# 砂層型メタンハイドレートの研究開発フェーズ4(2019年~2022年度)

実行計画(案) 概要

2019/10/16 MH21-S研究開発コンソーシアム

## これまでの実施内容と成果

2001年:「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」

2013年:「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」

討•検証

フェーズ1 フェーズ2 フェーズ3 BSRマップ 既存震探データを利用した濃集帯の抽出作業 2002~2003 2004 資源量と (2009)の発表 2D/3D地震探查 基礎試錐 貯留層特性 東海沖~熊野灘 「濃集帯」の コンセプト 2002 第1回陸上産出 試験(温水循環・小規 2007~2008:第2回陸上産 2013:第1回海洋産出 2017:第2回海洋産出試 生産手法と 試験(減圧法6日間) 模減圧試験) 出試験(減圧法連続生産) 験(減圧法36日間) その実証 中長期のガス生 「減圧法」が適用可能 海洋におけるガス 「減圧法」によるガ 産による、長期挙 ス生産の実証 生産(短期)の実証 である可能性 動・安定性に関わ と技術課題の抽出 る技術課題の抽 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の陸上産出試験への取り組み 仮想的な開発システムとシ 開発システムと経済性検 最新動向や海産試験結果を反映させた開 開発システム ミュレーションによる経済性の 討 発システムー次案の策定とエネルギー産 と経済性 検討結果:減圧法により一定 出比・経済性の見直し の経済的有効性 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 海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の検

取得

## 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

<u>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。</u>

#### 【マイルストーンの設定】

- 進捗確認のため、2019年度末頃、及び2021年度末頃に「マイルストーン」(中間目標)を設定し、次のステージに移行条件を明確化。
- マイルストーン設定期には、進捗や成果を確認し、目標や実施内容の見直しを実施。

2019年度末頃 マイルストーン

(1)

・これまでの海洋産出試験における評価を行い、課題と考えられる事項と解決策の案が抽出 されていること。

2021年度末頃

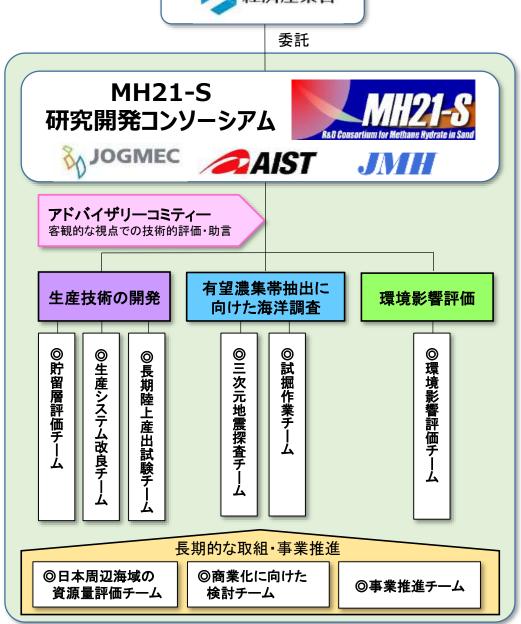
マイルストーン

- ・長期陸上産出試験の長期生産挙動データの取得と生産技術の実証が充分に実施されていること。
- ・試掘候補地点が見いだされて、試掘作業の実施が実現できる見込みであること。



■ 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。



# フェーズ4の実施スケジュール(案)

2020年度 2019年度 2021年度 2022年度 課題の抽出と解決策を 試掘実施の可否 マイルストーン 考慮した開発方針の提示 陸産試験の評価、方向性の見直しに向けた整理 貯留層評価に関する総合的検証 総合的検証に 基づく課題解 生産システム等に関する総合的検証 三次元探査等の評価、方向性の見直しに向けた整理 決策の検討 貯留層 モデル、生産挙動予測手法等の見直し、生産挙動予測の実施、コアの分析等 評価 生産技術 の開発 試験仕様の検討、使用機器検討 生産システム 改良 FEED(基本設計)準備 長期陸上産出試験(抗井掘削、ガス生産等) 長期陸上 試験仕様の検討、使用機器準備 結果の分析 産出試験 三次元地震探査 結果の解釈、検討 調査仕様の検討、準備、調整 有望濃集帯の抽出 に向けた海洋調査 試掘等仕様検討 試掘等 解析 機器等作業準備 海洋産出試験海域における環境調査、次フェーズ海洋産出試験に向けた環境影響の検討等 環境影響評価 日本周辺海域 商業化に向けた法規制、耐震設計、ビジネスモデル、 長期的 の資源量評価 経済性、周辺海域における資源量評価等に関する検討 商業化に な取組 向けた検討

