

# 国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 うち、メタンハイドレートの研究開発(フェーズ3終了時) 中間評価補足資料

平成30年11月21日

資源エネルギー庁

資源・燃料部 石油・天然ガス課

# 目 次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 中間評価(第2フェーズ終了時)の結果

# 1. 事業の概要

## 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについて、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、将来の商業生産を可能とするために必要な技術開発を行う。

## 実施期間

平成13年度(2001年度)～【18年間】

フェーズ1: 平成13年度(2001年度)～平成20年度(2008年度)

→ 平成17～18、20年度に中間評価を実施

フェーズ2: 平成21年度(2009年度)～平成27年度(2015年度)

→ 平成23、27年度に中間評価を実施

フェーズ3: 平成28年度(2016年度)～平成30年度(2018年度)

## 実施形態

国からの直執行(民間企業等への委託事業)

## 予算総額

1,235億円

フェーズ1: 298億円

フェーズ2: 630億円

フェーズ3: 307億円(28年度:130億円、29年度:98億円、30年度:79億円)

※フェーズ2(平成25年度)から表層型メタンハイドレートの調査に係る予算が含まれている。

## 実施者

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(AIST)

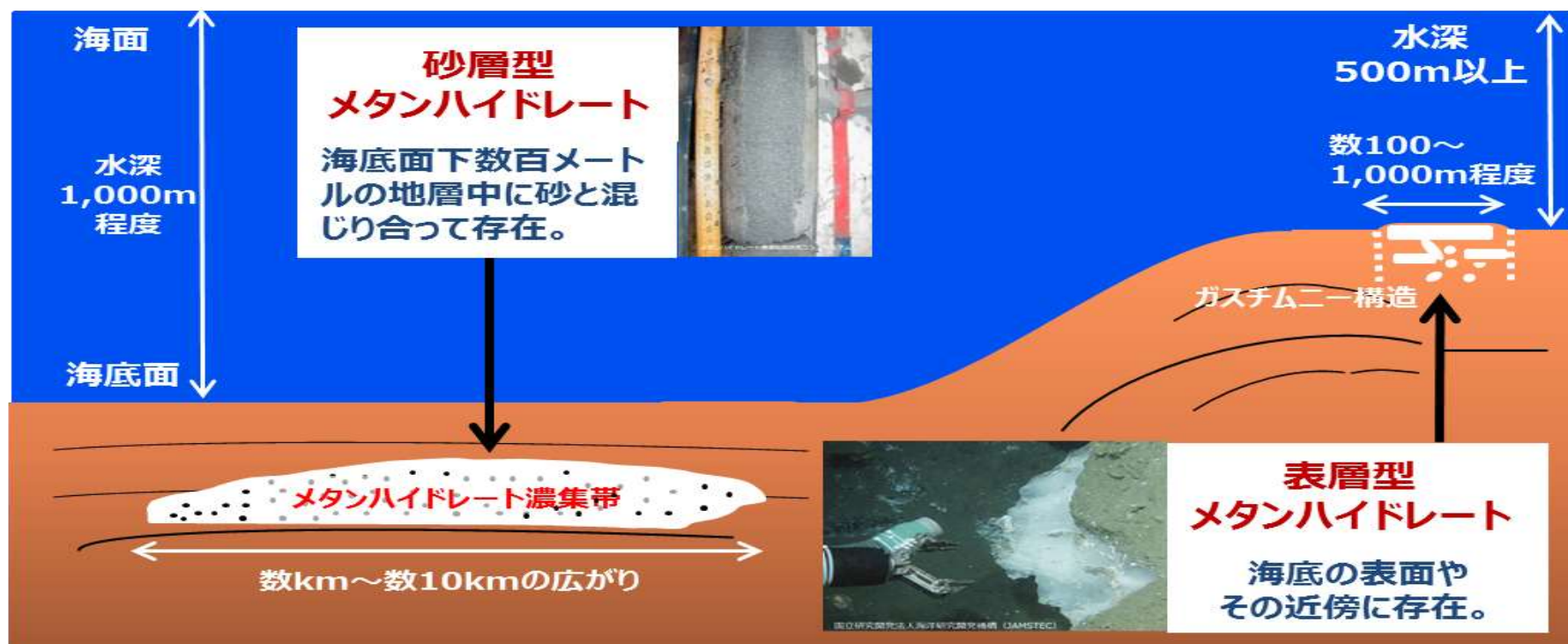
※2者が、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムを組織。連携・協力して事業を実施。

## プロジェクトリーダー

増田 昌敬 東京大学(教授)

# メタンハイドレートとは

- 我が国の国内資源
  - 在来型 — 原油、天然ガス
  - 非在来型 — 水溶性天然ガス、メタンハイドレートなど
- メタンハイドレート: メタンガスと水が低温・高圧の状態では結合した氷状の物質 ⇒ 「燃える氷」



# メタンハイドレートの研究開発の位置付け

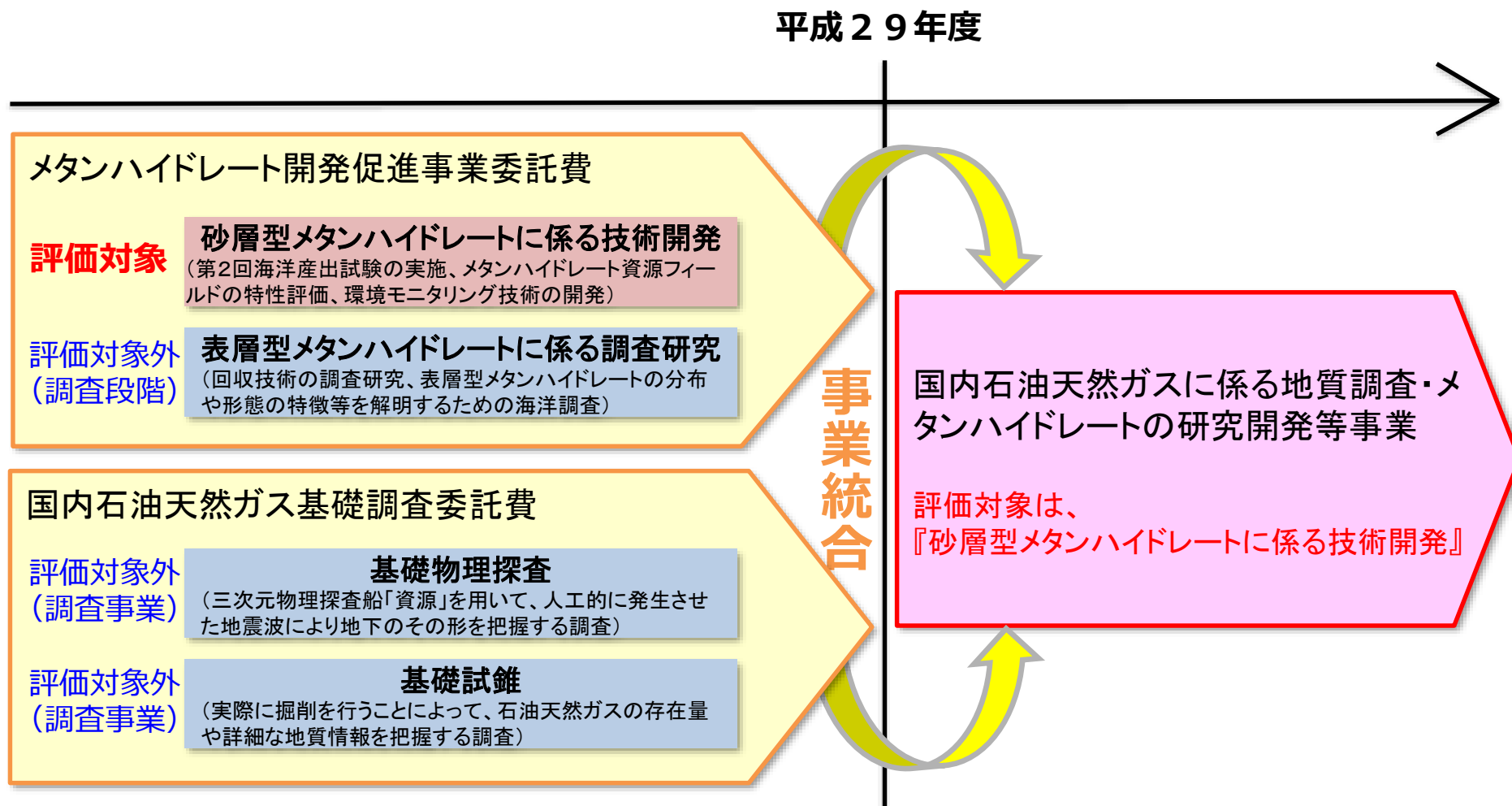
- メタンハイドレートの開発は、エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）や海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）等において、政府の主要施策の一つとして位置付けられている。

## 【メタンハイドレートの開発に関する海洋基本計画の書きぶり（概要）】

- ◆ 日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについては、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源。
- ◆ 民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが平成30年代後半（2023～2027年度）に開始されることを目指して、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。
- ◆ 砂層型メタンハイドレートについては、これまでの研究成果を適切に評価した上で、長期間の安定生産を実現するための生産技術の確立、経済性を担保するための資源量の把握、商業化を睨んだ複数坑井での生産システムの開発等について取り組む。
- ◆ 表層型メタンハイドレートについては、広く技術的な可能性に機会を与え、回収・生産技術の調査研究を引き続き行うとともに、有望な手法が見つかった場合には研究対象を絞り込み、商業化に向けた更なる技術開発を推進する。

# メタンハイドレートの研究開発に係る予算事業の変遷

- 海洋エネルギー関連事業をより効率かつ効果的に執行できるようにするため、平成29年度に『メタンハイドレート開発促進事業委託費』と『国内石油天然ガス基礎調査委託費』の事業統合を行った。

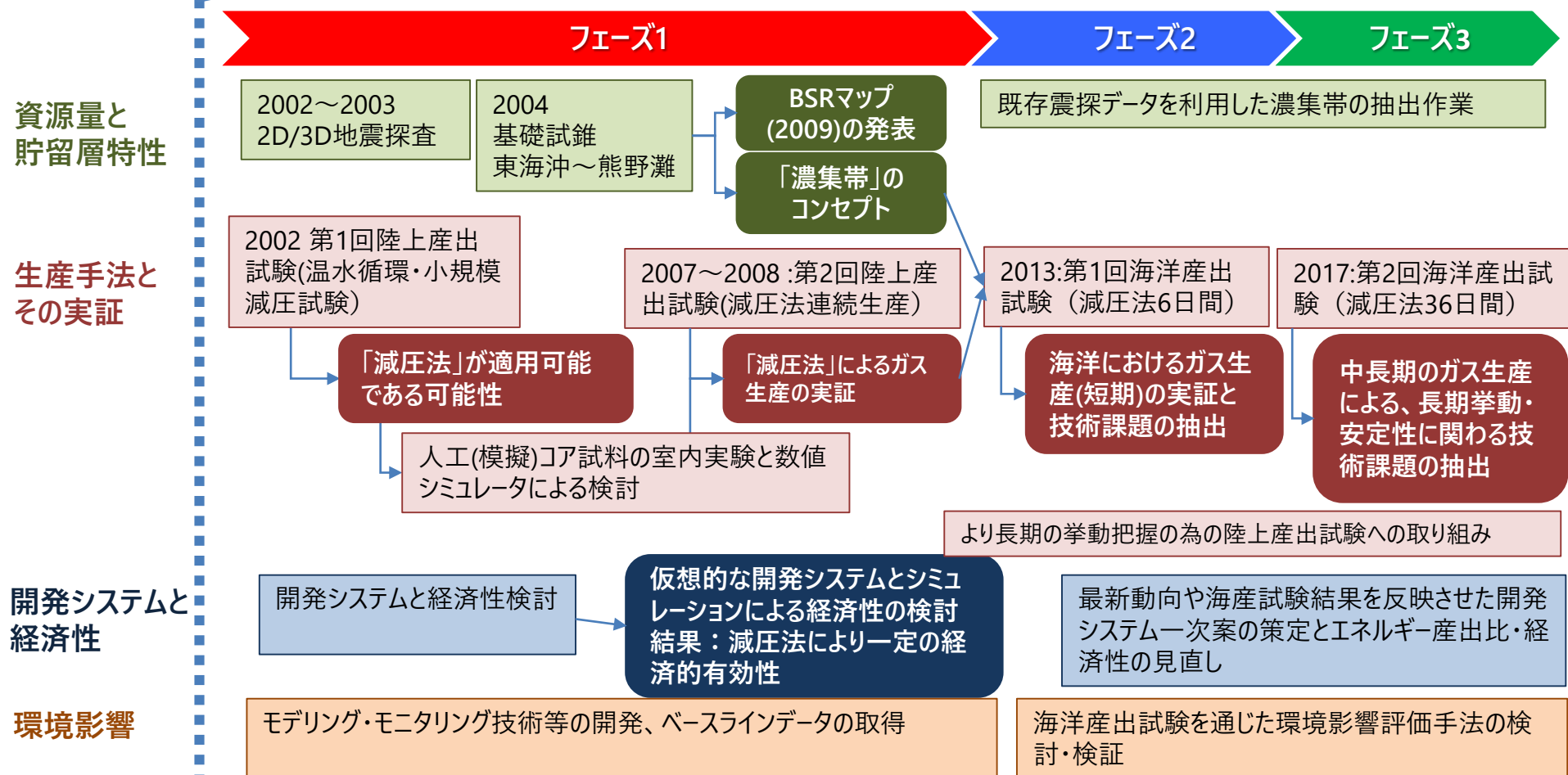


# 砂層型メタンハイドレートの研究開発に係る進行状況

## 2001年:「わが国におけるメタンハイドレート開発計画」

- 日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化
- 有望メタンハイドレート賦存海域のメタンガス賦存量の推定
- 有望賦存海域からメタンハイドレート資源フィールドの選択、並びにその経済性の検討
- 選択されたメタンハイドレート資源フィールドでの海洋産出試の実施
- 商業的産出のための技術の整備
- 環境保全に配慮した開発システムの確立

## 2013年:「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」

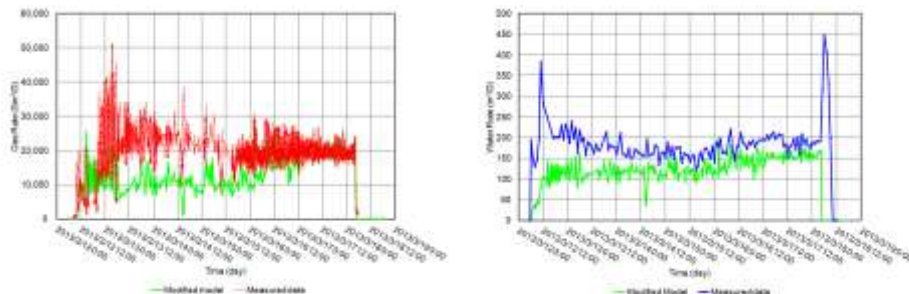




## 第2回海洋産出試験の実施について: 目的

- 第1回海洋産出試験においては、海洋の坑井(水深1,000m、海底面下約300m)において減圧法の適用が実現可能であり、ハイドレートを分解させてガスが生産できることを証明した。
- しかし、出砂で試験が短期で終わったことから、
  - 安定的にガスを生産できることは証明できなかった
  - 長期的なガスの生産挙動(～経済性においてもっとも重要な情報)について、十分なデータが取得できなかった。
- そのため、以下の二つを目標として実施した。
  - 出砂対策装置・生産用機器の改良などによって、安定的な減圧を実現すること⇔海底での生産を実現するための技術的な課題の克服
  - それによって、ハイドレート分解挙動に関する中長期的な情報を得ること⇔貯留層の条件・応答の知識を得て、経済性の評価・今後の研究開発目標の検討などに資すること。

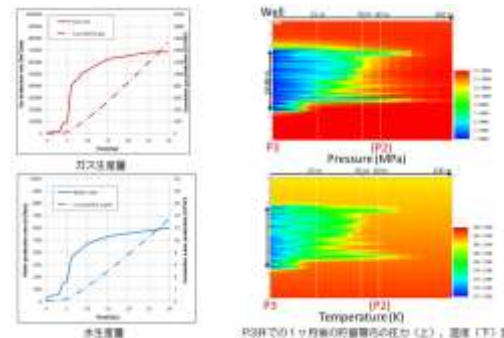
第1回試験結果のヒストリーマッチング



試験の結果を受けて、地層の浸透率を再評価し、コア・検層データなどから合理的と思われる範囲内で変化させて、もっとも生産挙動を適切に再現できる値を選んだ結果(青: 計測された水レート、赤: 計測されたガスレート、緑: シミュレーション)(第28回開発実施検討会資料)

第2回試験結果の生産量予測: 実際にこのような挙動を示すのか?

