しかし、海水中に震源が求まっているものが多く、震源深度の精度に関しては、今後改善していく必要がある。

なお、この付近は斜め拡大海嶺であり、応力場の解明が非常に重要である。そのため、今後この付近の応力場の解明についても取り組んでいきたいと考えている。

## マリアナ海溝南部陸側斜面のかんらん岩の構造と岩石学的特徴

上原茂樹、道林克禎（静岡大）、  
小原泰彦（海上保安庁）、石井輝秋（深田地質研究所）

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、平均水深が6000mを超え、特に海溝最南部は水深10000m超の世界最深部である(Fryer *et al.*, 2003). 海溝南部は海溝軸の走向が海溝北部と比べて著しく変化しており、それに伴いスラブの傾斜が変化する(Gvirtzman & Stern, 2003)など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等による調査の結果、この地域にはかんらん岩などの苦鉄質から超苦鉄質の火成岩が分布していることが明らかにされた(Bloomer & Hawkins, 1983).

本研究ではマリアナ海溝南部から採取されたかんらん岩について組織観察、結晶方位解析、鉱物化学組成測定を行い、過去の研究結果と合わせてかんらん岩の構造と岩石学的特徴に関する考察を行った。岩石薄片は面構造に垂直、線構造に平行なXZ面で作成した。主要構成鉱物はかんらん石、斜方輝石、スピネルのダナイト～ハルツバージャイトであり、かんらん石はほとんどの試料で比較的粗粒(1mm前後)な伸長した組織や波動消光を示した。また、全ての試料が蛇紋岩化作用を受けており、蛇紋石は主にリザダイト、クリソタイルであったが、水深6000m前後から得られた試料に関してはアンチゴライトが確認された。

かんらん石の結晶方位定向配列は(010)[100]パターン(Aタイプ)、(001)[100]パターン(Eタイプ)、{0kl}[100]パターン(Dタイプ)が確認され、[100]すべりが卓越していた。

鉱物化学組成について、かんらん石  $Mg\# (=Mg/(Mg+Fe))$  とスピネル  $Cr\# (Cr/(Cr+Al))$  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溶け残りかんらん岩であると推定される(Arai, 1994)。また、かんらん岩の枯渇度を示すスピネル  $Cr\#$  はほぼ全ての地点で0.6～0.9の前弧的な値を示すが、浅い地点の試料ほど0.6以下の背弧的な値も示した。特に一番浅い地点(水深4000m弱)ではマリアナトラフと同程度の0.3以下の値(Ohara *et al.*, 2002)を示す。

浅い地点にマリアナトラフと同程度の低  $Cr\#$  が卓越することは、これらのかんらん岩が背弧(マリアナトラフ)起源のものである可能性を示唆する。また、深い地点の試料ほど低  $Cr\#$  が見られなくなることから、背弧起源のかんらん岩が深い地点ほどスラブからの水の影響を強く受けて枯渇したことを示唆する。さらに、深い位置(水深6000m前後)の試料から海洋底ではまれな高温型蛇紋石であるアンチゴライトが確認された。このことから、マリアナ海溝のかんらん岩は通常の海洋底かんらん岩とは異なり、より深部で蛇紋岩化したものが構造浸食によって露出しているのかもしれない。深い位置ほど激しい浸食を受けているとすると、マリアナ海溝最深部では新鮮なかんらん岩が存在することも考えられる。

引用文献 Fryer, P. *et al.*, 2003, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **211**, 259–269, doi:10.1016/S0012-821X(03)00202-4.

Gvirtzman, Z., & R. J. Stern, 2003, *Tectonics*, **23**, TC2011, doi:10.1029/2003TC001581.

Bloomer, S. H., & Hawkins, J. W., 1983, *AGU Geophysical Monograph Series*, **27**, 294–317. Ohara *et al.*, 2002, *Contrib. Mineral. Petrol.*, **143**, 1–18

柳田ほか, 2007, 月刊地球, **29**, 615–627. Michibayashi *et al.*, 2009, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **10**, Q05X06, doi:10.1029/2008GC002197

Michibayashi *et al.*, 2007, *Tectonophysics*, **444**, 111–118.

## マリアナ弧蛇紋岩海山から産出される 蛇紋岩化したかんらん岩の構造解析

藤井彩乃, 道林克禎(静岡大), 石井輝秋(深田地質), Patricia Fryer(ハワイ大)

本研究は, 蛇紋岩海山であるコニカル海山, ビッグブルー海山, 南チャモロ海山から採取された蛇紋岩化したかんらん岩について, 微細構造と結晶方位定向配列, 化学組成を解析し, 蛇紋岩海山下のマントル構造について考察した.

