



「ちきゅう」国際乗船スクール2016の参加者

Exp. 370 Temperature-Limit of the Deep Biosphere off Muroto “T-Limit” 室戸沖限界生命圏掘削調査： 沈み込み帯先端部における生命の限界を探る

稲垣 史生 諸野 祐樹 Verena Heuer 久保 雄介 [IODP Exp. 370 研究者一同]

2012年に行われた「ちきゅう」のライザー掘削によるIODP第337次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏掘削調査」では、過去約2000万年前に形成された褐炭層を含む海底下約2.5kmの堆積物環境（現場温度約60℃）において、バイオマスの急激な減少が確認された。その要因の一つとして、生命機能の維持・存続に必要な水・エネルギー基質の供給システムの欠落が原因と考えられている。一方、水・エネルギー基質の供給システムを備えた地質学的セッティングにおいて、海底下生命圏の実態や生命生息可能条件は未だ明らかではない。

2016年、「ちきゅう」は、高知県室戸岬の沖合約120km、水深4,775mのサイトC0023にて、ライザー掘削によるIODP第370次研究航海「室戸沖限界生命圏掘削調査(T-リミット)」を実施した(共同首席研究者: Verena Heuer (ブレイメン大学)・稲垣史生・諸野祐樹(JAMSTEC))。高知県室戸沖のプレート沈み込み帯先端部は、約1200万年前の四国海盆の背弧拡大軸の延長上に位置しており、南海トラフ沈み込み帯の中でも局所的に地殻熱流量が高い地域である。掘削サイトC0023は、逆断層の初生的な発達過程

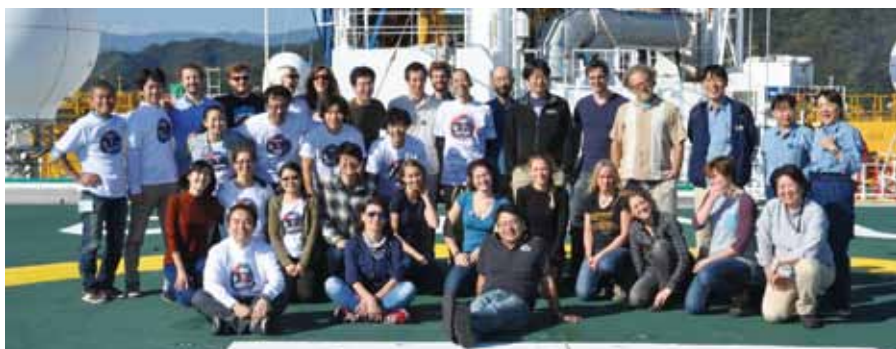


図1. IODP Exp. 370 T-リミット研究者一同。平成28年11月11日、掘削作業を終え高知新港に帰港した「ちきゅう」船上のヘリデッキにて、乗船研究者と陸上研究者が一堂に会した。

にあるプロトスラストゾーンに位置し、過去にジョイデス・レゾリューション号により行われたODP Leg 131・190・196の調査を通じて、地質学的な知見が最も蓄積されている調査域の一つである。

本プロジェクト(T-リミット)の主たる科学目標は、海底下生命圏における温度の影響を明らかにすることである。広大な海洋底に広がる堆積物環境は、水・エネルギーフラックスが極めて小さいエネルギー欠乏型の生命圏であることを考慮すれば、水・エネルギーフラックスが大きい熱水活動域に見られる急峻かつ複雑な水理学的・物理化学的環境条件とは異なる生態系とその限界が存在すると考えられる。特に、下部四国海盆におけるプレ-

ト境界デコルマ断層付近において、有機物の熱分解や粘土鉱物の脱水作用や地質学的な動静が水・エネルギー基質の供給システムとして機能し、限界生命圏を持続的に保持する可能性も考えられる。

掘削オペレーションは、まず、海底面から181mまでの浅部区間に20インチのケーシングを設置し、コアリングは海底下189mから開始された。新たに開発されたShort-HPCS (Short Advance Modified Hydraulic Piston Coring System) のコアシューにAPCT-3温度センサーを設置し、海底下410.5mまでの現場地層温度の測定に成功した。比較的孔内環境が安定的であった深度871mの地点まで掘進し、その間に83のコアサンプル

を採取した。続いて深度858mまでの深度区間に13-3/8インチのケーシングを設置し、深度1,180mの基盤岩まで29のコアサンプルを採取した。それらのコアサンプルのうち、プライオリティーが高い微生物分析用サンプル(合計92箱)については、ヘリコプターを用いて「ちきゅう」から高知コアセンター(KCC)へと運搬され、地球微生物学スーパークリーンルームの施設を用いて処理が施された。その後、深度299.5mから860.3mまでの13箇所に、長期温度計測のための高精度サーミスタ温度センサーの設置に成功し、ウェルヘッドにROV作業用のプラットフォームとサーミスタ温度計のデータロガーとバッテリーを搭載したCORKが設置された。

サイトC0023から掘削されたコアサ



図2. T-リミットサイトC0023孔に設置されたCORKウェルヘッド。

ンプルの地質学的・地球化学的特徴は、同サイトの約4km南西に位置するODP Leg 190のサイト1174で確認されたプロファイルと大枠で一致するものの、15年前では実施が困難であったX線CTスキャンイメージの観察や高精度な船上分析等により、新知見や想定外の特徴も確認された。堆積学的特徴としては、全体として密度の高い生物痕が確認されたと共に、上部・下部四国海盆において断層や特定の層序に沿った熱水変質・鉱化作用を示す鉱物が確認された。また、下部四国海盆(深度635~1,112mの区間)の深度758mに、プレート境界デコルマ断層に相当する破碎帯が確認された。本サイトのデコルマ断層は、近隣のODPサイト1174や808と比較するとインタクトな泥岩に夾在する薄い破碎帯の様相を呈しており、その上部では逆断層が発達する一方で、下部には正断層が発達している特

徴が認められた。APCT-3で測定された確度の高い実測温度データとコアサンプルの熱伝導率のデータに基づく地殻熱流量は 140mW/m^2 であり、デコルマ断層と堆積物—玄武岩境界の推定温度はそれぞれ 86°C と 120°C であった。

本プロジェクトでは、前例のないレベルの品質管理・評価が微生物学的・地球化学的分析用サンプルに適用され、高精度な地球化学因子の深度プロファイルが得られた。デコルマ断層の上部(深度約630~750m付近)に、玄武岩から供給される硫酸がメタンにより還元される硫酸—メタン境界が確認された。また、深度670m付近にて、溶存炭酸がほぼ枯渇しているにもかかわらず、急激なアルカリ度の上昇が認められたことは興味深い。全体的に間隙水中の炭酸イオンが枯渇している一方で、堆積物中に多くの自生炭酸塩が存在していた。

大陸沿岸域の海底堆積物に存在する微生物生態系は、有機物を栄養・エネルギー源とした従属栄養型の微生物生態系であり、多くの場合、その最終産物としてメタンを産出する。本サイトの炭化水素の濃度プロファイルは、上部・下部四国海盆の境界域付近で起こる硫酸—メタン境界を境に、微生物起源のメタンを支持する高い C1/C2 比が低下しはじめ、熱分解起源のメタンの寄与が示されている。また、上部四国海盆(深度494~635mの区間)と下部四国海盆の深度約1,000~1,100m付近の2箇所において、プロパンやブタンの濃度異常が観察された。上部四国海盆では、プロパン濃度がエタン濃度を上回るピークを示しており、また深度約1,000m付近の下部四国海盆では、イソブタンの濃度ピークがプロパンと同等もしくは上回る値を示した。

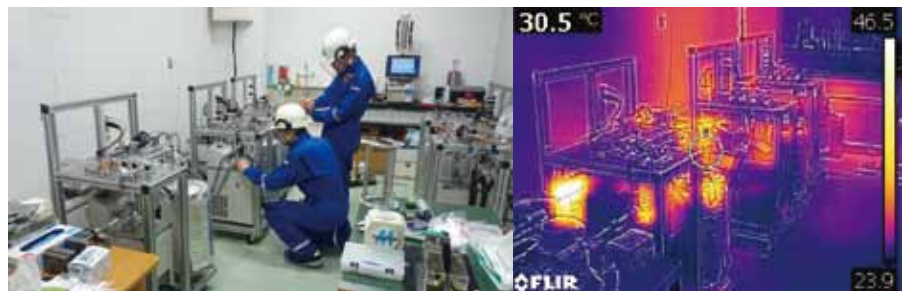


図4. 高知県南国市にある高知コアセンターを中心に、T-リミット掘削サイトC0023から採取されたサンプルの詳細な分析が進んでいる。写真は、デコルマ断層付近のコアサンプルに各種安定同位体標識基質を添加し、高温・高圧・嫌気リアクターでインキュベーション実験をしている様子。右の写真は、赤外線温度感知カメラにより撮影したもの。

本発見は、沈み込み帯先端部における流体・ガスの移動や起源を理解する上で重要であり、今後構造地質学的な流体移動経路や深部起源流体・断層活動・微生物作用の関わりを含め、詳細な同位体地球化学的研究が展開される。

現在、「ちきゅう」からKCCにヘリコプターで搬送されたサンプルを用いて、詳細な微生物学的・生物地球化学的分析研究が実施されている。プロジェクト期間中にKCCで行われた微生物細胞数の測定では、深度約600m(推定現場温度約 60°C)までの堆積物コアサンプルに低バイオマスの微生物群集の存在が確認されている。今後、本プロジェクトで採取された13,000を超える分析用サブサンプルを用いて、現場再現実験や、単一細胞からコミュニティレベルの生体高分子・遺伝子解析、原核生物のみならずウイルスや真核生物に関わる生命科学研究、炭化水素・有機酸や鉱物などの詳細な同位体地球化学分析等が行われる。それにより、従来の海底生命圏や沈み込み帯先端部に関する知見を大幅に拡大し、地圏と生命圏の相互作用を示す新しいシステム像が明らかになることが期待される。

