

目次

1. 第1回海洋産出試験の坑内試験システム概要
2. 設計と運用
3. 生産井で取得したデータ
4. 評価と今後の取り組み

海洋産出試験の生産技術

西岡文維 (JOGMEC)

MH21フィールド開発技術グループ

平成26年11月25日

メタンハイドレートフォーラム2014

東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム
 Research Consortium for Methane Hydrate Resources in Japan

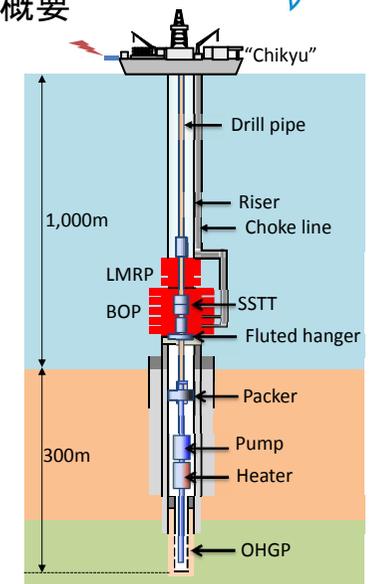
設計要件と指針

- 基本要件
 - 目標圧力まで坑底圧を減じ、且つ一定期間それを維持
 - MH分解とメタンガス生産性に係る情報として、坑内温度圧力を測定
- 設計の指針
 - 安全性(人身事故、環境破壊、事故防止)
 - 確実性(設計条件、工程、作業手順、作業基準等の遵守)
 - 目的の達成(フローテストの完遂)
- 基本方針:
 - 試掘井の生産性評価に使われる Drill stem testing (DST) のシステムを参考に、実証された既存機器を使用



システムの概要

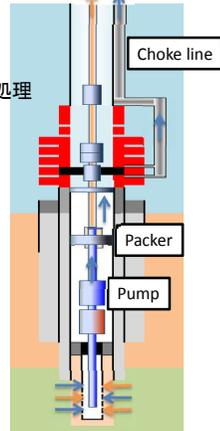
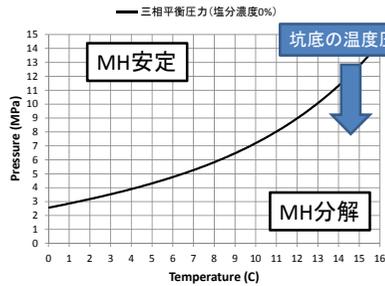
- Offshore DSTとの類似点:
 - 掘削ライザー内に、テストストリングを降下
 - 坑井離脱に必要な切り離し装置
 - 生産ガスは船上でフレアリング
- MH生産の特殊性を考慮した部分:
 - 坑内気液分離および間接減圧(ポンプ及び2本の生産ライン)
 - ハイドレートの再生成防止対策(ヒータ)
 - 坑内機器の低温対応(バッカー等)
 - 出砂対策(Open-hole gravel pack)



間接減圧の方法

□ 手順:

- ① 地層と坑内を導通させておく。
- ② ポンプ開始。掘管及び坑内の水を船上に排出。
- ③ 坑井近傍の地層圧力が低下。MHの分解条件になりガス生産が開始。
- ④ 主にパッカーの下で水とガスを分離。ガスを掘管から、水をチョークラインから船上に回収・処理
- ⑤ 坑内ポンプとチョークで排出する水量を調整し、坑底圧力を調節する。



5

設計及び運用の考慮点

□ 設計・調達

- ポンプのガス対策
- 減圧を実現するためのモニタリングシステム
- 船上機器の高調波歪の対策 (船のDPSへの影響)
- ケーブルを含むライザーの緊急時切り離し