蛇紋岩海山はこれまでに伊豆-小笠原-マリアナ弧域のみで発見されている特殊な地形である. 南北距離約 650km にわたるマリアナ弧の蛇紋岩海山列の最北端はコニカル海山で, 最南端は南チャモロ海山である. その間にあるビッグブルー海山はマリアナ弧で最も大きく, 最も浅い所に位置する海山である.

薄片観察の結果, 大部分の試料でメッシュ状に低温型蛇紋石が入り込んだかんらん石が観察された. また, 一部のかんらん石にキンクバンドや Fe の組成縞が観察された. この組織は高温のマントル流動で形成されたと考えられる. 斜方輝石はかんらん石よりも粗粒であり, 部分的にキンクや波状に変形しているものもあった. この変形組織はリソスフェア条件の低温・低歪条件で形成されたと考えられる. これらの微細構造観察から, 蛇紋岩海山から産出されるかんらん石試料は, マントル条件の高温組織にリソスフェア条件の低温組織が重なったと考えられる.

また, かんらん石の結晶方位定向配列(CPO: Crystal Preferred Orientation)の解析をコニカル海山, ビッグブルー海山, 南チャモロ海山について行った. コニカル海山の全試料の CPO パターンは, b 軸の強い極集中と a 軸のガードル状の集中を示した. ビッグブルー海山については, a 軸が強い集中を示すタイプと, コニカル海山と似た b 軸の強い極集中を示すタイプの 2 つのタイプを示した. 南チャモロ海山については, 大部分の試料が a 軸の強い極集中を示した. しかし, 集中度に注目すると, 南チャモロ海山は a 軸が特に強い集中をもつタイプと, a 軸と b 軸がほぼ同じ集中度を示すタイプにわけられた. 後者はコニカル海山の全試料とビッグブルー海山の一部の試料と似た CPO パターンを示す. この 3 つの海山に共通する CPO パターンは, 強い b 軸の極集中を特徴とするメルトの影響を受けた CPO パターン(Holtzman *et al.*, 2003)に似ている.

さらにスピネルの化学組成 Mg#-Cr#解析をコニカル海山と南チャモロ海山について行った. コニカル海山の Cr#は約 0.4-0.6 であるのに対し, 南チャモロ海山は約 0.5-0.8 と高く幅広い組成範囲を示した. 南チャモロ海山の比較的高い Cr#を示す試料は, 高い CPO の集中度を示す. このことは, Cr#値と CPO の集中度が対応している可能性を示している.

これらの結果から, 南チャモロ海山は他の 2 海山にはない多様な CPO パターンと集中度, 広範囲にわたるスピネルの Cr#を持つことが分かった. また, マリアナ弧南部は海溝軸が屈曲しており, マントル構造を複雑にしている可能性があると考えられる. このことは南部マリアナ弧の方が北部マリアナ弧よりもメルトの分布に関して不均質なマントル構造を持っている可能性を示しているかもしれない.

トンガ海溝超深部陸側斜面から採取された  
下部地殻からマントル最上部由来の岩石について  
新海優里（静岡大），道林克禎（静岡大），石井輝秋（深田地質研）

南西太平洋に位置するトンガ海溝は，北北東から南南西にむけて全長約 1200km，最深部の Horizon Deep Bight は 1 万 m を超え（Macleod, 1994），地球上で最も深い海域の一つである．この地域では，太平洋プレートが部分的に裂けインド・オーストラリアプレートに 24cm/yr で沈み込んでいる（Bevis *et al.*, 1995）．本発表では，トンガ海溝超深部陸側斜面から採取されたマフィック岩と超マフィック岩について岩石記載を中心に報告する．

トンガ海溝超深部陸側斜面でのマフィック岩と超マフィック岩の存在は 1960 年代から知られている（Fisher and Engel, 1969）．さらに，1996 年に ODP site survey 航海として行われたトンガ海溝のドレッジ調査（Boomerang Leg8 aboard R/V Melville）によって，海溝超深部陸側斜面の比較的広範囲からマフィック岩と超マフィック岩が採取された．本研究ではこのドレッジ調査で得られた試料を用いた．

本発表では，いくつかのドレッジ地点のうち TF98, 99, 100 の 3 地点について報告する．この地域はトンガ海溝最深の Horizon Deep Bight（10866m）に最も近い．TF98, 99, 100 の岩石試料は，かんらん岩，はんれい岩，玄武岩である．最も深い TF98（9371m～8194m, 19' 15.19" ～19' 15.02" S, 172' 56.29" ～172' 57.34" W）の岩石試料は全てかんらん岩であり，ダナイト，ハルツバージャイト，レルズライトが観察された．このうち，レルズライトには全く蛇紋岩化していない新鮮なかんらん岩（TF98-2）が認められた．TF99（7531m から 6820m, 19' 11.01" ～19' 11.28" S, 172' 58.51" ～172' 59.64" W）の岩石試料は全てはんれい岩であり，主に斜長石，輝石から構成され，その他にかんらん石を含む試料が観察された．TF100（6345m から 5695m, 19' 03.61" ～19' 03.67" S, 173' 02.50" ～173' 03.42" W）の岩石試料は全て玄武岩であり，斜長石，輝石，かんらん石から構成されていた．