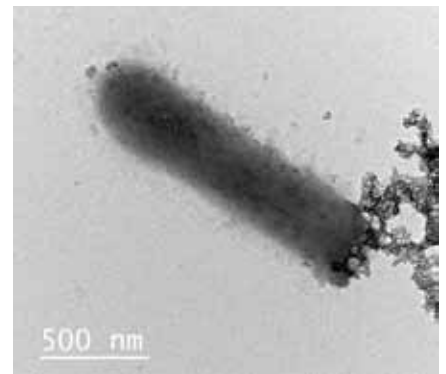


図3. 室戸沖海底下303 mのコアサンプル(Core 6F-2, 42°C)から検出された微生物細胞の透過型電子顕微鏡写真。

Exp. 365 NanTroSEIZE Shallow Megasplay LTBMS C0010A 長期孔内観測点の設置

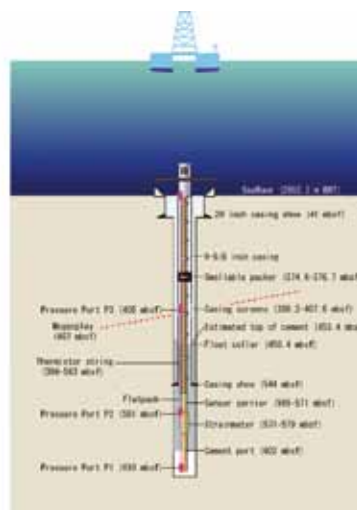
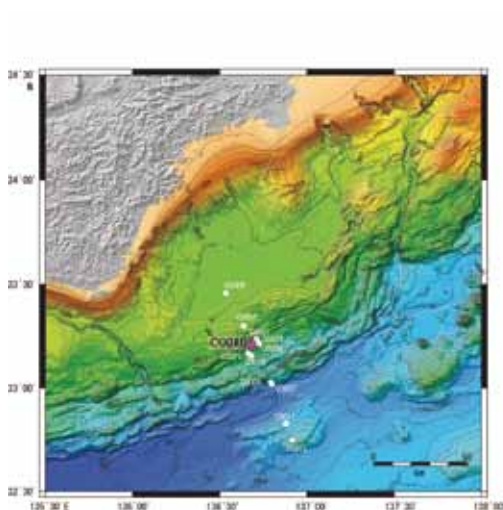
木村 俊則 海洋研究開発機構 荒木 英一郎 海洋研究開発機構 町田 祐弥 海洋研究開発機構 [Exp. 365 Scientists]

2016年3月26日～4月27日、南海トラフ熊野灘においてIODP第365次研究航海「NanTroSEIZE Shallow Megasplay LTBMS」が地球深部探査船「ちきゅう」により実施された。本航海では、南海トラフで繰返し発生する海溝型巨大地震（東南海地震）を引き起こすと考えられるプレート境界域地震断層の主要な分岐断層が海底下約400mで確認されているC0010地点を対象とし、その分岐断層の継続的なモニタリングの実現に向けて、1) 簡易型孔内観測装置（「Genius Plug」、IODP第332次航海（2010年10月25日～12月11日）にてC0010A孔に設置）の回収、2) 長期孔内観測システム（Long-Term Borehole Monitoring System: LTBMS、IODP第332次航海でC0002G孔に設置したものと同様のシステム）の設置、および3) コア試料の採取を目指した。

「ちきゅう」は2016年3月26日に清水港を出港し、南海トラフ熊野灘海域での約1ヶ月にわたる航海を開始した。航海最初のミッションはC0010A孔内に設置された「Genius Plug」の回収であったが、回収作業に取り掛かる直前の4月1日午前11時39分に、C0010Aより北西方向約31kmの地点を震央とした、マグニチュー

ド6.5（震源深さ29km）の地震が発生した。回収した「Genius Plug」の水圧計では、地震発生に伴う間隙水圧の変化が明瞭に捉えられており、リアルタイム孔内観測点であるC0002Gの間隙水圧データを含めて乗船研究者の間で活発な議論が交わされた。この船上での議論は、地震発生時の広域におけるすべり分布を示唆する研究成果としてまとめられている（Wallace et al., 2016）。その後、C0010Aの掘り増し作業を実施し、潮流の緩やかな海域においてLTBMSの設置準備を開始した。体積歪計、傾斜計、地震計、間隙水圧計、および温度計等のLTBMSセンサ編成を順次組み上げ、チュービングの降下作業を行った。LTBMSセンサはチュービングに固定した電気ケーブルおよび水中着脱コネクタ（UMC）を介して海底孔口装置上のデータレコーダーと接続され、これらの編成を海中に降下後「ちきゅう」はC0010Aへの移動（ドリフト）を開始した。ここで、設置期間中、C0010A付近では5ノットに達するような黒潮の強潮流領域が確認されていたが、LTBMSセンサ編成のチュービングにロープを取り付けるなどの強潮流対策により、潮流による振動を最小限に抑え、

センサの健全性を保ちつつ設置サイトまで移動することに成功した。C0010Aに到着後、LTBMSセンサ編成をゆっくりと孔内に降下していき、最終的には海底下395～580mの区間に各種センサが設置された（4月15日）。設置時には、無人探査機ROVの通信ラインをデータレコーダーに接続することでLTBMSセンサの正常動作を確認した。この時、設置後に注入したセメントの影響による孔内の圧力変動を孔内歪計に内蔵されている水圧計でリアルタイムに観測することにも成功した。LTBMSセンサ設置後は、C0010地点でのコアリングを行い、分岐断層付近までのコア試料を数多く採取した。当初の目的を達成し、「ちきゅう」は4月27日に清水に帰港し本航海は終了した。なお、本航海で設置したC0010A長期孔内観測システムは2016年6月19日にROV「ハイパードルフィン」によりDONET（Dense Oceanfloor Network System for Earthquake and Tsunamis: 地震・津波観測監視システム）の海底ケーブルに接続され、以降、C0002Gと合わせて2点の長期孔内観測システムによる南海トラフ地震発生帯の監視、モニタリングを継続している。



文献：
Kopf, A., et al., 2016. Expedition 365 Preliminary Report
Wallace et al., 2016, Journal of Geophysical research

Exp. 364 Chicxulub Impact Crater

天体衝突、天変地異、環境激変、
そして環境と生態系の復活のシナリオの解明に向けて

山口 耕生 東邦大学/NASA Astrobiology Institute 後藤 和久 東北大学 佐藤 峰南 海洋研究開発機構 富岡 尚敬 海洋研究開発機構
Morgan, J. Imperial College, London Gulick, S. Univ. Texas, Austin [Expedition 364 Scientific Party]

カリブ海に突き出るユカタン半島。その北部の地下深くに、白亜紀末期の天体衝突で形成された直径200kmの巨大なチクシュループ・クレーターがある。この天体衝突は、地球規模のカタストロフィックな環境変化をもたらして恐竜等の大量絶滅を引き起こしたと一般に理解されている。しかしながら、この衝突クレーターは地下数百mに埋没しているため、直接的な調査が難しく、その構造や形成過程の理解が進んでいなかった。

そのような状況下、IODP Exp. 364 “Chicxulub Impact Crater” によって、巨大衝突クレーター特有の「ピークリング」を形成する物質そのものの採取を目指し、特定任務掘削船 (MSP) を用いて2016年4~5月にかけて浅海掘削が行われた (下図)。約1.3kmの深度まで掘削が行われ、約500mの深度から800m長のコアの採取に成功した。その結果、コアの地下約618m付近から衝突起源の堆積物が、約748m以深から基盤岩の花崗岩が発見された。海洋掘削において大陸地殻を採取するという、非常に稀な研究航海であった。

クレーターの形状は、小規模ならすり鉢状となるが、直径が約30km以上となると、内部にピークリングという環状構造を持つようになる。しかしながら、その形成過程の理解は進んでいない。チクシュループ・クレーターの地震波探査によって、金星や火星や月のものと似たピークリング様の構造の存在が指摘されていた。このピークリングの形成過程を解明できれば、巨大な天体衝突は太陽系の惑星や衛星で頻繁に起きている現象であることから、惑星一般における巨大天体の衝突過程の理解につながる可能性があると言える。

まずはこの掘削結果を受け、衝突クレーター形成の数値計算モデル (シミュレーション) と組み合わせることにより、

巨大衝突クレーターのピークリングの形成過程を物証を伴って解明することができた。その結果が、Exp. 364初の論文として2016年11月18日号のScience誌に発表された。この論文は世界各国のメディアの注目を集め、Nature誌に解説記事が出る等、関連記事も多く発表された。

ピークリング形成過程の解明のみが、Exp. 364の研究目的ではない。本掘削で得られた試料は、衝突直後のみならず、衝突の爆心地の基盤岩の約550mおよび衝突後の堆積岩の約120mのセクションを含む。以上の試料から、どの程度の規模の天体衝突だったのか、クレーターの形成過程はどのようなものだったのか、衝突により基盤岩はどのような影響 (物性、化学組成、構造の変化) を受けたのか、衝突後の爆心地付近の海洋の化学組成はどう変化したのか、衝突によりどのような環境大変動が誘発されたのか、恐竜を含む生物の大量絶滅はどのように生じたのか、どのようなメカニズムおよびタイムスケールで環境や生態系そして炭素循環が復活していったのか、PETM等の温暖化イベントの詳細な記録はどのようなものだったか、等の解明を目的としている。本掘削計画にて採取された各種試料に関して、地球物理学、堆積学、鉱物学、岩石学、無機および有機地球化学の他、構造地質学、古地磁気学、微古生物学、微生物学、惑星地質学、宇宙生物学 (アストロバイオロジー) を含む、分野横断的な多岐に渡る研究を共同で展開する予定である。

