

J-DESC

Japan Drilling Earth Science Consortium

Vol. 5

NEWS

日本地球掘削科学コンソーシアム ニュースレター 第5号
平成24年3月31日発行



CONTENTS

- 連続特集(前篇): 近年のIODP掘削航海の成果 — P1~7
 - The Deep Biosphere and Subseafloor Ocean — P2~3
 - Exp. 327 Juan de Fuca Flank Hydrogeology (辻 健/京都大学) — P2
 - Exp. 331 DEEP HOT BIOSPHERE (高井 研/海洋研究開発機構) — P3
 - Exp. 329 South Pacific Gyre Subseafloor Life (稲垣 史生/海洋研究開発機構) — P3
 - Exp. 336 Mid-Atlantic Ridge Microbiology (平山 仙子/海洋研究開発機構) — P4~7
 - Environmental Change, Processes and Effects — P4~7
 - Exp. 320/321 Pacific Equatorial Age Transect (沢田 健/北海道大学) — P4
 - Exp. 313 New Jersey Shallow Shelf (安藤 寿男/茨城大学) — P5
 - Exp. 323 Bering Sea Paleooceanography (高橋 孝三/九州大学) — P5
 - Exp. 317 Canterbury Basin Sea Level (保柳 康一/信州大学) — P6
 - Exp. 318 Wilkes Land Glacial History (岩井 雅夫/高知大学) — P6
 - Exp. 325 Great Barrier Reef Environmental Changes (横山 祐典/東京大学) — P8
- J-DESC コアスクール: 岩石コア記載技術コース実施報告 — P7
山元 孝広(産業技術総合研究所)
- J-DESC 関連年間スケジュール、J-DESC 会員一覧 — P8



表紙写真提供: 浦本 豪一郎氏(海洋研究開発機構)、須藤 斎氏(名古屋大学)

連続特集(前篇): 近年のIODP掘削航海の成果

J-DESCニュースは今号と次号にわたり、近年(2009年3月~2012年1月)のIODP航海の成果を特集します。

現在行われているIODP航海は、2001年に発行されたサイエンスプラン「Earth, Oceans, and Life: IODP Initial Science Plan」(ISP)に記載された内容のもとに作成された掘削提案(プロポーザル)に基づき実施されています。このサイエンスプランには、IODPが開始された2003年から10年間に深海掘削研究が実施すべき3つの大テーマと8つの重点項目が以下のようにまとめられています。

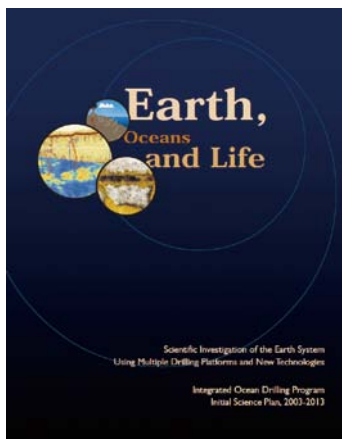
- The Deep Biosphere and Subseafloor Ocean
 - The Deep Biosphere
 - Gas Hydrates
- Environmental Change, Processes and Effects
 - Extreme Climates
 - Rapid Climate Change
- Solid Earth Cycles and Geodynamics
 - Continental Breakup and Sedimentary Basin Formation
 - Large Igneous Provinces
 - 21st Century Mohole
 - Seismogenic Zone

これらの重要な科学テーマは、地球システム変動の実態を明らかにし、サブシステム間の相互作用を理解することでこれらの変動の根本的な原因を追及することを目的として策定されました。

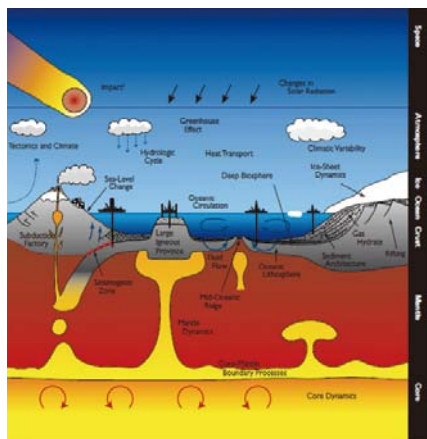
一方、2009年9月にブレーメンにて開催されたINVEST (IODP New Ventures in Exploring Scientific Targets)会議を皮切りに、2013年~2023年の深海掘削研究のための新たなサイエンスプランの策定が開始され、2011年6月に「Illuminating Earth's Past, Present, and Future」が公開されました。このサイエンスプランには、4つの大テーマとそれらに付随する14のチャレンジがまとめられています。

- Climate and Ocean Change: Reading the Past, Informing the Future
- Biosphere Frontiers: Deep Life and Environmental Forcing of Evolution
- Earth Connections: Deep Processes and Their Impact on Earth's Surface Environment
- Earth in Motion: Processes and Hazards on Human Time Scales

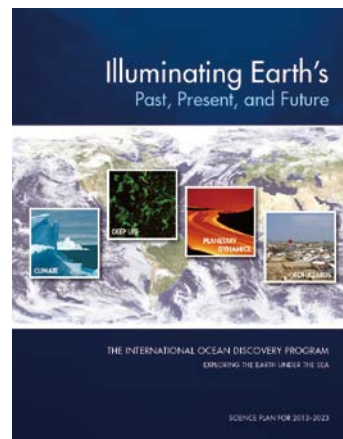
この新しいサイエンスプランはIODPのウェブサイトからダウンロードすることができます (<http://www.iodp.org/Science-Plan-for-2013-2023/>)。



Initial Science Planの表紙



ISPに描かれた地球システムの構成要素、プロセス、現象の模式図



新しいサイエンスプランの表紙

Exp. 327 Juan de Fuca Flank Hydrogeology (2010/7/5 ~ 9/5, JR) ~ファン・デ・フーカ海嶺東翼部海洋地殻の水理地質学的構造~