自然の中には数値シミュレータのモデルには表現されていないいろいろな要素が存在しているが、



第1回試験の結果と第2回試験の事前掘削で得られた貯留層のデータを元に、坑底圧力を7→5→3MPaと変化させたときの、ガス・水生産量の予測(第32回開発実施検討会資料)



# 第2回海洋産出試験：実施地点・スケジュール・体制

## 試験実施地点

- ・ 第1回試験との比較のため、引き続き第二渥美海丘で実施

## 実施体制

- ・ 可燃性天然ガスの試掘作業として、鉱業法・鉱山保安法の元で実施。日本メタンハイドレート調査(株)をオペレータとし、海洋研究開発機構の地球深部調査船「ちきゅう」を傭船して作業。

## スケジュール

### 2016年5-6月：事前掘削

- ・ 調査井・モニタリング用坑井の掘削と物理検層データの取得(地層の状況の把握)
- ・ 温度・圧力モニタリング装置の設置(×2坑井)
- ・ 生産井の浅い部分(ハイドレート濃集帯より上部)の掘削(×2坑井)

### 2017年4-7月：ガス生産実験

- ・ 生産井ハイドレート濃集区間掘削(×2坑井)
- ・ 出砂対策装置・坑内機器設置(×2坑井)
- ・ ガス生産実験(×2坑井)

### 2018年4-6月：追加データ取得と廃坑作業

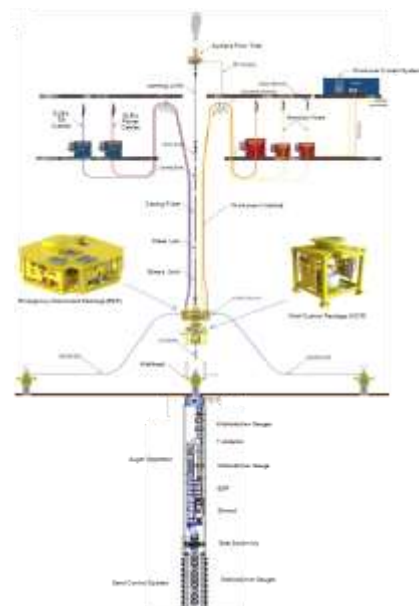
- ・ 出砂などのトラブル原因の追究や貯留層の特性をよりよく知るための追加データ取得(2坑井で圧力コア取得及び検層作業実施)
- ・ 各坑井よりモニタリング装置を回収(長期計測データ取得)
- ・ 廃坑作業と原状復帰

## 第2回海洋産出試験：技術課題への対応

- 出砂対策手法として、グラベルの欠点（グラベルが流出・移動する可能性）を克服し力学的にも安定な形状記憶ポリマーを使った出砂対策装置GeoFORM™（Baker Hughes Inc.）に、金属ビーズインサートを追加した装置を開発し、検証の上で使用した。
  - 坑底で膨張させるタイプと、膨張させたものを設置するタイプの2タイプを使用。
- 第1回試験で使用した掘削船の掘削用ライザーは設置・回収に時間がかかり、気象・海洋の影響も受けやすいため、改修作業用のワークオーバーライザーを使用して、作業時間の短縮、緊急離脱の可能性の低減、坑井の切り替えと離脱時の再接続の容易化を図る。
- 坑内機器を改良し、坑内ガス水分離効率を改善する。
- そのほかに、モニタリング装置の改良により、モニタリング井で圧力計測を可能にする、最大2年の長期計測を行うなど、取得できる情報量を増加させた。



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かめるための実験に供した様子。



- 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・揚収が短時間でできる）
  - 緊急切り離しに要する時間の短縮で、許容される船の偏距が大きくなり、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、ワークオーバーライザーは30mまで許容）
  - 船のBOPが変わって、軽量で再接続が容易なEDP・WCPを使用
  - 電気系統（電源・センサー／制御信号）配線を水中コネクターで接続し、再接続可能。

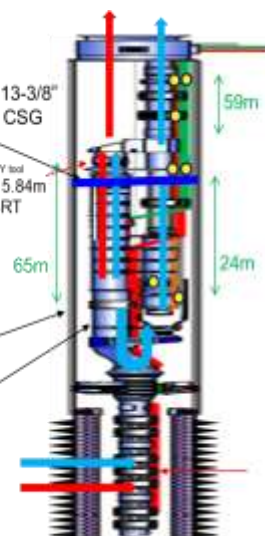
### 改良された坑内試験システム

液面がガス導管（6-5/8"DP）内にあったのを、坑口に背圧をかけることで、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、ガス水分離を確実なものとした。

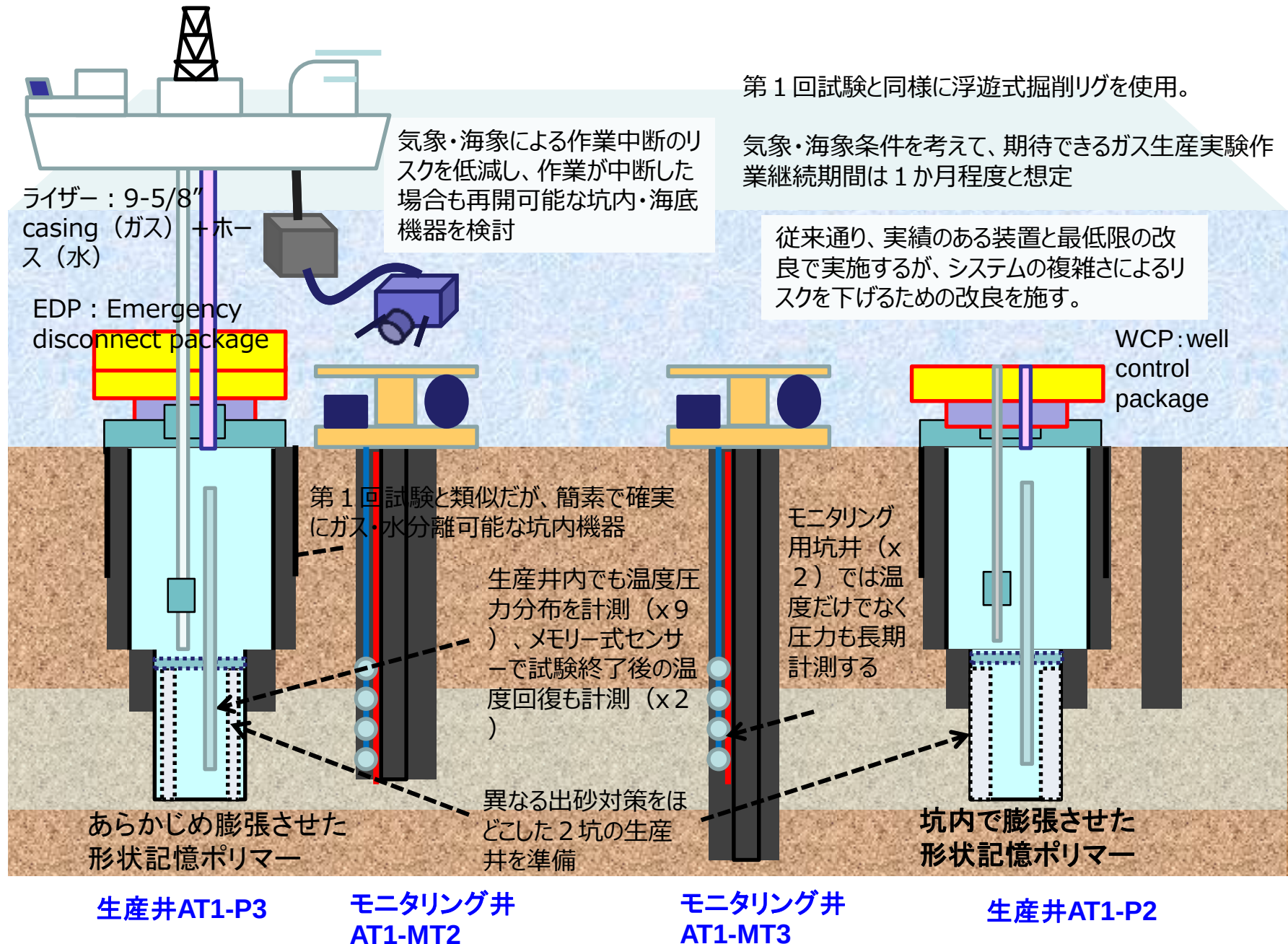
流速が速くなる狭隘部をなくす

ケーシング径を9-5/8"から13-3/8"に拡大  
ESPをアッ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

以上により、流路面積を増やして（3倍以上）、流速を落とし、ガスと水の重力分離を向上させた。



# 第2回海洋産出試験：最終的な試験のコンセプト



## 第2回海洋産出試験の実施についてー2017年作業の映像



動画

## 第2回海洋産出試験：結果の概要

|        | AT1-P3                                                                                                                                                        | AT1-P2                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験期間*  | 2017年5月2日16:00～<br>2017年5月15日11:00<br>#1 flow 5/2 16:00–5/3 7:30 (0d15h30m)<br>(ESD誤作動による休止)<br>#2 flow 5/3 21:10–5/15 11:00 (11d13h50m)<br>合計フロー期間: 12d5h20m | 2017年5月31日20:30～<br>2017年6月28日18:50<br>#1 flow 5/31 20:30–6/20 23:00 (20d2h30m)<br>(荒天による計画切り離し)<br>#2 flow 6/22 20:30–6/24 8:10 (1d11h40m)<br>(管内ハイドレート除去作業)<br>#3 flow 6/25 14:25–6/25 15:20 (0d0h55m)<br>(管内ハイドレート除去作業)<br>#4 flow 6/26 4:50–6/28 18:50 (2d14h0m)<br>合計フロー期間: 24d4h5m |
| 最大減圧度  | 7.85MPa (13.0MPa – 5.15MPa)                                                                                                                                   | 瞬時値6.73MPa (13.0MPa – 6.27MPa)<br>安定期間 約5MPa (13.0MPa – 8MPa)                                                                                                                                                                                                                            |
| 累積生産量  | ガス: 40,849.9Sm <sup>3</sup><br>水: 922.5m <sup>3</sup>                                                                                                         | ガス: 222,587.1 Sm <sup>3</sup><br>水: 8246.9m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 主要イベント | 出砂検出期間<br>#1 5/4 4:30～5/6 6:00<br>#2 5/11 5:00～5/15 5:00                                                                                                      | 出砂なし<br>計画切り離し 6/21 6:15–6/22 11:30                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 2. 事業アウトカム

| 事業アウトカム指標(妥当性・設定理由・根拠等)                                                                                                                                            | 目標値(計画)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <p>【アウトカム指標】<br/>民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトの開始</p> <p>【設定根拠】<br/>○エネルギー基本計画<br/>・平成26年4月 閣議決定<br/>・平成30年7月 閣議決定</p> <p>○海洋基本計画<br/>・平成25年4月 閣議決定<br/>・平成30年5月 閣議決定</p> | <p>【中間評価時:平成30年度】<br/>商業化の実現に向けた技術の整備</p> <p>I. 一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること。</p> <p>II. 一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していると判断できること。</p> <p>III. 技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討ベースとなる環境影響手法等が提示されていること。</p> | <p>I.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第2回海洋産出試験を実施し、減圧法により合計36日間のフローを実現した。</li> <li>第1回海洋産出試験で生じた技術課題を克服して、対策技術の有効性を確認するとともに、減圧法による長期生産を実現するための知見を蓄積した。一方で、生産レート向上の必要性など、新たな課題が生じた。</li> </ul> <p>II.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期の生産挙動予測につながるデータが取得できた。生産挙動は、事前予測と実際の結果には差が見られた一方で、多くの貯留層データ・モニタリングデータを取得することができた。</li> </ul> <p>III.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生産挙動予測結果を前提とした開発システム基本案を提示したが、まだ不確実性が高い。また、海洋産出試験の環境モニタリング等を通じて、環境影響評価手法の妥当性を確認し、経済性に関する検討も進めた。</li> <li>日本周辺海域の賦存量評価に関する多くの知見を得ることができた。</li> </ul> | —                |
|                                                                                                                                                                    | <p>【事業目的達成時:平成30年代後半】<br/>民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトの開始</p>                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |

### 3. 事業アウトプット

#### 事業アウトカム達成のための分野別課題(事業アウトプット)

| フェーズ3の目標<br>(事業アウトカム) |                                                                                                      | フェーズ3の分野別課題<br>(事業アウトプット) | 研究分野                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| I                     | 一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること。                                       | ①海洋産出試験の実施                | フィールド開発技術                |
| II                    | 一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していると判断できること。                        | ②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価    | フィールド開発技術                |
|                       |                                                                                                      | ③長期陸上産出試験に係る作業の実施         | フィールド開発技術                |
|                       |                                                                                                      | ④生産性増進化技術の開発              | 生産手法開発                   |
|                       |                                                                                                      | ⑤生産性・生産挙動評価技術の高度化         | 生産手法開発                   |
|                       |                                                                                                      | ⑥地層特性評価技術の高度化             | 生産手法開発                   |
| III                   | 技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討ベースとなる環境影響手法等が提示されていること。 | ⑦海洋開発システムの検討              | フィールド開発技術                |
|                       |                                                                                                      | ⑧環境リスクの分析と対策の検討           | 環境                       |
|                       |                                                                                                      | ⑨環境モニタリング技術の開発            | 環境                       |
|                       |                                                                                                      | ⑩海洋産出試験における環境影響評価         | 環境                       |
|                       |                                                                                                      | ⑪経済性の評価及びその他の取組           | 経済性評価・その他<br>(フィールド開発技術) |
| I ～ III 以外の課題         |                                                                                                      | ⑫日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価  | 資源量評価                    |
|                       |                                                                                                      | ⑬メタンハイドレートシステムの検討         | 資源量評価                    |