掘削コアは独ブレメン大学のMARUMに2016年8月に到着した。直後の9~10月にOnshore Science Partyが開催され、日本人4人を含む国際研究チーム (英、独、仏、蘭、ベルギー、オーストリア、米、加、豪、メキシコ、中国の計31名) の研究者らによって、IODPが定める試料の堆積学的及び岩石学的な詳細な記載、

全岩の化学分析、鉱物分析、各種物性の測定、古地磁気の測定、微化石の同定、そしてサンプリングが実施された。

Exp. 364 Scientific Partyのメンバー達は、分配された試料に関して各種分析を鋭意実施中である。その研究成果の速報を、米国ヒューストンで3月下旬に開催のLPSC (Lunar and Planetary Science Conference) と、同シアトルで10月下旬に開催の米国地質学会 (GSA) 年会のスペシャルセッションでも発表予定である。

Exp. 364で得られた試料に関する研究は、地球生命史の中でも大事件である恐竜の大絶滅を引き起こしたメカニズム、およびその後の環境の復活のシナリオの解明につながると期待される。白亜紀末の天体衝突は、従来は恐竜の大絶滅のコンテキストで扱われる例がほとんどであった。しかしながら、大規模な天体衝突は、実は、スノーボールアース等の全球規模の環境変動と並んで、次の時代の生命の進化にとって必然であったかもしれない。



カリブ海、ユカタン半島沖の掘削現場。
The L/B Myrtle drilling platformP.
©LeBer@ECORD_IOD

Exp. 360 Southwest Indian Ridge Lower Crust and Moho (2015/11/30–2016/1/30、JR)

インド洋の中心でモホを叫ぶ!?

SloMo 低速拡大プレートのモホ面貫通を目指して

阿部 なつ江 Physical Properties Specialist Downhole Measurements 海洋研究開発機構
野坂 俊夫 Metamorphic Petrologist 岡山大学 森下 知晃 Alessio Sanfilippo Igneous Petrologist 金沢大学

地球表層6割を占める海洋プレートは、中央海嶺で形成され、海水と反応し、沈み込み帯でマントルへ戻る過程で、マントル対流の上部熱境界層として地球内部と表層間の熱物質循環の主演、つまり固体地球の進化において重要な役割を果たしている。

Exp. 360では、低速拡大系の南西インド洋海嶺のアトランティス・バンク(下図:以下AtBk)と呼ばれる海洋コアコンプレックス(OCC)において、海洋下部地殻に相当する斑れい岩層の掘削を行った。同OCCではODP Leg 118, 176の2航海で、Hole 735Bにおいて、1500mbsfまでの掘削を行い、ハードロック(HR)掘削としては非常に高い回収率(87%)を記録している。またLeg 179では、Hole 1105Aにおいて約158mの掘削を行い、これら2つの孔と、「しんかい6500」潜航調査も含めた総合的な研究が進められている。

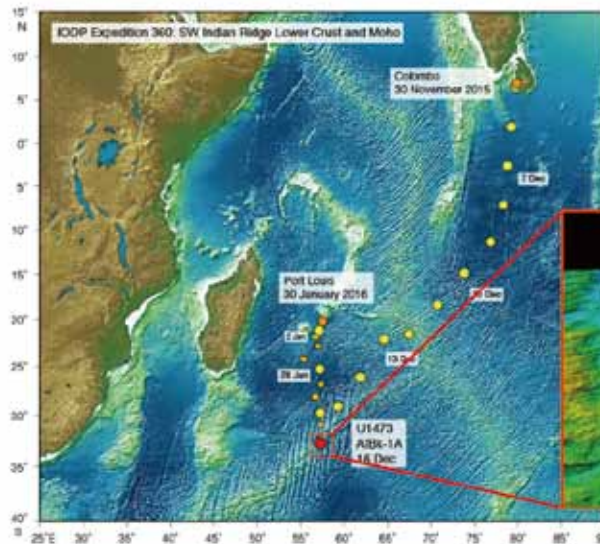
今航では、IODP Science Plan for 2013-2023の4. Earth Connections、Challenge 9と10を中心として、海洋地殻の形成過程・構造そして海水との反応・進化過程を探ること、さらにHR中の地下生命圏の広がりを探求することにある。プロポーザルの最終掘削目標は、海底下3km付近にある下部地殻～最上部マントルの境界を掘り抜き、確かめること。マントル掘削(M2M: Moho to Mantle)で提案されている太平洋域の高速拡大系とは構造が異なる低速拡大系におけるモホ面の実体を探ること(Slow Spreading Moho、略してSloMo)にある。本掘削は、2回の航海を想定しており、今航はその前半として、1300mbsfまでの掘削を目標に、3つの科学目的を(深掘りの開始、下部地殻における正逆帯磁境界の貫通、地下生

命圏の探求)を設定し掘削を開始した。長い回航と急患搬送のため、掘削日数は36日間しかなく、またドリルビットの脱落などもあり、最終到達は789.7mbsfであった。途中コアリングをしなかった区間を含めると、回収率は59%。期待された下部地殻中の正逆帯磁境界には到達出来ず、次回の掘削を待つこととなった。回収されたコアの75%は、かんらん石を5%以上含むかんらん石斑れい岩であった。全体的に新鮮で変成度は低いが、低温(<150°C)～高温(角閃岩相)の海底変成作用を複雑に記録している。また極粗粒の火成組織から極細粒のマイロナイトまで変形構造も様々で、岩相変化が乏しい故に、変質や微細構造変化に伴う物性変化が詳細に観察できた。

前述通り、SloMoの最終目標は低速拡大系でのモホ面(地殻/マントル境界)の物質を確かめることにある。この偉大な目標が故に、中国から新華社通信上海支局の記者が、E&Oとして乗船し、各国のIODPオフィスやBBC、ABC、CNNを始めとする世界中のメディアへの船上からの

生中継も含めて40回以上取り上げられ、各国の小中高校や大学、科学館などのweb中継は120回行われた。モホ面貫通を目指していること、そしてこれが「ちきゅう」によるマントル掘削への前哨戦であることなど、一般にも強いインパクトのある航海であったことが伺える。乗船者達が、日々「モホ!マントル!」とインド洋の中心でモホを叫ぶ。この熱意は、中継でも大いに伝わったようである。乗船者間での「ちきゅう」人気も非常に高く、いつかここでモホを掘って欲しい!「ちきゅう」に乗船したい!という要望が非常に高かった。

今航後、本孔(Hole U1473A)は、孔内に残された掘削ツールの完全除去のため、Exp. 362Tとして9日間の追加オペレーション(温度検層、ロギング、コアリング)が実施された。その際19.7m掘削延伸し、孔は809.4mbsfに到達している。今後本孔を再訪し、モホ面を貫く掘削が実現することが望まれている。



Hole U1473Aの掘削が行われた南西インド洋アトランティス・バンクの位置。アトランティスII断裂帯の東側に、同様の海洋コア・コンプレックスが並んでいる。

Exp. 361 South African Climates
(Agulhas LGM Density Profile) (2016/1/30～3/31、JR)

南アフリカ気候変動とアガラス海流との関係の解明

山根 雅子 Sedimentologist 東京大学 Francisco Jimenez Espejo Physical Properties Specialist 海洋研究開発機構
窪田 薫 Sedimentologist 海洋研究開発機構 Ian Hall Co-chief Scientist Sidney Hemming Co-chief Scientist
Leah LeVay Expedition Project Manager Staff Scientist [Exp. 361 Scientists]

アフリカ大陸南東岸沿いに流れるアガラス海流は南半球でもっとも強い西岸境界流であり、温かく高塩分のインド洋の海水を大西洋へ運ぶ役割を担っている(アガラス・リーケージ)。この熱塩輸送は、大西洋子午面循環(AMOC)に影響を与えるため、全球的な気候変動にとっても極めて重要であると考えられている。

第361次研究航海は、鮮新世-更新世におけるアガラス海流と気候変動との関連性の解明のために、2016年1月30日から3月31日まで行われた。主な科学目的は、(1) 鮮新世-更新世におけるアガラス海流の感度の解明、(2) インド洋-大西洋ゲートウェイのダイナミクスの解明、(3) アガラス・リーケージとAMOCとの関連性の解明、(4) アガラス海流がアフリカ大陸の気候や初期人類の進化に与えた影響の解明である。また、APLプロポーザルの目的は、最終氷期最盛期における海水温と塩分の深度プロファイルの復元である。

悪天候や急病人の搬送、モザンビークの排他的経済水域での掘削許可待ちのため、11日分の作業日数を失ったが、計画された全てのサイトでの掘削を行うことが出来た。モザンビーク海峡からアフリカ大陸南方沖にかけての6地点(U1474～U1479)から合計5,175mの堆積物コアの回収に成功した。

ナタルバレー最北端に位置するサイトU1474では8孔の掘削が行われ、合計910mの微化石を含む半遠洋性泥が回収された。堆積物コアは中新世後期(およそ6.2Ma)まで達しており、高時間解像度のアガラス海流およびアガラス・リーケージの復元が期待される。

アガラス海台の南西面のサイトU1475では6孔の掘削が行われ、合計1,015mの石灰質ナノ化石軟泥が回収された。堆積物コアは中新世後期(およそ7.0Ma)まで達しており、アガラス反転流の高時間解像度での復元や、亜熱帯海洋フロントや深層水循環との関連性の解明が期待される。

