

C地球HIKYU H発見AKKEN

EARTH DISCOVERY

第4号
2007年3月



特集

地球深部探査船「ちきゅう」 下北半島東方沖掘削試験を実施

荒天に苦しまれながらも
十分な成果をあげて目的を達成

BOPを海底面に設置するため、
船上から降下させる様子



2006年8月6日に八戸港を出港した地球深部探査船「ちきゅう」は、下北半島東方沖（水深約1,200m）において82日間に及ぶ試験掘削を実施。2005年から続くシステム総合試験（第2フェーズ）、ならびに「ちきゅう」システムの操作慣熟訓練を行った。そして、荒天などによるトラブルに見舞われながらも、初めての大水深での噴出防止装置（BOP）設置やライザー掘削を成功させた。

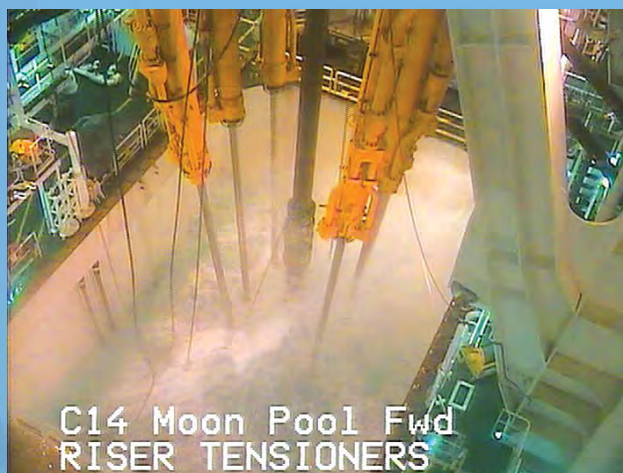


9月には台風12、13、14号、さらに10月には台風16、17号から生まれた発達した低気圧に見舞われるなど、荒天による作業の中断や待避は、今回の掘削試験のスムーズな進行を大きく妨げた。特に、10月5～6日に急激に発達した低気圧は、7日には964ヘクトパスカルと台風なみになり、茨城沖や宮城沖では座礁する船舶も出るほどだった。掘削海域も4日間に渡って激しいしけが続き、風速30m以上の暴風が「ちきゅう」を襲った。「ちきゅう」は、10月7日夕方、ライザーパイプと噴出防止装置（以下BOP）を緊急に切り離し、天候が回復するまで掘削地点で待機した。そして、低気圧が去った10月10日に、ROV（無人探査機）を潜航させてBOPを確認したところ、接続部に損傷があることが確認された。下北半島沖では、例年11月以降は悪天候が続くことから、当初より試験掘削は10月までとしており、結果的にはこの損傷により、その後の掘削、さらにはライザー掘削によるコア試料の採取は、断念せざるを得なかった。

今回の掘削試験では、水深約1,200mの海底から、深さ約2,200mの掘削を実現させる計画を立てていた。しかし、悪天

候や荒天待避時のBOP損傷をはじめ、いくつかの機器の不具合などにより、作業計画に遅れが生じたことから、結果的には、予定の深度まで到達することができず、海底下647mまでの掘削にとどまった。しかし、予定していたシステム総合試験については、おおむね目的を達成し（3～4ページに詳しく紹介）、操作習熟訓練も成果を上げることができた。また、図らずも遭遇した大しけのなか、GPSや音響測位によって「ちきゅう」を所定の位置に自動的に保持する自動船位保持システムが優れた機能を発揮し、風速30mに達する荒天の間も半径15mの範囲内にポジショニングできることを実証するなど、多くの収穫があった。何よりも、今回のシステム総合試験を通して、「ちきゅう」システムが十分にその機能を発揮し、科学掘削船としての確かな性能を確認することができた。

今後は、さらなるチューンアップを進めるとともに、今年8月までに予定されているアフリカ・ケニア沖（1月末に終了）、オーストラリア沖での試験運用によって、操作の慣熟、技術の蓄積を図り、万全の体制で、秋に予定される初の国際運用に臨む。



C14 Moon Pool Fwd
RISER TENSIONERS
発達した低気圧の影響を受けて大しけとなったときのムーンプール



ライザーパイプの接続作業を行うドリルフロアの様子

システム総合試験において 科学掘削船として優れた性能を実証



船上に回収した上部BOPの
状況を見守るスタッフ

巨大なボルト6本で
ライザーパイプを連
結する作業

2006年8月から10月にかけて実施された地球深部探査船「ちきゅう」による下北半島東方沖掘削試験における重要な目的のひとつは、前年度の試験運用に引き続いて行われたシステム総合試験（第2フェーズ）だった。掘削作業と並行して行われた数多くの試験によって、「ちきゅう」が大水深科学掘削船として確かな性能を持つことが、あらためて実証された。



澤田 郁郎 船上代表
CDEX 運用管理室
掘削操業管理グループ



小橋 素己 サプリダー
CDEX 技術開発室
技術開発研究グループ



難波 康広 研究員
CDEX 技術開発室
技術開発研究グループ

システム総合試験で基本性能を確認

前年度（2005年）、下北半島沖、駿河湾沖における試験運用のシステム総合試験（第1フェーズ）では、ドリルパイプの組み立てや降下など、掘削機器のシステム性能試験を中心に、ライザー掘削に欠かせない泥水システムの性能試験、自動船位保持システム（DPS）試験、コア採取試験、噴出防止装置（BOP）降下試験などが行われた。今回の下北半島東方沖掘削では、これに続く第2フェーズとして、次の5項目に関するシステム総合試験が実施された。

- 1) ライザーパイプおよびBOPの降下と海底面への設置
- 2) ライザーパイプ・BOPの緊急離脱試験
- 3) ケーシングパイプの設置とセメンチング
- 4) 「ちきゅう」コア採取システムの実海域試験
- 5) 物理検層（ワイヤーラインロギング）のシステム試験

