

# メタンハイドレートフォーラム 2018

## MH21総括成果報告：フィールド開発技術G

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21)

フィールド開発技術グループ 松原 修 (JOGMEC)

2019年1月23日 (水)

東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

# 報告内容

- フェーズ 1 (FY2001-FY2008)の成果
- 第 1 回陸上産出試験の概要
- 第 2 回陸上産出試験の概要
- フェーズ 1 終了時に残された課題
- 第 1 回海洋産出試験
- 第 2 回海産試験に向けた技術課題対応
- 第 2 回海洋産出試験
- 残された技術課題
- まとめ
- 謝辞

# フェーズ1 (FY2001-FY2008)の成果 (フィールド開発技術関連)

- フィールドでの生産手法実証のため、カナダ北極圏(マッケンジーデルタ地域マリックサイト)の永久凍土下に存在するMH層を対象に2回の陸上産出試験を実施。
  - ◆ 第1回陸上産出試験(2002年3月)では、「温水循環法」により世界で初めてMH層よりメタンガスの生産に成功
  - ◆ 第2回陸上産出試験(2008年3月、第2冬)では、世界で初めて「減圧法」による連続生産に成功 ⇒減圧法が生産手法として有効であることを実証。
- 基礎試錐「東海沖～熊野灘」および陸上産出試験の結果等を踏まえ、海洋産出試験を目的とした坑井計画の概念を検討。
  - ⇒フェーズ2における海洋産出試験実施に向けた技術課題 (セメンチング・坑井仕上げ、坑内システムの構築等) の抽出。
- 東部南海トラフ海域のMH濃集帯開発を想定し、経済性検討を実施。
  - ⇒研究継続により経済性が期待できる可能性を示唆。経済性向上の観点からの技術課題 (ガス生産レート向上、回収率向上、海底生産システム費用の低減等) の抽出。

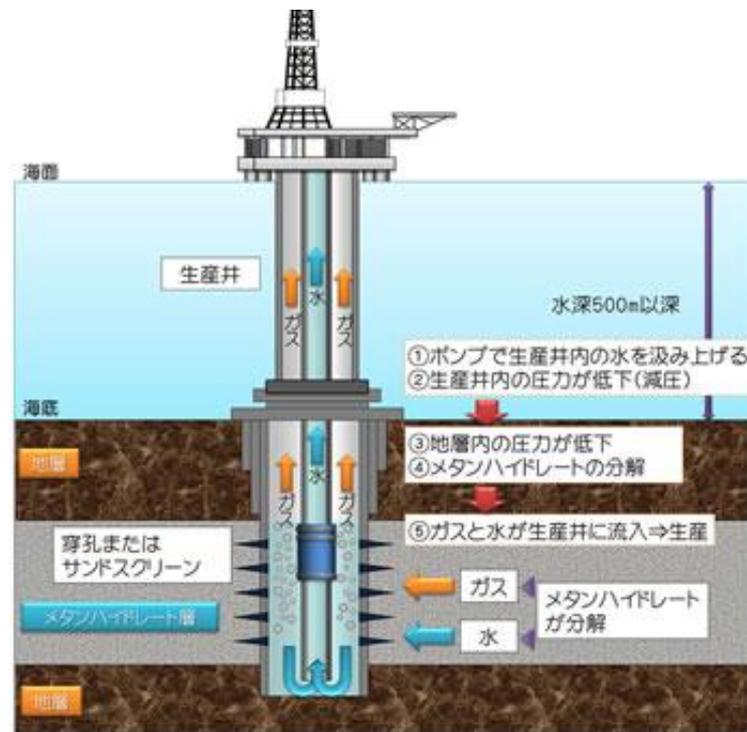
# 第1回陸上産出試験の概要

- 実施場所：カナダ北西準州・マリックサイト
- 実施期間：2001年12月～2002年3月
- 生産手法：温水循環法
- 連続生産期間：5日間
- ガス生産量(累計)：約470m<sup>3</sup>
- 主な成果：
  - ✓ 世界で初めてMH層からのガス生産に成功
  - ✓ MDTを実施しMH層が浸透性を有することを確認⇒減圧法の適用可能性を示唆
- 明らかになった課題：
  - ✓ 温水循環法によるエネルギー効率の低さ
  - ✓ 生産量の少なさ及び継続性（←生産量はピーク(約350m<sup>3</sup>/日)到達後急激に減退）



# 第2回陸上産出試験の概要

- 実施場所：カナダ北西準州・マリックサイト
- 実施期間：2007年2月～2008年3月
- 生産手法：[減圧法](#)
- 生産期間：[約6日間](#)
- ガス日産量：[2,000～4,000m<sup>3</sup>/日](#)
- ガス生産量(累計)：約13,000m<sup>3</sup> (←第1回陸上産出試験の約28倍)
- 主な成果：
  - ✓ [世界で初めて「減圧法」によるMH層からのガス生産](#)に成功⇒減圧法が生産手法として有効であることを実証
  - ✓ [出砂対策の重要性](#)を認識



Copyright © MH21 Research Consortium



# フェーズ1終了時に残された課題

## ■ より長期にわたる産出試験の実施

- カナダ陸上産出試験で減圧法によるガス生産を達成したものの6日間にとどまった  
⇒より長期にわたる産出試験を行い、MH層から長期安定生産の実現性の確認、並びに生産挙動、生産障害等について検証する必要性

## ■ 海洋における産出試験の実施

- 最終的なターゲットは日本周辺の海底下のMH層  
⇒海洋におけるMH層からの安全かつ経済的な生産を可能とする技術の整備が不可欠
- 大水深浅層（未固結層）を対象とした厳しい環境での試験が求められる  
⇒試験を安全に実施するための試験計画の立案  
⇒日本近海のMH層を対象とした採取法と生産技術の検証、技術課題の抽出