これらの岩石相からトンガ海溝の深部陸側斜面において，モホ面を横断した地殻からマントル最上部の構造がみえている可能性がある．そのため，今後これらの岩石試料の構造岩石学的解析を行うことによって，トンガ海溝の構造発達過程について明らかにすることが期待される．

引用文献

- Bevis, M.F., et al. (1995), Geodetic observations of very rapid convergence and back-arc extension at the Tonga Arc, *Nature*, **347**, 249-251.  
Fisher, R.I., & Engel, C.G. (1969), Petrology and geochemistry of igneous rocks from the Tonga trench—a non-accreting plate boundary, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **80**, 1373-1378.  
MacLeod, C.J., (1994), Structure of the outer Tonga forearc at site 841, *Proc. ODP, Sci. Results*, **135**, 315-329.



## **Scientific Drilling in the Ocean Lithosphere : What's Next?** **Benoît Ildefonse (CNRS, Université Montpellier 2, France)**

A key outcome of the InterRidge-IODP "Melting, Magma, Fluids and Life" workshop in July 2009 ([www.interridge.org/WG/DeepEarthSampling/workshop2009](http://www.interridge.org/WG/DeepEarthSampling/workshop2009)) was the formulation of integrative scientific questions and implementation approaches that will elucidate the role of ocean lithosphere processes within the broader Earth System. Three equally important main themes were identified, each comprising geological, hydrological, chemical, and biological processes that are closely interdependent.

Focusing in here on understanding the formation of ocean crust, sampling a complete section, from the ocean floor to the uppermost mantle through the seismic Mohorovičić discontinuity (the 'Moho'), was the original inspiration for scientific ocean drilling, and remains the main goal of the 21st Century Mohole Initiative in the IODP Science Plan. Fundamental questions about the composition, structure, and geophysical characteristics of the ocean lithosphere, and about the magnitude of chemical exchanges between the mantle, crust and oceans remain unanswered due to the absence of in-situ samples and measurements. The scientific objectives of the "Mission Moho" proposal, submitted to IODP in April 2007 ([www.missionmoho.org](http://www.missionmoho.org)), are essential to our understanding of the Earth. Our current knowledge of in-situ ocean crust remains limited; much will be learned on the way to the mantle. Fundamental scientific goals include:

- Determine the bulk composition of the oceanic crust to establish the chemical links between erupted lavas and primary mantle melts, understand the extent and intensity of seawater hydrothermal exchange with the lithosphere, and estimate the chemical fluxes returned to the mantle by subduction,
- Test competing hypotheses of the ocean crust accretion at fast spreading mid-ocean ridges, and quantify the linkages and feedbacks between magma intrusion, hydrothermal circulation and tectonic activity,
- Determine the geological meaning of the Moho in different oceanic settings,
- Determine the in situ composition, structure and physical properties of the uppermost mantle (and its variability), and understand mantle melt migration,
- Calibrate regional seismic measurements against recovered cores and borehole measurements, and understand the origin of marine magnetic anomalies,
- Establish the depth limit of deep biosphere and hydrological/geobiological processes in the lithosphere.

The "MoHole", an ultra-deep hole in fast-spread ocean crust and into the uppermost mantle, was planned as the final stage of Mission Moho. This project would provide major inspiration for the next generation of scientists and engineers. The challenge is formidable, and requires as soon as feasible careful site selection, geophysical site survey, and the development of cutting edge technology including drilling capability to achieve +6000m of penetration in +4000m water depth. The next drilling program needs a mechanism to enable the community to move forward with planning, design and implementation in order to complete one of the major goals of scientific ocean drilling.

## SORA2009 MR08-06 Leg1:みらい太平洋完全横断航海概要報告 阿部なつ江 (海洋研究開発機構 IFREE) 、MR08-06 Leg1 乗船/課題研究者

海洋研究開発機構・海洋研究船「みらい」による MR08-06 航海 (通称: SORA 2009: South Pacific Ocean Research Activity 2009 の一部) は、南太平洋および沈み込み帯における地質学・地球物理学的研究ならびにチリ沖における古海洋環境変動復元研究を行う事を目的とした 3 つのレグからなる航海として実施された。レグ 1 は、1 月 15 日関根浜出港～3 月 14 日バルパライソ入港までの 59 日間、固体地球科学課題を主課題として実施された。そのレグ 1 航海の概要を紹介する。

