講 演
Lecture

ムバラス油田における ESP 採油の実績と課題について*

倉 又 秀 祥**

(Received August 28, 2009 ; accepted November 9, 2009)

ESP performance in Mubarratz Field

Hideaki Kuramata

Abstract : Abu Dhabi Oil Co., Ltd. (ADOC) is currently operating three oil fields offshore Abu Dhabi; Mubarratz Field, Umm Al-Anbar (AR) Field and Neewat Al-Ghalan (GA) Field. In the Mubarratz Field, ESP's (electrical submersible pump) have been installed as an IOR method. The first ESP was installed in 1975 and over 320 ESP's have been installed and operated since then. At present, all 44 wells are ESP wells, and approximately 10 workovers are carried out annually. Numerous improvements have been applied to the ESP assembly to increase the lifetime of the ESP's. Currently, the average running lifetime is 3 to 4 years, and the maximum running lifetime is 4,077 days (11.2 years).

Keywords : ESP, Improvements of ESP Assembly , Material of ESP Assembly, High Temperature and corrosive downhole environment

1. はじめに

アブダビ石油株は ESP 採油についての経験を 30 年以上有し、これまで 320 以上の ESP の設置と運転操作を行ってきた。ESP は技術改良を重ね、現在の編成にて至っている。また運転操作においても種々の対策を導入してきた。その ESP 編成の改良点、ESP 設置・運転操作、稼働実績と今後の課題について紹介する。

2. 操 業 概 要

アブダビ石油株は、ムバラス油田、ウム・アル・アンバー (AR) 油田、ニーワット・アル・ギャラン (GA) 油田の 3 油田の生産操作を行なっている。アラブ首長国連邦国アブダビ市から、ムバラス油田が約 60 km, AR/GA 油田が約 100 km の距離に位置する (図 1)。

ムバラス油田は、1973 年に生産開始し、1975 年より ESP (electrical submersible pump, ダウンホール電動ポンプ) 採油を採用し、現在では全 44 坑井が ESP 坑井となっている。ムバラス油田の生産流体は、

Central Facility Platform (CFP) と呼ばれる海上集油施設を経由して原油処理施設および出荷設備のあるムバラス島に送られ、AR 油田と GA 油田の原油とともに出荷される。

3. ムバラス油田の概要

ムバラス油田は北々東から南々西に延びる 2 系列の大きな背斜構造があり、その中に 3 つの主要模構造が存在する。油層は白亜紀のタママ層群の 2 層から 6 層であり、垂直方向に展開した複数の小規模な油層から成り立つ。

各油層の層厚は薄く、オイルコラムも小さく、層厚・孔隙率・浸透率などの岩石特性は各油層によって異なる。各層によって底水押し型油層と端水型油層が存在し、底水押し型油層は水押しが強く、必然的に水付きが早く、含水率も高い。

生産ガス油比は各層によって異なるが、平均 400 scf/stb と低く、不飽和油層となっている。油層流体はアスファルテン析出の傾向を示し、下部層の油層流体中の H₂S と CO₂ 濃度は比較的高い。また、油層流体と地層水はエマルジョンを生成する場合がある。

油田の大きな特徴として、油層深度が約 8,800 ft から 11,000 ft と深い高温環境下であり、ESP にとっては厳しい環境であるため、寿命を延ばすためにさまざまな改良が必要とされて来た。油層温度は 11,000 ft で約 270 degF, ESP 設置深度 7,000 ft で約 200 degF となっている。

これらの油層特性に加え、海上油田で各プラットフォーム当たりの坑井数が少ないこと、他の人工採油は施設が大きくなること、既存の電気設備が利用可能だったこと、また油層が深いために、高いリフティングエネルギーが必要であることから、ESP 採油が最適と考えられた。

ESP 坑井数の推移を図 2 に示す。1975 年以降、ESP 坑

*平成 21 年 6 月 4 日、平成 21 年度石油技術協会春季講演会開発・生産部門シンポジウム「スマート・オペレーション～生産操作の課題と対策」で講演 This paper was presented at the 2009 JAPT Development and Production Technology Symposium entitled "Smart Operations, New techniques to solve operating problems" held in Tokyo, Japan, June 4, 2009.

