講 演
 Lecture

フィリピン海洋環境保護区内での試掘井掘削作業の紹介*

武村 貢**・田中 啓誉**・野村 剛**・高瀬 弘次**・菅野 俊**

(Received August 5, 2010 ; accepted September 3, 2010)

Drilling Operations in Protected Area, Offshore Philippines

Mitsugu Takemura, Hirotaka Tanaka, Tsuyoshi Nomura, Koji Takase and Satoshi Kanno

Abstract : In 2004, Japan Petroleum Exploration (JAPEX) entered into a service contract (SC) No.46 with the Department of Energy (DOE) and agreed to drill an exploratory well in a block located in Tañon Strait between Cebu and Negros Islands in Philippines. After seismic data acquisition was completed, it turned out that Tañon strait was designated as a protected seascape by National Integrated Protected Area Act and JAPEX had to go through environmental impact assessment process to obtain Environmental Compliance Certificate (ECC) to drill a well. Environmental study was conducted following EIA guideline and extensive Information, Education and Communication (IEC) campaign was carried out under co-operation with DOE. ECC was issued in March 2007 and the drilling operation was conducted through November 2007 to February 2008.

This paper outlines the process to obtain ECC for drilling a well in protected area in Philippines and also introduces severe borehole instability (pack-off) problems encountered during actual operation.

Keywords : ECC, EIA, borehole instability, pack-off

1. はじめに

石油資源開発株式会社 (以下, JAPEX) は 2004 年 12 月 フィリピン政府のエネルギー省 (Department of Energy : 以下 DOE) と SC-46 鉱区のサービス契約を締結し Cebu 島と Negros 島の間の Tañon 海峡内で探鉱活動を開始した。2005 年 5 月に二次元地震探鉱作業を実施, 本格的に試掘作業の準備に取り掛かろうとした矢先の 2006 年 2 月になって Tañon 海峡は NAIPAS 法 (National Integrated Protected Area Act) の環境保護区に指定されていて環境省 (Department of Environment and Natural Resources : 以下 DENR) から環境適合証明書 (Environmental Compliance Certificate : 以下 ECC) を取得する必要があることが判明した。フィリピンにおける ECC 取得に関する規定では, 環境保全が特に重要なエリアかどうか, そのプロジェクトが環境に及ぼす影響の重大さにより, 表 1 のように 4 つに分けられている。

NAIPAS 法環境保護区は環境保全が特に重要なエリアに分類される。商業的に油・ガスを生産しない試掘作業

表 1 フィリピンにおける ECC 申請区分

Project Area	Environmentally Critical Project	Environmentally Non-Critical Project
Environmentally Critical Area	EIA	IEE
Environmentally Non-Critical Area	EIA	CNC

IEE : Initial Environmental Examination (環境報告書)

EIA : Environmental Impact Assessment (フルスバック環境影響評価)

CNC : Certificate of Non-Coverage (作業実施届)

は Non-Critical Project に分類される。震探作業は上記分類に厳密に従うならば環境報告書 (Initial Environmental Examination : 以下 IEE) が必要であるが, DOE と DENR の合意で CNC (作業実施届) の提出で済まされた。JAPEX の今回の試掘作業実施については, DST 時の油・ガスの生産の解釈が問題になり, 環境影響調査の過程で EIA (環境影響評価) と IEE のどちらが要求されるか判断されることとなった。本文では, ECC を取得するまでのステップと掘削作業で遭遇した激しい崩壊トラブルを中心に紹介する。

2. フィリピンの石油開発と SC-46 鉱区 をとりまく環境

フィリピンの石油とガスの生産量は 2006 年データでそ

*平成 22 年 6 月 9 日, 平成 22 年度石油技術協会春季講演会井部門シンポジウム「海外プロジェクトの現状と課題」で講演 This paper was presented at the 2010 JAPT Drilling Symposium entitled "Existing Circumstances and Challenges in Overseas Projects" held in Fukuoka, Japan, June 9, 2010.

