

大水深掘削への挑戦／地球深部探査船と技術検証

Challenge for Deepwater Drilling /Technical Verification of "Chikyu"

太田 徹造^{*1}
Tetsuzo Ota

大村 隆^{*2}
Takashi Ohmura

西岡 俊二^{*3}
Shunji Nishioka

松浦 正己^{*4}
Masami Matsuura



本船“ちきゅう”は水深2 500 m（将来4 000 m）の海域で海底下7 000 mまで連続した地質サンプル（コア）の採取を目指す世界初のライザー掘削方式科学調査船である。国際プロジェクトの中で運用され地球科学の発展に貢献するものと期待されている。平成12年春に(特)海洋科学技術センター（現在は(独)海洋研究開発機構に改編）と当社が建造契約を結び長崎造船所で建造中である。日本国内では大水深海洋掘削の経験が少ない中、海外の知見を学び本船の仕様決定・諸技術検証・安全性検証を重ねて来た。高性能で信頼性の高い掘削船を目指し、現在は機器の調整運転・客先立会試験を行っている。

1. はじめに

地底から得られる地質サンプル（コア）は我々に様々な科学情報を与えてくれる。メタンハイドレートのような新しい資源の確認や、高温高压の極限環境下で生きる未知の生物の発見もあるであろう。地球環境変化の歴史も分かるし、更に深くからマントル物質が取れば地球内部構造・地球自身の成り立ちの解明もできると言われている。本船“ちきゅう”の先輩である米国JOIDES Resolution号の一成果として、メキシコ湾で採取したコアから恐竜絶滅の原因は小惑星との衝突だと証明された話は有名である。然しこのJ/R号はライザーを用いない掘削方式であるためにこれまでは海底下2 111 mが最大であった。そこで本船では掘った穴が崩れ難いライザー掘削という方式が採用されている。若し水深4 000 mの場所で7 000 m掘ればマントルに手が届く可能性がある（深い海の方がマントルは地表近くにある）。大水深ライザー掘削を目指す所以である。

このライザー掘削は海洋石油開発で広く用いられている技術ではあるが、これほど深い海で地下深くまで掘ったことはなく、そのため本船特有の様々な技術検証が必要であった。

2. 仕様と配置

2.1 主要目

本船の主要目を表1に示す。本プロジェクトでは初

表1 主要目

船体部		掘削部	
全長	210 m	デリック高さ	72 m
巾	38 m	最大吊り荷重	1 250 ton
喫水	9.2 m	ドローワークス	3 720 kW×1 台
総トン数	57 500	パワースイベル	1 100 kW×1 台
船速	約10 kt	泥水ポンプ	1 640 kW×3 台
定員	150 名	BOP (*3)	5 段式×1 台
位置保持	DPS (*1) 方式	ライザー	6 シリンダ式×1 台
位置検知	DGPS (*2) +音響式	テンショナー	
旋回スラスタ	4 200 kW×6 台	ライザー	約2 500 m
主発電機	5 000 kW×6 台	ドリルパイプ	約10 000 m
補助発電機	2 500 kW×2 台	デッキクレーン	85 ton×2 台
			45 ton×2 台

*1 : Dynamic Positioning System,

*2 : Differential Global Positioning System

*3 : Blow Out Preventer

期段階から三井造船(株)と分担して検討作業を進め、下部船体及び研究居住区画は同社に発注した。配置的には上甲板で取合ったが、構造検討では両者のFEMモデルを統合して解析、全体の整合／バランスのとれた設計であることを確認している。

本船は長期間一定点で作業する船であるので航海速度は余り問題にならない。その代わり荒れた海象条件下でかつ一部の装置が保守中でも規定範囲内に船の位置を保持できることが重要であり、模型水槽試験を行って動力装置を含めた位置保持装置（DPS）の仕様を決定した。