レグ 1 における主要課題調査目的は、海洋プレート形成現場である東太平洋中央海嶺 (主にチリ沖三重会合点) およびその周辺の南太平洋海域において、地質学的・地球物理学的観測を行い、1) 海洋プレート構造と海洋底ダイナミクス (マントル上昇流から海洋地殻形成およびプレート進化過程) の解明、2) 若い海嶺の大陸下への沈み込みプロセスの観察によって、大陸地殻形成・進化メカニズム (海嶺衝突帯付近のマグマティズムと沈み込み堆積物フラックス) の解明、さらに、ポリネシア周辺海域において広帯域海底地震計および海底電位磁力計による、3) ホットスポットの成因やスーパープルームの観測。さらに、4) 南半球における過去 200 万年にわたる地球磁場強度の変動の復元である。

主な観測項目として、(1) 海底地形調査 (マルチナロービームシステム、曳航式プロトン磁力計)、(2) シングルチャンネル反射法探査、(3) ドレッジ観測、(4) 海底電位磁力計観測、(5) 広帯域海底地震計観測、(6) 短周期海底地震計観測、(7) 長尺 (20mPC) 堆積物採取観測を実施した。

さらにレグ 1 では、関根浜を出港後、パペーテ (タヒチ) を通り、チリ三重会合点までのほぼ完璧な海半球横断した (図 1)。そこでこの海半球における常時観測として、海底地形、船上重力、三成分磁力さらに航路の一部において、全磁力測定を実施した。またこの間、公募課題観測項目として、表層海水採取 (連続分析装置を用いて二酸化炭素分圧、水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル等の連続測定、プランクトン採取)、プランクトンネットによるプランクトン採取、揮発性有機化合物採取、降水・水蒸気採取、海上気象観測、大気エアロゾル・雲の光学特性と鉛直分布の観測などを実施し、地球内部から海水、大気にいたる広範囲の連続観測を実施した。とくに南東太平洋海域における観測例は少ないことから、本航海における観測データは貴重である。

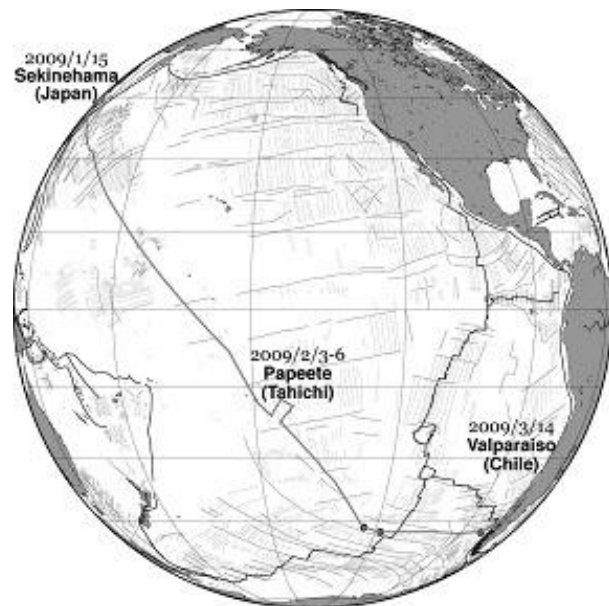
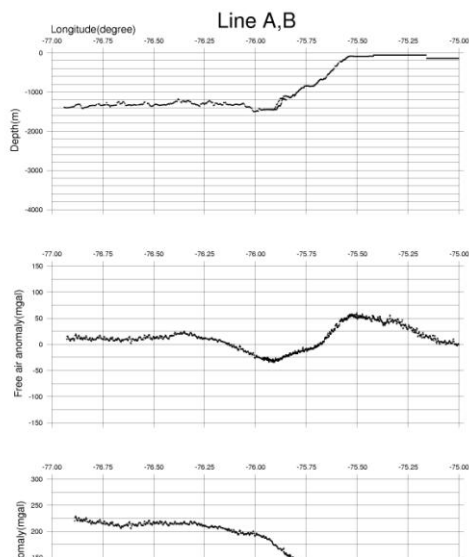
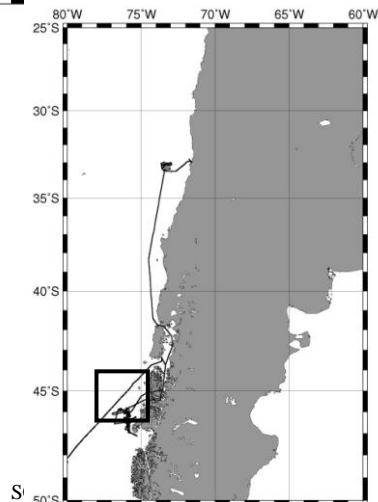
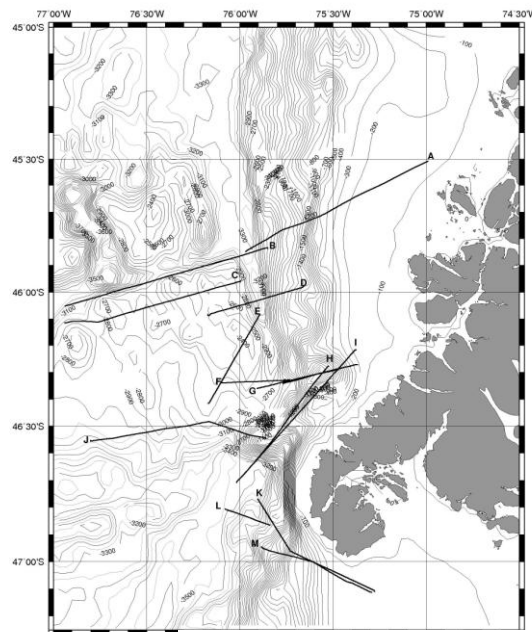