辻 健

Co-chief Scientist・京都大学

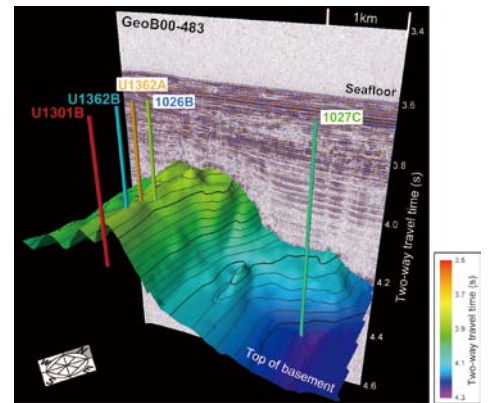
海洋プレートが形成される中央海嶺では、マグマの熱によって海洋地殻内を流体が循環し、ブラックスモーカーといった熱水噴出孔が存在することが知られている。しかし実際には、その中央海嶺部よりも、幅数百kmに及ぶ海嶺の裾野（翼部）のほうが放出する熱の量が3倍程度大きく、さらに物質の流量は10倍程度多いことが知られている。つまり海洋と固体地球間の物質循環とエネルギー収支を考える際には、海嶺翼部の流体循環の理解が重要といえるのである。このような海底下の流体移動は、地下微生物生態系とも関係していると考えられ、広い分野から注目を集めている。Expedition 327では、この海嶺翼部の海洋性地殻内部の流体移動を調べるために、太平洋北東部のバンクーバー島の沖合い約200kmに位置するファン・デ・フーカ海嶺東翼部で掘削を行った。さらに長期モニタリング装置を設置することで、海洋性地殻内の流体経路を、精度良く推定することを試みた。

航海は2010年7月5日~2010年9月5日に、JOIDES Resolutionにより実施され、Site 1362で新たに2本の孔井を掘削し、

コークと呼ばれる長期孔内観測装置を設置した。この海域では以前からODPとIODPによる掘削（Leg.168, Exp.301）が行われており、これらの孔井に設置されている観測装置を交換・利用することで、多数の掘削孔間での水理試験が可能となった（図）。このような大規模な孔井間モニタリング・ネットワークを構築し、海洋性地殻内部の流体挙動を調べることは、海洋掘削では初めての試みである。実際にトレーサー試験も実施し、その計測は現在も継続している。そのため本航海での最大の成果は、掘削航海後の調査で得られる予定である。また長期孔内観測装置を設置することで、孔内の状態が定常状態に戻ったからの計測が可能となり、信頼できる地球化学的・微生物学的なデータの取得が可能となっている。

これらの大規模オペレーション以外にも、掘削コア試料や検層データからは、フラクチャーの配列方向や熱水に伴う岩石の変質など、海洋性地殻内の流体移動に関する情報が取得された。またこの海域では数kmの範囲で密に掘削が実施されており、その検層データの比較から、流体経路の空間的な広が

りも明らかになってきた。これらの結果から、海嶺翼部では海底に露出している海山で海水を吸い込み、別の海山で海水を吐き出していることが分かってきた。さらにフラクチャーがリッジ（海嶺軸）に平行な方向に配列していることから、リッジに沿った方向に流体が流れやすいことも分かってきた。



孔井間モニタリングネットワーク。図中のホライゾン（緑~青）は、反射法地震探査データから抽出した堆積物に埋もれている海洋性地殻上面の構造である。

Exp. 331 DEEP HOT BIOSPHERE (2010/9/1 ~ 10/3, ちきゅう) ~沖縄熱水海底下生命圏掘削~

高井 研

Co-chief Scientist・海洋研究開発機構

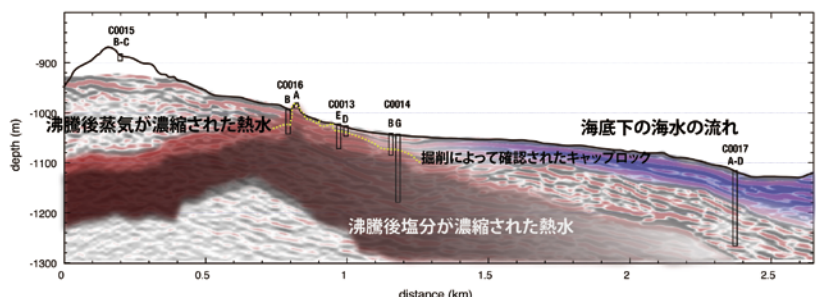
2009年9月に国際統合深海掘削計画（IODP）の枠組みの中で行われた地球深部掘削船「ちきゅう」を用いた「沖縄熱水海底下生命圏掘削」航海（IODP Exp 331）では、熱水活動域の海底下における微生物群集の規模および生態系の実態を世界に先駆けて解明することを目的として、沖縄トラフ伊平屋北熱水域の6地点において掘削・コア試料の回収・人工熱水孔の設置を実施しました。本研究航海は、高井研（海洋研究開発機構）、Mike Mottl（ハワイ大学）が共同首席研究者を務め、8カ国から計25名（日本8名、米国8名、欧州6名、他）の様々な分野の科学者が参加しました。

本掘削調査によって明らかになった大きな科学成果として、(1)海底下に広がる巨大な「熱水湖」の発見、(2)海底下の熱水溜まりにおける熱水の気液二相分離に伴う密度成層構造の発見、(3)世界で初めての海底下黒鉱試料の回収成功、(4)人工熱水孔の設置とその海底下熱水噴出に成功、といった事が挙げられます。特に海底下に広がる巨大な熱水湖の発見と海底下黒鉱試料の回収は、「海底面に現れる熱水活動の拡がりには海底下の大きな熱水循環系の冰山の一角に過ぎない」という新しい海底下熱水循環システム研究に基づく予想

を実証するとなり、これまで海底面での熱水鉱床や金属資源賦存量の探索が中心であった海底資源探査の在り方を大きく変える画期的な成果となりました。そのような意味で、国家的な海底資源開発研究の在り方に大きな変革をもたらした研究成果と言えます。

一方、当初の科学目標である「熱水活動域の海底下における活動的かつ多様な機能を有した微生物群集の探索」についても、航海中の間隙水の化学データや航海終了後の陸上研究によって、その存在パターンと成り立ちや機能特性が明らかになりつつあります。微生物バイオマス分布、微生物遺伝子分布、微生物

機能分布の最新データから、熱水湖の存在に比して海底下数mから150mに至る「生命存在可能領域（生物圏）」と「生命非存在領域（無生物圏）」の明瞭な境界が存在している可能性が捉えられました。その成果は、地球における「生命や生命圏の限界とは何か」という問いに明確な一つの答えを与えることが期待できます。また、海底面における化学合成微生物群集とは異なる海底下化学合成微生物群集構造を有することも示唆されつつあり、独自の海底下微生物生態系が形成されている可能性があります。



IODP Expedition 331の掘削調査によって明らかになった伊平屋北熱水フィールドの海底下に広がる巨大熱水湖の存在及び海底下流体の流れ。巨大熱水湖の中では、気液二相分離によって導かれるガス成分に富んだ熱水と塩分に少し富んだ熱水が密度成層によって上部と下部に分配されている可能性が示された。海底下黒鉱は、熱水湖のキャップロック部に見出された。キャップロック層の上部の生命存在可能領域に、海底下微生物群集が形成されていることも明らかになった。