**アブダビ石油株 Abu Dhabi Oil Co., Ltd.

図1 フィールドレイアウト

図2 ESP 坑井数の推移

井数は増え、現在では全 44 坑井が ESP 坑井となっている。また、折れ線で示されるのは 1 年間に実施された ESP 改修・設置回数（新規設置も含む）である。現在では 1 年間に平均 10 回の改修作業が実施されている。

4. ESP 編成

アブダビ石油㈱で採用している ESP の標準編成を図 3 に示す。ケーブル以外の ESP 編成はシュルンベルジェ・レーダ社のものを採用し、ケーブルについては日立電線㈱のものを採用している。

ESP の設置深度は 7,000 ft となっている。以前は 4,000 ft 付近に ESP を設置していたが、現在は油層圧の低下した油層に対応する目的およびアンニラスの液面のコントロー

図3 ESP 標準編成

ルを容易にするために、7,000 ft に設置している。設置深度が深くなれば坑内温度も高くなり、ESP の寿命に悪影響を及ぼすと考えられるが、実際は設置深度 4,000 ft と 7,000 ft による稼働日数の違いは見られなかった。このため、現在では 7,000 ft の設置深度を標準として採用している。

4.1 ポンプ

ポンプはシュルンベルジャ・レーダ社の多段式遠心ポンプを採用している。ESP のポンプは1段（1 ステージ）がインペラとディフュザから構成され、それらが積み重なって多段となっている。インペラはシャフトとともに回転する機構となっており、またポンプ上下にはシャフト保持のためのシャフトベアリングが設置されている。

現在採用しているポンプの大きな特徴としては、各部品の材質が挙げられる。

(1) ライトン製のインペラを採用

ライトンはポリフェニレンサルファイド (Polyphenylene Sulfide) と呼ばれる、フェニル基（ベンゼン環）とイオウ (S) が交互に繰り返される分子構造を持つ結晶性の高性能エンジニアリング プラスチックである。「ライトン」自体は Chevron Phillips Chemical 社の製品名である。

ライトン製のインペラの利点は以下のとおり。

- ・耐熱性に優れている（温度変化による変形が少ない）
- ・耐腐食性に優れている
- ・軽量
- ・ケミカルに対する安定性

逆にライトンインペラのデメリットは強度が弱いことである。ポンプにはインペラをシャフトに固定する方法の違いによって、フロータータイプ、コンプレッションタイプに分類される。コンプレッションタイプはインペラの位置を固定するため、ディフュザとの摩擦を防ぐことができ、インペラのポジションコントロールには最適である。ただし、コンプレッションリングによってすべてのインペラをシャフトに固定するために、強度が弱いライトン製はコンプレッションタイプを使用することができない。

当社としてはインペラの強度（ポジションコントロールが最適）より材質が重要と考え、ライトン製のインペラを採用している。また、コンプレッションタイプはインペラとディフュザの位置を適正に保つために降下時にシミング作業が必要となる。いっぽう、フロータータイプはシミング作業が必要でないために、ESP 編成降下時における作業

がより簡便であるのもフロータータイプの利点である。

10 年以上稼働した ESP であっても、ライトン製のインペラにはダメージや腐食は見られていない。

(2) インコネル製のシャフトを採用

耐腐食性および高トルクに対応する強度を持つインコネルのシャフトを使用。ポンプのシャフトは油層流体と直接触れるため、耐腐食性の強い材質が必要となる。

(3) ARZ シャフトベアリングを採用

ポンプの信頼性に大きく影響する要因の1つはシャフトの安定性であり、これはシャフトベアリング・ブッシングに依存する。

ポンプの上下には ARZ シャフトベアリングを設置している。ARZ は Abrasion Resistant Zirconia の略で、ジルコニアセラミックの材質である。シャフトのブッシングおよびシャフトのスリーブに使用されており、ポンプの振動がプロテクタやモーターに伝わらない役目を果たす。