モザンビーク海峡北部に位置するサイトU1476では5孔の掘削が行われ、合計873mの有孔虫を豊富に含む石灰質ナノ化石軟泥が回収された。コアの最下部(およそ235m)は中新世後期(およそ6.9Ma)まで達していた。このサイトは有孔虫の保存状態が非常に良く、船上での堆積物の物性データに顕著な周期性が見られた。このサイトでは、アガラス海流とアフリカ大陸の気候や深層水変動、インドネシア通過流との関係の解明が期待される。

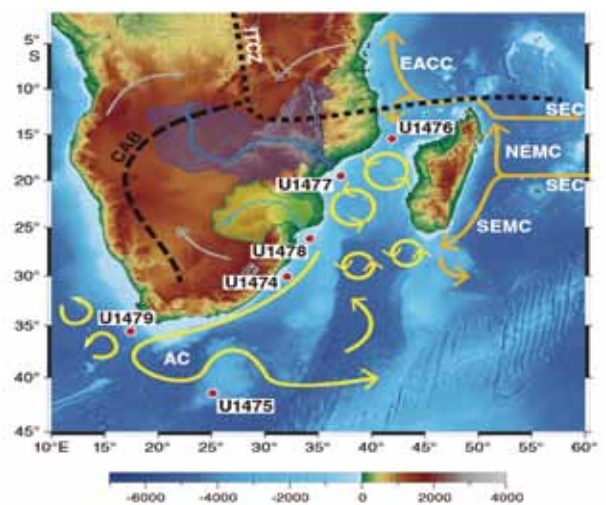
モザンビーク海峡の西側に位置するザンベジ川のデルタ(サイトU1477)からは3孔の掘削が行われ、合計490mの微化石を含む砂質泥が回収された。コアの最下部(およそ181m)は更新世後期(およそ0.13Ma)と予想され、極端に高い堆積速度(～1m/kyr)である。最終氷期における、非常に高時間解像度のアフリカ大陸の気候の復元が期待される。

モザンビーク海峡西側のリンポポ川のデルタ(サイトU1478)からは4孔の

掘削が行われ、合計922mの微化石を含む砂および泥質/砂質シルトが回収された。堆積物は鮮新世中期(およそ4.0Ma)まで達しており、アガラス海流およびアガラス・リーケージの高時間解像度での復元が可能である。また、アフリカ大陸南部の気候や南西インド洋との関連性の解明や、気候変動と初期人類の進化との関係の解明も期待される。

ケープ海盆のサイトU1479では9孔の掘削が行われ、合計963mの有孔虫を含む石灰質ナノ化石軟泥が回収された。コアの最下部(およそ301m)は中新世後期(およそ7.0Ma)まで達しており、高時間解像度でのアガラス・リーケージの復元、および深層水循環との関連性の解明が期待される。

文献
Hall, I.R., Hemming, S.R., LeVay, L.J., and the Expedition 361 Scientists, 2016. Expedition 361 Preliminary Report: South African Climates (Agulhas LGM Density Profile). International Ocean Discovery Program. <http://dx.doi.org/10.14379/iodp.pr.361.2016>.



アフリカ大陸南東部の陸上地形および海底地形図 (Hall et al., 2016)。第361次航海の掘削地点(赤点)、主要な海流(矢印)、大気収束帯の平均的位置(黒破線)、ザンベジ川とリンポポ川の集水域も併せて示す。

Exp.362 Sumatra Seismogenic Zone(2016/8/6～10/6、JR)

2004年スマトラ島沖地震時の海底浅部大滑りと沈み込む厚いニコバーファン堆積物との関係

向吉 秀樹 Sedimentologist 島根大学 浜橋 真理 Structural geologist 産業技術総合研究所
尾張 聡子 Inorganic geochemist 千葉大学 藏永 萌 Physical property specialist 山口大学 [Exp.362 Scientists]

2004年12月26日にスマトラ島北西沖にてMw9.2の巨大地震および巨大津波が発生し、死者・行方不明者が20万人を超えるなど甚大な被害をもたらした。

この巨大津波は、一般に地震発生帯と考えられているプレート沈み込み帯の深部ではなく、より浅い海溝付近において大きな滑りが生じたことにより発生したものである。

2016年8月6日から10月6日にかけて行われた第362次航海は、東経90°海嶺寄りスマトラ島北西沖の2つの掘削サイト(下図)において、地球物理観測およびコア採取を行い、沈み込むプレート上の海底堆積物が浅部断層活動に与える影響について理解すること、また、本研究航海地域であるニコバーファンの堆積物と、東経90°海嶺より西のベンガルファンですでに実施されている航海の成果との比較により、ヒマラヤ・チベットの隆起、気候変動および堆積作用について考察すること等を目的として実施された。

掘削は、最初にSUMA-11C (Site U1480) の地点で実施された。この地点では、プレート境界断層の発達に寄与する岩相、堆積物の起源、堆積物の温度構造及び温度履歴等の解明を目的とし、海底面から基盤まで連続したコアリングが行われた。Hole A-Hの8孔でコアリングが行われ、水深約4150mの海底面から約1430mにかけて、厚さ約15m分の基盤岩を含む堆積物の回収に成功した。基盤岩より上部の堆積物は、表層より、一部火山灰層を挟み主に石灰質粘土からなるユニット1、木片などの陸源性有機物を含む砂泥互層からなるユニット2、緑灰色-赤褐色の凝灰質粘土からなるユニット3、玄

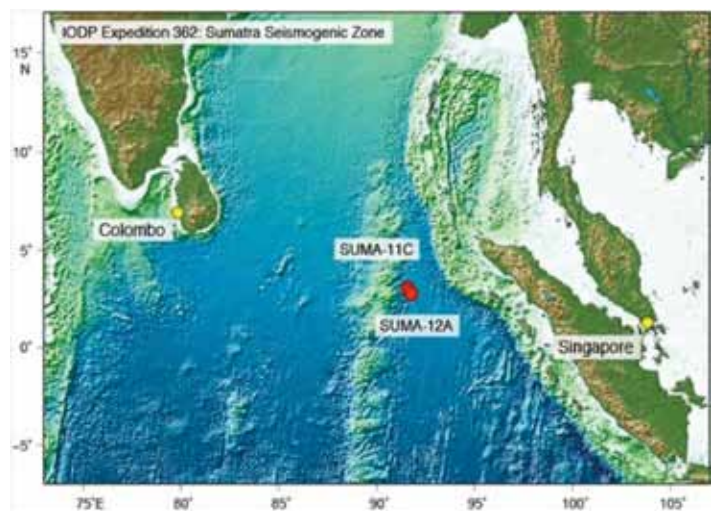
武岩質溶岩および火山角礫岩などの火山性堆積物からなるユニット4、石灰質粘土岩および安山岩-玄武岩質貫入岩からなるユニット5であった。コア試料の微化石分析より、表層からユニット3上部にかけて、平均100m/my以上の非常に速い堆積速度が得られた。ユニット3上部から基盤にかけては、対照的に平均4m/my以下の非常に遅い堆積速度が得られ、暁新世-前期中新世にかけてのハイアタスが示唆された。最下位の層からは白亜紀後期の微化石年代が得られた。

9月8日早朝にSUMA-11Cの掘削が無事に終わり、約35km離れたSUMA-12A (Site U1481) における掘削が開始されようとした時に、ドリルパイプ等の掘削編成を揚降するドローワークスのブレイキに不具合が生じ、掘削不可能の事態となった。この不具合を解消するため、急遽サイトを離れシンガポールにおける修理が行われることとなった。

修理を終え、9月22日にSUMA-12Aにおける掘削が開始された。このサイトでは、前述の目的に加え、距離の近い2地点間

における堆積物の不均質性について調べることを目的としたコアリングが行われた。大幅な時間ロスがあったこともあり、基盤付近の堆積物だけに焦点を当て、海底約1,150mから1,500mにかけてのコアリングが行われた。採取されたコアはSUMA-11Cのユニット2下部とユニット3上部に対比される層であった。基盤岩に到達することはできなかった。2地点間の比較では、SUMA-11Cのユニット3に比べ、このサイトでは凝灰質物質および砂岩層が多いという特徴がみられた。

本航海により、ニコバーファンにおける海底面から基盤までの連続的なコアを採取することができた。現在、コアから個別に採取した試料を用いた詳細な分析等が各乗船研究者によって進められている。研究を進めることで、この地域の沈み込み堆積物の特徴と海溝での寄与を調べ、本研究航海で掲げる科学目的を達成させるとともに、日本海溝や南海トラフなどの他の沈み込み帯との比較研究にも発展させていきたい。



国際深海科学掘削計画 (IODP) 第362次航海の掘削地点

Exp. 363 Western Pacific Warm Pool
(2016/10/7~2016/12/8, JR)

西部太平洋暖水塊の古環境復元

山本 正伸 Organic Geochemist 北海道大学 佐川 拓也 Sedimentologist 金沢大学
熊谷 祐穂 Paleomagnetist 東北大学 [Exp. 363 Scientists]

西部太平洋暖水塊 (WPWP) は地表最大の熱源であり、大気対流活動が活発で降水の多い地域である。WPWPの海面温度の小さな変化がハドレー循環とウオーカー循環の位置と強度に影響し、惑星スケールの大気循環の変化を通じて全球的な気候変化にむすびつく可能性がある。WPWPにおける気候変動は降水量の変動として顕著に表れるが、これはアジア・オーストラリアモンスーン変動、熱帯収束帯 (ITCZ) の移動、エルニーニョ南方振動の変動を反映している。また、将来、温室効果ガスの増加にともない熱帯太平洋の温度躍層構造が変化し、海洋蓄熱量の変化を介して全球気候に影響する可能性が数値モデルにより指摘されている。現在と気候条件の異なる時代のWPWPの環境を復元することにより、WPWPの気候変動における役割を理解することができる可能性がある。