Exp. 329 South Pacific Gyre Subseafloor Life (2010/10/9 ~ 12/12, JR)

～南太平洋還流域海底下生命探査～

稲垣 史生

Co-chief Scientist・海洋研究開発機構

科学海洋掘削による海底下生命圏のこれまでの研究によって、大陸沿岸域を中心とする堆積物中には、主に表層海中における光合成基礎生産に由来する有機物を主要な栄養源とする、従属栄養型の微生物生態系の存在が確認されています。しかしながら、大陸から離れた外洋の海底下にどのような生命圏が存在するかについては明らかではありませんでした。本航海では、地球上で最も海水中の有機物基礎生産量が少なく、そのため最も表層海水の透明度が高く、堆積速度が遅いことが予想される南太平洋還流域の海底下生命圏を調査しました。

2010年10月10日、ジョイデスレゾリューション号に乗船した我々研究チームはタヒチ・パペーテ港から出港し、総航海距離が約7000kmを超える地球規模の生命探査の旅へと出発しました。表層海水の基礎生産が最も低い還流中央域を起点とする南北のトランセクトに沿った7カ所の掘削地点(U1365-U1371)で、年代や深度の異なる表層から玄武岩境界までの堆積物や上部玄武岩のコア試料を採取しました(図1)。掘削深度が10-20m以内に、堆積物中に含まれる全

有機物濃度は0.1%以下となり、微生物細胞の濃度も大陸沿岸の堆積物に比べて10万～100万倍低い値を記録しました。さらに、間隙水中の詳細な主成分分析や微小電極や光化学センサーによる溶存酸素濃度の計測によって、採取された堆積物中に好氣的微生物呼吸を支えるために十分な量の酸素や硫酸などの電子受容体(酸化物)や、微生物の生育に必須な窒素やリン・カリウム・カルシウムなどの必須元素が存在していることが確認されました。本海域に代表される超低栄養環境は、全海洋の約48%を占めています(図1)。それは即ち、有機物等の高エネルギー物質(電子供与体としての還元物質)に富み電子受容体に乏しい大陸沿岸の従属栄養微生物生態系とは真逆の低バイオマスの微生物生態系が広範に存在する可能性を示しています。さらに本航海で得られた結果は、全球規模の海底下微生物の存在量や生息空間に関するこれまでの試

算を大きく見直す必要性を示しています。

本航海で採取された試料を用いた詳細な微生物学的・生物地球化学的研究によって、従来無酸素・嫌気の世界とされていた海底下生命圏の概念が覆され、地球規模で広がる新しい生命圏の姿や、地球惑星における生命存続のためのエネルギー的・物理化学的な条件(ハビタビリティ)が明らかにされようとしています。本航海で得られた試料は全体的に微生物細胞の濃度が極端に少ないため、その研究は容易ではなく、地球外生命探査に匹敵する極めて挑戦的なものです。現在、無菌的かつ超高感度・高精度な分析手法をもちいて、単一細胞レベルの詳細な生命探査研究が展開されています。

参考文献

D'Hondt et al., (2009) Subseafloor sedimentary life in the South Pacific Gyre. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 106, 11651-11656.

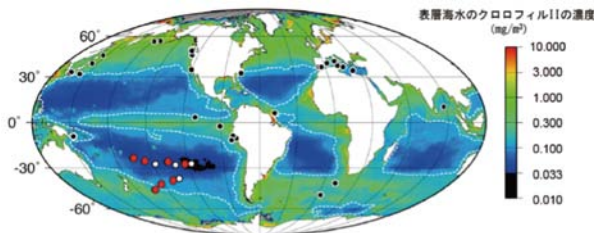


図1. IODP Expedition 329における7カ所の掘削調査地点(赤丸: U1365-U1371)と、表層海水中の光合成基礎生産量の指標となるクロロフィルの濃度分布との関係。南太平洋還流域と同様の低栄養環境は、全海洋の約48%を占めている(破線の内側の範囲)。黒丸は本航海以前の科学海洋掘削等で海底下生命圏に関する研究が行われた地点を示す。白丸は本IODP航海の予備調査におけるグラビティコアの採取地点を示す(D'Hondt et al., 2009)。

Exp. 336 Mid-Atlantic Ridge Microbiology (2011/9/17 ~ 11/17, JR)

～北大西洋中央海嶺の掘削および長期孔内観測による地下生命圏の解明～

平山 仙子

Microbiologist・海洋研究開発機構

中央海嶺翼部の若い海洋地殻は、その上部約500mの空隙率が高く、低温で酸化的な海水が浸透し帯水層が形成されていると考えられている。二価鉄などの還元物質に富む若い海洋地殻に酸化的な帯水層が存在すると、そこは独立栄養微生物を中心とする微生物の住処となり得る。このような環境は全球規模の広範に及ぶため、そこに地殻内微生物圏の存在が証明されれば、現在考えられている生物圏の規模や概念は大きく変わる可能性がある。

北大西洋中央海嶺の西翼部North Pond(水深4410-4490m)は、このような“冷

たい中央海嶺翼部”の地殻内微生物の探索に最適な場所である。North Pondは約8km×15kmの窪地状地形を呈し、約800万年前に形成された玄武岩質の海洋地殻を厚さ最大300mの堆積物が覆っている。1975-1976年の最初の掘削(DSDP Leg 45)では、Hole 395Aで玄武岩層が576m(海底下664mまで)掘削され、地殻が主に空隙率の高い枕状溶岩から成り、またはんれい岩やからん岩の礫を含む堆積岩層を挟んでいることが明らかとなっている。1997年にはHole 395AにCORKが設置され(ODP Leg 174B)、さらに調査が重ねられた結果、地殻上部300mの層に、周囲の露頭から海底下にしみ込んだ海水が南東から北西へと向かう流れが存在することが示唆されている。本航海ではこれらの知見を踏まえ、North Pond海洋地殻上部における微生物圏の有無と、それらの活性、多様性、エネルギー源、地殻の変質への関与、そして地殻内流体の特性を明らかにするため調査を行った。

海洋地殻の掘削は2サイト(U1382A、U1383C)で行い、コア試料を採取した。コアリングはHole U1382Aで海底下110-210m、Hole U1383Cで海底下69.5-331.5mにて行い、コア回収率はそれぞれ32%、19%であった。回収コア試料の11-12%は微生物解析用にwhole roundで処理した。その他の3サイトでは、堆積物と堆積物-岩石境界部の掘削とコア試料採取を行った。2つの海洋地殻の掘削孔には、微生物現場培養器、孔内流体採水器、温度計、溶存酸素計、圧力計などが搭載された新たなCORKが設置され、今後数年に渡り培養、採水、測定が行われる。Hole U1383CのCORKは3ゾーンに分かれており、深度による微生物層や流体特性の違いが調べられる。冷たい海洋地殻内で、非常にゆっくり進むと考えられる微生物活動を確実に捉えるためには、CORKを用いた長期実験が大変有効であり、今後新たな海底下地殻内生命圏の姿が明らかになっていくと期待される。