ポンプは標準化を行い、2 種類の異なる生産レンジを持つポンプを保有し、それぞれ2～3種類の異なる段数を持っている。これらを組み合わせることで各坑井のポンプステージ数が決められる。各坑井のポンプステージの決め方については後述する。

4.2 インテイク / ガスセパレータ

インテイクもしくはガスセパレータはポンプのサクション部に位置し、ガスセパレータの方はガスがポンプ内に入らないように外へ逃す機構となっている。

各坑井の産出能力、油層圧力、スケール析出を考慮し、インテイクもしくはガスセパレータが選択される。例えば、産出能力やサクション圧が低い坑井についてはガスセパレータが採用される。ムバラス油田の坑井挙動は各油層によって異なるため、インテイクもしくはガスセパレータの選択は重要な事項となっている。

また、ポンプ同様、シャフトの強化および安定性のためにインコネルのシャフトと ARZ シャフトベアリングが採用されている。

ガスセパレータは構造が簡単であり、信頼性が高いものを採用するという考え方から、リバース フロータイプのガスセパレータを使用している。このタイプは、重力分離によってガスが分離される機構となっている。ポンプがガスを吸い込むとガスロックなどが発生し、強度に欠けるライトン製のインペラは割れてしまい、大きなトラブルの原因となるため、ガス処理の観点からインテイクとガスセパレータの使い分けを行う必要がある。

4.3 プロテクタ

プロテクタはラビリンスタイプのタンデム プロテクタシステムを採用している。プロテクタの機能としては、モーターへの生産流体の侵入防止、起動・停止時のモーターオイルの流動確保、モーターオイル冷却用付加エリア、シャフト荷重保持が挙げられる。

ESP 導入初期はモーターへの水侵入によるトラブルが多数発生し、この対応のためにタンデムプロテクタを採用した。

表 1 ポンプの各タイプの比較

ポンプはどのタイプにおいてもインペラは横方向の動きに対してはシャフトに固定され、インペラとディフュザとの横方向の位置関係を保たれる。ポンプのタイプはインペラの縦方向に対する固定方法により分類される。	
タイプ	特 徴
フローター	フロータータイプの場合、インペラはシャフトに対して縦方向には自由に動く。
コンプレッション	インペラがシャフトに対して縦方向に動かないようにコンプレッションリングによってシャフトに固定される。インペラの位置をコントロールするには、最も優れている。ただし、上述したようにコンプレッションリングに耐え得るインペラの強度が必要。また ESP 降下時に Shimming が必要。

また、HP モーターの場合 ESP 起動時に温度が大きく上昇し、モーターオイルの受けは容量が大きい必要があるため、バグタイプより容量の大きいラビリンスタイプを使用している。

4.4 モーター

モーターはシュルンベルジェ・レーダ社の RA-S モーターを採用している。当社の編成の大きな特徴としてはタンデムモーター編成を使用せず、モーターを 1 つしか用いてないことが挙げられる。これは ESP のウィークポイントとなる坑内の電気コネクションの箇所数を最小限に抑えることを目的としている。

また、モーターは変圧器を介して 2,115 V の高電圧のものを採用している。この目的は電線路での電圧降下や開閉器具の経済性やケーブル技術上の問題を少なくすることである。

また 180 HP の高馬力モーターを採用し、馬力に余裕を持つことでモーターの発熱量を制限することができる。生産流体の比重の変化にも楽に対応可能である。十分な安全率を確保することで、モーターへの負担の軽減を図っている。