図 1 MR08-06 Leg1 観測航路。関根浜を出港後、パペーテ (タヒチ) 寄港、バルパライソ (チリ) 入港までの海半球完全横断航海であった。

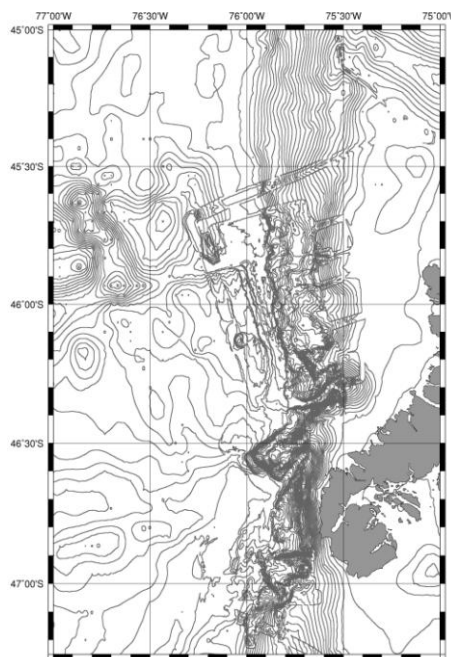
## SORA2009 Leg1 の地球物理観測から分かるチリ海嶺の構造 土井明日加 (琉球大)、松本剛 (琉球大)、阿部なつ江 (JAMSTEC)

南米沖 46° 30' S 付近は海溝-海嶺-海溝三重会合点となっており、この地点でチリ海嶺拡大軸がチリ海溝の下に沈み込んでいる。本研究の目的は、このメカニズムを解明することである。通常、海嶺中軸部には、厚い海洋地殻が発達している。海嶺が海溝と衝突しても、厚い地殻が維持されていれば、浮力によって沈み込まないか、あるいは浮力を失って沈み込むのに、周辺の海底よりも時間がかかることが推測される。したがって、海溝軸の折れ曲がりがあるはずだが、既に海嶺が沈み込んだ 46° 30' S (三重会合点) の南側にそのような痕跡はあるのか、などの疑問を解決すべく、SORA2009 Leg1 で得られた地形・重力データの解析を行った。解析は、主に海溝軸を横切る航跡のデータを用い、海嶺がまだ沈み込んでいない海域と今まさに沈み込もうとしている海域 (三重会合点) とすでに沈み込んでしまった海域に分け、水深・フリーエア異常・2次元ブーゲー異常を算出し、比較を行った。形成直後の海底が沈み込んでいる本海域では、成熟した海溝特有の地形は見られず、フリーエア異常の相対的な負も、成熟した海溝に比べると小さい値を示している。海嶺が沈んでいる所では、フリーエア異常の相対的な負が海溝軸から陸側斜面に及び、その南側では、海側斜面に広く及んでいる。

LineA-M



Profile of topography, free-air anomaly and bouguer anomaly along the Line A, B.



## 海嶺下のメルトレンズの挙動 —オマーンオフィオライト上部ガブロからの検討— 野川裕・足立佳子・宮下純夫（新潟大学）

オマーンオフィオライトは海嶺下におけるマグマのダイナミクスを理解する上で重要な役割を果たしている。なかでも、上部ガブロは海嶺下のメルトレンズの化石であると解釈されている。先行研究によると上部ガブロには分化した岩石が存在し、それがメルトレンズから結晶化したと言われているが、詳細な垂直方向の岩相・組成変化はほとんど検討されていない。そのため、上部ガブロの詳細な研究は、メルトレンズの空間像やその動的プロセスの解明につながると期待される。