北大西洋中央海嶺西翼部North Pondのサイトマップ (IODP-USIO 提供)

Exp. 320/321 Pacific Equatorial Age Transect (2009/3/5 ~ 7/5, JR)

～赤道太平洋における過去の海洋環境変動の解明～

沢田 健

Organic Geochemist・北海道大学

赤道太平洋年代トランセクト (Pacific Equatorial Age Transect; PEAT) 航海 (Exp. 320/321) は赤道太平洋の深海底堆積物を掘削し、新生代における古環境変動を復元することを主目的としている。太平洋プレートは少しずつ北西に移動しているため、南東方向のトランセクトで、かつて赤道に位置した堆積物を古い順に採取することができる。この航海では、始新世 (Eocene) から中新世 (Miocene) までの赤道太平洋堆積物を採取した。その間には、新生代の古環境学的に重要な時代—始新世の寒冷化した時期、始新世-漸新世 (E/O) 境界 (写真(C))、漸新世-中新世 (O/M) 境界などの堆積物が含まれる。

現在の赤道太平洋の東側は典型的な湧昇域として知られ、海洋表層での基礎生産が高く生物源粒子の堆積が盛んである。この赤道太平洋湧昇域において新生代を通して基礎生産がどのように変動してきたかを明らかにすることは、地球規模の炭素循環やそれに関連した環境変動を理解する上でとても重要である。また、E/O境界のような環境イベント時に、赤道太平洋域の基礎生産がどのように挙動していたかは興味深い。本航海では、始新世から中新世で保存の良い炭酸塩化石が得られる堆積物をターゲットとして、石灰質ナノプランクトン化石 (円石藻) の生産変動をおも

に復元している。また、中新世以降の堆積物では珪藻生産の顕著な増大を見出した。また、新生代の赤道太平洋の表層水温と底層水温、水塊構造、栄養塩の分布・濃度勾配の年代変動を、微化石や地球化学指標から見積もり、基礎生産変動、生物進化との関連を体系的に評価している。さらに、赤道太平洋での炭酸塩の生産/溶解について、新生代を通じた全体像を理解することが、本航海の重要なテーマとなっている。そのために採取された堆積物から炭酸塩補償深度 (CCD) の年代変動が復元され、重要な知見を得られつつある。始新世や中新世以降で急激に CCD が変化するイベントが複数みとめられ、E/O境界時などそのような CCD 激変が起こったことがわかった。

本航海に参加した日本の研究者が中心と

なって、赤道太平洋への陸からの物質輸送の質的・量的変動を新生代オーダーで復元する研究が行われている。赤道太平洋での大気循環の変動との関連が注目されている。また、古地磁気研究において、赤道太平洋における古地磁気層序の理解も深められている。

この航海はジョイデス・レゾリューション号改装後の初めての研究航海でもあった。航海が始まって、最初のサイトの掘削コアが採取されたとき、乗船者は大変盛り上がり拍手喝采であった (写真(A))。また、高生産海域は魚影も多く、そこに滞在・通過時は様々な大型海洋生物が眼を楽しませ、研究航海に彩りを与えてくれた (写真(B))。また、2011年4月にパリで航海後研究集會が開かれ、日本人12名も参加して活発な討論が行われた。



A: 新ジョイデス・レゾリューション号の航海で最初に掘削された堆積物コアが、キャットウォークに運び込まれたとき。



C: 半割した堆積物コア: PEAT航海の研究テーマの目玉の1つ、始新世-漸新世 (E/O) 境界付近の堆積層。



B: PEAT航海で遭遇した大型海洋生物: ジンベイザメ。

Exp. 313 New Jersey Shallow Shelf (Offshore: 2009/5/3 ~ 7/22, Onshore: 2009/11/6 ~ 12/2, MSP)

～ニュージャージー沖陸棚浅海掘削～

安藤 寿男

Sedimentologist・茨城大学

大西洋北西岸のニュージャージー地域は、静穏境界に位置し安定した速度で海底が沈降しており、年代決定に適した微化石がよく保存されていることから、海水準変動と堆積シーケンスとの関係を明らかにするのに適した「自然の実験室」とも言われてきた。1990年代には、白亜紀から新生代後期にかけての海水準変動を解明するための掘削調査が陸棚縁と沿岸陸域で行われていた。しかし、陸棚の海底下に厚く発達する古第三紀後期～中新世の砂質堆積物を直接掘削する研究は、その後の関係者の長年の提案や努力にもかかわらず、技術的に困難であったため実現していなかった。

Expedition 313ではLiftboat Kyad (MSP: 特定任務掘削船) によって、ニュージャージー沖45-65kmの水深35mの陸棚で、総掘進長2056mの3本の抗井から、目標の80%に達する総延長1311mのコアを採取することに成功した。掘削は2009年4月30日～7月17日に、ESO (欧州地球掘削科学コンソーシアム) が備船したジャッキアップ型石

油掘削船で行われた。船が小さいため船上研究設備が十分確保できず、常駐するESO技術者以外の研究者は2～3週間交代で数名ずつが乗船した。そのため、研究者全員が一堂に会したのは、2009年11月6日～12月4日の、コア半割によるコア記載等の陸上研究が行われた、ブレイメン大学コア研究施設 (BCR) であった (写真)。

この研究航海では、石油探査等で行われた詳細な地震探査断面から読み取れる北米東海岸域の陸棚下の内部構造を、掘削された堆積物試料や坑内計測データから実証し、この地域の浅海における堆積システムが汎世界的海水準変動と対応してどのように形成されたのかを解明することを主要目的としている。

陸から海方向に掘削された3サイトでは、いずれも下半分は海緑石を含むやや固結したシルト岩や砂岩が多く、上半部は未固結のシルト岩や砂岩からなっており、様々な堆積構造や多くの貝化石や有孔虫化石などを肉眼で連続的に見ることができた。堆積相の側方変化や上下の時間的変化から、始新世後期～中新世

中期 (3500 ~ 1500 万年前) に生じた50 ~ 100m規模の海水準変動によって形成された、海浜-陸棚-沖合の地層からなる堆積シーケンスが10層以上確認できている。

2011年8月に航海後研究集會がユタ州ソールトレークシティで行われ、2012年8月の研究取りまとめに向けて、3名の日本人を含めた29名の研究者がそれぞれのテーマに取り組んでいるところである。



