

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2019

MH21-S始動！

～旧計画の実績と課題、新体制と
目標について～

MH21-S研究開発コンソーシアム(MH21-S)
プロジェクトマネージャー(JOGMEC) 山本晃司

2019年12月3日(火)

東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

「我が国におけるメタンハイドレート開発計画（2001～18年度）」の実施内容と成果

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」

フェーズ1

フェーズ2

フェーズ3

資源量と
貯留層特性

2002～2003
2D/3D地震探査

2004
基礎試錐
東海沖～熊野灘

BSRマップ
(2009)の発表

「濃集帯」の
コンセプト

既存震探データを利用した濃集帯の抽出作業

生産手法と
その実証

2002 第1回陸上産出
試験(温水循環・小規模減圧試験)

2007～2008:第2回陸上産出
試験(減圧法連続生産)

2013:第1回海洋産出
試験(減圧法6日間)

2017:第2回海洋産出試験
(減圧法36日間)

「減圧法」が適用可能
である可能性

「減圧法」によるガス
生産の実証

海洋におけるガス生
産(短期)の実証と
技術課題の抽出

中長期のガス生産
による、長期挙動・
安定性に関わる技
術課題の抽出

人工(模擬)コア試料の室内実験と数値
シミュレータによる検討

より長期の挙動把握の為に陸上産出試験への取り組み

開発システムと
経済性

開発システムと経済性検討

仮想的な開発システムとシミュ
レーションによる経済性の検討
結果：減圧法により一定の経
済的有効性

最新動向や海産試験結果を反映させた開
発システム一次案の策定とエネルギー産出
比・経済性の見直し

環境影響

モデリング・モニタリング技術等の開発、ベースラインデータの取得

海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の検
討・検証

フェーズ1～3 (2001～2018) の成果と課題

- ・メタンハイドレートが集中してまとまった量存在する「濃集帯」の存在を確認

⇒経済性の基準を満たす濃集帯を確認するための調査の継続

- ・海洋における数週間のプロード実現による、エネルギー効率の高い「減圧法」の適用可能性を確認

⇒モデルによる予測と実際の生産挙動のかい離～長期生産挙動把握と生産挙動予測の信頼性向上

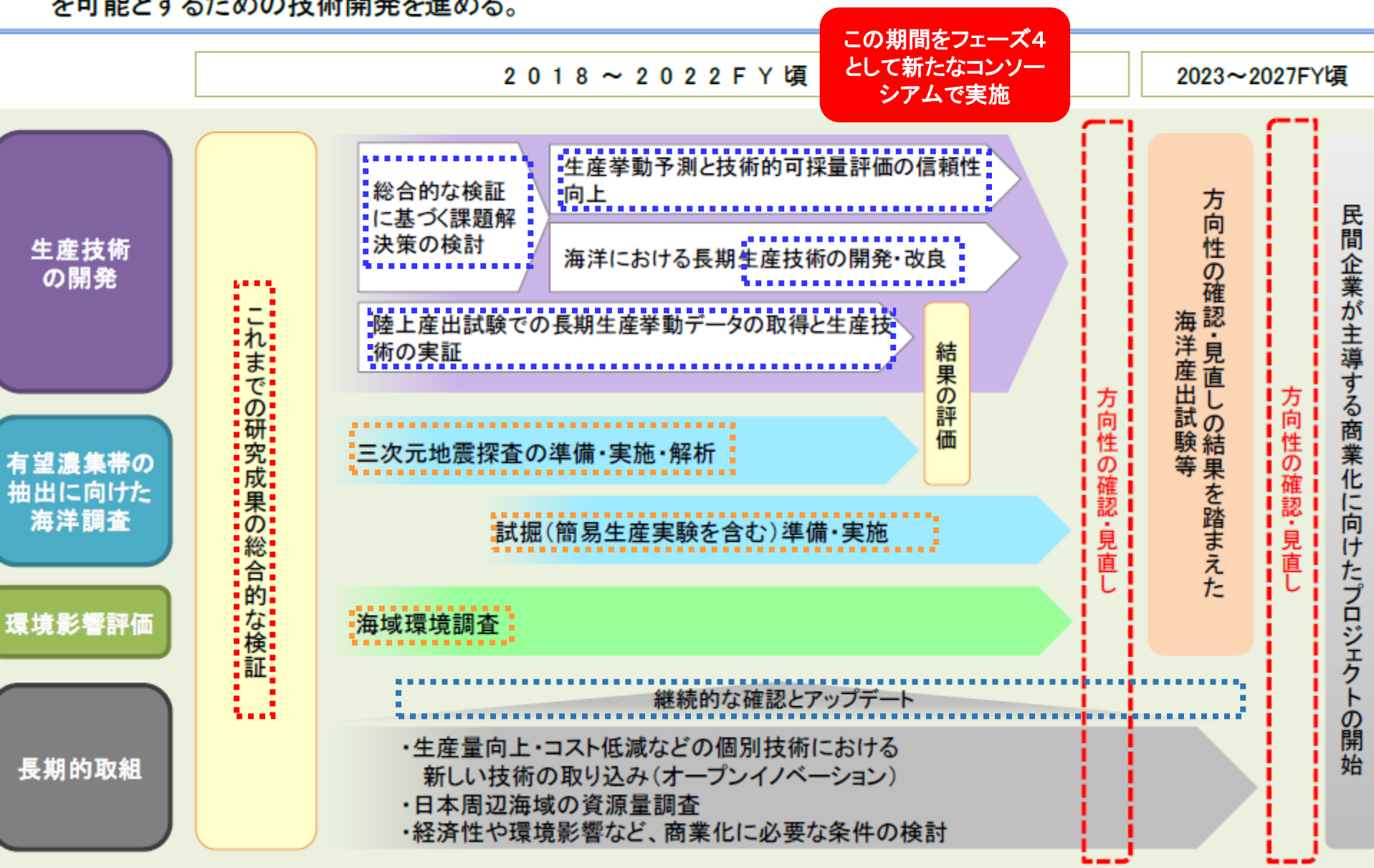
⇒生産性・回収率の向上

⇒海洋におけるより長期の連続生産の実現

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画(2019年2月15 日改定、経済産業省)に示された工程表

海洋基本計画(平成30年5月15日閣議決定)

