資料８

メタンハイドレートの研究開発事業
中間評価 補足説明資料

2022年2月9日

経済産業省　資源エネルギー庁　石油・天然ガス課
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
日本メタンハイドレート調査株式会社

1．事業の概要

事業の目的	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。		
類　　型	複数課題プログラム　/ 研究開発課題（プロジェクト）/ 研究開発資金制度		
実施期間	2002年度～未定	**会計区分**	一般会計　／ エネルギー対策特別会計
評価時期	中間評価：2005年度、2008年度、2011年度、2014年度、2018年度		
実施形態	国　→　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 日本メタンハイドレート調査株式会社 } 三者コンソーシアム（委託）		
プロジェクトリーダー	松澤　進一　独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構　メタンハイドレート研究開発グループリーダー 天満　則夫　国立研究開発法人産業技術総合研究所　メタンハイドレートプロジェクトユニット代表 阿部　正憲　日本メタンハイドレート調査株式会社　常務取締役社長補佐企画部長		

執行額（億円）	**2017FY**	**2018FY**	**2019FY**	**2020FY**	**2021FY**（概算払額）	**総執行額**（2017FY～2021FY）	**総予算額**（2002FY～2021FY）
	140億円	104億円	41億円	46億円	102億円	433億円	1,533億円

※ 予算額及び執行額は、メタンハイドレートの研究開発に係る額を記載している。執行額は行政事業レビューシート（公表版）等に準拠して記載。
※ 事業遂行の都合上、一部予算を翌年度へ繰越しているため、執行額が予算額を上回る年がある。

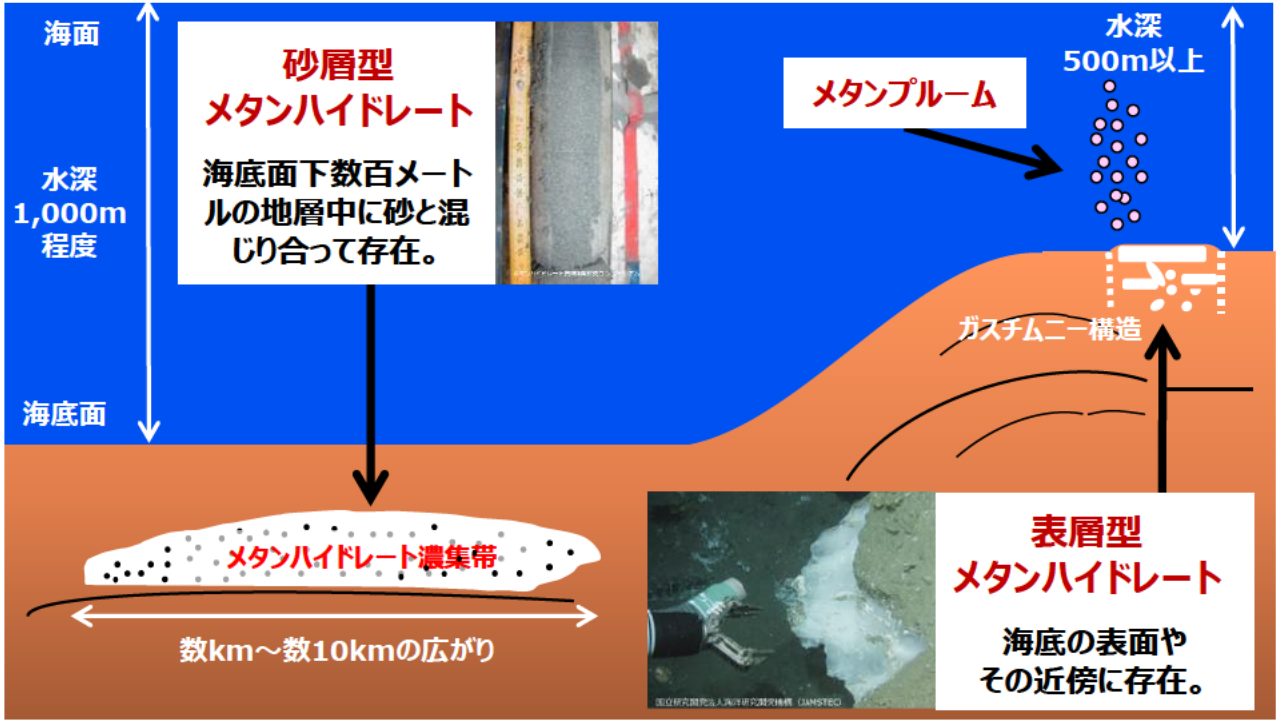
2．本事業の政策的位置づけ／背景について

メタンハイドレートとは

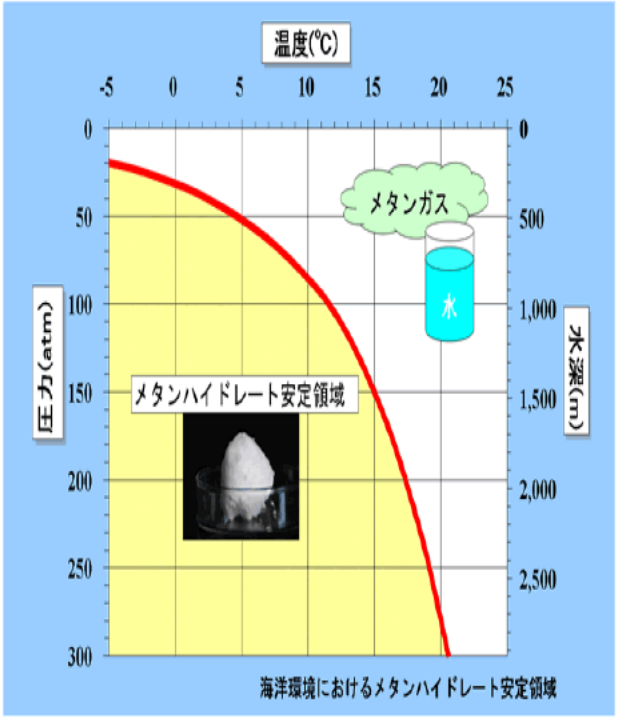
- 我が国の国内資源
  - ➢ **在来型**　：原油、天然ガス
  - ➢ **非在来型**：水溶性天然ガス、**メタンハイドレート**など
- **メタンハイドレート**：メタンガスと水が低温・高圧の状態で結合した氷状上の物質　→　**「燃える氷」**