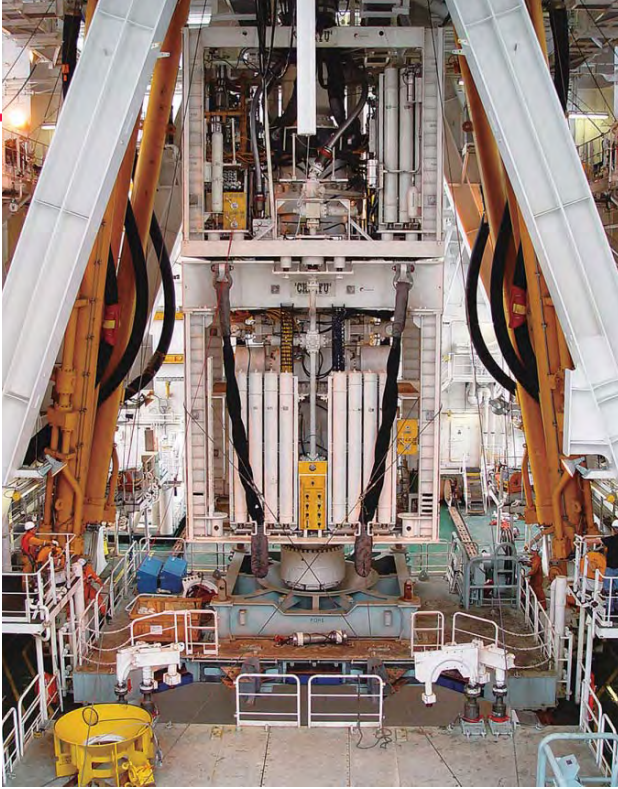
これらにより、水深1,000mを超える大水深において、ライザー掘削を行うために必要な基本機能を確認することが、今回の大きな目的だった。

最初に行われたのは、BOPを設置する前、従来のライザーレス方式による掘削の際に実施された「コア採取システムの実海域試験」。海底上層の堆積層は比較的柔らかいため、コ

アバレルを地層に突き刺すタイプのコア採取システム（HPCS、ESCS）を用いたコア試料の採取が行われ、その性能が確かめられた。続いて、「ケーシングパイプの設置とセメンチング」が実施された。これは、掘削孔の保護や孔壁安定のためのケーシングパイプを設置し、セメントで固定するもので、36インチコンダクターパイプ（海底下約60m）、20インチケーシングパイプ（海底下約520m）の設置が問題なく行われた。

9月に入って、いよいよ「ライザーパイプおよびBOPの降下と海底面への設置」が実施された。重さ約380トンのBOPを吊り下げたライザーパイプを連結しながら海中に送り込み、水深約1,200mの海底に予め設置したウェルヘッドに接続させる。初めての試みということで、作業は時間をかけて慎重に行われた。無事に設置が完了した後、様々な機能テスト、圧力テストなどが行われ、続く「ライザーパイプ、BOPの緊急離脱試験」も問題なく完了した。緊急離脱は、天候が荒れたときなどに、BOPの上部と下部を切り離し、安全な海域へ避難するときに行われるものだ。

ところが、この離脱試験の後、BOPの上部と下部を再接続しようとした際に、上部機器の油圧系統の一部が作動しない



船上に搭載されたBOP。重量は380トンにも及び



掘削孔を保護するために使われるケーシングパイプ

というトラブルが発生した。ライザーパイプと上部BOPを一旦船上に回収して調べたところ、バルブ部品の損傷が見つかった。交換部品の調達と修理及び上部BOPの再接続に半月近い時間がかかり、予定されていたライザー掘削は、10月まで持ち越しとなった。

荒天のためライザー掘削によるコア試料採取を断念

10月4日、「ちきゅう」による初めてのライザー掘削が開始された。しかし、掘削作業が始まってすぐ、天候が急激に悪化した。2つの台風から発達した低気圧の影響だった。その後の経過は前述のとおりで、ライザー掘削によるコア採取、ならびに、「コア採取システムの実海域試験」で実施予定であった、岩盤などの固い地層で使用するコアビットで掘り抜きながらコアを採取するロータリーコアバレル（RCB）、と呼ばれるコア採取システムの試験は、断念せざるを得なかった。

天候回復後は、海底に残された下部BOPの回収や掘削孔の後処理作業が行われたが、その前に、まだ実施されていなかった「物理検層のシステム試験」が行われた。物理検層とは、掘削孔内に測定機器を下ろし、地層の物理的・化学的・



採取されたコア試料の回収作業



「ちきゅう」の操船を行うブリッジの様子

構造的特性を測定する作業のことで、試験では、ライザーパイプ内に機器を降下させたり、回収したりする際のハンドリングなどが確認された。

今回のシステム総合試験について、現場で試験を担当したCDEX技術開発室の小橋素己、難波康広は、「一部実施できなかった試験もありましたが、概ね目的を達成できたことで、自分たちも『ちきゅう』システムの信頼性について自信を深めることができました。とはいえ、今は土台ができたところで、『ちきゅう』はまだまだ成長していかなばなりません。ようやくスタートラインに立つことができたという思いです。今後は、科学者サイドからの要望にさらに応えられるよう、『ちきゅう』に関する技術開発や機能向上を通じて、さらに貢献していきたい」と話す。また、今回の試験掘削で船上代表を務めた澤田郁郎はいう。「BOPを設置してライザー掘削を行うというメインの作業が、確実に実施できることを確認できたことは大きな成果でした。今回も、天候が安定して、もう少し時間があれば、予定していた2,200mのライザー掘削も十分に実現可能だったと確信しています。ただし、『ちきゅう』には、これまでにない最先端の機器が搭載されています。機械もスタッフも、これから実際の作業を積み重ねていくなかで、さらに成熟度を高めていくことが必要だと思います」

今回の試験掘削の成功により、地球深部探査船「ちきゅう」は、今年9月に予定されている南海トラフ地震発生帯掘削に向けて大きな一歩を踏み出した。

試験掘削によってコア試料を採取



研究区画に運ばれたコア試料の観察と特徴の記載

下北半島東方沖掘削試験では、ライザー掘削が行われた主孔のほかに、およそ100m離れた場所で2本のパイロット孔の掘削も行われた。こうした掘削によって採取されたコア試料は、「ちきゅう」船内の研究区画に運ばれ、様々な計測・分析が行われた。



様々な機器が置かれた研究区画の様子

ライザー掘削試験を支えた人たち 掘削事前調査

下北沖では、初のライザー掘削に向けて、早くから周到な事前調査が行われた。

「『ちきゅう』の性能テストが目的ですから、ハードウェアに起因する以外のリスクは極力回避し、何よりも安全に掘削できる場所を選ぶ必要がありました」と指宿。候補海域を絞り込む際には、公開データや文献をもとに種々のリスクをふるいにかけ、慎重に検討が行われた。下北沖周辺が選ばれたのは、過去の掘削データが得られたこと、フェリー等の航路からはずれ、かつ八戸港が近く物資輸送に適していることなどもポイントとなった。

下北では、詳細な地質調査が実施され、掘削場所の選定が行われた。2001年の「二次元反射法地震波探査」では、地下の広い範囲の構造を深部まで把握し、2003年には、浅い部分が細部まで分