- 平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指し、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。



<想定される開発システムの概要と技術開発要素>

洋上生産設備(プラットフォーム、セパレータ、コンプレッサー等)と輸送のための設備
日本近海の気象・海象に適し、かつ経済的なシステムの検討が必要

社会に受け入れられる技術であるための検討
ジオハザード対策・環境影響評価・モニタリング
手法・緊急対応などの立案が必要

掘削・開発のための作業体制
構築
大水深の浅い井戸を短時間
で合理的に掘削できる手法や、
試掘・テスト・坑井掘削を合理的
に行うための船等

需要サイドと協調したビジネスモデル

長期安定的・経済的に生産するための生産技術
既存の大水深開発のための技術の応用であるが、
ハイドレートに適した簡易化・コスト低減が課題

有望濃集帯の抽出と、障害を防止し、生産レート・回収率を予測し、経済性を高めるための手法
生産挙動の把握、出砂対策、生産手法と生産性向上・坑井刺激手法・生産障害対策の適用(熱
刺激併用、フラクチャリング等)

商業化にむけた定量目標

(第22回総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会(2017/6/21))

- 砂層型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から生産されるメタンガスが、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」
 - 生産原価は6～7ドル/MMBtu となるよう、技術開発を進めるべきである。
- 砂層型メタンハイドレートの商業化に必要な条件
 - 商業化が可能と考えられる6～7ドル/MMBtu の生産原価 を実現するためには、原始資源量が約 500 億 m³ 程度以上の濃集帯の存在、坑井当たり 15万 m³ /日以上上の平均生産レートを満たすことがひとつの目安と考えられる。
- 砂層型メタンハイドレートの商業化までに克服すべき主要課題
 - (ア)安定生産技術の確立
 - (イ)資源量把握(大規模濃集帯の存在の確認)
 - (ウ)生産システム開発
 - (エ)商業化に向けた実証及び商業生産

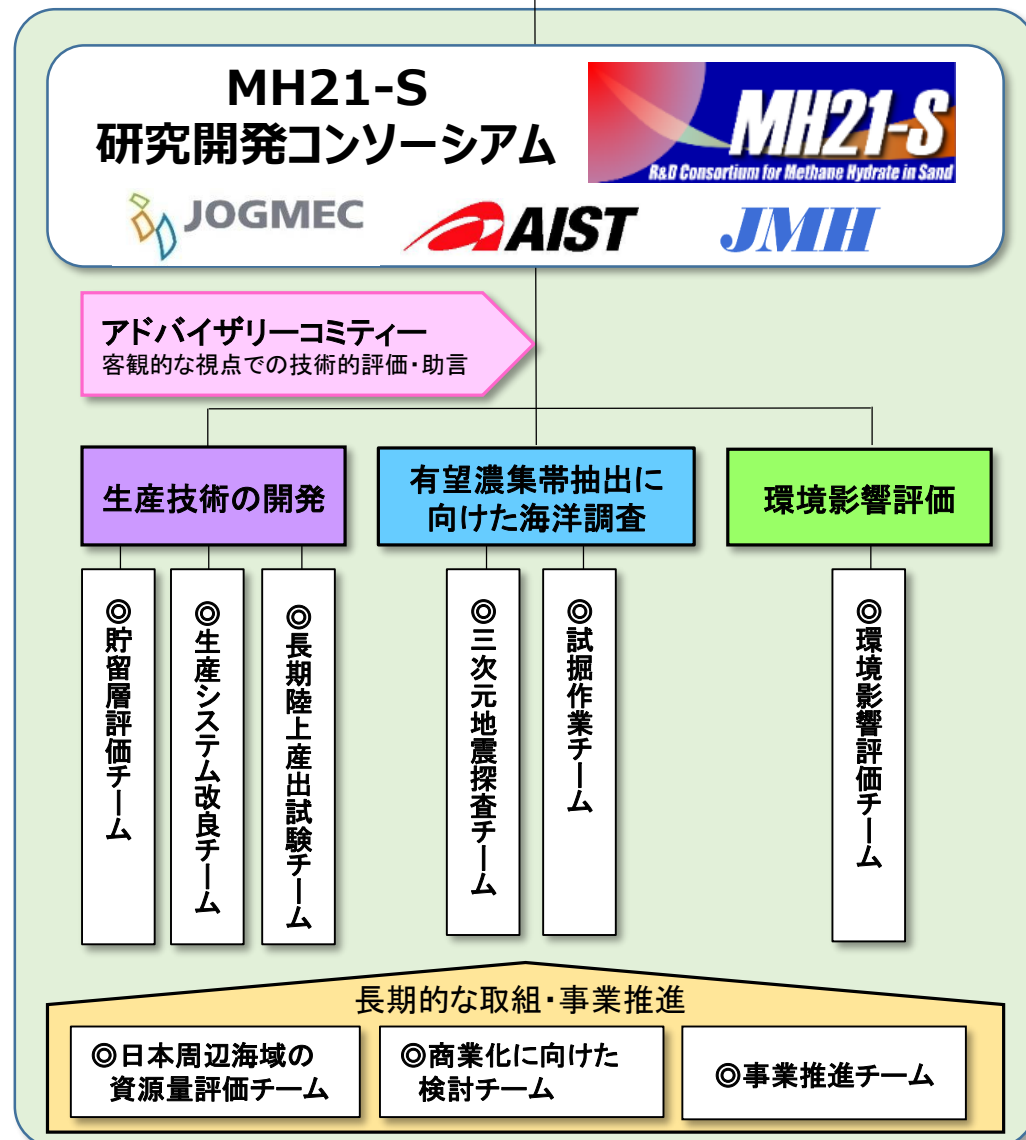
- 1生産拠点の資源量(濃集帯規模)と坑井あたりの生産レートの双方が重要
- 単純減圧法と在来型天然ガス生産の設備等を想定

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

- JOGMEC、AIST及びJMHの三者は、コンソーシアム(MH21-S研究開発コンソーシアム)を組織。
- 第2回海洋産出試験のオペレータを実施し、資源開発やエンジニアリングに関する知見を有するJMHがコンソーシアムに加わることにより、砂層型メタンハイドレートの商業化に向けた検討を推進。また、民間企業へのノウハウの移転を進める。
- 研究開発の実施に当たっては、組織横断的なチームを編成し、縦割りを排して、効率的に研究を推進する。
- アドバイザリーコミティーなどを通じて外部の視点と意見を積極的に取り入れる。

