

海底地盤と深海掘削技術

Geo-technical Data Acquisition and Deep Sea Drilling Technology

倉 本 真 一 (くらもと しんいち)

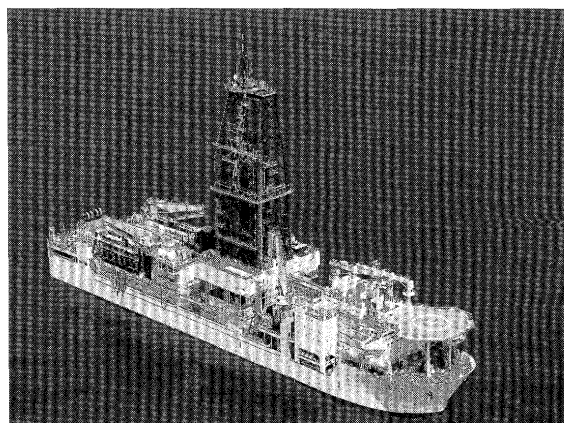
(独)海洋研究開発機構 地球深部探査センター

1. はじめに

皆さんは地球深部探査船「ちきゅう」という名前を聞いた事があるでしょうか？ 深海底（現在は水深2 500 m まで可能，将来は4 000 m 程度まで可能）から7 000 m 掘削可能な，日本が建造した世界初めての科学掘削船の名前です。この掘削船は，地球生命科学の重要な問題を解くためという，真に科学目的を達成するために設計・建造された掘削船であります（2005年7月完成）。科学的な深海掘削の歴史としては，1960年代後半から始まりましたが，これまでの歴史の中で，海底下約2 100 m までの掘削というのが世界記録でありました。もちろん掘削深度にかかわらず，海底を掘って試料を取り出すという事の意義は，プレートテクトニクスの実証や，過去の気候変動の解明，地下生命圏の解明などに大きく貢献してきたことによって広く認識されてきました。しかしながら，約6 400 km ある地球の半径のうち，我々が知っている地下の知識はあまりに乏しく，限られたものであることが容易に理解されると思います。もっと深く，地球の内部を知りたい，手に取って調べてみたい，そういった科学的な欲求と，地下への探究心が「ちきゅう」の建造へと導いていきました。では，「ちきゅう」はどのような技術で地下深部へと我々を誘ってくれるのでしょうか。

2. 地球深部探査船「ちきゅう」

「ちきゅう」は全長210 m，全幅38 m，全高130 m（船底から），総トン数57 000トン，最大搭載人員150人の巨大な掘削船です（図—1）。世界最先端の掘削技術を盛り込んだライザー掘削船です（詳細は，<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/>を参照のこと）。ライザー掘削とは船底から海底までをライザーパイプ（内径約53 cm）でつなぎ，その中を通すドリルパイプから送り込まれた泥水をライザーパイプとドリルパイプの隙間を使って循環させ，掘削孔内が崩れ落ちないように安定化させ，掘削屑を泥水とともに船上まで待ち上げ（riseすることからライザー掘削と呼ばれている），そして掘削ビット（切り歯）を冷却しながら，安定的に地下深部まで掘削する技術を言います（図—2）。「ちきゅう」ではロボット技術の導入や，大水深／大深度掘削に対応できる仕様になっており，安全にこれまで未知であった大深度領域に踏み込めるツールを備えています。また科学掘

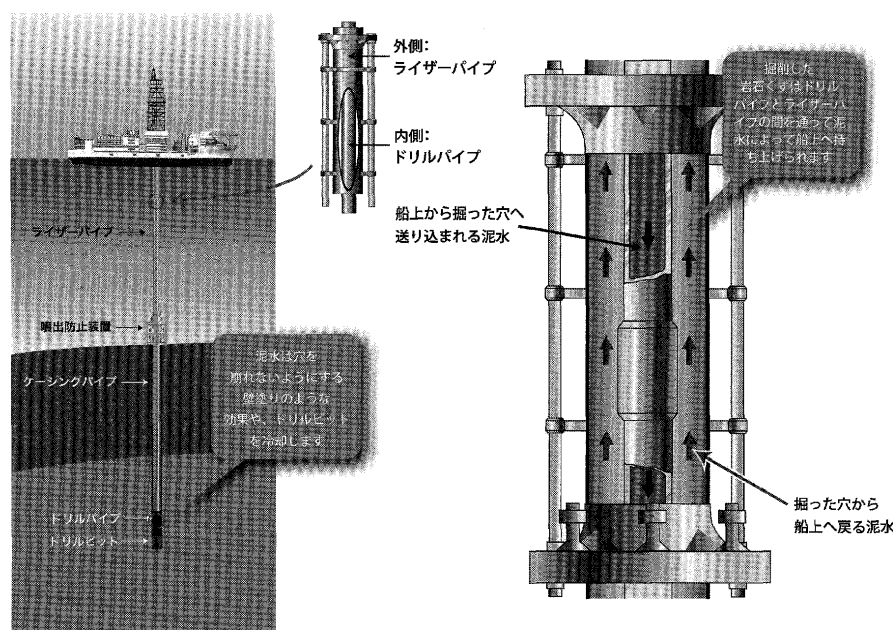


図—1 洋上に浮かぶ地球深部探査船「ちきゅう」
(独立行政法人海洋研究開発機構 提供)