モーターのベースには UMB (universal motor base) が設置されている。UMB の機能は 2 つあり、(1) モーターオイル内の金属粉のフィルタ、(2) モーターに侵入した水の水受け。モーターオイルの中にはシャフトブッシングやスラストランナーの摩耗によって生じた金属粉が含まれている。これらの金属粉は絶縁体を傷付ける可能性があり、モーターオイルの循環中に UMB のフィルタを通すことでこれらの金属粉を取り除く。

また、モーターに侵入した水のサンプの役目を果たし、水を貯める機構となっている。

4.5 ケーブル

ESP ケーブルは日立電線㈱製のものを使用し、地上からラウンドケーブル、フラットケーブル、エクステンションケーブルおよびモーターとの接続部のポットヘッドから構成される。図 4 にケーブルの概要図を示す。

ラウンドケーブルは BIW 社製のもので、ケーブルの上部に位置し、約 30 ft から構成される。フラットケーブルは約 7000 ft あり、エクステンションケーブルは ESP 編成に沿った部分であり、約 50 ft の長さを持つ。

フラットケーブルの概念図を図 5 に示す。3 線の銅線が絶縁体の EDPM (ethylene propylene terpolymer)、鉛被、座床 (oil resistant tape bedding) で覆われ、ガルバナイズスチールアーモア (Galvanized Steel Tape Armor) で束ねられている。なお、ラウンドケーブルのアーモアはステンレススチール、エクステンションケーブルはモネルとなっている。

ESP 導入初期はケーブルの問題が多数発生した。そのため、ムバラス油田の高温・腐食環境下に耐え得るケーブルのデザインが取り入れられた。これまでの主な改良点は以下のとおり。

図 4 ESP ケーブル概要

図 5 フラットケーブル

(1) ケーブルの接続工程の変更

導入初期はラウンドケーブルとフラットケーブル、フラットケーブルとエクステンションケーブルの接続作業を ESP 編成降下時に行っていた。これらの接続箇所が地落などの問題が多く発生したため、すべての接続作業を工場で行うこととし、現在は降下時の接続作業は行わない方針となっている。

(2) ポットヘッド材質

ポットヘッドの材質はモネルを採用している。以前は銅合金を使用していたが、1993 年により耐腐食性の強い材質の検討が実施された。モネルと SM2535 が候補として挙げられ、腐食テスト、剥離テスト、引っ張りテスト、ハンダとの付着性の検討の結果、モネルが採用されている。

(3) ポットヘッドのベルゾナコーティング

ポットヘッド本体の材質はモネルに変更され、耐腐食性が強化されたが、ポットヘッドのハンダ部分の耐腐食性が

弱いことから、ベルゾナ コーティングを施すことにしている。ベルゾナはセラミック性高分子樹脂のライニング剤で、耐腐食性に優れている。また、加熱硬化により、温度上昇に伴う物性値低下が緩やかで、高温環境下に対応可能であることから、ベルゾナ製品を採用している。2007 年にはベルゾナの種類を変更し、より耐熱性の高い種類に変更している。

(4) 鉛被管の厚さ変更

ケーブルの保護には鉛被管を採用しているが、鉛、銅、テルリウムの特長合金 (Pb-Cu-Te) が使用されている。フラットケーブルの強度を増強させるために、2005 年に鉛被管の厚さを 0.9 mm から 1.2 mm に変更している。

また、エクステンションケーブルについても 0.7 mm から 1.2 mm に変更している。

4.6 その他の編成

上記のポンプ、インテイク・ガスセパレータ、プロテクタ、モーターが ESP 編成の主要機器であるが、それら機器の上にブリーダーバルブとチェックバルブが設置されている。

チェックバルブは ESP 停止時にチュービング内流体の ESP への逆流防止を目的としている。チュービング内のスケールがポンプ内に入らないようにし、逆流によるシャフトの圧力負荷およびねじれ発生防止を目的としている。

ブリーダーバルブは改修作業中のキルウェル作業でキルウェル流体を循環可能にするツールである。通常スリック

ラインにより、2つのピンを切断することでチュービングとアニュラスが導通し、循環可能となる。チェックバルブがあるために、ブリーダーバルブのピンを切らないと循環可能できない。