□ 運用

- リモートエリアでの試験
- 船の動揺
- デッキスペースの制限
- 複雑な坑内機器の設置



既存の切り離し装置 (Subsea test tree) にケーブルコネクタを収納するスリーブを装着

6

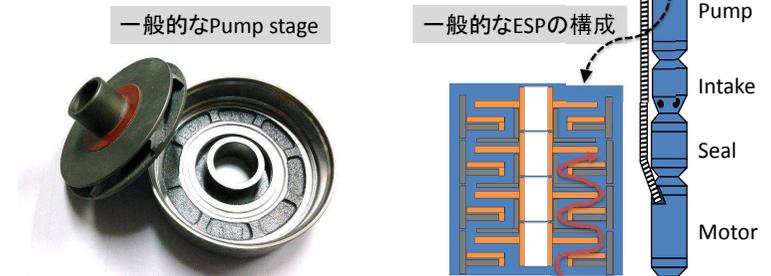
坑内ポンプの設計

1. 第1回海洋産出試験の坑内試験システム概要
2. 設計と運用
3. 生産井で取得したデータ
4. 評価と今後の取り組み

□ 坑内ポンプは減圧法のキーコンポーネント

□ Electrical submersible pump (ESP)を選定

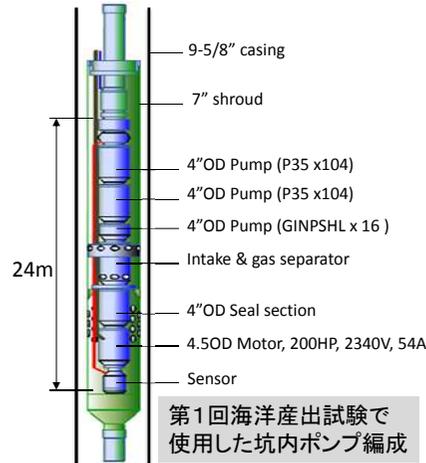
- 幅広い流量に対応
- MH陸上産出試験での実績
- ただし扱えるガス比率に制限
- 電源ケーブルの坑内設置が必要



7

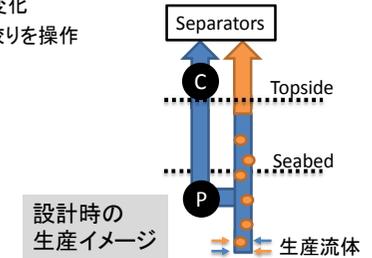
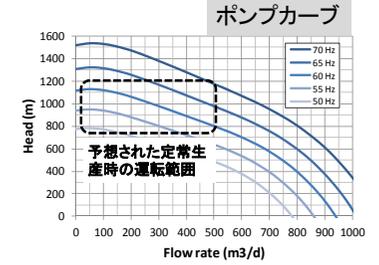
8

坑内ポンプの設計



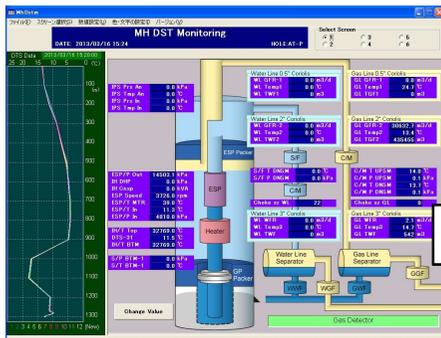
坑内ポンプの設計

- 坑内ポンプの設計要件
 - 水生産レート0~500m³/d (生産量予測の不確実性を考慮)
 - 昇圧量0~約12MPa (減圧段階ごとに必要な昇圧量が変化)
- ポンプ流量・昇圧量の制御
 - ①VSDによりポンプの回転速度を変化
 - ②サーフェスのチョークバルブの絞りを操作

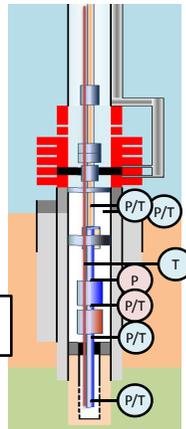


生産モニタリング

- マッドロギングルーム及びオペレータールームで生産状況を常時モニタリング
 - 坑内温度・圧力
 - ポンプの運転状況
 - ガスと水の生産レート



坑内の温度圧力センサ設置箇所

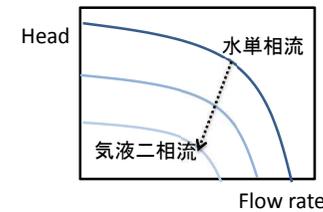


取得データを集約して表示

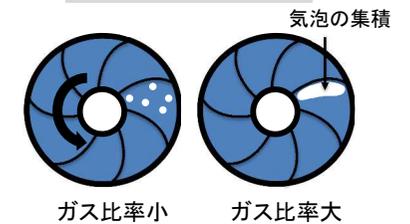
ガス対策の必要性

- ESPはガスに弱い
 - ステージ入口のガス容積比 (GVF) が10-25%を超えると流量とヘッドが低下
 - 最悪の場合ポンプできなくなり、ポンプを一旦停止する必要あり → "gas locking"と呼ばれる現象
 - ESPの周囲で最大80%GVF、またスラグ流の発生が予想された