## ■ 生産手法の高度化に必要な技術開発や開発システムの最適化の検討

- MH層からメタンガスを経済的に生産回収するためには、フィールドでの産出試験に加え、経済性を確保するためのより効率的な生産技術確立に向けた取り組みが必要  
⇒MH層からのメタンガスの生産性と回収率を向上させるための採取法・生産技術の開発や、経済性向上のための掘削・開発システムの検討を行う必要性

# 第1回海洋産出試験 (1/4)

- 実施場所：第二渥美海丘  
(渥美半島～志摩半島沖)
- 実施期間：2012年2月～2013年8月
- 使用船：地球深部探査船「ちきゅう」
- 生産手法：減圧法
- 連続生産期間：6日間
- ガス日産量：約20,000m<sup>3</sup>/日
- ガス生産量(累計)：約11.9万m<sup>3</sup>  
(第2回陸上産出試験の約9倍)

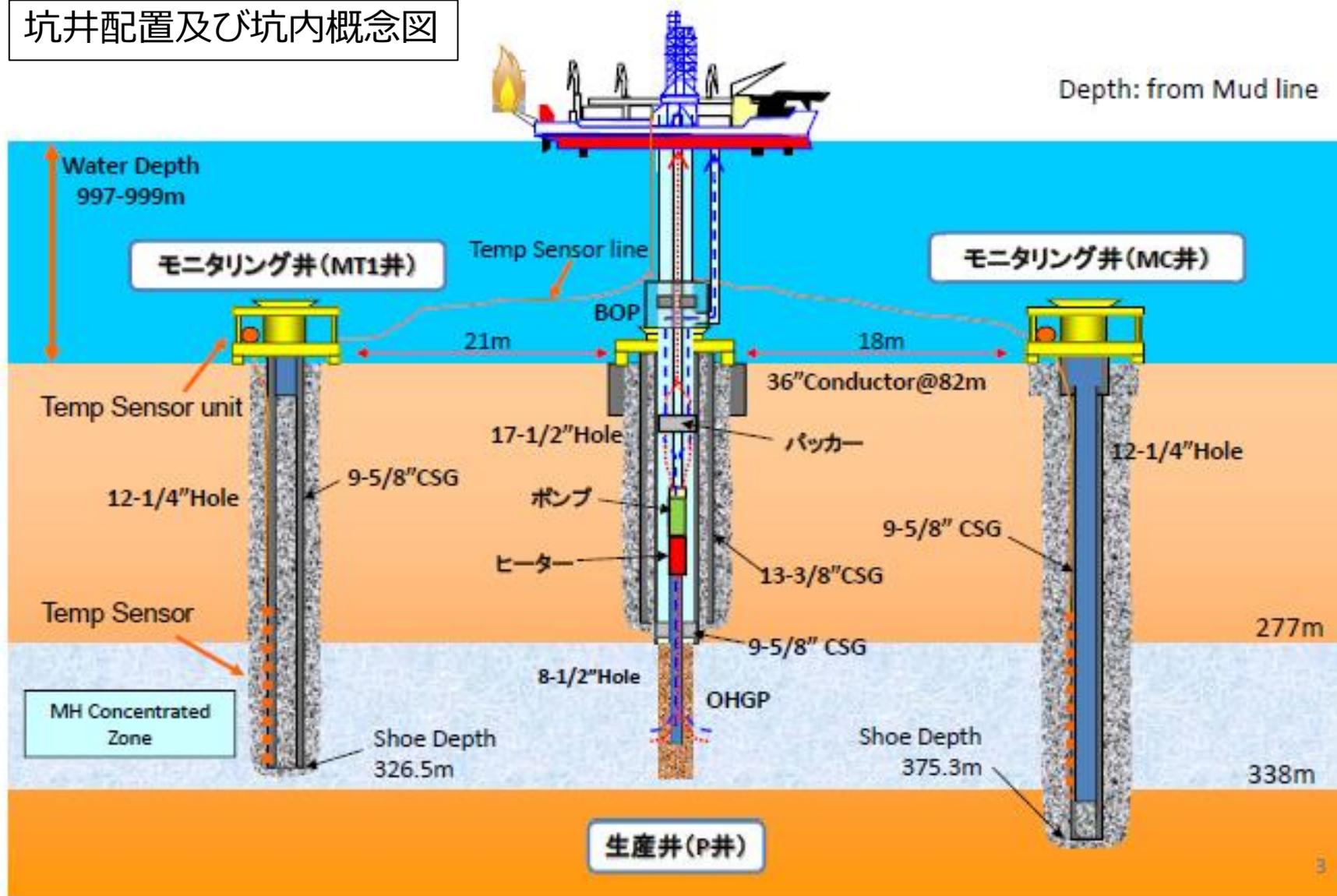
試験実施地点



地球深部探査船「ちきゅう」 7  
(出典：JAMSTEC HP)