スケールなどによりスリックラインによってブリーダーバルブを切れない場合はコイルドチュービングによってピンが切られる。コイルドチュービングでもブリーダーピンが切れない場合は、ワイヤラインによるチュービングパンチャーによってチュービングに穴を開け、循環を行う。

チェックバルブ、ブリーダーバルブ両アイテムとも耐腐食性向上のため、ステンレス鋼を使用している。

5. ポンプステージ数の決定

ポンプのステージ数については各坑井毎にポンプデザインを行い、降下するポンプのステージ数を決定している。

ポンプパフォーマンスカーブは自社開発のソフトウェアを用いて作成している。図 6 にポンプパフォーマンスカーブの例を示す。図 6 のポンプパフォーマンスのカーブはステージ数 182 段、220 段、258 段のカーブが示されている。坑口圧はおおよそ 700 psi を目安にコントロールされ、ポンプ運転の適正範囲などを考慮してポンプのステージ数が選択される。図 6 のポンプパフォーマンスカーブの場合、坑口圧を 700 psi でコントロールすると、ステージ数 182 段はポンプ運転の適正範囲から外れ、この坑井に対しては適当でない。ポンプパフォーマンスから判断すると 220 段

図 6 ポンプ パフォーマンス カーブ

と 258 段は両方とも適用範囲内にある。

次に考慮されるのが、チョークによるコントロールである。右肩上がりの直線がチョークサイズの線を表し、ポンプパフォーマンスのカーブとの交点を考えた場合、ポンプパフォーマンスのカーブが立ち過ぎているとチョークによる流量・坑口圧のコントロールが難しくなる。ただし、今回の 220 段と 258 段は両方ともチョークサイズによるコントロールは問題ない。

最終的に考慮されるのがアニユラス液面のレベルである。DFLevel と表される右下がりの曲線がアニユラスの液面を示している。258 段のポンプを選択した場合、液面が 5,000 ft 近くなり、比較的深い深度になる。220 段の場合、4,000 ft 以深となり、液面のコントロールも容易と考えられる。

結果的に今回、例として示したポンプパフォーマンスの場合、220 段のポンプステージを選択することとなる。これはポンプステージ数の決め方の一例であるが、各坑井によって各種事項の検討を行い、ポンプステージ数の決定が行われる。

6. ESP 編成の標準化

現在、ESP 編成は上記した編成を標準として採用している。標準化して各編成の規格を統一することで、以下の利点がある。

- ・在庫数の最小化
- ・保管期間の削減
- ・設置作業の標準化
- ・購入の簡略化

標準化は ESP の稼働日数を伸ばすためにも非常に重要な要因である。以前は多種類の編成があり、在庫数の増加、長期在庫の増加、選択の複雑さといった問題があった。現在の標準編成は表 2 の通りの仕様となっている。

7. ESP 編成改良の歴史

表 3 にこれまでの ESP 編成改良の歴史についてまとめる。

8. 主な問題とその対処法

8.1 スケール問題

ムバラス油田においては 2 種類のスケール問題、無機ス

表 2 ESP 編成の標準仕様

ユニット	仕 様
ポンプ	400 Series, Enhanced Stabilization, High Strength Shaft, ARZ Bearing, REDALLOY
ガスセパレータ	540 Series, Reverse Flow Type, High Strength Shaft, ARZ Bearing, REDALLOY
インテイク	400/540 Series, High Strength Shaft, ARZ Bearing, Without Screen, REDALLOY
プロテクタ	540 Series, LSLSLSL, REDALLOY
モーター	562 Series, RA-S Type, Upper Tandem, 180 HP, 2115 V, 51 A, 60 Hz, With Universal Motor Base, REDALLOY

