

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)  
プロジェクト中間評価の概要

平成31年3月13日  
資源エネルギー庁  
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. 外部有識者の評価等
9. 提言及び提言に対する対処方針

# 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、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の平成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(MH21)を組織。連携・協力して事業を実施。

## プロジェクトリーダー

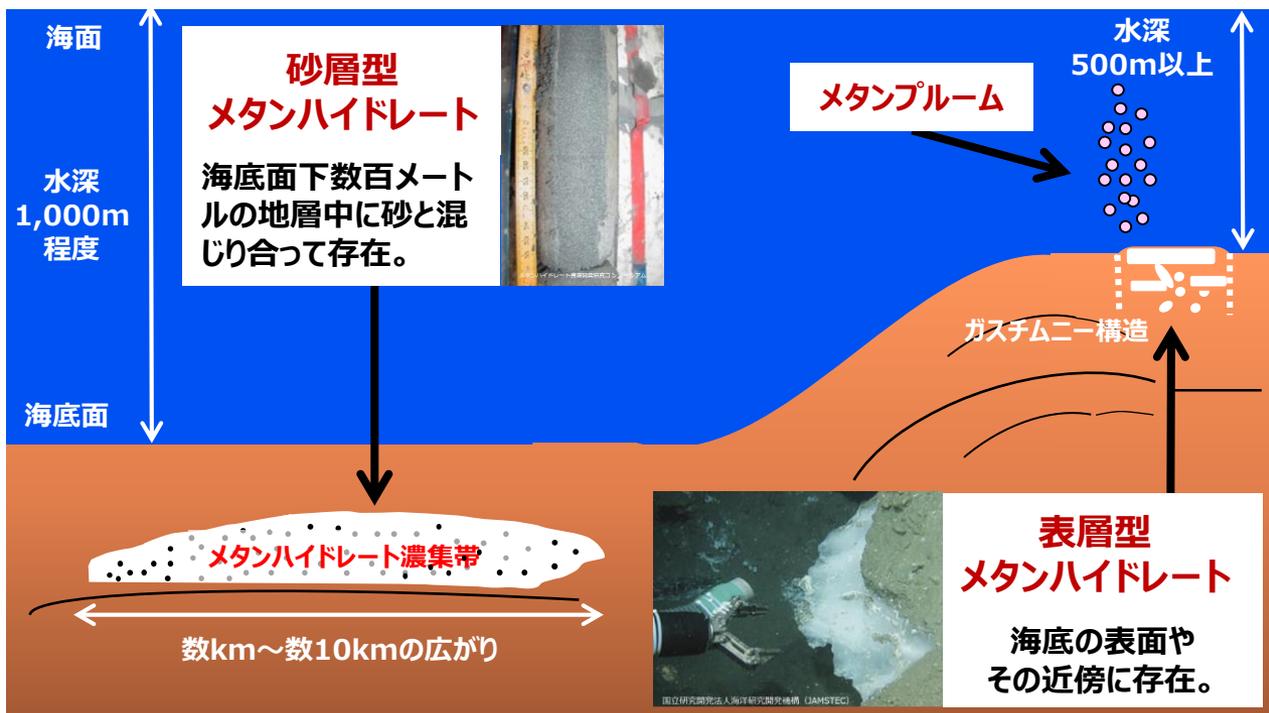
増田 昌敬 東京大学 教授

# メタンハイドレートとは

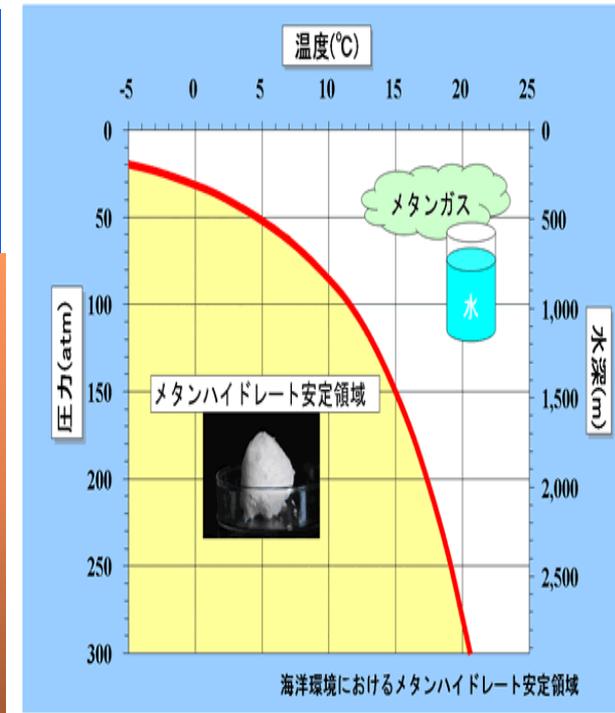
- 我が国の国内資源
  - 在来型 — 原油、天然ガス
  - 非在来型 — 水溶性天然ガス、メタンハイドレートなど
- メタンハイドレート: メタンガスと水が低温・高圧の状態では結合した氷状の物質 ⇒ 「燃える氷」