# 第1回海洋産出試験 (2/4)

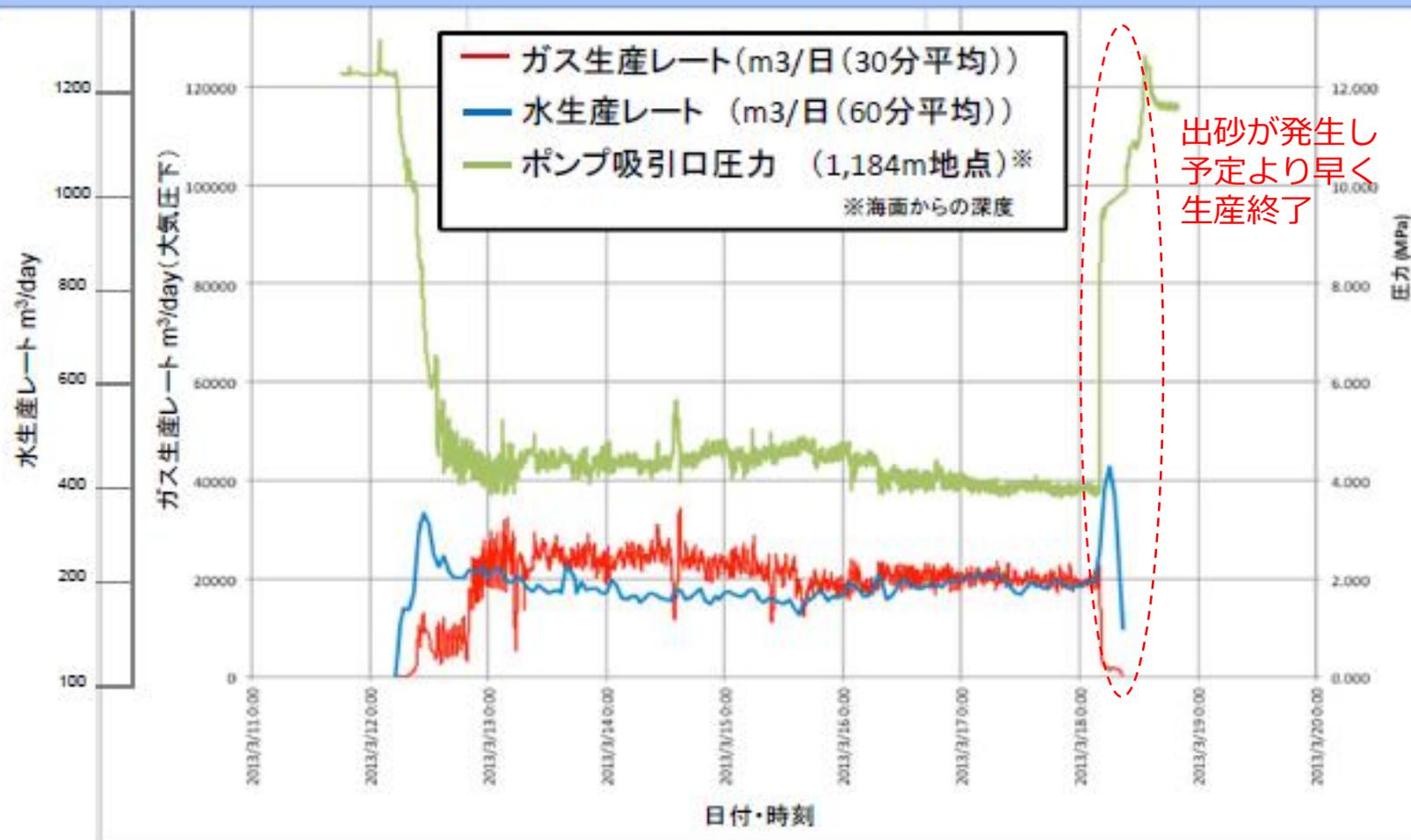
坑井配置及び坑内概念図



# 第1回海洋産出試験 (3/4)

(1) 累計ガス生産量 : 約119,000m<sup>3</sup> (大気圧下)

(2) 累計水生産量 : 約 1,245m<sup>3</sup>



# 第1回海洋産出試験 (4/4)

## ▶ 第1回海洋産出試験の主な成果：

- ✓ 海洋において世界で初めてMH層からのガス生産に成功
- ✓ 海洋での減圧の実施に必要な機器が有効に機能することを確認
- ✓ MH層から圧力コアを採取  
(計35m, 回収率69%, 保圧成功率44%)

## ▶ 明らかになった課題：

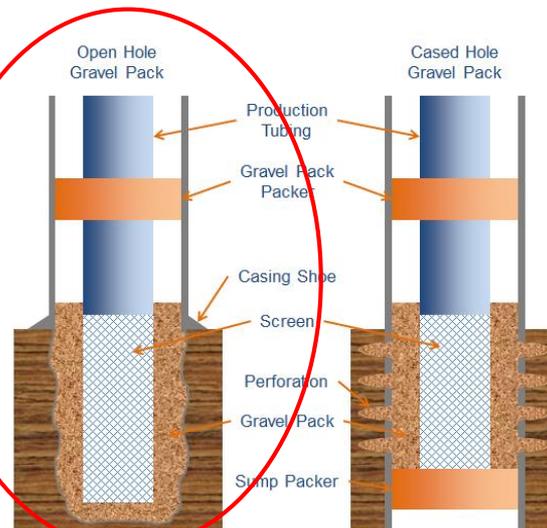
- ✓ 出砂対策  
生産6日目にして急激に出砂が起こり生産停止
- ✓ 緊急時切り離し対応  
切り離しが必要となった場合早期に復旧できるシステムではなかった
- ✓ ガス・水の分離  
ガス・水の分離を確実に行えなかったことが、坑内圧力の制御を難しくした



# 第2回海産試験に向けた技術課題対応 (1/4)

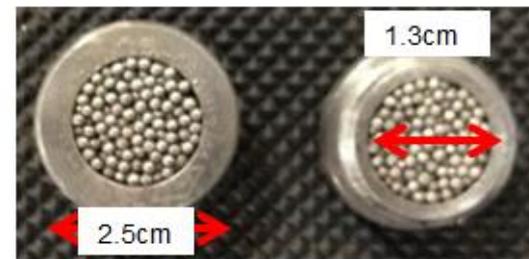
## ① 出砂対策

第1回海洋産出試験  
(Openhole Gravel Packイメージ)



(出典: DrillingFormulas.Com)

第2回海洋産出試験  
(GeoFORM™+スクリーン+ビーズインサート)