## 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容①

#### 目標

- 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)。

#### マイルストーン

- ① これまでの海洋産出試験における評価を行い、課題と考えられる事項と解決策の案が抽出されていること。(2019年度末頃)
- ② 長期陸上産出試験の長期生産挙動データの取得と生産技術の実証が充分に実施されている こと。(2021年度末頃)

## 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容②

#### 実施内容

#### イ)総合的な検証に基づく課題解決策の検討

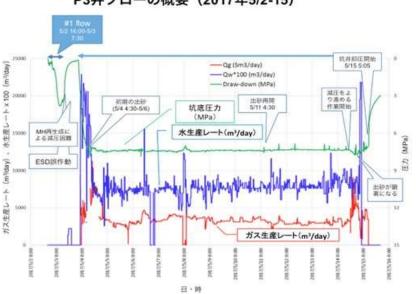
これまでの研究成果をとりまとめ、知見を整理するとともに、解決すべき課題を明確化して研究計画を策定する。 →本年度末に、検証作業の評価結果を明らかにする

- 〇 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

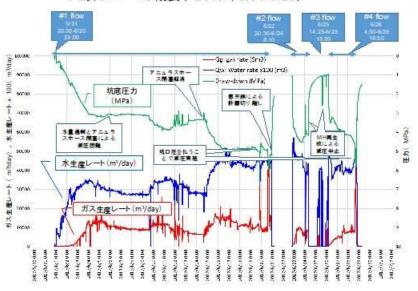
海洋における数週間程度の連続生産を実現したものの、数か月程度の生産の確実性の評価が必要。

<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)



# 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容③

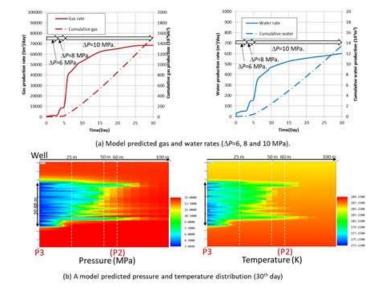
#### 実施内容

#### 口)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)

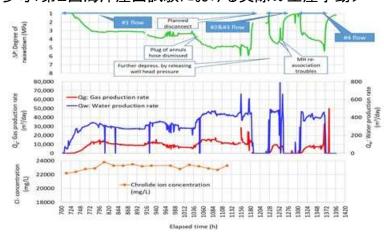
メタンハイドレート層の地質的不均質性等の特徴を盛り込んだ地質・貯留層モデルの構築手法、並びにそれらのモデルに基づく貯留層シミュレーション等により、次フェーズ海洋産出試験への移行の可否の判断に資する信頼性の高い(予測と実際の生産データの乖離が小さい)生産挙動予測手法、技術的可採量の評価手法の開発を進める。

- 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 層序試錐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>



<参考:第2回海洋産出試験における実際の生産挙動>



# 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容④

#### 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。



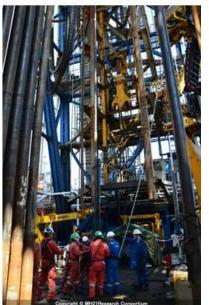
船上設備



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⑤

#### 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
- 〇 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

The Northern Alaska Gas Hydrate Total Petroleum System (TPS), and the simit of gas hydrate stability zone in northern Alaska (Collett et al., 2008)

Replace Alaska (Collett et al., 2008)

Replace Alaska (Collett et al., 2008)

<参考:長期陸上産出試験の実施候補地(米国アラスカ州)>

NETL News Stories on December 4, 2018, https://netl.doe.gov/Gas -Hydrate-Test-Well-on-Alaska-North-Slope