指宿 敦志 事前調査地質スタッフ

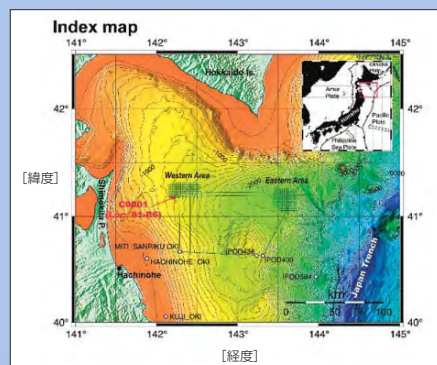
CDEX 運用管理室
地質評価グループ



かる高分解能の地震波探査が行なわれた。海底下にガスや高圧の水を含んだ砂が溜まっていると、掘削のときに吹き出す危険がある。掘削開始初期には噴出物を抑える有効な手段がないため、浅い部分の危険をまず避けなければならない。加えて、地震波探査で広範囲に見つかったBSR下にガスが溜まっている可能性も考慮された。また重い機材（噴出防止装置など）を海底に据え付けるため、海底地形をサイドスキャンソナーで探査して海底面傾斜を調べたり、ピストンコアで海底土質のサンプルを採り、地盤強度を調べるなど、綿密な調査を行い、ようやく掘削点が決まった。

ライザー掘削の場合、地層の圧力に応じてケーシングを入れる計画を立てて、事前に資材を発注しておかなければならないため、掘削前の事前準備作業に4～5年の期間が必要だ。今回は、石油や天然ガスの値上がりで、探査船の調達が難航するなど、想定外の事態もおきた。また、時間等の関係で、悪天候下船酔いに苦しめられながら調査したこともあったという。

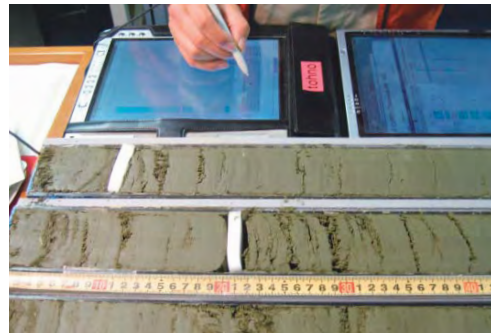
国際運用が実施される熊野灘では、断層と断層に伴った破碎帯を掘削する計画が多く、下北沖とは別の困難さが予想されている。すでにこの海域では、2004年12月に格子間隔4mの高解像度海底面探査を行い、2006年4～5月には、主なライザー掘削点が集まる約55×11kmの範囲で「三次元地震波探査」を行った。現在、データ解析中だが、「『二次元地震波探査』では見えなかった地下構造が見えるなど、高い成果があがっており、より良い掘削につなげられそうだ」と指宿は話す。



下北半島東方沖で行なわれた事前調査の全体像（基盤目状の線は地震波探査を行なった測線。赤矢印で示したところが、今回掘削試験が実施されたエリア）



コアトランスファーベンチによって運ばれてきたコア試料を長さ1.5mに切断



コア試料に関するデータ記載にはタブレットPCが用いられる

今回の試験掘削では、残念ながらライザー掘削による深部のコア採取は実現できなかった。それでも、ライザーレス掘削によってコア試料採取に成功した。

コア試料のうち、最深部から採取されたコアのなかの火山灰や微化石の分析によって、約65万年前に海底だった地層が含まれていることが推定された。その地層は、河川によって運ばれた粘土、砂、海洋プランクトン、火山噴出物などが堆積したものが主体になっていた。また、今回採取されたコアには、年代同定が可能な広域火山灰層も複数含まれているため、コアの正確な年代決定や、それに基づいた東北地方の気

候変動なども解読できる可能性があると見られている。

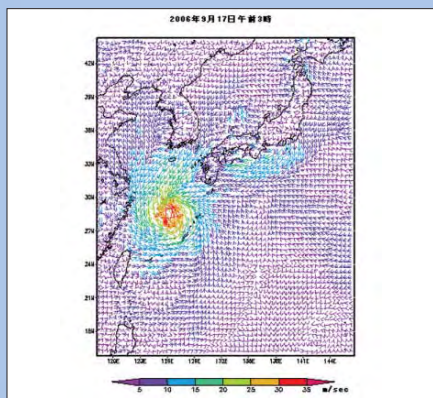
試験掘削には、最初の国際運用となる南海トラフ地震発生帯掘削に参加する科学者らも参加し、掘削作業や研究区画でのコア試料の計測・分析にも立ち会った。科学者らからは、研究区画に並ぶ機器類をより使いやすくするための配置に関するリクエストや、計測・分析データを管理するシステム（J-CORES）への要望などが出された。その一方で、数多くの研究機器の操作や分析作業を行う観測技術員の仕事振りには、概ね満足した様子だった。

ライザー掘削試験を支えた人たち

台風進路予測

「ちきゅう」は掘削用の高いやぐら（デリック）があるため、非常に強風の影響を受けやすい。そこで、大型の低気圧や台風が掘削現場に近づく可能性がある場合には、通常の気象データに加えて、地球シミュレータセンター（ESC）に気象に関するシミュレーション予測を依頼し、低気圧や台風の進路、それに伴う風の強さの分布等について、掘削海域に絞り込んだ予測を出してもらうことになっている。

「接近が予想されるときには、依頼前から助走をはじめ、依頼があり次第、『地球シミュレータ』の優先ジョブとして、1日1～2回、4～5時間の計算を行ないます」とESCの高橋グループリーダーは説明する。



「地球シミュレータ」によって予測された風向・風速分布

高橋 桂子 グループリーダー

地球シミュレータセンター
シミュレーション高度化研究開発プログラム
複雑性シミュレーション研究グループ



「地球シミュレータ」によるシミュレーション予測は、2.7km格子という高解像度で、3日（72時間）先までの詳細な予測が行われる。そのデータが、掘削現場で作業工程を組む際の貴重な判断材料となる。2006年の下北半島東方沖掘削試験において、「ちきゅう」はいくつもの台風に見舞われた。台風13号では、風の強さの予測データを実際の作業スケジュールにうまく役立てるなど、「地球シミュレータ」の予測データは重要な役割を果たした。続く16号と17号では、ESC側で危険度が高いと判断し、依頼よりも2日ほど早くシミュレーションを開始し、予測データが作成された。ところが、2つの台風は相互作用で大きな低気圧に変わり、下北沖に停滞。通常の台風は、時間によって風が強まったり弱まったりするが、このときは、4日間強い風が絶えず吹き続けるという、非常に珍しい現象がおきた。「風速30～40mになる可能性が高いという結果が出て、驚いてお知らせしたのですが、すでに退避するには時間が切迫していました」（高橋さん）。