金属ビーズインサート

形状記憶ポリマーを使用した3重防護の出砂対策装置を耐久性を確認するための実験に供した様子。

# 第2回海産試験に向けた技術課題対応 (2/4)

## ②緊急時切り離しへの対応

- 2013年の第1回海産試験では、掘削船ちきゅうの掘削用ライザーと防噴防止装置(BOP)を用いて試験を実施
- 装置の降下・揚収に時間がかかる(設置だけで4日程度)など、第1回試験の仕組みでは実質的に再接続は不可能。
- 第二渥美海丘の条件では、荒天時に緊急切り離しが必要になる可能性が高く、長期フローを目指すためには切り離しの対応が不可欠。

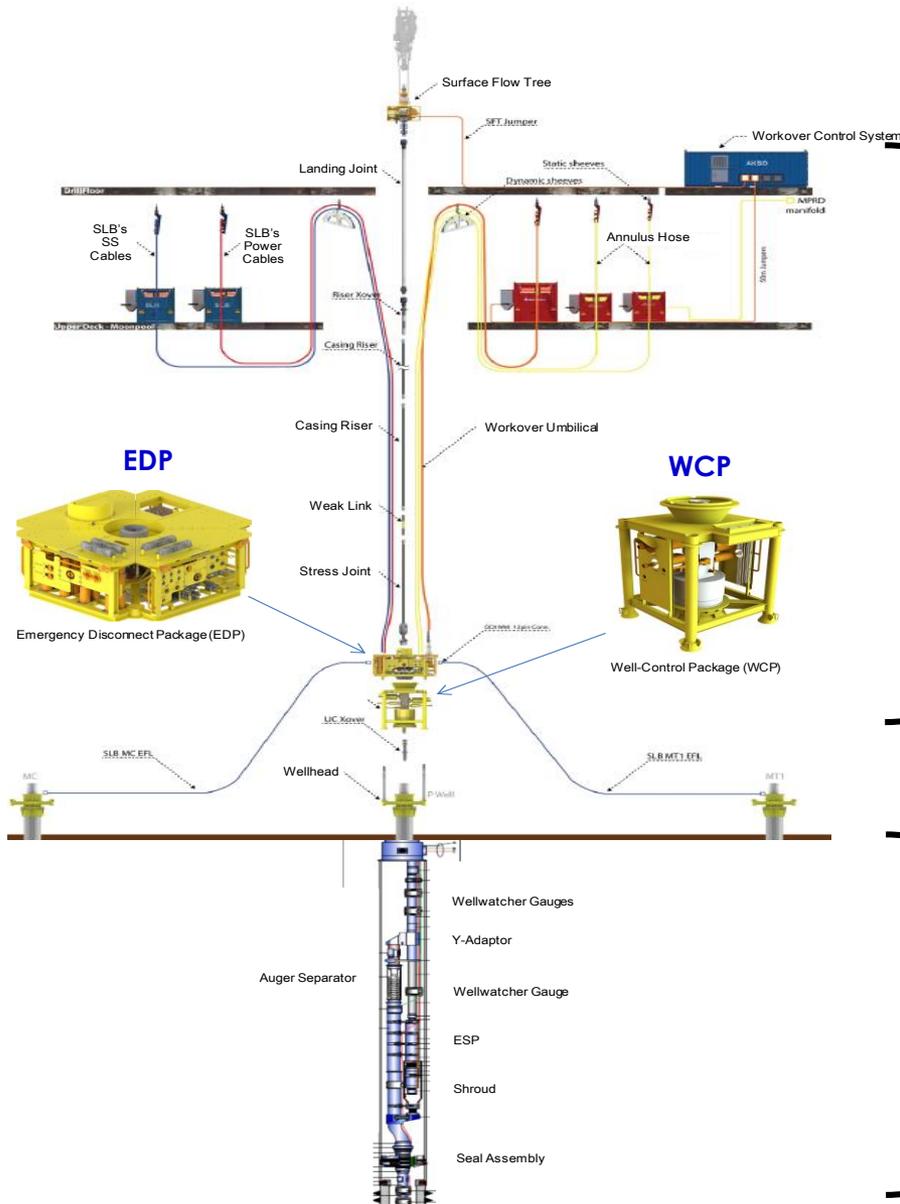


海底油田の改修作業等で用いられているワークオーバーライザーを使用

- ✓ 軽量で、降下・揚収が速やかに行える。
- ✓ 緊急切り離しに要する時間が短く、許容される船の偏距(定位置からのずれ)が大きくとれるため切り離しの可能性を低減。⇒掘削用ライザーでは14mだった船の位置のずれの限界を30mまで許容できる
- ✓ 電気系統(電源・センサー/制御信号)配線を水中コネクタで接続し、海中での切り離し・再接続を可能に。

# 第2回海産試験に向けた技術課題対応 (3/4)

## ②緊急時切り離しへの対応



## ワークオーバーライザーシステムの使用を決定

- 既存システムで新規開発要素が少なくリスクが低い
- 実績が多く安全で法にも適合する
- 新たに装置を製造して購入しても作業期間の短縮と離脱時の揚収・再降下の日数・費用を勘案するとより経済的

