

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 研究発表集会-

講演要旨集

日 程：平成19年10月30日(火)・31日(水)

場 所：東京大学海洋研究所 講堂

コンピーナー： 島 伸和 (神戸大学)
宮下 純夫 (新潟大学)
高井 研 (海洋研究開発機構)

海洋研対応者： 沖野 郷子 (東京大学海洋研究所)
田村 千織 (東京大学海洋研究所)

目 次

- 北極海ガッセル海嶺における AUV 地磁気探査
佐藤太一 他 1
- 北極海ガッセル海嶺の海底熱水調査研究 - AGAVE cruise - の概要と問題点
中村光一 他 2
- IODP ゴジラムリオン掘削事前調査：KH07-2-Leg 2 & 4 航海速報
小原泰彦 他 3
- The development of shear zones within in situ lower crust at the Godzilla
Mullion, Philippine Sea
針金由美子 他 4
- 熱流量高密度測定による海底熱水系水理構造推定の試み
正木裕香 他 5
- 海底熱水循環の数値シミュレーション：海水の相分離と循環領域形状の
影響による噴出熱水の塩濃度変化
朝倉 彬 他 6
- 沖縄トラフと伊豆・小笠原弧に生息する多毛類 (Paralvinella sp.) の
遺伝的集団構造
頼末武史 他 7
- 南部マリアナトラフにおける熱水性堆積物中の微生物相
加藤真悟 他 8
- 硫黄酸化の熱水生態系における重要性
山本正浩 9
- 海底熱水系試料での微生物機能遺伝子探索 - IGC メタゲノム解析法に
よる世界初の解析事例 -
丸山明彦 他 10
- ゲノム解析から見えて来た熱水生態系の一次生産者とヒトに蔓延する
病原性微生物の関係
中川 聡 他 11
- 気液分離管を装備したガスクロによる海水中の極微量水素，二酸化炭素，
メタンの直接測定法の開発
鈴木勝彦 他 12
- 海嶺研究における AUV 利用の到達点と今後の展開
中村光一 13

- 拡大速度と海洋地殻組成

根尾夏紀 他 14
- 上部海洋地殻の構成とその形成条件について

海野 進 15
- オマーンオフィオライト海洋地殻溶岩層について

草野有紀 他 16
- 海嶺下の地殻構造と形成プロセス

宮下純夫 他 17
- オマーンオフィオライト北部地域におけるモホ遷移帯

橋本瑛久 他 18
- インド洋 MORB とかんらん岩の関係と海洋島玄武岩の混染の影響
~ Os 同位体組成からの視点 ~

仙田量子 他 19
- ロドリゲス三重点、三角山の成因：Sr-Nd-Pb 同位体組成からみた
海嶺軸から離れた火成活動の起源マントルの検証

平原由香 他 20
- プルームの化学組成が示す中央インド洋海嶺ロドリゲスセグメントに
噴出する熱水の特徴

川口慎介 他 21
- 熱水変質実験によるカンラン岩の蛇紋岩化作用と水素発生のメカニズム

鈴木勝彦 他 22
- 海嶺下における熱水変質作用の新たな展開：オマーンオフィオライトに
おける緑泥石岩発見の意義

宮下純夫 他 23
- タングステン同位体比とタングステン濃度の地球化学的研究

賞雅朝子 他 24
- 中部マリアナ沈み込み・前弧・島弧・背弧系の電気伝導度構造

松野哲男 他 25
- 中部マリアナ海域における海底地磁気変換関数

米田朝美 他 26

北極海ガッケル海嶺における AUV 地磁気探査

佐藤太一（東大海洋研究所）・野木義史（国立極地研究所）・沖野郷子（東大海洋研究所）

ガッケル海嶺は北極海氷下を走る超低速拡大海嶺（両側拡大速度：西側 東側:13mm/yr 6mm/yr）である。この海嶺はマグマ的活動と非マグマ的活動で形成された海洋リソスフェアが交互に存在することが報告されている。また、この海嶺は地形的に外洋との交流が限られていて、かつ熱水プルームが数多く発見されていることから、独自の生態系が形成されていると考えられている。これらから、ガッケル海嶺は、世界の中央海嶺系の中でもユニークなエンドメンバーとされている。ガッケル海嶺の熱水活動の成因やそれに伴う生物群集等を探るためには、より詳細な海嶺軸上の探査が必要とされる。しかしながら、ガッケル海嶺は海氷下に存在することから、調査の困難な海嶺系である。

2007 年 7 月から 8 月中旬にかけて、アメリカ主導のもと、スウェーデン、ドイツ、日本の 4 ヶ国共同でガッケル海嶺の調査が行われた (AGAVE cruise)。この航海は、2001 年にドイツとアメリカの二ヶ国共同で行われた北極探査航海 (AMORE cruise) において数多くの熱水プルームが検出されたことを踏まえ、実際に熱水噴出孔とその生物群集等の発見と、調査困難な海氷に覆われた極地も海底にも対応できる観測機器の開発という 2 つの目的があった。熱水探査には CTD、ROV、そして 2 機の AUV (Autonomous Underwater Vehicle) が使用された。日本は 3 成分磁力計と EH センサーを持ち込み、これらの機器に搭載した。本発表で扱う三成分磁力計は 2 機の AUV うち、熱水噴出域のマッピングやカメラ撮影を海底直上で行う AUV (通称 JAGUAR) に搭載された。

AUV による海底直上での 3 成分磁力計による熱水噴出域の地磁気探査は、海底下の状態 (母岩の違いや変質の有無など) や熱水循環に必要とされる断層分布の推定を可能とするので、熱水噴出域の地質構造等を理解するための重要な情報を提供する。

本航海では、ガッケル海嶺の熱水噴出孔を発見することはできなかったが、AUV による海嶺軸近傍の海山周辺の探査で、詳細な地磁気 3 成分データが得られた。得られた地磁気データと姿勢および三つのスラスターのデータを見比べた結果、地磁気データにはスラスターの影響等によるノイズがほとんど見られず、良好なデータを得ることができた。本発表では、この航海で得られた AUV による地磁気異常と海底地形マッピングの現時点での結果を紹介するとともに、今後の研究方針を示す。

北極海ガッケル海嶺の海底熱水調査研究-AGAVE cruise- の概要と問題点

中村 光一（産業技術総合研究所）、佐藤 太一（東京大学海洋研究所）、野木 義史（国立極地研究所）、沖野 郷子（東京大学海洋研究所）

1cm/year 以下の拡大速度で拡大する北極海のガッケル海嶺は Ultra-slow spreading ridge の中でも拡大軸が拡大方向にほぼ直行して長く伸び、Obliquity がほとんどなく、まとまった規模で超塩基性岩が卓越する amagmatic ridge と玄武岩が卓越する magmatic ridge が存在し、現在の海嶺系の中で Ultra-slow spreading ridge の典型というべき海嶺である。また、大西洋から続く海嶺系の末端に位置しながら、ベーリング海峡の浅海域で太平洋にも繋がっているという地理的位置は海底熱水系に特有の生物群集の移動と進化を研究する上で重要な位置も占めている。また、海嶺水深が 4,000m 以上と深いので、高温熱水噴出地点では臨界温度付近の高温の熱水が期待される。

50 年に一度の国際極年 (International Polar Year) のプロジェクトとして Woods Hole 海洋研究所とテキサス大学が NSF から獲得した予算でスウェーデン砕氷船オーデン (I/B Oden) を用いて 2007 年 5 月 27 日～6 月 7 日に機器テスト航海が、7 月 1 日～8 月 9 日に本調査航海が実施された (Arctic Gakkel Vent Expedition, AGAVE)。両航海に中村と佐藤が乗船し、テスト航海には野木も乗船した。

北極海の海洋調査における特殊条件はいうまでもなく氷海である。砕氷船といえども単独での行動では曳航などの海洋調査の基本的な航行の自由は制限される。この調査では航海経費とは別に Woods Hole 海洋研究所とメーランド大学が NASA 予算で建造した 2 台の AUV (無人無索の潜水艇) が投入された他、海底観察と試料採取機能を持ち、スラスターで向きを制御し、不十分ながらも短距離の移動も可能な mini-ROV (有索無人潜水艇) も投入された。海底熱水系を見つける戦略は

1. CTD 調査で熱水ブルーム調査をし、探査範囲の絞り込みをする。
2. 広がった熱水ブルームの水深やそれ以深で AUV を航走させ、海底熱水の場所を特定する。
3. もう一台の AUV を海底熱水近傍の海底面直上を航走させ、海底微地形データならびに海底写真を取得する。
4. Mini-ROV で地質・生物試料を採取する。

であった。氷海における最大の困難は、海底の目標点に対して機器操作をしながら定点保持をすることができないことである。停船した砕氷船は流氷とともに漂流することしかできない。また、自己浮上した機器は流氷に阻まれて海面上には容易に姿を現すことはない。特に夏場においては日々の流氷の融解と氷結の繰り返しによって海面近傍で局所的に塩分濃度が変化し、機器の浮力や音響通信パスに影響を与えるなどの困難もある。今回の航海ではそうした困難を克服して、AUV を投入し回収するという作業を無事に実施することができ、調査技術としては大きく前進した。しかし、残念ながら、低温熱水に伴うバクテリアマットの分布しか発見することはできず、航海表題にある Vent は発見できなかった。そのような結果になった主な原因は

1. 2001 年の AMORE cruise で海底熱水の存在する場所は十分に絞り込まれているという思い込みがあり、CTD 調査で広い範囲のデータから最適地点を選び出す作業がされなかった。
2. バッテリー容量が小さく、投棄ウェイトが採用されなかったために、AUV の実効航走観測時間が期待されたものより短かった。
3. 砕氷船が流氷とともに漂流するという条件では mini-ROV で海底の目的地点を捕捉するためには海底熱水の広がり自身が大きくなければ非常に困難であった。

などである。CTD データなどは高温熱水の存在自身を否定してはいないと考えられるのでいつの日か再挑戦が行われるであろう。

本航海への参加経費などは国立極地研究所の萌芽研究「北極海ガッケル海嶺の熱水系探査」でまかなわれた。記して感謝する。

IODP ゴジラムリオン掘削事前調査: KH07-2-Leg 2 & 4 航海速報

小原泰彦(海上保安庁海洋情報部)・沖野郷子(東京大学海洋研究所)・Jonathan E. Snow (University of Houston)・KH07-2-Leg 2 & 4 乗船研究者一同

筆者らは、世界最大の海洋コアコンプレックスであるパレスベラ海盆のゴジラムリオンの深海掘削によって、パレスベラ海盆の海洋リソスフェアの組成・構造およびデタッチメント断層の発達過程を明らかにすることを目的とした IODP プレプロポーザルを提出しており、SSEP からはフルプロポーザルを提出することを推薦されている。また、我が国の大陸棚調査の一環として、ゴジラムリオンの地球物理データの蓄積は進んでおり、これまでにほぼ 100%カバーの地形データ、マルチチャンネル反射法記録、海底地震計を用いた地震波屈折法による P 波速度構造モデルが得られており、これらはサイトサーベイデータバンクに登録済みである。