＜メタンハイドレートの賦存形態＞



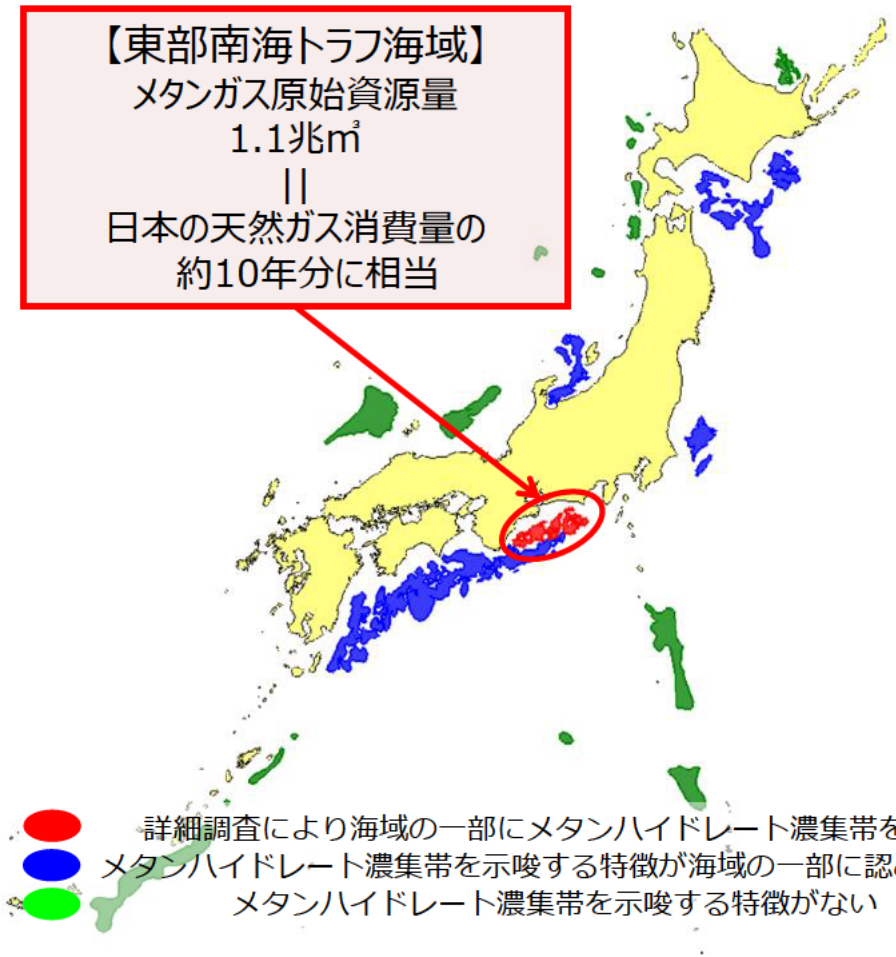
＜メタンハイドレートの安定条件＞



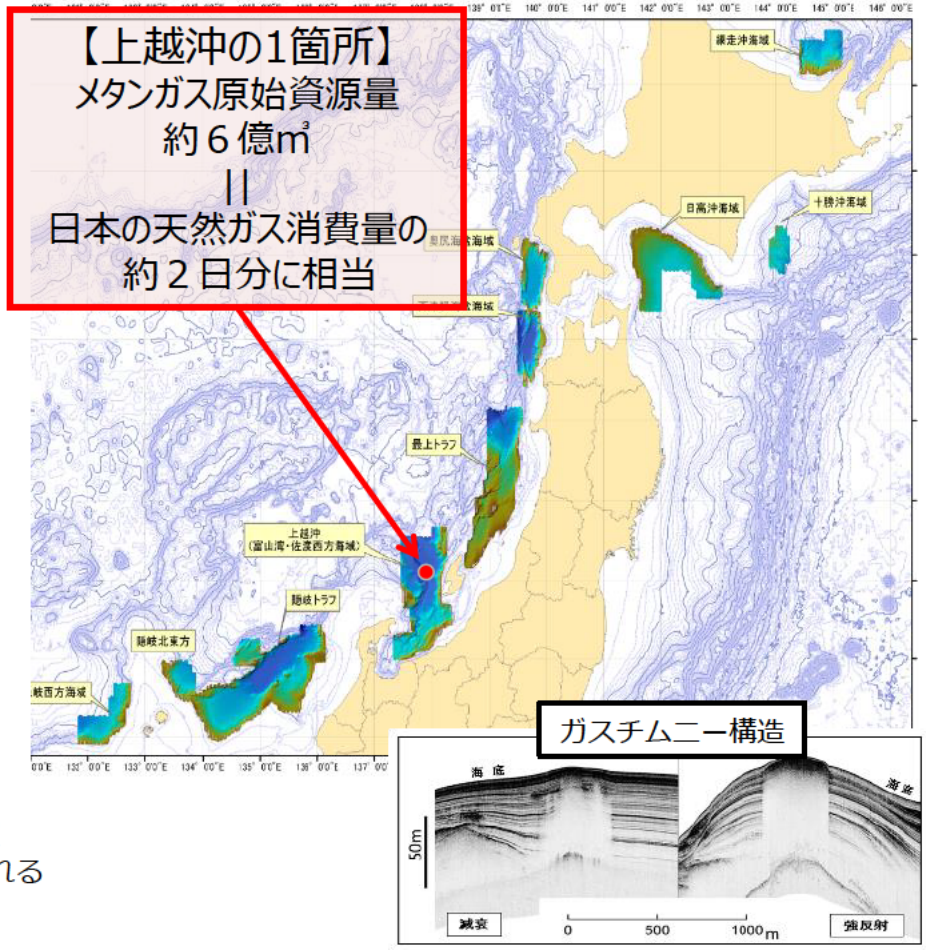
メタンハイドレートの資源量

- 砂層型メタンハイドレートは、2002～2006年度にかけて、静岡県沖から和歌山県沖の『東部南海トラフ海域』において、三次元地震探査や試掘調査などを実施。
- 表層型メタンハイドレートは、2013～2015年度にかけて、日本海側を中心に、資源量の把握に向けた広域的な地質調査を実施。

砂層型メタンハイドレート



表層型メタンハイドレート



第６次エネルギー基本計画での位置づけ

- エネルギー安定供給とカーボンニュートラル時代を見据えた中、引き続き、メタンハイドレートを含む国内資源開発を推進することは重要。
- メタンハイドレートについては、「２０２３年度から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」という目標の中で、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進。

○「エネルギー基本計画」（令和３年１０月閣議決定）（抜粋）

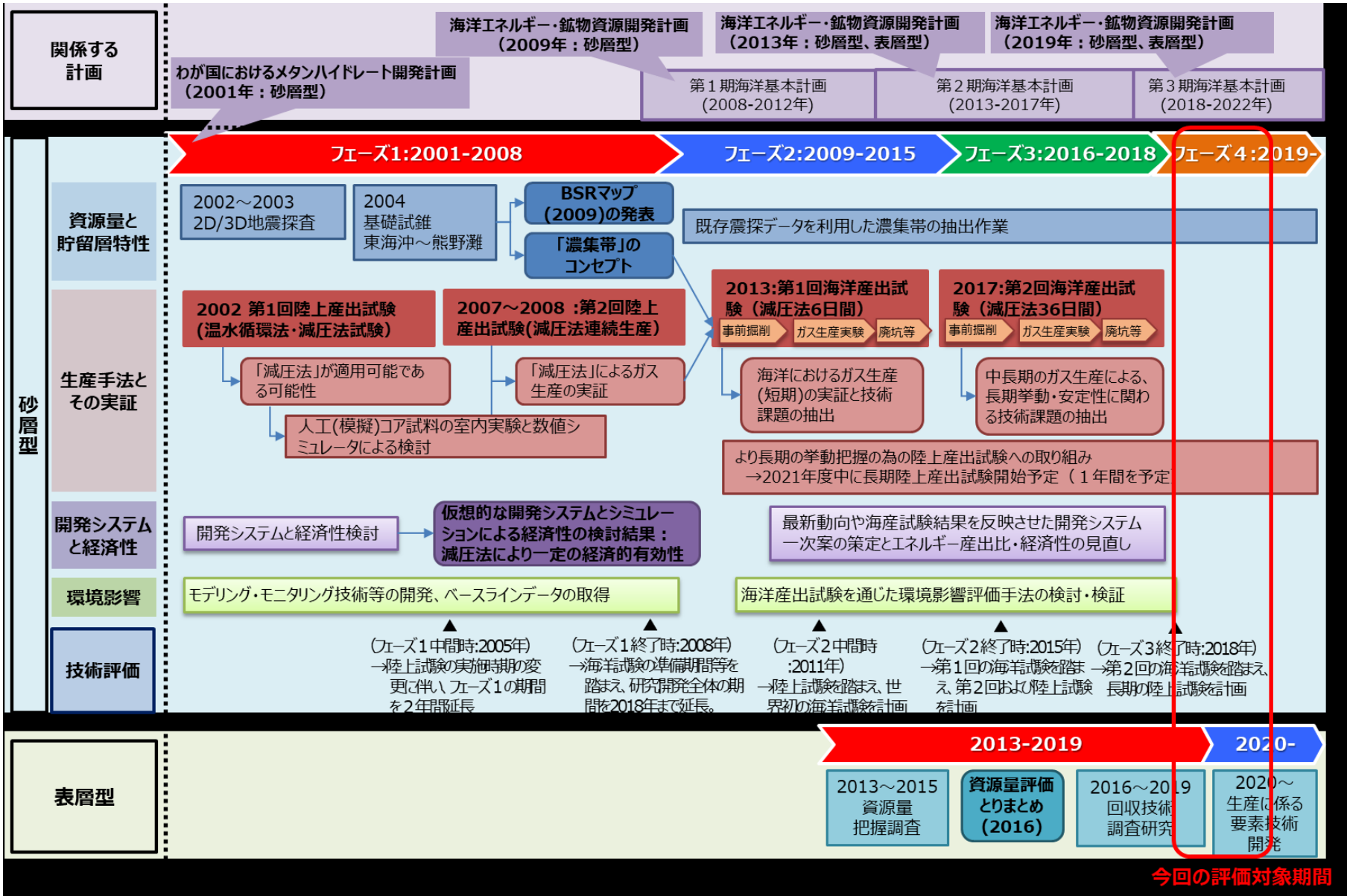
（９）エネルギー安定供給とカーボンニュートラル時代を見据えたエネルギー・鉱物資源確保の推進
⑦国内の海洋等におけるエネルギー・鉱物資源対策の促進

国内資源開発は、地政学リスクに左右されず安定的なエネルギー供給の確保が可能となることに加え、水素・アンモニアの原料としての利用も視野に、**引き続きメタンハイドレートを含む国内資源開発を推進することが重要**である。

このため、メタンハイドレートについては、「海洋基本計画」（２０１８年５月閣議決定）に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」（２０１９年２月 経済産業省策定）において定めた、**「２０２３年度から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」という目標の中**で、**可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進**する。

2．本事業の政策的位置づけ／背景について

- 現在の研究開発計画期間については、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」で規定しているとおり**当初2019年度から2022年度までの４年間の計画**であったが、**新型コロナウィルス感染症等の影響により実施スケジュールが遅延**しており、**2023年度までの５年間の計画として実施**している。
- そのため、**2019年度から事業開始後３年が経過した本年度に中間評価を実施**することとする。



３．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、**我が国のエネルギー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**が、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、商業的規模での開発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。

4．国内外の類似・競合する研究開発等の状況

国外における、メタンハイドレート研究開発の主な動き

米国	エネルギー省（DOE）傘下のエネルギー技術研究所（NETL）と日本（JOGMEC）は共同研究合意書を2023年3月末まで延長し、協同でアラスカ陸上産出試験実施に向け研究を実施中。
中国	2020年2-3月に南シナ海神狐海域にて水平坑井掘削技術を用いたメタンハイドレート海洋産出試験を実施（ガス総生産量は約150万㎥）。ガス総生産量、日産ガス量において世界新記録の樹立を発表したとの報道があった（科学技術日報より）。
インド	2019年、これまでに実施された包括的なガスハイドレート科学掘削調査の結果を発表し、インド国家ガスハイドレートプログラムExpedition 02の指導者は、将来のガスハイドレート生産試験に適していると考えられるいくつかの重要なガスハイドレート濃集帯の発見を報告（EMD Gas Hydrates Committee Annual Reportより）。
韓国	過去の掘削データを用いて比較・解釈等の研究を継続。
ニュージーランド	GNS Scienceのメタンハイドレート研究プログラム（HYDEE, Gas Hydrates: Economic Opportunities and Environmental）にてニュージーランド沖合の海洋調査を継続。

5－1．研究開発の全体構成

①　砂層型メタンハイドレート

研究開発項目	
【1】生産技術の開発	イ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討
	ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）
	ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）
	ニ）長期陸上産出試験
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	イ) 三次元地震探査の準備・実施・解析
	ロ) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施
【３】環境影響評価	イ）環境影響評価
【４】長期的な取り組み	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込み（オープンイノベーション）
	ロ) 日本周辺海域の資源量評価
	ハ) 経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

５－１．研究開発の全体構成

②　表層型メタンハイドレート

研究開発項目	
【1】生産技術の開発	イ)これまでの調査研究成果の評価と有望技術の特定に向けた検討
	ロ) 回収・生産技術の研究開発
【２】海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査	イ) 賦存状況等を把握するための海洋調査
	ロ) 海底の状況等を把握するための海洋調査
	ハ) 海洋産出試験の実施場所に関する検討
【３】環境影響評価	イ) 環境影響評価手法の研究
	ロ) 海域環境調査
【４】長期的な取り組み	イ)経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討
	ロ)成果の普及・情報公開

5－2．各研究開発項目の内容

①　砂層型メタンハイドレートについて

【1】生産技術の開発

＜1＞目標（2019～2022年度）

□ 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。

イ）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。

ロ）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）※が見込めることが示されること。

ハ）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。

ニ）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。

※　コスト低減などの技術的条件、油価・ガス価などの経済的条件によって変動しうるが、１坑井あたりの生産レートの定量基準として、第22回総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2017 年6 月21 日）資料3「メタンハイドレート開発の今後の在り方について」では、期待される１坑井あたりのガス生産レートとして日産１５万立方メートル以上（大気圧下でのガス体積、以下同様）が優先順位「高」、日産5～15 万立方メートルが優先順位「中」とされている。