## ワークオーバーライザーシステム

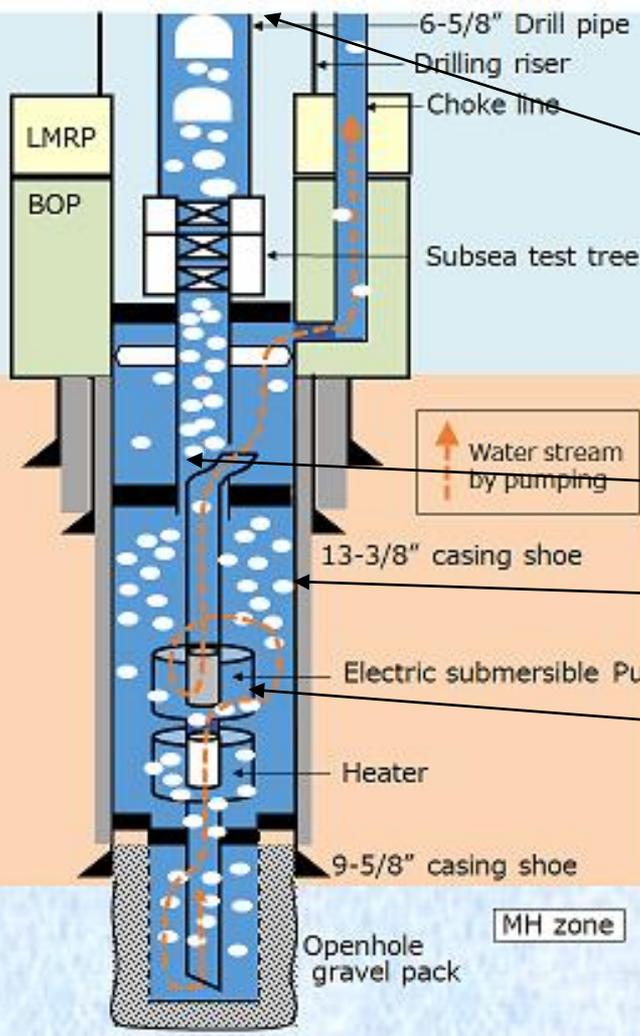
- ガスの導管には9-5/8"ケーシングを使用 (降下・揚収を短時間で行える)
- 水の導管にはホースを2本設置
- 船のBOPに替えて軽量で再接続が容易な EDP・WCPを使用

改良された坑内試験システム

# 第2回海産試験に向けた技術課題対応 (4/4)

## ③ガス・水分離

第1回海洋産出試験



①6-5/8" DP内にあった液面を、坑口に背圧をかけ13-3/8" CSG内、さらにY-tool トップより下に持ってくることで、スラグフローを防止し、ガス水分離をより確実なものに