ブレイメン大学コア研究施設での陸上研究において、午前-午後組と午後-深夜組メンバーの交代時間に行う、コアを前にしての討論風景。右から3番目がCo-ChiefのGregory Mountain氏、5番目が筆者、7番目がKenneth Miller氏、左から2番目が林武司氏。

Exp. 323 Bering Sea Paleooceanography (2009/7/5 ~ 9/4, JR) ～ベーリング海における古海洋環境変動～

高橋孝三

Co-chief Scientist・九州大学

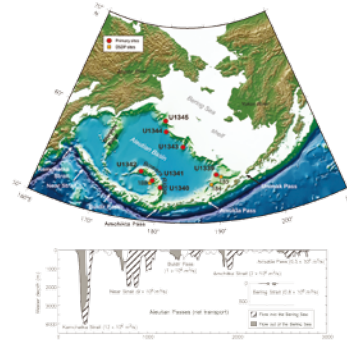
はじめに

ベーリング海では1971年にDSDP Leg 19により掘削が行われた。しかし、基盤到達目的の当時の掘削では連続コアをほとんど採取しておらず、コア回収率も低く、堆積学や化石群集記載を主とする基礎研究が行われたのみである。従って古海洋研究は、近年のピストンコア採取を待つ結果となった(e.g., Takahashi et al., 2005)。地球規模でのベーリング海的重要性は、ポーラーアンプリフィケーションと呼ばれる高緯度特有の気候変動に鋭敏に反応する特性にあると言っても過言でなからう。更に、世界最大海盆の太平洋と第二の大西洋を北極海を経由で連繋するベーリング海は、水循環の鍵となる地理的重要性を持つ。このような視点で以下の主目的を基にベーリング海掘削を計画した。目的：(1) 約270万年前の北半球氷床の発達や約100万年前後の4.1万年から10万年周期に移行する世界規模の気候変動が、ベーリング海ではどのような形で行ったのか。(2) 過去500万年間では、鮮新世の温暖期から更新世の氷期・間氷期サイクルを繰り返す気候変動に転じたが、海水の発達史を精査する必要がある。(3) 海水の発達は、北太平洋中層水(NPIW)と連動しており、中層水で生育する放散虫 *Cycladophora davisiana* や底層水の酸素濃

度により種組成が変化する底性有孔虫群集の動向を精査する。(4) また、大陸起源の堆積物の流入規模や起源、特性等を調べることで大陸の植生、氷河等の復元も可能である。

ベーリング海掘削航海 Expedition 323と成果

Expedition 323は、2009年7月5日カナダ・ヴィクトリア～9月4日横浜の61日間の航海で、計7サイトで掘削・コアリングを行った(図1)。一部、予定したロシア海域へ入ることが出来なかった為、掘削不能サイトを残す他は、成功裡に十分なコア収集を完遂した。天候にも恵まれ、JOIDES Resolution号の長年の蓄積された素晴らしいコアリング技術に助けられ、総延長5741mに及び計660本の上質なコアを取得した。縁辺海の本海域では、比較的高い堆積速度12～45cm ky⁻¹のコアが得られた(例外のU1342を除く)。最長掘削孔は745m (Sites U1343, U1344)、最古年代はU1340の500万年前(600m)であった(Takahashi et al., 2011a, b)。以下は、現在までの主なる成果である。現在の最小酸素濃度の水深1000m付近のサイトを含め、概して多くのラミナ層が見られた。水深3200mのSite U1344でもラミナ層が見つかっていることから、過去の特定時期には大規模な貧酸素/無酸素環境



が存在した事がわかる。海水・氷山の指標となるドロップストーンが、約300万年以降に見られた事、また、海水指標の珪藻種(e.g., *Tallasiosira antarctica* resting spores) および渦鞭毛藻海水関連種も260万年前から見られ始めたことから、寒冷化の歴史が分かって来た。*Scientific Drilling*に纏めた成果等、詳しくは以下の参考文献を参照されたい。

Takahashi, K., R. W. Jordan, and D. Boltovskoy, Guest Editors. 2005. *Deep-Sea Research II Special Volume, Paleooceanography of the Bering Sea and adjacent regions*, 52(16/18), 2079-2364.
Takahashi, K., Ravelo, A. C., Alvarez Zarikian, C. A., and the Expedition 323 Scientists, 2011. *Proc. IODP, 323*: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.).
Takahashi, K., A. C. Ravelo, C. A. Alvarez Zarikian and the IODP Expedition 323 Scientists. 2011. IODP Expedition 323 Pliocene and Pleistocene paleoceanographic changes in the Bering Sea. *Scientific Drilling*, No. 11, 4-13.

Exp. 317 Canterbury Basin Sea Level (2009/11/4 ~ 2010/1/4, JR) ～ニュージーランド・カンタベリー堆積盆地海水準変動～

保柳 康一

Co-chief Scientist・信州大学

このExpeditionは、(1) 海水準変動の時期と振幅の大きさを見積もること、(2) オーストラリア・太平洋プレート境界部のニュージーランド島の上昇過程を明らかにすること、(3) 南極氷床の成立による新生代の環南極循環の変遷を明らかにすることを目的におこなわれた。特に海水準変動の高精度の年代決定とその振幅を求めるためには、陸域縁辺の地層のサイクル(堆積シーケンス)形成における汎世界的海水準変動と地域的な構造運動とが分離されなければならない。そこで、ニュージーランド南島カンタベリー平野の東方沖の水深85～122mの陸棚上3サイトと水深344mの斜面上の1サイトを掘削した。陸棚や斜面といった陸源の砂質・礫質堆積物の堆積場は、地層形成の場として重要であるにも関わらず掘削の困難さからこれまで、ニュージーランド沖の陸棚を掘削したODPのLeg 174AとIODP, Exp. 313など数少ない。

乗船研究者は33名で、日本からは8名が参加した。掘削結果は、陸棚では中新統ま

で、斜面では始新統までのコアを得ることが出来た。各サイトにおけるコアの平均回収率は64～83%、完新統、更新統、最上部鮮新統などは、100%近い回収率で、地震波断面の反射面に相当する不連続面も回収されており、連続的な解析が期待できる。また、斜面サイトの掘削到達深度は1928mで、一回での掘削深度としては最深記録をつけた。このサイトでは始新統に到達し、海洋循環の変動がつかつたとされるマーシャル・パラコンフォーミティーを掘り抜いた。このように掘削は成功であったが、粗粒な浅海堆積物のため、コアパレルの詰まり、物理検層ツールのスタック、掘削泥水の不足など、技術的困難に次々と直面した。しかし、ドリル、技術スタッフの献身的な努力と労力によって克服された。期間中は、感謝祭、クリスマス、正月と行事も多く、大きなケーキや馳走がしばしば食堂に並んだ。クリスマスパーティーも大変盛り上がり、息抜きとコミュニケーションの場として有意義だった。