＜2＞中間目標

【マイルストーン①】（2019年度末頃）
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。

【マイルストーン②】（2021年度後半）
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。

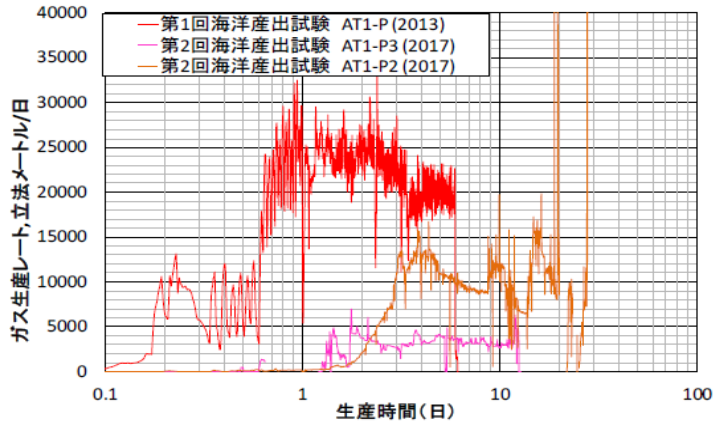
＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等
イ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討

＜課題＞

1）貯留層評価：　生産挙動予測・技術的可採量予測の信頼性向上
2）生産システム：　予定していた減圧度を達成できなかったこと、気液分離・フローアシュアランス（坑井から生産される油・ガス・水の多相流体が管内を確実に流れるよう管理すること）等
3）長期生産挙動の把握

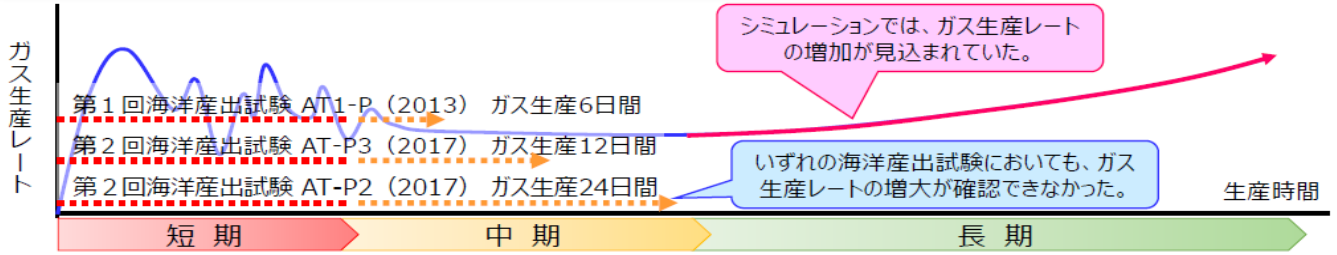
これまでの海洋産出試験の結果

海洋産出試験におけるガス生産レートの推移



- 我が国では、これまで日本周辺海域において2回の海洋産出試験を実施。
- 海洋産出試験の実施に際しては、事前にシミュレーションによる生産挙動の予測をしており、減圧法によるガス生産を行う場合、分解フロントの拡大に伴って生産量が増大するという結果が得られていた。
- しかし、いずれの海洋産出試験においても生産レートの増加は確認できなかった。

シミュレーションによる生産挙動予測と海洋産出試験の実績



第36回開発実施検討会「資料3　総合的検証に基づく技術課題の抽出と解決策の検討」より抜粋

5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等
イ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討

＜実績＞

中間目標として設定した【マイルストーン①】（2019年度末頃）において、生産システム、貯留層評価のそれぞれに関して、過去の海洋産出試験において発生した現象を解析し、評価を行い、課題と考えられる事項と解決策の案を抽出し、研究開発計画を策定。

これらの成果を、外部有識者からなるアドバイザリー委員会、第36回メタンハイドレート開発実施検討会にて、ご議論頂き、ご意見ご助言を頂いた。

安定生産阻害要因の分析

◆ガス生産レートの増加傾向が見られないなど、シミュレーションによる予測との不一致の原因として、主として次のような安定生産阻害要因があると考えられる。

水理的要因

①メタンハイドレート賦存状態の不均質、水層の存在、水層と接続する流路の存在などにより、水供給が過剰となり減圧できない。
②坑井周辺の圧力損失が生じて、地層に減圧が伝わっていない。

→ 第２回海洋産出試験までの規模・期間（数週間程度、メタンハイドレートが大きく分解した範囲は坑井から十数m以内）では、特に上記の要因が影響したと考えられる。

最重要課題

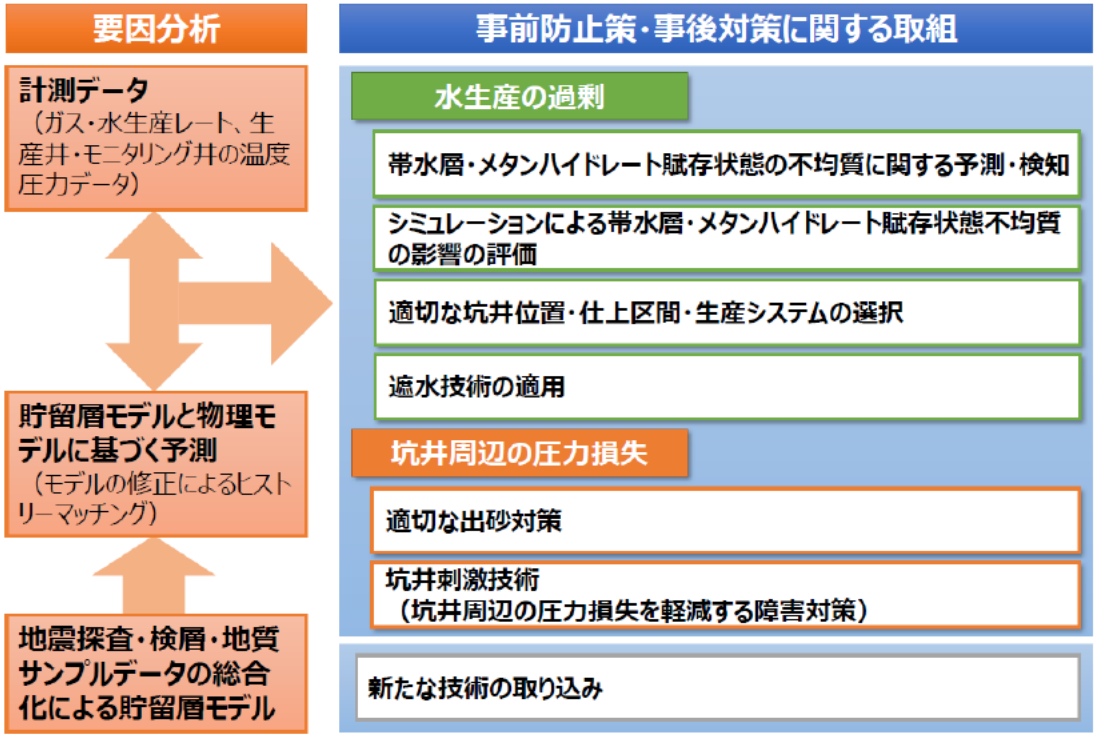
熱的要因

分解に供する熱が十分早く供給されていない。

→ 今後、生産期間が伸びれば重要な要因として現れる可能性がある。

長期陸上産出試験を通じて確認すべき課題

技術課題の解決に向けた今後の取組（俯瞰図）



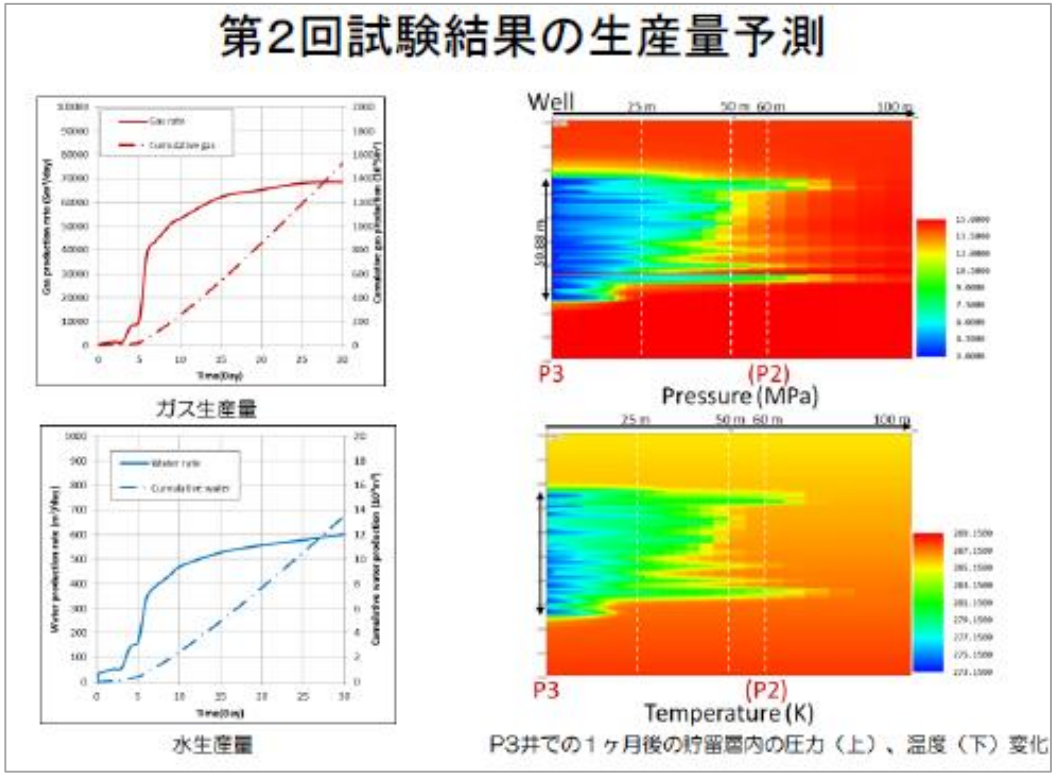
第36回開発実施検討会「資料3　総合的検証に基づく技術課題の抽出と解決策の検討」より抜粋