表 3 ESP 編成改良の経緯

年度	改良点
1981	ケーブルの改良
1983	スケールインヒビター圧入開始
1986	マルチ段のプロテクタ採用 設置深度 7,000 ft に統一
1989	ESP ハウジングの材質を REDALLOY に変更
1992	O-Ring の材質をアフラスに変更
1993	ポットヘッド本体の材質をモネルに変更
1996	ESP 編成の標準化 (ポンプ ARZ ベアリング, モジュラタイプデュアルプロテクタ) 新しい坑口装置の導入
1997	ポットヘッドのベルゾナコーティング
1998	チェックバルブのデザイン改良
2005	フラットケーブル鉛被管厚さ変更 (0.9 mm→1.2 mm)
2007	モーターを 540 シリーズから 562 シリーズへ変更

ケールと有機スケールの問題が発生する。スケール発生によりサクシオン詰まり(坑口圧力の低下)やシャフトスタック(オーバーロード)が引き起こされる。

無機スケールは炭酸カルシウム (CaCO_3)、硫酸カルシウム (CaSO_4) であり、無機スケールの析出抑制のために改修作業時のスケールインヒビターの圧入を実施している。また、酸処理で使用するブラインの pH が高いとスケールが析出すると考えられ、酸処理時のブラインを適切に保つように努めている。

有機スケールはいわゆるアスファルテン問題であり、アスファルテン溶解のためにアニユラスへのキシレンの定期的な圧入を実施している。また、必要に応じてキシレンのバッチ圧入も実施している。

8.2 腐食問題

高含水率および地層流体中の CO_2 濃度が高いことから (215 psi/100 degF で分離したセパレータガスの CO_2 濃度が約 5 mole%)、ムバラス油田は高腐食環境下にあり、腐食問題も大きな課題となっている。表 4 に腐食対象とその対応についてまとめる。

9. ESP 設置

改修作業時の ESP 設置作業も ESP の寿命に非常に重要

表 4 腐食箇所とその対応

	腐食箇所	対応
ESP 編成	ハウジング	モネルハウジングに変更
	ポットヘッド	モネルへの材質の変更およびベルゾナコーティング
仕上げツール	チューピングリーク	チューピンググレードの変更 (SM-90S < 1 Cr >)
	ブリーダーバルブ・チェックバルブのリーク	材質を炭素鋼からステンレス鋼へ変更
その他	ケーシングおよびライナーの腐食	アイソレーションツール、タイバックライナーの設置

である。アブダビ石油株の掘削技術者と電気技術者が独自で ESP の設置作業を実施している。ESP コントラクタを使用せず、独自で ESP の設置作業を行っているのは大きな特徴であり、それをもとに 30 年以上の経験を有している。リグコントラクタも ESP について十分な知識を有し、細心の注意が払われて ESP 設置作業は行われる。また、ESP 設置および引き揚げ時のレポートを作成し、作業の記録を残すようにしている。

10. ESP 操業概要

坑口圧、アニュラス圧、ポンプロード、ライン圧は DCS (distributed control system) を通じて常時モニターされる。アニュラスの液面は月に 2 回、音波測定器により測定される。この測定の結果をもとに、ビーンサイズの調整などにより液面を適正に保つように注意がなされている。また、各坑井の BS&W は月に 2 回測定される。スケール析出の兆候があった場合は、チョークバルブの点検も行われる。

ESP の運転操業において大きな役目を果しているのがアニュラスへのキシレン圧入であり、1 年に 2 回、キャンペーンとして実施される。アニュラスへキシレンを圧入し、インテイク（もしくはガスセパレータ）付近に析出したスケールを溶解する。反応したキシレンは、チュービングから生産流体とともに生産される。

キシレン圧入キャンペーン開始後、スケール問題は大幅に削減された。スケール析出の兆候が見られた場合は、バッチ圧入も実施される。

11. 解体検査

ESP の解体検査は停止原因を確定し、トラブル発生パーツを特定するのに非常に重要な作業である。アブダビ石油

株の技術スタッフ立ち会いのもと、揚管したすべての ESP について解体検査を実施している。UAE 国内のシュルンベルジェ・レーダ社のヤードに揚管した ESP 編成を送り、1 年に 4 回ヤードを訪問し、まとめて解体検査が行われる。停止原因のパーツの追究だけでなく、その他のパーツも検査し、トラブル発生の兆候がないか調べ、さらなる信頼性向上と改良の可能性を追究することが大事となっている。