## フィールド開発技術グループ

## 課題① 海洋産出試験の実施(フィールド開発技術G)

### 【目的】

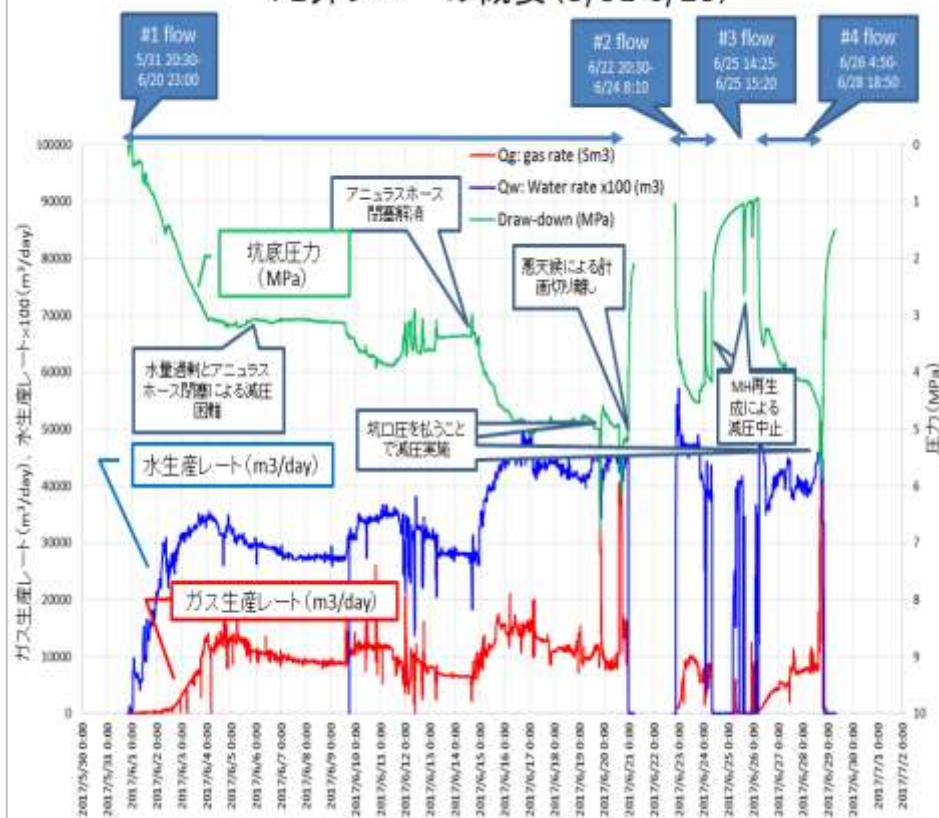
- 第1回海洋産出試験で明らかになった減圧法を適用する上での技術課題(出砂、坑内ガス・水分離、長期安定操業など)の解決策を検証する。
- 技術課題を克服した上で、1ヶ月程度の期間の貯留層応答のデータを取得して、安定的な減圧の維持とガス生産が実現可能であることを示す。

| 目標値(計画)                                                                                                     | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                        | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 1ヶ月程度の安定した減圧が実現されること                                                                                     | 2坑で生産を実施し、数週間程度の減圧状態の維持を実現。ただし、試験期間の都合上、目標である「1ヶ月程度の安定した減圧」までは検証できず。                                                     | ⇒一部達成            |
| b. 緊急離脱や計画切り離しが生じないか、生じても早期に復帰できること                                                                         | 生産試験中に悪天候による計画切り離しを実施したが、早期の復帰を実現。                                                                                       | ⇒ほぼ達成            |
| c. 安定したガス生産が実現されること                                                                                         | P2井及びP3井において、多量の水生産、出砂等により生産停止を余儀なくされたが、一定期間フローをコントロールしながらの安定生産は達成。                                                      | ⇒一部達成            |
| d. 上記a.～c.について問題が生じた場合、その原因が究明され、対策が立案されること                                                                 | P3井にて出砂が発生したが、各種データからその原因はほぼ特定され、出砂対策について一定の見通しを得た。<br>ガス・水分離については、P3井においては機能したが、水生産量の多かったP2井では十分に機能せず、その対策に関して新たな検討が必要。 | ⇒ほぼ達成            |
| e. ガス・水レートの計測、生産井・モニタリング井における圧力・温度計測などのデータ取得により、貯留層特性評価と貯留層応答に関するデータが取得され、課題②の特性評価、更には開発システム検討に利用できるようになること | ガス・水レートの計測、生産井・モニタリング井における圧力・温度などのデータ、圧力コアサンプルが取得され、課題②の特性評価、更には開発システム検討に資する多くの貯留層特性評価と貯留層応答に関するデータを取得。                  | ⇒達成              |

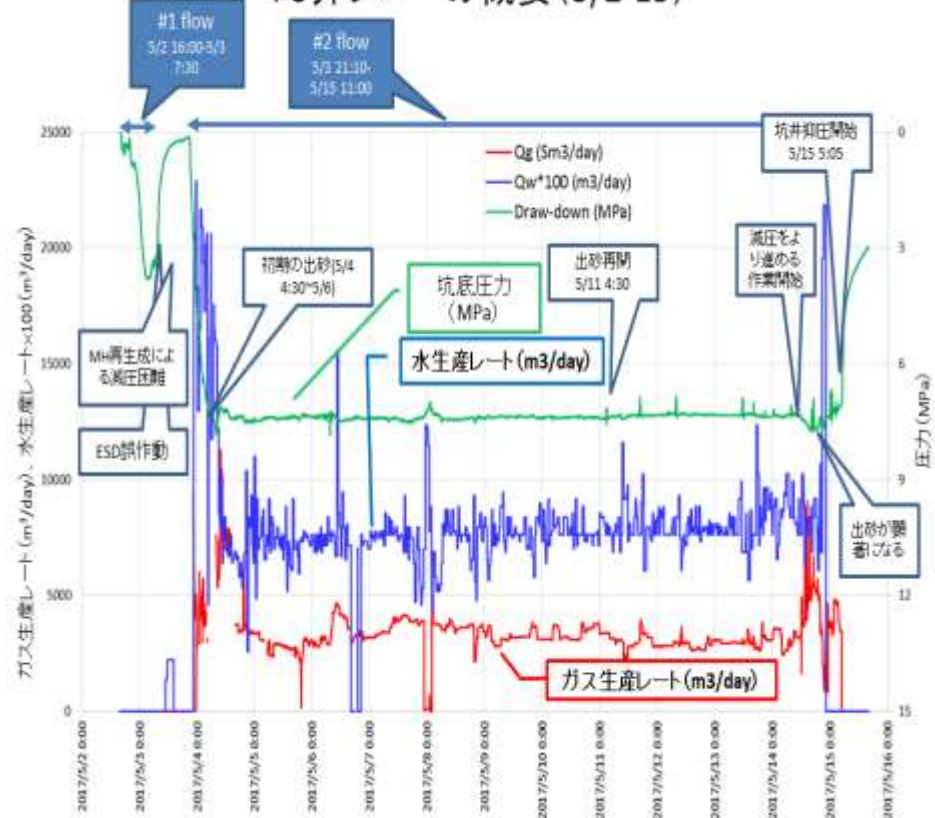
## 【成果】

- 第2回海洋産出試験を実施(H28 事前掘削、H29 ガス生産実験、H30 追加データ取得、廃坑作業、解析作業)
- 生産井2坑(P2、P3)においてP2井24日間、P3井12日間の計36日間の生産を達成
- ガス・水レート、圧力・温度データ、コアサンプル等、多くの貯留層特性、貯留層応答に関するデータを取得
- 第1回試験で明らかになった技術課題について、機器・装置を改良し一定の見通しを得た。

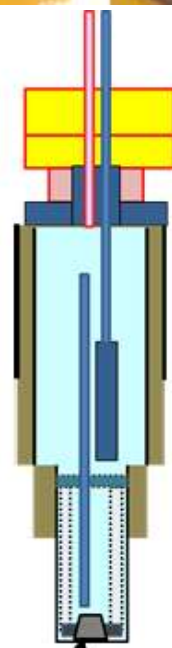
P2井フローの概要(5/31-6/28)



P3井フローの概要(5/2-15)



## 出砂対策装置



逆支弁: 坑内温度圧力データから、P3での出砂原因の可能性が考えられている。

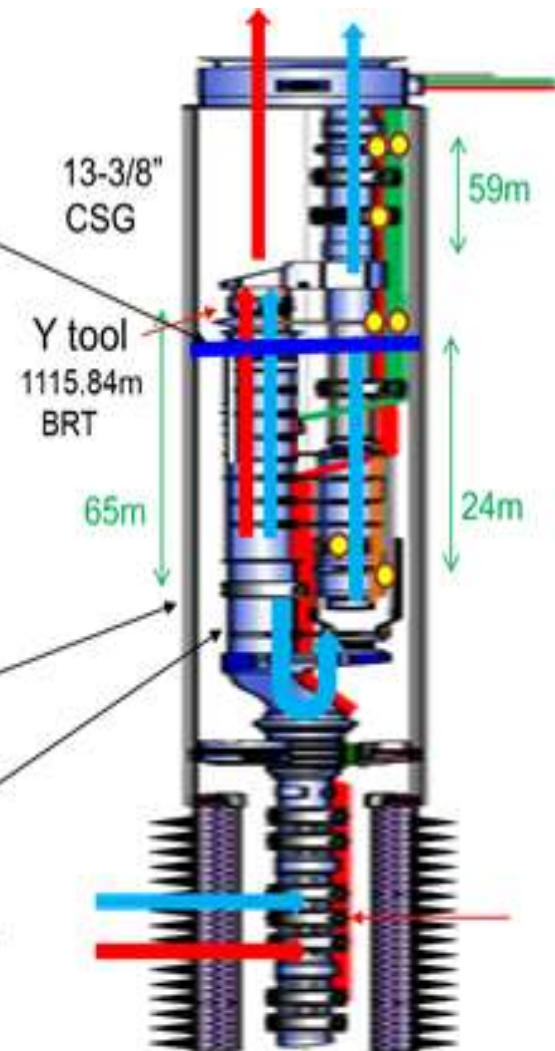
## ガス・水分離装置

液面がガス導管(6-5/8" DP)内にあったのを、坑口に背圧をかけることで、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、ガス水分離を確実なものとした

流速が速くなる狭隘部をなくす

ケーシング径を9-5/8"から13-3/8"に拡大  
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

以上により、流路面積を増やして(3倍以上)、流速を落とし、ガスと水の重力分離を向上させた。



改良された坑内機器。P3では気液分離が実現できたが、水レートの高かったP2ではガスがESP側に流れる問題が発生した。



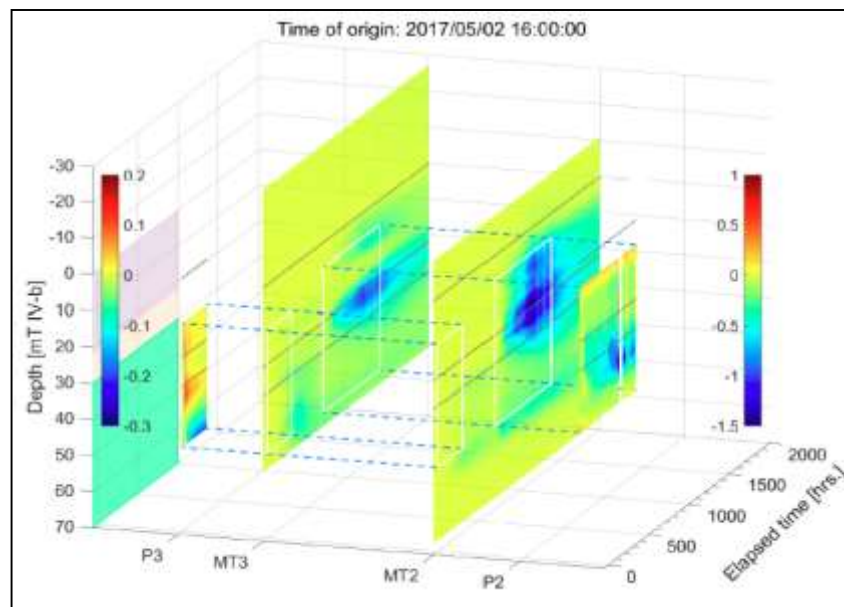
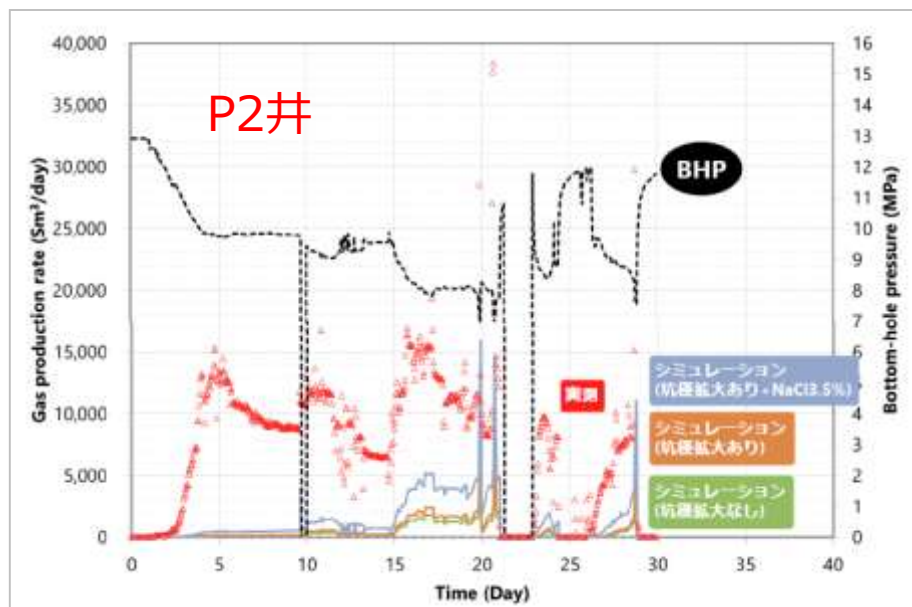
## 【目的】

- 海洋及び陸上における長期の生産挙動予測や経済性評価を実現すること。

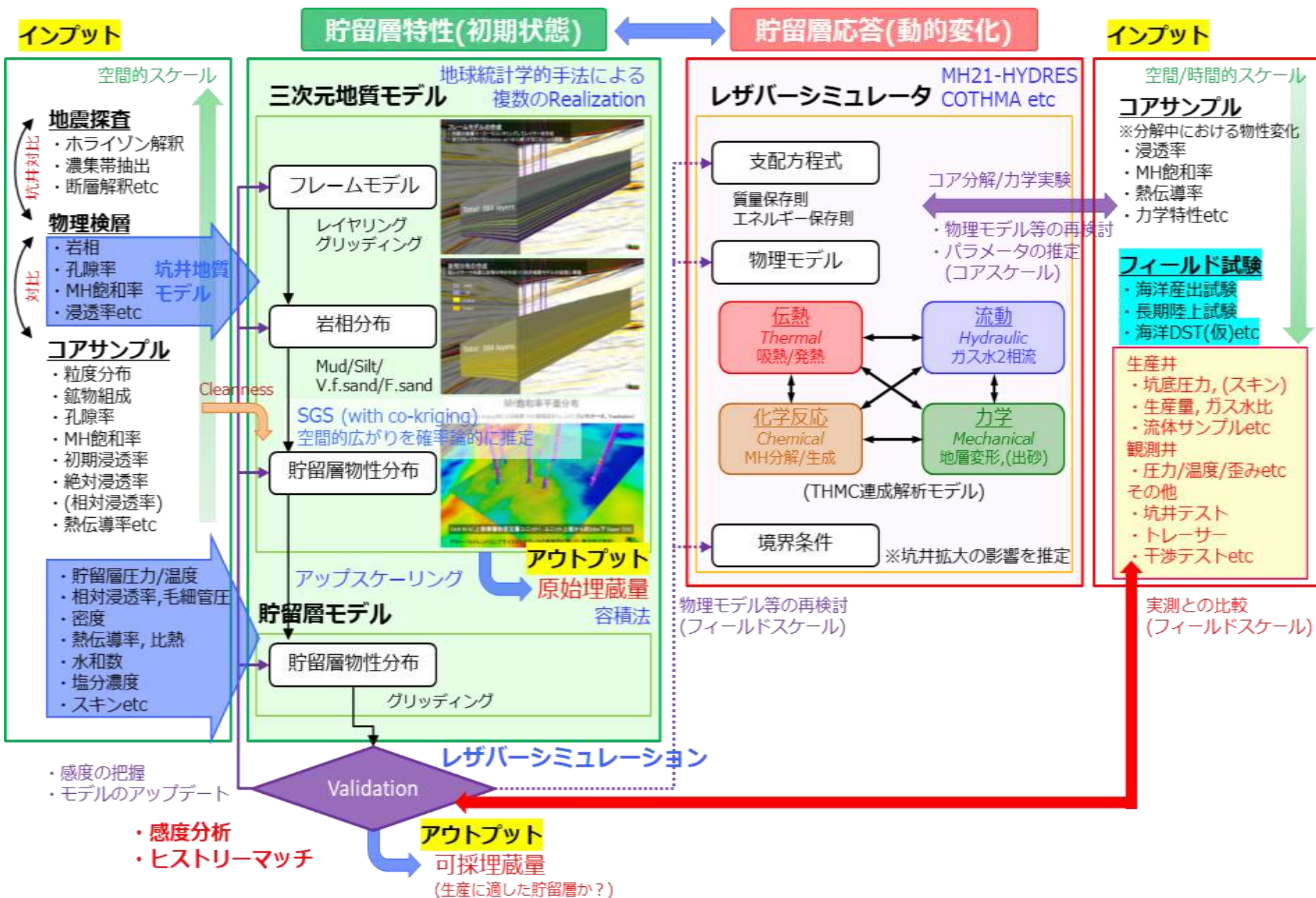
| 目標値(計画)                                                     | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                                                                                        | 原因分析<br>(未達成の場合)                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| a. 海洋・陸上それぞれについて検層・コア・試験結果等のデータを総合化して貯留層モデルを構築して、長期挙動の予測を行う | 第2回海洋産出試験で得られた生産データは、シミュレーションによる事前予測とは異なる傾向を示したため、同試験で得られた検層・コア・試験結果等のデータを踏まえて貯留層モデル(及び物理モデル)の見直しを検討中。<br>また、陸上の暫定的な貯留層モデルによって、事前予測(生産レートの規模感の把握)を実施。(暫定的な貯留層モデルは試掘で取得予定のデータを用いて見直す必要あり) | ⇒ほぼ達成                                                                                     |
| b. 信頼性のあるデータを海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡す                 | 信頼性のあるデータ(長期生産挙動予測)を海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡すことは、事前予測と実際の生産挙動に乖離がある現段階では困難と言わざるを得ない。                                                                                                | ⇒未達成<br>シミュレーションによる生産予測と実績の比較(第2回海洋産出試験ガス生産レート)と、モニタリングデータ・地震探査/検層データ等を比較して、差異の原因を追究している。 |