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等
ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

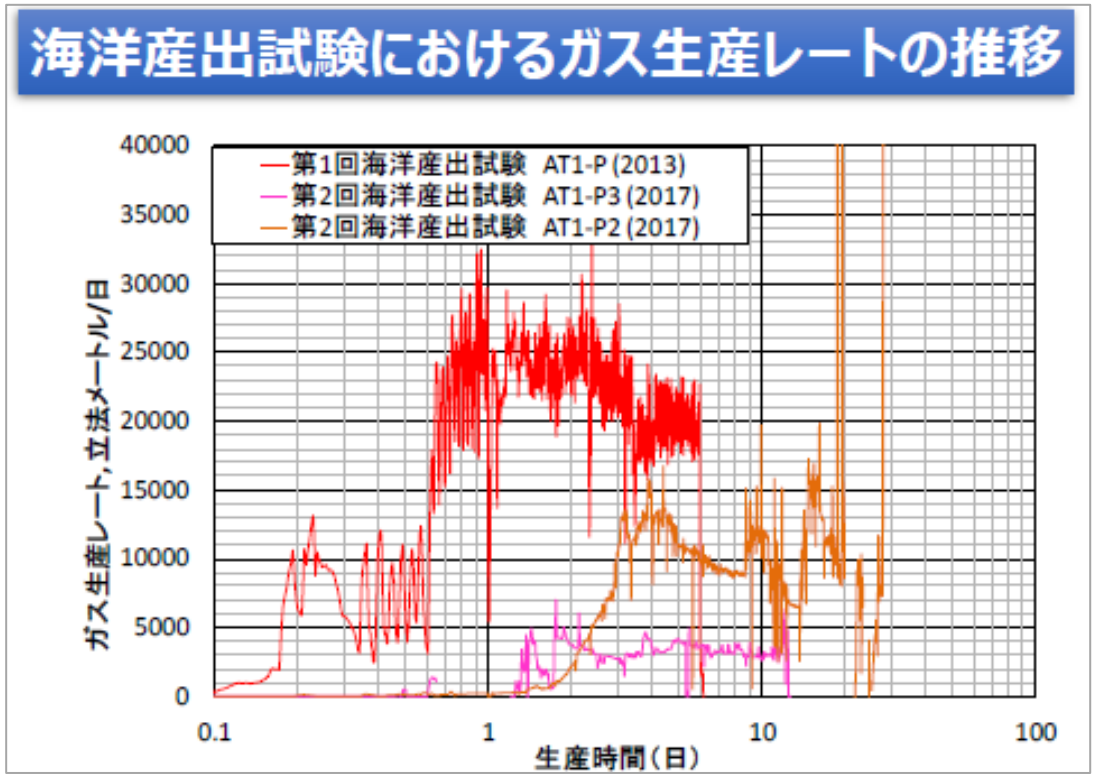
＜課題＞

- シミュレーションによる生産量等の予測と実際の産出試験で得られたデータとの間にかい離が見られる。
  ⇒**生産量予測と技術的可採量評価の信頼性の向上**

- 上記のかい離の一因と考えられる**安定的な減圧や生産を阻害する要因**の特定



P3井での1ヶ月後の貯留層内の圧力（上）、温度（下）変化

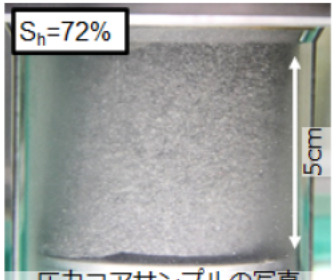


5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等
ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

＜実績＞

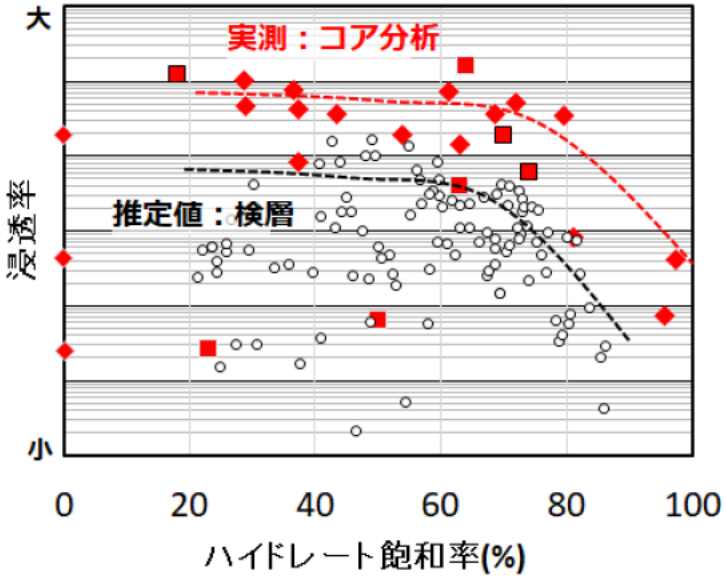
① 第2回海洋産出試験で得られたコアサンプルの分析(力学特性、熱物性、浸透性等)を進め、地震探査データ、物理検層の解析結果、産出試験時及び試験前後のモニタリングデータ等との**統合的な解析を実施。**