本年 8 月と 9 月に、ゴジラムリオンおよび周辺地域において、IODP の事前調査として、白鳳丸 KH07-2-Leg 2 および Leg 4 航海を実施したので、本講演では航海結果の速報を紹介したい。本航海では、狭義のゴジラムリオンにおいて 18 回のドレッジを実施し、過年度のサンプリングポイントを合わせると、ゴジラムリオン上の計 25 点でサンプリングが行われたことになり、ゴジラムリオン上の岩相マッピングの第一段階の成果として十分な数が確保出来た。ゴジラムリオンの長軸に沿った岩相変化を見ると、カンラン岩が卓越するドレッジや、ガブロが卓越するドレッジが不規則に分布しているようであり、岩相分布の解釈については、更に時間を掛けて考察を行う必要がある。また、本航海では、ゴジラムリオンの長軸(すなわち拡大方向)に沿って、深海曳航式プロトン磁力計の探査を行った。更に本航海では、ゴジラムリオン上の小堆積盆地において 3.5 KHz 表層探査を実施し、最適な掘削提案点の選定のためのデータを取得することが出来た。

また本航海では、ゴジラムリオン周辺海域の調査として、四国海盆最南端部(北緯 24 度)の拡大軸においてドレッジを実施した。本地点は、大陸棚調査によって地形的に複数の海洋コアコンプレックスの存在が予想されていた所であるが、本航海のドレッジによって、カンラン岩および蛇紋岩を採取し、これらが四国海盆拡大軸からは初の報告となる海洋コアコンプレックス群であることを確認することが出来た。四国海盆北部の拡大軸は紀南海山列に見られるように、活発なマグマ活動によって特徴付けられると考えられて来た。そのため、四国海盆はマグマ的な海盆であり、パレスベラ海盆は非マグマ的な海盆であるという大まかなモデルで説明されて来た。しかし、本航海の結果は、四国海盆最南端部はパレスベラ海盆的なテクトニクスによって支配されていたことを示すものである。

KH07-2-Leg 2 乗船者: 小原泰彦、石井輝秋(深田地質研究所)、佐藤暢(専修大学)、山下浩之(神奈川県立生命の星・地球博物館)、田村千織(東京大学海洋研究所)、針金由美子・村本政史(静岡大学)、Sergio Sarmiento・Heather Berglund・Carla Cleveland (University of Houston)、石垣秀雄(東京大学海洋研究所)、松浦由孝(マリンワークジャパン)

KH07-2-Leg 4 乗船者: 小原泰彦、山下浩之(神奈川県立生命の星・地球博物館)、針金由美子(静岡大学)、佐藤太一(東京大学海洋研究所)、Jonathan Snow・Mareah Flynn・Kelly Zuniaga・Jamie Yowell (University of Houston)、石塚治・湯浅真人(産業技術総合研究所)、金山恭子(静岡大学)、坂本泉・岡野和也・海野友紀・宮嶋優希(東海大学)、小熊健治(東京大学海洋研究所)、中野幸彦(マリンワークジャパン)

The development of shear zones within in situ lower crust at the Godzilla Mullion, Philippine Sea

針金 由美子(静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育部)、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のゴジラムリオンは世界最大規模(125 km × 55 km)のメガムリオンである(Ohara et al., 2001, MGR). 我々は、ゴジラムリオンから採取された岩石試料に断層岩が含まれていることを明らかにし、ゴジラムリオンがマントルリソスフェアにまで達するデタッチメント断層によって形成された海洋コアコンプレックスである可能性を議論した (Harigane et al., 2005, AGU Fall Meet.). 本研究では、これらの断層岩の中で特に変形の強いはんれい岩について詳細な構造解析及び主要化学組成分析を行い、その構造発達過程とデタッチメント断層の運動像について考察した。岩石試料は2003年に調査船「かいらい」によるドレッジ地点の中で、デタッチメント断層の終了点である termination 付近の D10 地点のはんれい岩を用いた。はんれい岩の主な構成鉱物は斜長石・単斜輝石・角閃石であり、その他にイルメナイトや緑泥石がある。

変形微細構造は、主に斜長石と角閃石の細粒化と非対称なポーフィロクラスト状構造で特徴づけられるマイロナイトであるが、斜長石細粒粒子ははんれい岩試料ごとに異なる粒径(40 μm-97 μm)を持つ。また一部のはんれい岩試料において、角閃石が結晶成長していた。

はんれい岩を構成する斜長石と角閃石の結晶方位定向配列について SEM-EBSD(静岡大学機器分析センター所有)を用いて分析した。斜長石はほとんど集中を示さなかった。角閃石は(100)[001]集中を示すが、集中の程度は弱い。

はんれい岩の構成鉱物の主要化学組成について EPMA(静岡大学機器分析センター及び東京大学大学院新領域創成科学研究科鳥海研究室所有)を用いて分析した。斜長石の An 値ははんれい岩試料ごとに異なる値(An0-An35)を示した。角閃石は熱水変質作用によって単斜輝石を置換して形成しており、化学組成から高温型と低温型に分けられた。次に SEM-EDS(静岡大学機器分析センター所有)を用いて、主要鉱物の元素マップを作成した。その結果、一部のはんれい岩試料において斜長石のアルカリの元素マップに微細構造と不調和な分布が見られた。また、他のはんれい岩試料において、角閃石の Al と Ti マップに逆累帯構造が認められた。

はんれい岩の変形微細構造解析から、D10 地点を含む termination 付近で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と考えられる。はんれい岩試料によって微細構造や化学組成にばらつきが存在することから、termination 付近の構造発達過程と火成作用は breakaway よりも複雑であったことを示唆する。

熱流量高密度測定による海底熱水系水理構造推定の試み

正木 裕香(高知大理学研究科), 川田 佳史(名古屋大環境学研究科)

中央海嶺及び、島弧火山、背弧拡大軸などでは、深部からのマグマによって海底熱水系が発達する。海底熱水系では、海洋地殻中の亀裂や断層を通して海水が地下にしみこみ、深部からの熱によって浮力を生じ、海底から熱水として噴出する。海底熱水循環には、その周囲から広範囲にわたって海水が供給される1次対流と、熱水噴出口から数m-数十m以内の局所的なスケールでの2次対流が考えられる。

海底熱水活動の様式を推定する上で、熱流量は重要な境界条件を与える。熱水噴出パターンとあわせて、堆積物の物性である透水率・熱伝導率などを適当に与えることにより、温度場・流れ場を推定することができる。本研究では、伊豆・小笠原弧上の水曜海山、及び中部沖縄トラフの伊平屋北熱水域で高密度熱流量測定を行い、熱水循環の様式の推定及び環境による熱水循環の多様性を検討した。

水曜海山ではこれまで72点での高密度の地殻熱流量観測を行っており、 $1\text{W}/\text{m}^2$ を超える地域が400m以内の範囲に分布することが判明している。また熱水噴出口からごく近傍の5m以内の場所で下に凸の温度-深さプロファイルが得られたので、海水の吸い込みが存在することが示唆された。これを受けて、2005年から2007年にかけて実施された無人探査機「ハイパードルフィン」による調査航海では、孤立した熱水噴出口から5m以内で顕著な下に凸の温度プロファイルが得られ、海水が下降していることを強く示唆する一方、北方向には熱水の揺らぎが確認され、それに対応して上に凸の温度プロファイルが得られた。この結果から0.7m-2m以深に約70の等温の領域の存在を推定した。このような局所対流が起こりやすいのは、海底が軽石砂で覆われており、透水率が高いことが原因であると思われる。

一方、沖縄トラフ伊平屋北海域では、北西南東方向を軸に約1kmにわたって $1\text{W}/\text{m}^2$ を超える高熱流量が観測されている。今年6月から7月にわたって実施された海洋調査船「なつしま」の「ハイパードルフィン」によるNT07-11, NT07-13航海では、新たに8点の熱流量観測を行った。高熱流量域から2km東で $0.1\text{W}/\text{m}^2$ 以下の低熱流量値が得られたことから、水平方向に少なくとも2kmスケールでの熱水循環活動が推定される。このように大きな熱水循環が起こっているのは、熱源そのものが大きいことに加えて、表層堆積物が非透水性であることも要因であると思われる。

両調査海域の熱水循環の様式が異なるため、表層堆積物の透水率と熱水循環の様式との関係を確認するために、2次元の透水率の異なる水平2層モデルによる数値計算を行った。上層の透水率が下層に比べ2桁以上低い場合には、熱流量分布が上層の透水率に依存しなくなることが判明した。今回の数値計算で確かめられたように非透水性と透水性のものを接触した場合の熱流量に与える影響は大きい。海底表層の堆積環境から透水性が低いと考えられる沖縄トラフ伊平屋北熱水域と、透水性が高いと考えら得る水曜海山に同規模の熱源を与えると仮定した。その結果、伊平屋北熱水域のほうが長持ちをすることがわかった。

海底熱水循環の数値シミュレーション： 海水の相分離と循環領域形状の影響による噴出熱水の塩濃度変化

朝倉 彬，川田佳史，吉田茂生（名古屋大学）

1.はじめに

海底熱水循環は，海水が海底地殻に入り，海底下数 km でマグマの熱によって温められ，再び海底に戻り熱水として噴出する。本研究では，特に拡大海嶺軸に平行な熱水循環系を想定する。噴出する熱水の塩濃度に注目すると，熱水の塩濃度は，海水よりも低い場合と高い場合とがある（Von Damm, 1995 ほか）。海水と異なる塩濃度の熱水が噴出する主要因として，高温・高圧下で生じる海水の相分離が考えられている。循環する海水が加熱される底の圧力・温度が，相分離が生じる圧力・温度よりも高ければ，海水は高塩濃度の液相と低塩濃度の気相に分離する。

そこで，本研究では，熱水循環の底に傾斜をつけた形状の領域でシミュレーションを行った。実際の熱水循環の底は，水平ではないと考えられる。循環の底の形状に傾斜をつけると，高濃度の塩水層が低い方に流れ下ることによって，海底から噴出する流体の塩濃度にむらができると予想される。そしてそれがどのようなメカニズムによって形成するのかを明らかにするため塩濃度場を示した。

2.モデル概要

計算は，2次元浸透流の定式化を用いて行った。相分離は，一定圧力（45MPa）の NaCl-H₂O 系の相図を用いて組み込んだ。計算領域は，縦横比 1:2 の長方形の形状とした。境界は，計算領域の上面を海底，下面を循環の底とし，その上部で熱水の湧出と海水の流入が行われるように設定した。循環の底の温度は，相分離が生じることが可能な温度（800℃）で一定とした。循環の底の形状は，水平な場合と一定方向に傾斜がある場合を想定した。