2016年10月6日 (シンガポール発) から12月8日 (グアム着) にかけて行われた第363次航海では、WPWPの気候変動における役割を明らかにすることを目的として、インド洋東部オーストラリア北西沖と西部熱帯太平洋の9地点において掘削を行った。当初予定されていたフィリピンのミンダナオ島沖のサイトは安全上の理由によりキャンセルされ、その代わりにビスマルク海とカロリン海盆で3サイトが追加された。

インド洋オーストラリア北西岸沖のサイトU1482およびU1483では、きわめて保存の良い微化石を豊富に含む半遠洋性堆積物の回収に成功した。最深部はそれぞれ535m (11Ma)および293m (3.8 Ma)に達した。堆積物は粘土と有孔虫を含むナノ化石軟泥からなり、暗灰色の粘土の多い層と明灰色の粘土の少ない層が規則的

に繰り返す。海が透き通るように青く、空気も澄んでおり、そのような場所ではかみられない夕陽が緑色に輝く現象であるグリーンフラッシュが見られた。

8日間のトランジットの後、ビスマルク海パプアニューギニア北方沖サイトU1484 (海岸から15km) およびU1485 (海岸から19km) に到着し、浅海堆積物の掘削を行った。最深部はそれぞれ223m (270ka)および301m (440ka)に達した。堆積物は砂層を挟む泥からなる。砂層の頻度は周期的に変化した。碎屑物は塩基性火山岩類を起源とするもので、サイトの東方約100kmに河口を持つセピク川からもたらされたものと考えられる。掘削中は曇りがちで、霧も多く、陸が見えないことが多かった。熱帯収束帯下の気候を体感した。

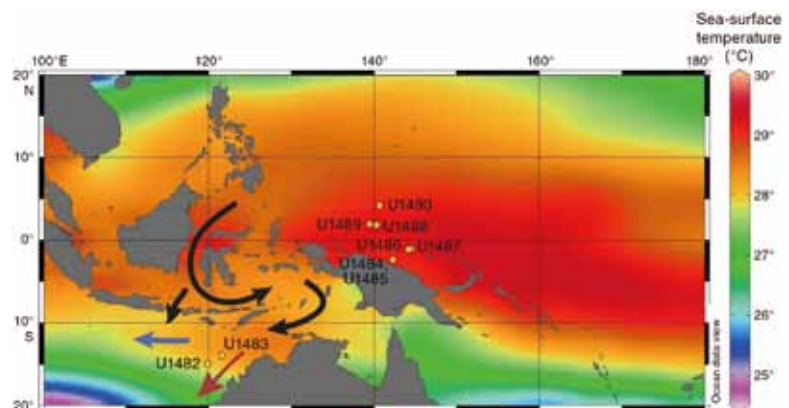
ビスマルク海マナス島の西方沖ではU1486とU1487の2サイトの掘削を行った。最深部はそれぞれ211m (3Ma)および144m (2.6Ma)に達した。堆積物は、上部はナノ化石に富む有孔虫軟泥を主体とするが、下部はナノ化石を含む有孔虫に富む火山灰を主体とする。火山灰による両サイトとの対比が可能であった。炭酸塩微化石の保存は極めて良かった。あたりを見渡すと積乱雲が連なり、どこかで激しく雨

が降っているのがいつでも見られた。

太平洋カロリン海盆オーリピック海嶺では、U1488 (海嶺頂上)とU1489 (海嶺斜面) を掘削した。最深部はそれぞれ314m (9.7Ma)および386m (20Ma)に達した。堆積物は白色の有孔虫軟泥あるいはナノ化石軟泥およびチョークからなり、微量に粘土鉱物、放散虫、珪藻、海綿骨針、珪質鞭毛虫、火山灰を含む。

西カロリン海盆北西縁ではU1490を掘削した。最深部は38m (24Ma)に達した。堆積物は主として白色の石灰質軟泥およびチョークからなる。前期~中期中新世および更新世のきれいな古地磁気層序が確立された。中期中新世気候最適期にあたる層準を得ることができた。亜熱帯高気圧のもと晴天に恵まれた。海上には浮遊物が多くみられた。亜熱帯循環にもなうエクマン輸送により太平洋沿岸諸国から出されたゴミが掃き寄せられたものであろう。

本航海では総延長6,956mのコアを得た。これはIODPとしての最長記録である。これは乗船者全員の努力による。山本はODP時代にLeg167で最長記録を経験し、佐川はLeg346で前IODPの最長記録、今回もIODPの最長記録に出会うことができた。



Exp. 363の掘削地点 (Rosenthal et al., 2017 Expedition 363 Preliminary Report より)

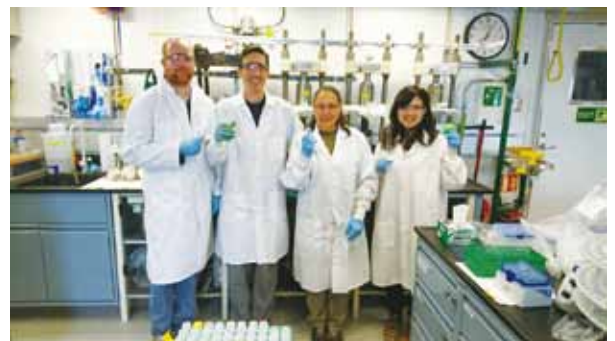
Exp. 362 Sumatra Seismogenic Zone 乗船体験記 貴重な経験となった二ヶ月間

尾張 聡子 千葉大学 博士課程

私は Inorganic Geochemist としてこの航海に参加しました。JOIDES Resolution に乗船し、まず驚いたのが測定機器や各ラボの設備が非常に充実していたことでした。私にとって本格的な船上分析は初めての経験で、サンプリング、間隙水抽出作業、分析、すべてを時間内にできるのか心配でした。データが思うように出ず、再測定しなければならない日は足がフラフラになっている時もありました。私たちのラボではそんな時こそ明るく元気に楽しくをモットーに作業していて、サンプル分注や希釈などの単純作業時は私がDJとして音楽を流したり、間隙水が出てこない時には間隙水が一滴でも出てくるようみんなが雨乞いのダンスを

したり、自然と船上生活を楽しむためのグループの結束感が生まれていきました。その中でも私が一番好きだったのは毎日のシフトの引き継ぎミーティング中にリーダーが必ず入れるジョークでした。英語が上手でない私でも大爆笑するほど面白いもので、英語ができない不安が吹き飛んでしまうくらい、毎日笑いの絶えない船上生活を送ることができました。この航海でたくさんの友達ができたり、専門分野の異なる研究者達と毎日更新されるデータについて様々な議論ができたことは私にとって貴重な経

験になったと共に、IODPにまた参加したいという気持ちになりました。このようにまたとない充実した楽しい船上生活を送ることができ、周りの研究者や陸から支援してくださった方たちに感謝の気持ちでいっぱいです。



ミーティング後の一枚

Exp. 363 Western Pacific Warm Pool 乗船体験記 「おかげさま」の船旅

熊谷 祐穂 東北大学 博士課程

2016年10月からのIODP Exp. 363に、古地磁気学者として参加しました。堆積物試料を扱った経験も乗船経験も全くなく、終始不安でいっぱいでした。ペーパーの私が無事に航海を終えられたのは、偏に周囲の方々の支えのおかげでした。

最も不安だったのが、経験の乏しさ故、装置の操作やデータ解釈、レポート執筆等で迷惑をかけてしまうことでした。実際に装置のエラーで測定を大幅に遅らせてしまったり、英語でのレポート執筆やミーティングの際に、古地磁気学者の相方・Robertさんに頼り切りになってしまったりと、不甲斐ない日々が続きました。しかしその度、技術者の方々がエラーの原因や対処法を一緒に考えてくれたり、Robertさんが分析手順やレポートの骨組み、英語表現を指導してくれたりと助け

て下さいました。おかげで測定を大きく滞らせることも減り、少しはレポート執筆やミーティングにも参加できるようになりました。

古地磁気ラボの他、微古生物学や堆積学などのラボと連携して分析を進めましたが、「チームなんだから遠慮するな」と、時間をかけて結果を解説してくれた研究者もいました。終盤、試料の配分を決める際は、日本にいる古地磁気の先生方や、一緒に乗船した山本正伸先生(北海道大学)、佐川拓也先生(金沢大学)にご助言いただきながら、自分で交渉を進めまし

た。未熟なりにも一研究者として参加し、研究に対する責任を強く自覚しました。

たくさんの支えのおかげで、学生のうちに世界の研究者たちと密に接する機会を得られ、大変幸運でした。今後の研究で恩返ししたいと思います。

コアからサンプリングを行う微古生物学者のChrisさん(手前)と筆者(奥)
(撮影: Bill Crawford, IODP JR50)

「ちきゅう」特別見学会 in 石巻 & 高知 開催報告

高橋 可江 J-DESC サポート

2016年、J-DESCは海洋研究開発機構(JAMSTEC)の協力を得て、石巻港及び高知新港にて学生・研究者向け「ちきゅう」特別見学会を実施しました。以下、その様子をご報告します。

2016年8月20日 於:石巻港

- 参加者数:15名
- 当日対応者:
池原 研氏(産業技術総合研究所)
高柳 栄子氏(東北大学)
齋藤 拓氏(東北大学)
高橋(J-DESCサポート)