圧力コアサンプルの写真
水圧10MPa, 温度10℃環境下

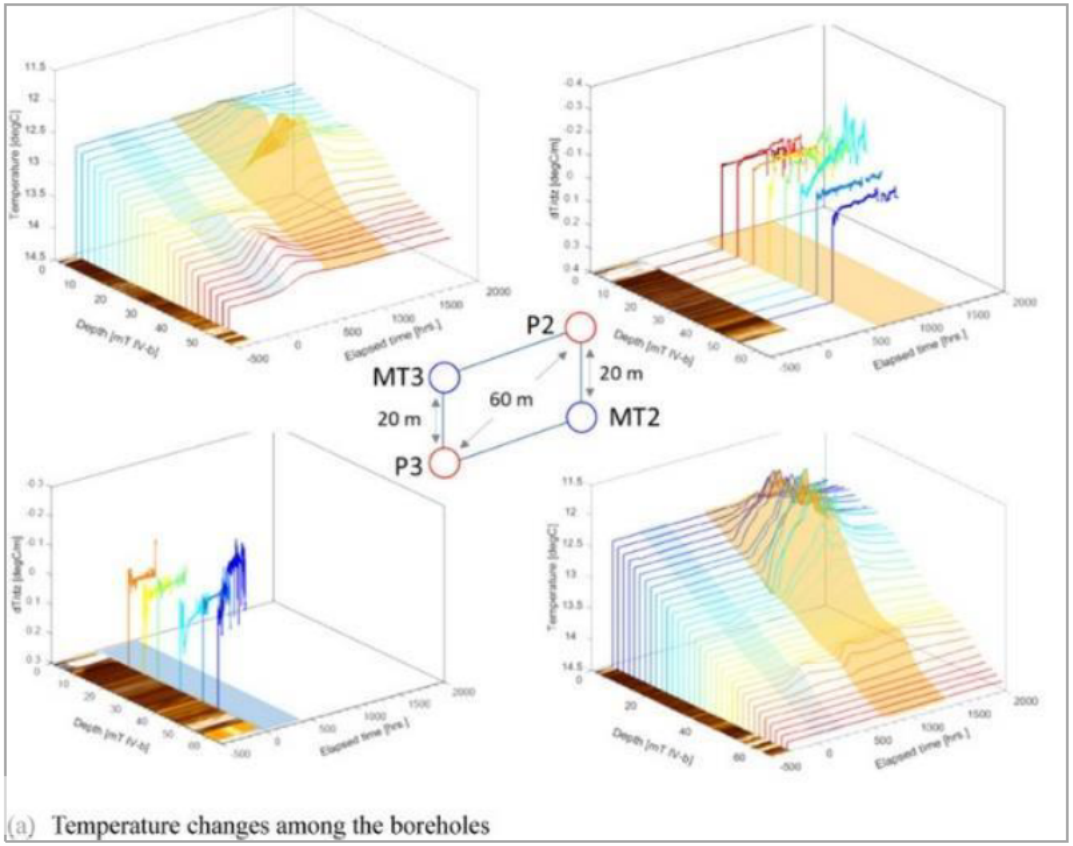


試験中の様子



浸透率について、事前の検層による推定値とコア分析による実測は、およそ１オーダー異なることが明らかとなる。

第2回海洋産出試験圧力コア分析結果の一例（ハイドレート飽和率vs浸透率）

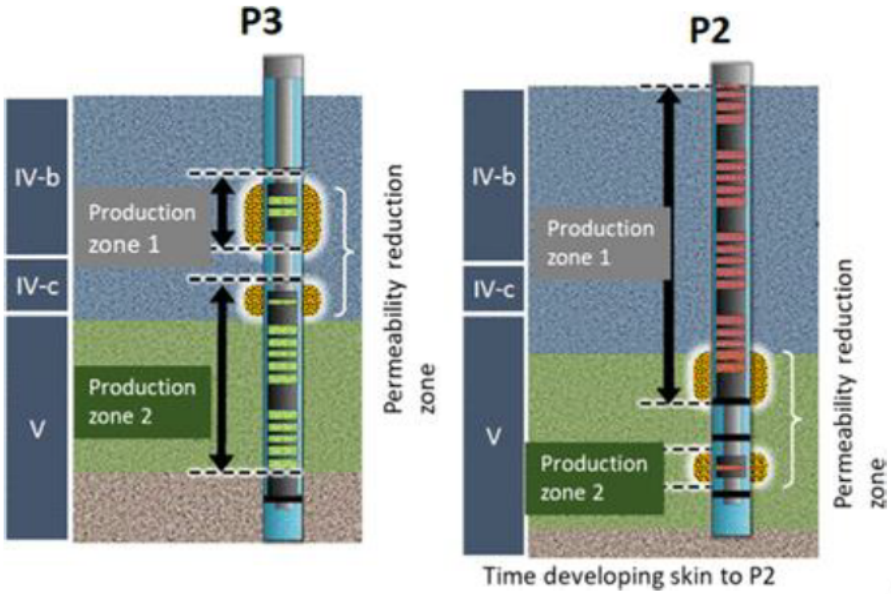


第2回海洋産出試験各坑井の温度変化

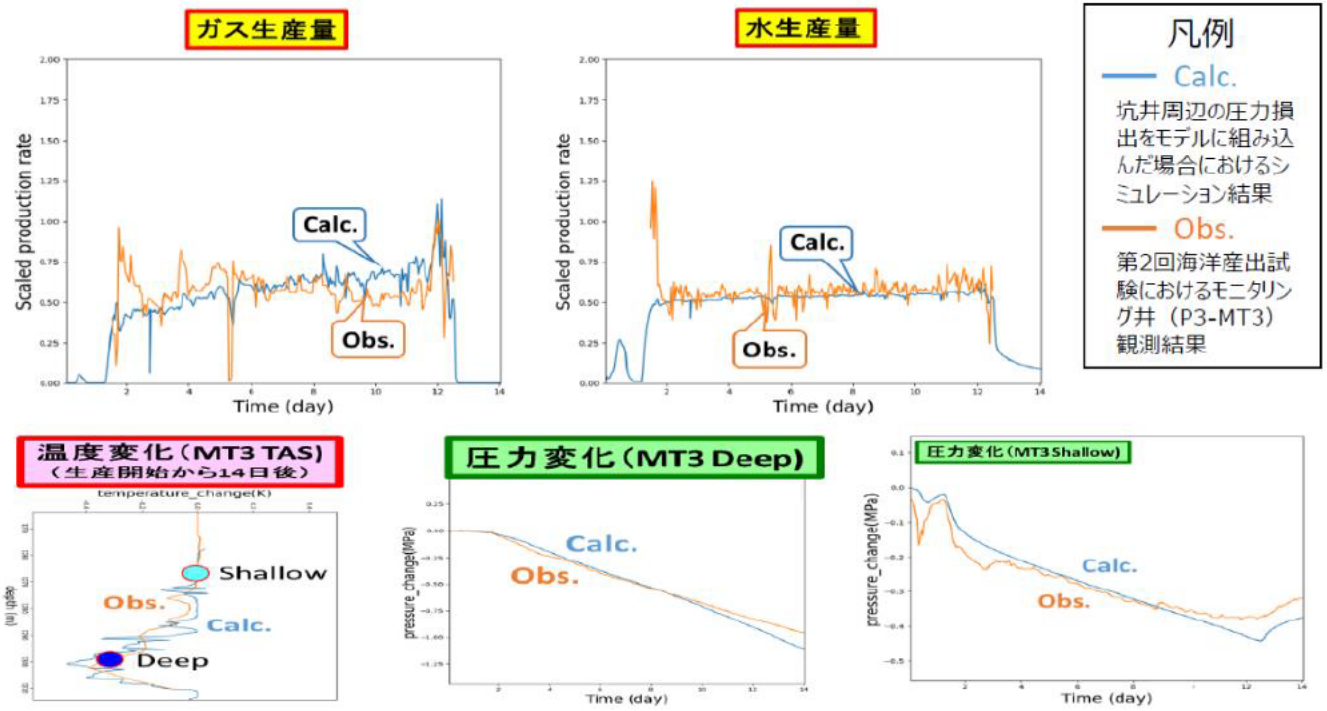
＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等
ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

＜実績＞

② 統合的な解析を踏まえ、地質･貯留層モデルの更新を行い、貯留層シミュレーション(ヒストリーマッチング)により、**予測と実際の生産量等のかい離の要因を推定。**



生産に伴う坑井周りの浸透率低下イメージ



ヒストリーマッチング結果の一例（坑井周辺の圧力損失の増大(スキン)を想定）

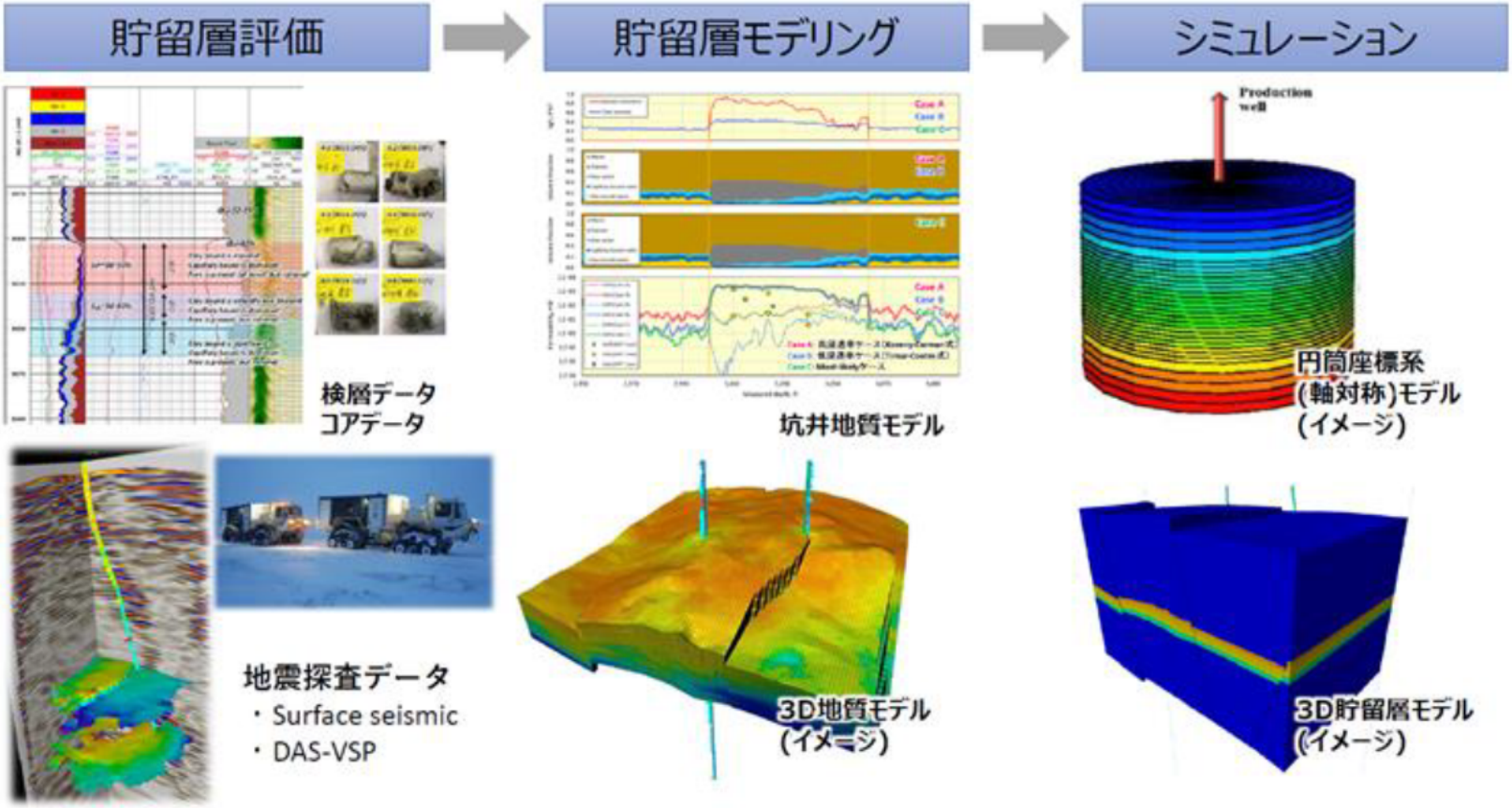
5 − 2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等
ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

＜実績＞

③ アラスカ長期陸上産出試験に向けて、層序試錐井での取得データ(物理検層、コア)、地震探査データ、坑井内地震探査(DAS-VSP)データ等に基づき、**二次元/三次元の地質･貯留層モデルを構築、生産挙動予測を実施。**
⇒試験で設置する坑内機器などの生産設備の仕様に反映。

④ 各種**不確実性(貯留層の側方不均質性、断層の導通性等)が生産挙動に与える影響を評価**するための感度解析を実施、様々なシナリオについて検討。

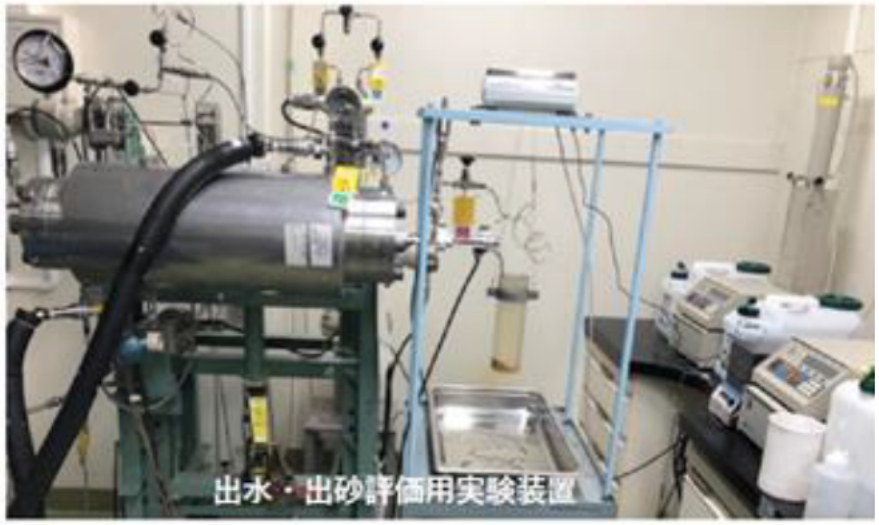


二次元/三次元地質・貯留層モデル構築のフロー

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等
ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

＜実績＞

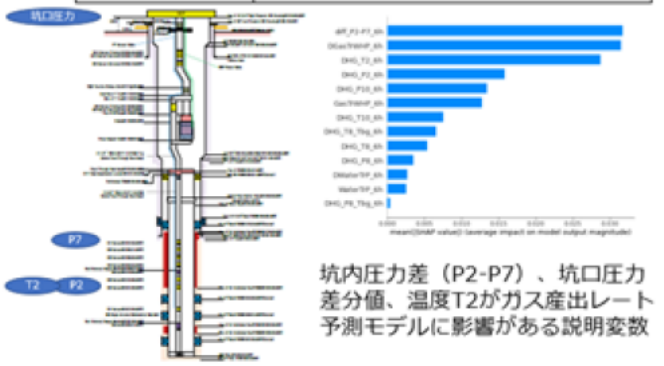
⑤ ジオメカニクスの観点から出砂や地層変形のモデル化を目指し、**出砂現象のモデル実験を実施。**
⑥ 貯留層**シミュレータ(MH21-HYDRES)の機能を強化**するための検討、**機械学習等の新しい技術**を生産予測等に取り込むための試行的な検討を実施。