陸上研究では、斜面サイトの有孔虫化石な



水深344mの斜面サイトU1352Bにおける最深部コア1928m(始新統)がデッキに上がったときの記念写真。2009年12月19日、W.Crawford (Imaging Specialist) 撮影

どをつかって同位体層序を構築しており、ミランコビッチ・スケールの氷期・間氷期サイクルを約2Maないし4Maまで求めることができそうである。また、底棲有孔虫、貝形虫化石の解析による古水深変動のデータも求まってきており、後期鮮新世から完新世の海水準変動の振幅量について、新たな知見が求まると考えている。また、新生代における環南極の海洋循環と気候変動の関連の議論にもこれらのコアの研究は貢献するであろう。

Exp. 318 Wilkes Land Glacial History (2010/1/4 ~ 3/8, JR)

～ウィルクスランド堆積物から読み取る東南極氷床史～

岩井 雅夫

Diatom Paleontologist・高知大学

【航海の目的】 これまで南極周辺では、氷床の拡大・縮小を裏付ける直接的証拠を求め度々掘削がなされてきた (Legs, 28, 119, 178, 188, ANDRILL, Shallow Drillなど)。しかし回収された地質断面は多くの場合 hiatus に阻まれ断片的であり、新生代における東西南極氷床の実態解明には未解決な問題が数多く残されている。Wilkes Landは、東南極氷床形成時期や、その後の安定性・性状変化を評価する上で最も適した場所と目されている。本航海の目的は、様々な時間スケールで氷床拡大・縮小の直接的な証拠を得ることであった。

【航海概要】 ニュージーランドのウェリントンから2010年1月4日に出港、オーストラリアのフォートに3月8日入港するまでの約2カ月間に、4地点のライズ堆積物掘削、2地点の陸棚掘削、1地点の内部陸棚海盆掘削を実施した (Sites U1355-1361)。主席研

究員は Carlota Escutia (グラナダ大学、スペイン) と Henk Brinkhuis (ユトレヒト大学、オランダ) のヨーロッパ勢2名で、加えて Rob Dunbar (スタンフォード大学) が完新統掘削の責任者として航海をリードした。日本からは、岩井雅夫 (高知大学、珪藻古生物学)、香月興太 (高知大学→韓国地質調査所、堆積学)、酒井豊三郎 (宇都宮大学、放射虫古生物学)、杉崎彩子 (総合大学院大学→スクリプス海洋研究所、古地磁気学)、中井睦美 (大東文化大学、物性)、山根雅子 (東京大学、堆積学)、Francisco J. Jimenez-Espejo (海洋研究開発機構→グラナダ大学、無機化学) の7名が乗船した。

【航海の成果】 (1) いつ東南極氷床は Wilkes Land の大陸縁辺まで到達したのか? 等の問いに答えるべく、U1355 と U1356 で掘削された。U1355 はチャンネル堆積物に当たり失敗に終わったが、U1356 では 1km 超の掘削により約 55Ma の堆積物まで達した。注目されていた Eocene/Oligocene 境界の掘削は hiatus に阻まれたが、始新世温暖化極大期 (ETM)

の地質断面取得に成功した。(2) 高緯度域における新生代後期の高解像度氷期/間氷期サイクル記録を得るべく、U1359 と U1361 の2地点でライズ堆積物が掘削された。良質の古地磁気記録と豊富な珪質微化石を伴い、約 12Ma 以降の連続した堆積物が得られた。石灰質微化石に富む中部中新統と中部更新統、珪質微化石に富む下部鮮新統は、いずれも温暖化事変堆積物として注目され解析が進められている。(3) 陸棚掘削は海氷に阻まれ、U1358 と U1360 の2地点でわずかな掘削に留まった。乏しい回収率のなか hiatus を珪藻化石で検出することに成功し、氷床拡大 or 性状変換期に制約条件を与えた。(4) 超高解像度 (季節スケール～数十年スケール) の気候変動解析を目指し、水深 1000m を超える内部陸棚アデリー海盆で1地点3孔の掘削がなされた。サンタバール海盆 (中米) やパルマー海盆 (南極半島) をしのぐ、200m 超の完新統掘削に成功した。

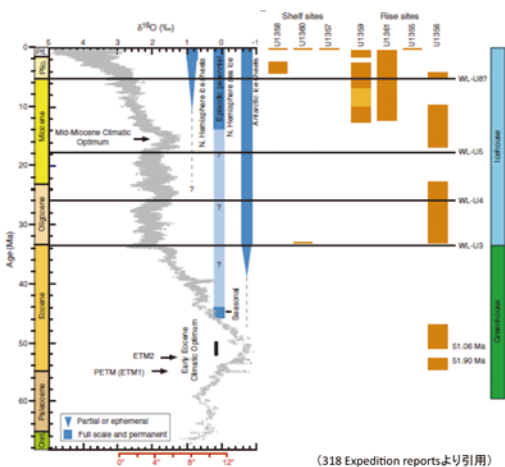
【その他】 本航海ではアウトリーチ活動が活発だった。日本語版を含む多数の動画が以下サイト等で公開されているので参照されたい:

To Antarctic Waters-the Wilkes Land Expedition (英語版動画7編)

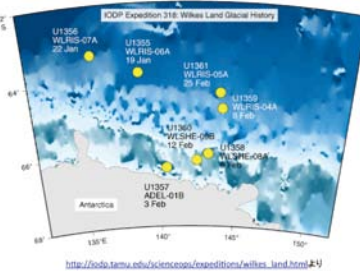
<http://www.youtube.com/playlist?list=PL8AC7E48053CB639C&feature=plcp>

IODP Expedition 318 Special Report Japan Clip (日本語版動画)

<http://www.facebook.com/pages/Science-Gallery-Kochi-University/100250546733190#!/video/video.php?v=111564068935498>



IODP Exp. 318 掘削結果まとめ



IODP Exp. 318 掘削地点位置図

Exp. 325 Great Barrier Reef Environmental Changes (Offshore: 2010/2/11 ~ 4/6, Onshore: 2010/7/2 ~ 7/16, MSP)