**石油資源開発株式会社 Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.

れぞれ 91 万 kl, 32 億 m³ で日本のそれと同程度であり、国内石油開発産業の規模は極小さい。生産油ガス田はマレーシアに近い西部の Palawan 島の北の Malanpaya Gas Field (Shell) の他は零細なもののみであり、当時、Galoc がその北で Field の開発（長期生産テスト）に着手したところであった。Tañon 海峡中央部ではこれまで 1 本も坑井は掘削されておらず、当然の事ながら石油開発関連のサポートサービスを近隣の Cebu 島や Negros 島に期待すべくもなく、最も近いサプライベース機能を備えた港湾施設は Luzon 島の Batangas（サプライポートで片道 40 時間以上要す）という一種のリモートエリアであった。

試掘ロケーションは離岸距離 3 km, 周辺の住民は手漕ぎボートでの零細漁業に従事するものがほとんどで、石油掘削作業に関する知識は全く持っておらず、作業の騒音で魚が逃げ出し漁獲量が減ってしまうのではという漠然とした懸念を抱いていた。また Tañon 海峡には鯨の繁殖地が存在し多数のイルカも生息しており、環境 NGO の活動が障害となる可能性も懸念されていた。

3. ECC 取得と IEC (Information, Education and Communication) 活動

3.1 環境影響調査

環境影響調査の第一段階として調査の範囲を決める会議が EIA Review Committee, DENR, DOE, IEE 作成者（環境専門家）、JAPEX とそのコントラクターの Supply Oilfield Services（以下 SOS 社）からなるメンバーで 2006 年 4 月開催された。その結果、フルスペックの環境影響評価（EIA）は要求しないが環境報告書（IEE）に影響評価とその緩和策、環境マネジメントプランを盛り込み EIA に近いも

のとすることが決定された。ベースラインデータには一部既存データを使用することが認められたが、海域に棲息する生物に関するデータなど、可能なものは実際に調査を行ってデータを取得することになった。

NIPAS 法上は環境保護区内ではカッティングス、坑廃水、生活排水の海洋投棄は一切禁止されているため、そもそも排出基準というものが存在しない。現実問題としてリグを使用して掘削作業を行う以上、廃水をゼロにすることは不可能なので、廃水に対しては地方自治体のゾーニング指定に基づき、別カテゴリーでの排出許可（各種規制値あり）を取得した。リグの生活排水は MARPOL 基準に合致した污水处理施設で処理後放流するが、環境負荷をより低減するためリグだけではなくサプライポートまで生物分解性のシャンプー・石鹸・洗剤を使用することにした。坑廃水は Dewatering System を使用して凝集分離を行い液体は作泥に再利用、ソリッド分はカッティングスとともに陸上に運び埋め立て処理する計画とした。

気象・潮流データを用いて Oil Spill Simulation を実施したところ、作業予定の冬季の南東の風と潮流下、ロケーションの北西にある特別保護区域の Tajao 珊瑚礁に 8 時間で油が漂着するという結果が得られた。Oil Spill 事故対策として Oil Spill 回収機器・スペシャリストをリグに常駐させて備えることとした。環境影響調査の結果がある程度まとまった 2006 年 8 月初旬、地元 2 町村（Pinamugajan, Aloguinsan）に対する公聴会を開催し試掘作業が環境に及ぼす影響とマネジメントプランの説明を行い、地元議会から試掘承認決議書を得ることができた。

3.2 ECC 申請と審査

IEE（本文 200 ページと ANNEX 250 ページ）と地元議会

図 1 SC-46 鉞区位置図

図 2 ECC 取得の流れ

の試掘承認決議書を添えて DENR に 2006 年 9 月末に ECC を申請、審査を経て EIA Review Committee の推薦状を取得した。その後、DENR により環境保護区管理会議 (Protected Area Management Board: 以下 PAMB) が立ち上げられた。PAMB は DENR の議長の下に関係政府機関、州や市町村、部族や NGO 代表らが集う大規模な会議で環境保護区ごとに組織される。2007 年 1 月末に開催された最初の PAMB 会議出席者は 200 名に上る大規模なものだった。PAMB は環境大臣から大きな権限を付与されておりプロジェクトの中止を命じることもできる。2 月中旬に PAMB の作業を承認する決議書が下り、それを受けて DENR と DOE が MOA を取り交わし、2007 年 3 月、取得準備を開始してから約 1 年を経て試掘作業の ECC を取得することができた。