<メタンハイドレートの賦存形態>



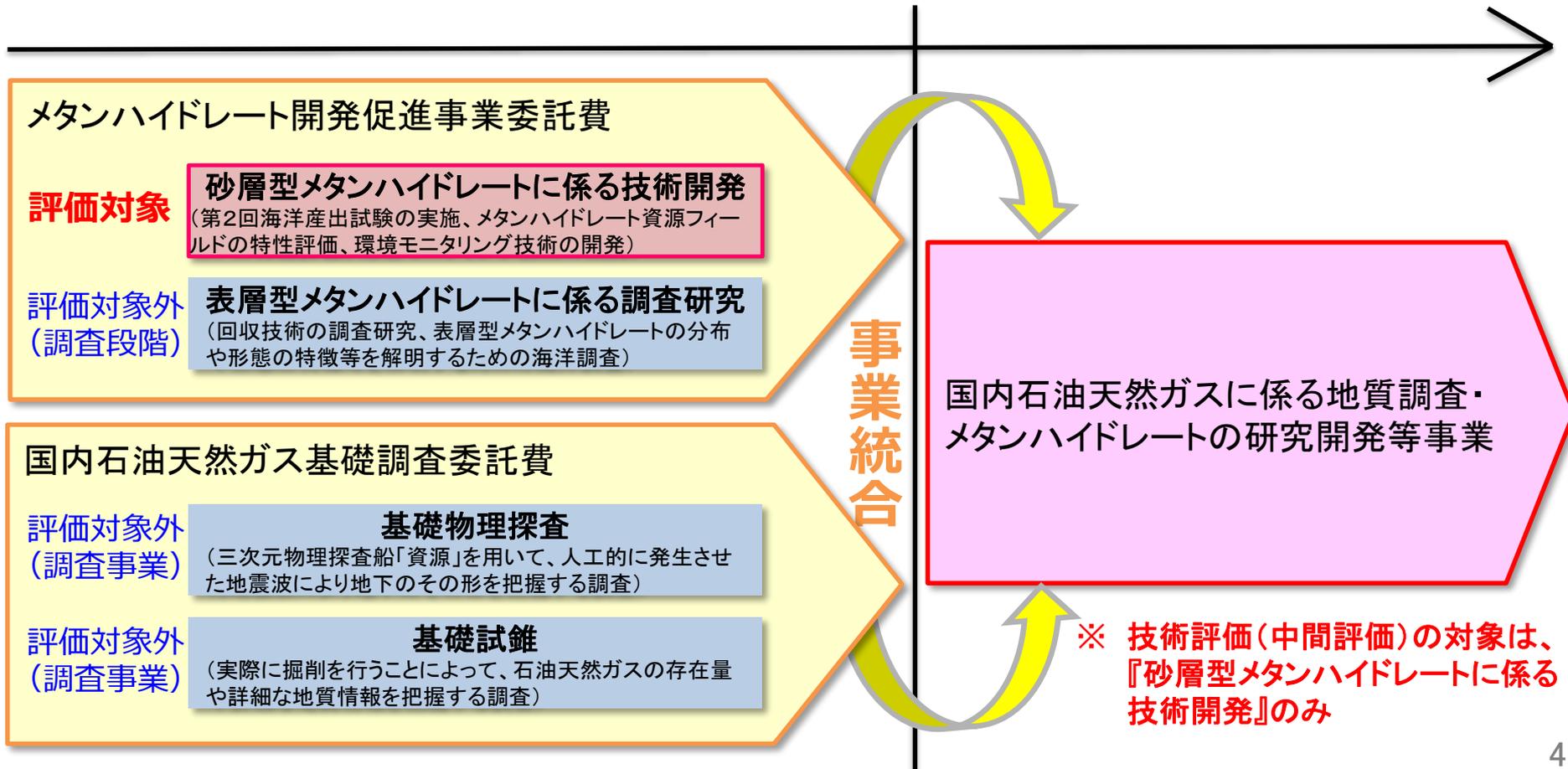
<メタンハイドレートの安定条件>



# メタンハイドレートの研究開発に係る事業の変遷

- 海洋エネルギー関連事業を、より効率的かつ効果的に遂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』を統合。

平成29年度



# メタンハイドレートの研究開発に係る事業の変遷

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(2009年)

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(2013年)

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(2019年)

わが国におけるメタンハイドレート開発計画(2001年)



関係する計画

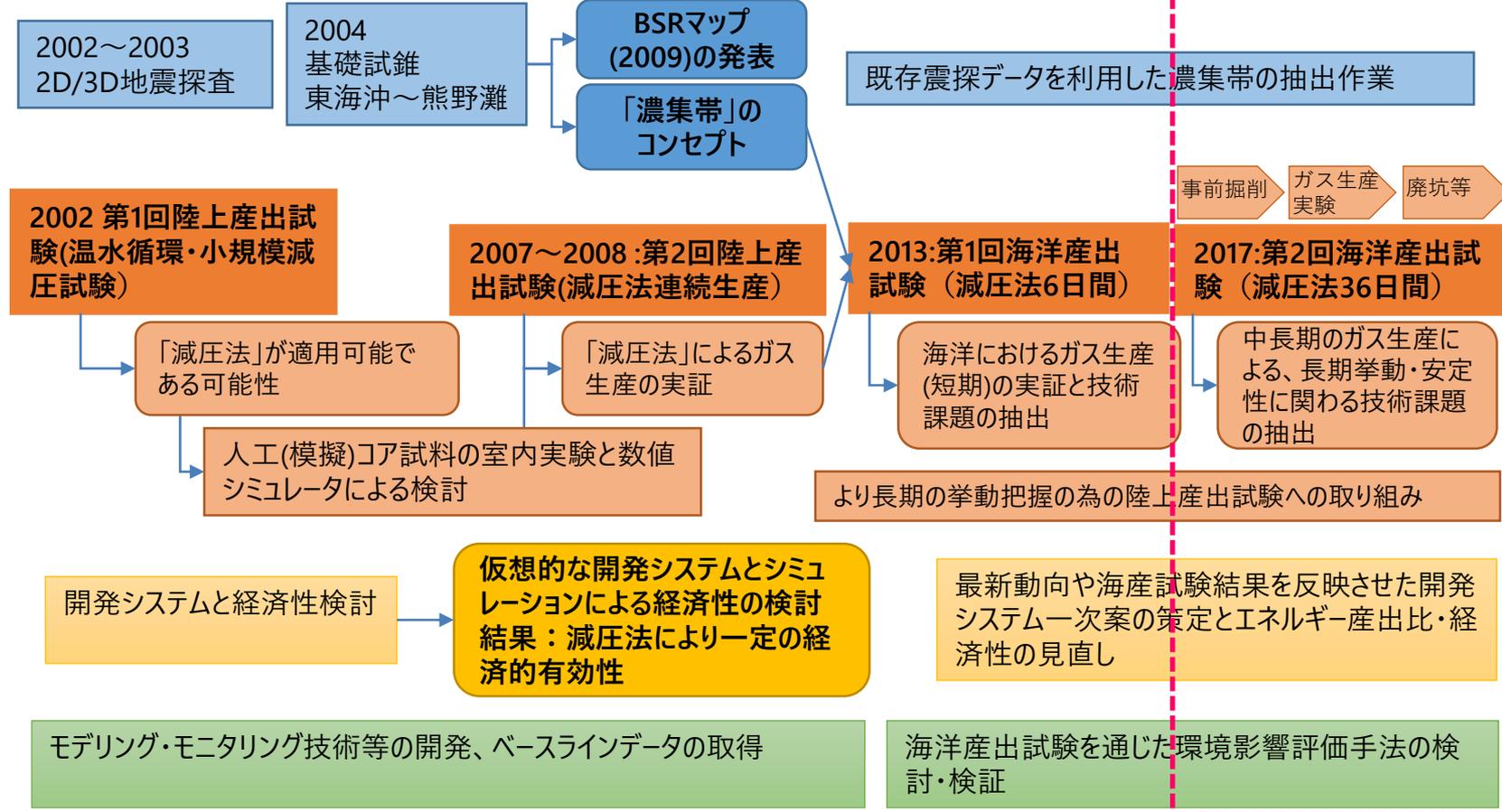
資源量と貯留層特性

生産手法と  
その実証

開発システムと経済性

環境影響

技術評価



今回の評価範囲

(フェーズ1 中間時)

(フェーズ1 終了時) (フェーズ2 中間時) (フェーズ2 終了時)

(フェーズ3 終了時)

# 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 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p><b>【アウトカム指標】</b> 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><b>【事業目的達成時:平成30年代後半】</b> 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>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>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。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。</p> <p>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。</p>	<p>—</p>
<p><b>【中間評価時:平成30年度】</b> 商業化の実現に向けた技術の整備</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>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。</p>	<p>—</p>
<p><b>【設定根拠】</b> ○エネルギー基本計画 ・平成26年4月 閣議決定 ・平成30年7月 閣議決定 ○海洋基本計画 ・平成25年4月 閣議決定 ・平成30年5月 閣議決定</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>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。</p> <p>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。</p>	<p>—</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 (事業アウトカム)		フェーズ3の分野別課題 (事業アウトプット)	達成状況 (達成/達成見込み/ ほぼ達成/一部達成/ 未達成の5段階評価)
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	ほぼ達成
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	ほぼ達成
		③長期陸上産出試験に係る作業の実施	一部達成
		④生産性増進化技術の開発	ほぼ達成
		⑤生産性・生産挙動評価技術の高度化	ほぼ達成
		⑥地層特性評価技術の高度化	ほぼ達成
		⑦海洋開発システムの検討	ほぼ達成
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。	⑧環境リスクの分析と対策の検討	ほぼ達成
		⑨環境モニタリング技術の開発	
		⑩海洋産出試験における環境影響評価	ほぼ達成
		⑪経済性の評価及びその他の取組	
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	達成
		⑬メタンハイドレートシステムの検討	