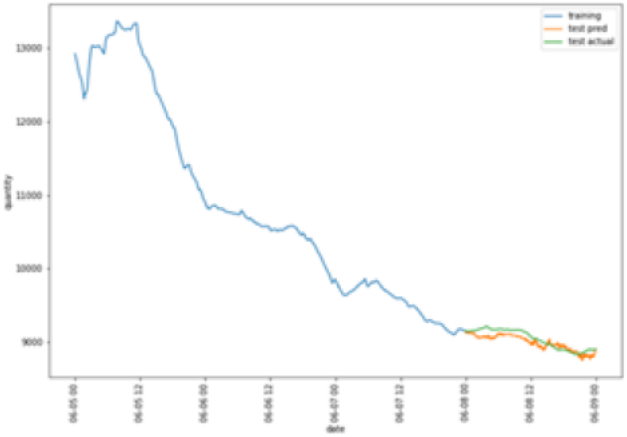
出砂現象のモデル実験に用いる実験装置

作成した予測モデル

項目	設定
使用するデータ期間	学習期間：2017年6月5日～6月7日 検証期間：2017年6月８日
目的変数	ガス産出レート（6時間移動平均）
説明変数	坑口圧力、坑口圧力差分値 P2、P8、P8_Tbg、P10、diff_P2-P7 T2、T8、T8_Tbg、T10 ※すべて6時間移動平均値
予測手法・評価指標	アルゴリズム：MLPR 評価指標：MAE ※ハイパーパラメータの探索にGridSearchCVを使用



坑内圧力差（P2-P7）、坑口圧力差分値、温度T2がガス産出レート予測モデルに影響がある説明変数



ガス産出レート（6時間移動平均）の学習・検証結果

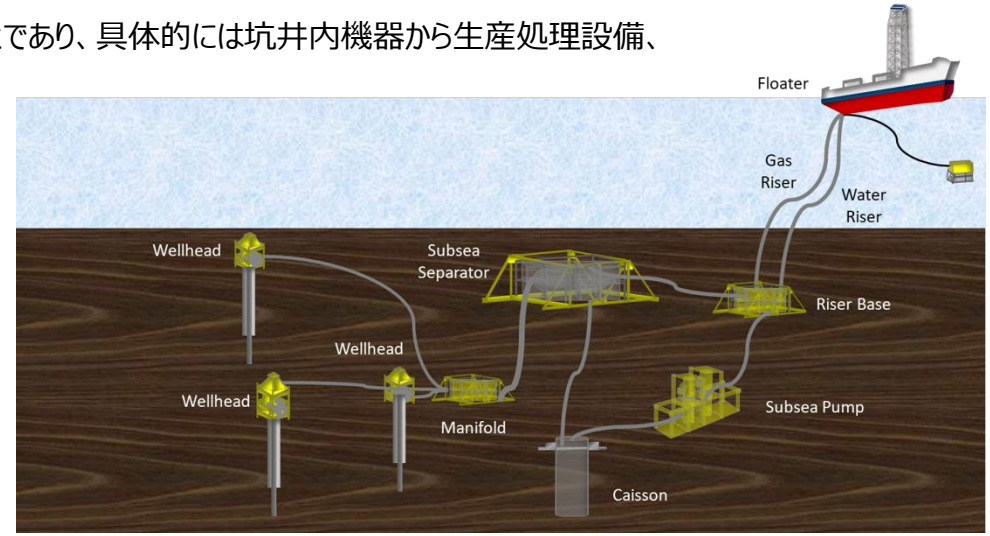
※ 青：学習期間の実測値
緑：検証期間の実測値
橙：予測値

AIアルゴリズム（機械学習）を用いたガス産出レート予測の一例

5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等
ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）

※生産システムとは、メタンハイドレートからのガス生産に関わる一連の設備・施設群のことであり、具体的には坑井内機器から生産処理設備、フローラインに至るメタンハイドレート開発・生産に関わる一連の設備・施設群を指す



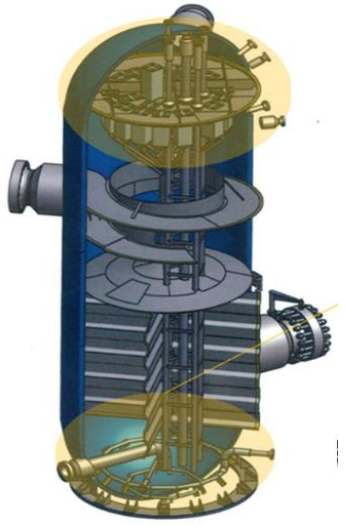
生産システムのイメージ（全体像）

＜課題＞

- 次フェーズ海洋産出試験に向けて、商業化プロジェクトへの拡張性、確実にガス生産が継続できる機能、不確実な自然現象への対応性、かつ効率的(低コスト)で確実なデータ収集できる機能を持つ生産システムを確立することが課題である。

＜実績＞

- 次フェーズ海洋産出試験において実現性の高い候補案３つの関連技術情報の収集を継続中であり、具体的には、海洋産出試験設備の基礎技術検討としてリフティング技術、サブシーシステムの再ハイドレート化対策、生産水処理技術、ガス水分離技術の検討を継続して実施している。
- 過去の海洋産出試験において認識された安定生産阻害要因として、生産システム内の流体の温度が下がることによるハイドレート生成について検討するためのシミュレータ開発、微生物固化等を活用した止水、出砂防止対策の検討等を実施している。
- 更に生産量を増加させるための方策として複数坑井からの同時生産や、モニタリング井を含む一連の坑井計画、高傾斜井の成立性の検討と坑井に関する課題の整理を実施している。
- これら技術課題の検討と並行して、次フェーズ海洋産出試験に向けたFEED 準備として、施設設計ベースの策定、工程の検討、関連法規／基準の整理を実施している。

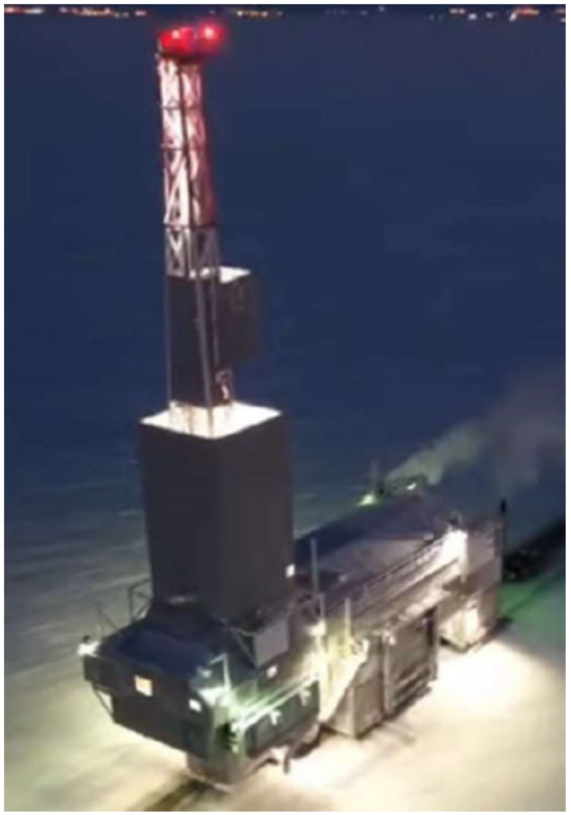


サブシーセパレータにおけるサンドマネジメント（検討中）

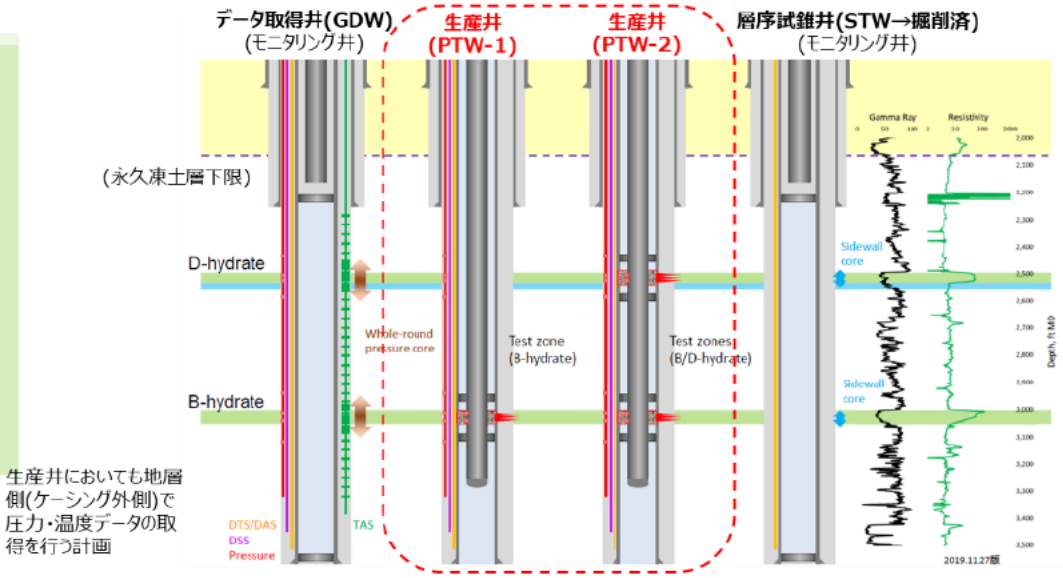
＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等
二）長期陸上産出試験

＜課題＞

- 長期的な挙動や長期安定生産が技術的に可能か等確認する情報を得ること。
- 出砂や過剰な水生産などの海洋産出試験で見られた技術的課題への対策を実証すること。
- 長期の生産挙動データを取得するとともに技術課題への対策を検証することなどにより次フェーズ海洋産出試験と商業化に活かすこと。



使用する掘削リグ(2022年1月)