本研究では、オマーンオフィオライト北部のヒルチ岩体に露出する上部ガブロからメルトレンズの空間像を検討した。本地域は宮下グループの研究成果から海嶺セグメント構造の中間部であると考えられている（Miyashita et al., 2003, Adachi and Miyashita., 2003 など）。上部ガブロは岩相変化に富むため、今回3つの岩相に区分した。また、本地域にまたがる4ルートにおいて断面図を作成し、メルトレンズの側方変化と海嶺セグメント構造との関係性について考察した。上部ガブロの層厚は北から、ワジサラヒで約600m、ワジスヘイリ北沢で約170m、ワジヒルチで約550m、ワジサダムで約170mとなっており、著しく側方変化することが明らかになった。地形学的研究では、海嶺が数km毎に細くなっていると報告されており、地球物理学的データからは、この細くなっている場所ではメルトレンズが非常に薄くなっているか、消滅しているという報告もされている。戸松（2004MS）では、本地域の層状ガブロ中に構造が大規模に乱れたところ、乱構造帯がエシェロン状に数km毎に出現することから、これらは3~4次の海嶺セグメント構造の小さな不連続を表しているとの結論づけている。今回求めた上部ガブロの層厚と乱構造帯との関係を検討してみると、乱構造帯が上部ガブロとぶつかるようなところでは、上部ガブロが非常に薄くなる傾向が認められる。そのため、上部ガブロの層厚が極端に薄くなる場所は、海嶺セグメントの不連続構造であり、層状ガブロからの推定と非常に調和的である。この不連続は、おそらくデバルのような最小単位の海嶺セグメントに対応していると考えられる。

続いて、上部ガブロの垂直方向の変化を考察するために行った化学組成分析の結果、上部ガブロは一連の分化トレンドを示しており、結晶集積ではなく、大局的にはその場での結晶分化作用で形成されたと推定される。また、その中で最も分化した岩石はバリ組織ガブロであり、シート状岩脈群基底下-200~-300m付近に分布することが明らかになった。さらに岩相変化を見ると、分化した組成を示すバリ組織ガブロは、上下ともに塊状なガブロに挟まれて存在することから、堀田&海野(2001)で提案されたサンドイッチホライズンであるとの結論を得た。

## 中～高速拡大海嶺における上部海洋地殻構造の変化と その要因について

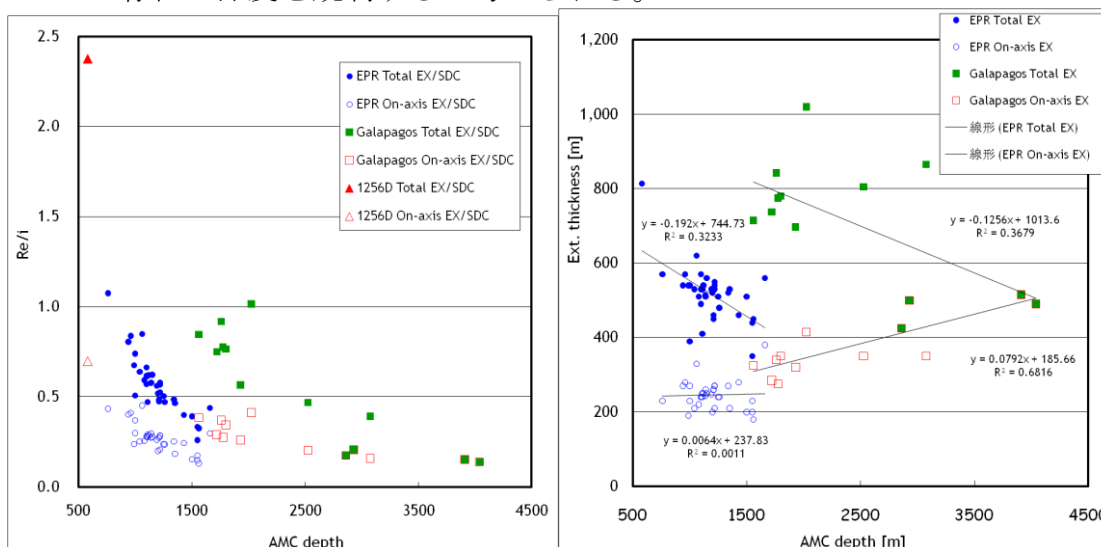
海野進（金沢大学理工研究域自然システム学系）

### 上部海洋地殻の構成要素

中～高速拡大海嶺で形成された上部海洋地殻を特徴付ける要素に、上部地殻の厚さ(≡Axial Magma Chamber:AMC 深度), 噴出岩とシート状岩脈群の厚さとそれらの比  $Re/i$ , 噴出岩を構成する岩相とその構造(岩相相互の関係と量比)などがある。それらのうち、 $Re/i$ は拡大速度に依存せず、AMC 深度と負の相関を示す(左図)。また、東太平洋海膨(EPR)では海嶺軸上で定置した噴出岩層厚は AMC 深度によらず一定であるのに対して、ガラパゴス海嶺(GSC)では正の相関を示す(右図)。全噴出岩層厚は、どちらの海嶺軸においても AMC 深度と逆相関する。