掘削装置の仕様を決める上で基本となるのはライザー／BOP（暴噴防止装置）等のサブシー装置である。

*1 長崎造船所造船設計部主席

*2 長崎造船所造船設計部計画課主席

*3 神戸造船所潜水艦部技術開発グループ主席

*4 技術本部長崎研究所船舶・海洋研究推進室主席

穏やかな海で約400 tのBOPをライザーで吊り海底に降ろす場合と、海が荒れた時BOPの下半分を海底に残してライザーを吊下げ退避する（ハングオフ）場合とが各々クリティカルとなる。本船は世界の殆どの海域で作業する事を念頭に、非常に厳しい海象条件が与えられている。船体動揺とライザーの重量／縦振動／強度のバランスを多くの組合わせで解析し、ライザー強度及びデリック最大吊り荷重（フックロード）が決められた。その結果本船のライザー及び掘削機器の仕様は世界最大級となっている。

2.2 詳細仕様と配置の検討

詳細検討に当たり機器の信頼性及び作業効率と安全性を確保すべく、大水深掘削の経験豊富な海外掘削会社とコンサルタント契約を結び検討作業を共同で実施した。その結果メーカー選定及び詳細仕様の決定において、近年開発された自動化仕様と共に特に実オペレーションのノウハウを織り込むことができた。

また掘削作業現場となるドリルフロアの上下は、BOPやライザー・パイプ類を運搬する際に各種掘削機器やホース・ワイヤー類が縦横無尽に移動する。この配置設計に当たっては従来の三次元CADによる検証に加え、高さ約4.5 mの模型（1/25 scale）を作成して、設計者が機械や人の動きを実感しながら配置を最終確認できる様にした。尚、本船のドリルフロア配置の特長は、科学掘削船ゆえに掘削作業中にコアが定期的に回収されるので、その取り扱いスペース・研究区画へのコアの流れが考慮されていることである。

3. 安全性検証

3.1 全体リスクアセスメント

洋上掘削は、揺れる船の上で重量物を扱うこと、動く船と海底とが結ばれていること、地中からガスが噴出するかも知れないことなど、常に大きなリスクを伴う作業である。そこで第三者機関（DNV）の協力を得て基本設計と詳細設計の2段階でリスクアセスメントを実施した。定義されたHazard（潜在的危険因子）について各々の発生頻度が 10^{-4} /年を超えないことと、人災発生確率（FAR）が5を超えないこと（200人が昼夜連続で50年働き続ける間の死者が1人以下）という2つの基準に対して評価した結果、どちらも従来船の値を下回り、従来船以上に安全な船であることを確認した。

3.2 HAZOP, 機器FMEA

前項の全体検証と並行して同じくDNVの協力の下、掘削作業に関わる主要システムの個別検討を実施した。具体的には泥水系統のHAZOP（Hazardous Operability Study）、ドリルフロア作業のHAZID

（Hazard Identification）、サブシー機器及びドローワークス/パイプハンドリング装置とその制御装置のFMEA（Failure Mode Effect Analysis）である。これらの検討を通して装置や作業上の危険箇所を洗い出し、必要な改善点が本船に織り込まれた。特にドリルフロアのHAZIDでは先に作成した模型を使い、各装置の動き・作業者の動きを確認したり 制御室から監視カメラで見える画面の様子を確認するなど、実際のオペレーションに則した具体的な安全性検証ができた。

もう一つの重要システムである船位保持装置（DPS）に関しても三井造船(株)とDNVを中心にHAZOPとFMEA検証を行ない、システムの信頼性を確認した。

4. ま と め

現在本船は各装置の運転調整・客先立会い試験を実施中であり、平成16年末の海上運転を経て、平成17年4月引渡しを目指している。引渡し後には客先にてBOP設置を含めた実掘削訓練を行った後、平成18年度後半からIODP（Integrated Ocean Drilling Program／統合国際深海掘削計画）の中で国際運航に入ることが予定されている。

運用段階では慣熟訓練を通してまずは水深2 500 mでのライザー掘削を目指し、次のステップとして水深4 000 mでのライザー掘削という最終目標に向け挑戦が続いていく。但し水深4 000 mでのライザー掘削は全くの未開発領域であり、新しい掘削方式の開発とそれに基づく本船の改造が今後必要である。

参 考 文 献

- (1) 高川真一ほか、地球深部探査船の掘削ライザーについて、三菱重工技報 Vol.37 No.5 (2000)
- (2) 安川宏紀ほか、大水深掘削ライザーの挙動解析法に関する研究、三菱重工技報 Vol.37 No.5 (2000)



太田 徹造



大村 隆



西岡 俊二



松浦 正己