**【③長期陸上産出試験に係る作業の実施の達成状況が一部達成である理由】**

- 日米共同研究として「1年程度の陸上産出試験の実現」や「海洋産出試験等で生じた課題への対応策や生産量の増進策について、陸上産出試験で検証」等为目标としていた。
- しかし、米国側で試験の候補地選定及び計画策定にあたり、米国内での各種関係機関との協議や調整に時間を要したため、フェーズ3期間中は、陸上産出試験の実施に至らなかった。
- 以上のことから、「一部達成」と評価したもの。

# 第2回海洋産出試験の実施：目的

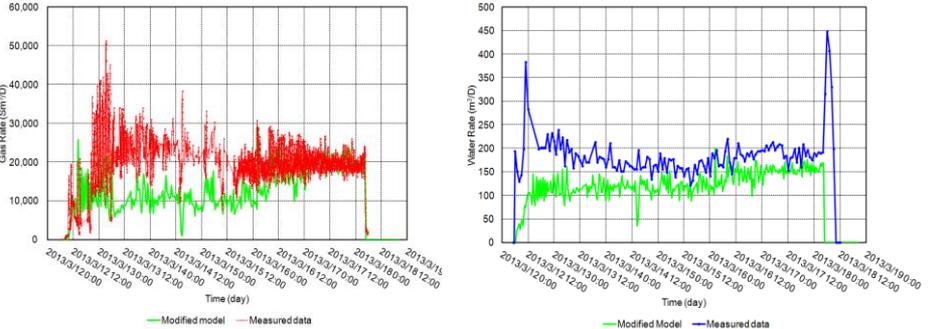
- 第1回海洋産出試験(第2フェーズ:2013年度)においては、海洋の坑井においても減圧法の適用が実現可能であり、**ハイドレートを分解させてガスが生産できることを証明**
- しかし、**出砂トラブル**によって、**6日間のガス生産**で試験が終了
- そのため、第2回海洋産出試験においては、以下の2つの目標を掲げ、実施
  - 出砂対策装置・生産用機器の改良などによって、**安定的な減圧を実現すること**⇔**海洋での生産を実現するための技術的な課題の克服**
  - それによって、**ハイドレート分解挙動に関する中長期的な情報を得ること**⇔**貯留層の条件・応答の知識を得て、経済性の評価・今後の研究開発目標の検討などに資すること。**

出砂等の技術課題を解決して安定的な減圧を実現



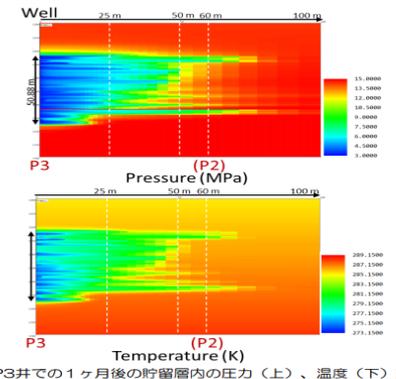
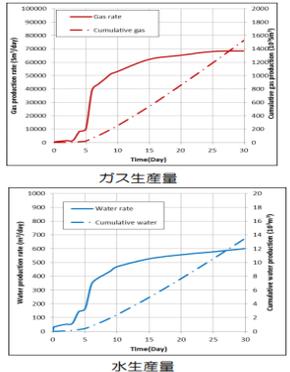
中長期的な分解・生産挙動の情報を得る

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2回海洋産出試験の実施：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。
- 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・海象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った。
- 坑内機器を改良し、坑内ガス水分離効率を改善した。
- そのほか、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。

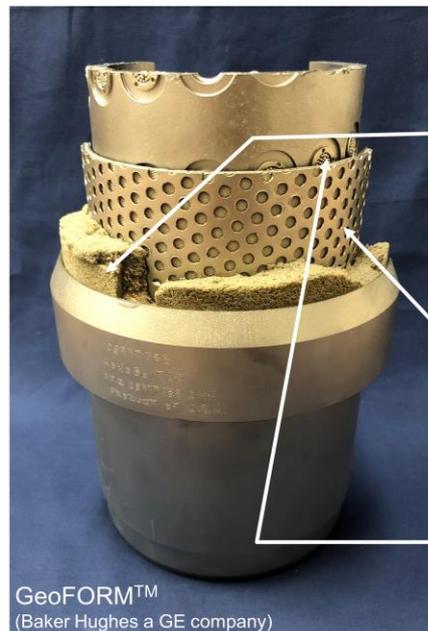
第1回試験の出砂対策装置（グラベルパック）の室内実験用模型。



緩く詰まった軽いグラベルは砂の流れと応力で押しつけられる。

- 第1回試験のモニタリングデータの解析、出砂対策装置の試験などから、使用した装置（グラベルパック）が水生産量の大きい区間で移動したことで、スクリーンの摩耗が原因と考えられた。
- 出砂対策手法として、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。
- 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2回試験の出砂対策装置（形状記憶ポリマーを使用した3重防護）



GeoFORM™  
(Baker Hughes a GE company)

## 第1層目の出砂対策

GeoFORM™と呼ばれる形状記憶ポリマーによる出砂対策部分は、活性化剤により膨張する。坑内に設置後膨張させる事で、掘削後の坑壁と鋼管の間の隙間を埋め、地層の動きを抑制する効果が期待できる。