## 【成果】

- 第2回海洋産出試験で得られたデータの解析を実施(継続中)。
- 生産試験後にも圧力コアリングや検層等による追加データの取得を実施し、現在も分析・解釈作業中。
- 陸上試験候補地周辺の既存データに基づいた暫定的な貯留層モデルを構築。



# シミュレーションによる生産挙動・技術的可採量の推定



※大概案(三次元地質モデリングのワークフローは、玉置ほか(2013, TRC年報)および玉置(2017, 第2回データレビュー会議)を参考にした)



## 課題③ 長期陸上産出試験に係る作業の実施(フィールド開発技術G)

### 【目的】

- 商業化の可否の検討に必要な年単位の生産が実現できて、生産挙動が予測できるようになる。

| 目標値(計画)                                                  | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                   | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 適切な試験計画を立案し、実施体制を確立する                                 | 陸上産出試験の試験計画を米国側と協議し策定中であり、試験の実施計画、実施体制についてはほぼ確立された。                                 | ⇒ほぼ達成            |
| b. 1年程度ของガス生産実験を実現して、ガス生産量の増大傾向が見られるか確認し、必要なデータの取得を行うこと | 1年程度ของガス生産実験については、米国側との調整により、遅延中。近々実施予定の試験結果にも依存するが、実現までには早くても数年を要する見込み。           | ⇒評価せず            |
| c. 海産試験で明らかになった課題や、生産挙動がおもわしくない場合の対応策の検証や、生産量の増進策の適用・検証。 | 海産試験で明らかになった課題や、生産挙動がおもわしくない場合の対応策の検証、生産量の増進策の適用・検証については、可能な限り生産試験のプログラムに盛り込むべく検討中。 | ⇒一部達成            |

### 【成果】

- 米国DOE(エネルギー省)傘下のNETL(米国エネルギー技術研究所)とJOGMECとの間でH26年1月に締結したMOUに基づき、陸上産出試験の実現を目指し継続して協議を実施。
- 試験の候補地選定、試験計画策定にあたっては、NETL、USGS(米国地質調査所)、オペレーター候補等の多岐にわたるステークホルダーと種々の協議が必要となり、当初想定より時間を要したものの、試験井(Stratigraphic Test Well)掘削実施計画などに関してほぼ合意に至った。⇒本年度中の試験井掘削を実現できる見通し。
- 試験井掘削時の体制についてもほぼ合意に達している。

## 課題⑦ 海洋開発システムの検討(フィールド開発技術G)

### 【目的】

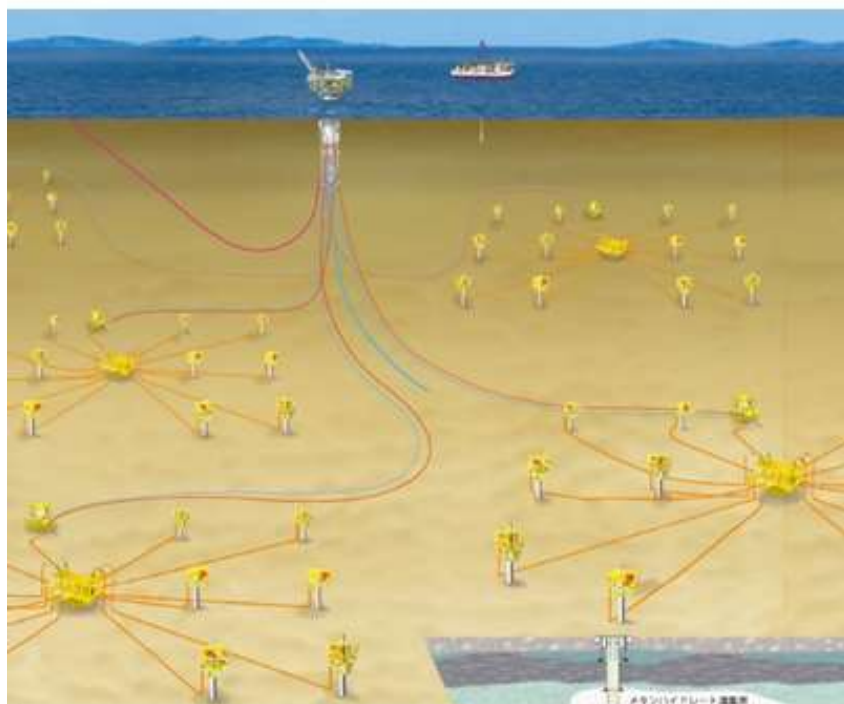
- 実現性がある海洋開発システムのシナリオを提示し、商業化の実現性の判断と今後の研究計画立案に資する情報を提示する。

| 目標値(計画)                                       | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                   | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 開発システムの基本案が提示されて、その実現に必要な技術が提示されている        | 開発システムの基本案を提示し、将来の商業化を見据えて必要な技術を抽出、研究開発計画案を作成。                                                      | ⇒達成              |
| b. 経済性・エネルギー収支などの情報が示されている                    | 経済性・エネルギー収支を評価し、将来の商業化の実現性の判断に資する情報が示された。<br>(ただし、現時点では技術的不確実性は極めて大きく、技術開発の進展に伴い継続的にアップデートすることが重要。) | ⇒ほぼ達成            |
| c. 海洋におけるより長期のフローが実現できる見通しが示されている             | 海洋におけるより長期のフローが実現できる見通しについて、海洋産出試験を通じて課題解決を進めたが、現時点で確実なことを示すことは困難。                                  | ⇒一部達成            |
| d. 我が国周辺海域における貯留層状況のデータが提示されている               | 我が国周辺海域における貯留層状況のデータは、限定的ではあるが可能な範囲で提示。                                                             | ⇒一部達成            |
| e. 気象・海象・ジオハザードなど作業の支障となる外的要因が抽出されてデータが得られている | 第2渥美海丘周辺海域においては、気象・海象・海底土質などに係るデータを取得。                                                              | ⇒ほぼ達成            |

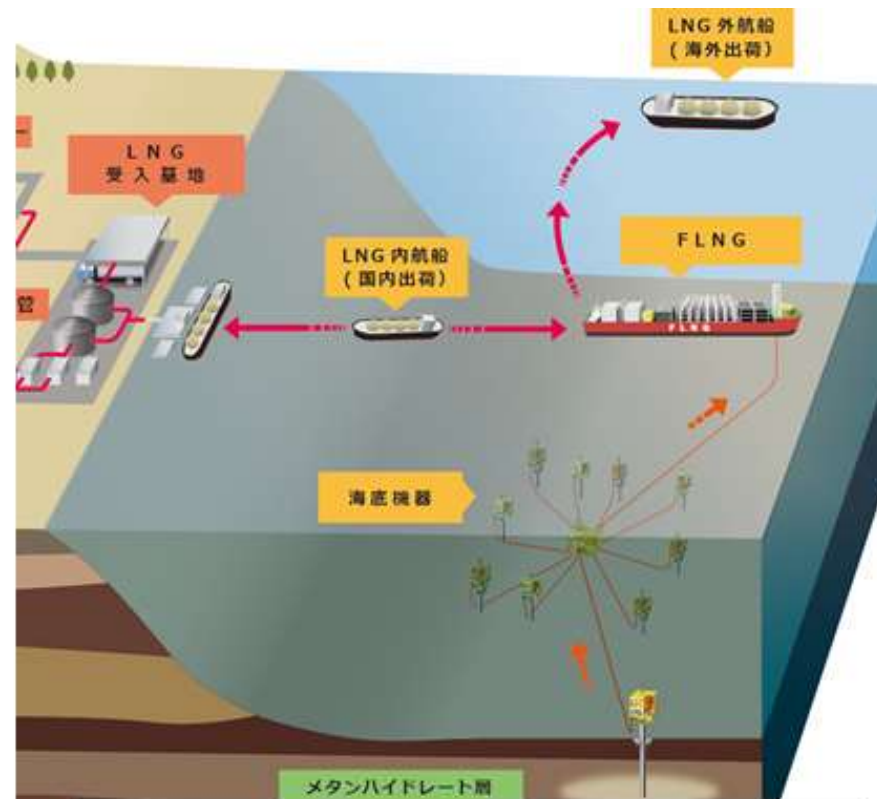
### 【成果】

- 将来の商業化を想定し、現時点で考え得る海洋でのメタンハイドレート開発システム基本案を提示。
- 各開発システム案について、開発コスト・操業コストの検討をし、経済性及びエネルギー収支の評価を実施。
- 将来の商業化を見据え、必要な技術を抽出した「技術マップ」を作成、商業化までの目標(技術レベル)に到達するための研究開発計画案を作成。

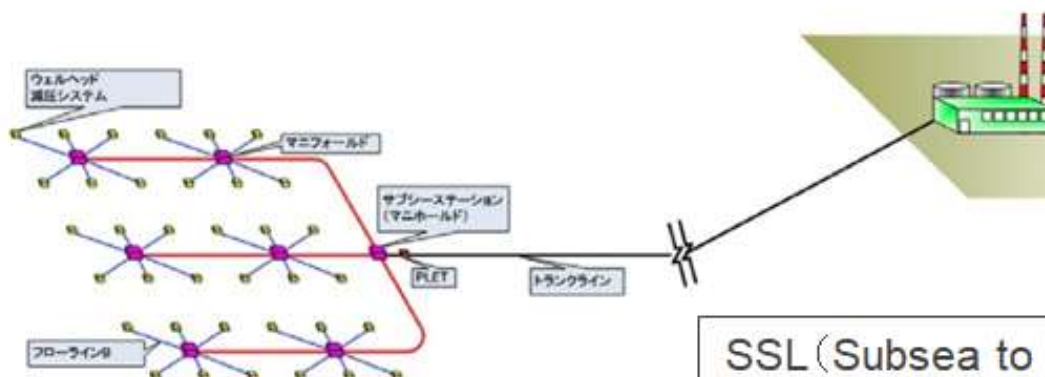
# 開発システム一次案(候補)



洋上プラットフォームシステム (Option 1)



FLNGシステム (Option 2)



SSL (Subsea to Land) システム (Option 3)

## 課題⑪ 経済性の評価及びその他の取組(フィールド開発技術G)

### 【目的】

- 将来的に民間企業がメタンハイドレートの開発事業を推進していくために、リスク、経済性評価などの観点から、開発投資判断に資する知見・技術等について整理する。

| 目標値(計画)                                                                     | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                   | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. これまでの研究開発の成果等をもとに、評価の見直しを行い、商業化に向けた道筋を整理する                               | これまでの研究開発の成果等をもとに、評価の見直しを行い、商業化に向けた道筋(事業化シナリオ)を整理。                  | ⇒ほぼ達成            |
| b. エネルギー収支評価に加え、ライフサイクルでのCO2排出量の評価を行い、メタンハイドレートの政策的位置付け等を検討する際の指標の一つとして整理   | エネルギー収支評価に加え、ライフサイクルCO2排出量の評価を実施。                                   | ⇒ほぼ達成            |
| c. 開発に伴うリスク、実用化による副次的効果、技術項目も含めた、総合的な評価を行い、商業化段階及びそれへの過渡的段階において実施すべき事項をまとめる | 開発に伴うリスク、実用化による副次的効果について検討、技術評価も踏まえた総合的な評価を実施し、各段階において実施すべき事項をまとめた。 | ⇒ほぼ達成            |

### 【成果】

- これまでの研究開発の成果等も踏まえて、商業化に向けた道筋(事業化シナリオ)を整理。
- 現時点での想定に基づき、エネルギー収支、およびライフサイクルCO2排出量の評価も実施。
- 開発に伴うリスク、実用化による副次的効果について検討し、現時点での技術評価を踏まえた総合的な評価を実施。商業化へ向けた各段階において実施すべき事項をまとめた。

# メタンハイドレートの商業化のイメージ

- メタンハイドレートの商業化とは、メタンハイドレート由来の天然ガスが、LNG由来の天然ガスの代替として利用者から選ばれる状態になることを想定する。
- 砂層型メタンハイドレートの商業化 : 2030年代（海洋基本計画に掲げる目標が順調に達成された場合）  
投資回収期間 : 10～20年程度（想定）  
⇒2030年代～2050年代LNG価格と競争。
- 2030年代～2050年代の我が国着のLNG価格見通し : \$11～12/MMBtu（IEA・EIA等）  
⇒企業がビジネスを行う上での一定の企業利益も考慮すると、生産原価は\$6～7/MMBtuを目指すべき。

※ただし、これらの価格は現時点のデータから試算したものであり、将来のエネルギー情勢や国際環境を踏まえ、随時見直し。

- メタンハイドレートにはLNG代替としての価値の他に、『我が国EEZ内の国産資源』『エネルギーを取り巻く環境が大きく変化した場合のオプション』『海外からのエネルギー調達の際のバーゲニングパワー』といった重要な価値がある。これらの将来的な価値について、現時点で評価を行うことは困難であるが、今後商業化の見通しが具体化した段階で、これらの評価手法について検討していく。

価格・見通し（米国エネルギー省情報局（Energy Information Center : EIA））

|                  | 油価(brent)(\$/bbl) |        |        |        |        | 北米産日本着価格（\$/MMBtu)想定※ |       |       |       |       | HH価格（\$/MMBtu） |      |      |      |      |
|------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|------|
|                  | 2015              | 2020   | 2030   | 2040   | 2050   | 2015                  | 2020  | 2030  | 2040  | 2050  | 2015           | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| AEO2017(2017年1月) | 53.06             | 74.82  | 94.52  | 109.37 | 116.80 | 8.06                  | 10.18 | 10.76 | 10.83 | 11.70 | 2.66           | 4.51 | 5.00 | 5.07 | 5.83 |
| AEO2012          | 113.97            | 115.74 | 126.51 | -      | -      | -                     | -     | -     | -     | -     | 4.29           | 4.58 | 6.29 | -    | -    |
| AEO2007          | 44.61             | 46.47  | 51.63  | -      | -      | -                     | -     | -     | -     | -     | 5.46           | 5.71 | 6.52 | -    | -    |