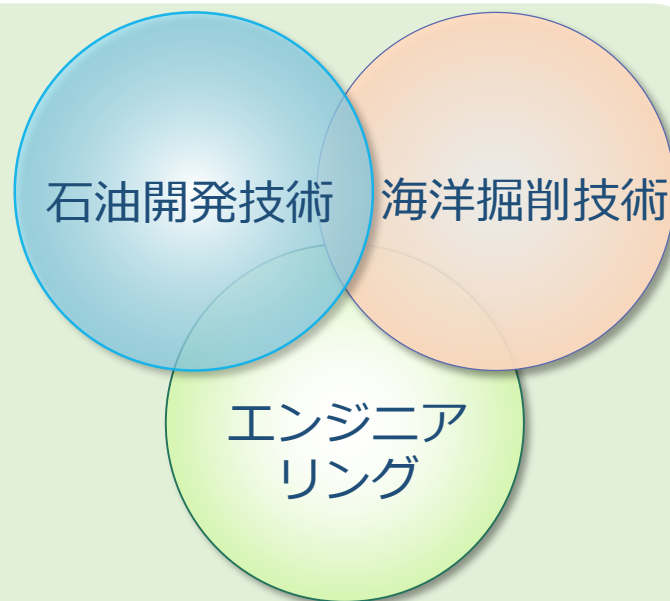


日本メタンハイドレート調査株式会社の紹介

砂層型メタンハイドレート開発に関する
中長期の海洋産出試験等に参画

オールジャパンの組織体制にて効率的、
効果的及び円滑に業務を遂行

わが国の民間企業間での知見の共有



■ 株主一覧：

石油資源開発株式会社	日本海洋掘削株式会社	国際石油開発帝石株式会社
出光興産株式会社	J X 石油開発株式会社	日鉄エンジニアリング株式会社
千代田化工建設株式会社	東洋エンジニアリング株式会社	日揮株式会社
三井石油開発株式会社	三菱ガス化学株式会社	

■ 設立日：平成26年10月1日

■ 社 長：石井正一（石油資源開発(株)顧問）

■ 資本金：1.5億円

■ 組 織：総務部 企画部 操業部
開発技術部

■ 社員数：44名（2019年10月2日現在）

実績：2015～2018年度、第2回海洋産出試験オペレータ業務（JOGMECより委託）

フェーズ4の目標

「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の目標

将来の商業生産を可能とするための技術開発を進め、2023～2027年度の間に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す。