## 第2層目の出砂対策

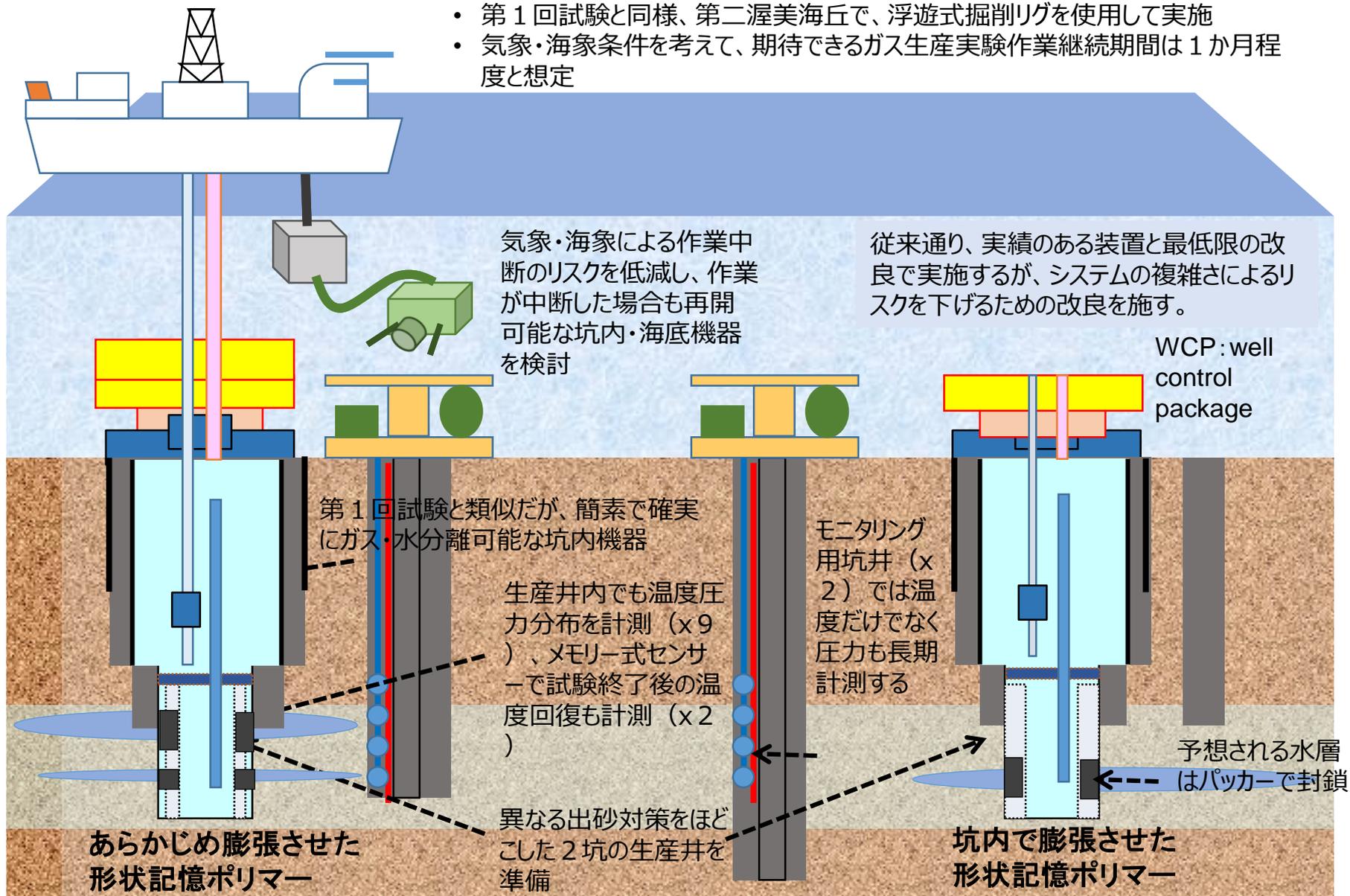
GeoFORM™の内側にはメッシュスクリーンと呼ばれる網状の出砂対策があり、1層目が摩耗等により破壊されても砂を止める事が可能である。

## 第3層目の出砂対策

さらに内側にはビーズインサートと呼ばれる小さい球体を詰め込んだ出砂対策があり、最後の砦として坑内への砂の侵入を防止している。

# 第2回海洋産出試験の実施：試験のコンセプト

- 第1回試験と同様、第二渥美海丘で、浮遊式掘削リグを使用して実施
- 気象・海象条件を考えて、期待できるガス生産実験作業継続期間は1か月程度と想定



気象・海象による作業中断のリスクを低減し、作業が中断した場合も再開可能な坑内・海底機器を検討

従来通り、実績のある装置と最低限の改良で実施するが、システムの複雑さによるリスクを下げるための改良を施す。

WCP: well control package

第1回試験と類似だが、簡素で確実にガス・水分離可能な坑内機器

生産井内でも温度圧力分布を計測 (x9)、メモリー式センサーで試験終了後の温度回復も計測 (x2)