※原料ガス:HH価格x115%、液化費用（3\$/MMBtu）、輸送費（2\$/MMBtu）として参考値を試算。FID前の2012年以前は、試算除外

※価格は、実質価格（2016年、2010年、2005年価格）



## 砂層型メタンハイドレートの商業化に必要な条件

- 砂層型メタンハイドレートの生産原価は、十分な規模の原始資源量が存在する濃集帯において、高い生産性を確保出来るか否かに大きく左右される。
- JOGMECにおいて、これまでに得られた地質データやシミュレーション結果等に基づき、一定の開発イメージを想定した分析を行った結果、\$6～7/MMBtuの生産原価を実現するためには目安として以下の2つの条件を満たすことが必要。
  - ・坑井当たり、15万m<sup>3</sup>/日以上の平均生産レート
  - ・原始資源量が約500億m<sup>3</sup>以上の濃集帯の存在

商業化にあたって求められる濃集帯と生産レートの条件

| 原始資源量<br>坑井生産レート<br>(8年平均値)   | 大規模<br>約500億m <sup>3</sup><br>(約2TCF) 以上 | 中規模<br>約100～500億m <sup>3</sup><br>(約0.4～2TCF) | 小規模<br>約100億m <sup>3</sup><br>(約0.4TCF) 以下 |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 高<br>15万m <sup>3</sup> /日程度以上 | ◎<br>(優先順位：高)                            | ○<br>(優先順位：中)                                 | ×<br>(対象外)                                 |
| 中<br>5～15万m <sup>3</sup> /日程度 | ○<br>(優先順位：中)                            | △<br>(優先順位：低)                                 | ×<br>(対象外)                                 |
| 低<br>5万m <sup>3</sup> /日程度以下  | ×<br>(対象外)                               | ×<br>(対象外)                                    | ×<br>(対象外)                                 |

注) 上記の数値はJOGMECにおいて、LNGの価格見通しや、これまでに得られた地質データやシミュレーション結果等に基づいて試算したものであるため、**一定の幅を持って見るべき数値**であることに注意が必要。

## 生産手法開発グループ

## 【目的】

- メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術整備として、メタンハイドレート層からメタンガスを長期的に大量かつ安定的に生産する生産手法の開発を行う。

| 目標値(計画)                                                                                     | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                                  | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 様々な生産増進回収法について、想定される商業規模での適用性について検証し、提示する。また、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成などの貯留層障害対策技術に関して検証・整備する。 | 様々な生産増進法に関して、室内実験や数値シミュレーションを用いた検討を行った結果、各手法の増進効果は確認されたが、貯留層条件によっては、適用性に違いがあることを明らかにした。また、地盤を加振する場合の効果が高い周波数を1次元流れの室内透水実験にて明らかにした。 | ⇒ほぼ達成            |
| b. 安定な坑底圧制御を実現するため、坑井内での気固液流動解析を通した良好な気液分離法の開発やハイドレート再生成などの流動障害に関して想定される商業規模での対策技術の整備を進める。  | 高圧・塩水下の気液二相流の流動状態を把握できるように、実坑井規模の流動実験装置を導入するとともに、生産時の坑井内の高圧下でのメタンガス・水の気液二相流流動解析用の数値シミュレータの開発を行い、様々な条件下での流動場の検討が出来るようにした。           | ⇒一部達成            |
| c. 大型室内試験装置や数値シミュレータなどを用いて、開発した生産性増進技術、生産障害対策技術などの効果について提示する。また、減圧法適用時の地層変形挙動の実験的評価を実施する。   | 大型室内試験装置を用いて減圧法適用時の地層変形の計測や強減圧法の実験を検証した。                                                                                           | ⇒ほぼ達成            |

## 【成果】

- 氷の生成潜熱をハイドレート分解に用いる強減圧法、2本の坑井間で電流を通してその抵抗によって地層を加熱する通電加熱法、MH層内での部分酸化による発熱を加熱源とする部分酸化法など、様々な生産増進法の提案を行った。
- 貯留層障害対策技術として、地盤に振動を与えて透水性を改善する手法では、14～20kHzの加振周波数の場合に最も効果が高いことを室内実験にて明らかにした。
- 生産増進法の一つである強減圧法適用時の氷生成現象を明らかにした。

# 低浸透率層(スキン層)の除去対策技術

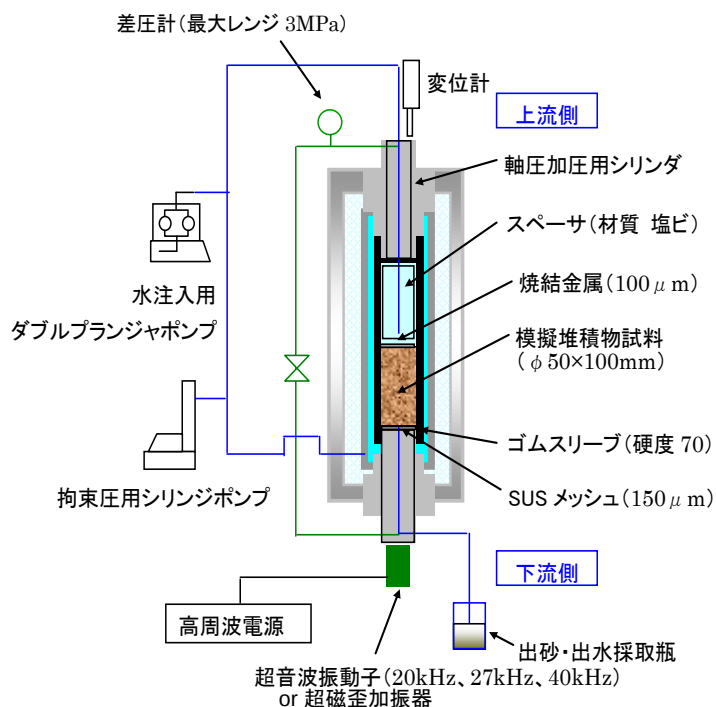
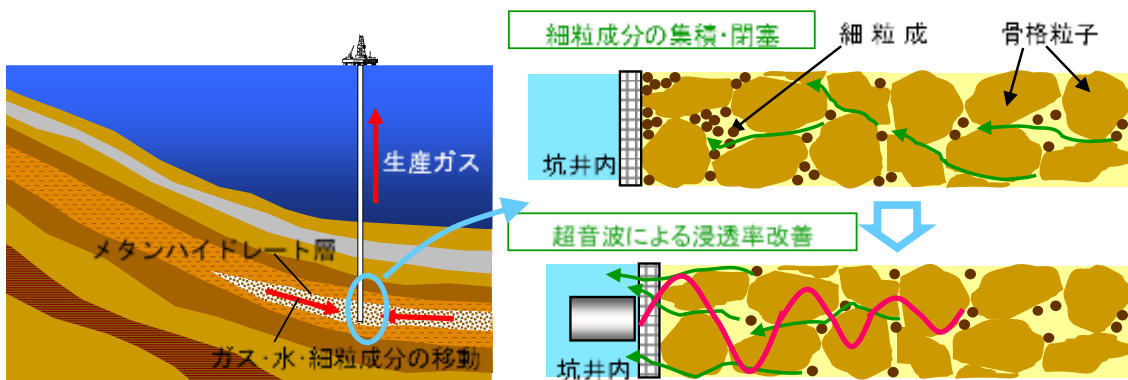
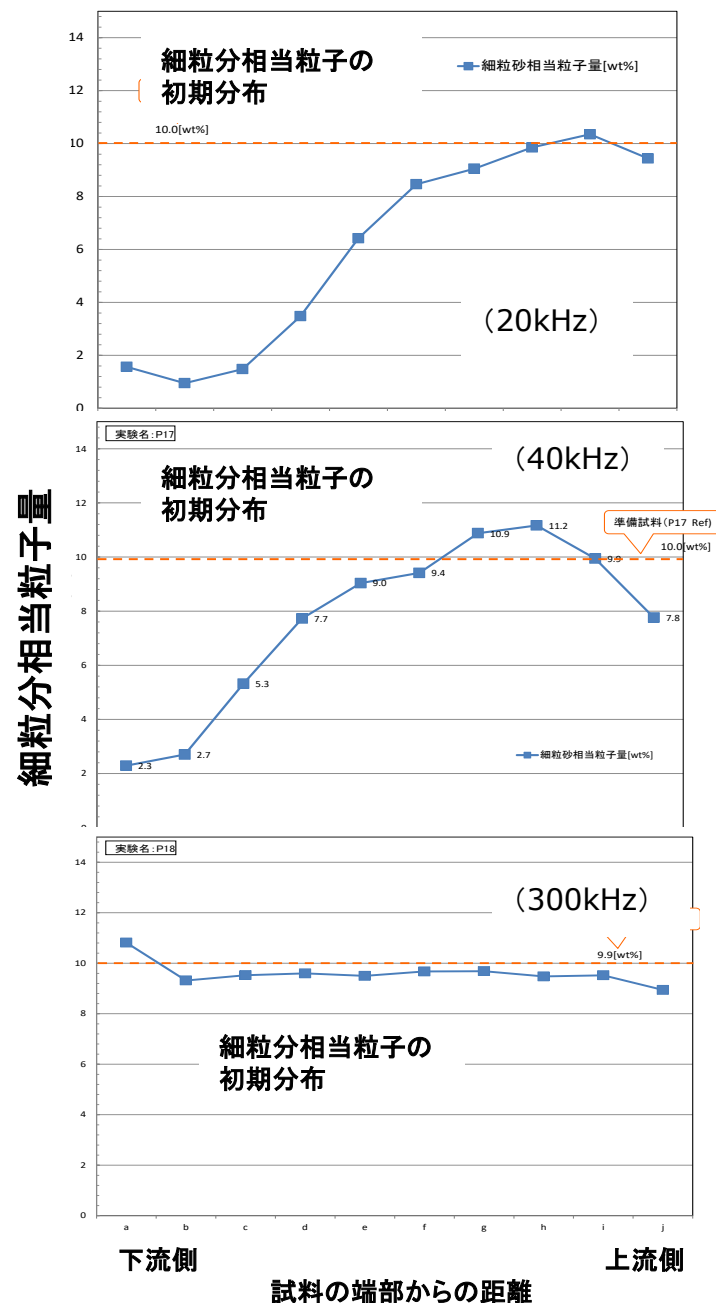


図 小型実験装置(今回実験で使用)  
(試料寸法:  $\Phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、1次元流れの透水実験用)



## 【目的】

- メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術整備として、坑井のガスの生産能力及びメタンハイドレート資源フィールドの長期的な生産挙動を高い精度で予測・解析する評価技術の開発・改良を行う。

| 目標値(計画)                                                                                                             | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                            | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 生産シミュレータに対し各種生産増進法および貯留層障害が取り扱えるように生産シミュレータの機能拡張や、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる                                    | 生産シミュレータに対して生産増進法などが取り扱えるように機能拡張を行うとともに、シミュレータの操作性を向上させた。                                                                    | ⇒達成見込み           |
| b. 長期生産時の広域にわたる生産挙動および地層変形などを高精度に評価するために、海洋産出試験地などで取得した保圧コア解析を実施し、解析技術の高度化を図る。                                      | 開発した保圧コア評価装置群によって、初期水浸透率、絶対水浸透率、浸透率異方性などの水理特性や、一軸圧縮強度、三軸圧縮強度、圧縮・膨潤係数などの力学特性などの精緻な貯留層パラメータの取得が可能となった。                         | ⇒達成              |
| c. 取得した高精度の貯留層パラメータを反映させた貯留層モデルを開発し、開発したモデルを用いて、海洋産出試験などの生産性・生産挙動予測を実施し、試験計画策定に反映させるほか、試験結果の検証から生産シミュレータの信頼性向上を進める。 | 第2回海洋産出試験(ガス生産試験)に関して、坑井データを基に貯留層モデルを構築し、様々な2次元モデルや3次元モデルを用いた検証を行い、MH飽和率分布の不均質性が生産挙動に与える影響や、シミュレータに組み込まれているモデルの精度などについて把握した。 | ⇒ほぼ達成            |
| d. 海洋産出試験などの検証を通して得られた貯留層モデルを用いて、生産シミュレータによる解析から、想定される商業規模生産における生産システムについて経済性および合理性について評価する。                        | 生産休止期間を設けて数十年周期で繰り返し生産するサイクリック法では、長期的に安定的なガス生産レートが維持される解析結果が示された。                                                            | ⇒一部達成            |



## 【成果】

- 生産シミュレータに対して、通電加熱法やCO2圧入法などが取り扱えるように機能を拡張するとともに、入力データ作成支援用のグラフィカルユーザーインターフェイス(GUI)プログラムの改良・機能強化を行い操作性を向上させた。
- メタンハイドレートを分解しないように保圧下で分析する装置群を開発・整備し、現場にて取得した保圧コアの分析を行い、貯留層パラメータを取得した。
- コア分析の結果なども反映されたモデルを用いて第2回海洋産出試験の事前予測の実施や試験後の検証などを行った。

## 作成支援ツールの一例 (円筒座標モデル作成画面)

GridCreateWindow

モデル名: Cylindar\_01

半径方向のグリッド分割法

1: 外部境界半径と刻み数で指定  
 1: 外部境界半径と刻み数で指定  
 2: 最内グリッド幅、外部境界半径、刻み数で指定  
 3: 全て入力

R-Direction

外部境界半径 (m): 0  
 グリッド分割数: 0  
 坑井半径 (m): 0

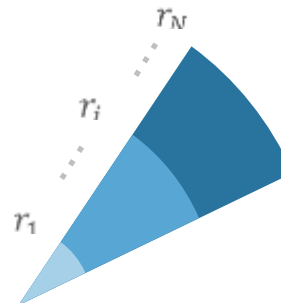
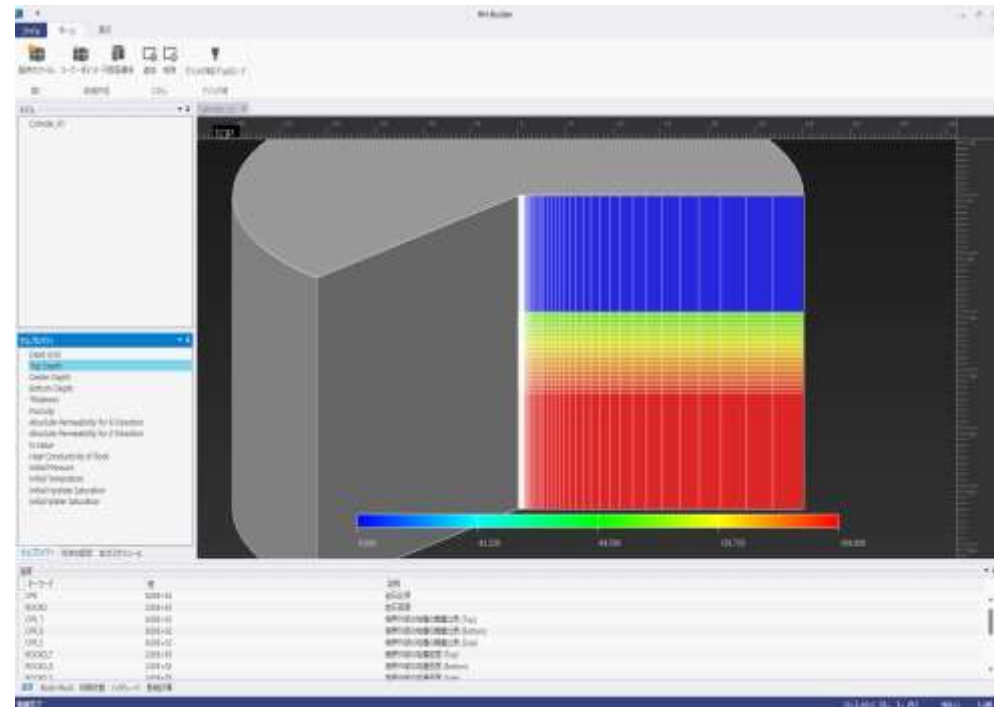
Position