～オーストラリア・グレートバリアリーフ環境変動～

横山 祐典

Co-chief Scientist・東京大学

米国コロンビア大学のLDEOのFairbanksによるカリブ海バルバドス島沖サンゴ礁掘削の研究が、1989年にNatureに掲載されたのは今からおよそ20年前、約20,000年前の最終氷期最盛期 (LGM) の終焉後、現在の間氷期にいたるまでの海水準 (全球氷床量) 変化について、LGM以降の海水準上昇が一定割合ではなかったこと、全球的な気候変動と密接な関係があったことを明らかにした。その後2000年に南シナ海の堆積物を使ったドイツのグループの研究、北西オーストラリアの堆積物を用いた筆者らの研究がScience とNatureに掲載された。しかしLGMを含む低

海水準の直接証拠についての報告は、それ以降途絶えることとなる。

2003年にスタートしたIODPでは特定任務掘削船を投入することにより、これまで困難であった環境 (例えば北極海など) での掘削が行えるようになった。これに伴い、南太平洋タヒチにおいてはじめて沖合の沈水サンゴ礁掘削が行われ (IODP Exp 310: co-chief 名大 井龍教授)、バルバドスで確認された氷期後の大規模かつ急激な氷床崩壊と海水準上昇イベント、そして気候変動との関係について明らかにした (Deschamps et al., 2012 Nature)。近年の質量分析装置の発

展にともない、表層水温の復元や年代決定用の試料量が僅かですむこともあり、年輪を刻むある種のサンゴ (ハマサンゴ) をつかった過去の海洋環境復元も詳細に行われてきている (eg., Asami et al., 2009; Inoue et al., 2010)。しかしタヒチの掘削では、LGMの試料を採取できておらず、例えば気候モデルの制約条件として重要なLGMの表層水温の復元など、明らかにすべき科学的な問題はまだ残っていた。

そこでIODP Exp 325では、世界遺産でもあるオーストラリアのグレートバリアリーフ沖の掘削を、Great Ship Mayaにより掘

削した。オーストラリア当局との事前の打ち合わせにより、掘削サイトにパイプを下ろす前に、水中カメラなどを用いて調査し、現生サンゴがないことを確認してから掘削や、掘削孔の崩壊を防ぐための薬品も成分に留意するという環境や生態系に大きく配慮した掘削法が用いられた。

実際の掘削は、船の装置の不具合やサイクロンなど大きな困難が多発し、リカバリも上がらないなど、科学成果の達成について黄信号がともったが、中心となるサイエンスチーム（日本からは筆者のほか、鈴木淳、井龍康文、菅浩伸、藤田和彦、井上麻夕里、Marc Humblet）の努力により、興味深い研究成果が得られつつある（Yokoyama et al., 2011）。特に年代測定の結果は、得られたリーフ試料がLGMやその前後の期間の古気候学において重要な時期を捉えていることを明らかにしており、今後の成果が期待されている（Yokoyama et al., 2011）。

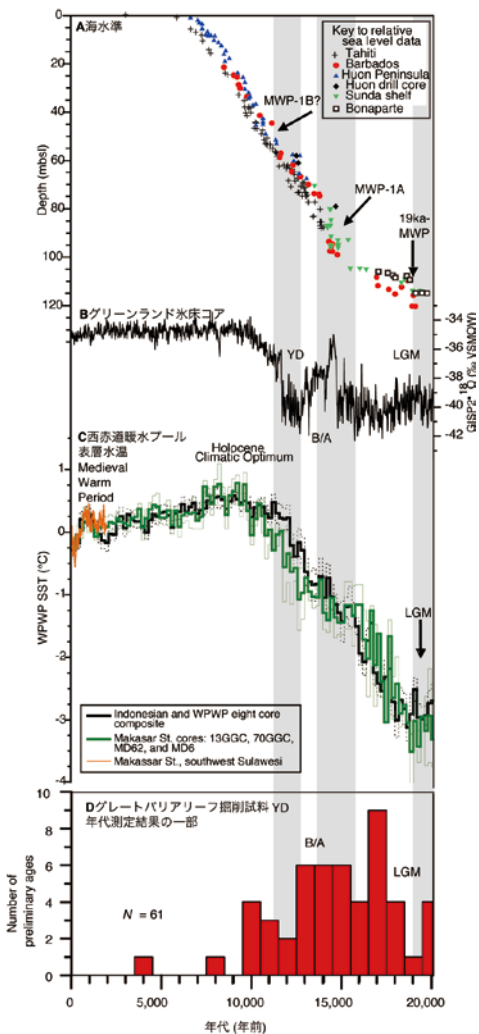


図1：過去2万年間の海水準（A）、気候変動（グリーンランド氷床コア（B）および西赤道太平洋暖水プール（C）の表層温度変化）、そして今回得られたサンゴ礁サンプルの年代測定結果の一部（D）[Yokoyama et al., 2011]を改変。最終氷期最盛期（LGM）や氷期の終焉期に起こった急激な気候変動（B/A, YD）それに急激な海水準上昇イベント（19ka-Mwp, Mwp-1a, Mwp-1b）などをカバーできる可能性がある。

J-DESC コアスクール： 岩石コア記載技術コース実施報告

山元孝広

産業技術総合研究所 地質情報研究部門

本岩石コア記載技術コースは、産業技術総合研究所地質調査総合センターのコアライブラリーに保管されている各種岩石コアを使いその記載手法を実践的に解説する実習型スクールです。特に本コースでは、大学カリキュラムでは体系的に学ぶ機会がほとんどない火山岩・深成岩・変成岩などの岩石コアの岩相記載の方法や構造解析に関する記載の方法などについて、レクチャーと実習を通じて理解し実体験することを目的としています。

2011年8月22日から24日の3日間の日程で産総研にて行われた今回のスクールは、当初2011年3月末に実施予定であったものが震災の影響で延期されたものです。また今回のスクールは火山岩コアに焦点を絞り、火山岩の産状に関する一般論、火山岩の岩相記載法、岩相解析による山体形成・噴火機構の解析法など火山岩コアを現場で扱う上で必須となる技術について講義、実習を行いました。講師は産総研地質情報研究部門の山元孝広主幹研究員と同部門伊藤順一長期変動グループ長の2名が務めています。実習で用いた火山岩コアには全国の火山観測施設の整備のために気象庁が平成22年度に掘削し、現在産総研が保管しているコア試料を用いました（写真1）。参加者は学部・大学院、研究機関、地質コンサルタントなどの民間企業からの15名でした。

1日目は、午後からセミナー室にて火山岩の産状について、スライドを用いた講義を行いました。火山岩を専門としない参加者もいることから、火山岩の産状について基礎的な説明に加え、火山地形や噴火現象など産状について解説しました。特に火山砕屑物や火砕岩を記載するためには噴火時のマグマの破碎過程や破碎粒子の運搬定置過程を理解することが必要なことを詳しく説明しています。2日目からはコアライブラリーやコア庫に移動し、午前中は各火山（今回は、岩手山、磐梯山、那須岳、伊豆大