実施計画概要（第37回開発実施検討会資料より）

＜実績＞

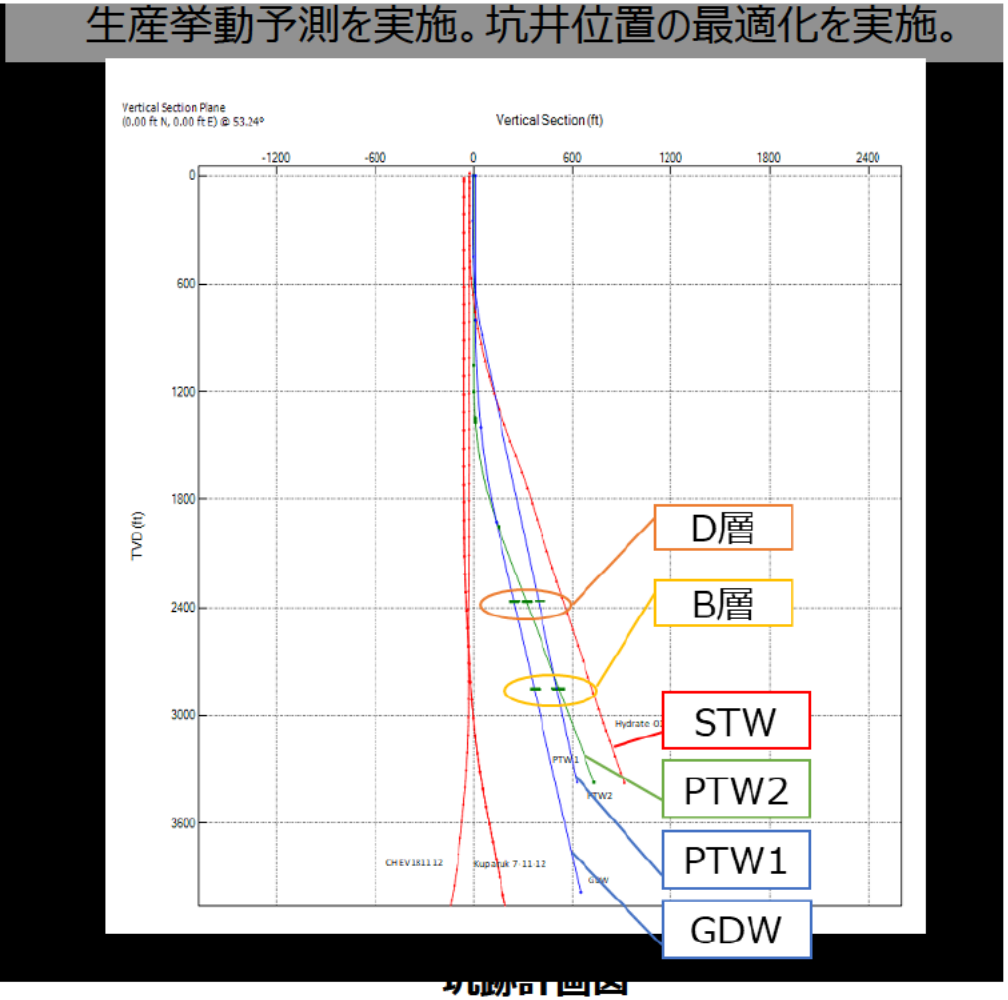
- 準備作業･技術開発
  PBU鉱区オペレータ交代等により大幅に遅れたが、オペレータ選定を完了。H30年度に米国エネルギー省傘下の米国エネルギー技術研究所と締結した「共同研究開発協定」を、長期試験実施に向けて改定する内容を合意。実施計画に、海産試験等の知見を反映した。
- 坑井作業
  試験地の鉱区オペレータ交代、新型コロナウイルス等の影響により、現状はR4年度に掘削作業を実施することを想定している。
- データ取得作業
  層序試錐井に設置した温度センサーを利用し、地層温度データ取得作業を継続中。また、ベースライン地表面変位データを取得作業を継続中、通年の傾向を把握した。

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等

二）長期陸上産出試験

＜課題解決の技術例＞

- **掘削位置の最適化**
  層序試錐井データ等を分析し地質･貯留層モデルを作成し生産挙動予測を実施。坑井位置の最適化を実施。



坑跡計画図

- **出砂対策**
  第2回海産試験で採用した形状記憶ポリマーに加え、代替策も準備。生産井をスイッチする際に対応可能とし長期試験達成を企図している。



出砂対策装置

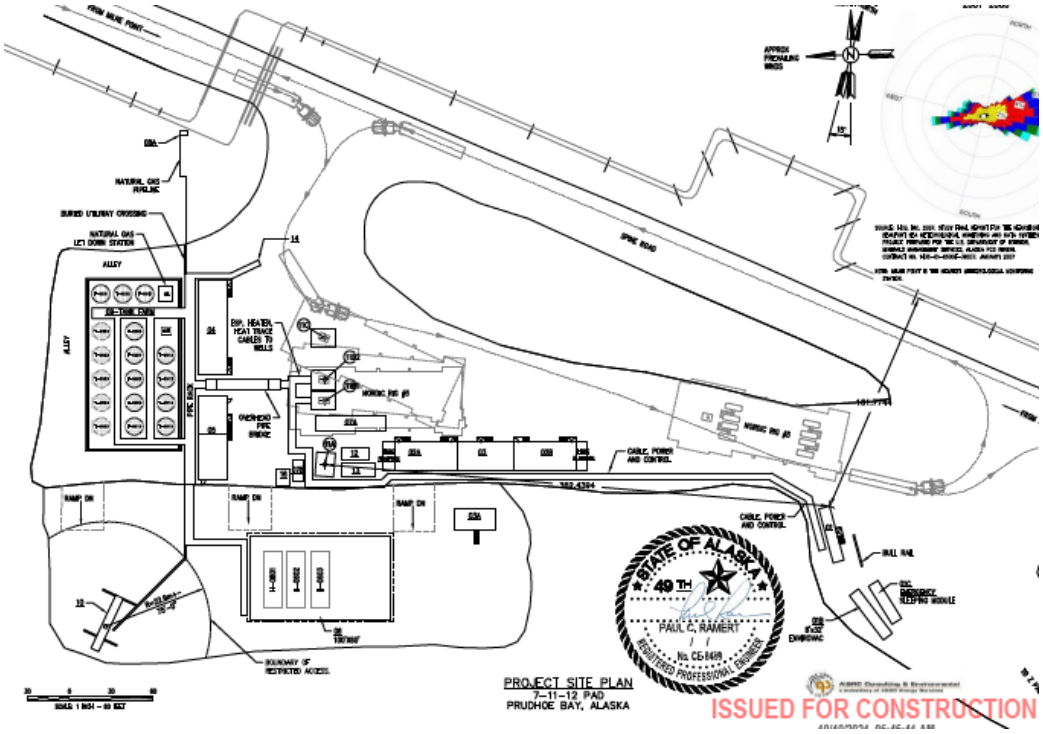
＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等

二）長期陸上産出試験

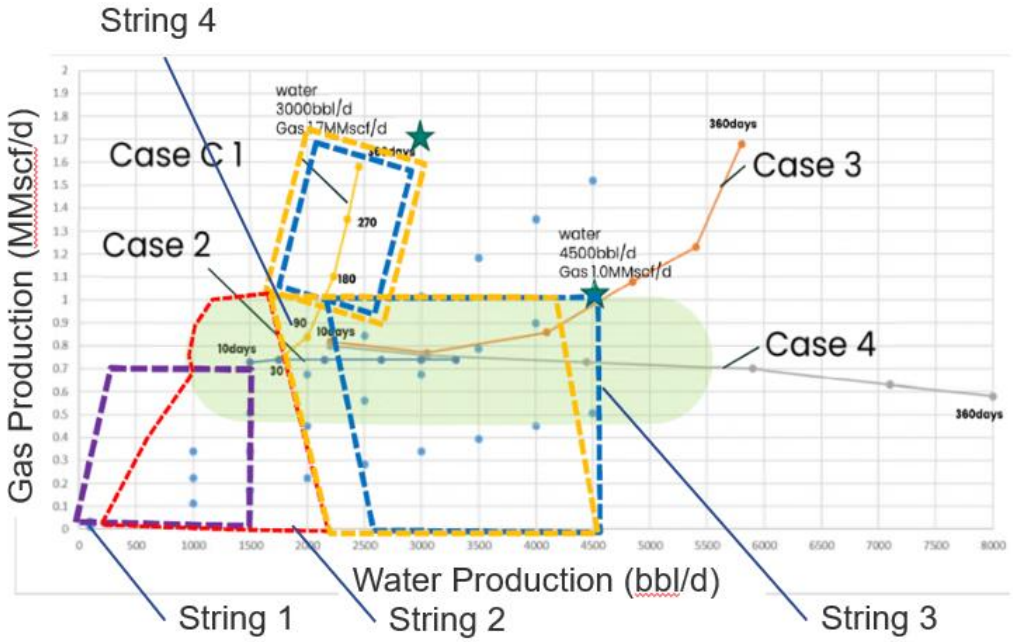
＜課題解決の技術例＞

- **地上試験設備**
  蒸発器の追加（水処理のオペレーションコストを減らす）、長期試験を可能とすべく試験地近傍のパイプラインからバックアップ燃料ガス供給、生産ガスの消費量測定（エネルギーバランスの把握）等。

- **水中電動ポンプ**
  幅広いレンジの水生産(＝減圧)を可能にするため、複数のポンプ編成を交換可能とした。



地上設備計画図



各ポンプ編成の運転領域図

5－2．各研究開発項目の内容

① 砂層型メタンハイドレートについて
【2】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

＜1＞目標（2019～2022年度）

□ 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。
イ）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。
ロ）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。

＜2＞中間目標

【マイルストーン①】（2019年度末頃）
なし。

【マイルストーン②】（2021年度後半）
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。

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

坑井生産レート（8年平均値） ＼ 原始資源量	大規模 約500億m³（約2TCF）以上	中規模 約100～500億m³（約0.4～2TCF）	小規模 約100億m³（約0.4TCF）以下
高 15万m³／日程度以上	◎ **（優先順位：高）**	○ （優先順位：中）	× （対象外）
中 5～15万m³／日程度	○ （優先順位：中）	△ （優先順位：低）	× （対象外）
低 5万m³／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。