3.3 IEC 活動

フィリピンでは地方自治の意識が非常に高く、地元住民の賛同が得られなければ環境保護区内で事業を実施することはできない。そのため環境調査開始から地元対策として IEC 活動に力を注いだ。JAPEX の活動計画について事前に情報を流すため、潮流測定やサイトサーベイなどのパンフレットを作成し近隣市町村のパブリックスペースに掲示した。試掘開始直前には IEC キャンペーンと称し、Cebu 州、Negros 州、地元選出国会議員、地元 38 市町村、大学を訪問し試掘作業の説明を行った。英語が分からない住民向けに試掘作業と環境保護対策についての現地語の漫画を作製し配布した。

また作業中は直近の地元 2 町村へ Community Organizer を常駐させ、リグの進入、アンカリングやブイ設置などのアクティビティーの事前通知を行うとともに、地元からの要望等の窓口とした他、漁業への影響調査として漁獲量モニタリングを実施することとした。試掘作業中リグが海域を占拠することに対する漁業補償としては、漁業従事者に対し米を配給することになった。IEE 作成から IEC 活動までの確なりコメンテーションを与えてくれた SOS 社のサポートなくしては ECC を取得し作業開始に漕ぎ着けることは難しかったと思われる。

その他にも情報開示と意見聴取のため、NGO に対する公聴会が数回開催された。それでも NGO から試掘中止を

求める作業差し止め請求が最高裁に提出された。NGO の訴訟に備えるため鯨等海生哺乳類へ作業が及ぼす影響についてデータを取得する目的でサイトサーベイ中および掘削作業中の水中音響調査を実施した。海洋生物学者がデータを解析した結果、鯨やイルカが発する周波数の音が記録されていることが確認された。

試掘開始直前の 2007 年 11 月 7 日に開催された公聴会において DOE 長官の決定により関係省庁・行政機関・大学・町村・漁民の代表からなる監視チーム MMT (Multi-Partite Monitoring Team) を組織し、JAPEX が ECC を遵守し環境対策をしっかりと行いながら作業を行っているかどうか立入検査も含め監視する体制がしかれることになった。また、テロ活動抑止のためフィリピンの海上保安庁の巡視船と海軍艦艇がリグ周辺海域を国家警察が直近の 2 町村を監視することになった。このような多くの注目と監視の目の中、試掘作業は実施された。

4. 掘削オペレーション

4.1 ロジスティクス

リモートロケーション対策として、資材ベースを Negros 島の San Carlos 港 (ロケーションから 20 km) に、カッティングス処理場を Cebu 島に設置した。しかしながら San Carlos 港は水深が浅く干潮時には船が入出航できないという問題があり、潮汐表を見ながら輸送計画を立てなければならなかった。Cebu 島の Toledo 港 (ロケーションから 12 km) も水深が 4 m とさらに浅く昼間はフェリーが使用するため使用は夜間のみという制限があった。

カッティングス輸送のため喫水の小さいサブライポートを準備し日本から持ち込んだ容量 4.5 m³ のタンク 35 基を回転させて、夕方カッティングスを陸に上げて処理し朝までに空タンクを港から積み出すという作業を実施した。カッティングス処理場は ECC を別途取得し、ピットの造成から輸送・埋立て・固化・復旧まで JAPEX が指導した。業界で働いた経験の全くない地元の人間を昼夜兼行体制で作業に当たらせるにあたっては、ロジスティクススーパーバイザーや HSE マネージャーが直接現地に赴き保護具の着用から玉掛け作業、カッティングスコンテナの取

扱いまで一から指導・訓練を行った。作業服に保護眼鏡を着用して夜間作業しているというので、地元民の中には有害物質を取り扱っているのではないかと勘ぐる者もあったため、Community Organizer を通じて説明を行った。途中 Dewatering 処理したスラッジの pH を下げるためクエン酸で処理を行ったところ、埋め立てピット内のグアーガムの入ったスパッドマッドスラッジが腐敗し悪臭を発するという問題が発生したが、セメントを添加して固化することで対処した。

通常は細かく粉碎して海洋投棄する残飯の処理にも苦労した。DENR の規定を満たす産廃処理場が Cebu 島や Negros 島の海峡に面した町村では見つからず、最終的に島の反対側にある Cebu 市の処理業者（通常 Cebu 市内の産廃のみ処理）に受け入れてもらうまでは Batangas へ行く船便でしか処理できず、リグ上には悪臭が漂うことがあった。また、折からのシンガポールやマレーシア Labuan からの DST 機材や調泥剤輸送も含め、計 4 隻のサブライボートを使った輸送業務にはかなり神経を使った。