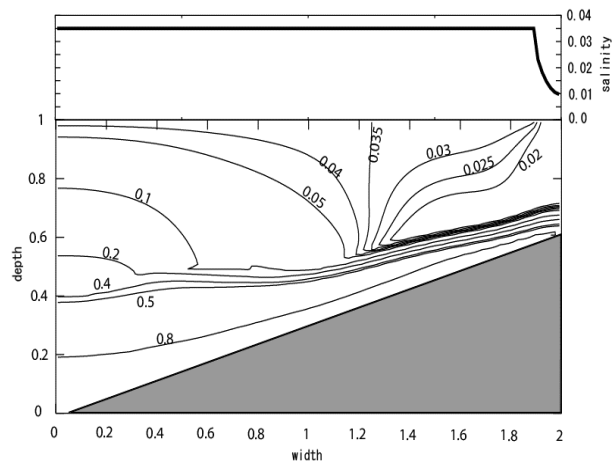


図1下：循環の底に傾斜がある場合の塩濃度場

上：湧出する流体の塩濃度（質量分率）

3.結果・考察

まず，循環の底が水平な場合の計算を行った。計算領域での塩濃度場は，循環開始早期の段階で相分離の影響により高濃度の塩水層が循環の下に停滞する。海底から湧出している塩濃度は，海水組成とほぼ変わらない。

次に，循環の底に傾斜をつけて計算を行った。図1は循環領域の塩濃度場を示す。相分離によって形成した高塩濃度の塩水層が傾斜に沿って流れ下る。そのため，上昇域から濃い塩水が常に取り去られることになるので，海水よりも薄い塩濃度の熱水が海底から定常的に湧出する。これは，海水の相分離と循環の底の形状の相互作用によるという言い方もできる。

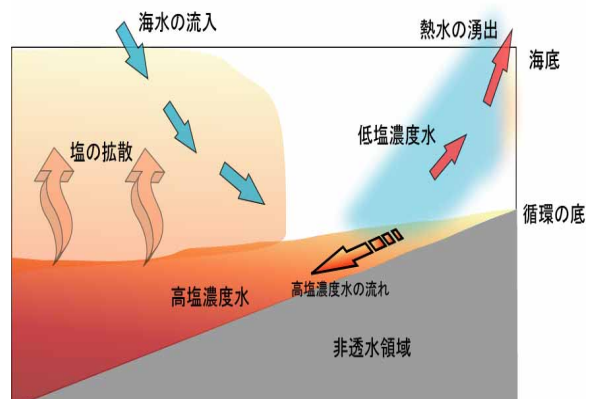


図2 傾斜がある場合の塩濃度場の概念図

沖縄トラフと伊豆・小笠原弧に生息する多毛類 (*Paralvinella* sp.) の遺伝的集団構造

頼末 武史・小島 茂明 (東大海洋研) 渡部 裕美 (海洋研究開発機構)

イトエラゴカイ *Paralvinella* は環形動物門多毛綱フサゴカイ目エラゴカイ科に属し、東太平洋中央海嶺および西太平洋の熱水噴出域に分布している。イトエラゴカイ類は熱水域生物相を構成する主要な動物群のひとつであり、西太平洋では北フィジー背弧海盆、マヌス海盆、マリアナトラフおよび日本周辺の沖縄トラフ、伊豆・小笠原弧で生息が確認されている。また、イトエラゴカイ類の多くはアクティブチムニーの表面に生息しており、熱水噴出活動の影響を顕著に受けていると考えられる。東太平洋に分布するイトエラゴカイ類については、DNA塩基配列に基づく集団構造や生殖に関する研究成果 (Knowles et al., 2005, Zal et al., 1995 など) があるが、日本周辺を含む西太平洋における研究はほとんどなされていない。本研究は、日本周辺に分布するイトエラゴカイ類のDNA塩基配列に基づく集団構造解析を通して、熱水史と関連した集団構造を明らかにすることを目的としている。

本研究では、沖縄トラフの伊平屋海嶺、伊是名海穴、第四与那国海丘および伊豆・小笠原弧の明神海丘、ベヨネーズ海丘、明神礁の各熱水域で採集されたサンプルを用いてミトコンドリア(mt)DNAのCOI領域の部分塩基配列情報に基づいた集団構造解析を行った。その結果、日本周辺に分布するイトエラゴカイ類は遺伝的に大きく異なる2つの系統群から成ることが明らかになった。一方の系統群は沖縄トラフのみに生息し、他方は沖縄トラフ、伊豆・小笠原弧の両方に生息している。後者の沖縄トラフ内の集団では熱水域間で頻繁な遺伝的交流が起こっているのに対し、伊豆・小笠原弧では1個体だけ得られたベヨネーズ海丘のサンプルは明神礁のサンプルのいくつかと同一の塩基配列を示したが、明神海丘と他の海山の集団間では有意な遺伝的分化がみられた。また沖縄トラフと明神海丘および明神礁の集団間にも有意な遺伝的分化が見られ、遺伝的な交流が全くない、またはかなり制限されていると考えられる。さらに、各集団は過去に急激な拡大があったことが示され、熱水噴出活動の変動に伴って集団の縮小、拡大を経験していると考えられる。本研究で明らかになったイトエラゴカイ類の2つの系統群の集団の拡大年代、分散過程、生理・生態的な相違を明らかにすることによって、熱水噴出活動とイトエラゴカイ類の遺伝的多様性との関連が示される可能性がある。

<文献>

Knowles JD, Wenink E, Schult N, et al. (2005) MARINE ECOLOGY 26, 216-222

ZAL F, JOLLIVET D, CHEVALDONNE P, et al. (1995) MARINE BIOLOGY 122, 637-648

南部マリアナトラフにおける熱水性堆積物中の微生物相

加藤真悟・小林智織（東京薬科大学）・掛川武・佐藤誠悟（東北大学）・横堀伸一（東京薬科大学）・益田晴恵（大阪市立大学）・浦辺徹郎（東京大学）・山岸明彦（東京薬科大学）・YK05-09航海乗船者一同

熱水湧出地帯では、還元型物質が含まれる熱水と、酸化物が含まれる海水とが反応することで、海底熱水系に特異的な堆積物が形成されることが知られている。ハワイの Loihi 海山や、大西洋中央海嶺の Rainbow サイト、東太平洋海嶺の Guaymas 海盆などで熱水性堆積物が発見されており、微生物学的解析が行われてきた。堆積物の微生物学的特徴は、多くの菌体 ($\sim 10^8$ cells/g) が存在し、多様な微生物（真正細菌、古細菌、真核生物）が検出されることである。未知微生物も多く検出されており、新規微生物の単離培養が期待される。最近、Loihi 海山の堆積物から新規プロテオバクテリア綱、 α -プロテオバクテリアに属する微好気性鉄酸化細菌が発見された。海底熱水系の低温環境における一次生産者として、硫黄酸化菌が主であると考えられているが、同様に鉄酸化菌も重要な役割を担っていることが示唆された。

2005年の7月から8月にかけて行われた、南部マリアナトラフにおける YK05-09 調査航海において、背弧海盆拡大軸上で二つの熱水噴出地帯 Mrk#16 と Mrk#18 が確認された。本研究の目的は、二つの海底熱水噴出地帯周辺の熱水性堆積物中の微生物相を解析することである。

EDS による鉱物分析により、堆積物の大部分は鉄とシリカで構成されていることがわかった。堆積物近傍の熱水は、温度が 33-116°C、pH6-7 であった。硫化水素は、116°C の熱水からは 300 μ M 程検出されたが、30°C 付近の熱水では検出限界以下であった。DNA 染色による蛍光顕微鏡観察では、球菌、桿菌、鞘状菌等が多数観察された。蛍光顕微鏡による直接菌体数計数と定量 PCR により、Mrk#16 と Mrk#18 の熱水性堆積物中の菌体数は約 10^8 cells/g と推定された。

リボソーム RNA 遺伝子を対象にした DNA 解析の結果、どちらの堆積物からも α -プロテオバクテリア（鉄酸化菌）に属するクローンが検出された。Loihi 海山以外の海底熱水地帯からも、少数ではあるが α -プロテオバクテリアに属するクローンが検出されていることから、このグループは世界中の熱水性堆積物中に広く存在することが示唆された。 α -プロテオバクテリア綱（硫酸還元菌等）、 β -プロテオバクテリア綱（メタン酸化菌等）、Nitrospira 綱（亜硝酸酸化菌等）に属するクローンも同様に検出された。多様な従属栄養細菌も検出された。また、古細菌の Marine group I（アンモニア酸化菌）も検出された。さらに *dsrAB* 遺伝子、*pmoA* 遺伝子、*amoA* 遺伝子解析の結果、熱水性堆積物中で硫酸還元、メタン酸化、アンモニア酸化が微生物によって行われていることが示唆され、16S rRNA 遺伝子解析結果を支持する結果となった。好気性細菌、微好気性細菌、硫酸還元菌が検出されたことは、堆積物中で酸素濃度の勾配があることを意味する。熱水性堆積物中には、複雑な生態系が存在することが推定された。真核生物は、繊毛虫門、環形動物門などに属するクローンが検出され、そのいくつかは Rainbow サイトの熱水性堆積物から検出されたクローンと高い相同性を示した。これらの真核生物が異なる熱水地帯で発見されたのは初めてである。

興味深いことに、他の熱水性堆積物によくみられる α -プロテオバクテリアに属する硫黄酸化菌は検出されなかった。おそらく、今回の調査地域に特徴的な地球化学的要因を反映していると考えられる。

硫黄酸化の熱水生態系における重要性

○山本正浩（海洋研究開発機構・極限環境生物圏研究センター）

深海底熱水環境には水素、メタン、アンモニア、硫黄化合物のような無機化合物をエネルギー源として生育する微生物が多数生息している。これらは二酸化炭素のような C1 化合物を有機化合物に変換できる独立栄養能を持ち、生態系の一次生産を支えている。特に硫黄化合物を酸化できる硫黄酸化細菌は深海底熱水環境の微生物相において常に支配的に観察され、また大型生物の共生菌としても見出されることから、熱水生態系の主要な生産者と見なされている。したがって、生態系のバイオマス生産能力を知る上で、硫黄酸化細菌の硫黄酸化の代謝経路や効率や環境適応性などを明らかにすることは非常に重要である。しかしながら、硫黄酸化経路の全貌については未だに解明されていない部分が多い。硫黄原子は広範囲な酸化数（ $-2 \sim +6$ ）を比較的安定に維持することができ、また S-S 結合を形成することから、無機硫黄化合物には様々な形のものがある。最も還元的な硫化イオンと最も酸化的な硫酸イオンの間には多数の中間酸化化合物が存在し、複雑な化学反応ネットを形成している（図 1）。「硫黄酸化」とはこの化学反応ネットの酸化方向の総称であり、生物ごとにその「硫黄酸化」経路は異なるし、触媒する酵素も異なる。近年、個々の経路や酵素についての知見は増えつつあるものの、生態系全体の生物的硫黄酸化メカニズムを網羅できるには至っていない。本講演では、生物的硫黄酸化についての現在までの知見を総括し、熱水系における硫黄循環を考察する。