今回の結果を受けて、ESCではさらなるモデルの高精度化を進めている。特に、今年「ちきゅう」が国際運用される熊野灘沖は台風の通り道でもあるため、大気－海洋結合モデルを用いて、黒潮等の海流やうねりなど海洋の影響も考慮に入れ、より長期間の予測を可能にしたいと考えている。大気モデルについても、1km以下に解像度を高め、突風のような現象をより捉えやすくしたいと話す。加えて、「ちきゅう」による実測データも随時フィードバックし、さらに予測性能を上げていく予定だ。

2007年秋から始まる 南海トラフ地震発生帯掘削に向けて

掘削試験中に乗船した首席研究者からのメッセージ

地球深部探査船「ちきゅう」の初めての国際運用となる南海トラフ地震発生帯掘削が、2007年9月から紀伊半島・熊野灘沖で開始される予定だ。今回の掘削試験では、南海トラフでの掘削に参加する研究者らも数多く乗船し、掘削の様子や研究区画の仕上がりなどを確認した。南海トラフ地震発生帯掘削の首席研究者を務める2名の方に、「ちきゅう」の感想、さらに秋から始まる掘削プロジェクトについてお話を伺った。



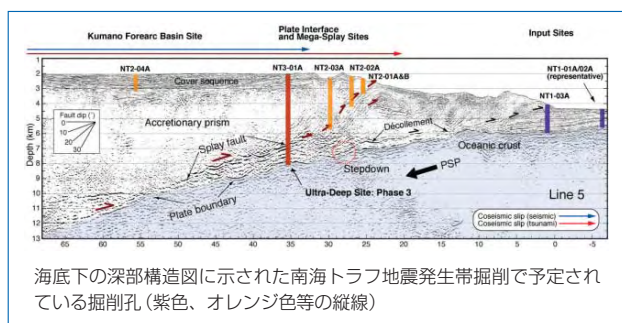
初めての掘削航海。未知数な部分もあるが間違いなく大きな科学的成果が得られると確信する

木下 正高 グループリーダー
海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター

掘削試験の間に乗船して、現場の雰囲気を知り、多くの技術者や研究者と一緒に議論できたことは大きな収穫でした。研究区画の体制や設備については、まだいくつか課題もありますが、素早い対応がなされ、改善されている状況を見て安心しています。何より、観測機器類を扱う技術者たちが非常に熱心で、よく勉強し、研究者たちの話をしっかりと聞いてくれることは、とても心強かったです。

乗船して、まず気づいたのは船内のアナウンスがすべて英語で徹底されていたこと。国際運用とはいえ、どこまで対応できるのかと思っていましたが、オペレーション側の体制も十分でした。操船、掘削など、すべての部門でプロ意識を持った人々が集まり、高いレベルの体制が整っているという印象を持ちました。

今年の9月から、いよいよ南海トラフ地震発生帯掘削が始まります。ステージ1では、半年ほどの期間で、ライザーレス掘削による5航海が行われ、6サイトで掘削が実施される予



定です。私が首席を担当する最初の航海では、まず6サイトすべてを約2ヶ月かけて掘削する予定です。コア試料は採取せず、周辺の構造特性や様々な物性をLWDという方法で計測しながら、掘り進んでいきます（LWD：掘削時検層、詳しくは11ページに紹介）。掘削深度は浅いところで海底下約600m、深いところでは約1,340mの予定です。つまり、コア試料をとる前にすべての孔を掘り、様子を理解しておこうというわけです。実際にどこまで掘っていけるのかというパイロット掘削の意味合いも含んでいます。

難しいのは、この航海が「ちきゅう」にとって初めての科学掘削であるという点です。これまでに科学掘削の経験を積んできた掘削船であれば、この条件ならどこまでいけるかといったことを、予め見積もっておくことができます。ところが、「ちきゅう」は高い能力を持つことは分かっていますが、天候や黒潮の影響、掘り進んでいる地層の状況などに対して、どこまでいけるかを予測することが難しい。このまま掘り続けるか、諦めて次の掘削孔に移るか、その判断を下すのが首席研究者の役割ですが、未知数な部分が大きいため、非常に悩むのではないかという不安があります。そのためには、事前に様々なシミュレーションを行っておくこと、そして、操船や掘削部門との緊密なコミュニケーションを図ることが重要なポイントになると考えています。ただ、こうした難しさがあるからこそ、チャレンジする面白さもあります。そして、この掘削航海から、多くの科学的成果が得られると確信しています。



芦 寿一郎 助教授

東京大学新領域創成科学研究科

東京大学海洋研究所 兼務

海溝型地震のメカニズムに迫る 様々な発見に期待してほしい

残念ながら今回の試験掘削では、海底下からコアが上ってくる瞬間には立ち会えませんでした。ただ、すでに採取されていたコア試料の物性の測定などをしてみて、コア試料の測定や分析の流れなどはよく分かりました。

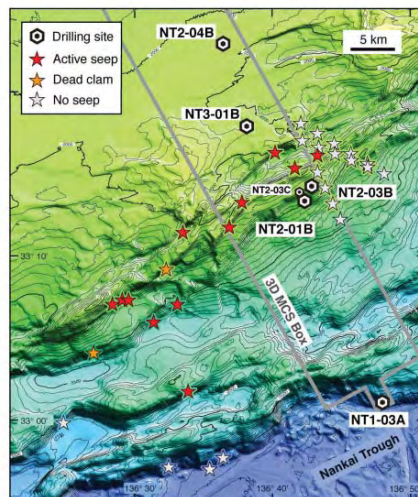
測定方法やデータの入力、データの記載方法など、一部はまだ試行錯誤の段階でしたが、技術者の方々もいろいろと考えながら工夫していましたし、これからどんどんよくなっていくと思います。あとは、照明がもっと明るいほうがよいとか、細かいことでいくつか気になったことはありましたが、全体として研究区画はよくできていると思います。スペースも広く、ゆったりしています。居室の方は、以前のジョイデス・レゾリューション号では相部屋で寝るだけであったのが、「ちきゅう」は個室で狭いながらも机、洗面所等の設備が揃っているので、自分の部屋でゆっくり寛ぐことができました。おかげで、ついつい面倒になって、次の仕事の時間まで一歩も部屋から出ないこともありました。次回の乗船では、ジムやサロンもぜひ利用したいと思っています。

秋からの南海トラフ地震発生帯掘削では、2番目のNT2-03掘削で共同首席研究者を務める予定です。このサイトは、地震時に破壊がおきたとされる断層（分岐断層）のひとつの出口付近に当たります。そこを約1,000m掘削する予定です。ここは、ステージ2で海底下3,500mのライザー掘削を行う予定になっており、そのためのパイロット掘削としての役割も含まれています。

付加体の堆積物と断層の浅い部分を掘り抜く今回の掘削では、分岐断層の時間的・空間的発達過程と、それに関連する熊野海盆の堆積地史を明らかにすることが大きな目的になっています。この場所には、地震で断層が動くことで発生する海底地滑りによる堆積物がたまっています。この堆積物コアを分析することで、この断層がいつ動いて地滑りがおきたかが分かると考えられています。