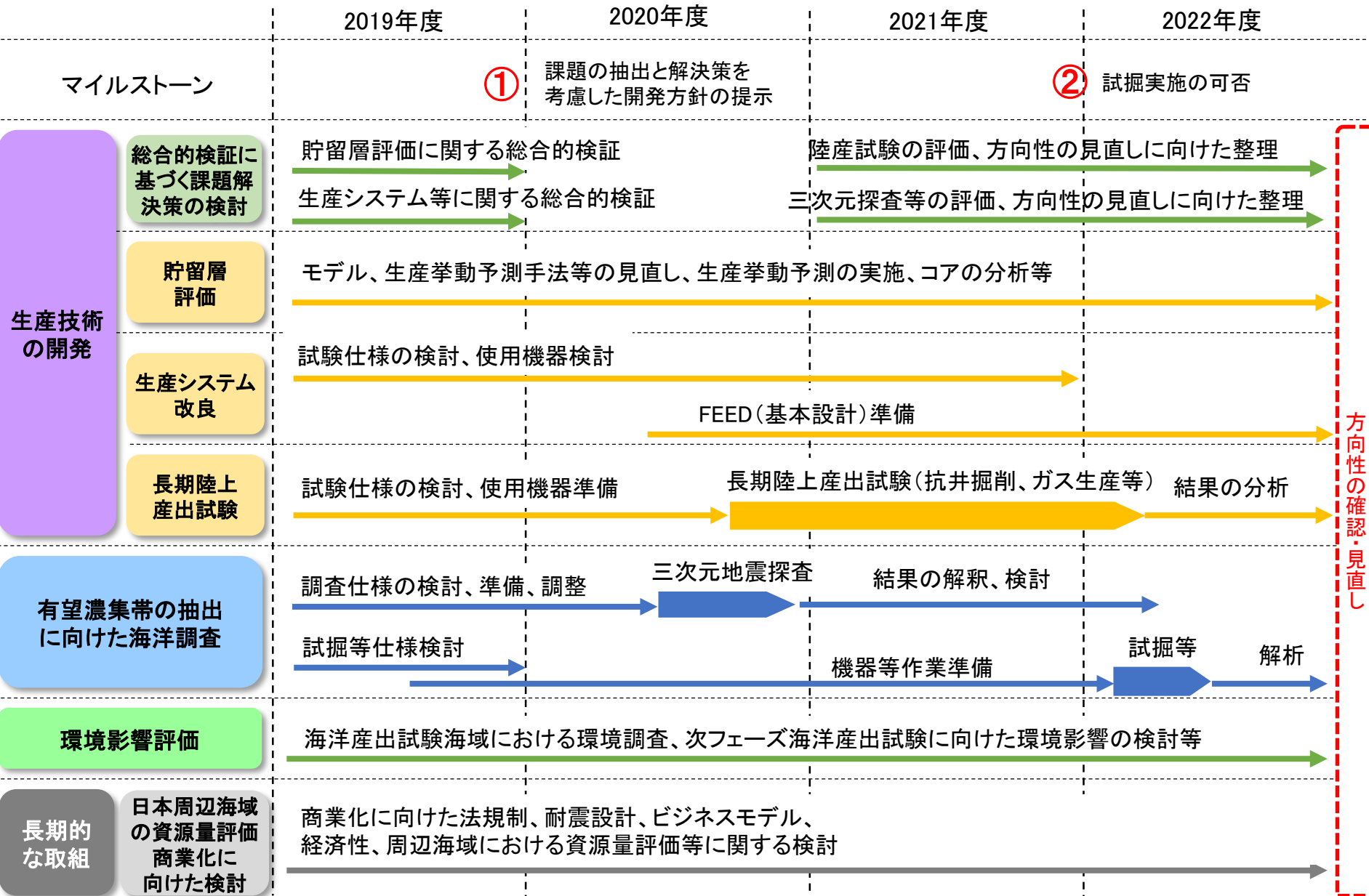
「フェーズ4実行計画」の目標

次フェーズ海洋産出試験に進むための生産技術と資源量評価等の環境が整備されていること。

- **長期安定生産の見通しがつき、生産挙動予測の信頼性向上がされていて、長期陸上産出試験で検証されていること。**
 - 貯留層内並びに坑井近傍の現象の理解が進み、生産の安定性を阻害する要因の抽出と分析が行われ、対策技術が提示されること。
 - 生産挙動予測の信頼性が向上して、有望濃集帯においては**経済性の基準を満たすことが期待される1坑井あたりの生産レート(日産5万立方メートルが目安)の見込みが得られていること。**
 - 生産挙動予測の信頼性は長期陸上産出試験における長期生産挙動のデータ等により確認されていること。
 - 生産技術の改良がなされ、**海洋で数か月程度の連続生産が可能な技術の見込みが得られていること**(基本設計実施可能な技術レベルの達成)。
- **次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点が抽出されていること。**
 - 三次元地震探査等による有望濃集帯候補の抽出と試掘によるデータ取得により原始資源量・貯留層性状等が把握されること。
 - 候補地点の存在する**濃集帯は、経済性の基準(100億立方メートル以上)**を満たすと評価されること。

フェーズ4の実施スケジュール(案)

2019/10/16 第34回 メタンハイドレート開発実施検討会資料4 より



方向性の確認見直し

『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

イ) 総合的な検証に基づく課題解決策の検討

これまでの研究成果をとりまとめ、知見を整理するとともに、解決すべき課題を明確化して研究計画を策定する。 → **本年度末に、検証作業の評価結果を明らかにする**

○ 貯留層評価に関する総合的検証

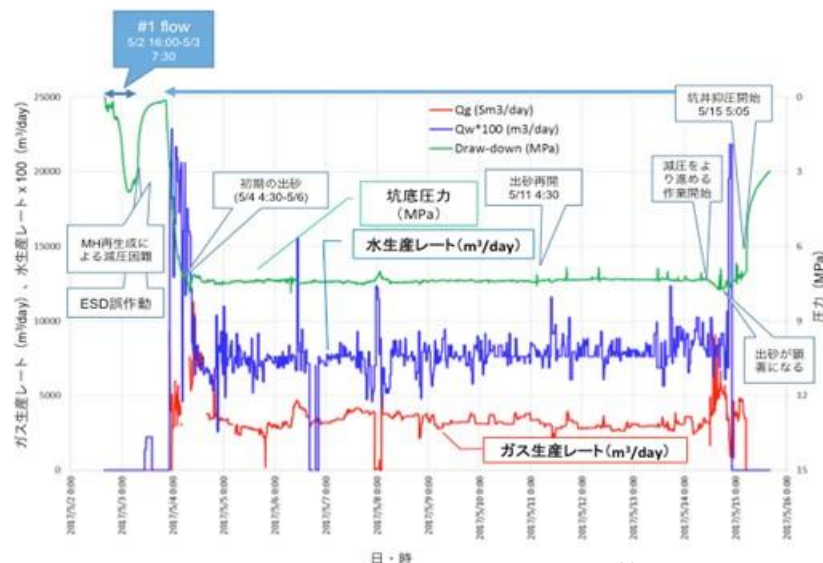
シミュレーション結果と計測されたガス・水生産挙動等との間に差異が見られることから、生産挙動予測の信頼性を高めるため、その原因究明が課題(貯留層モデル、物理モデル)。

○ 生産システム等に関する総合的検証

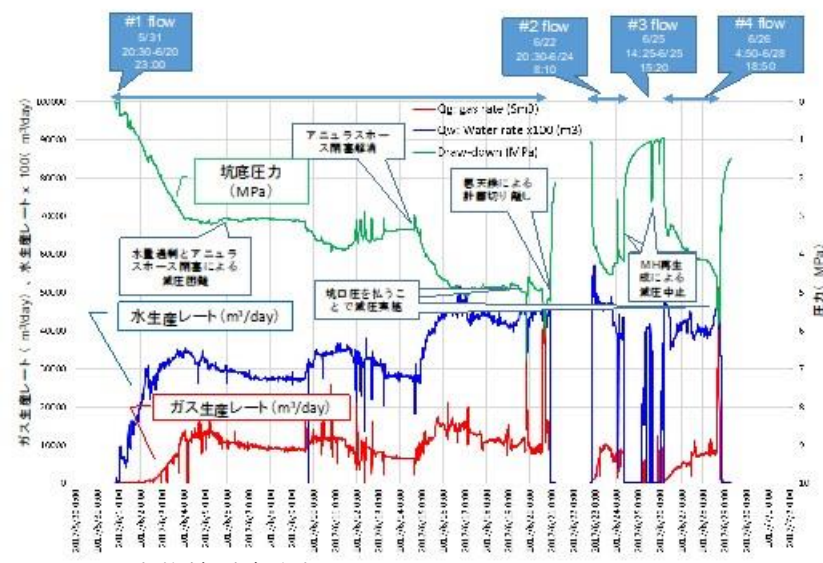
海洋における数週間程度の連続生産を実現したものの、数か月程度の生産の确实性の評価が必要。

＜参考: 第2回海洋産出試験の結果＞

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)



2018/3/26 第33回 メタンハイドレート開発実施検討会資料5より

『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

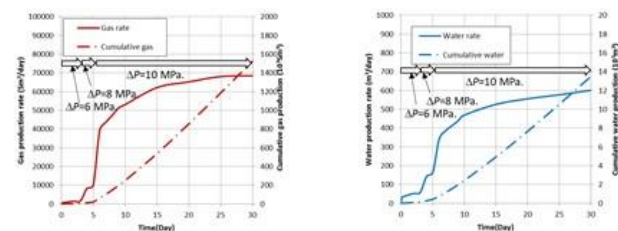
ロ) 生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上(貯留層評価)