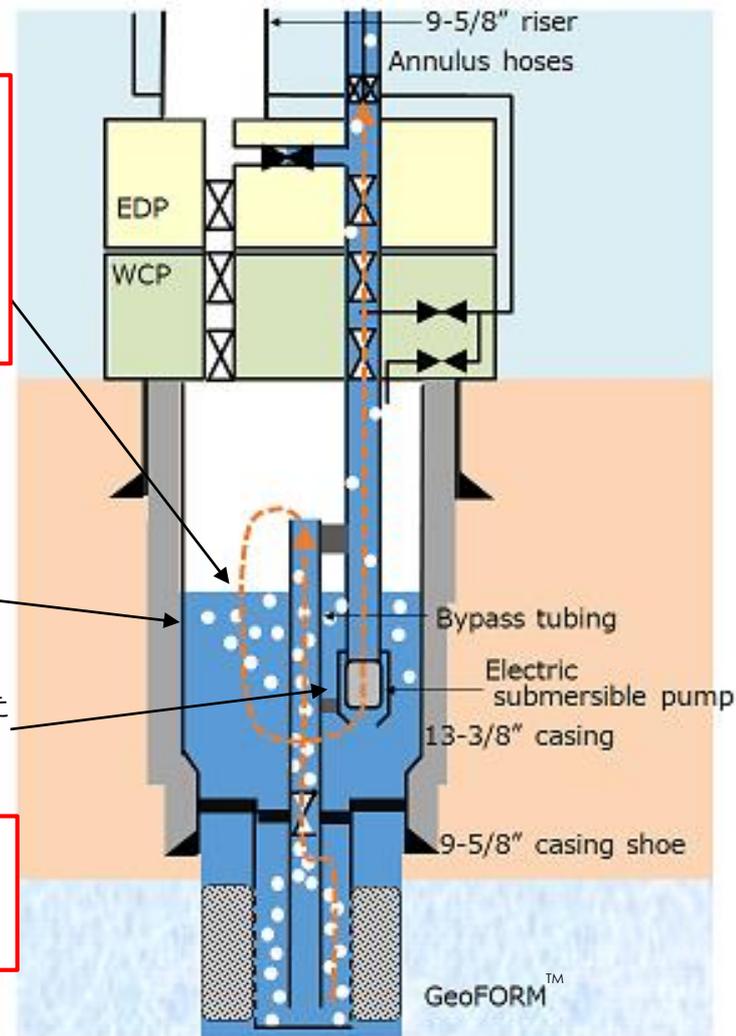
②-1 流速が速くなる狭隘部をなくす

②-2 ケーシング径を9-5/8"から13-3/8"に拡大

②-3 ESPを7"シュラウドに収めていたのをデュアルチュービングに変更

②流路面積を増やし(3倍以上)流速を落としガスと水の重力分離を向上

第2回海洋産出試験



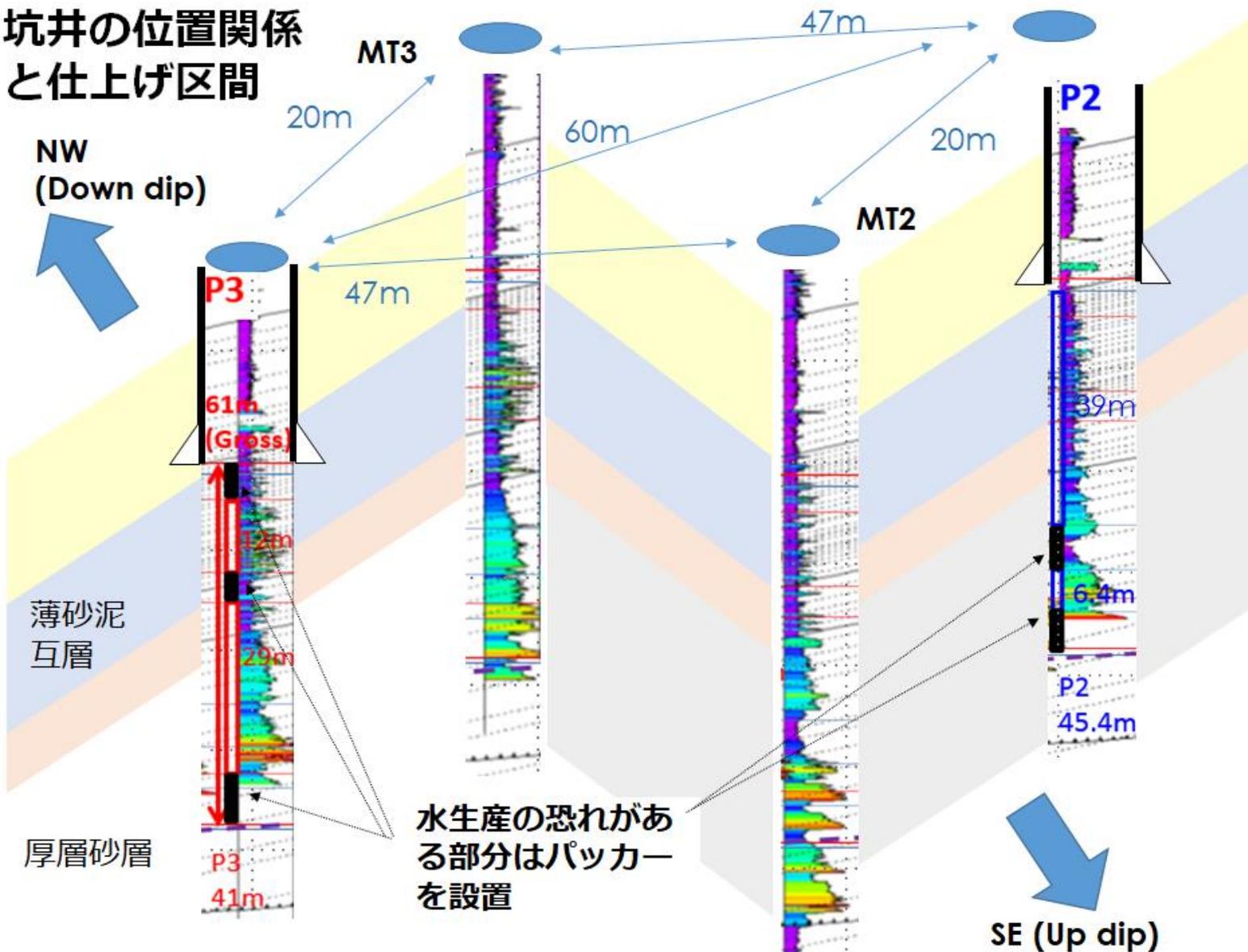
## 第2回海洋産出試験 (1/6)

- 実施場所：第二渥美海丘  
(渥美半島～志摩半島沖)
- 実施期間：2016年5月～2018年6月
- 使用船：地球深部探査船「ちきゅう」
- 生産手法：減圧法
- 連続生産期間：[P2井24日間](#) [P3井12日間](#)
- ガス日産量：[P2井約10,000m<sup>3</sup>/日](#) [P3井約3,000m<sup>3</sup>/日](#)
- ガス生産量(累計)：P2井約22万m<sup>3</sup> P3井約4万m<sup>3</sup>  
(合計では第1回海洋産出試験の2倍以上)



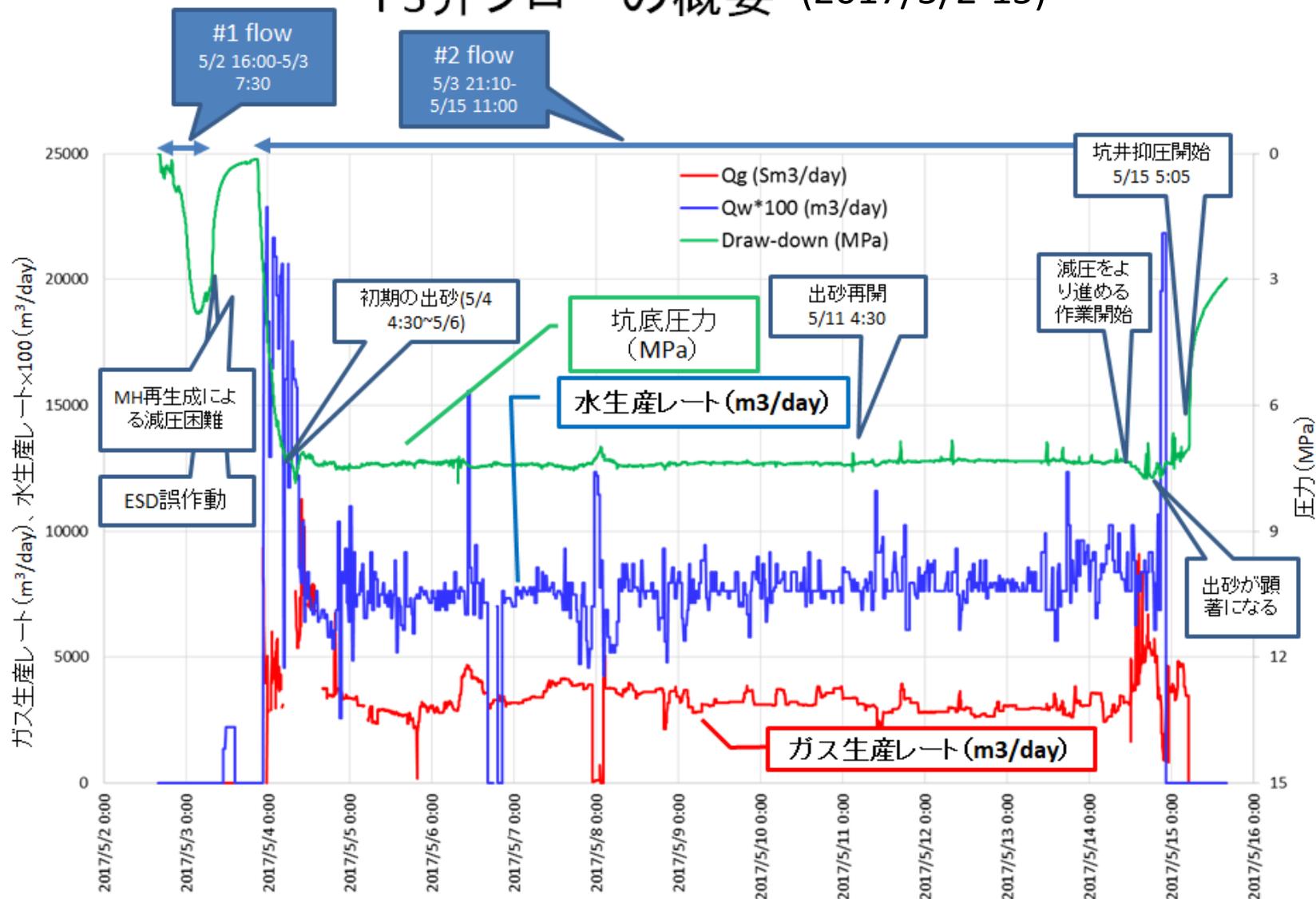
# 第2回海洋産出試験 (2/6)