ガスのポンプカーブへの影響



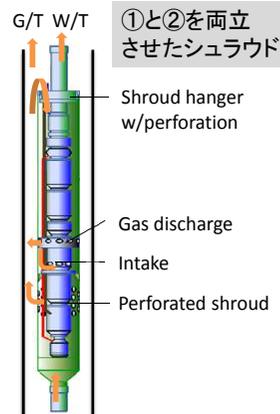
ヘッド低下のメカニズム



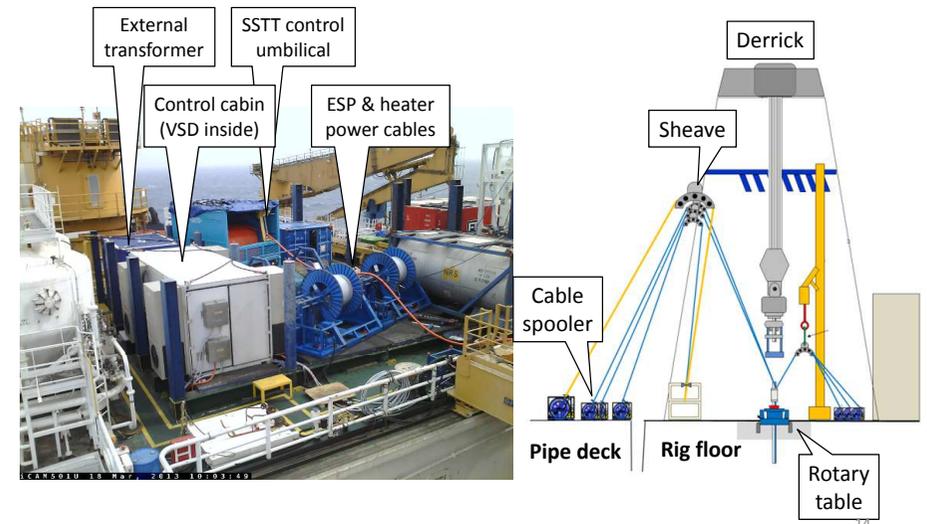
ガス対策の必要性

□ 3重のガス対策を採用

- ① シュラウドによる重力分離
- ② Vortex タイプのガスセパレータ
- ③ ガス対策用のポンプステージ



坑内機器の設置作業



坑内機器の設置作業

□ ケーブル類の取り扱い

- シール箇所の通過とスプライシング
- 特注のケーブルクランプ
- 坑内アッセンブリ降下中の通信テスト
- 急な減圧によるケーブルの損傷予防



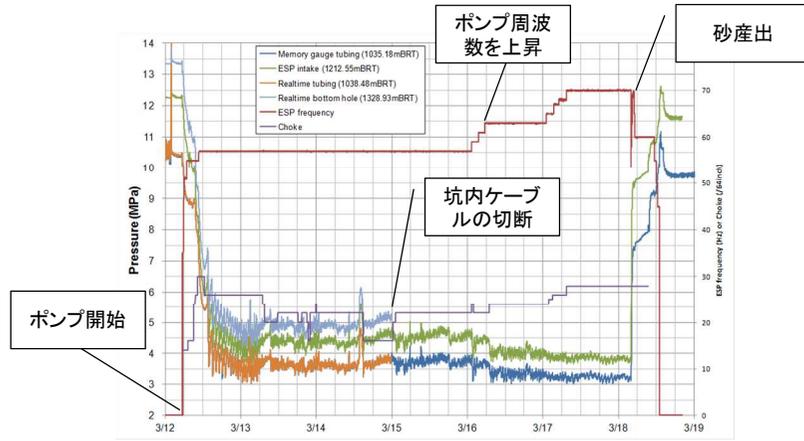
パッカー上部



ケーブルクランプ

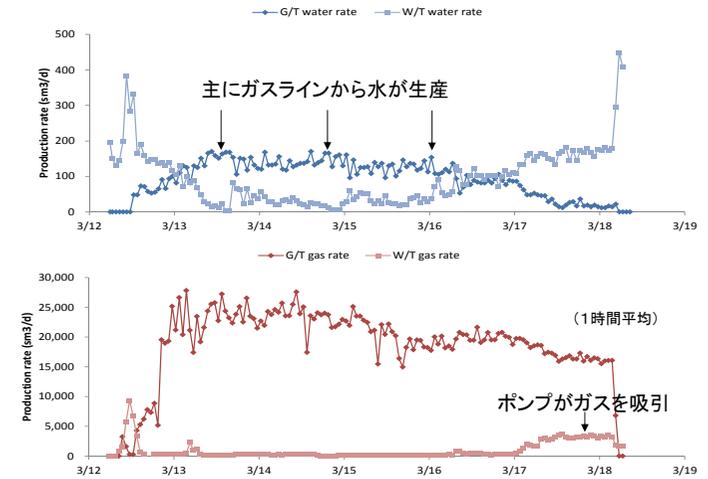
1. 第1回海洋産出試験の坑内試験システム概要
2. 設計と運用
3. 生産井で取得したデータ
4. 評価と今後の取り組み

坑内の圧力データ



17

生産レートの推移



18

1. 第1回海洋産出試験の坑内試験システム概要
2. 設計と運用