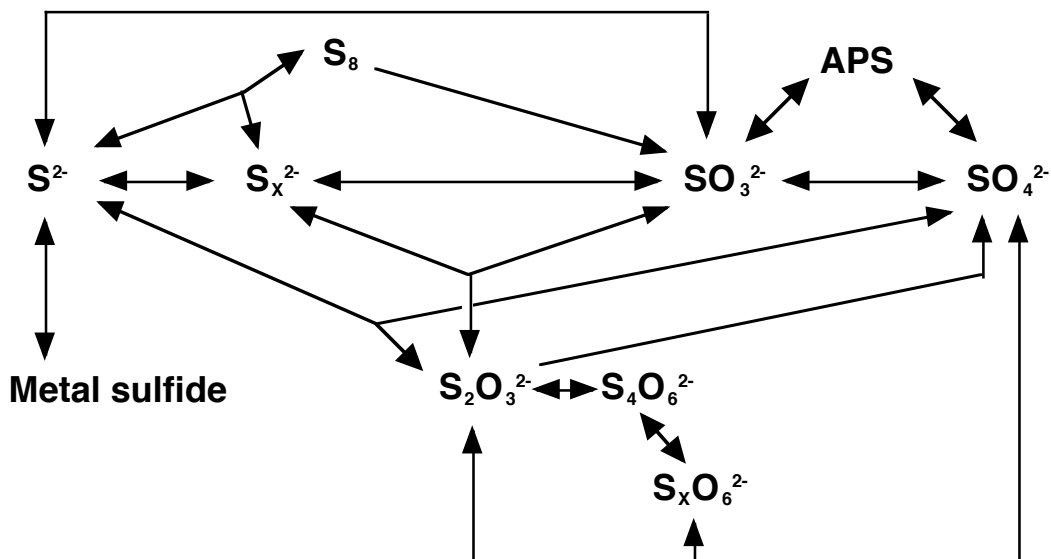


図1 硫黄化合物反応ネット

海底熱水系試料での微生物機能遺伝子探索 - IGC メタゲノム解析法による世界初の解析事例 -

丸山明彦・ホサム エルセイド（産業技術総合研究所）

海洋は地球表層の約2/3を占め、陸上とは異なる様々な特徴を有している。中でも、海底熱水活動域やガスハイドレート海域、油田採掘・汚染海域などには様々な未知微生物の存在が期待されるが、分離・培養が困難なものが多いためその機能の特殊性や有用性についてはほとんど未解明なままである。近年の網羅的なメタゲノム解析手法はその扉を開けはじめているが、ヒトゲノム解析から環境ゲノム解析へと転じた米国に大きな遅れを取っており、またコスト・パフォーマンスという点でいまだ限界を抱えている。そこで我々は、原核生物に特有の遺伝子転移制御因子の一つであるインテグロン・ジーンカセット(IGC)システムに着目し、海洋の微生物群集を対象とした安価で効率的な機能遺伝子探索手法の検討を行ってきた。その結果、海底熱水系微生物試料を対象に効率的なIGCメタゲノム解析手法として確立するとともに、これらの試料からこの方法ではじめて多数の機能遺伝子情報を取得することに成功した。獲得された遺伝子の中には、Transporter, Transferase, Oxidoreductase, Aminopeptidase, Glutamate synthetase 等に近縁な機能性タンパク質が含まれ、そのほとんどは新規性の高いものであることが明らかとなった。また、この系自体を制御している酵素遺伝子についても、海底熱水系由来のものは新しいタイプのものとわかった。得られた機能遺伝子の一部については、大腸菌での発現実験にも成功し、実際に機能性を保持していることを確認した。これらの結果は、これまで人間活動周辺環境で蓄積されてきたIGCや遺伝子伝播に関する知見を大きく塗り替えるものであり、そのメカニズムや微生物の適応・進化、生態学上の意義等については大変興味もたれる。また、得られた機能遺伝子の中からは産業上有用なものも期待できる状況にある。さらにデータの蓄積を図っている。

ゲノム解析から見えて来た熱水生態系の一次生産者と ヒトに蔓延する病原性微生物の関係

中川 聡、高木 善弘、島村 繁、高井 研
(海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センター)

世界各地の深海底熱水活動域には *epsilon-Proteobacteria* と呼ばれるグループの微生物がほぼ普遍的に優占して棲息している。近年、網羅的な分離培養解析あるいは環境遺伝子の解析を通じて、本微生物群の性状が明らかとなりつつある。深海底熱水活動域に優占する *epsilon-Proteobacteria* は、常温性から中等度好熱性（増殖温度範囲：4～70°C）の化学合成独立栄養細菌である。エネルギー獲得系を複数有することが特徴的であり、電子供与体として水素や種々の硫黄化合物、電子受容体として酸素・硝酸・硫黄化合物を利用して増殖する。本微生物群による水素酸化や硫黄酸化、硝酸還元、CO₂固定といったエネルギー・炭素代謝について、それぞれの代謝経路に関わる遺伝子群が断片的に配列決定されるまでに至っている。

一方で、この *epsilon-Proteobacteria* は、*Helicobacter pylori*（胃潰瘍や胃癌等の原因菌、人類の約半数に感染）や *Campylobacter jejuni*（キャンピロバクター腸炎やギランバレー症候群[深刻な神経免疫疾患]等の原因菌、アメリカだけでも年間数百万人感染）といった極めて重要な病原性微生物を多く含む系統群である。その重要性から、これまで *epsilon-Proteobacteria* に含まれる約 20 株について全ゲノム配列が決定されている。そのうち *Wolinella succinogenes*（ウシのルーメンに棲む微生物）は、ゲノム解析が行われた *epsilon-Proteobacteria* の中では唯一非病原菌とされるが、そのゲノム中には *Campylobacter* の病原性プラスミドにシンテニクな遺伝子群が発見されている。これまで行われたゲノム解析により、各病原菌の病原性因子や付着因子といった病原機構に関する重要な知見が明らかになるとともに、それらの比較ゲノム研究から *epsilon-Proteobacteria* 共通のゲノム構造の特徴が解明されつつある。

我々のグループでは、熱水孔環境に優占する *epsilon-Proteobacteria* を初めて全ゲノム解析することに成功した。本講演では、1) *epsilon-Proteobacteria* はどのような仕組みにより熱水孔環境に君臨するか、2) 熱水孔環境に優占するものと病原性 *epsilon-Proteobacteria* はどのような関係にあるか、について報告したい。

気液分離管を装備したガスクロによる海水中の極微量水素，二酸化炭素，メタンの直接測定法の開発

鈴木勝彦・中村謙太郎(海洋研究開発機構)，安居茂夫((株)島津製作所)，高井研(海洋研究開発機構)

深海熱水系は，1970年代の発見以来，初期生命誕生の場の最も可能性の高い候補と考えられてきた。始源的な生命エコシステムは水素と二酸化炭素をエネルギー・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)が，LUCA (Last Universal Common Ancestor: 現存する生物の共通祖先) ecosystem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が有力である(Takai et al., 2004; 2006)。すなわち，初期生命の進化には，気体水素が深く関与しており，それに制約を与えるには，エネルギー源たる溶存ガスの正確かつ迅速な定量が非常に重要である。しかしながら，熱水，海水試料中に溶存するごく微量のガスの正確な定量は容易ではない。通常は，真空ライン中にガスを抽出し，その圧力を精密に測定してガス全量の定量を行い，その後そのガスをガスクロで成分分析を行う。低圧力のガスの圧力を正確に決めるのは容易ではない。その上，抽出法では，抽出作業中に試料ガスが失われる，全量回収できていない，手間と時間がかかるなどの問題が生じる可能性がある。

そこで本研究では，海水中に溶解したごく微量の水素，メタン，二酸化炭素ガスを迅速にかつ正確に，直接測定する方法を開発した。装置の基本構成は気液分離管を装備したタンデムガスクロである。装置の概要は発表の中で示す。ガス濃度既知の海水標準試料を作成することが非常に困難であるということが，開発途上の問題として存在したが，これについては本機構で開発した既知量のガスを内容積可変のシリンジの中にとり，数十 MPa の圧力をかけて溶解することで作成した。図 1 はその方法によって得られた検量線であり，数 $\mu\text{mol/L}$ のごく微量ガスでも検量線上にプロットされ，この範囲で非常に有効な定量法であることが示された。

この方法の利点は，高回収率，高感度，低ブランク，迅速な測定である。これらの特徴は，本測定システムが，海水試料を直接装置に導入することができ，従来の方法における海水試料に溶存した極微量ガスを抽出する際の操作を必要としないことによるものである。将来的には，例えば熱水実験装置に接続すれば，オンラインで連続測定が可能であり，また，船に積むことにより，洋上で迅速に正確な微量ガス定量値を得ることができる。

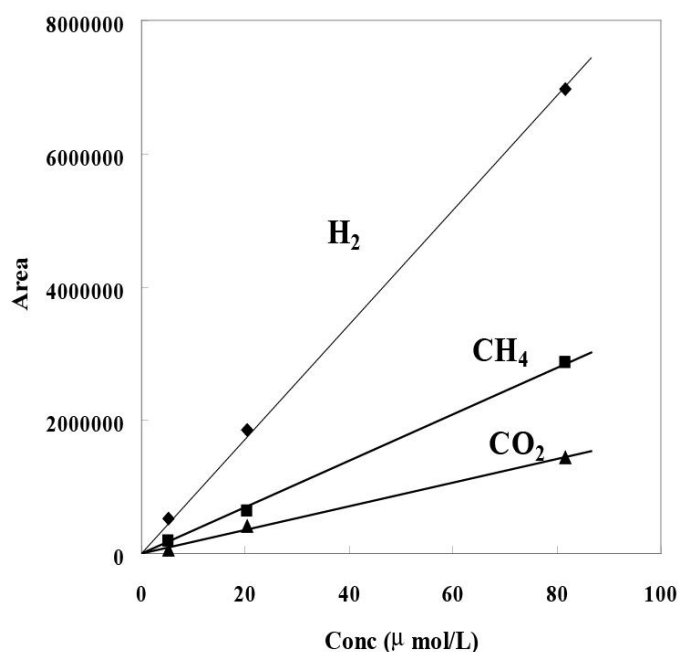


図 1. 開発したガスクロによる海水中の溶存ガス検量線

海嶺研究における AUV 利用の到達点と今後の展開

中村 光一（産業技術総合研究所）

潜水船 Alvin や ROV JASONII などとともに米国の National Deep Submergence Facility Vehicles として位置づけられ、NSF にプロポーザルを出せば利用可能な AUV (Autonomous Underwater Vehicle), ABE (Autonomous Benthic Explorer)は高温の熱水地点の探索と詳細調査に関しては CTD と併用してどこでも適用可能な手法が確立してきた (Yoerger et al., 2007, Oceanography, vol. 20 no.1, p. 152-161 など参照)。また、MIT からのベンチャー企業である Bluefin Robotics や ROV Hyper Dolphin を建造したカナダの International Submarine Engineering など AUV を販売する企業は多数存在し、ドイツ IFM-GEOMAR など、AUV を購入して海嶺研究を行おうという動きもある。