坑井の位置関係  
と仕上げ区間



# 第2回海洋産出試験 (3/6)

## P3井フローの概要 (2017/5/2-15)



# 第2回海洋産出試験 (4/6)

## ● P3井の想定出砂原因とP2井での対策

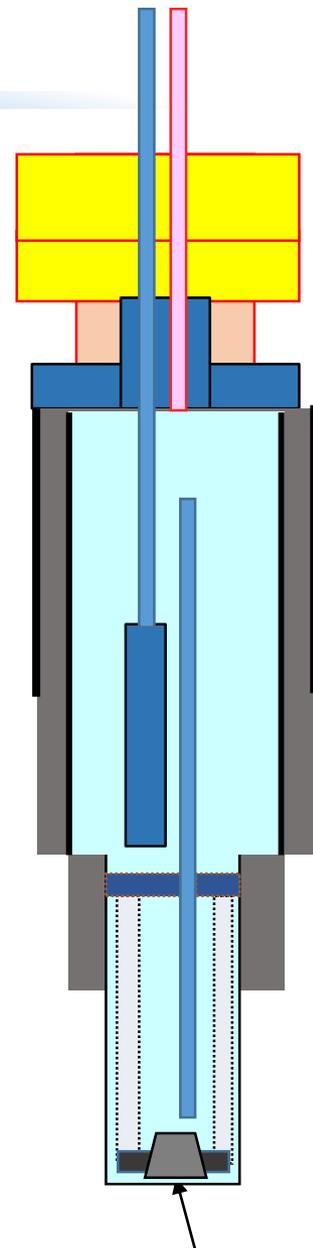
### P3井出砂原因の分析

- 坑内の温度・圧力データから、砂は坑井最下部付近から侵入と推定。
  - ・ 温度及び密度が高いものがゆっくり坑内を上昇していくのが観察された。
- 出砂は生産初期から起こっており、出砂対策装置が破壊された可能性は低い。
  - ・ 室内実験等でも、今回使用した出砂対策装置が容易には破壊されないことを確認。
  - ・ 坑井最下部に設置した逆止弁が機能しないと砂が入り込む可能性あり。

### P2井で講じた対策

- 逆止弁が機能しなくても砂が流入しないよう逆止弁上部にプラグを設置。
- 多少出砂しても生産が継続できるように（船上の機器のダメージを防ぐために）砂の除去装置を強化し、設備の配置等も変更。
- なるべく緩やかに減圧を実施。
  - ⇒但し、ハイドレート生成のリスクが高まるため、予防のためにライザー内をインヒビター(ジエチレングリコール)で満たすことに。