モニタリング用坑井 (x2) では温度だけでなく圧力も長期計測する

予想される水層はパッカーで封鎖

あらかじめ膨張させた形状記憶ポリマー

異なる出砂対策をほどこした2坑の生産井を準備

坑内で膨張させた形状記憶ポリマー

生産井AT1-P3

モニタリング井 AT1-MT2

モニタリング井 AT1-MT3

生産井AT1-P2

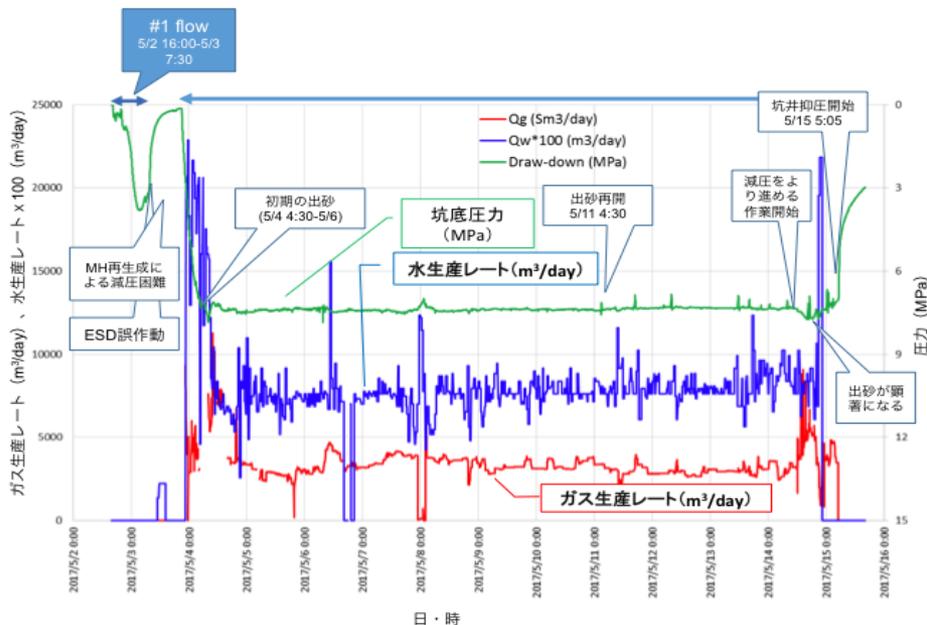
## 第2回海洋産出試験の様子

動画

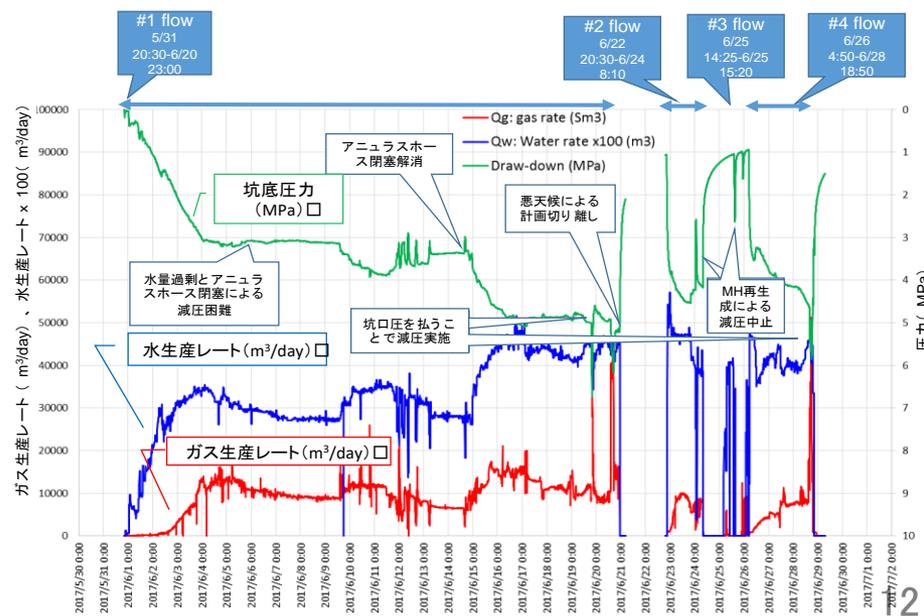
# 第2回海洋産出試験の成果

- 減圧法により合計36日間(P3井:12日、P2井:24日)のガス生産を実現。
  - 荒天による計画切り離しがあったものの、再接続して試験再開
- 第1回海洋産出試験で生じた技術課題(出砂トラブル等)を克服。
  - P3井にて出砂が発生したが、各種データからその原因をほぼ特定(出砂対策装置は機能した)
  - 追加の対策を講じたP2井においては、出砂の発生なし
- 水生産量が予想範囲だったP3井では坑内気液分離が順調に行えた。水生産量がポンプの容量を上回ったP2井では気液分離が不調等で十分減圧できなかった。

P3井フローの概要 (2017年5/2-15)



P2井フローの概要 (2017年5/31-6/28)

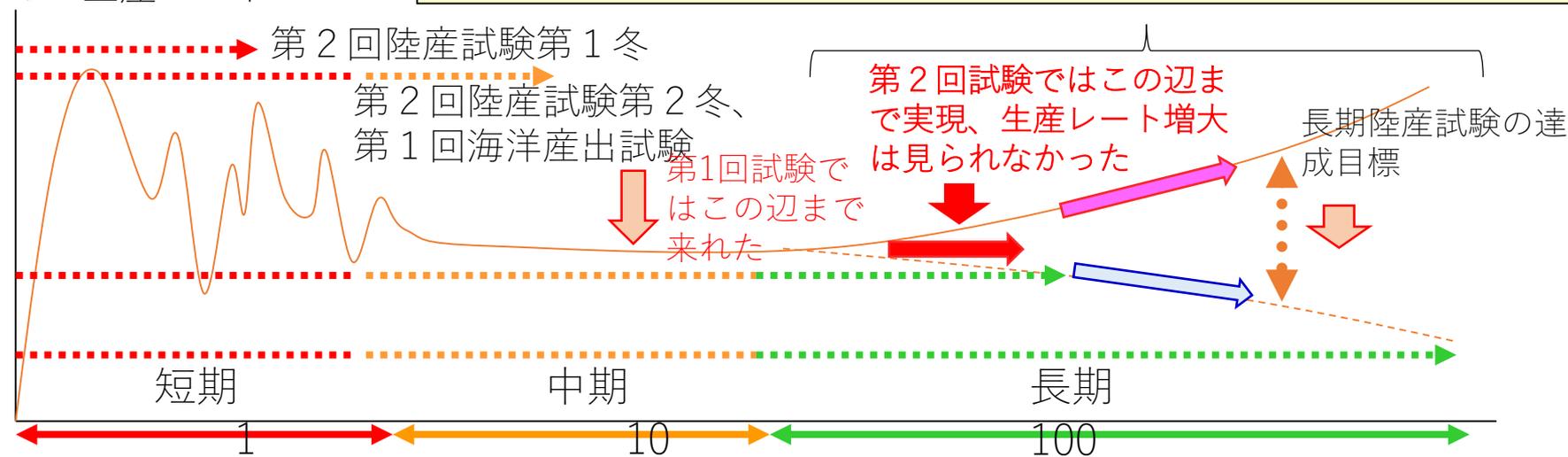


# 第2回海洋産出試験により明らかになった課題

- P2井とP3井で生産挙動が大きく異なった。
  - P3井では、安定的に減圧できたがガス生産量が少なかった。
  - P2井では、水量が多くて目標の圧力まで減圧できなかったが、ガス生産レートは高かった。
- いずれの坑井でも、検層等で作成した貯留層モデルによるシミュレーションの事前予測とは異なる傾向を示しており、貯留層モデルと物理モデルの再検討が必要となった。
  - ハイドレート飽和率の不均質性などが影響している可能性
- 今後、出水などの安定生産を阻害する要因を明らかにして、対策を検討・実行し、生産レートを増大させる必要がある。

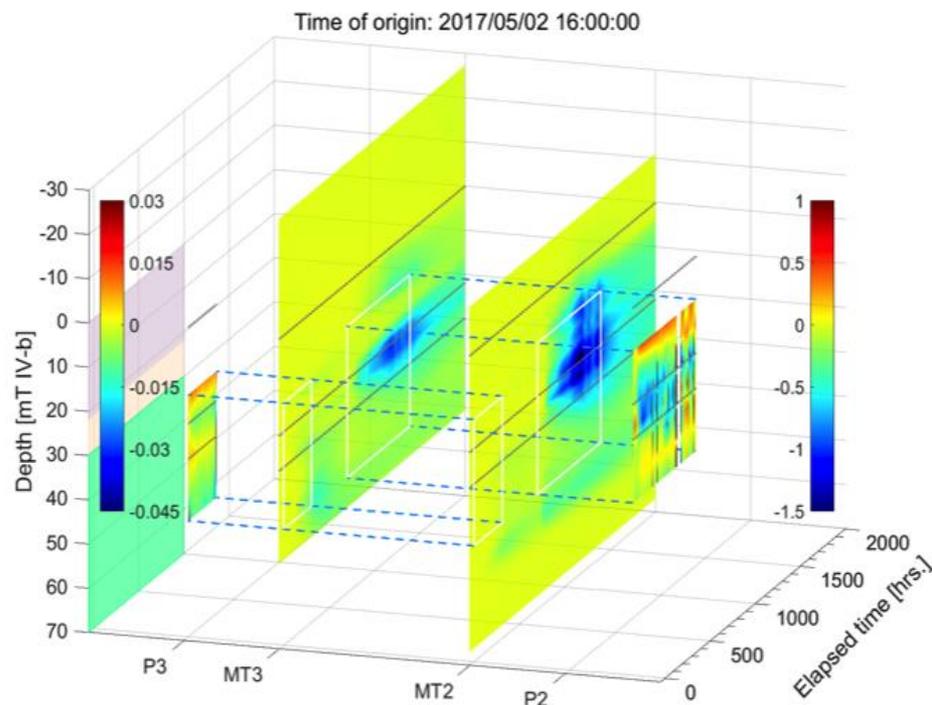
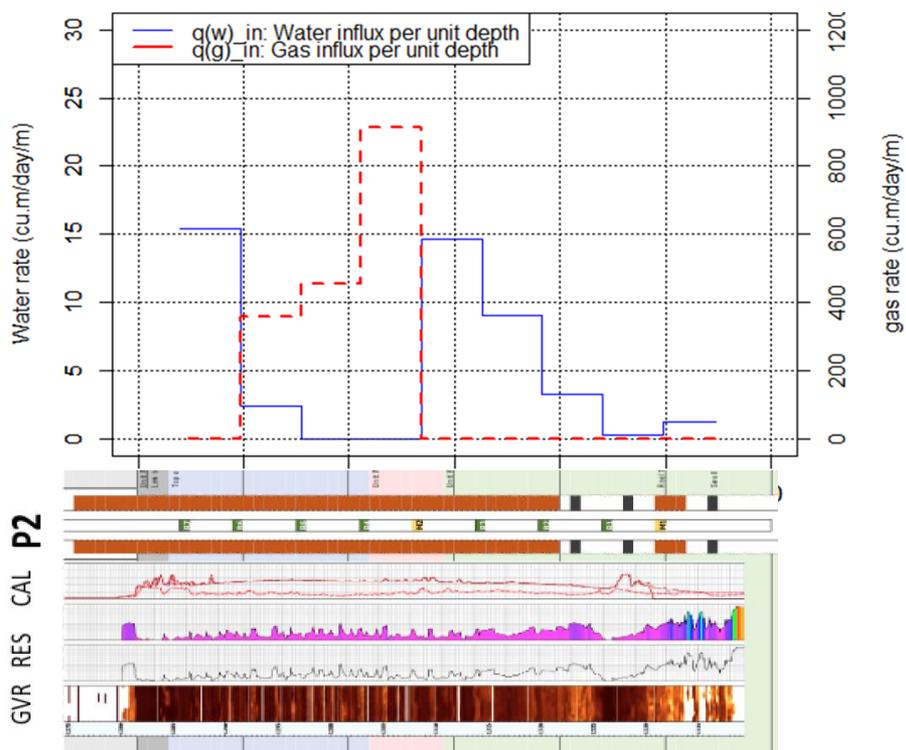
減圧法でのMH生産の場合、シミュレーションでは分解フロントが拡大により生産量の増大が見込まれている。実際にこの現象が生じるのか、あるいは熱の供給不足、貯留層障害の発生、水生産量の増大等によりその様にならないのかを見極めることが重要ポイント。