## 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容⑥

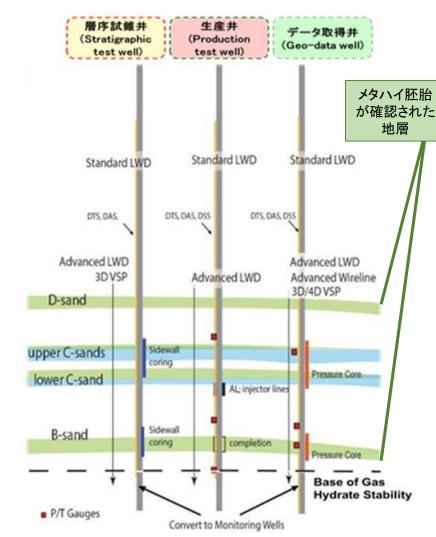
#### 実施内容

## 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。
- 〇 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

  - → 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 カコアリング・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>



# 『生産技術の開発』に係る目標と主な実施内容⑦

#### 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



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



採取された圧力コア試料



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。

#### マイルストーン

② 試掘候補地点が見いだされて、試掘作業の実施が実現できる見込みであること。(2021年度末頃)

#### 実施内容

#### 三次元物理探査と試掘

次フェーズ海洋産出試験海域の選定のための試掘対象となる有望濃集帯候補を抽出するために、最適な抽出条件を追求するとともに、既存の探査データの解析や三次元地震探査による探査データの取得・解析等を実施する。

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・コア取得等を行う。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)を実施する。

<参考:三次元物理探査のイメージ>



## 『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

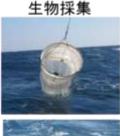
これまで実施した海洋産出試験海域における環境影響評価を継続するとともに、次フェーズ海洋産出試験での環境影響評価の検討のベースとなる環境データを取得し基礎データとして整理する。

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>

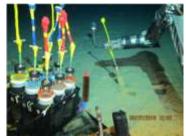






底質·生物調查





### <参考: 商業化の条件>

我が国周辺の濃集帯を想定し、減圧法が有効に機能すると仮定して実施したシミュレーション及びコスト評価

- 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。

- 単純減圧法の適用と在 来型天然ガス生産の設 備等を想定して評価
- 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
- 生産コストの増減などで 基準は変化する

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 大規模 中規模 小規模 原始資源量 約500億m3 約100~500億m3 約100億m3 坑井生産レート (約2TCF) 以上 (約0.4~2TCF) (約0.4TCF) 以下 高 0 (優先順位:高) (優先順位:中) (対象外) 15万m3/日程度以上 (優先順位:中) (優先順位:低) (対象外) 5~15万m3/日程度 (対象外) (対象外) (対象外) 5万m3/日程度以下

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。

## 『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
  - 〇 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
  - 〇 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
  - 〇 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

## <参考:具体的な検討事例:出砂対策(オープンイノベーションの実例)>

- ○旧開発計画中より、多くの技術側面で、民間企業、大 学等と共同で研究開発を進めてきた
- 〇例:出砂対策技術
  - 未固結堆積物中の出砂現象の基礎的理解のため、大学と共同研究(東北大、ケンブリッジ大)
  - 出砂現象の定量予測のためのモデルを構築(テクニオン・レンセラー工科大)、入力パラメータ決定のための実験を実施(日大・早稲田大)
  - 第2回海洋産出試験では最近業界で取り入れられた最新技術 (形状記憶ポリマー、BHGE)を使用、その実験的評価や事後解 析を、民間企業(Oilfield technologies, 清水建設)、産総研、大学 (東北大)等と実施
  - まったく新しい出砂対策技術として、微生物を利用した地層固化 (MICP)技術を開発(特許取得)、評価を実施(ケンブリッジ大、富 山県立大)
- ○安定生産、生産量向上、コスト低減などで新たな技術 を取り込む。
  - 学会等の様々な場を用いて、砂層型メタンハイドレート開発の技術課題を公にし、関心を広める。
  - 大学・民間企業との情報交換を密にし、最新の技術動向に関する情報を収集する。特に、石油・天然ガス企業以外との交流を進める。
  - 新たに発見した技術、提案された技術については、適用可能性を 検討し、公募・入札など経た再委託を通じて外部機関と連携し、 アイディア・技術を研究開発の具体的な成果に反映させる。

第2回海産試験で使用した出砂対策装置



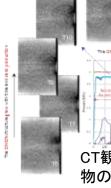
Metal bead insert in perforated pipes

Screen

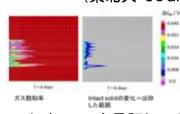
Shape memory polymer (GeoFORM <sup>TM</sup>) 出砂対策装置の評価試験 (Oilfield technologies)







CT観察による未固結堆積物の出砂現象の室内試験(東北大・JOGMEC)