メタンハイドレート層の地質的不均質性等の特徴を盛り込んだ地質・貯留層モデルの構築手法、並びにそれらのモデルに基づく貯留層シミュレーション等により、次フェーズ海洋産出試験への移行の可否の判断に資する信頼性の高い(予測と実際の生産データの乖離が小さい)生産挙動予測手法、技術的可採量の評価手法の開発を進める。

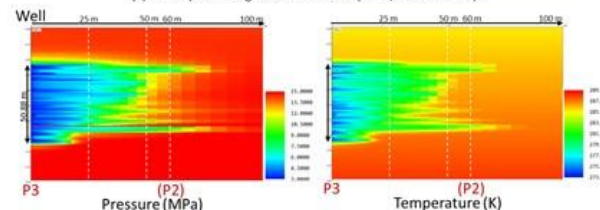
- 貯留層評価の観点から、安定的な生産を阻害している可能性のある要因の抽出
- 米国アラスカ州の陸上において掘削された層序試験井から得られたデータを踏まえた地質・貯留層モデルの構築と、ガス・水生産量予測
- 長期陸上産出試験で得られたデータを用いた評価・解析作業
- 長期生産挙動に関する知見の整理、生産挙動予測手法や技術的可採量評価手法の信頼性向上のための取組
- 生産性・回収率を向上する生産増進技術の開発

＜参考：第2回海洋産出試験における生産挙動の予測＞

2017/2/20 第32回 メタンハイドレート開発実施検討会資料6-2より



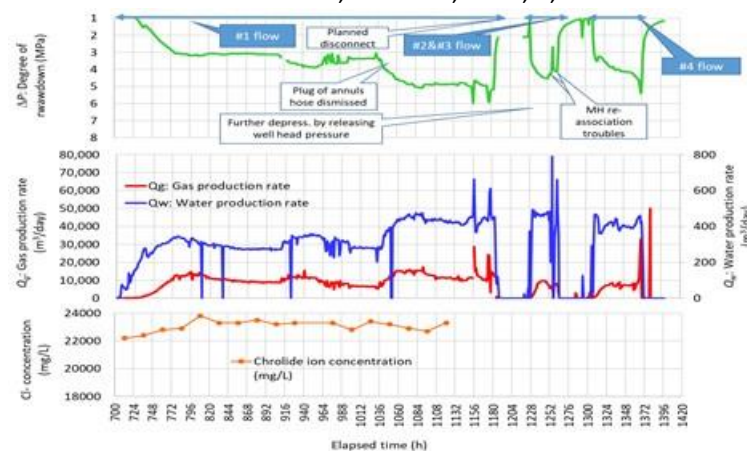
(a) Model predicted gas and water rates ($\Delta P=6, 8$ and 10 MPa).



(b) A model predicted pressure and temperature distribution (30th day)

＜参考：第2回海洋産出試験における実際の生産挙動＞

Yamamoto et al., RSC Adv., 2019, 9, 25987



『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

ハ) 海洋における長期生産技術の開発・改良(生産システム改良)

2023年度の次フェーズ開始時点において、次フェーズ海洋産出試験のFEED(基本設計)作業に速やかに移行できるようにするため、一連の準備作業としての基本仕様設定や機器等に関する基礎技術検討がなされ、FEED準備作業等を完了させる。

- 次フェーズ海洋産出試験での数か月の連続生産を想定し、それを実現できる技術を検討(複数坑井からの同時生産の可能性も検討)。
- 特定課題の解決策に関わる個別技術の検討においては、新たな技術の取り込み(オープンイノベーション)を図る。このため内外の石油開発分野、及びそれ以外の分野の幅広い知見を集めて検討するべく努める。



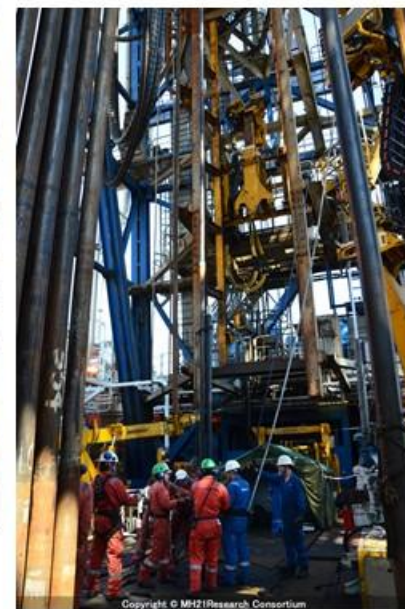
船上設備



ライザー管



海底機器



坑内試験装置

『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

二) 長期陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術の実証

海洋に比べて比較的単純な条件であり、かつ相対的には作業の柔軟性が高い陸上において長期産出試験を行うことで、メタンハイドレート分解挙動の把握や生産挙動予測の信頼性向上に必要な長期生産挙動のデータを取得するとともに、海洋産出試験のみでは検討・実施が難しいと考えられる生産阻害要因などの技術的課題の解決策の検証や、長期生産に伴う課題の抽出を行う。