Origin X: 0  
 Origin Z: 0

Z-Direction

NZ: 0  
 Constant DK: 0  
 DZ (m):

10オール OK Cancel



## 複数の分割法を選択

- ・ 外部境界半径と刻み数

$$\log r_i = i \frac{\log r_N}{N}, \quad r_i = 10^{i/N \log r_N} = r_N^{i/N}$$

- ・ 最大分割幅、外部境界半径

$$\log R_i = \log R_1 + (i-1)d(\log)$$

$$d(\log) = \frac{\log R_N - \log R_1}{N-1}$$

## 課題⑥ 地層特性評価技術の高度化(生産手法開発G)

### 【目的】

- メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術整備として、生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を保証するための地層特性評価技術の改良を行う。

| 目標値(計画)                                                                                                                               | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                       | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 長期の動的な地盤挙動を解析するための構成式の最適化などを図るための実験パラメータなどの取得を行う。また、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる。                                                   | 室内実験結果を基に長期の変形挙動を取り扱えるように構成式の改良を行うとともに、入力データの作成支援や解析結果の後処理用に、プリ／ポストプロセッサの機能を追加し操作性を高めた。 | ⇒達成              |
| b. 減圧法適用時の坑井周辺の地盤挙動に関して、圧潰などのリスク回避、坑井の健全性の確保のため、坑井仕上げ法や坑底圧制御などの最適条件を提示するとともに、海洋産出試験などの検証を通して、長期生産時の広域での地層変形などを評価し、地層変形シミュレータの精度向上を図る。 | 地層変形シミュレータを用いて、第2回海洋産出試験時の地層変形に関する解析を通して、精度向上を図った。                                      | ⇒ほぼ達成            |
| c. 出砂評価装置を用いた出砂対策技術の検証を行う。                                                                                                            | 出砂現象の検討のために導入した大型出砂評価試験装置を用いて、室内にて連続通水試験を行い、細粒砂の移動は生じやすいが、出砂現象には至らないことを本装置で確認した。        | ⇒ほぼ達成            |

### 【成果】

- 室内実験結果を基にMH飽和率や地層変形の時間依存性などを考慮した構成式の改良を行い、長期の変形挙動を取り扱えるように機能強化を行った。また、入力データ作成支援用のプリプロセッサなどの機能を追加し操作性を向上させた。
- 第2回海洋産出試験時の坑井仕上げに基づくモデル化を行い、試験時の地層変形に関する検証などを行った。
- 出砂現象の評価のために、大型出砂評価試験装置を導入し、本装置を用いて出砂現象に関する室内実験による検討を行った。

# 地層変形シミュレータ用の入力データの作成支援ツール (入力画面の一例)

【物性No.7】タイプ18：MHF地層の線形モデル(拘束圧とShの依存性を考慮)

**変形係数**

$E = a_1 * (\sigma_{a1}' / pa)^{a_2} + a_3 * (Sh)^{a_4} + a_5 * (Sh)^{a_6} * (\sigma_{a5}' / pa)^{a_7} [Pa]$

$a_1 > 0$ の場合、 $\sigma_{a1}' = \sigma_1'$   
 $a_1 < 0$ の場合、 $\sigma_{a1}' = \sigma_m'$

$a_3 > 0$ の場合、 $\sigma_{a3}' = \sigma_3'$   
 $a_3 < 0$ の場合、 $\sigma_{a3}' = \sigma_m'$

pa：基準圧力（正値）[Pa]

**ポアソン比**

$v = b_1 + b_2 * (Sh)^{b_3} [Pa]$

**有効粘着力**

$c' = c_1 + c_2 * (Sh)^{c_3} [Pa]$

**有効内部摩擦角**

$\phi' = d_1 + d_2 * (Sh)^{d_3} [^\circ]$

**引張強度** 正値[Pa]

**Ef/E** Ef：破壊後の変形係数  
破壊後の変形係数が低下しない場合は1.0を入力

**最小制限圧縮応力** 引張破壊後の最小制限圧縮応力（負値）[Pa]  
デフォルト値 -0.01MPa

**初期MHF飽和率**

**初期孔隙率** MHF含有する孔隙も含む

**初期水飽和率**

**[浸透率式]**

$k = k_0 \left( \frac{\phi - \phi_{cr}}{\phi_0 - \phi_{cr}} \right)^{N\phi} (1 - S_{h1})$

**絶対浸透率**

X [1] 1.0000E-18 MHS/L [m^2]

Y [4] 1.0000E-18

Z [5] 1.0000E-18

**浸透率低減係数**

$N_{\phi}$  [34] 1.0000E+01 0以上：入力値  
-1.0：座標形式により自動

$N_Y$  [35] 1.0000E+01

$N_Z$  [36] 1.0000E+01

**臨界孔隙率  $\phi_{cr}$**  浸透率式における

**指数  $N\phi$**  浸透率式における

**最小孔隙率  $\phi_{min}$**  浸透率に孔隙率の影響を考慮する  
 $\phi < \phi_{min}$ の場合、浸透率

**浸透率曲線のMHF飽和率  $S_{h2}$**  浸透率式における  
 $k_{hyd} = 3$ の場合有効

**係数  $N2$**  浸透率式における  
 $k_{hyd} = 3$ の場合有効

**MHf平均曲線関係の曲線** 適宜1

| 層番号 | 層厚 [m] | 層名  | 層色  | 層属性         |
|-----|--------|-----|-----|-------------|
| 8   | 5      | 5   | 67  | Mud         |
| 9   | 6      | 6   | 67  | Mud         |
| 10  | 7      | 7   | 67  | Mud         |
| 11  | 8      | 8   | 67  | Mud         |
| 12  | 9      | 9   | 67  | Mud         |
| 13  | 10     | 10  | 67  | Mud         |
| 14  | 11     | 11  | 67  | Mud         |
| 15  | 12     | 12  | 67  | Mud         |
| 16  | 13     | 13  | 67  | Mud         |
| 17  | 14     | 14  | 67  | Mud         |
| 300 | 297    | 297 | 14  | Sand        |
| 301 | 298    | 298 | 14  | Sand        |
| 302 | 299    | 299 | 14  | Sand        |
| 303 | 300    | 300 | 14  | Sand        |
| 304 | 301    | 301 | 14  | Sand        |
| 305 | 302    | 302 | 14  | Sand        |
| 306 | 303    | 303 | 14  | Sand        |
| 307 | 304    | 304 | 14  | Sand        |
| 308 | 305    | 305 | 14  | Sand        |
| 309 | 306    | 306 | 14  | Sand        |
| 310 | 307    | 307 | 14  | Sand        |
| 311 | 308    | 308 | 14  | Sand        |
| 312 | 309    | 309 | 14  | Sand        |
| 313 | 310    | 310 | 14  | Sand        |
| 314 | 311    | 311 | 14  | Sand        |
| 315 | 312    | 312 | 67  | Mud         |
| 316 | 313    | 313 | 49  | ケーシング       |
| 317 | 314    | 314 | 99  | ケーシング2      |
| 318 | 315    | 315 | 147 | セメント        |
| 319 | 316    | 316 | 30  | ベースパイプ 穴なし  |
| 320 | 317    | 317 | 100 | ベースパイプ 穴あり  |
| 321 | 318    | 318 | 118 | スクリーン       |
| 322 | 319    | 319 | 118 | ジオフォーム      |
| 323 | 320    | 320 | 134 | SC2R Packer |

平均: 32.33333333 データの個数: 4 最小値: 15 最大値: 67

坑井  
モデル

X軸方向は水平のみ、Y軸方向へは傾斜考慮可能

推進グループ(環境チーム)

## 課題⑧ 環境リスクの分析と対策の検討(環境T)

## 課題⑨ 環境モニタリング技術の開発(環境T)

## 課題⑩ 海洋産出試験における環境影響評価(環境T)

## 【目的】課題⑧～⑩共通

- メタンハイドレートの商業生産時の環境影響を適切に評価するために、海洋産出試験での環境影響に係る予測・評価・データ取得を通じて、段階的に必要となる手法を検討する。

| 目標値(計画)                                                                                                 | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                         | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. 第2回海洋産出試験を通じた環境影響の予測・評価を通じて、商業生産の最小単位と考えられる単一坑井でのガス生産を対象とした影響予測手法と影響評価手法を提示する。                       | 第2回試験で想定される各種の環境影響要因を抽出し、それらの影響予測と評価を実施。<br>予測・評価結果と海域環境調査等で取得した実データとの比較を通じて、予測・評価結果および手法の妥当性を確認。                         | ⇒達成              |
| b. 深海底において1年間程度の期間、安定した連続計測が可能な環境モニタリングシステムを構築するとともに、第2回海洋産出試験の前後にかけてモニタリングを行い、メタン漏洩及び地層変形に関するデータを取得する。 | 第1回海洋産出試験で適用したシステムに一部改良を加えた環境モニタリングシステムにより、第2回海洋産出試験のガス生産実験前後にかけての十分な期間で連続計測を実施。<br>試験時のメタン濃度の変化および地層変形の検討に資するデータを取得している。 | ⇒ほぼ達成            |
| c. b.の結果を踏まえ、商業生産時の環境影響を把握するための計測手法について、コンセプトとして整理する。                                                   | 環境モニタリングの知見から、各センサーの特性や長短所を確認。これらの知見もとに、各センサーの適用条件を整理し、ベースとなる計測手法の適正化を進めている。                                              | ⇒ほぼ達成            |
| d. 定期的に海域環境に関する調査を実施し、商業生産時の環境影響評価のベースとなる環境データを整理する。これらの結果を踏まえ、商業生産時の環境影響を把握するための調査手法について、コンセプトとして整理する。 | 第2回海洋産出試験前後において定期的に海域環境に関する調査を実施し、環境影響を検討するうえで必要なデータを継続して取得。<br>現在、試験海域をモデル海域として位置付け、試験海域の環境特性の整理や調査手法等の適正化を進めている。        | ⇒ほぼ達成            |

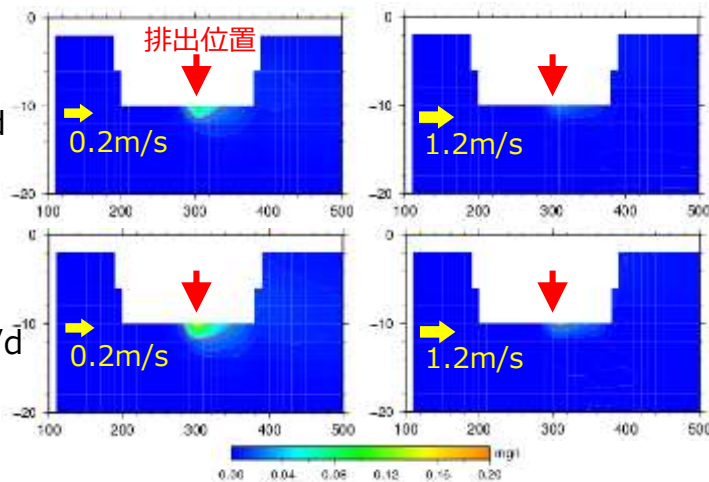


**【成果】**

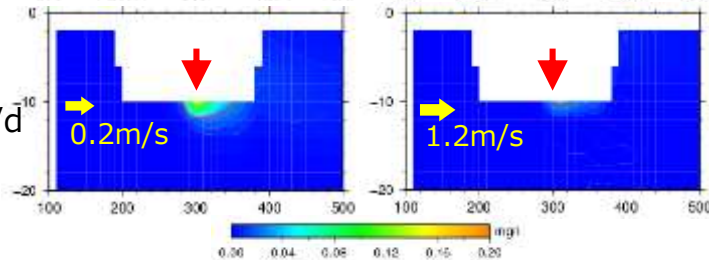
- 第1回海洋産出試験での検討等をベースに、第2回海洋産出試験で想定される主要な環境リスク(生産水排出・メタン漏洩・掘り屑の堆積など)を抽出し、各種シミュレーション等により変化が生じる範囲や期間等を予測した。また、試験後には、実績データを用いた再計算等の見直しを実施している。
- 上記シミュレーション予測結果等をもとに、第2回海洋産出試験の一連の作業で想定される環境影響要因を対象に環境影響の事前評価を行い、環境影響検討書として整理した。
- 上記予測・評価結果については、海域環境調査(水質、底質、生物等)や環境モニタリング(メタン濃度、地層変形)で取得した実データ等との比較を実施し、予測・評価結果と手法の妥当性を確認した(影響を評価するうえで顕著な相違が確認されていない)。
- 最終的な評価結果として、第2回海洋産出試験の規模でのガス生産で生じる環境への影響は小さいという結果が得られている。
- 商業生産規模のガス生産を見据え、生物への影響検討のベースとなる生態系モデルの構築を進めた。生態系モデルの構築に際しては、海域環境調査等で取得した環境データを用いて各季節の環境状態の再現計算等を実施し、パラメータ等の適正化を進めた。
- 第1回海洋産出試験で用いたシステムを一部改良し(形状・センサー精度など)、第2回海洋産出試験のガス生産前後にかけて地層変形やメタン濃度の変化に関する連続計測を実施した。
- モニタリング実績として、地層変形については約1年間、メタン濃度については合計約7ヶ月間の連続計測を実施し、概ね正常なデータを取得している。
- モニタリング結果から、周辺環境に影響を及ぼすような変化は確認されておらず、試験規模のガス生産で生じる環境変化は小さいことが示唆された(データは現在精査中)。
- モニタリング結果をもとに、計測手法の信頼性向上に資すべく、各センサーの特性や長短所の整理や適用条件等の検討を進めている。
- 第2回海洋産出試験前後にかけて定期的に海域環境調査を行い、環境影響に係るデータを取得し、予測や評価に反映した。また、試験海域の水質・底質・生物相に関する季節的な傾向や地点別の特徴などの整理を進めるとともに、調査手法等の適正化を進めている。

## 生産水の拡散予測

排出率  
500m<sup>3</sup>/d

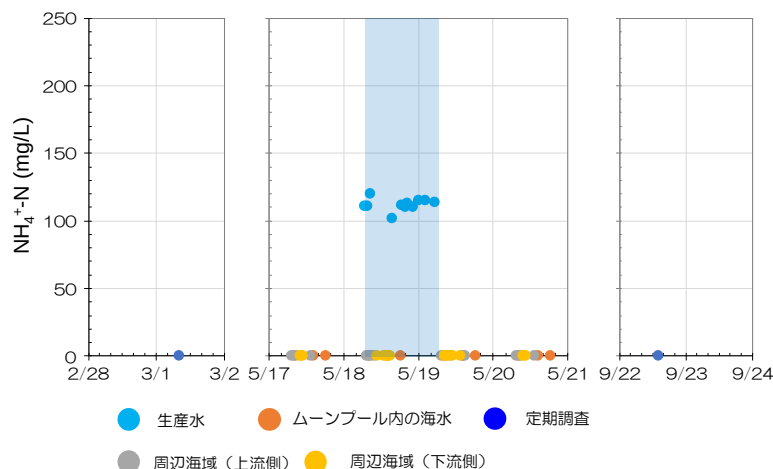


排出率  
1000m<sup>3</sup>/d



生産水排出時のNH<sub>4</sub><sup>-</sup>-Nの拡散予測結果例 (NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N:250mg/l)

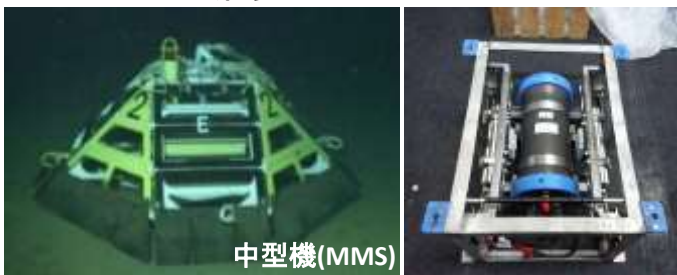
## 生産水排出時の採水調査



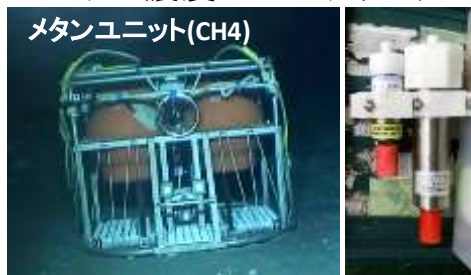
生産水排出時の採水調査結果例 (NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-Nの濃度)