3. 生産井で取得したデータ
4. 評価と今後の取り組み

19

生産試験システムの評価

Q. 第1回海洋産出試験システムは、2つの基本要件を満たしたか？



A. 坑内の減圧制御

- 坑底圧を減じて維持し、6日間の生産試験に成功
- △予想と異なり、ガスと水がスラグ流の状態でガストレインから生産
- △生産終了後にBOPラムが開かない事象が発生

A. 坑内温度・圧力の測定

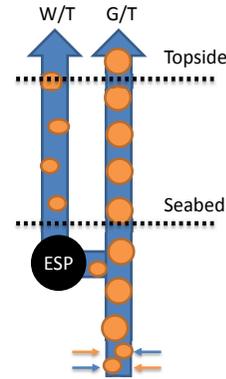
- 複数のケーブルを損傷せずに坑内に設置し、MH層の生産性と試験システムの評価に資するデータを取得
- △一部のデータが取得できず

20

坑内気液分離に関する解釈

□ 平均生産レートが比較的大きかった

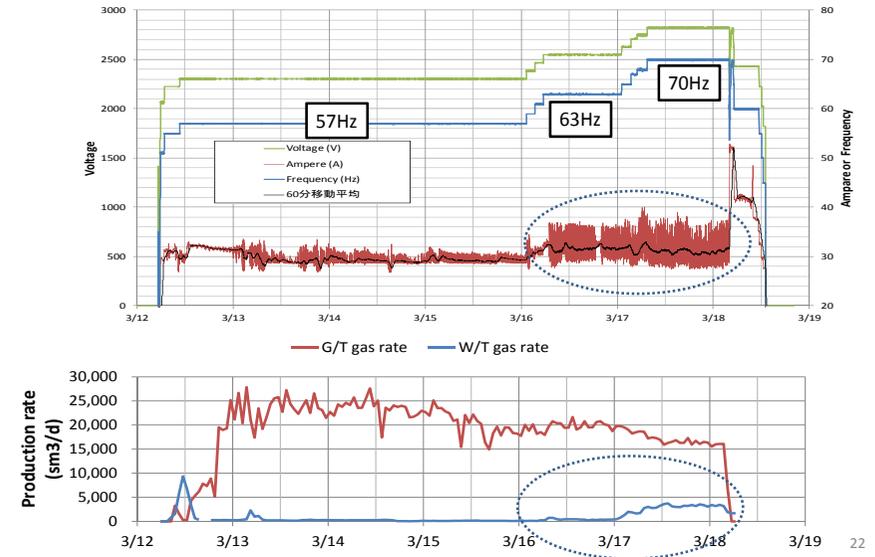
- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 陸上産出試験 (2008) | 海洋産出試験 (2013) |
| - ガス 2,000sm ³ /d | - ガス20,000sm ³ /d |
| - 水 10m ³ /d | - 水200m ³ /d |