出砂レート定量評価のための数値 モデル(テクニオン・RPI)

## <参考:具体的な検討事例:出水対策>

#### 〇第1回及び第2回海洋産出試験

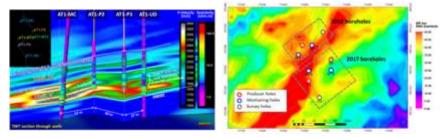
- 第1回試験AT1-P井の出砂後の大量出水、第 2回試験AT1-P2井での過剰な水生産など、
- ハイドレート賦存の非均質性と上下及び側方 に存在する水層が減圧法の適用を困難にする 可能性
- 第2回試験では、パッカーで水層を隔離することを試みた一水層の評価が不十分だったことと と坑径拡大で十分な効果が得られず

#### 〇水対策:坑井周辺

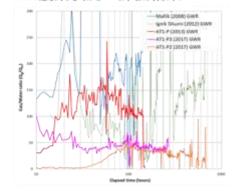
- 物理的遮水(パッカー)
- 化学的遮水(遮水剤·相対浸透率変化剤 (RPM))

#### 〇水対策:広域的

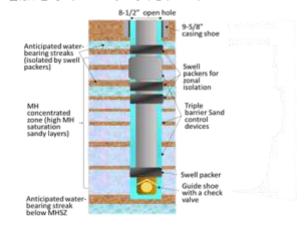
- 水層分布の把握→坑井配置・仕上げ区間の 最適化等
- 広域的に適用できる化学的・微生物学遮水手 法の検討
- 生産手法の見直し:減圧度の制限、ガス置換など水生産を抑制する生産手法



震探データによる海産試験実施地点付近 のMH濃集状況の評価結果



海洋坑井における水生産レートの経時的 増加を示すガス/水比データ



第2回海産試験の水対策のための仕上げ

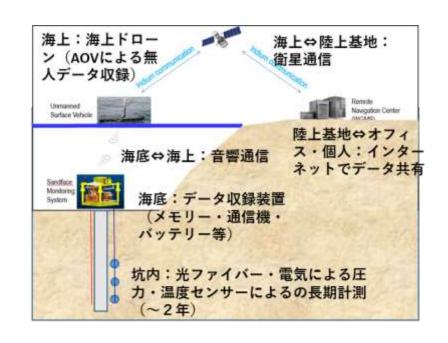
## <参考:具体的な検討事例:新たな技術の取り込み一デジタル技術の活用>

#### 〇 過去の例:

- センシング、ドローン、IT、通信技術
  - ▶ 第2回海洋産出試験において、坑内モニタ リングデータを長期(~2年)観測
  - ▶ 音響通信、海上ドローン、衛星通信を経て、 データを収録
  - ▶ 将来的には、完全無人、継続的データ取得 も
- 坑井データを反映させた3次元力学モデル 構築へのベイズ最適化プロセスの適用

#### 〇これから考えられること

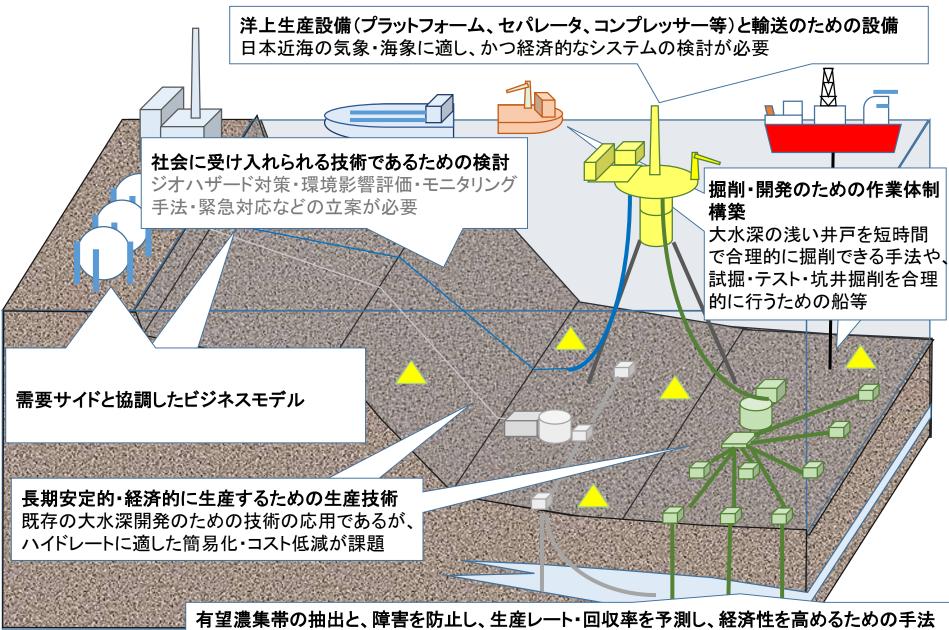
- 貯留層パラメータの評価に機械学習を応用
  - > 一部適用済み
- 生産挙動予測に機械学習等を応用
  - ▶ 実際の生産挙動データが少ないため、機械 学習と数値シミュレーションの組み合わせ によるハイブリッド手法が考えられる
  - ▶ フィールドや井戸の数は少ないが、一つの 井戸でのデータの集中度は高い