4.2 掘削作業

掘削作業はセミサブリグ HAKURYU-5 を用いて実施された。サイトサーベイの結果シャローガスの可能性が判明したため、ロケーションを約 350 m 移動し傾斜パイロット坑と S シェイプの坑跡で複数の目的層を評価する計画が策定された。セメンチングでは海底面までセメントリターンが確認されていたが 30" ケーシング内のセメント浚い中、坑口装置の大きな振動が ROV で観察されたので、トップアップセメンチングを実施した。過去に DrilQuip 社の通常タイプの SS-10 海底坑口装置を使用した際、30" と 18-3/4" の坑口装置間のロッキング機構が壊れ、30" ケーシングの沈下や BOP の揺動が発生するといったトラブルを経験していたため、本井では Rigid Lock Down 式の坑口装置が採用された。海象が穏やかでリグの動揺も小さかったが、廃坑終了まで坑口装置に問題は発生しなかった。

4.2.1 KCl PHPA-Glycol 泥水の性状の悪化

20" ケーシングセット後は KCl PHPA-Glycol 泥水を使用して掘進した。パイロット坑による第一目的層の評価、サイドトラックと作業は順調に進んだ。掘進率が良くカッティングスの量も多い 17-1/2" 坑区間ではコントロールドリリングを実施したにもかかわらずタンク待ちの資材待機による NPT が約半日発生してしまったが、ほぼ計画どおりの日程で 13-3/8" ケーシングを 1,450 m に設置した。12-1/4" 坑までは正常地層圧で 8-1/2" 坑区間で地層圧が上昇すると予想していたが、1,700 m 付近から若干の崩壊ザクとコネクションガスが観察されたため徐々に泥水比重をあげながら掘進した。カッティングス輸送の制約からスラジ発生量が多い泥水の Dewatering 処理も制限され十分な希釈ができず、泥水中に微細ソリッドが蓄積していった。性状の悪化した泥水をザク処理場で直接固化処理することとし 100 kl の泥水をサブライボートに移送しダイリューションを行ったが焼石に水で、泥水性状はどんどん悪化していき、ショートトリップ時にスワビングや大量の団子ザクが観察される

ようになった。2,300 m を超えたところのドリリングブレークでフローが観察されたため最終的に泥水比重を 1.40 SG まで上げて 12-1/4" 坑を 2,463 m で掘り止めた。

4.2.2 バックオフによる抑留

TD 到達後、バックリーミングしながら揚管中、バックオフにより抑留された。循環を回復し抑留から離脱した後のボトムアップでは、厚さ 1 cm 程度の平板状の崩壊ザクが多く観察された。この後の坑内クリーニング中にも激しいバックオフが何度も発生、逸泥とバルーニング現象による泥水のフローバックや本当のキックもあり物理検層を実施するまでに 7 日間を要した。バックオフ状態から循環を回復するには海水に SafeSurf (detergent) を混入したピルをブルヘッドでポンプするのが効果的であった。泥水比重を 1.48 SG までアップし、9-5/8" ケーシングを何とか予定深度 2,455 m まで降下しハンガーをランディングしたものの、バックオフによる逸泥やバルーニング現象が発生し満足できるようなセメンチングはできなかった。

9-5/8" ケーシングシューのスクイズセメンチングを実施後、泥水比重 1.55 SG で 8-1/2" 坑を掘進開始した。2,707 m まで約 240 m バックオフの兆候も崩壊ザクもなく順調に掘進した後、揚管時に 2,570 m でバックオフにより抑留された。約 1 日間ジャーリングを実施したが循環を回復させることもできず全くストリングも動かない状況下、ジャー直下のドリルカラーが破断してしまった。オーバーショットでフィッシュをキャッチして Severing Tool で切断を試みたが失敗、火薬が均等に燃焼せずツールが吹き上げられたのかケーブルヘッド上のワイヤーがキンクした状態で回収された。不運なことに Severing Tool のデブリ（火薬をカバーしていたプラスチックの破片と推定）がフィッシュ頭部に残り、その後ワイヤーライン機器をフィッシュ内に降下できなくなったため採揚を断念し 9-5/8" CSG にウィンドウカットしてサイドトラックを実施するしかなくなった。