ガス生産レート



# 第2回海洋産出試験：課題に対する検討

- 生産井・モニタリング井で計測した温度圧力データから、水・ガスの生産区間と、地層内のハイドレート分解の時間・空間的広がりが捉えられた。
- これらのデータを基にして、貯留層の条件とガスの生産性の関係を検討しており、モデルに反映させて生産挙動予測の精度向上を図っている。
- さらに、今後、安定的な生産を実現すべく、出水などの生産阻害要因の解明と対策について検討を進めている。



温度・圧力データから評価された水・ガス生産レートの深度分布。貯留層パラメータと生産挙動の関係の分析に用いる。

温度・圧力データから捉えられたハイドレート分解とガス生産の区間（青色部分）：ハイドレート分解の時間・空間的広がりのデータを取得した。14

# その他アウトプット指標(共通指標実績・対外発信等)

## <共通指標実績>

論文	学会発表・講演	特許等件数	資料提供 (教育機関・企業 等)	マスメディア等 取材対応
92件	327件	登録2件	130件	27件

※集計対象期間:平成28年4月～平成31年1月

## <対外発信>

学会発表や取材対応等のほか、毎年、研究開発事業成果報告会として「メタンハイドレートフォーラム」を開催している。

### (1)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

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: 299人

### (2)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

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: 339人

### (3)メタンハイドレートフォーラム2018

日 時: 平成31年1月23日

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: 300人



## 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当たっては、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。そのための政府の役割としては、商業化のために必要な基盤の整備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から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。このため、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や、優れた技術・知見を有する民間企業の積極的な参画が必要である。
- 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、政府が率先して、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。

# メタンハイドレートの開発に関する位置付け

- メタンハイドレートの開発は、第3期海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）や第5次エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）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。

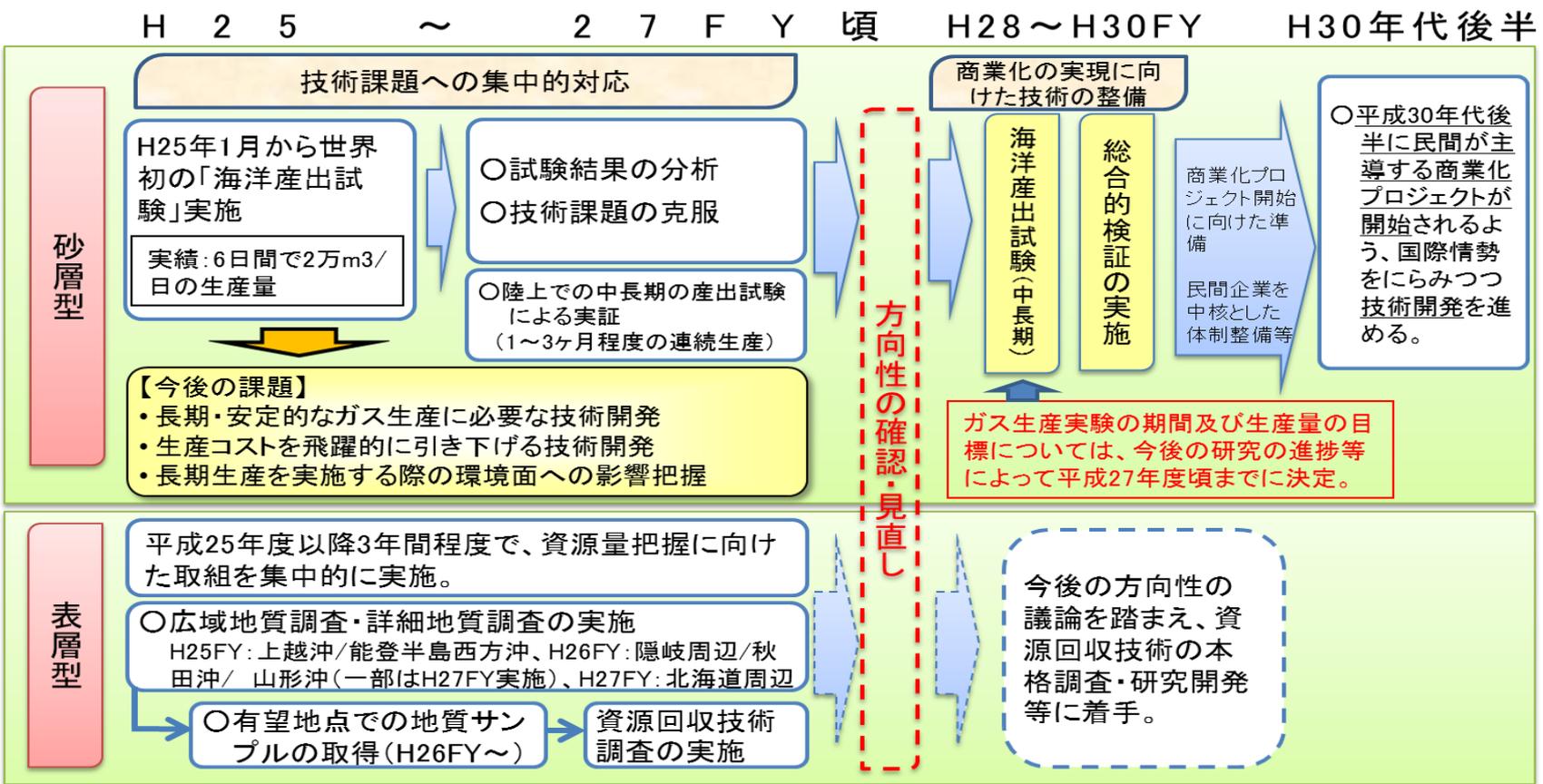
## 【第3期海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）の砂層型メタンハイドレートに関する記述】