### AMC 深度は何によって決まるのか

Hoof et al. (1997)は、AMC 深度は熱水循環による冷却効率に依存すると考えた。冷却効率は熱水循環経路、すなわちプレート拡大に伴う断層・亀裂の発達で決まる。地殻中に浮力の中立点(LNB)がある場合は、LNB を中心に岩脈が貫入し、その上は断層・亀裂によって拡大する。これにより新たな熱水循環経路が形成され、熱水系が発達する。LNB は AMC が深いか、欠損している地殻にできる。AMC が無い GSC で最大の中軸トラフは深さ、幅ともに 200 m である。これがプレート拡大に伴う正断層の変位のみによって生じたとすると、形成時間の最小値≡変位量/拡大速度であるから、 $200 \text{ m}/(5 \text{ cm/a}) = 4000 \text{ yr}$  となる。すなわち AMC が無い期間は数千程度で、これがマグマ供給の時間スケールと考えられる。数千程度のマグマ供給率の時間変動が AMC の冷却・固結をもたらし、岩脈貫入を起こすことなく断層・亀裂で地殻が拡大するようになり、その結果、地殻深部にまで達する熱水系が形成される。従って、熱水循環の冷却効率が AMC 深度を決めるのではなく、マグマ供給率の変動が熱水系の発達と AMC の存在と深度を規制すると考えられる。



## 深海映像を取り込んだ海洋生物データベースBISMaLの 特徴と調査研究への応用

山本啓之、Dhugal J. Lindsay、藤倉克則、田中克彦、丸山正（独立行政法人海洋研究開発機構）

海洋生物データベースBISMaL (Biological Information System for Marine Life) は、2009年5月に海洋研究開発機構の国際海洋環境情報センター (GODAC) において公開を始めた <<http://www.godac.jp/bismal/>>。このシステムは、機構の海洋調査において記録された映像・画像、航海情報、サンプル情報などの基本データベースにより構成されている。すなわち、複数のデータベースから検索条件に関連するデータを取り出して提示することによりあたかも統合されたデータベースのように見えるが、複数のデータベースを従えたポータルサイトである。

JAMSTEC海洋調査のうち深海探査では年間1600-2000時間のビデオ映像が記録されており、深海映像データベース<<http://www.godac.jp/portal/>>および深海ビデオキャスト <<http://www.godac.jp/vcast/index.html>>としてGODACを介して順次公開されている。データベース上では30秒程度のビデオショット（様式：RealPlayer、MPEG4）しか供給していないが、必要であれば高品質の映像をリクエストすることができる。この膨大な映像情報から、2009年9月の時点でBISMaL上では登録された生物種400種について1941件の映像データが提示されているが、それには分類情報、潜航日時、録画地点、採取試料の有無などが付随情報として同時に閲覧できる。これらのデータを比較することで生息分布、行動生態、餌環境などを解析することができる。

BISMaLのデータは日本列島周辺から西太平洋の海域を重点としている。地域的な偏りはあるが、これらのデータを国際研究調査プログラムであるCoML (Census of Marine Life)のOBIS (Ocean Biogeographic Information System) またGEO (Group on Earth Observation) の一環であるGEO BON (GEO Biodiversity) と連携および共有することにより、全海洋あるいは全球レベルでの解析が可能になる。既に、こうした海洋調査研究の国際プログラムでは、生物多様性と生態系のモニタリングとデータの時系列解析が様々なレベルで実施されている。気候変動と生物多様性に関わる課題に対して実効ある成果を社会へ提供するためには、海洋現場に出る調査研究者とデータベースから解析をかける研究者との緊密な連携が必要である。

水曜海山海底熱水域における地殻内流体中微生物群集の包括的解析  
○中分路可、喜多純子、加藤真悟、山岸明彦(東京薬科大学)  
NT05-16 航海乗船研究員一同

【背景・目的】近年、海底熱水域の地殻内流体中の微生物の存在が明らかにされつつある。2001年から2002年にかけて、島弧型海底熱水系の典型例である水曜海山において、海底掘削が行なわれ、その掘削孔から採取した流体の生物地球化学的な解析が行なわれた(例えば Higashi *et al.*, 2004; Nakagawa *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2009a)。しかしながら、熱水活動度や海水混合などに伴い、地殻内流体中の物理化学的条件は動的に変化する。それに応じて微生物群集も変化すると予想される。地殻内流体中の微生物生態系を、タイムスケールを含めて理解するためには、微生物群集の経時変化を明らかにする必要がある。本研究では、2005年に水曜海山熱水域で採取した掘削孔流体中の微生物群集を明らかにすることを目的とする。過去のデータとの比較解析から、地殻内微生物群集の経時変化に関する知見を得ることができると期待される。