12-1/4" 坑、8-1/2" 坑ともに、最初に抑留が発生するまでは掘進中には異常トルクも崩壊ザクの顕著な増加もなく、バックリーミングで揚管中に一瞬にしてバックオフされたという点が共通している。また頁岩比重からは異常高压の区間は 1,700 m から 2,400 m と推定された。抑留深度付近で回収された崩壊ザクを用いて KCl 濃度に対する感受性テストを行ったところ清水にいたサンプルは直ぐに割れ目ができたことから粘土鉱物の水和膨潤も関係していそうなのことが分かった。（図 3）

崩壊ザクは普通あまり見られない平板状のものが多く、ラミナ（葉理）のあるものもあったことから、破碎帯の割れ目を充填していた粘土鉱物が掘削後数日間を経て水和膨潤したところに、リーミングアクションが加えられたことで一挙に崩壊したのが激しいバックオフの原因と推測した。12-1/4" 坑キャリパーログの結果を図 4 に示すが、ごく短いインターバルで坑径が大きく変化しギザギザの形状になっているのが特徴的である。

4.2.3 分散系泥水への転換

サイドトラック実施にあたり坑内を安定させるにはどう

左上:蒸留水
左下:KCL5%
右上:KCL10%
(2日間浸漬後)

図3 崩壊ザクを用いた KCL 濃度感受性テスト

図4 12-1/4"坑キャリパーログ

すれば良いか思案したものの、KCl 濃度はすでに十分高くしていたことから、泥水比重を上げて極力脱水量を減らすしか術は残されていなかった。ソリッドが蓄積した非分散系の KCl PHPA Glycol 泥水は比重増加につれ著しく性状が悪化していたので、シンガポール・日本からの空輸も含め粘性降下剤や調泥剤を緊急輸入し、(株)テルナイトの技術援助を受けながら泥水を分散系に転換した。袋詰めパライトの在庫がマニラで見つかったというのでバルクにしてリグに受け入れようとしたところ直ぐにラインがプラグしたの

でチェックしたところ、嵩比重がパライトより低い混ぜ物パライト（炭酸カルシウムなどが混入されていたことが後で判明）だったというようなトラブルもあった。最終的に比重 1.80 SG の KCl リグネート泥水でなんとか 3,170 m の掘止めまで到達したものの、それでも途中何十回となくバックオフにより一時抑留状態になった。最大泥水比重として計画では 1.45 SG を想定していたが、坑壁安定性を考慮した泥水タイプ選定と比重設定という点ではエンジニアリング、ロジスティクス両面で準備が足りなかったと反省させられた。

4.2.4 MMT の活動

11 月中旬の活動開始から 2 月末の作業終了後の最終ミーティングまで、6 回のミーティング、3 回のリグ視察とリグ廃水、サンプル取得、2 回のリグ周辺海域視察、4 回の海水サンプリング、1 回のカッティングス処理場視察が実施された。MMT のメンバーである JAPEX オペレーションマネージャーにとって MMT 関連業務は大きなワークロードとなった。しかしながら、抑留とサイドトラック実施に伴い ECC の作業期間延長が必要になった際、JAPEX の作業が IEE を遵守し環境に悪影響を与えずに進められていることを MMT が PAMB に対して証言してくれたことが決め手となって PAMB の承認が得られ、作業を中断することなく試掘作業を完遂することができた。

5. おわりに

地元の理解をいかに得るかというのが、ECC 取得のみならずその後の作業を円滑に進める上でもポイントであった。地方自治の意識が高いフィリピンでは、IEC 活動で地方自治体に対し積極的に働きかけを行ったのも大変有効であった。また IEE に記載した環境マネジメントプランを地道に実行する姿勢を徹底し、MMT による監視活動への協力、Cebu 州知事 / 報道機関による視察受け入れなど、積極的な情報開示を行ったことが、結果的には環境保護区内で作業を行う際の必須条件である関係機関、地元からの信頼とサポートに繋がった。特に、MMT への対応には多大な労力と時間を費やしたが、PAMB での証言のみならず、作業後の記者会見で JAPEX の作業を高く評価するコメントを出してくれるなど、結果としては我々の作業に対する大きな支えとなった。