○ 準備作業・技術開発

試験設計、準備、機器開発、調達等

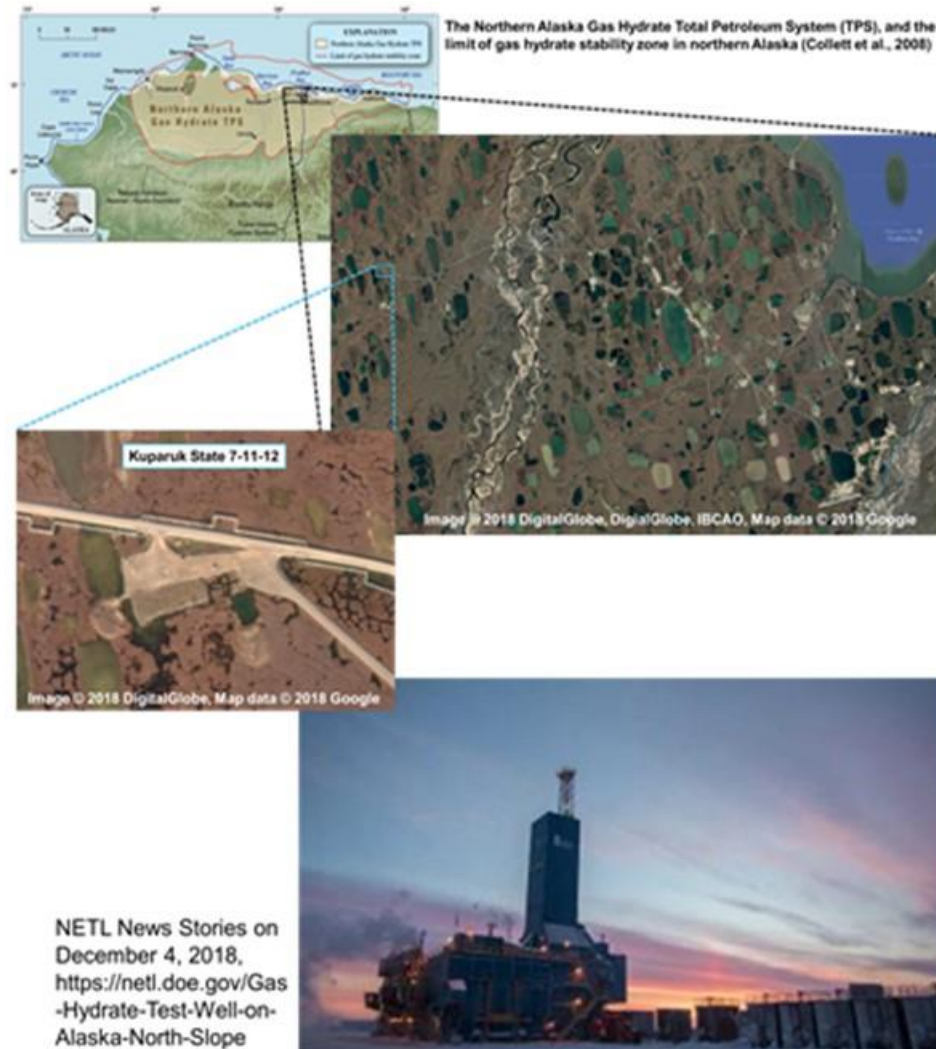
○ 坑井作業

掘削、試験実施(約1年間)、廃坑作業等

○ データ取得作業

モニタリングデータ取得、検層・コア、VSP

＜参考：長期陸上産出試験の実施候補地(米国アラスカ州)＞



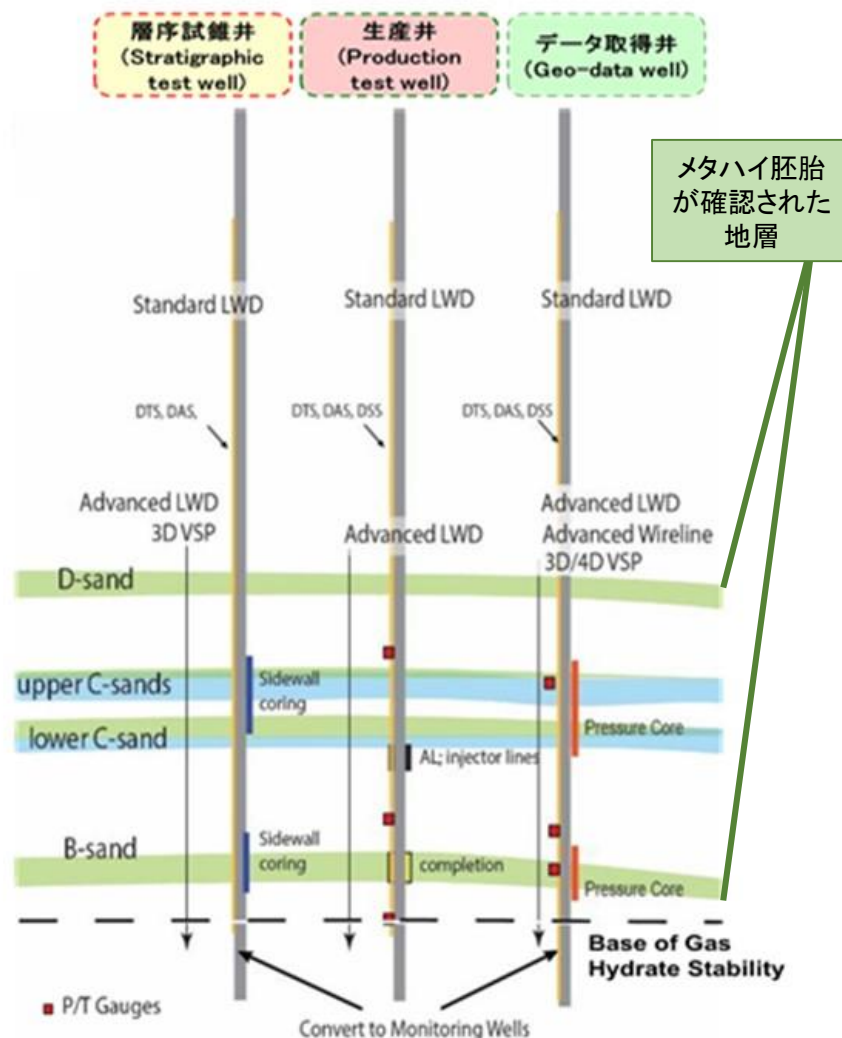
『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

二) 長期陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術の実証(続き)

- **米国アラスカ州**での実施を目指して、米国エネルギー省(DOE)傘下の国立エネルギー研究所(NETL)とJOGMECが協力協定(MOU)を締結。
- 昨年12月に、**プルドーベイ油田の一地点**で米国と共同で**試掘作業(層序試錐井STW掘削)**を実施、永久凍土層下の**2層においてハイドレート**
の胚胎を確認
 - 物理検層とコアリングに加えて、三次元VSP(坑井内地震探査)によりハイドレートの存在と貯留層物性、及びその広がり の情報を取得
 - 掘削した坑井には**モニタリング装置(光ファイバー温度計・音響センサー)**を設置
 - 当該地点は道路と砂利パッドが整備され、**通年作業が可能**であり、日米で試験実施に適切と判断
- 今後、集中的に**データ取得井**(GDW、検層・圧力コアリング・モニタリング装置設置)及び**生産井**(PTW)を掘削、その後**長期生産試験(～1年)**に臨む計画