現在、海嶺研究において AUV の利用により大きな前進があるのは

1. 海底熱水マウンドやチムニーコンプレクス、海底におかれた reentry cone など数メートルスケールの海底微地形をナローマルチビーム音響探査で取得したり、熱水域の存在に伴う局所的な磁気異常を詳細磁気マッピングにより検出したりする作業など、海底から 10m オーダーの距離で航走する観測。
2. 海底の画像を海底から数 m オーダーの距離で航走して所得し、海底面上の対象物のモザイク写真による俯瞰図を作製する作業。
3. 中層を航走して搭載した CTD, optical backscatter sensor(OBS), 酸化還元電位センサー、現場化学分析装置など各種センサーや機器で熱水プルームを観測し、海底熱水の存在地点を特定して行く作業。

などの分野である。この内、1と2については ROV や有人潜水船でもやられてきたが、人的資源の省力化という点で AUV 利用に多大の利点がある。また、海底写真や海底微地形など取得されたデータ内部でのデータの位置の誤差よりも航走体の測位誤差の方が大きいという問題を取得されたデータ内部でのデータの位置関係に重きをおいたデータ処理によって詳細な地図やひずみのないモザイク図を作製することが可能になってきている。

3 については航走観測終了後にデータを図化し、解析することによって海底熱水湧出地点を検出し、次の航走観測を計画するという段階から一歩進んで、航走観測中に、酸化還元電位異常などを検出して新たに測線を自動で計画してさらに探査をするという programmed survey から本当の autonomous へということが実現可能になった(前掲論文や Yoerger et al., 2007, Techniques for deep sea near bottom survey using an autonomous underwater vehicle. Int. J. Robotics Res., v. 26, p.41-54.)。さらに自動化を進めるためのシミュレーションが実際のデータを使って行われている。

現在のところ、深海においては母船から同時に複数の AUV を投入することは実施例がないが、省力化、調査の効率のために、複数の AUV を投入して調査する方向が目指されなければならない。その際、ひとつひとつの AUV が programmed survey を行うのみでは単に時間の節約ということにしかならない。複数の AUV が情報をやり取りして autonomous に共同作業をやれば調査がロボット化されたという段階になるので、AUV technology を研究する工学研究者の間ではそれが目指されている。産業用のロボットなどにおいては既に実現していることであるので、工学的興味としては、

1. コミュニケーション手段として音響通信しか利用できない。即ち、時間あたりに送ることのできる情報量に極めて大きな制限がある。
2. 複数の周波帯域を利用して独立のコミュニケーションのチャンネルを多数持つということできない。
3. 海中音速に規定されて、コミュニケーションの往復に時間がかかり、母船、AUV、トランスポンダーと通信する対象が増えれば増えるほど、それぞれの通信の時間あたりの頻度は減少せざるを得ない。

という制約条件の中でのロボットの制御に工学研究者の情熱が注がれている。

拡大速度と海洋地殻組成

○根尾 夏紀・宮下 純夫（新潟大学大学院自然科学研究科）

地球上には拡大速度が $\sim 55\text{mm/yr}$ 以下の低速拡大海嶺から $\sim 80\text{-}180\text{mm/yr}$ の高速拡大海嶺、中速拡大海嶺など様々な拡大速度の海嶺が存在している。低速拡大海嶺は深いリフトバレー、粗い地形で層序が不完全、メルトレンズは欠如、もしくは一時的に小さなものが存在しており、シート状岩脈群は欠如していることもある。また噴出岩は比較的未分化であると考えられている。一方、高速拡大海嶺は、滑らかな地形でオフィオライト層序が成立しており、メルトレンズは長期間存在し、噴出岩は比較的分化したものが卓越していると考えられている(Macdonald, 1998; 宮下・前田, 2003)。

拡大速度が速くなるに従って部分溶融度が高くなるのがこれまでの多くの研究から指摘されている。MORB 組成をセグメント毎に平均化してプロットすると系統的なトレンドが認められ、これはグローバルトレンドと呼ばれており、部分溶融の違いによっていると考えられている(Klein and Langmuir, 1987; Langmuir et al., 1992)。ところで、マグマの組成は結晶分化作用の進行により連続的に変化していく。結晶分化作用による効果を除去してマグマ自体の主要成分の特徴を示すために、 $\text{MgO} = 8\text{wt}\%$ 時のそれぞれの濃度を用いる方法が上記の研究で用いられている(Na_{8.0}, Ti_{8.0}, Fe_{8.0}など)。この方法は多くの研究者によって採用されている。一般的に Na_{8.0}は部分溶融度が高くなるほど低い値を示し Fe_{8.0}はメルティングの深度が浅いほど高い値を示すと考えられている。例えば、超低速拡大である南西インド洋海嶺はより拡大速度が速い MAR と比べて Na_{8.0}が高く、Fe_{8.0}が低い(Langmuir et al., 1992)。

最近、拡大速度の違いによるマントル上部からのメルト供給、メルトレンズの挙動の違いに注目した研究もなされている。高速拡大ではメルトの供給が多く、親マグマ組成が分化の進行に従って均質化する。低速拡大ではメルトの供給が少なく、噴出する溶岩は未分化だが、マントルのバリエーションを反映している(Rubin and Sinton, 2007)。

また、 220mm/yr の超高速拡大海嶺を掘削した Hole1256D の結果からも現在の EPR の組成と比較すると最も低い Zr/TiO₂, Zr/Y を示すなど拡大速度が早いほど部分溶融度が大きいという関係が得られている。ところが、Hole1256D と現在の EPR の玄武岩組成の関係を微量元素で検討した結果、Zr/Y の違いは部分溶融度の違いでは考えられないほど大きいことが分かった。このため Hole1256D が形成された 19-12Ma と現在の EPR は同じソースとは考えにくく、ソースの不均質性が示唆されている(根尾・宮下, 2007 地質学会)。

このように拡大速度はマグマシステムに影響を与えており、詳細な研究が必要である。また、近年指摘されているマントル不均質も合わせて検討しなければならない。

上部海洋地殻の構成とその形成条件について

海野 進 (静岡大学)

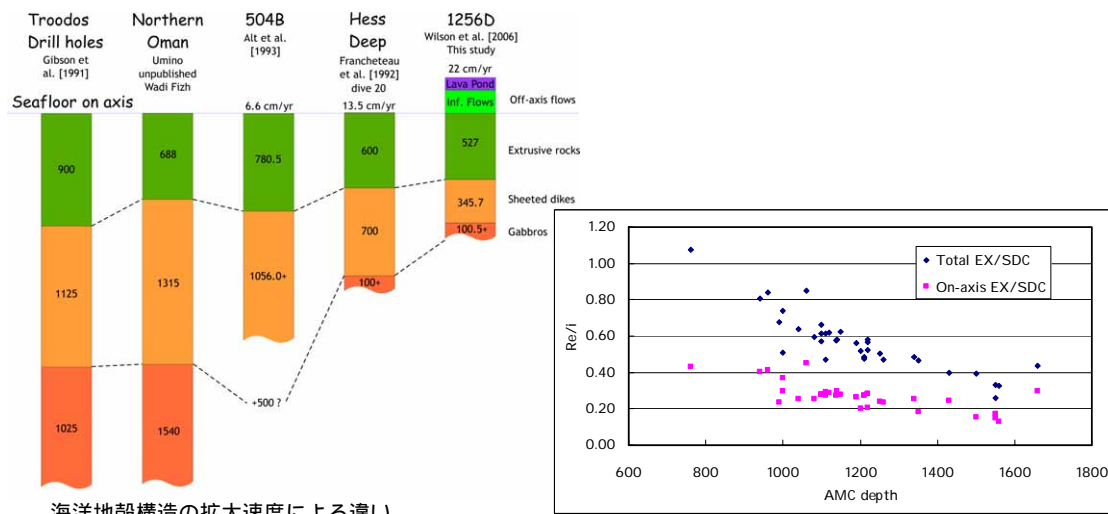
深海掘削 (第 504B 孔, 1256D 孔), Hess Deep と東太平洋海膨における潜水観察, ガラパゴス海嶺及び東太平洋海膨における地震波探査の結果を基に, 海洋地殻上部の構成とその形成過程を支配する要因について考察する。

拡大速度及びマグマ供給率と密接な相関を示す中央海嶺系の微地形は, 溶岩流出と岩脈貫入による地殻の形成と, 断層形成及び岩脈貫入に伴う地殻の変形と破壊という相互作用によって形成されたものである。

この微地形は, 噴出率とともに溶岩流の形態と構造を支配する主な要因である。概ね 6 度を超える斜面では溶岩流は枕状溶岩となり, ゆるやかな基盤上ではロバートシート溶岩となる。そのため, 断層による急崖と亀裂, 起伏に富んだ低～中速海嶺では, 枕状溶岩と火砕物が多くなる (504B 孔では枕状溶岩が 40%を占める)。これに対して, 起伏に乏しい高速拡大海嶺ではシート溶岩が卓越する (1256D 孔ではシート溶岩が 75%)。

噴出岩層の構成物の違いは, 上部地殻の密度構造を支配し, その結果上昇するマグマが貫入岩となるか, 噴火するかを規制する。枕状溶岩・火砕物が卓越する上部地殻はマグマよりも低密度であるために, マグマ溜り直上に浮力の中立点が出現し, シート状岩脈群が発達しやすい (504B 孔では溶岩層 780.5 m に対し, シート状岩脈群 > 1056 m, Hess Deep では溶岩層 600 m 対岩脈群 700 m)。一方, 高速拡大海嶺では密に積み重なったシート溶岩が高密度の上部地殻を形成するために, 浮力の中立点が海底面直下に現れ, 上昇するマグマは高い余剰圧をもって噴火しやすくなる (1256D 孔では噴出岩層 810.9 m に対して岩脈群 345.7 m)。

噴出岩層と貫入岩層の厚さの比 Re/i は高速拡大海嶺ほど大きい傾向がある (左図)。また, 同じ拡大速度では, マグマ溜りが浅いほど Re/i は大きい (右図)。拡大速度～地殻の変形速度が一定であれば, マグマ溜り深度は熱水循環による冷却とマグマによる熱供給のバランスで決まる。即ち, マグマ溜りが浅いほどマグマ供給率は高いと考えてよい。岩脈貫入はプレート拡大による水平圧縮差応力の増大とマグマ溜りの余剰圧の兼ね合いで支配される。簡単なモデル実験は, プレート拡大による地殻の変形速度に比べて相対的にマグマ供給率が高い高速拡大海嶺やセグメント中央部では, 高 Re/i 地殻が形成され, マグマに欠乏した低速拡大海嶺やセグメント末端では低 Re/i 地殻が形成されることを示している。



東太平洋海膨 13-20S における Re/i とマグマ溜り深度の関係

オマーンオフィオライト海洋地殻溶岩層について

草野有紀・宮下純夫（新潟大学自然科学研究科）

オマーンオフィオライトは過去の海洋地殻 - 上部マントルの典型として、世界の研究者が最も注目している地域のひとつである。上部の噴出岩層は北部地域に連続的に露出し、Alabaster (1982) をはじめとして岩石学的研究が行われている。最近では Godard et al (2003) により、希土類元素の測定も行われている。しかし、岩相層序 (= 火成活動史) などに関しては問題が残されている。