## 適用した環境モニタリングシステム

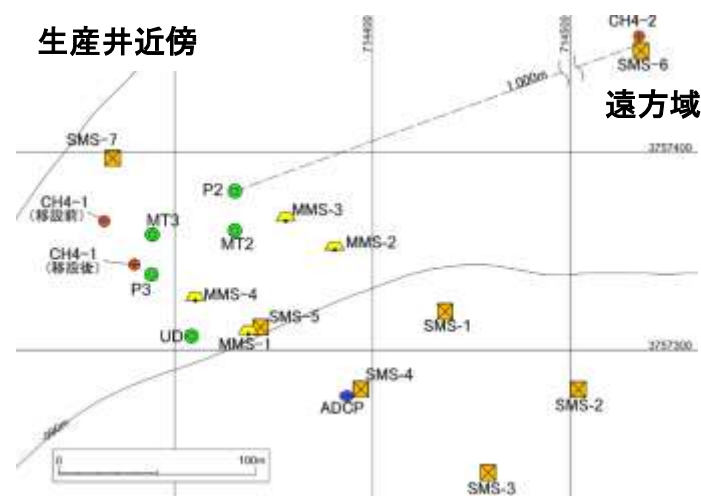
### 地層変形モニタリング



### メタン濃度のモニタリング



### 生産井近傍



遠方域

- ・地層変形 6台：2016.12月上旬～2017.11月中旬
- ・地層変形 5台：2017.3月下旬-11月中旬
- ・メタン・流速 3台：2017.3月下旬-11月中旬

## 資源量評価グループ

## 課題⑫ 日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価(資源量評価G)

## 課題⑬ メタンハイドレートシステムの検討(資源量評価G)

### 【目的】課題⑫～⑬共通

- メタンハイドレートの分布域には二次元地震探査データで評価した海域が未だに多い(東部南海トラフ海域の一部や西部南海トラフ海域の大半)。これらの海域においても、新規の知見・データの収集を試みつつ、民間石油開発企業が本格的にメタンハイドレート開発に着手するためのエリア選定に資するような基礎資料を完成させる。

| 目標値(計画)                                                               | 達成状況<br>(実績値・達成度)                                                                                                                                                                          | 原因分析<br>(未達成の場合) |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| a. メタンハイドレート濃集帯の評価エリアの拡充を図る。                                          | 3海域のメタンハイドレート濃集帯の評価に加え、二次元地震探査側線ならびに新たに評価した三次元地震探査を用いてBSR分布図見直し、メタンハイドレート濃集帯等の評価エリアの拡充を図った。<br>民間石油開発企業の活動時になる基礎資料については、BSR分布図の更新、現在までに解釈された主要な濃集帯候補の評価結果概要一覧表などについては、年度末にかけてまとめているところである。 | 達成見込み            |
| b. 二次元地震探査エリアなどのデータが少ない海域への資源量評価手法の適用を行うことなどにより、メタンハイドレート探査の評価精度を高める。 | 新たに2海域の濃集帯候補に二次元／三次元の堆積盆地シミュレーションを実施し、二次元地震探査のみの四国沖などデータが少ない海域の評価において、地震探査の再処理・解析に加え、メタンハイドレート探査の評価精度を高めた。                                                                                 | 達成見込み            |

### 【成果】

- 新たな海域として、西津軽沖・沖縄南方海域・日高沖の計3海域を対象として評価作業を行い、フェーズ2までに実施したメタンハイドレート濃集帯及びBSR分布の評価を拡充した。
- 資源開発の可能性が見込まれる比較的大規模な濃集帯候補(遠州灘、四国沖)および背斜構造にみられる濃集帯候補(宮崎沖など)に対して、集中的な地震探査の再処理・解析などを行い、評価の質を向上させた。
- 評価結果概要については一覧表などにまとめているところ。
- 上述の四国沖等では二次元地震探査データのみのデータの少ない海域で濃集帯の評価に加え、メタハイシステム評価を実施。



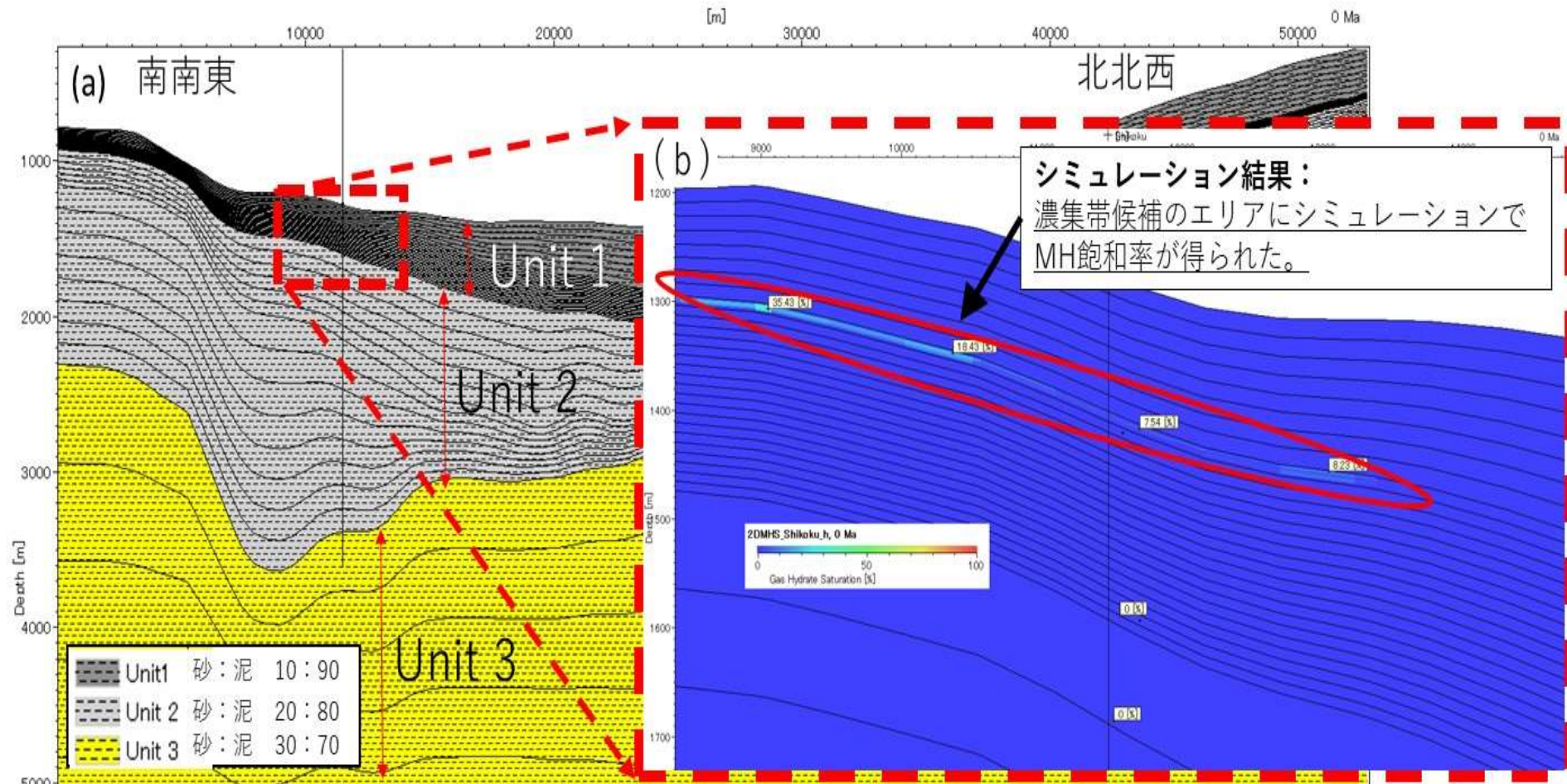
# BSR分布(平成21年)および濃集帯分布評価領域

BSR面積＝約122,000km<sup>2</sup>





- (a) B海域における二次元MHシステムモデル  
 (b) そのプレリミナリーなハイドレート飽和率のシミュレーション結果  
 ((b)の赤線内でMH飽和率が高いところで約30%程度)



その他

＜共通指標実績＞対象期間：平成28年4月～平成30年10月

| 論文数 | 特許等件数<br>(出願を含む) | MH21ホームページ<br>質問コーナーへの<br>個別回答数 | マスメディア等<br>取材対応数 |
|-----|------------------|---------------------------------|------------------|
| 89件 | 登録2件             | 160件                            | 27件              |

＜対外発信＞プレスリリース・ホームページによる情報発信のほか、毎年、一般向け報告会を開催

- (1) 平成28年度：メタンハイドレートフォーラム2016  
 日時：平成28年12月6日 10時30分～17時30分  
 会場：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール  
 参加者数：石油・ガス会社、大学生など、参加者は総勢299人
- (2) 平成29年度：メタンハイドレートフォーラム2017  
 日時：平成29年11月29日 10時30分～17時30分  
 会場：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール  
 参加者数：石油・ガス会社、大学生など、参加者は総勢339人



講演の様子1



ポスターセッションの様子

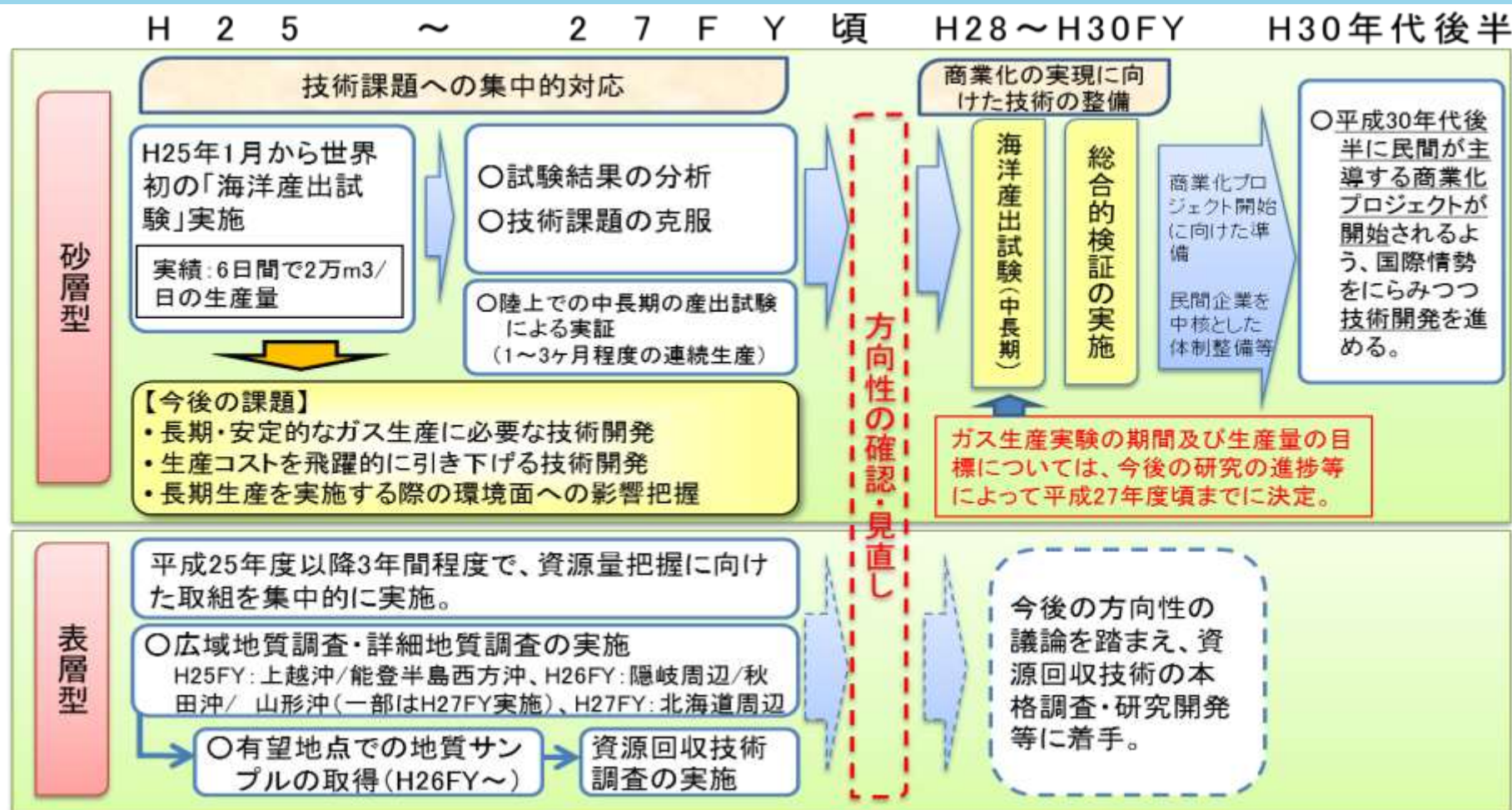
## 4. 当省(国)が実施することの必要性

- 日本周辺海域に賦存するメタンハイドレートは、貴重な国産資源であり、商業化がなされれば我が国の自給率の向上に資する重要なエネルギー資源である。
- メタンハイドレートの研究開発にあたっては、将来的には民間企業が営利事業として投資判断を行い参入する、いわゆる「商業化」の実現を目指す、そのための国の役割としては、商業化のために必要な基盤の整備であり、これを着実に推進することが求められている。
- メタンハイドレート層からのメタンガスを経済的に採取し、利用するためには、未だ解決すべき多くの課題が存在している。今後の研究開発においても、資源開発に係るオペレーションの経験と技術を有する民間企業との積極的な連携の下で推進していく必要がある。
- しかしながら、現時点では、民間企業の参入リスクの観点等から民間に委ねることが困難であり、国が率先して、民間企業と連携しつつ、商業的規模での生産システム等の設計や経済性評価までを行い、その成果を民間企業に引き継ぐことにより、民間企業による商業化を促進することが適切である。