参加者は仙台駅に集合したのち、チャーターバスで石巻港に停泊中の「ちきゅう」に向かいました。

船内見学では、まず全員でブリッジに上がり、「ちきゅう」の運航を預かる日本マントル・クエスト(株)の乗組員の方から船としての機能や特色について説明を受けました。一般的な船舶航行の機能に加え、掘削中の船体の動揺を最小限に抑えて同じ場所に留まり続けるためのDPS(自動船位保持システム)など、「ちきゅう」に特徴的な技術についても詳しい解説がありました。

その後は2班に分かれ、池原氏と高柳氏がそれぞれを引率し別ルートで船内を回り、ビデオシネマールームでのショートレクチャー、コアカuttingエリア見学、研究室エリア見学を行いました。ショートレクチャーでは引率のお二人がIODPやJ-DESCについて紹介し、各エリアの詳細

しい説明は主にJAMSTECの地球深部探査センター(CDEX)職員に依頼しました。

コアカuttingエリアからはデリックやドリルフロアといった、いわば「ちきゅう」の顔とも言える設備を見渡すことができるため、自然と参加者の写真撮影にも熱が入っていました。研究室エリアでは、これまでの掘削航海による研究成果を紹介するパネルや、東北沖地震断層コアのレプリカ、また実物のコアなども展示されており、「ちきゅう」による研究成果とそれらを生み出した研究施設・設備を併せて見学しました。

石巻港の見学会では参加者の半分以上を大学院生が占め、地元大学の高柳氏や齋藤氏との顔見知りも多く、全体を通して和やかなムードの見学会となりました。また、各班が比較的少人数で説明者との距離感が近かったためか、参加者から多くの質問がありました。掘削船の仕組み、研究成果、IODP関連など質問の内容も幅広く、見学時間が足りないほどでした。

2016年11月12日 於:高知新港

- 参加者数:22名
- 当日対応者:
村山 雅史氏(高知大学)
野口 拓郎氏(高知大学)
濱田 洋平氏(JAMSTEC)
双木、高橋(J-DESCサポート)

石巻での開催時と同様、高知駅から高知新港までのチャーターバスを用意し

ましたが、参加者の一部からは自家用車で現地に直接向かいたい希望があったため、全員集合は高知新港となりました。

到着後、まずビデオシネマールームにて村山氏によるショートレクチャーが行われました。続いて、全員でブリッジ見学、コアカuttingエリア見学を行い、その後の研究室エリアでは2班に分かれ別ルートで見て回りました。この日は研究室エリアでの見学時間に比較的余裕があったため、コアプロセッシングデッキ、ラボストリートデッキ、ラボマネージメントデッキの3フロアを見学できました。

高知新港での見学会は、特に大学学部生の参加が多く、普段の授業ではなかなか触れる機会の少ない地球掘削科学への興味を持ってもらうきっかけになったのではないかと思います。

2回の見学会を通して改めて認識したことは、多くの学生にとっては掘削船どころか研究船に触れる機会もごく限られているということです。そんな中、突然IODP掘削航海に乗船研究者として飛び込むのは容易なことではありません。一般向け船舶公開よりも一歩踏み込んだ、研究者自らの案内による特別見学会の開催は、コミュニティの裾野を広げ、掘削航海への「あと一歩」を促す役割を果たしているのではと期待しています。



研究室エリア見学(石巻)



コアカuttingエリア見学(高知)



ブリッジ見学(高知)

「ちきゅう」国際乗船スクール2016開催報告

高橋 可江 J-DESCサポート

2016年7月3-6日、J-DESCは海洋研究開発機構（JAMSTEC）との共催で、清水港に停泊した地球深部探査船「ちきゅう」上での国際乗船スクールを実施しました。国内向けの同様のスクールの開催は過去にもありましたが、国際乗船スクールの開催は初の試みです。日本、米国、英国、ポルトガル、台湾から13名が参加し、船上で掘削航海の様々な調査研究手法を学びました。

スクール初日は見学ツアーが行われ、受講者は「ちきゅう」の内部を約半日かけてじっくり見学しました。

2日目からは受講者が3グループに分かれ、3D CTスキャンやMSCLなど非破壊分析装置の仕組みや扱い方を学ぶ「非破

壊計測実習」、実物のコア試料を取り扱う「コア記載・スミアスライド作成・微化石観察実習」、孔内計測装置で得られた検層データの解析方法を学ぶ「ロギング実習」の3種類の実習をグループ単位でローテーション受講しました。

最終日には、3つの実習を通して考察した結果をグループごとにまとめ、発表会が行われました。

午前と午後に各1コマの実習、その間に講義やグループ発表の準備もあり、かなりハードなカリキュラムでしたが、受講者からは終始活発な質問や議論が飛び交い、休憩時間まで自発的に実習の補完を行う姿が見られるなど、皆

さんの意欲の高さが伺えました。スクール全般を通じて、講師とだけでなく受講者同士の議論が活発だったのが印象的でした。国際スクールならではの、実際の航海における乗船研究者同士のディスカッションに近い雰囲気体験いただけただのではないのでしょうか。



コア記載実習の様子

ちきゅう国際乗船スクール2016を経験して

石野 沙季 名古屋大学大学院環境学研究所 修士1年

私は2016年7月3-6日の4日間、ちきゅう国際乗船スクール2016に参加しました。大学院では南大洋のコアから産出する珪藻化石を用いて海洋環境を復元する研究をしています。スクール内容を見て、研究で扱う試料の基礎的なことをしっかり学べる良い機会だと思い応募しました。

実習内容はまさに船上での研究体験のようでした。コアの記載を行い、非破壊計測法やロギングの結果と合わせて堆積環境を議論し、発表するという流れです。扱う機械、見るデータ、全てが最先端の研究現場なのだと思うと胸が躍りました。また、英語で実習を受けたことも大きなチャレンジでした。怒涛の実習を

共にしたことで、つたない英語でも海外の参加者と仲良くなることができ、コミュニケーションをとることに自信が持てるようになりました。

私は、この一年で踏み出した一歩の大きさに自分でも驚いています。というのも、ちきゅう国際乗船スクールを終えてから迷わずIODP Exp. 374（南極の研究航海）に応募しました。今度は本当に研究の最前線に立って、まだ誰も見たことのない掘削したばかりのコアを分析してみたい、という思いが溢れてきて、研究室の中だけで研究が完結してしまうのは物足りないと思ったからです。その結果、IODP Exp. 374

のsedimentologistとしての参加が決まったという通知を受け取りました。本スクールに応募した勇気が、南極の研究航海へ応募する大きな勇気へと繋がったのだと思います。



実習の様子(写真右端が筆者)

オマーンオフィオライト陸上掘削プロジェクトの概要とその後の進展

高澤 栄一 新潟大学理学部/海洋研究開発機構

国際陸上科学掘削計画 (ICDP) によるオマーンオフィオライトの陸上掘削が2017年12月から実行に移された。オマーン掘削プロジェクトは、地殻セクションのはんれい岩層、地殻-マントル境界、蛇紋岩化が現在進行中のかんらん岩層、およびオフィオライト基底の変質かんらん岩層をそれぞれ掘削する (図1)。本稿ではオマーン掘削プロジェクトの概要とこれまでの進行状況について報告したい。

海洋地殻は地球表層の70%を占め、地球のグローバルな物質循環に対して重要な役割を果たしている。海洋地殻の断面を詳細に観察するのは深さ故に難しいが、大陸縁に乗り上げた過去の海洋リソスフェア (地殻+最上部マントル) の断片 (オフィオライト) ではそれは可能である。なかでもオマーンオフィオライトは、オマーンからアラブ首長国連邦にかけて500kmにわたって分布する世界最大のオフィオライトである。オマーン掘削プロジェクトは、地殻から上部マントルまでを対象とする日米欧合同の包括的な陸上掘削プログラムであり、現地で岩石コアの記載、地球物理学的ロギング、流体サンプリング、水文学的計測、および微生物用試料の採取などを行う (<http://www.omandrilling.ac.uk>)。得られたコアとデータを利用して、中央海嶺における海洋リソスフェアの形成、メルト-マントル反応、海洋地殻・マントルの熱水変質、風化作用と生物の関与など広範な研究課題に取り組む。

オマーンオフィオライトの陸上掘削は、第1期 (Phase 1) が2016年12月末から2017年3月末にかけて実施され、第2期 (Phase 2) が2017年11月から2018年3月にかけて行われる。第1期の掘削で

は、オマーンオフィオライト南部地域の Wadi Tayin 岩体における地殻セクションの下部はんれい岩層 (GT1)、中部はんれい岩層 (GT2) およびシート状岩脈群-はんれい岩層境界 (GT 3) を貫く各400m長のコアリングが行われた。また、地下水の採取を目的としたロータリードリリングも Wadi Tayin 岩体東部の2箇所 (BA1, BA2) で行われた。第1期で掘削したコアはすべて JAMSTEC の地球深部探査船「ちきゅう」に移送され、2017年7月15日から9月15日にかけて、ちきゅう船上で研究者および学生らによるコアの記載、計測および分析が実施される。国際深海科学掘削計画 (IODP) の掘削航海と同様に、火成岩岩石学、変成岩岩石学、構造地質学、地球化学、古地磁気学、物性物理学の各手法を用いて、多面的に詳細なコアの解析が行われる予定である。サイエンスパーティーは2グループに分かれ、それぞれがちきゅう船上で前半と後半の1ヶ月間ずつ担当する。