噴出岩層は、下部の 1 km 前後が海嶺火成活動 (MORB) と考えられている V1 (Geotimes) 上部の島弧的な組成を示す V2 (Alley) およびアルカリ岩的特徴を持つ V3 (Salahi) によって構成されている。これらの区分や形成過程は、各研究者によって異なっている。V1 と V2 の区分は、間に挟まれる Ferromanganoan sediment の存在によって行われている。問題は Lasail Unit と呼ばれる溶岩層の扱いである。Alley の初期相とする考え方 (Alabaster, Godard 等) と、Geotimes の中に含まれるやや初生的な部分であるとする考え方 (Umino, Durair 等) などである。

海洋地殻の溶岩層は従来、すべてが海嶺軸上での火成活動の結果である思われていた。しかし、最近の掘削や探査などにより、高速拡大海嶺の溶岩層の上部の 1/4 ~ 1/3 はオフアクシス火成活動によるものであることが明らかになってきた。つまり、海嶺軸上での火成活動は、それより下位の溶岩層であり、溶岩層における垂直的变化は、海嶺軸上からオフアクシス火成活動への変化に対応していることになる。海野 (2007 地質学会) などによれば、海嶺軸から 3km までがオンアクシス火成活動、それより離れたところではオフアクシス火成活動となる。海嶺周辺の海底の傾斜角度を反映して溶岩の産状は変化に富む。オフアクシスでは斜面の傾斜が緩やかなためシートフローが卓越する。一方、オンアクシスでは海嶺軸上では傾斜が少なく、シートフローが卓越するが、翼部で斜度が少し急になると枕状溶岩が形成される。一方、拡大速度が増大するとシートフローの割合が高くなることも知られている。

オマーンオフィオライトにおいても溶岩の産状は多様で、これは地形や海嶺セグメント中での位置によって、マグマ供給率などが異なっているためと考えられる。オマーンでは、非常に露出が良いため、オンアクシスからオフアクシスに変化する様子や海嶺セグメント構造との関係が三次元的に解明される可能性がある。オマーンオフィオライトでは、ガブ口層や岩脈群に関する研究から、セグメント構造とマグマシステムとの関係が検討されている。噴出岩層に関する詳細な検討を行えば、セグメント構造との関係に加えて、オンアクシスからオフアクシスへの変化についても解明できるであろう。

これまで、Ghayth と Salahi の 2 地域について調査を行った結果、V1 の上部では枕状溶岩が卓越し、下部ではシートフローが卓越していることが明らかとなった。発表では現在の調査状況と今後の展望について述べる。

海嶺下の地殻構造と形成プロセス

宮下純夫（新潟大学自然科学研究科）・足立佳子（同超域研究機構）

海洋地殻の構成（構造）が拡大速度の違いにより大きく変化することは多くの研究者の意見の一致したイメージとなっている。しかし、より詳細に形成プロセスまでを含めて検討してみると、未だに見解の一致していない多くの問題がある。その最大の問題は、海洋地殻の3分の2以上を占める下部地殻（海洋地殻第3層）の問題で、厚さ数キロメートルに達する厚いガブロ層がどのようにして形成するかという問題である。

1780年代までは、オフィオライトに層状分化岩体の研究手法を適用して、巨大なマグマ溜まりを想定したモデルが支配的であったが、80年代後半に入って地震波などを用いた観測結果から、そうした巨大なマグマ溜まりが高速拡大海嶺下にも存在しておらず、薄いメルトレنزとその下に広がるクリスタルマッシュとからなっていることが明らかとなった。したがって、その薄いメルトレنزから如何にして厚いガブロ層が形成されるかが次の問題として浮かび上がってきた（宮下ほか、2002参照）。これまでに2つの端的に異なったモデルが提唱されている。メルトレنزまで一旦供給された初生マグマがそこで晶出し、メルトレنزの下に広がるクリスタルマッシュ中を流動・沈降していくという gabbro glacier モデルと、モホ面付近から順次シルを形成しつつメルトが上昇して行き、分化したメルトがメルトレنزに供給されるという sheeted sill モデルである。この問題に関する最近の研究状況をまず紹介する。

拡大速度とマグマシステムとの関連については、従来から部分溶融程度や結晶分化作用の様式の変化が議論されてきたが、最近、膨大な MORB のデータベースや実験結果などを用いた議論も行われるようになってきた（この問題については根尾・宮下によって報告される）。

一方、海嶺セグメント構造に沿ったマグマシステムの系統的变化に関しても、上に述べた問題とも関連して、新たな観点からの議論が始まっている。オマーンオフィオライトにおける我々の研究成果の紹介も含めて、海嶺セグメント構造によるマグマシステムの変化についても紹介する。

オマーンオフィオライト北部地域におけるモホ遷移帯

橋本瑛久・足立佳子・宮下純夫（新潟大学）

モホロビッチ不連続面は地震波速度構造における不連続面によって定義されている。この不連続面のより上部が地殻、より下部がマントルとされており、不連続面は地殻とマントルの境界を表している。モホ不連続面は大陸・島弧地域では地下 30 km 前後に、大洋底では地下 6 km 前後に位置している。しかしながら、このモホ不連続面の実体は、まだ観察されたことはない。

オマーンオフィオライトでは、地殻とマントルの間にはモホ遷移帯（あるいは地殻 - マントル遷移帯）と呼ばれる、ダナイトおよびウェールライト、かんらん石ガブロなどのガブロ類も含まれる層準が分布している。モホ遷移帯の層厚は数 10 m ~ 数 100 m と幅広く変化するほか、岩相も非常に変化に富んでおり、観察される場所ごとに様々な差がみられる。

モホ遷移帯 ~ マントルセクションは 1980 年前後にフランスの Nicolas 等のグループなどによって基本的な構造が明らかになるなど、詳細な構造岩石学的研究が行われてきた。モホ遷移帯の横方向の岩相変化・層厚変化については、中部地域において Benn (1988) 等によって示されている。また、Nicolas & Boudier (1996) はオマーンオフィオライト全域における斑れい岩層の厚さとモホ遷移帯の厚さの変化を示し、海嶺セグメント中心部ではモホ遷移帯が厚く、海嶺セグメント境界部では薄くなる傾向があることを示している。しかしながら、これらの研究においてモホ遷移帯内部における岩相変化の実体についての岩石学的な検討は行われていない。

一方、Miyashita & Adachi (2003) はオマーンオフィオライトにおける従来の海嶺セグメント構造の認定自体に問題点があることを指摘し、同オフィオライト北部において、Fizh 地域を末端部・Thuqbah 地域を中央部・Sudum 地域を中間部とする海嶺セグメント構造を新たに提案した。

本研究では、モホ遷移帯の岩相や層厚・鉱物化学組成と海嶺セグメント構造との関係を明らかにすることを目的とし、オマーンオフィオライト北部で海嶺セグメント構造の中央部・中間部・末端部・最末端部のそれぞれの地域でマントル最上部 下部斑れい岩層にかけて調査を行った。

調査では各ルートでルートマップ・露頭柱状図の作成とサンプル採取を行い、各ルート間における層厚や岩相の実体をまず明らかにした。また、採取サンプルからは岩石薄片を作成し、観察後には EPMA による鉱物化学組成分析を行った。

その結果、モホ遷移帯付近の詳細な岩相とセグメント構造における位置による岩相変化が明らかになった。モホ遷移帯の層厚の変化については、かねてより言われていた「セグメント中央部で最も厚く、セグメント末端部で最も薄い」ことに加え、セグメント最末端部では再び厚くなることが発見された。

本講演では、各セクション毎の垂直的な鉱物組成変化の特徴と海嶺セグメント構造との関係について報告する。

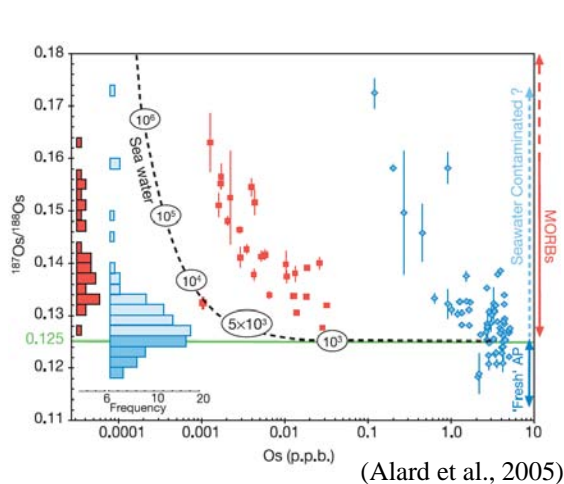
インド洋 MORB とかんらん岩の関係と海洋島玄武岩の混染の影響 ～ Os 同位体組成からの視点～

仙田量子・鈴木勝彦・熊谷英憲・中村謙太郎(海洋研究開発機構)・
佐藤暢(専修大学)

地球上のさまざまな物質の起源や相互作用を見積もるために地球化学の手法の一つとして、同位体というツールは大変有効である。地球深部物質の関与が期待される海洋島の起源物質の違いを判別するためには、Sr-Nd-Pb 同位体組成が欠かせない。これらの親石元素同位体系だけではなく、親銅・親鉄元素である W や Os の同位体組成も同様に地球深部物質の関与の割合を見積もることを期待されている。今回、われわれは、地球化学的な研究から特異な点が多く報告されているインド洋に産する MORB と MORB を抽出した残りかすであるかもしれない mid-ocean ridge 近辺で採取されたかんらん岩 (abyssal peridotites) との関連性を Os 同位体組成の視点からこれまでの経緯を紹介しつつ考察する。