<参考: 長期陸上産出試験の実施候補地における貯留層と抗井>



R. Boswell, US DOE Methane hydrate advisory committee meeting, October 18-19, 2018

『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容

実施内容

二) 長期陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術の実証(続き)

○ 日米共同で技術検討を進めている。

- 取得した**検層データ、コアサンプル**は日米共同で**分析**(圧力コアサンプルの一部は冷凍状態で産総研北海道センターに輸送、分析中)
- **貯留層評価、生産挙動予測**も共同で実施。
- **出砂対策・坑内機器・モニタリング装置**などは日本側主導で技術検討～**海洋へのフィードバック**←米国側の知見も取り入れ
- **技術会議を実施し、試験計画策定**等の作業を進めている。

○ 生産したガスは、ポンプ電源用の発電、生産水処理などの目的で有効活用することを検討

○ 技術的検討に加えて、オペレータ選定などの作業準備を進めている。



試掘井へのモニタリングケーブル設置



採取された圧力コア試料



坑井内地震探査のデータ取得作業



計画策定に関する日米の技術会議



産総研でのコア分析作業

『有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査』に係る目標と主な実施内容

目標

次フェーズ海洋産出試験候補地点の抽出

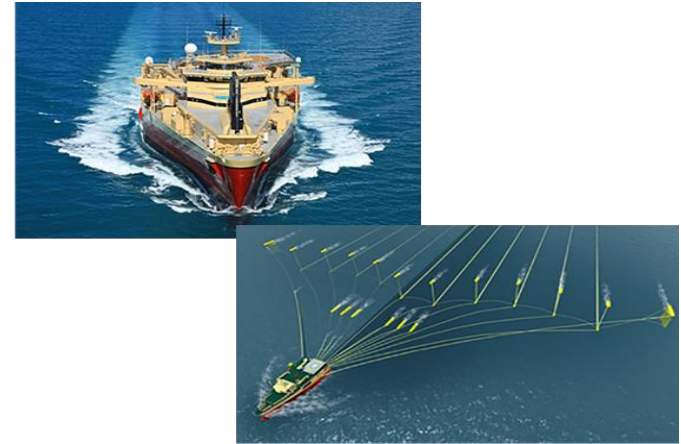
実施内容

既存の物理探査データの分析

既存の探査データの解析や三次元地震探査による有望濃集帯候補の抽出

新たな3次元物理探査の実施

有望濃集帯候補海域のうち、二次元地震探査データのみしかデータがない海域での、新たな三次元地震探査の実施



＜参考：三次元物理探査のイメージ＞

試掘作業

次フェーズ海洋産出試験の詳細な掘削位置を決定するため、探査データ等で選定された候補地点において試掘作業を行い、検層データ・コア取得等を実施。また、次フェーズ海洋産出試験実施のための貯留層特性の把握を目的に、短期間の簡易的なガス生産実験（簡易実験）を実施。

『環境影響評価』に係る目標と主な実施内容

目標

■ 次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点が抽出されていること。

- 海域環境調査が継続され、次フェーズ海洋産出試験候補地点の環境影響の程度が推定されていること。

実施内容

海域環境調査と事前の環境影響評価

これまで実施した海洋産出試験海域における環境影響評価を継続するとともに、次フェーズ海洋産出試験での環境影響評価の検討のベースとなる環境データを取得し基礎データとして整理する。

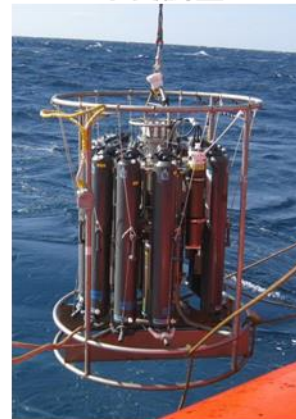
また、これらの作業を通じて、環境影響の予測・評価手法等の適正化を図り、これらの成果を通じて次フェーズ海洋産出試験の環境影響の程度を推定する。

- ① これまでの海洋産出試験実施海域（モデル海域）の調査
- ② 次フェーズ海洋産出試験候補海域の調査
- ③ これまでの予測・評価手法の適正化
- ④ 次フェーズ海洋産出試験実施候補海域の環境情報等を踏まえ、予察的に環境影響の程度を推定