- ◆ 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。
  - －その際には、国が行う研究開発の内容については情報開示に努め、オープンイノベーションの観点から、民間企業の優れた知見を最大限取り込むことができる体制を構築する。
  - －さらに、研究内容をステージごとに区分し、次のステージに移行する条件を明確にし、プロジェクト管理を行う。
- ◆ 海洋に関する科学技術の魅力や研究活動の実際を分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、研究機関等における広報活動に携わる専門的な人材の活用を推進する。

# 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係る「実行計画」を策定。

＜「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」におけるメタンハイドレートの開発に向けた工程表＞



(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



委託

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21研究コンソーシアム)  
 (独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所)

運営協議会  
 (プロジェクトリーダー: 増田 昌敬 東京大学教授)  
 (サブプロジェクトリーダー: JOGMEC, 産総研)

**推進**  
**グループ**  
 GL: JOGMEC  
 (管理主体: JOGMEC)  
 MH21全体の企画・運営・広報のほか、環境影響評価と経済性検討に関する研究の統括を担当。

**フィールド開発技術**  
**グループ**  
 GL: JOGMEC  
 (管理主体: JOGMEC)  
 陸上産出試験・海洋産出試験など、フィールド開発技術に関する研究開発を担当。

**生産手法開発**  
**グループ**  
 GL: AIST  
 (管理主体: AIST)  
 経済的な生産手法の開発・シミュレータの強化など、生産手法開発に関する研究開発を担当。

**資源量評価**  
**グループ**  
 GL: JOGMEC  
 (管理主体: JOGMEC)  
 我が国周辺のメタンハイドレート賦存状況の評価など、資源量評価に関する研究開発を担当。

助言  
 環境有識者会議



# 7. 費用対効果

- 費用対効果については、フェーズ2終了時のプロジェクト中間評価（平成27年度）において試算を実施。

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 $\cong$ 25 $\text{m}^3$ ）

○これを上記の15年間の合計生産量に乗じると総額約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。）

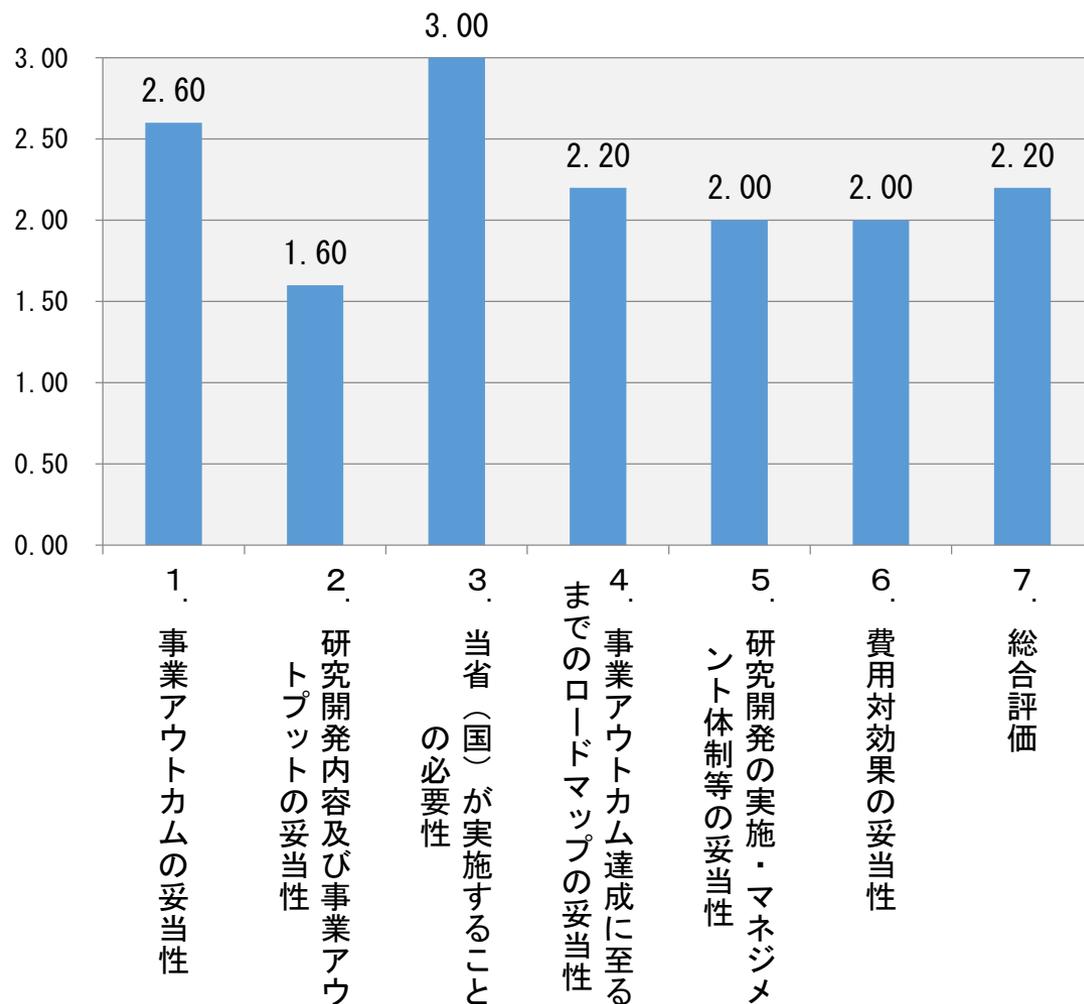
# 8. 外部有識者の評価等

評価検討会名称	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 中間評価検討会	
評価検討会委員	座長	在原 典男      早稲田大学名誉教授
	委員	多田 進一      一般社団法人日本ガス協会 常務理事
		松岡 俊文      京都大学名誉教授 公益財団法人深田地質研究所 理事長
		真殿 達      麗澤大学名誉教授 株式会社アイジック 代表取締役
	宮下 永      公益財団法人未来工学研究所 研究参与  (敬称略、五十音順)	

# 評点結果

- 「経済産業省技術評価指針」に基づき、フェーズ3終了時において、評点法による評価を実施。

## <評点>



### 【評価項目の判定基準】

評価項目1.~6.