【方法】2005年10月に、しんかい6500を用いて掘削孔から採水した。その試料中の菌体を、船上でフィルター濃縮したのち、そのフィルターからDNAを抽出した。抽出したDNAを鋳型とし、16S rRNA 遺伝子を標的にしたプライマーを用いてPCRを行ない、その増幅産物をクローニングした。その後、ランダムに選んだクローンの塩基配列を決定した。その配列をもとに分子系統学的解析(相同性検索、系統樹作成、クラスター解析他)によって、元の試料中の微生物群集組成と多様性を調べた。さらに、掘削孔熱水中の微生物群集組成の特異性を評価するために、周辺環境試料(硫化物構造体、底砂、岩石、天然噴出孔熱水、周辺海水)も採取し、同様に微生物群集組成を調査した。

【結果・考察】掘削孔試料からは、従属栄養細菌の *Alteromonas* 属や *Pseudomonas* 属 ( $\gamma$ -Proteobacteria)、*Ralstonia* 属 ( $\beta$ -Proteobacteria) 等に近縁なクローンが多数得られた。対して周辺環境試料からは、SUP01とSUP05グループ (Sunamura *et al.*, 2004) や、 $\alpha$ -、 $\epsilon$ -、 $\delta$ -Proteobacteria、その他の門に属するクローンが多数得られた。微生物群集の比較解析の結果、4つのうち2つの掘削孔試料中の微生物群集組成は、周辺環境試料のそれとは明らかに異なることが示された。この結果は、地殻内流体中には特有の微生物群集が存在することを示唆する。さらには、2002年の掘削孔試料からは *Thiomicrospira* 属 (硫黄酸化菌) が主に検出されていたが、2005年の掘削孔試料からはほとんど検出されなかった。この違いは、温度や栄養源(硫化水素や溶存有機物等)濃度の変化を反映していると考えられる。南部マリアナトラフ背弧海盆熱水域の掘削孔熱水中の微生物群集の経時変化(約1年半)も、似たような傾向を示している (Kato *et al.*, 2009b)。この様な硫黄酸化菌から従属栄養細菌主体の微生物群集への変化は、海底掘削によってもたらされた環境変化に伴うものであると考えられる。

**KT09-16 航海速報—中部—南部沖繩トラフの熱水プルーム—**  
砂村倫成、柳川勝紀、野村直子（東大地感）、福場辰洋（東大生研）、岡村慶、  
杉山拓（高知大）、本田龍太郎、土岐知弘（琉大）

[目的]沖繩トラフでは、第四与那国、鳩間海丘、八重山カルデラ海山、伊是名海穴、伊平屋北海域、南奄西において潜水調査により深海海底熱水系が確認されている。沖繩トラフの熱水系は他の海域に比べ、メタンや二酸化炭素に富むという特徴を持つが、沖繩トラフ内のこれらの熱水域間でも、噴出熱水中の化学成分や噴出熱水の水深も異なることが知られている。一方、深海熱水プルーム中では、熱水に由来する化学成分を用いる微生物を中心とする微生物生態系が構築されており、微生物密度が周辺海水に比べ数倍増加する。深海熱水系から噴出する熱水の99%以上は海水中に放出されることから、熱水プルーム中の微生物群集組成は、特に熱水の硫黄成分組成をよく反映することが明らかになってきた。そこで、本航海では、硫黄以外の成分にも着目し、沖繩トラフの様々な熱水系に形成される熱水プルーム解析を通じて、メタンや水素など各熱水サイトで特徴的な他の熱水成分と微生物群集の関係解明を目指すとともに、KT05-26 次航海（角皆潤主席）以来、いまだに系統的な調査が終わっていない沖繩トラフの未探査海域における熱水プルーム探査を行った。

[調査概要]調査は、2009年8/24-31にかけて、第四与那国、鳩間海丘、八重山カルデラ海山、伊是名海穴の既知熱水系と、第一宮古海丘、第二宮古海丘、第五宮古海丘、および6月に海上保安庁により発表された伊平屋北海域の東にあるカルデラ地形について、CTDに濁度計、pHセンサー、ORPセンサー、マンガンセンサー、硫化水素センサーなどの各種センサー類をとりつけ、鉛直観測、Tow-yo観測を行うとともに、カロウセル—ニスキン採水器による採水と化学、微生物分析を通じた熱水プルーム調査を行った。

[結果]これまでに存在が明らかになっている既知熱水系では熱水プルームが濁度などのパラメーターにより明瞭に検出された。また、第一—第五宮古海丘では、熱水プルームと考えられるセンサーによる異常値は見いだせなかった。これらの熱水プルームの分布と合わせ、現在解析を進めている、現場センサーデータ、採水試料を用いた化学分析、微生物分析の結果とともに航海の成果を報告したい。