12. 稼働実績

1975 年から 2006 年まで設置した ESP の稼働実績について図 7 に示す。図 7 はその年に設置した ESP の平均稼働日数と最長稼働日数を示している。

平均稼働日数はその年度に設置した ESP の稼働日数の合計を、その年度に設置した ESP の個数で割った値である。ESP の稼働実績を示す方法には他にも手法があると思われるが、技術改良による稼働日数の増加を評価するために、この計算方法を採用している。

図 7 に示されている棒グラフの上の値は、分母がその年度に設置した ESP の本数、分子が現在も稼働中の本数を表している。近年設置した ESP はまだ稼働中のものも多く、上述の計算方法を使用しているため、平均稼働日数が短くなっているが、今後も延び続ける見込みである。

現在、平均稼働日数は 3 ～ 4 年であり、各種の改良を重ねて延びて来た。また、最長稼働日数は 4077 日（約 11.2 年）となっている。その時々の問題点を追究して各種改良を重ねて、平均稼働日数が延びているのが分かる。ESP 設置開始当初はケーブルの問題が多く発生し、1980 年代初めに改良が加えられた。また同時期にモーターへの水の侵入の問題があり、マルチ段のプロテクタを採用している。その結果、1980 年代前半から平均稼働日数が大幅に増加した。

図 7 ESP 稼働実績

また、1980年代後半は腐食問題が多く発生したため、ESP 編成のハウジング材質の変更や O-ring の材質変更が行われ、さらに稼働日数は延びている。

13. 今後の課題

以上、各種改良を重ねて来た ESP の運用実績について述べたが、今後さらに ESP の寿命を延ばすために取り組まれている課題は以下のとおり。

- ・産出能力が低く、生産ガス油比が比較的高い油層については、新しいガスセパレータやガス処理装置の検討。
- ・プロテクタのシャフトスリーブとベアリングの材質をブロンズベアリングから ARZ へ変更の検討。
- ・プロテクタのシャフトシールの改良の検討。
- ・産出能力が高い坑井への大容量ポンプの適用。
- ・ESP 改修作業中のキルウェル作業は通常、掘削リグでスリックラインを使用してブリーダーバルブの切断後実施しているが、今後リグ作業前にワークポートおよびスリックラインを使用してピンを切断後にキルウェル作業を実施することにした。これにより、キルウェル作業にかかるリグ作業時間の短縮を図ることができる。

14. 結語

以上、ESP の運転操業について 30 年の経験を有し、各種改良を重ねて来た。今後もさらなる寿命の延長のために、

対策を続けていきたい。

謝 辞

今回アブダビ石油㈱の ESP ついてまとめさせて頂いたが、これまでの長い歴史の中で ESP 設置・運転操業・各種改良に関わって来られた方々に本稿を借りて感謝申し上げます。また、講演および投稿に際し、資料の発表を許可された日立電線株式会社とアブダビ石油株式会社に感謝致します。

SI 単位換算係数

ft × 3.048 *	E - 01	= m
inch × 2.54 *	E - 02	= m
psi × 6.894757	E + 03	= Pa
bbl × 1.589874	E - 01	= m ³

* は正確な値

引 用 文 献

- Miwa, M. and Yamamoto, Y., 1989 : Field Performance of Submersible Oilwell Pump in Mubarras Field, Offshore Abu Dhabi, U.A.E. SPE-17968, MEOS, March 1989
- Miwa, M., Yamada, Y. and Kobayashi, O., 2000 : ESP Performance in Mubarras Field. ADIPEC-0957, 9th ADIPEC, October 2000.