もうひとつの大きな関心は、流体です。この断層の出口付近で、おそらく深いところから来ていると思われる特異な流体を含む冷湧水が確認されています。海底から湧き出す湧水は海水とミックスしてしまい、深いところからのシグナルがはっきりしませんが、掘削によって、より深い場所で流体を採取すれば、断層深部で岩石破壊がおきた証拠となる情報も得られるのではないかと期待しています。そのほかにも様々

紀伊半島沖・熊野灘の海底地形図に示された南海トラフ地震発生帯掘削の掘削ポイント。赤い星印は冷湧水が確認されている場所、オレンジ色の星印は化学合成生物・シロウリガイが見つかった場所



なテーマで調査が実施されることになっています。

今回掘削が行われる南海トラフは、これまで何度も巨大地震を繰り返してきた場所で、今後も大地震が発生することが予測されています。こうした場所で実施される「ちきゅう」による初めての掘削調査で、何とか地震のメカニズムが明らかにするための、さらには地震による被害を減らすための有益な情報を手に入れたいと考えています。



掘削を行うためのドリルパイプを運ぶ作業を見守るスタッフ

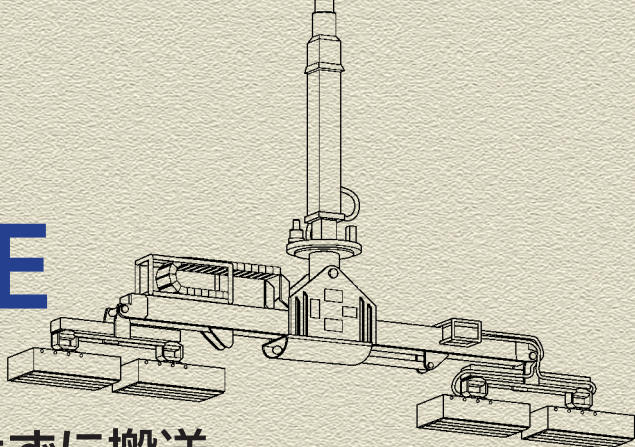


研究区画に運ばれたコア試料からサンプルを取り出す様子

MAGNET YOKE

マグネットヨーク

強力磁石でドリルパイプを傷つけずに搬送 クレーン・ハンドリングの安定性も向上



地球深部探査船「ちきゅう」には、前部・後部デッキに、巨大なデッキクレーンが2基ずつ据付けられている。全4基のデッキクレーンは、ドリルパイプ、ライザーパイプなどの船上の搬送や、サブライポートからの物資の積み下ろしを行う役割を担っている。

通常の荷物はフックとワイヤーを使用して搬送するが、ドリルパイプやケーシングパイプ、ライザーパイプの搬送には、「ヨーク」と呼ばれる特殊な先端に付け替えてハンドリングする。その付け替え用ヨークのひとつが「マグネットヨーク」だ。マグネットヨークには、回転式の電磁石セルが4つ搭載されており、ドリルパイプを磁力で固定して運ぶ。他に、4本の爪でパイプをつかむ「グリッパーヨーク」、長さが30m、重さ約30トンのライザーパイプ専用の「ライザーヨーク」が用意されている。

ドリルパイプを磁力で固定して運ぶ。他に、4本の爪でパイプをつかむ「グリッパーヨーク」、長さが30m、重さ30トンのライザーパイプ専用の「ライザーヨーク」が用意されている。

ドリルパイプの搬送にマグネットヨークを使用する大きな目的は、パイプを傷つける可能性を極力減らすためだ。ドリルパイプは、硫化水素に耐えられる性能を保持したまま高強度化された特殊な鋼鉄でつくられているが、傷ついてしまうと、掘削中に破断する可能性もある。このドリルパイプを通常のグリッパーヨークで搬送すると、パイプ外側に傷がつきやすい。特に、パイプラック上でグリップすると、下のパイプまで傷つけてしまう恐れもある。だが、マグネットヨークを使用すれば、その心配がない。また、磁力で固定すれば、バランスがとりやすくなり、ハンドリングも容易で、迅速に作業を進めることができる。

マグネットヨークは、一度電気を流すと磁石になり、再度電気を流すと磁力が消えるシステムで、これによってオン・オフを切り替える。したがって、万一、搬送中に電源が切れてもずっと磁石のままで、パイプが落下す

ることはない。また、一度に5トンまで安全に搬送できるため、重いパイプを運ぶ際はセルを縦長にして接着面積を大きくし、軽いパイプを運ぶときは横長にして幅を広くし、まとめて何本も運ぶことができる。たとえば、ドリルパイプ1本の長さは約10mで、重さは数百kg。これを4本つないだ状態で掘削作業に用いられるため、マグネットヨークのセルも一度に4本を搬送できるよう設計されている。

ひとつ心配されたのは、マグネットヨークの磁力がコアに記録されている古磁場に影響を与えるのではないかという点だった。地層中の鉱物は地球磁場の影響を受けて磁石となり、地層が固まるときに向きが固定されるため、コア試料の磁場を測ると、過去の地球磁場逆転との比較で地層の年代測定ができる。コアの磁気計測やそれに基づく年代測定は、「ちきゅう」の大切な任務だ。そこで、マグネットヨークがパイプに及ぼす影響について、地磁気を専門とする研究者にも参加してもらい、詳しい調査が行われた。その結果、セルのSN極が互い違いに並んでいることなどから、懸念されたようにパイプ全体が大きな磁石と化すことはなく、コアへの影響もほとんどないという結果が出た。

取材／

金松 敏也 研究員 (JAMSTEC 地球内部変動研究センター)

井上 朝哉 研究員 (CDEX 技術開発室 技術開発研究グループ)

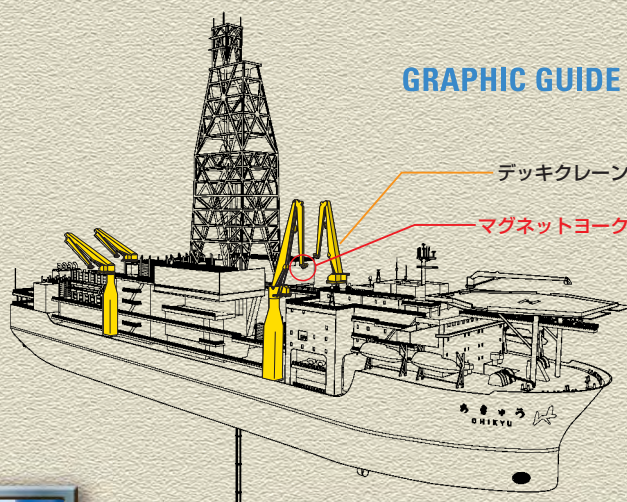


巨大なデッキクレーンの先端に装着されたマグネットヨーク。

GRAPHIC GUIDE



マグネットヨークが使われるのは、主にドリルフロアのすぐ後ろにあるセンターパイプラックだ。そこから持ち上げてパイプトランスファーステムと呼ばれる長いカートに載せる。その際にパイプの方向が変わってしまうのを、オートモードで常にパイプの先端が前を向いた状態になる仕組みだ。ドリルフロアに運ばれるとハイドララッカーで吊り上げ、4本つないだ状態でデリック内のフィンガーボードに立てかけて保管される。