→ 次フェーズ海洋産出試験候補地点の選定に資する。

<参考：環境調査機材のイメージ>

水質調査



生物採集



底質・生物調査



『長期的な取組』等に係る目標と主な実施内容

実施内容

イ)生産量向上・コスト低減などの個別技術における新しい技術の取り込み

- 生産量向上とコスト低減に関して、石油開発以外も含めた様々な外部知見の取り込み

ロ)日本周辺海域の資源量評価

- 地震探査データ解析海域の追加
- メタンハイドレートシステムの検討

ハ)商業化に向けた検討

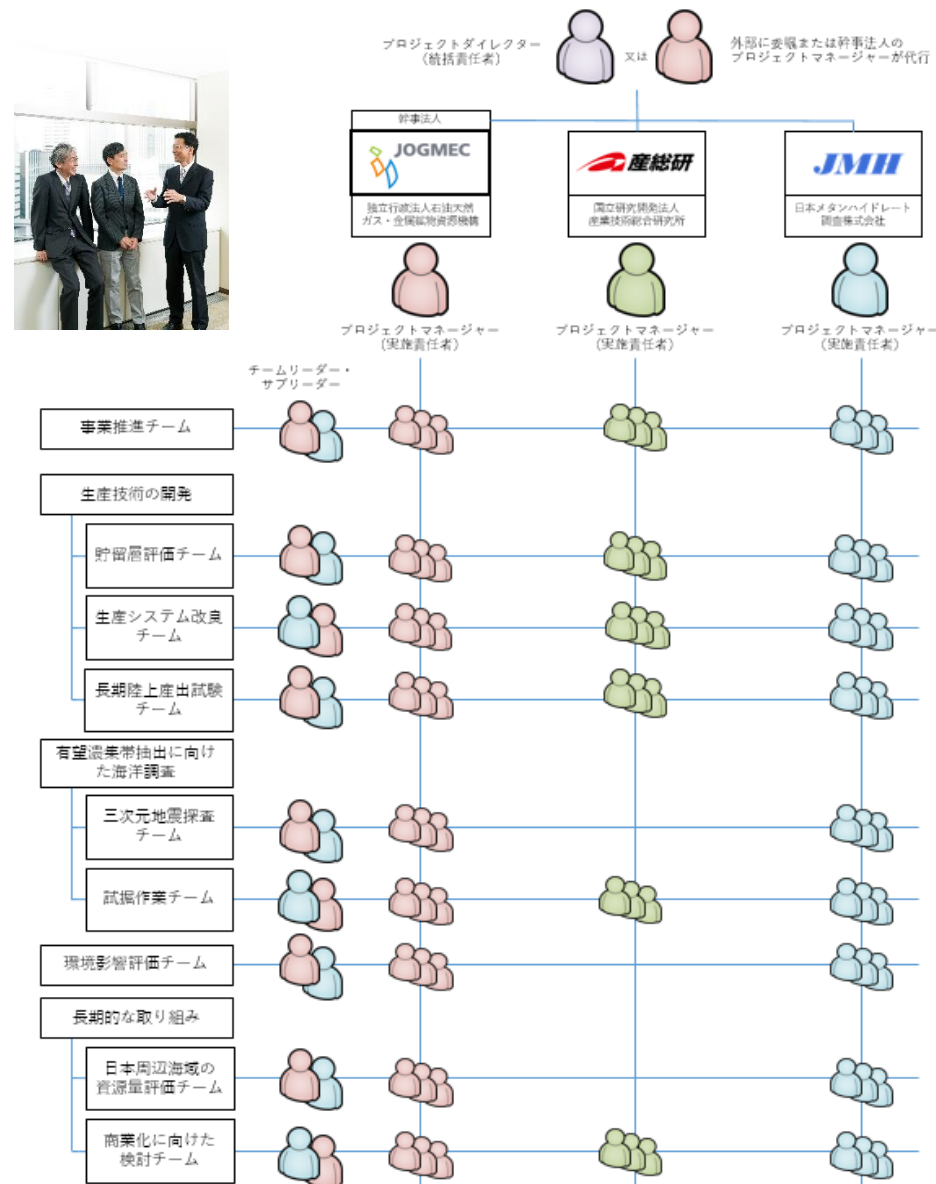
- 商業化に必要な要件の抽出と情報収集
- 法規制、耐震設計、ビジネスモデル、経済性
- 多様な濃集帯条件に対応した開発システム検討と経済性評価
- 事業化シナリオ案の改定

二)成果普及・情報提供の積極的な推進

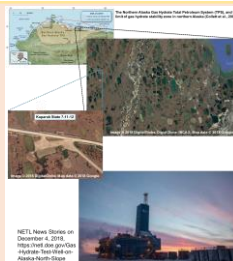
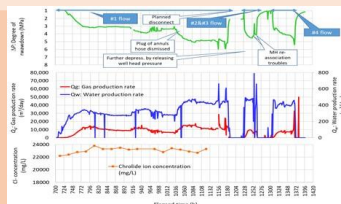
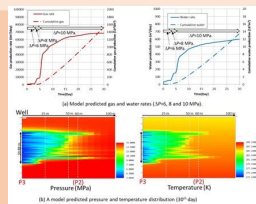
実施体制の詳細と役割(三者横断チームの編成)

- 三者のそれぞれの知見と人員を結集して、これまでにMH21で得られたデータと経験を活用して実施する
 - JOGMEC(幹事法人): 研究開発のとりまとめ、探査、貯留層評価等
 - AIST: 実験技術等
 - JMH: 現場作業の知見、民間企業の視点
- コンソーシアムとして全体の統合を図るとともに、縦割りを排して事業を効率的に行えることを目的として、課題と実施項目に合わせて、三者横断的なチームを編成する。
- 各チーム間で連携して、プロジェクトの目標を達成する。
- オープンイノベーションの考え方を取り入れ、新たな技術や異分野の技術も効果的に取り込む。

MH21-Sをよろしく！



まとめ: フェーズ4の作業と情報の流れ



生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上
(安定生産阻害要因の抽出・解決、生産性・回収率向上) 長期陸上産出試験による検証

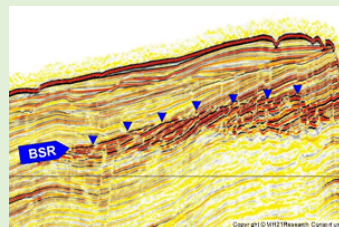


長期生産技術
の開発・改良

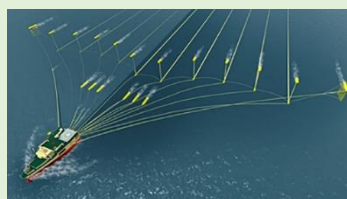
生産技術に関する評価基準

- ・ 経済性の基準（1坑井あたり日産50,000m³以上）を達成する見込みがあるか？
- ・ 海洋において数か月の連続生産が可能な見込みがあるか？

次フェーズ海洋産出試験へ



既存三次元地震探査データの解析

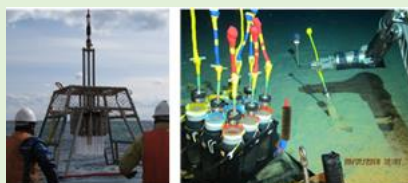


新たな三次元地震探査

有望濃集帯候補抽出



簡易生産試験を含む試掘作業



環境影響評価

海洋産出試験候補地点抽出

海洋産出試験候補地点に関する評価基準

- ・ 経済性の基準（原始資源量100億m³）を満たす濃集帯があるか？
- ・ 環境影響の検討がされているか？

新しい技術の取り込み、環境影響・経済性など商業化に必要な条件の検討

謝辞

- 経済産業省資源エネルギー庁
- MH21/MH21-Sの活動に協力いただいた皆様
 - コンソーシアム関係者各位
 - 作業・研究委託先の各社・大学・研究機関各位
 - 地元自治体・漁業関係者各位
- 長期陸上産出試験関係者各位
 - 米国エネルギー省国立エネルギー技術研究所（DOE-NETL）, 米国地質調査所（USGS）, アラスカ州天然資源局（SOA-DNR）
 - アラスカプルドーベイ油田Work interest owners各社（BP アラスカ, ConocoPhillips, ExxonMobil, Chevron）