島（伊東無）、新島、神津島、桜島（二俣、横山）を使用）のコア試料についての概要や記載時の注意点について説明を行いました（写真2）。これらのコアは、その岩質が玄武岩-安山岩-デイサイト-流紋岩とほぼ全てをカバーし、その岩相も溶岩流、降下火砕堆積物、火砕流堆積物、土石流堆積物、岩屑なだれ堆積物と多様で、陸上堆積から海底堆積のものまで取りそろえており、短時間で火山岩コアの多様性が理解できる様を選び出したものです。コアの詳細は噴火予知連絡会のコア解析グループ成果報告書として既に公開されていますので、ご興味のある方は気象庁HP（<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE07.html>）からダウンロードしてご確認ください。午後からは、1日目と2日目午前の講義の内容を踏まえ、参加者が興味を持った火山岩コアについて数十mにわたって観察、記載の実践を行いました。当日は午後から気温が上がり、冷房のないコアライブラリー内は暑かったのですが、参加者からは随時質問があり、皆さん集中して記載していました。3日目は、参加者一人一人が記載したコア試料についての解釈を発表、議論を行いました。鋭い質問がとびながらも和やかな雰囲気でも議論が交わされました。最後には参加者に本コースの修了証が手渡され、今回のコアスクールは終了しました。

次回の岩石コア記載技術コースは2012年3月に産総研において実施予定で、深成岩等のコアを用いて、深成岩の産状に関する一般論および岩相記載、コアを切る小断層の産状に関する一般論と記載、応力逆解析による古応力復元など岩石コアを現場で扱う上で必須となる技術の習得を目指します。



写真1：スクールで観察した磐梯火山裏磐梯高原コア



写真2：産総研コアライブラリーでのコア記載実習風景

J-DESC 関連年間活動予定 (2012年1月～2013年12月)

月	J-DESC	IODP関連	ICDP関連	その他
1月	●臨時総会&ミニシンポジウム (1/25 東京大学本郷キャンパス)	● #1 SIPCom (1/19-20 ゴア、インド) ● IWG+ (1/18-19 ゴア、インド)	● ICDP プロポーザルメ切 (1/15)	● 古海洋シンポジウム (1/5-6 東京大学大気海洋研究所) ● 第10回地球システム・地球進化ニューイヤースクール (1/7-8 大阪大学豊中キャンパス)
2月				
3月	● コアスクール・コア解析基礎コース (3/6-9 高知コアセンター) ● コアスクール・コア同位体分析コース (3/10-12 高知コアセンター) ● コアスクール・岩石コア記載技術コース (3/19-21 産業技術総合研究所)	● Exp. 340(JR) 開始 (3/3-4/17) ● #1 (New) STP 会議 (3/19-22 高知) ● #1 (New) EPSP 会議 (3/29-30 カレッジステーション、アメリカ)	● Lake Chalco Workshop 2012 (3/4-9 メキシコシティ、メキシコ) ● ICDP Workshop on Scientific Drilling of Lake Towuti, Indonesia (3/26-29 バンドン、インドネシア) ● SAG 会議 (3/28-31 京都)	
4月		● IODP プロポーザルメ切 (4/1) ● Exp. 343(ちきゅう) 開始 (4/1-5/21)		● EGU(4/22-27 ウィーン、オーストリー) ● IODP-ICDP Euro FORUM 2012[EGU](ウィーン、オーストリー) ● IODP-ICDP Townhall Meeting [EGU] (ウィーン、オーストリー)
5月	● 平成24年度定例会員総会 (5/20) ● 第5回 J-DESC タウンホールミーティング	● IODP WS プロポーザルメ切 (5/10) ● #2 PEP 会議 (5/14-15 エジンバラ、イギリス)		● 地球惑星科学連合大会 [JPGU] (5/20-25 幕張) ● 地球掘削科学セッション [JPGU]
6月		● Exp. 342(JR) 開始 (6/2-8/1)	● EC 会議 (6/3-5 バンクーバー、カナダ)	
7月		● Exp. 337(ちきゅう) 開始 (7/6-9/15)		
8月			● AOG 会議 (8/18-21 ウェリントン、ニュージーランド)	● AOGS (8/13-17 シンガポール)
9月		● Exp. 338(ちきゅう) 開始 (9/19-2013/1/31)		● 日本地質学会 (9/15-17 大阪)
10月		● IODP プロポーザルメ切 (10/1) ● Exp. 344 (JR) 開始 (10/23-12/11)		
11月				
12月		● Exp. 345 (JR) 開始 (12/11-2013/2/10)		● AGU (12/6-10 サンフランシスコ、アメリカ) ● IODP Townhall Meeting [AGU] ● ICDP Townhall Meeting [AGU]

※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 SAS パネル委員情報 (2011年4月～2012年3月)

IODP SAS パネル委員退任者 (敬称略/所属は退任当時)

- SASEC** (～2011/9) : 荒井章司(金沢大学)
(～2011/9) : 加藤憲二(静岡大学)
(～2011/9) : 北里 洋(海洋研究開発機構)
(～2011/9) : 高橋孝三(九州大学)
- SPC** (～2011/9) : 海野 進(金沢大学)
(～2011/9) : (副議長) 笠原順三(東京海洋大学)
(～2011/9) : 掛川 武(東北大学)
(～2011/9) : 高田 亮(産業技術総合研究所)
(～2011/9) : 多田隆治(東京大学)
(～2011/9) : 前川寛和(大阪府立大学)
(～2011/9) : 山崎俊嗣(産業技術総合研究所)
- EDP** (～2011/9) : 浅沼 宏(東北大学)
(～2011/9) : 池上 徹(シュルンベルジェ株式会社)
(～2011/9) : 猪岡春喜(石油資源開発株式会社)
(～2011/9) : 佐久間澄夫(地熱エンジニアリング株式会社)
(～2011/9) : 渡辺喜保(東海大学)
- STP** (～2012/3) : 諸野祐樹(海洋研究開発機構)
(～2012/3) : 坂井三郎(海洋研究開発機構)
- SCP** (～2012/3) : 川村喜一郎(深田地質研究所)
(～2012/3) : 井内美郎(早稲田大学)

代理出席にご協力いただいた方々 (敬称略)

- SPC** 黒田潤一郎(海洋研究開発機構)
西 弘嗣(東北大学)
- SSP** 田中明子(産業技術総合研究所)
- STP** 山本裕二(高知大学)

IODP 国際パネル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 地球深部探査センター内
Tel: 045-778-5271 Fax: 045-778-5704 e-mail: info@j-desc.org