セルを横向きにすると、最大5本までドリルパイプを搬送できる。マグネットヨークがパイプの磁気に及ぼす影響を調べるため、一本だけ持ち上げている。



「ちきゅう」後部のパイプラックとデッキクレーン。後部のラックには主にライザーパイプなどが収納されている。中央に見えるのがライザー／パイプトランスファーステム。



先端のヨークを付け替えると、ヨークの信号を自動認識し、種類に対応した正しいオペレーションが行えるようになっている。重量オーバーの場合もアラームが出て動かない。

長く重いパイプを持ち上げるときは、セルを縦長の向きにして接着面を増やして安定させる。



掘削時検層(LWD)テクノロジーと 南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1への利用計画

モー キョー トウ
Moe Kyaw Thu スタッフサイエンティスト
CDEX IODP推進室 計画推進グループ

南海トラフ地震発生帯掘削計画のステージ1では、2隻の掘削船による5回の航海が予定されている。第1回目の航海では、全6サイトで最新鋭の掘削時検層（LWD：Logging While Drilling）テクノロジーを利用して、掘削孔から地下の様々な情報をリアルタイムで入手するための掘削が行われる。そして、その後の4航海で、コア試料の採取およびワイヤーラインによる検層データの取得が実施される。国際深海掘削計画（ODP、1985～2003年）の第156次航海および171A次航海（北バルバドス海嶺）、170次航海および205次航海（コスタリカ沖）、196次航海（南海トラフ室戸沖）などのきわめて不安定な地層（付加体）において、ライザーレス掘削により質の高い地球物理学的検層データを得るためには、LWDが唯一の方法ということが証明されている。

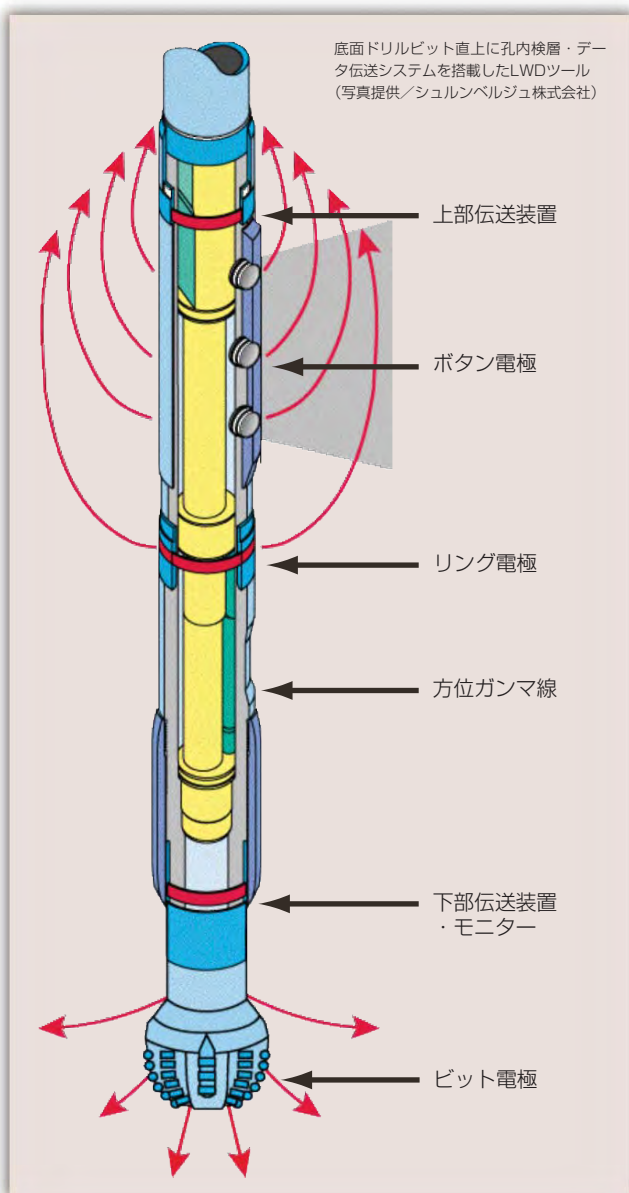
それでは、LWDとはいったいどのようなものなのか。そして、このテクノロジーは科学掘削にとってどれほど重要なのだろうか。LWDは、掘削を行いながら、その場で地質の特性を連続測定する技術である。LWDは、掘削時計測（MWD：Measurement While Drilling）や、その他各種計測システムとともに活用することにより、掘削孔の傾斜計測データ、岩石物性孔内検層データ、掘削情報を、掘削中にリアルタイムで提供することができる。

LWDツールは、LWD検層機、データ伝送システム、船上インターフェースの3つの要素から成り立っている。LWD検層機は、ドリルビットのすぐ後ろ（上側）に配置されており、掘削中に孔内で作動する。各種センサーに記録された信号やデータは、データ送信システム（泥水中を音波で信号を送るシステム）で船上に伝送され、船上の受信機によって収集される。したがって、地層に関する様々なデータはドリルビットとLWD検層機間の距離や掘削速度に応じて、掘削後数分から数時間という速さで計測することが可能だ。

LWDは、海底直下の地層、固い岩石と柔らかい岩石が入り組んだ地層、ガスハイドレートなど、様々な地層において、その場で計測できる唯一の非常に重要なツールだ。そして、今回の掘削計画で使用されるLWDシステムは、科学掘削40年の歴史において、最先端テクノロジーを駆使し、様々な計測を一度に行う画期的なシステムである。

2007年秋から始まる南海トラフ地震発生帯掘削計画ス

テージ1では、「ちきゅう」がLWDのみを利用した航海を実施する。その際のLWDプログラムの主要目的は、その後の航海で採取するコア試料も利用して、元来の場所における物性、岩相層序、層序・構造特性、コア・検層・地下構造情報を統合するための、音波速度データ、地質データ、物性、流体含有量、圧力状態を詳細に記録することだ。「ちきゅう」LWD航海は、科学掘削史上初めてであり、かつ、最高の効果を期待している。