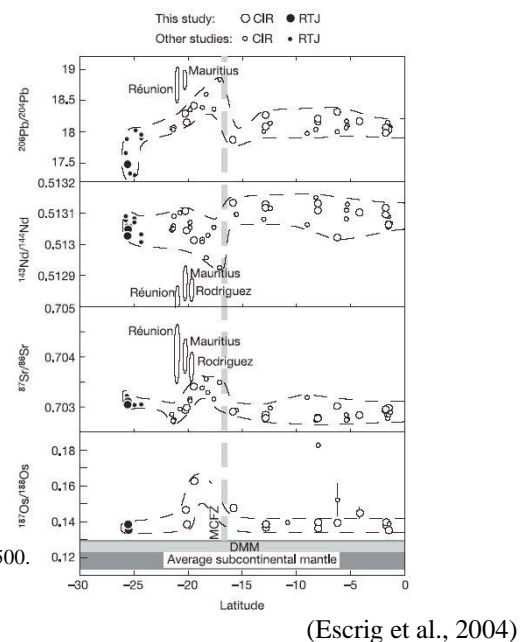
これまで MORB の Os 同位体比として採用されている $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}=0.123\text{-}0.126$ (Shirey & Walker, 1998) は、実は MORB glass や MORB そのものの同位体比ではなく、ODP や IODP で採取された海洋底の abyssal peridotites の値 (Fig.1; Alard et al., 2005) であり、数少ない MORB の Os 同位体比の報告値は、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}=0.13\text{-}0.16$ と高い値を示す (Fig.1)。同じ起源物質メルトの分別結晶作用によって、MORB と abyssal peridotites が形成されたのであれば、初生同位体比は一致するはずである。このミスマッチは、Os 濃度が非常に低い MORB 試料の海水による変質で説明されている。しかし、海水の Os 濃度は非常に低く、海水中の Os 同位体と MORB が平衡になるためには長い年月が必要である。そのため、Alard et al. (2005) は、ミスマッチの原因を Os のホスト相の違い、つまり MORB を形成するメルト中の Os は、マントルソース中の比較的肥沃な成分に富んだ硫化物を起源とし、固相である abyssal peridotites の Os とは、存在する相が異なると推測した。また、これらの相は、Os と ^{187}Os の親核種である Re との元素存在比が同一であるとは限らないため、Os 同位体比が異なる可能性を持つ。このホスト相の同位体比の違いを MORB と abyssal peridotites が反映しているためにミスマッチが起こると説明している。ただし、実際にこれらの物質が同じ起源物質を持つのかどうかははまだ議論の分かれるところであり、mid-ocean ridge 近辺での対になった MORB と abyssal peridotites の試料を採取して測定する (それでも同じ起源物質であると確認できるのかは不明であるが) ことが必要である。

また、ridge 沿いに採取された試料に対する海洋島玄武岩の混染の影響が Fig.2 (Escrig et al., 2004) で報告されている。このデータに YK05-16Leg1 で採取された abyssal peridotites の Os 同位体比のデータをあわせて、MORB と abyssal peridotites の起源物質に対する海洋島玄武岩の影響の見積もりについて報告する。



References

- Shirey & Walker, 1998, Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 26, pp.423-500.
- Alard et al., 2005, Nature 436, pp.1005-1008.
- Escrig et al., 2004, Nature 431, pp.59-63.



ロドリゲス三重点、三角山の成因：Sr-Nd-Pb 同位体組成からみた海嶺軸から離れた火成活動の起源マントルの検証

○ 平原由香 (IFREE/JAMSTEC)、中村健太郎(IFREE/JAMSTEC)、佐藤暢(専修大学)、羽生毅(IFREE/JAMSTEC)、熊谷英憲(IFREE/JAMSTEC)、鈴木勝彦 (IFREE/JAMSTEC)、仙田量子(IFREE/JAMSTEC)

中央インド洋海嶺 (CIR) 第3セグメント・南端の中軸谷に小規模の錐状海山 (俗称：三角山) の存在が報告されている (YK05-16, Leg.1)。三角山は無斑晶質玄武岩 (以下、三角山玄武岩) より構成され、マグマの噴出率が高かったことを示唆する枕状溶岩及びシート状溶岩が観察されている。この様な産状は CIR 南部では少なく、マントルプルームに起因したホットスポット的な活動が期待される。三角山玄武岩の微量元素組成は N-MORB に比べて、不適合元素に富むが、プルーム起源のそれに比べて乏しい (Fig.1)。また、三角山玄武岩の起源物質は枯渇したマントルと肥沃なマントルプルーム (ex. 北部の Réunion Plume) の相互作用により形成されたことを Sr-Nd (-Pb) 同位体比組成は支持しない (Fig.2)。むしろ、マントルへの再循環物質 (ex. 遠洋性堆積物を含む変質海洋地殻) によって肥沃化されたマントルが三角山玄武岩の起源物質である可能性を示唆している。

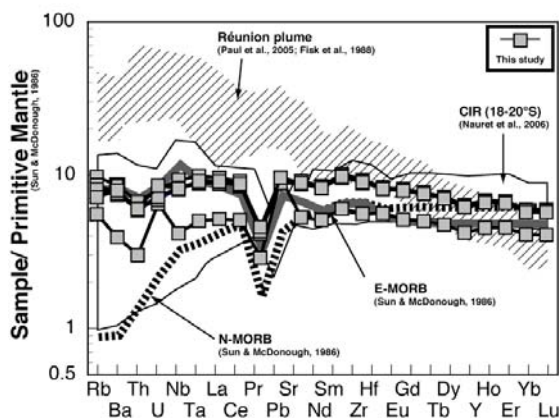


Fig.1 Trace element contents normalized to primitive mantle

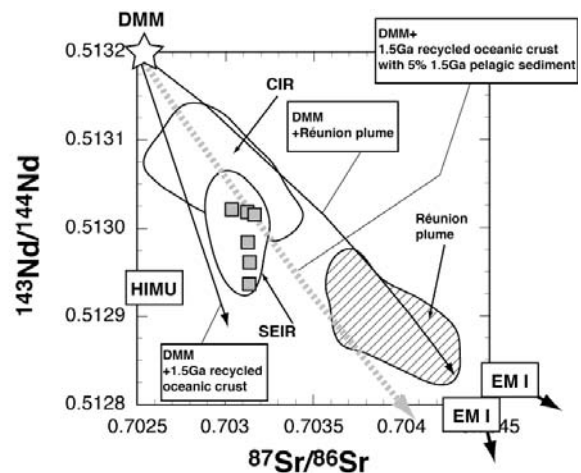


Fig.2 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
SEIR: South-East Indian Ridge

ブルームの化学組成が示す

中央インド洋海嶺ロドリゲスセグメントに噴出する熱水の特徴

川口慎介¹ 岡村 慶² 清田 馨¹ 角皆 潤³ 浦 環⁴ 玉木賢策⁵ 佐野有司¹ 蒲生俊敬¹

(1 東大海洋研 2 高知大コア 3 北大理 4 東大生産研 5 東大工)

はじめに

東太平洋海膨や大西洋中央海嶺に比べ、インド洋における海底熱水活動調査は格段に少なく、これまでにロドリゲス三重点近傍の Kairei・Edmond の 2 フィールドしか発見されていない。一方で、これらのフィールドでは互いの化学組成に顕著な違いが見られるほか、Kairei フィールドでは高 H_2 濃度、HyperSLiME、スケーリーフットの存在といった非常に興味深い特徴が認められている。これらの特徴がインド洋、もしくは中央インド洋海嶺という場に起因するものであるなら、これに類する、もしくはこれまでにない特徴を持った熱水の存在が期待されるため、中央インド洋海嶺でのさらなる熱水探査が切望されている。

本研究では、学術研究船「白鳳丸」KH-06 - 4 次航海において、上記フィールドよりさらに北方にのびる中央インド洋海嶺のセグメント 15 および 16 の拡大軸上の深層水で熱水ブルームの調査を行った。CTD センサ、透過度計、および現場型 Mn 濃度計 (GAMOS) を用いた探査の結果、それぞれのセグメント上で Mn 濃度をはじめとする熱水性の異常を検知した。本研究では、現場センサで捕捉した熱水ブルーム中でニスキン採水器で採取した海水試料を用い、溶存メタン濃度とその炭素同位体組成 ($\delta^{13}C$) を定量することで噴出する熱水の性質を議論する。試水の分析には、全自動ガス抽出系 (AMEXs) を接続した連続フロー型質量分析計 (北大理) を用いた。

結果と考察

セグメント 15: ロジエ高地 (19°33 S, 65°51 E)

メタン濃度の鉛直分布は水深 2420m に極大を持ち、GAMOS で観測した Mn 濃度の異常深度と一致した。Keeling Plot によって見積もった熱水端成分のメタンの $\delta^{13}C$ はおよそ -17‰ で、中央海嶺系の熱水としては一般的な値であった。

セグメント 16: ドードー溶岩大平原 (18°20 S, 65°20 E)

メタン濃度の鉛直分布では 2680m と 2720m の二層に極大が観測され、Mn 濃度異常の分布と一致した。熱水端成分のメタンの炭素同位体組成は、中央海嶺熱水系としてはこれまでにない軽い値 ($\delta^{13}C = -27‰$) を示した。この軽い $\delta^{13}C$ は、微生物によるメタン生成が他の熱水域に比べ有意に大きいことを示唆している。微生物が大量のメタンを生成するにはより高濃度の H_2 の存在が必要であるため、ドードー溶岩平原熱水では高濃度の H_2 が溶存していることが予想される。また、高濃度の H_2 は超マフィック岩の蛇紋岩化によってまかなわれると一般に考えられているが、ブルーム捕捉地点の北側に存在する大トランスフォーム断層 (Marie Celeste 破砕帯) には超マフィック岩の報告 (Hellebrend et al., 2002) があり、本研究で発見した熱水の化学組成は、この大トランスフォーム断層に起因する特異な地質環境から影響を受けているのかもしれない。

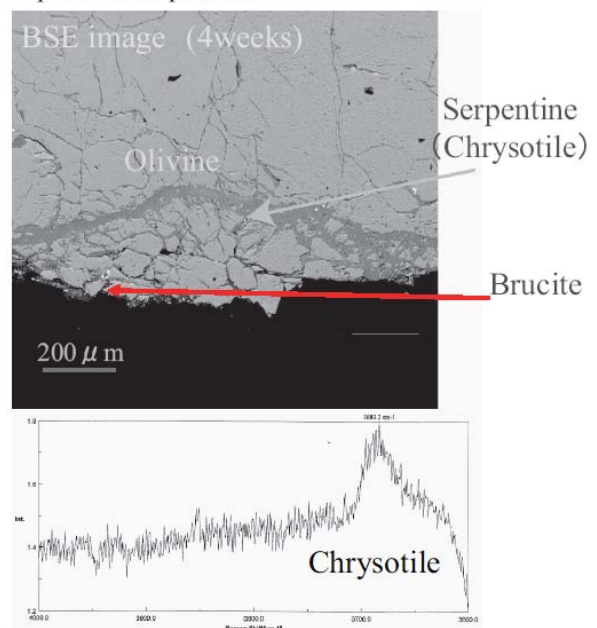
熱水変質実験によるカンラン岩の蛇紋岩化作用と 水素発生のメカニズム

鈴木勝彦(海洋研究開発機構)・渡辺祐也，大森聡一，澁谷岳造，山本伸次
(東京工業大学)，中村謙太郎(海洋研究開発機構)，吉崎もと子
(東京工業大学)，清水健二，熊谷英憲(海洋研究開発機構)，
丸山茂徳(東京工業大学)，高井研(海洋研究開発機構)

深海熱水系は，1970年代の発見以来，初期生命誕生の場の最も可能性の高い候補と考えられてきた。Takai et al. (2004)は，様々な研究分野の成果を踏まえ，水素と二酸化炭素をエネルギー・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)が，LUCA (Last Universal Common Ancestor: 現存する生物の共通祖先) ecosystem 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おり，一方，高温熱水による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(例えば，Allen and Seyfried, 2003)を基に，我々は「{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」とする仮説を立てた(Takai et al., 2006)。現在までに，フィールドに基づいた Ultra-H³ リンケージの存在を示す観測結果を得ている。