3点:極めて妥当

2点:妥当

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

評価項目7. 総合評価

3点:事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点:事業は良好であり、継続すべきである。

1点:事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点:事業を中止することが望ましい。

# 評価コメント①

## 1. 事業アウトカムの妥当性

- 本事業は、エネルギー資源を持たない我が国において、メタンハイドレートをエネルギー資源の対象として世界に先駆けて研究開発に取り組むものであり、極めて挑戦的な事業である。
- 事業アウトカムについては、長期ガス生産に必要な技術基盤構築やその生産挙動の一定精度での予測など、研究開発の進ちょくを踏まえて概ね妥当な目標が設定されている。第2回海洋生産試験では、多くのデータが取得され、最終的なアウトカムである商業化に至る道を、着実に歩んでいることは評価できる。
- 一方、第2回海洋産出試験では新たな技術的課題にも遭遇している。今後、粘り強く課題の解決に向けた取組を行った上で、更なる産出等試験を通じて、メタンハイドレート開発への構想を固める必要がある。その過程では、産業界も取り込み、取り組みやすい課題から協調作業を拡大することも必要である。

## 2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

- 第2回海洋産出試験の実施は、フェーズ3の中で最も重要な事業アウトプット指標と考えられる。本試験の実施を通じて、一定の成果を上げるとともに、多くのデータや新たな知見を取得できたことは、今後のメタンハイドレートの研究開発において有益だと考えられる。論文発表も多く、同様の事業を進めている他国との比較において、本事業の技術的な優位性は高い。
- 一方、事業アウトプットについて、目標が多岐に渡って設定されているが、本来は優先度の高いものに限定すべきであり、また、なるべく達成・未達成の評価がしやすい定量的な目標を設定すべきである。また、研究開発内容について、第2回海洋産出試験においては、ガスの生産量が想定どおりに安定して増加しなかった等、新たな課題が生じたが、その原因や今後の対策についての検討が不十分である。

## 評価コメント②

### 3. 当省(国)が実施することの必要性

- 日本近海に存在するメタンハイドレート資源の開発は、国のエネルギー調達に大きな影響を与え得る重要テーマであり、極めて困難かつチャレンジングで巨額の研究開発投資が必要であることから、民間による推進は困難であり、国が主体となって産業界を巻き込みながら事業を実施する必要がある。
- 今後も、メタンハイドレート開発の商業化に向けて、多くの民間企業の参入を促進すべく、今まで以上に情報発信を行うとともに、これまでに培った技術や科学的成果を活用しながら研究開発活動を継続することが望まれる。

### 4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

- 政府は、エネルギー基本計画や海洋基本計画において、メタンハイドレートの研究開発を主要施策として位置付けており、その方向性は明確で解りやすく、目標設定も適切である。また、研究開発実施者は、経済産業省が策定した海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を基に、より具体的な計画や目標を盛り込んだ実行計画を策定している点は評価できる。
- 一方、今後も商業化に向けたプロジェクト開始という目標に向けて、研究開発実施者は、実行計画の改定を検討する必要がある。その際は、研究開発事業を巡る外的な環境変化を考慮し、計画の見直しや事業の進捗よくが調整できるようにしても良いのではないかと考える。

### 5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

- MH21研究コンソーシアムは、現在、JOGMECとAISTによって組織されており、4グループによる運営体制の構築や適格な研究者の参画の上、民間企業の意見や技術も活用しながら研究開発が進められていることは評価できる。
- 一方、研究テーマとその担当グループが複雑に入り組んでおり、責任の所在が不明確になっている部分も見受けられる。今後は、研究テーマを見直すとともに、特に解決すべき研究テーマに対して責任をもって取り組む体制を構築すべきである。

# 評価コメント③

## 6. 費用対効果の妥当性

- 投入される費用に対し、大きな効果が得られる可能性はあることが示されており、投入費用に対する成果・効果は妥当である。
- 一方、現時点で可能な費用対効果の試算は不確定要素が多いことから、今後、数字の信頼性を高める努力や環境変化を踏まえて試算の見直しが必要である。

## 7. 総合評価

- 我が国の次世代エネルギー資源になり得る可能性があるメタンハイドレートに関する研究開発は、我が国にとって喫緊の課題であり、経済産業省が積極的に研究開発を進める意義は大きい。
- フェーズ3(平成28年度から30年度まで)の主な取組事項である第2回海洋産出試験においては、第1回海洋産出試験で確認された出砂等の課題を克服するとともに、2坑井で36日間の生産を成功させるなど、研究開発を進めていく上で必要な知見や経験が取得できている。非常に多くの研究要素があり、高度な水準の目標の達成が求められるため、成果が未達となっている箇所もあるが、着実な前進が図られていると評価できる。
- 一方、事業アウトプットにおける目標の設定については、より定量的に示すことが望ましく、設定された目標や達成時期は、時間も含めた累積投入リソースと今後の開発リスクに応じて、随時見直すべきである。
- また、研究開発マネジメントについては、研究項目の選択と集中が無く、研究開発活動が発散しているように見受けられることから、プロジェクトの方向をより集中させ、責任の所在を明らかにした上で、研究開発を進めるべきである。さらに、新たに生じる課題に対しては、柔軟かつ迅速に、そして、世界中のリソースを活用できるような取組も必要である。

# 9. 提言及び提言に対する対処方針

## 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 我が国のエネルギー事情を勘案すると、本事業は継続すべきである。ただし、常に適切な計画への見直しが必要である。
- 今後は、先ず第2回海洋産出試験の検証と生産・圧力データの解析を十分に行うとともに、減圧によるメタンハイドレートの熱力学・化学的な解離現象に加え、地層の非均質性や水層の影響などの複合的な現象を考察するため、シミュレーションによる解析を十分に行い、必要なモデルの構築・改良を実施することが望まれる。その上で、商業化に繋げるためには、長期のガス生産実験の実施と開発生産コストを低減するための技術開発が必要である。
- 陸上産出試験を実施するならば、地層の条件が良い場合を選び、1年間程度の安定生産を通じ、商業化できるという事例を世界で最初に示すべきである。その上で、より困難な日本近海での海洋産出試験にチャレンジすることが最終的なアウトカムへの近道である。
- これまで無関係とされていた業界の製品や、ノウハウ、研究成果の取り込みなど、ブレークスルーが期待させるイノベーティブな技術アイデアの検討、取組を期待する。
- 今後の計画策定に当たっては、評価がより明確となるよう、可能な範囲で定量的な目標を設定することが望ましい。また、本事業は、多くの課題や研究分野を対象に、同時並行的に研究を進めていくことになるため、優先順位や資源配分の重み付けを考慮する必要がある。

## 提言に対する対処方針

- エネルギー基本計画や海洋エネルギー・鉱物資源開発計画等を踏まえ、引き続き、将来の商業生産を可能とするための技術開発を推進していく。
- 第2回海洋産出試験を中心としたこれまでの研究成果を総合的に検証し、減圧法を用いた生産技術に関する課題解決策を検討した上で、生産挙動予測に係る技術の信頼性を向上させるための研究開発等を実施していく。海洋における長期生産技術の確立に向けて、生産障害要因や経済性の改善等に関する技術開発、生産システムの改良等に取り組んでいく。
- 長期生産挙動のデータを得るため、比較的単純な条件の下で、低コストに実現できる陸上での長期産出試験を実施する。陸上産出試験の実施に当たっては、長期生産技術の実証と、産出されるガスの有効利用等についても検討していく。
- 新しい技術の可能性を追求するため、生産性向上やコスト低減などの個別技術課題と民間企業・研究機関等が有する技術の適用性を調査し、有望な技術が発掘された際は研究に取り込んでいく。
- 今後より詳細な計画の策定に当たっては、可能な限り定量的な目標を設定するよう努めるとともに、次の研究ステージに移行できる条件を明確にし、プロジェクト管理を行う。研究開発を効率的に進めるため、研究開発の実施体制やマネジメント体制の見直しを図る。