第2期のオマーン掘削プログラムは

2017年11月から開始される。ここでは、第1期に引き続いて Wadi Tayin 岩体東部の蛇紋岩化が現在進行中の地域においてコアリングとロータリー掘削が実施されるとともに、Samail 岩体と Wadi Tayin 岩体の地殻-マントル境界 (いわゆる「モホ面」) で2本の400-600m長のコアリングを実施する計画である。掘削地点は、Samail 岩体の Maqsad diapir 地域および Wadi Tayin 岩体の Wadi Nassif 西方地域が最終候補となっている。ロータリー掘削による掘削孔と最先端の検層装置を使用して、地殻-マントル境界のワイヤラインロギングも実施する。さらに、地殻-マントル境界付近の物理的性質をコアの構成岩と直接比較することによって、コア-ログ統合を試みる。これらの研究は、海洋底下のモホ面の力学および物性に関する知識をもたらすであろう。また、連続コア試料を用いて、地殻-マントル境界付近のマグマプロセスを詳細に解明することが期待される。

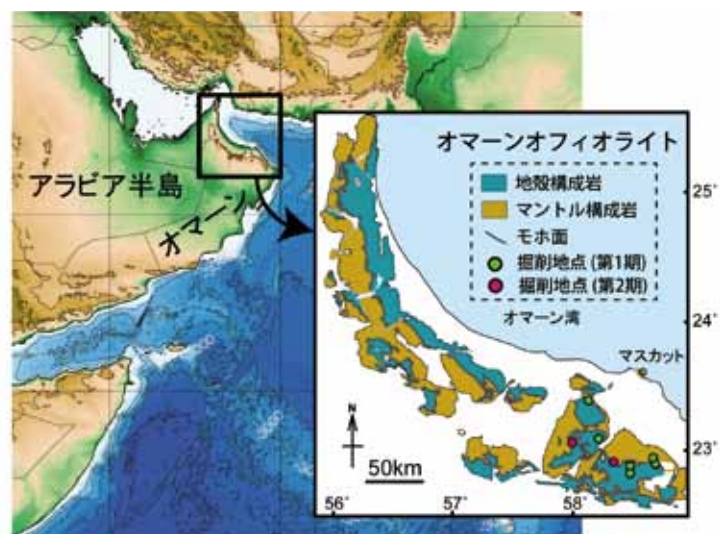


図1. オマーンオフィオライトの分布図。丸印が第1期 (緑) と第2期 (赤) の掘削地点。地殻とマントル、その境界であるモホ面を掘削し、海洋リソスフェアの連続的な情報取得を行う。

大深度南アフリカ金鉱山からの地震発生場のICDP掘削計画の開始

小笠原 宏 立命館大学 矢部 康男 伊藤 高敏 東北大学 [DSeis研究チーム]

掘削研究の全体像:地震が発生している場所(地震発生場)を目指し、3つの南アフリカ(以下南ア)の金鉱山の地下約1~3 kmから、長さ数十~数百mの十数本の科学掘削が、2017年3月下旬~4月上旬から始まる見込みです。この科学掘削では、2~3年をかけて、M2.0~5.5(断層すべり域の範囲が約百mから数km)の震源核(地震が始まった場所)やアスペリティ(強震動発生地点)を含む、地震性すべりと非地震性すべりを起こした領域、そしてその周囲が、掘削コアと孔検層によって精査されます。この計画は、Drilling into seismogenic zones of M 2.0 - 5.5 earthquakes in South African gold mines(略称DSeis計画; ディーサイズ計画; J-DESC News 2016, Vol. 9)と呼ばれており、2016年8月31日に国際陸上科学掘削計画(ICDP; International Continental Scientific Drilling Program)に掘削が承認されました。この掘削の後には、日本や欧米などが獲得する研究費によって地球物理学的、地下水学的、地球微生物学的諸観測を行うことができると期待されています。これらを比較して、ICDPの科学プラン(2014-2019)に記載された、以下の地震学的・地球微生物学的謎の解明に取り組みます。

1)異なる大きさの地震の発生場の精査結果を比較し、何が個々の地震の破壊の開始・伝播・停止をコントロールするかを明らかにします。M5.5の地震については近地の地表強震動波形から強震動発生域をある程度絞り込めており、また、坑内の稠密高感度地震観測の結果には、本震の破壊過程の複雑さを暗示する、余震活動度の場所による違いも明瞭に見ることができます(J-DESC News 2015, Vol. 8)。M5.5の地震発生場は、一部を

精査できるに過ぎませんが、M2.0~3.5の地震の発生場は、地震性すべり域と非地震性すべり域のより広範囲の物性や応力やダメージを精査し、何が地震破壊をコントロールしたかを明らかにします。

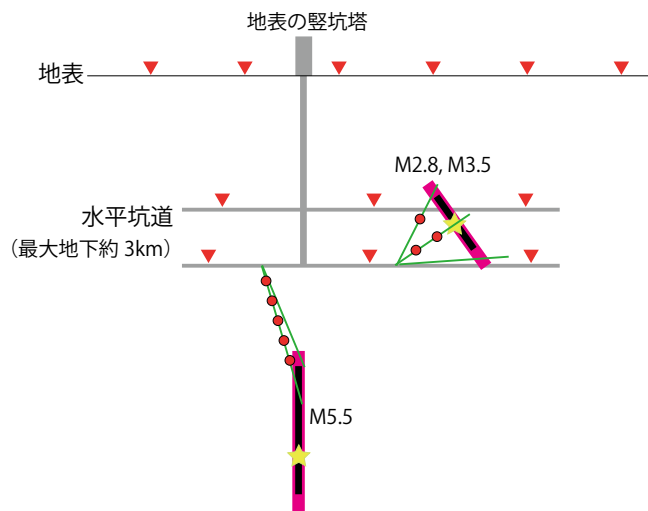
2)掘削後の諸観測の結果を比較して何が地震群の活動をコントロールしているかも明らかにします。掘削先の地震活動域内にM~2程度の地震が発生したとき、数km以内にM4程度以上の地震が発生したとき、あるいは、夕方定時に鉱山内で一斉に行われる採石発破の後、あるいは、遠地巨大地震の後、地球潮汐応答などに注目します。

3)地震活動に変化があったときに地下水を自動回収するシステムを地震活動域に設置し、岩盤の破壊による水素発生が太古代の大深度の地下の初期生命のエネルギー源であるという仮説の検証も試みます。

ICDP科学プラン(2014-2019)には挙げられていませんが、4)断層岩や断層構造の形成過程も議論します。また、5)採掘レベルよりもかなり下で、通常の誘発地

震と異なるメカニズムでM5.5が発生した理由も議論します。6)日本の陸上や海底は、観測網が充実し、巨大地震のたびに地震発生場の構造や地震発生過程などモデルが複数提案されます。しかし、これらは似て非なる場合が多く、何をどう読み取るべきか理解を深める必要があります。DSeis計画は、掘削の直接精査と比較検討できる貴重な機会になると期待されています。

準備状況:ICDPの採択後、M5.5の掘削マシンを設置するための6m×6m×6mの地下空洞が、地下2.8kmに発破工事によって完成しました。M2.8の地震発生場の掘削は、鉱山の閉山と閉山後の水没が決まり、ICDP掘削に続く微小破壊観測は断念せざるを得ませんでした。2016年4月に発生したM3.5の地震発生場を代わりに精査できる見込みが立ちました。2017年3月現在、スイスの地質工学院生とイスラエルの構造地質学の助教が現地の地質学・岩盤工学担当者と掘削開始の最終段階の準備を進めています。



DSeis計画の特長を示した鉛直断面模式図。黒太線はアスペリティ、マゼンタ色の線はアスペリティ周辺の余震活動が活発な領域、黄色の星は震源、赤色の下三角は既存の地震観測点、緑色の線は掘削孔、赤丸は掘削孔内に設置する地震計を表す。

ICDP トレーニングコース 2016 参加報告

小野 重明 田村 芳彦 海洋研究開発機構 高澤 栄一 新潟大学 / 海洋研究開発機構

昨年の10月16日から20日にかけて、ICDPトレーニングコースが開催された。J-DESCから推薦を受け、日本からは、小野、田村、高澤の3名が参加することができた。このトレーニングコースは毎年開催されていて、2014年は断層掘削、2015年は堆積物掘削、そして昨年は大陸掘削をターゲットとしたトレーニング内容であった。参加者は、我々日本人を含む約30名であり、ヨーロッパ、アジア、アメリカなど多くの国々から参加者が集まった。トレーニングコースが開催された場所は、ドイツのポツダムにあるドイツ地球科学研究所(GFZ)であった。研究所が位置する場所は、ポツダム中央駅から徒歩でアクセスでき、周りを森林に囲まれた落ち着いた環境であり、研究に専

念するには極めて適した場所であった。今回のターゲットは大陸掘削とアナウンスされていたが、講義内容は大陸掘削のみならず、海洋掘削まで含めた幅広い分野を網羅していた。講義レベルは、初学者をターゲットとしており、これから掘削科学の世界に足を踏み入れようと考えている大学院生やポスドクに適した内容であった。そのため、シニアの研究者には、少し物足りない面もあったが、総じて良くまとまっていたという印象である。トレーニング後、講義に使われたスライドのPDFファイルが、参加者全員に配られた事は、極めて有意義である。なぜならば、参加者がそれぞれ国に帰り、このファイルを使って多くの人々に掘削科学の魅力を伝えることにより、掘削科学を

支えるすそ野が大きく広がるからである。J-DESCが主催するトレーニングコースでも、このシステムを見習うべきであろう。最後に、今回のトレーニングコースに献身的な貢献をした講演者の方々に感謝の意を伝えたい。



コア試料を用いた実習も行われた

Gearing up for IODP Expeditions: A Shipboard Sedimentology Experience

Maria Luisa Tejada Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The USSSP Shipboard Sedimentology Course held on November 14-17, 2016 at the IODP Core Repository at College Station, Texas, USA was participated by mostly Ph.D. and Postdoctoral students and a few faculty members from US universities, and two international scientists from Brazil and Japan. The course, which included practical activities on smear slide preparations and core description, was designed to simulate the experience of getting as much information as possible from cores in order to answer the questions and objectives of a drilling expedition within a limited time.