□ なにが起きたか？

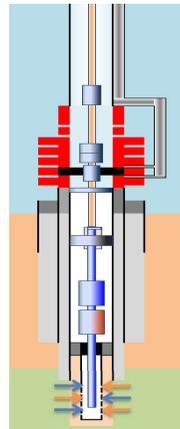
- 海洋産出試験ではガス生産レートが大きく、水がガスに持ち上げられる形でガスライン側で生産。
- ポンプ回転数を上げて、生産した水の100%を水ライン側に引き込むことができず、多量のガスを吸込んだ。

坑内気液分離に関する解釈



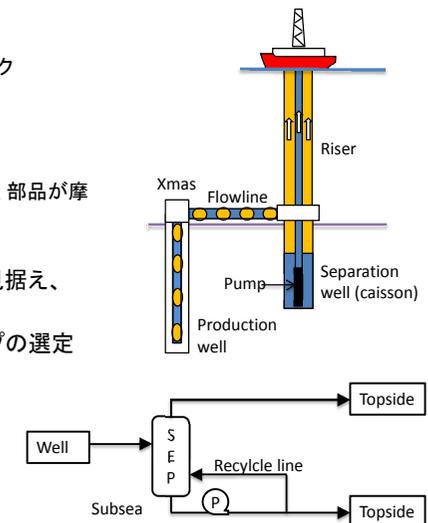
今後の取り組み: ①坑内気液分離

- ガスラインからの水の生産に関して
 - ✓ 目的の圧力まで減圧できれば、必ずしも100%分離する必要はない
 - ✓ 坑内分離のための十分なスペースを確保
 - ✓ 流れを阻害する狭い流路を排除
- ポンプのガス吸引の影響緩和
 - ✓ シュラウド設計の改善
 - ✓ ガス対策技術の調査と導入の検討
 - 例えば:
 - ガスハンドリングステージ
 - VSDの自動制御技術
 - ESPの解析・設計ソフトウェア
 - ESPメーカーの試験設備の利用



今後の取り組み: ②長期生産への対応

- 生産井での気液分離の問題点
 - 複雑な坑内機器を設置するリスク
 - 気液分離の予測が困難
 - 生産井の数だけポンプが必要
- ポンプの寿命を延ばす
 - ポンプを低流量域で運転すると、部品が摩耗し故障するリスクが高まる
- ✓ 将来の生産試験や商業開発を見据え、海底での気液分離を調査・検討
- ✓ 広い流量レンジに対応したポンプの選定や、リサイクルラインの利用



今後の取り組み: ③流動シミュレーション

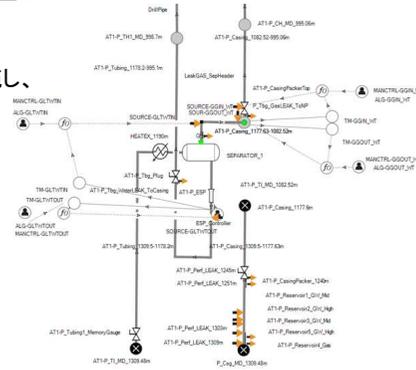
□ 予測の重要性

- ESPやチョーク操作に対して流体はどのように反応するか？
(作業手順の策定、現場支援)
- 最適なパイプ径、必要なセパレータの容量は？
(機器設計)

✓ 商用の混相流シミュレータの検証を実施し、得られた知見を将来の解析に活かす

✓ 現時点で認識している課題

- スラグ流の予測
- 流動不安定の再現
- 坑内気液分離のモデリング



まとめ

- 第1回海洋産出試験では、坑内減圧とデータ取得を基本要件とし、オフショアのDSTを参考にした産出試験システムを設計した。
- 6日間の連続した減圧に成功し、現場のオペレーションや生産試験後の評価に必要な生産データを取得した。
- 設計時の想定と異なる生産システム内の流動挙動が観測された。また一部の計測データが取得できなかった。
- 次回以降の産出試験に向けて、坑内システムと要素技術の設計を再検討する。