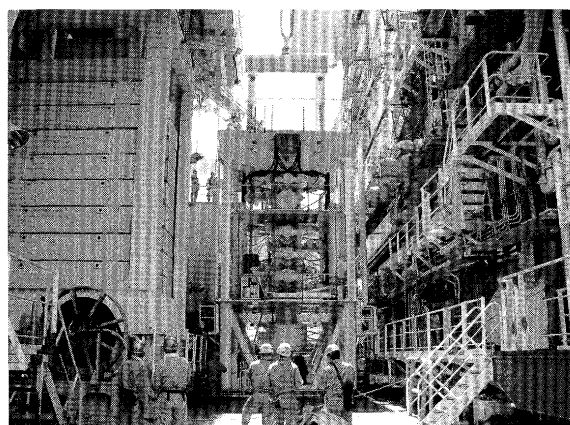
削船ということで，掘削試料を即座に船上で処理，分析できる研究室を備えており，これまで搭載できなかったような大型機器（X線CTスキャナー，磁気遮蔽室など）や，高精度分析装置（質量分析計や電子顕微鏡など）なども備えています。「ちきゅう」はこれまでに下北沖（水深1 200 m），ケニヤ沖（水深2 200 m），オーストラリア沖（水深500～1 440 m），熊野灘沖（水深1 940～4 430 m）で掘削を行い，様々な環境での高い掘削能力を確認しました。

3. ライザー掘削を支える海底地盤調査

海洋での掘削には，水深や掘削目的によって使用するプラットフォームが異なりますが，「ちきゅう」のような船型のものは，比較的水深の深いところで使われます。まず掘削船が掘削地点に着いたら，GPSや海底に設置したトランスポンダーからの位置情報をもとに定点保持（Dynamic Positioning）を行います。その後ライザー掘削の場合はBOP（Blow-Out Preventer；噴出防止装置）を設置するための土台作り（コンダクターパイプや複数のケーシングパイプの設置）を行った後，BOPとライザーパイプをその土台に接続します。これで船と海底が接続されましたので，泥水循環を開始し，掘削ビットを先端に付けたドリルパイプを降下して，掘削を開始します。このライザー掘削で，極めて重要な装置が噴出防止装置（BOP）と呼ばれるものです。BOPは地下から噴出する可能性のあるガスや流体を遮断し，安全に掘削するためには必要不可欠なものです。「ちきゅう」が備えているBOPの外観は，約6×5×15 mで，重量は約380



図一 2 ライザー掘削の概念図。泥水を循環させることによって安全に大深度掘削が可能となる。



図一 3 噴出防止装置 (Blow-Out Preventer: BOP) の外観 (写真中央)。高さ約15 m、重さ約380トンあるものが、海底に設置される (独立行政法人海洋研究開発機構 提供)。

トンあります (図一 3)。このような巨大で重い構造物を海底に設置するために、事前に海底の地盤調査を行います。一般的に深海底はプランクトンの死骸や、非常に細かな粘土やシルトなどが堆積してできており、含水率も70%を超えるような、いわゆる“プヨプヨ”の状態です。しかし、深度とともに圧密され、堆積物の間隙率も小さくなり、どんどん固く締まった堆積物へと変化していきます。そこで重要なのは海底地盤の強度を深度方向に調べる事です。そのため高精度地形調査 (マルチビームによる地形調査)、高分解能地震波探査 (シングルチャンネルストリーマーケーブルによる弾性波探査)、高分解能海底画像調査 (サイドスキャンソナーなどによる可視化) に加えて、試料採取 (一般的なピストンコアリング、あるいは浅部掘削) を行い、実際の試料での物性計測 (せん断強度、密度、間隙率など) とあわせて、BOPの土台をどの深さまでどのような方法で

設置するかを検討します。通常、実際の試料で非排水せん断強度測定を行った場合、海底下60 m程度の深度で約35 kPa以上の強度を持つ事がBOP設置の条件として必要です。一般的には直径36インチ (約90 cm) の鉄管を海底下60 m程度まで水压をかけながら押し込み (ジェットイン)、さらにその内側に直径20インチ (約50 cm) の鉄管を700 m程度掘削した穴に設置し、周りの地層との間にセメントを下から上に流し込み (正確には圧入)、BOPの土台を作ります。これらの作業が水深2000 mにもおよぶような深海で行われており、海底ではROV (Remotely Operated Vehicle) によって監視しながら作業が行われています。重く不安定なBOPを支える土台作りは、大深度掘削の第一歩であり、またその後の掘削の成否を左右する重要な作業です。海底地盤強度の確認作業が、ライザー掘削の基礎を支えているのです。

4. おわりに

現在「ちきゅう」は紀伊半島沖の南海トラフで、かつて巨大地震 (マグニチュード8以上の地震) を発生させた海底を掘削しています。日本列島では巨大地震が繰り返し発生しており、そのメカニズムの解明と地震防災対策は、我々の生命、財産を守るために非常に重要、かつ緊急な課題であります。最先端の科学と技術がこの問題に挑み始めたところです。この掘削の前にも十分な海底地盤調査を行い、適切な掘削計画を立案し、ほぼその予定どおりの地質、地盤状況が確かめられています。このような科学と技術の協力が、新たな科学技術のブレークスルーを支えているのです。そしてその瞬間を共有できる時代に我々がいる事は幸せの極みでもあり、また大きな責任を感じる次第でもあります。

(原稿受理 2009.7.29)