「ちきゅう」の掘削航海で研究に関するすべての責任を担う スタッフサイエンティストは 乗船研究者のまとめ役

科学計画室に所属するスタッフサイエンティストたちの最も重要な仕事は、「ちきゅう」が行う掘削計画のマネージメント業務だ。担当する掘削計画の航海では、彼らはエクスペディション・プロジェクト・マネージャーとして、常に首席研究者らと連携を図りながら、研究者サイドのまとめ役となり、操船・掘削チームとの連絡業務やスケジュール調整などを担当する。

もちろん、仕事はそれだけではない。彼らの仕事は、掘削航海が実施される一年半以上前からスタートする。まずは、「ちきゅう」を使った掘削計画でどのようなサイエンスを行うのか、研究者とともに方針を決め、その計画内容をまとめたサイエンティフィック・プロスペクタス（航海科学計画書）と呼ばれる書類を作成することから始まる。さらに、掘削航海が終わってからは、乗船研究者たちが集まるミーティングを開催したり、研究成果の報告書を作成するなどの仕事が待っている。

2007年9月から実施される南海トラフ地震発生帯掘削計画を担当している眞砂英樹は、かつて国際深海掘削計画（ODP）の掘削船で、同じ仕事を経験してきた担当者に、「この仕事で最も大事なことは何か」とたずねたことがあった。その担当者は、即座に「忍耐だよ」と応えたという。乗船研究者たちは次々に要望を出してくる。それをしっかり聞き、意見をまとめ、その上で、操船・掘削チームと協議し、掘削を進めていかなければならない。「確かに、気の短い人には務まりません」と、昨年の下北半島東方沖掘削試験を担当した青池 寛はいう。

また、海洋で行われる掘削は、常に予定通りに進むとは限らない。時には、機器のトラブルや荒天による待避などによって、計画に遅れが出ることもある。また、ドリルパイプがスタックするなど、掘り進むことが難しくなるケースもある。そのまま掘り続けるか、次の掘削孔に移るか、意見調整に難航することもあるだろう。立場によって食い違う意見をひとつにまとめ、スムーズな掘削航海を行っていくことは容易ではない。

「何よりも優先しなければいけないのは、安全です。その上で、最大限の科学成果を達成できるように努力するのが、私たちの役目」と眞砂は話す。

彼らは、この仕事にどのような魅力を感じているのだろうか。

『「ちきゅう」がこれから行おうとしていることは、誰も到達したことがない未知の場所への挑戦であり、国の威信を賭けた国際的なプロジェクトでもあります。そうした研究の中核を担うことができるというのは、大きな魅力です」と青池はいう。

「個人の力でできることには限界があります。『ちきゅう』を使ってやろうとしていることは、非常に大きな挑戦です。そして、私たちはこのプロジェクトの縁の下の力持ちであると同時に、見方を変えれば、研究全体を取りまとめる司令官でもあるわけです。そこに面白さを感じます」と眞砂はいう。

スタッフサイエンティストには、科学者としての能力とともに、マネージャーとしての力量も問われる。大変な仕事だが、それだけに、彼らはこの仕事にやりがいを感じている。



青池 寛 スタッフサイエンティスト（写真手前）
CDEX IODP推進室 計画推進グループ

眞砂 英樹 スタッフサイエンティスト（同奥）
CDEX IODP推進室 計画推進グループ



乗船研究者や技術員らによるミーティングの様子



コア試料の観察を行なうスタッフサイエンティストの青池

もっと知りたい! 新しい地球科学の世界

いよいよ2007年の秋から、地球システムを解明し、新しい地球・生命科学を開拓するという21世紀の科学の夢を実現するため、地球深部探査船「ちきゅう」の国際運用が始まります。

これからますます注目されるであろう地球科学について理解を深め、関心を抱いていただくためのイベント情報を紹介します。

砂から見える地球のヒミツを解き明かす 参加型教育プログラム「Sand for Students」

「Sand for Students」は、中学・高校生のみなさんと一緒に、自分たちの身近な河川や海岸で、砂の採集・観察・分析を行い、世界中の砂のデータベースを作成しようというIODP教育・アウトリーチプログラムです。どれも同じように見える砂も、実は少しずつ異なり、その地域に関する様々な情報がつまっています。河川によって海に運ばれた堆積物が地層を形成し、やがて自分達の住む足下の地層を形成するという一連のプロセスを理解してもらい、地球科学、環境科学への興味を深めてもらうことを目的としています。

このプログラムを通じて調べられた砂のデータは、「ちきゅう」をはじめとした海洋科学掘削で得られた地質コア試料との対比にも用いられる、大変重要なデータとなります。実際に手や体を動かして行うフィールドワークの楽しさを体感し、また、私たちの暮らす地球について考えるきっかけにもらえれば、これほどうれしいことはありません。

詳しい情報については、ウェブサイトを参照してください。

SAND FOR STUDENTS



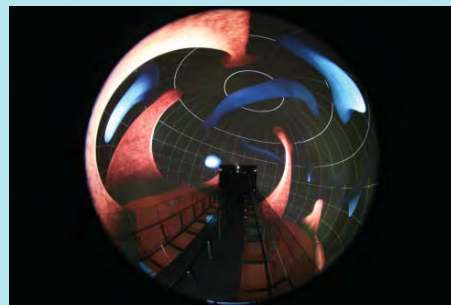
【Sand for Students】

ウェブサイト: <http://www.sand4students.net/>

国立科学博物館で、地球内部の驚きの世界を体験 「マントルと地球の変動－驚異の地球内部－」

2006年12月、国立科学博物館(東京都上野本館)に、全球型の映像施設「シアター360(サンロクマル)」がオープンしました。この施設は、2005年の愛知万博「愛・地球博」で公開されていたもので地球の100万分の1の大きさのドーム内に、360度全方位の映像が映し出され、独特の浮遊感が味わえる映像施設です。

映像コンテンツは3種類用意され、JAMSTECが制作に全面的に協力した「マントルと地球の変動－驚異の地球内部－」と題されたオリジナル映像も上映されています。これは、360度という映像空間の特長を生かして、地球内部構造を分かりやすく視覚化し、40億年前から現在に至るまでの地球の姿を再現するものです。地球変動の原動力は、地球深部に向かって沈降するコールドブルームと、地殻に向かって上昇するホットブルームによって引き起こされるマントル対流です。このコンテンツでは、プレート運動、火山活動、造山活動など、地球環境を決める大きな要因のひとつが、このマントル大循環のメカニズムであることを、迫力ある映像でダイナミックに“体感”させてくれます。そして、映像の最後には、人類のマントルへの挑戦として地球深部探査船「ちきゅう」も紹介されています。地球内部の驚きの世界を、ぜひ体験してください。