## 5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

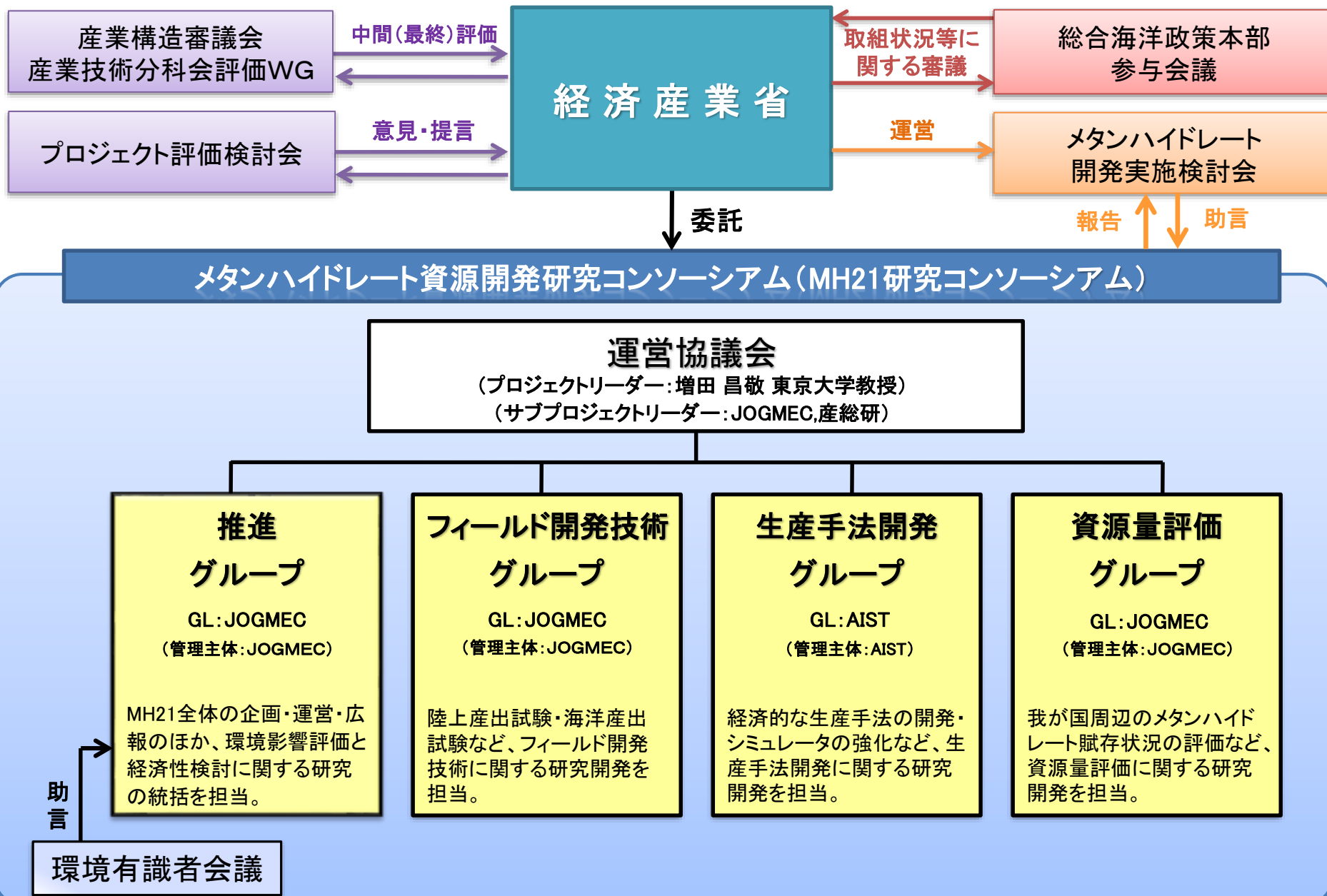
- 経済産業省は、海洋基本計画に基づき、メタンハイドレートの研究開発に係る計画を「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」で策定。
- 事業実施者は、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を踏まえ、メタンハイドレートの研究開発にかかる「実行計画」を策定。



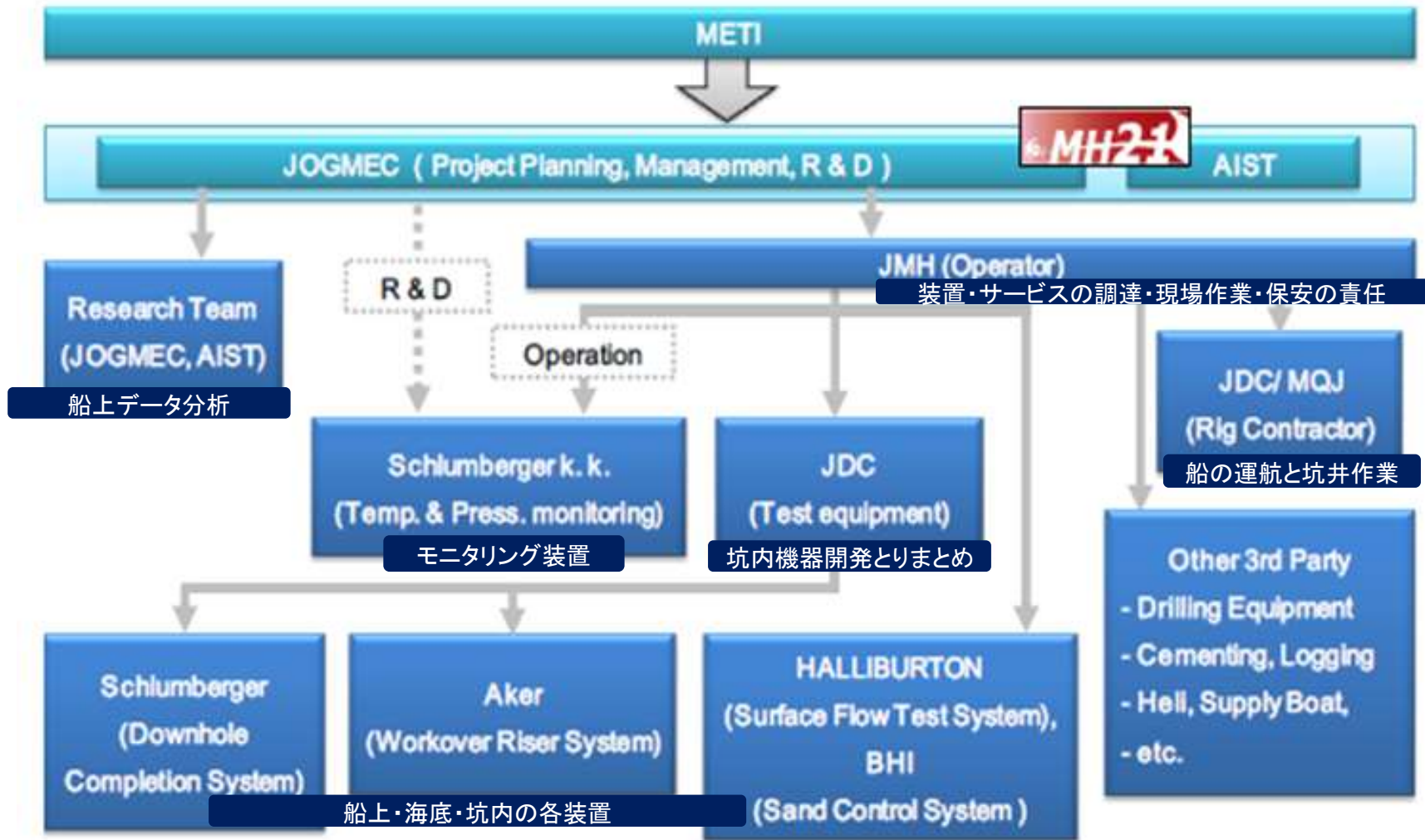
(出典) 海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(平成25年12月24日 経済産業省策定)



## 6. 研究開発の実施・マネジメント体制等



## 第2回海洋産出試験における実施体制



### 役割:

**JOGMEC:** 実施主体、MH21の一部として研究開発に責任を持つ。

**JMH(日本メタンハイドレート調査):** オペレータ、鉱業法上の鉱業権者。作業と鉱山保安に責任を持つ。

**MQJ(日本マントルクエスト):** 掘削コントラクター、船(ちきゅう)の運行と掘削作業に責任を持つ。

**JDC(日本海洋掘削):** 坑内機器・ライザーシステム開発の取りまとめ。

**他コントラクター:** 坑内機器、モニタリング装置、検層: Schlumberger、ライザーシステム: Aker solutions、出砂対策装置: Baker Hughes、船上試ガスシステム: Halliburton、他

## 7. 費用対効果

- 費用対効果については、既に平成27年度に実施したメタンハイドレート開発促進事業(フェーズ2終了時)の中間評価において試算を行っている。

海洋基本計画に記述の「平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始される」という目標時点における実用化のイメージに基づき、プロジェクト実施者として、以下のとおり試算した。(天然ガスの価格は貿易統計に基づく。)

(注:事業化のメソッドが確立していないため、現段階では事業化されたときのイメージについて厳密な検討を行うことは難しい。)

以下は、これまでの研究開発の成果から類推できる範囲で試算したものである。)

○メタンハイドレートガス田の商業化段階の生産量として下記の規模を想定  
100万 $\text{m}^3$ /日/1ガス田

○この規模のガス田が合計10箇所(10ガス田)、操業を開始した状況を想定(1,000万 $\text{m}^3$ /日)。これは、我が国のLNG輸入量(現在の輸入量が当面ほぼ維持されると仮定)の5%程度(熱量換算)に相当。

(仮定の前提:スライド14に示した「東部南海トラフ」エリアでは10箇所以上のメタンハイドレート濃集帯を既に確認。その他の調査箇所でも、今後、それぞれ複数の濃集帯が確認され、これらの濃集帯がのうち10箇所が操業開始すると仮定)

○1ガス田の操業期間を15年とすると、これら10ガス田からのガス生産量は、  
合計 約 54,750百万 $\text{m}^3$  と算出される。

○日本エネルギー経済研究所の「アジア/世界エネルギーアウトルック 2015(2015年10月)」によれば、日本市場の天然ガス実質価格(レファレンスケース)は2030年は12.8\$/MMBtu、2040年は14.1\$/MMBtuとの見通しであり、中間値として13.45\$/MMBtu(0.512\$/ $\text{m}^3$ )をこの期間の近似値と仮定する。(1MMBtu $\approx$ 25 $\text{m}^3$ )

○これを上記の15年間の合計生産量に乘じると総額約28,032百万ドルの売上高となる。円・ドルの為替レートを1\$=120円と仮定すると、総額約3兆3,638億円の売上高となる。

(まとめ)

○上記のとおり、計画に沿う開発が実現できた場合には、産出されるメタンガス(天然ガス)の売上高がメタンハイドレート開発促進事業のこれまでの予算総額約1,000億円に比して30倍を超える売上を期待することができる。

(注:本試算では、施設整備、操業費等、ガス田運営のためのコストについては除外している。)

## 8. 中間評価(第2フェーズ終了時)の結果

### 総合評価コメント

- 次世代の資源になり得るメタンハイドレートは、既に一定の埋蔵量が把握されていることから、将来的な国産エネルギーとして期待が大きい。その開発は、我が国のエネルギー安全保障強化の上で大きな意義を有し、戦略的価値が高い。
- 世界的に先行事例がなく不確実性は存在するが、目標に向かって必要な研究開発を着実に推進してきている。実施期間の短縮はあったものの第1回海洋産出試験では大きな成果を得ている。今後とも国として取組み、JOGMEC を中心とする体制で実施すべきであるが、並行して、予算面での支援のあり方や事業者側の視点についても考慮が必要であろう。
- 今後、商業化の可能性を判断していくためには、次回海洋産出試験は長期的に実施していくことが望まれるため、研究資源の集中化も検討すべきではないか。
- また、これまでの事業成果がメタンハイドレート開発のみにとどまらず、他分野への展開、波及利用されているかも評価の対象となろう。副次的効果を期待したい。研究開発の実績を踏まえた他国からの引き合いも評価すべきである。



## 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 今後のメタンハイドレートの研究開発においては、まず、経済性評価を行う上での大きな要素である坑井当たりの生産量、生産挙動に関する様々なデータを取得することが課題である。リスク緩和を図りつつ民間企業の積極性を高めていくためにも、国によるしっかりとしたサポートと指導を維持しつつ、第2回海洋産出試験を成功に導いていくことが重要である。なお、予算などのやむを得ない制約条件の下ではあるが、長期安定的な生産変化を明らかにするためにも、この海洋産出試験は、本来は数箇月から6箇月程度の期間を設定できることが望ましい。
- 次に、民間企業がメタンハイドレート開発を事業化していくためには、データを取得するだけではなく、いくつかのシナリオを想定した上で、民間企業が独自に評価し得る技術データを含んだ、メタンハイドレート産出のためのガス田の具体的な操業イメージの提示、体系化を行えば、より現実的な技術開発となろう。これまでに積み上げてきた成果を踏まえつつ、今後は、事業化された時の操業イメージを設定した上で、研究開発に携わる関係者が完成図を共有し、不足している部分の研究開発に重点化するような展開も必要ではないか。アウトカム実現に向けたロードマップの実現を目指すためにも、事業者が名乗りを上げられるに足る情報を早期に揃えることが必要である。
- 他方で、メタンハイドレート開発は、日本のエネルギー資源の上流開発における「研究開発」をどう考えるか、という観点でも捉えるべきである。自然を相手とする試験的事業であるにも関わらず、時間、予算、人的資源等のバッファが十分ではなく、また、予算制度上の制約も受ける中ではあるが、工夫をしながら世界レベルの到達点を目指すべきである。また、足下の低油価ベースという前提に立って本事業のような長期プロジェクトの是非を議論するのではなく、油価に左右される部分、影響を受けにくい部分を切り分ける発想を持つことも必要である。その意味では、本研究開発の成果という限定的なデータのみから拙速に前述の事業化を論じるのではなく、どの段階であれば事業化と言えるのか、産み出される要素技術の価値、異分野への応用なども含めた広い視野を持つことが必要である。

## 提言に対する対処方針

- 我が国の排他的経済水域内に豊富に賦存すると期待されるメタンハイドレートの開発は、我が国のエネルギーの安定供給を図る上でも極めて重要であり、引き続き国として支援を行っていく予定である。当面は、平成29年に実施が予定される第2回海洋産出試験において、前回試験で明らかになった出砂現象、坑内機器のトラブル等の課題克服を図るとともに、約1か月間の生産期間を設定して1坑井当たりの生産量、生産挙動に関する知見を蓄積する。なお、数箇月～6箇月程度のより長期の生産試験については、その必要性は認識しつつも、予算や準備期間など全体規模が大きく増大すると見込まれることから、官民の役割分担等も含めプロジェクト実施体制、検討を行う必要があると考えている。
- 我が国のメタンハイドレート開発は世界でもトップレベルであり、これはプロジェクトを構成する各研究開発項目における先端的な取り組みの成果に裏打ちされている。その一方、民間企業によるメタンハイドレート開発の事業化を図る上では、研究開発プロジェクトの実施者側のみの視点ではなく、既存のガス田の操業イメージなどを念頭に置きながら、各研究開発項目の位置付けを俯瞰することでも重要となってくる。初期投資額、ランニングコスト、廃坑措置までを含めて現実のガス田としての操業をイメージしながら、現在進めている研究開発の成果を事業者側が求めている形で適時適切に提供していくことが大切であり、事業実施者であるMH21コンソーシアムと上流関連企業とのコンタクトをより一層密にしていくようにする。
- 本プロジェクトは長期にわたるもので、かつ、大規模な試験を伴うことから多額の予算を必要とするものであるが、事業者とも密接に連携を図り、事業の実施内容を十分に吟味して今後とも効率的な事業運営に努めていく。また、プロジェクト事業の成果については、本プロジェクトとして掲げているメタンハイドレート開発の事業化という観点でだけではなく、海外からの関心に対しても積極的に貢献していくことをはじめとして、波及的な展開に配慮していく。



## 外部有識者(産業構造審議会評価WG) の所見

- 国が関与する必要の高い事業であり、意義も大きい。今後のフェーズ3においては、これまでの開発の遅れを踏まえて、適切な進捗管理を行うとともに商業化フェーズに向けて環境影響も含めた慎重な検討が求められる。

## 外部有識者(産業構造審議会評価WG) の所見を踏まえた改善点等

- メタンハイドレート開発促進事業では、フェーズ2において5つの重点目標と14の研究開発テーマを設定し研究開発を実施し、平成25年3月には第1回海洋産出試験を実施した。第1回海洋産出試験においては、出砂現象やガス・水分離装置の不調等の技術課題が浮き彫りとなり、その課題克服に向けた研究開発に時間を要したところである。これらの課題克服の取組みに伴って生じた工程の遅れを始めとして、14の研究開発テーマそれぞれの進捗度合を確認、整理の上、平成28年度から平成30年度までを実施期間とする「フェーズ3実行計画」を作成しているところである。この実行計画に基づき、平成28年度後半以降に予定される第2回海洋産出試験の実施内容も含めて適切な進捗管理に努めていく。
- また、フェーズ3の期間を通じ、商業化フェーズを念頭に置きながら、長期的なメタンハイドレート生産のための技術の開発のみならず、生産に伴って生じる可能性のある環境リスクの分析と対策の検討、環境計測技術の開発等にも取り組むことが重要であると認識しており、その旨をフェーズ3実行計画に明記している。