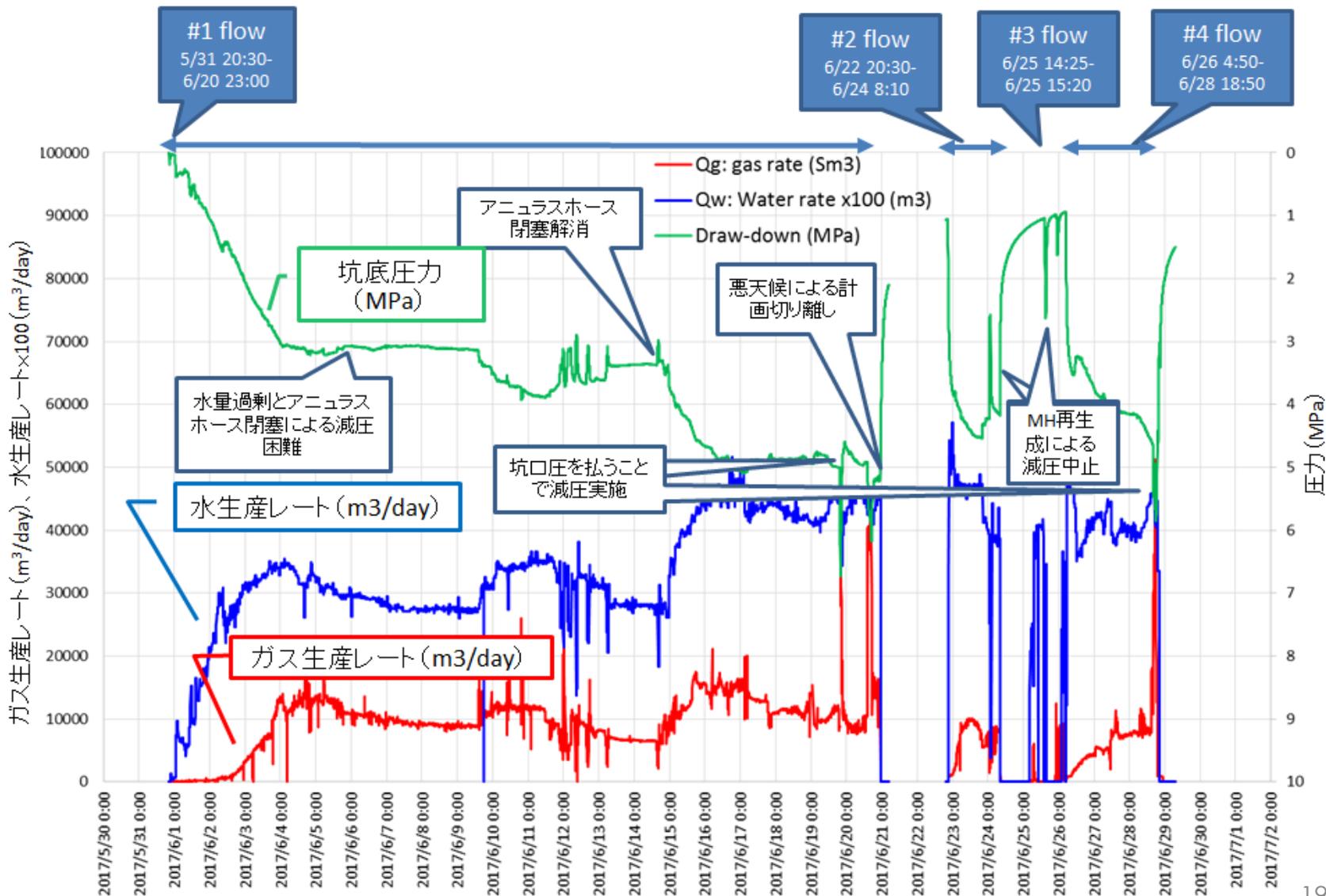
➡ P2井においては出砂は生じず



逆止弁

# 第2回海洋産出試験 (5/6)

## P2井フローの概要 (2017/5/31-6/2)



## 第2回海洋産出試験（6/6）

### ➤ 第2回海洋産出試験の主な成果

- ✓ 海洋にて減圧法により計36日間のガス生産を実施
- ✓ 第1回海洋産出試験の経験を踏まえて必要な改良を加えた機器・システムに関して、一定程度の有効性を確認
  - 出砂対策装置
  - ライザーシステム
  - ガス・水分離装置
- ✓ MH層から多数の圧力コアを採取  
(計96m, 回収率平均77%, 保圧成功率94%)  
⇒回収率、保圧成功率共に大幅に改善
- ✓ 上記コアデータに加えて、温度・圧力データ等、多くの計測データを取得



# 残された技術課題

## ➤ 長期安定生産の実現、長期生産挙動の把握

- ✓ 第2回海洋産出試験で1ヶ月程度のガス生産を達成したが、長期安定生産が技術的に実現可能かは未だ実証されていない。
- ✓ 数ヶ月～年単位の長期生産した際に生産挙動がどの様に変化していくか未確認。

## ➤ 生産挙動予測と技術的可採量評価技術の向上

- ✓ 事前のシミュレーション予測と実際の生産挙動に乖離が見られ、その理由は明らかになっていない。
- ✓ 貯留層モデル並びに物理モデル(シミュレーターに組込む数式)の改良を行い、より信頼性の高い生産挙動予測、技術的可採量評価を実現する必要あり。

## ➤ 出砂対策装置、坑内機器等のさらなる改良

- ✓ 出砂対策装置、ガス・水分離装置を含む坑内機器は第2回海洋産出試験でその有効性について一定の目処は得られた。
- ✓ 一方、より長期の生産では、出砂対策装置内に細粒分が蓄積し目詰まりを起こす可能性や水生産の増加に伴うガス・水分離効率の低下の可能性なども考えられ、さらなる装置・機器等の改良が必要。

## ➤ その他

- 操業時のハイドレート再生成の防止
- 生産量の向上並びにコスト低減策の検討
- 商業化を見据えた開発システムの検討

# まとめ

- カナダ北極圏(マッケンジーデルタ地域)での2回の陸上産出試験を経て、日本近海(第二渥美海丘)で2回の海洋産出試験を実現、減圧法により1ヶ月程度のガス生産を達成した。
- また、出砂対策やガス・水の分離技術など、未固結の砂層に胚胎するMHを分解してガス生産する際に必要不可欠となる技術に関して、その有効性を確認し一定の目処は得られた。
- 一方で、長期安定生産の実現や長期生産挙動の把握、生産予測の信頼性向上、より長期の生産に対応可能な機器への改良など、多くの技術課題が残されており(研究開発の進展に伴い新たな技術課題も生じており)、商業開発に近づけるためには今後も継続的な技術開発が必要。



産学官多くの関係者のこれまでの努力により確実に前進はしている。  
ただし、商業開発を考えるとまだまだ越えなければならない数多くの高いハードルがあるのも事実。

# 謝辞

本資料は、経済産業省の委託により実施しているメタンハイドレート研究開発事業において得られた成果に基づいています。

以下の関係先にこの場をお借りして改めて深く感謝申し上げます。

- 経済産業省 資源エネルギー庁
- 第1回/第2回陸上産出試験及び第1回/第2回海洋産出試験の関係者各位
- 海洋産出試験に係る作業にご理解・ご協力をいただいた各地方自治体、各漁協、海底ケーブル関係各社、気象庁、他の皆様
- その他、委託先、ご助言を頂いた有識者各位