音響通信・海上ドローン・衛星通信を使った海底からの無人のデータ収集

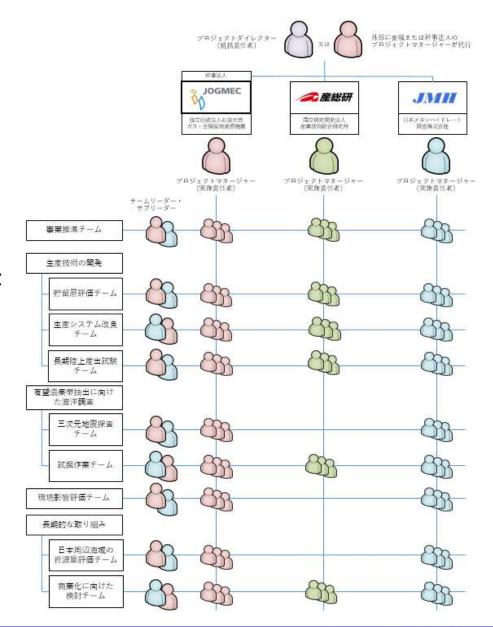
## <参考:具体的な検討事例:想定される開発システムの概要と技術開発要素>



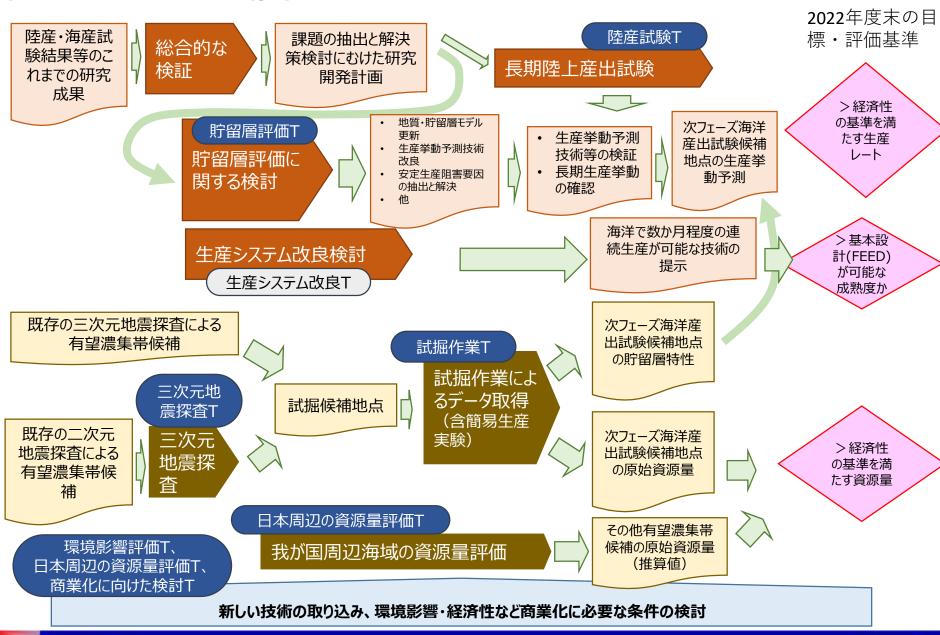
R&D Consortium to

# 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。



# 各チームの作業と情報の流れ



三者の協力で、基礎的検討・探査活動、技術開発、経済性など商業化に向けた視点のバランスの取れた研究開発を進める。