Lectures provided a broad background on shallow to deep marine depositional environments, with actual examples from representative archive cores. Special emphasis was made for core disturbances that can lead to erroneous

interpretations. Case study projects encouraged interaction and discussion among participants. Four groups of six participants were each assigned four sets of cores from different DSDP, ODP, and IODP expeditions to describe and interpret. Each group was required to make a presentation based on actual expedition results and own findings and interpretations.

The course was intended for non-specialists and students and offered a rare chance to see the vast resource of geologic information from almost 50 years of scientific drilling program by utilizing both legacy and recent cores for the case studies. It was a very useful preparation, mentally and socially, for those who will join any future IODP expeditions. The instructors were very knowledgeable of the topics and

provided very useful insights and tips for a positive shipboard experience.

Notes: Portions of the course activities can be viewed in Ocean Leadership youtube videos ("International Ocean Discovery Program: A Guide to Smear Slides" and "International Ocean Discovery Program: Open Data for Global Research"). The course was conducted by Dr. Kathleen Marsaglia (California State University, Northridge) and Dr. Joel Johnson (University of New Hampshire).



USSSP, IODP

コアスクール2016 (微化石コース) 参加報告

有元 純 東北大学大学院理学研究科地学専攻 博士1年

去る2016年8月、J-DESC企画のコアスクール・微化石コースが東北大学にて開催されました。今回題材とされたタクサは、コア試料における年代決定に特に有効とされる石灰質ナノ化石であり、白亜紀～古第三紀の地層の年代決定と古環境復元の研究を行っている私は非常に心を惹かれ、参加を申し込みました。コアスクールは8/8～8/10の3日間にわたって開催され、全国の大学等から18人の受講者が集まりました。まず初日には、開講式の後、講師の一人である東北大学の高柳栄子先生が、第356次IODP航海での乗船体験をお話ししてくださいました。数々の写真と共に、臨場感あふれる船内の様子を知ることができました。その後、講師である千葉大の亀尾先生および秋田大の千代延先生に、石灰質ナノ化石の定

義やその構造、分類などに関する、いわば入門編ともいえる基礎的な講義をしていただきました。また、実際に過去の深海掘削により得られたコア試料の一部を用いて、検鏡用のスライド作製実習が行われました。未経験の方が多かったですが、器用に作っておられた方も、(私を含め)苦戦しておられた方も皆それぞれ、受講者全員が一枚ずつ自分のスライドを手に行うことができました。そして、作製したスライドを、光学顕微鏡を用いて観察しました。2日目は、過去の研究航海で作製された様々なスライドの観察を通じ、新生代を通じた石灰質ナノ化石群集の変遷を実感として知ることができました。また、受講者全員に一枚ずつ課題としてスライドが与えられ、テキストをもとに、その年代決定を行うという試験(?)が課さ

れました。最後に、化石形態の分析や、現生種の生態、環境指標としての有用性といった、応用編の講義をしていただき、研究の先端に触れることができました。最終日には、名残を惜しみつつ、閉講式が行われました。このように、限られた時間ではありましたが、充実した講義と非常に実践的な実習を受講できたことは、貴重な体験となりました。また、各日の日程終了後には懇親会が行われ、参加者は互いに親睦を深めることができました。最後に、ご指導いただいた講師の先生方、共に学んだ受講者の方々、お手伝いをしてくださったスタッフのみなさま、そして本稿の執筆の機会を与えてくださったJ-DESCサポートのみなさまに、心より感謝申し上げます。

IODP 掘削航海スケジュール

Exp. #	航海名	プロポーザル	実施予定期間	出航/入港
地球深部探査船「ちきゅう」				
380	NanTroSEIZE Stage 3: Frontal Thrust LTBS	603D-Full2	2017/10/26-12/5	TBD
JOIDES Resolution				
367	South China Sea Rifted Margin A	878-CPP, 878-Add	2017/2/7-4/9	香港/香港
368	South China Sea Rifted Margin B	878-CPP, 878-Add	2017/4/9-6/11	香港/上海
371	Tasman Frontier Subduction	832-Full2, 832-Add	2017/7/27-9/26	タウンズビル/ホバート (豪州)
369	Australia Cretaceous Climate & Tectonics	760-Full2, 897-APL	2017/9/26-11/26	ホバート/フリーマントル (豪州)
372	Creeping Gas Hydrate Slides	841-APL2, 841 Add	2017/11/26-2018/1/4	フリーマントル/ウェリントン (NZ)
374	Ross Sea West Antarctic Ice Sheet History	751-Full2, 751-Add, 751-Add2	2018/1/4-3/8	ウェリントン/ウェリントン
375	Hikurangi Subduction Margin	781A-Full, 781A-Add2	2018/3/8-5/5	ウェリントン/オークランド (NZ)
376	Brothers Arc Flux	818-Full2	2018/5/5-7/5	オークランド/オークランド
378	South Pacific Paleogene Climate	567-Full4	2018/10/14-12/14	ウェリントン/パペーテ (タヒチ)
379	Amundsen Sea West Antarctic Ice Sheet History	839-Full	2019/1/18-3/20	プンタアレナス/プンタアレナス (チリ)
Mission Specific Platform (MSP)				
381	Corinth Active Rift Development	879-Full	2017/10-11	TBD
377	Arctic Ocean Paleoceanography	708-Full	Mid/late 2018	TBD
373	Antarctic Paleoclimate	813-Full, 813-Add	2019-2020	TBD

■ J-DESC 関連年間活動予定 (2017年4月~2018年3月)

月	J-DESC	IODP関連	陸上掘削関連	その他
4月		●IODPプロボーザルメ切 (4/3) ●Exp. 368 (JR)開始 (4/9-6/11)		●EGU (4/23-28 ウィーン、オーストリア)
5月	●J-DESCタウンホールミーティング (5/22 幕張) ●2017年度総会 (5/24 幕張)	●IODPプロボーザルサイト・サーベイデータメ切 (5/1) ●EPSP会議 (5/2,3 カレッジステーション、アメリカ) ●JOIDES Resolution Facility Board会議 (5/16,17 アーリントン、アメリカ)		●地球惑星科学連合大会 [JpGU-AGU Joint Meeting] (5/20-25 幕張) ●地球掘削科学セッション (5/24, 25 幕張)
6月		●SEP会議 (6/21-23 リスボン、ポルトガル)	●EC会議 (6/5-7 キルナ、スウェーデン)	
7月		●Exp. 371 (JR)開始 (7/27-9/26)		●AOGS (8/6-11 シンガポール)
8月	●コアスクール微化石コース			
9月		●IODP Forum会議 (9/11-13 上海、中国) ●Exp.369 (JR)開始 (9/26-11/26)		●日本地質学会 (9/16-18 愛媛)
10月	●コアスクールロギング基礎コース(予定)	●Exp. 381 (MSP)開始 (10-11月) ●Exp. 380 (ちきゅう)開始 (10/26-12/5)	●ICDP Training Course (10月予定 ボツダム、ドイツ)	
11月		●Exp. 372 (JR)開始 (11/26-1/4)		
12月				●AGU (12/11-15 ニューオーリンズ、アメリカ)
1月		●Exp. 374 (JR)開始 (1/4-3/8) ●SEP会議 (1月予定 場所未定)	●ICDPプロボーザルメ切 (1/15)	
2月		●Exp. 381 (MSP) Onshore Science Party (2月 プレーメン、ドイツ)		
3月	●コアスクールコア解析基礎コース ●コアスクール同位体分析コース	●ECORD Facility Board 会議 (3/6, 7 場所未定) ●Exp.375 (JR)開始 (3/8-5/5) ●Chikyu IODP Board 会議 (3/19, 20 神戸)		

※最新のスケジュールについてはJ-DESCホームページをご覧ください。

IODP 国際委員情報 (敬称略)

国際委員退任者

SEP (Science Evaluation Panel) (~2016/9)

池原 実 (高知大学)

石丸 聡子 (熊本大学)

EPSP (Environmental Protection and Safety Panel) (~2016/9)

辻 健 (九州大学)

JRFB (JOIDES Resolution Facility Board) (~2016/9)

安間 了 (筑波大学)

CIB (Chikyu IODP Board) (~2016/9)

川幡 穂高 (東京大学大気海洋研究所)

代理出席にご協力いただいた方々

SEP

池原 研 (産業技術総合研究所)

氏家 恒太郎 (筑波大学)

EPSP

棚橋 学 (明治大学)

現在の国際委員

SEP

Science sub-group

阿部なつ江 (海洋研究開発機構)

岡崎 裕典 (九州大学)

成瀬 元 (京都大学)

日野 亮太 (東北大学)

諸野 祐樹 (海洋研究開発機構)

山本 正伸 (北海道大学)

Site survey sub-group

芦 寿一郎 (東京大学)

EPSP

朴 進午 (東京大学大気海洋研究所)

CIB (Chikyu IODP Board)

巽 好幸 (神戸大学)議長

北里 洋 (東京海洋大学)

James Mori (京都大学防災研究所)

EFB (ECORD Facility Board)

稲垣 史生 (海洋研究開発機構)

IODP国際委員会へのご尽力ありがとうございました。



J-DESC Newsletter

■発行: 日本地球掘削科学コンソーシアム ■編集: 日本地球掘削科学コンソーシアムサポート
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25 海洋研究開発機構 横浜研究所内
Tel: 045-778-5703 Fax: 045-778-5497 e-mail: info@j-desc.org