【国立科学博物館】

ウェブサイト: <http://www.kahaku.go.jp>

所在地: 東京都台東区上野公園 7-20

2007年から2009年は、国際惑星地球年(IYPE)

国際惑星地球年(IYPE: International Year of Planet Earth)は、国際地質科学連合(IUGS)とユネスコが呼びかけ、191の国や地域の全面支援のもと、2005年12月の国際連合で宣言されました。「社会のための地球科学」をテーマとし、災害、資源、健康、気候、地下水、海洋、土壌、地球深部、巨大都市、生命の10の科学テーマとアウトリーチの活動が、2007年から2009年の3年間に進められます。日本国内では、日本学術会議のもとに推進がはかられ、様々なシンポジウムや科学館などのイベント等が実施されます。海洋研究開発機構も本行事に協力し、統合国際深海掘削計画(IODP)に関するアウトリーチ活動などを行う予定です。



【国際惑星地球年】

ウェブサイト: <http://www.gsj.jp/iype/>

いよいよ始まる南海トラフ地震発生帯掘削!

地球深部探査船「ちきゅう」にとって、2006年は2つの重大なイベントがありました。1つ目はシステム総合試験「下北半島東方沖掘削試験」を実施したこと、2つ目は海外試験掘削というフレームにおいて、ケニア沖での掘削試験が実施できたことです。これらのイベントを通じて、私の気持ちを一言で表すならば、「自信を深めることができた」です。「ちきゅう」という船の性能、特に、大きな船体を保持するダイナミックポジショニングシステム(自動船位保持装置)の性能が優れていることが分かりましたし、システムが非常に複雑な掘削機器も、いくつかの困難を乗り越えて、全体が連結してスムーズに作動するという成果が得られました。試験運用期間に、下北半島東方沖から海外まで長期間にわたり、連続して掘削試験を実施できたという結果が、今後につながる大きな自信となりました。

南海トラフへの新たな挑戦に向けて

南海トラフ地震発生帯掘削は長期プロジェクトなので、今年は足がかりをつかむというのが最初の目標です。私は今までグローマー・チャレンジャー号とジョ



イデス・レゾリューション号に乗って計4回南海トラフの科学掘削に挑戦し、この地域での掘削がなかなか難しいものであることを身をもって経験しています。黒潮や台風はもちろんですが、「砂泥互層」という地質が最大の課題です。砂の層は固結しにくいので、温度が上がって、砂粒子の周りが、新しい石灰岩や炭酸マグネシウムによって“のり付け”されないと固まりません。一方、泥は海底で固まってくるのですが、砂の層はかなり深いところまで柔らかいため崩れやすいのです。このような理由から、熊野灘という海域での掘削において、挑戦となる点が2つ挙げられます。1点目は、砂の層がどの位あるか、いまだによく分かっていないということです。もし大量の砂の層が熊野灘の海底深くまで広がっていると、掘削することが難しくなるかもしれません。2点目は、黒潮の流れが強く、掘削時にライザーパイプに大きな負担がかかるということです。しかし、このような困難が予想されるとしても、「ちきゅう」の性能に対する信頼は高まっており、その不安を克服できると確信を深めています。南海トラ



フに対するあらゆる準備が必要ですが、経験を積んでいくことにより、最終的に必ず成功に結びつくと考えています。確かに人類未踏の深さまで掘るといふ挑戦は厳しく、簡単なことではありません。ただし、この挑戦する心こそが、南海掘削を科学的な成果達成に導く原動力となっているのです。

今まで南海トラフの巨大地震発生帯は静穏であると考えられていましたが、スロースリップなど、様々な活動が実際に起きているということが分かってきました。コアサンプル、掘削孔のモニタリング、地殻構造の変動などを組み合わせて調べることで、南海トラフで起こっている活動を正確に捉えられるのではないかと考えています。そして最終的には地震のメカニズムの情報を得て、将来の予測に役立つような有意義な結果を導き出せると期待しています。

世界がひとつになって挑む「統合国際深海掘削計画 (IODP)」

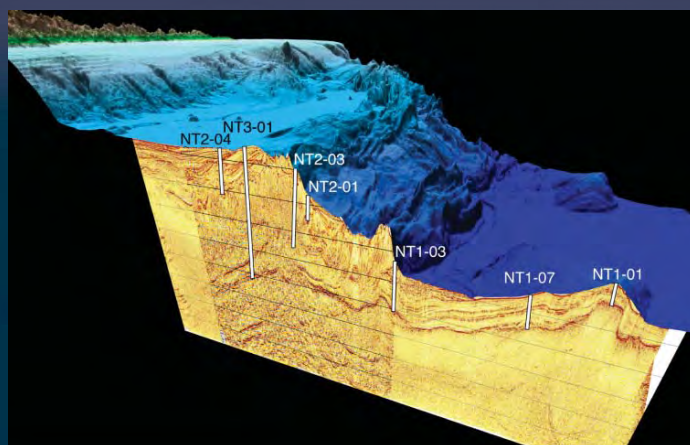
「ちきゅう」という最先端の科学船を、日本が世界に提供できたのはとても喜ばしいことです。それと同時に大切なのは、世界中の研究者が知恵を出し合って、日本の社会に多大な影響を及ぼしている地震発生帯に挑戦していくということです。アメリカからは、ジョイデス・レゾリューション号の後継船が同時期に掘削に協力参加してくれる予定になっています。世界中が協力すること、これによってこそ「統合国際深海掘削計画 (IODP)」という名前が、真実のものとなる素晴らしいプロジェクトが実現するのです。

この国際的なプロジェクトを通して、私たちが暮らしている地球という惑星にもっと関心を持っていただき、みなさんの知的好奇心を喚起していきたいです。そのために、地球深部探査船「ちきゅう」の国際運用の役割や重要性をみなさんに伝えていくのが、私たちの使命だと考えています。



Close Up

熊野灘（紀伊半島沖）南海トラフの海底地形図と、
3次元反射法地震波探査によって
取得された地下構造図



沈み込む海洋プレートと陸側プレートの内部構造がよく見えている。2007年秋から始まるIODP南海トラフ地震発生帯掘削計画ステージ1では、沈み込む前の海洋底堆積物、沈み込み帯先端部、海溝斜面及び前弧海盆を含む6地点での掘削が予定されており、沈み込みに伴う堆積物の物性的・岩石学的な変化を段階的に捉えられる事が期待されている。ステージ2以降では、地震発生に直接関わる大断層を掘削し、震源域物質を直接に観察する他、孔内計測によって震源域の長期的な変動を観測する事が計画されている。

Cover's Note

下北半島はるか東方沖の「ちきゅう」から眺めた夕焼け