一方，始生代の ecosystem とそれを取り巻く環境については，観測が不可能であるために熱水実験が重要である。近年の始生代地球の海洋，地殻，マントルに関する知見に基づくと，かんらん岩が関与する熱水活動は極めて考えにくく，ecosystemの維持にはかんらん岩以外の超塩基性岩が必要である。候補として最も可能性が高いのは，始生代地球に広く分布したコマチアイトであろう。以上の流れの中で，特に本研究では，水素発生反応をコントロールしている要素を明らかにすべく，インド洋口ドリゲス三重点の蛇紋岩化したカンラン岩の観察を通じたポテンシャルとしての発生水素量の見積を行うと共に，フロー型熱水実験を用いて，予察的に harzburgite の蛇紋岩化反応を追った。右図は，350度，50MPaで4週間純水と harzburgite を反応させた際の反応生成物と生成した蛇紋石のラマンスペクトルである。観察結果から蛇紋石のひとつである chrysotile が見られ，蛇紋岩化の進行が確認された。

Experimental product



海嶺下における熱水変質作用の新たな展開：
オマーンオフィオライトにおける緑泥石岩発見の意義

宮下純夫・根尾夏紀・足立佳子・田中真二・戸松 敬

オマーンオフィオライトに異様な組成を有する黒色岩体が存在することは前に報告した(根尾ほか, 2004 合同学会)。その段階では黒色岩体が周囲の岩石に貫入しているとの観察から, いくつかの成因の可能性を論じたが, 説得力のある結論を導き出すことはできなかった。その後, 最初に発見した岩体(ヒルチ南岩体)を再度詳細に調査することにより, この黒色岩体は貫入岩ではなく, 強度な熱水変質作用によって形成されたとの結論を得るに至った。一方, 同一の特徴を有する黒色岩体をさらに2カ所から見いだした(バニウマール岩体・スヘイリ岩体)。これらの黒色岩体は, いずれも上部ガブロの最上部付近に出現しており, これら3つは全てほとんど同一の層準に出現することが明らかとなった。本講演では, これら3つの黒色岩体の産状と特徴, 全岩組成の特徴を報告し, 海嶺下における熱水循環に関する意義について考察する。

緑泥石岩を形成した熱水流体は, 異常に Fe にとみ, Si, Na, Ca に枯渇していたことが推定されるが, こうした熱水流体はこれまでに報告されていない。しかし, 今回報告する緑泥石岩と同様の岩石がトルーダスオフィオライトからも今回とほぼ同層準から報告されており, 海嶺下における熱水循環において重要な役割を果たしている可能性がある。また, 緑泥石岩を形成した後の流体は, 緑泥石岩のあった位置から大量の Si, Na, Ca が除去されているために, これらに著しく富んでいたことが予想される。これまでの研究では, シート状岩脈群深部では反応帯から上昇してくる熱水流体によるエピソードの形成が知られているが, 今回の緑泥石岩のほぼ同一層準における4カ所からの産出例は, 海洋地殻のさらに深部で従来知られていなかった異様な組成の熱水流体が発生している可能性を示唆しているといえよう。

タングステン同位体比とタングステン濃度の地球化学的研究

賞雅朝子・中井俊一・Sahoo Yu Vin (東大地震研究所)・熊谷英憲 (海洋研究
開発機構)・海野 進 (静岡大学)

地球のマントル循環モデルは地球物理的・物質科学的な観察から、三つのタイプのマントル循環モデル(一層,二層,ハイブリッドタイプ)が提唱されている。地球物理学的な観察からは、マントルのブルームがコア-マントル境界(CMB)から上昇していることが予測されている(Tackley, 2002, など)。しかし、それを支持する物質科学的な証拠はいまだに見つけれられていない。

ブルームの発生深度を決定できる証拠を見つけることは、マントル循環のモデルに制約をするために重要である。CMBでは、化学反応や同位体交換などの相互作用が生じているとされており、総称してコア-マントル相互作用と呼ばれている。コア-マントル相互作用は、上昇するブルームから生じるとされる海洋島玄武岩(OIB)や巨大火成岩岩石区(LIP)などの同位体や地球化学的な特徴に影響を与えることが予測されている。近年、ブルーム由来の岩石にコア-マントル相互作用の直接的な証拠を探すために、地球化学的な研究が盛んに行われている。

このようなコア-マントル相互作用の検証に用いられるトレーサーとして Hf-W(ハフニウム-タングステン)系がある。消滅核種 ^{182}Hf (半減期 900 万年) から ^{182}W の壊変によるタングステン同位体比を利用する。コア形成の際に、親元素の Hf は親石元素であるため珪酸塩相(マントル)へ移動し、娘元素の W は親鉄元素であるため、金属相(コア)に分配される。地球のコア形成は 45.3 億年ほど前に起こったと考えられており、コア形成後にマントルに残った ^{182}Hf から ^{182}W が生じるため、タングステン同位体比はマントルよりもコアのほうが低くなることが予想される。またタングステン濃度は、コアのほうが高くなる。CMB から上昇するブルームはコア物質の影響により、マントルよりも低いタングステン同位体比を持つと推測できる。タングステン同位体比の変動を観察するための標準物質として用いられるのは、地球の珪酸塩部分のタングステン同位体比を持つと考えられている標準物質(NIST SRM3163)である。この同位体比より低いタングステン同位体比を持つ場合、コア-マントル相互作用の影響があると考えられる。

我々のグループでは、様々な地域の海洋島玄武岩や巨大火成岩岩石区などのタングステン同位体比と濃度から、コア-マントル相互作用を検証する研究を行っている。

しかし、今までに測定した南ポリネシア諸島のOIBとハワイ島のOIBおよびオントンジャワ海台の玄武岩のタングステン同位体比からは、コア-マントル相互作用の証拠を示すような変動は観察できていない。さらに地球で一様と考えられているW/Th比(0.12~0.18)は、コア-マントル相互作用を受けた場合高くなると推測できるが、測定した試料では有意な差はみられなかった。

さらに精度の良いタングステン同位体比測定の開発を進め、リファレンスとして利用される地球内部の代表的な化学貯蔵庫由来である MORB のタングステン同位体比測定を行う予定である。

中部マリアナ沈み込み・前弧・島弧・背弧系の電気伝導度構造

松野哲男・島 伸和（神戸大学） 馬場聖至（東大地震研究所）
後藤忠徳（海洋研究開発機構） Alan Chave・Rob L. Evans
（ウッズホール海洋研究所） Antony White（フリンダース大学）
Goran Boren（アデレード大学） 米田朝美（東大地震研究所）
Graham Heinson（アデレード大学） 岩本久則・辻野良輔（神戸大学）
馬場祐太・歌田久司（東大地震研究所） 末広 潔（海洋研究開発機構）

太平洋から西マリアナ海嶺（古島弧）までのマリアナ沈み込み・前弧・島弧・背弧系全体の電気伝導度構造の解明を目的とする海底マグネトテルリック（MT）探査を中部マリアナ海域で行った。マリアナ沈み込み・前弧・島弧・背弧系は海洋性島弧・海溝・背弧系の典型的な例である。本探査の測線に沿ってサーペンティンダイアピル、島弧火山活動、背弧拡大という3つのマントル上昇流域があり、本探査から推定される電気伝導度構造から、プレートの沈み込みに伴うマントルウェッジ内での脱水過程、溶融過程、溶融体の分布などの理解が進むと考える。探査には海底電位差磁力計（OBEM）、海底磁力計（OBM）、海底電位差計（OBE）を用いた。OBEM33台、OBMとOBEをセットで7台を2005年12月のKR05-17航海にて中部マリアナ海域に設置し、OBEM28台、OBM7台、OBE6台を2006年9月のKR06-12航海にて回収した。本探査の測線の全長はおよそ700kmで、観測点間隔は、背弧拡大中央の近くでは1~2km、その他の領域でも20~40kmと高密度である。

本探査で得られたデータ（30点）と先行研究で得られている同海域のデータ（8点）を用いて電気伝導度構造を推定した。OBEM、OBM、OBEには磁場、電位差、傾斜の時系列が最長9ヶ月記録されている。これら時系列データの処理を行い、磁場3成分、電場2成分の時系列データを得た。水平磁場2成分、電場2成分時系列データからMTレスポンスを求めた。MTレスポンスに見られる海底地形効果の補正を行ったのち、2次元電気伝導度構造を推定した。推定した電気伝導度構造の特徴として、沈み込むスラブに対応する低電気伝導度域、マントルウェッジ内の高電気伝導度域、背弧拡大軸下の非対称な電気伝導度域、前弧域の高電気伝導度域がある。これらの特徴の信頼性を検証するため、フォワードモデリングを用いたテストを行った。また、地震の震源分布や地殻・マントル物質の電気伝導度測定の室内実験の結果をインバージョンの制約として与えて電気伝導度構造を推定した。以上の解析結果に基づき、電気伝導度構造から理解できる沈み込み・前弧・島弧・背弧系のダイナミクスについて発表する。

中部マリアナ海域における海底地磁気変換関数

米田朝美、馬場聖至、歌田久司(東京大学地震研究所)、島伸和、松野哲男(神戸大学)、後藤忠徳(海洋研究開発機構)、Alan Chave、Rob L. Evans(ウッズホール海洋研究所)、Antony White(フリンダース大学)、Goran Boren、Graham Heinson(アデレード大学)

2005年12月から2006年9月にかけて中部マリアナ海域において、日米豪共同で海底電磁気計(OBEM)を展開する史上最大規模の電場磁場観測が行われた。この海域は、単純な海洋性島弧であり、前弧の海山や島弧火山、背弧の海底拡大がはっきりしている。そのため、沈み込み・前弧・島弧・背弧系の標準電気伝導度モデルの確立に最適なフィールドである。

我々はGDSレスポンス(磁場の鉛直成分と水平成分間の伝達関数; $B_z = T_x B_x + T_y B_y$)を他の応答関数であるMTレスポンスとともに、電気伝導度構造を求めるために用いる。海底の電磁場データから求めたGDSレスポンスはこれまで電気伝導度構造モデリングには用いられなかったが、MTレスポンスとは独立な情報として十分に役に立つと思われる。解析の結果、GDSレスポンスはもっともよいサイトで周期約200sから 10^5 sまで精度よく求めることが出来た。顕著な特徴は1)島弧の東西でのGDSレスポンスの T_x は全周期通して似た形をしているのに対して T_y は符号が互いに逆であるというコントラスト、2) 10^4 sより長い周期での、ほぼ全ての観測点で T_x と T_y が作るベクトル(インダクションベクトル)が南を向くこと、である。

GDSレスポンスは地球内部の不均質と海底の不均質の両方の影響を受けるが、地球内部の構造をよりもっともらしく推定するためには、地形効果分を正しく見積もり、取り除く必要がある。まずわれわれは観測から得られたGDSレスポンスがどの程度地形の影響を受けているかをフォワードモデリングで評価した。その結果、1)観測で見られた島弧のコントラストは地形の効果の寄与が大きいこと、2) 10^4 sより長い周期での特徴は計算によって再現はされず地形以外の効果があること、が予想される。