第22 回 総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2017 年６月２１日）
資料３「メタンハイドレート開発の今後の在り方について」より抜粋

5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

イ) 三次元地震探査の準備・実施・解析

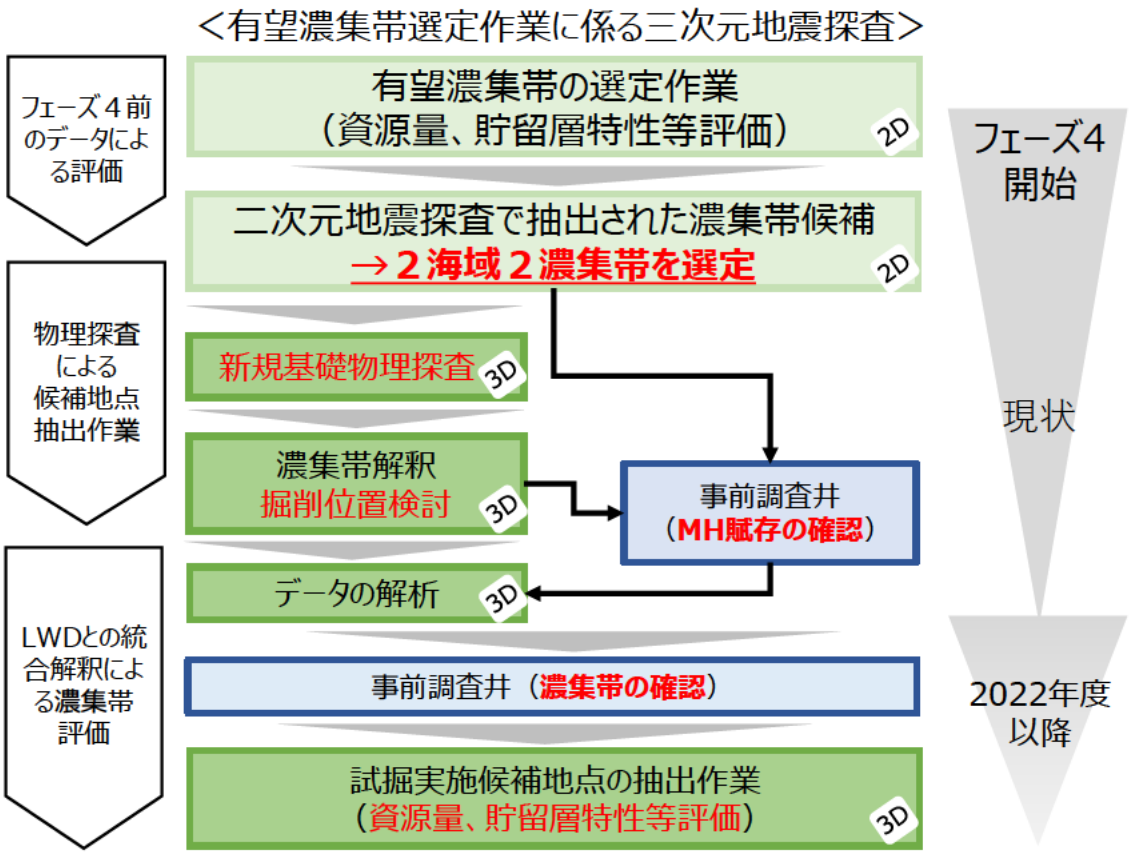
これまでに抽出された濃集帯候補の中には三次元地震探査データが収録されていないものもあり、その規模や解釈に不確実性が多く残るものもある。そこで濃集帯の選定の為、また貯留層性状把握のため、100億m^3の原始資源量が期待される海域での地震探査データ収集・解釈・解析が課題である。

＜課題＞

①調査実施のための関係各所との調整を行い、三次元地震探査を実施する
②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解析等を実施し、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
③取得・解析したデータをもとに、有望濃集帯の資源量・貯留層性状に関する知見のとりまとめを行い、次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点の抽出に資する

＜実績＞

・3海域3濃集帯が二次元地震探査データのみ。3海域の基礎物理探査事業へ応募（令和元年度）
・濃集帯の暫定評価が高かった2海域にてデータ収録（令和２～３年度）
・メタンハイドレート賦存層のイメージングを意識した処理手法の提案をし、反映適用
・収録が先行していた1海域については処理結果の提供を受け、海域内の濃集帯解釈作業を実施。
・対象海域の濃集帯にて、100億m^3の原始資源量が期待されることを確認し、令和3年事前調査井掘削位置選定に活用。
・今後令和4年度事前調査井掘削位置検討に活用するとともに、資源量評価・貯留層特性評価を実施予定



5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等

イ) 三次元地震探査の準備･実施･解析

①地震探査

二次元／三次元地震探査
- 濃集帯候補の存在と規模の把握

②事前調査

海底地盤等のサイトサーベイ
- 掘削上の安全性の確認など

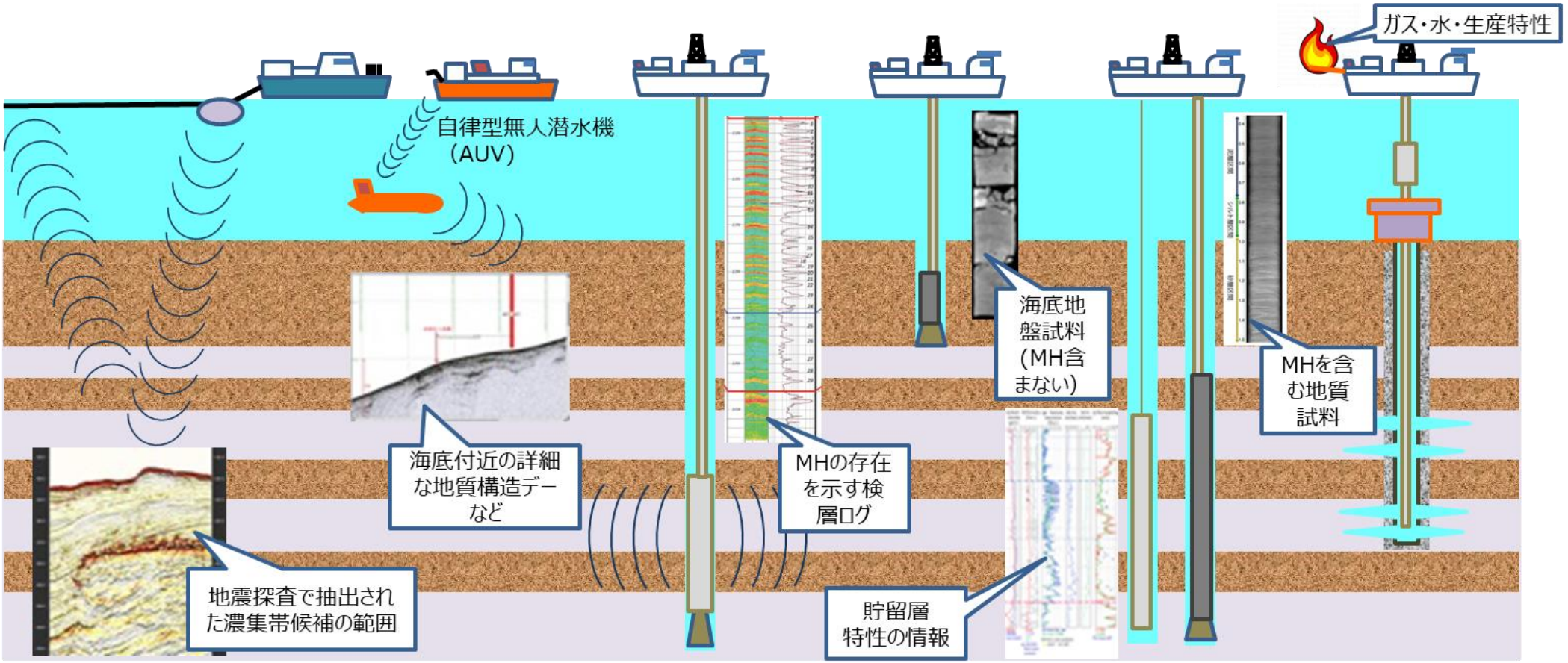
掘削同時検層(LWD)による事前調査
- 濃集帯の存在の確認
- 貯留層特性の概査

ジオテクホール掘削
- 表層付近の地盤調査のための試料取得
- 地盤安定性等の評価

③試掘

ワイヤーライン検層･圧力コアサンプリング
- 貯留層特性の詳細調査
- ハイドレート 試料取得

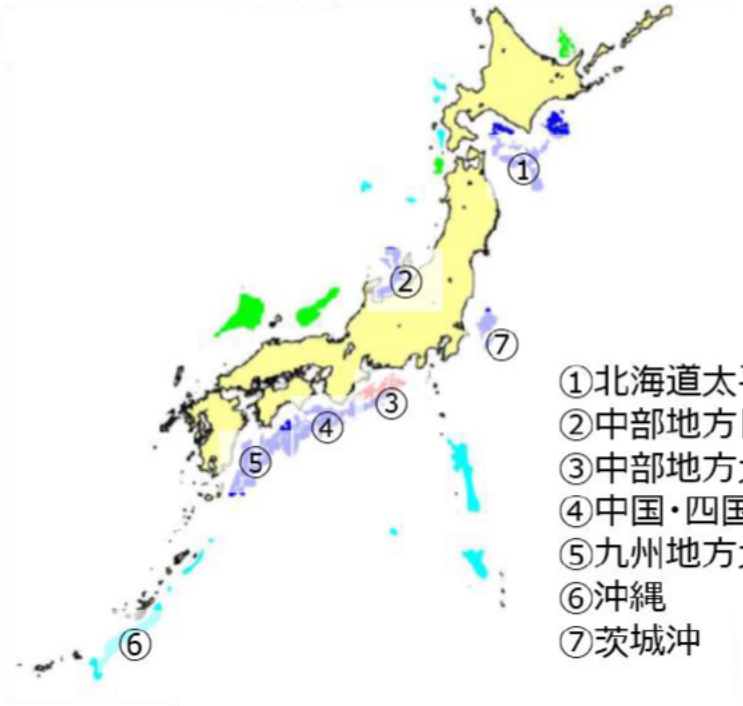
簡易生産実験
- 短期間の簡易的な実験により、メタンハイドレート分解･ガス生産特性の確認



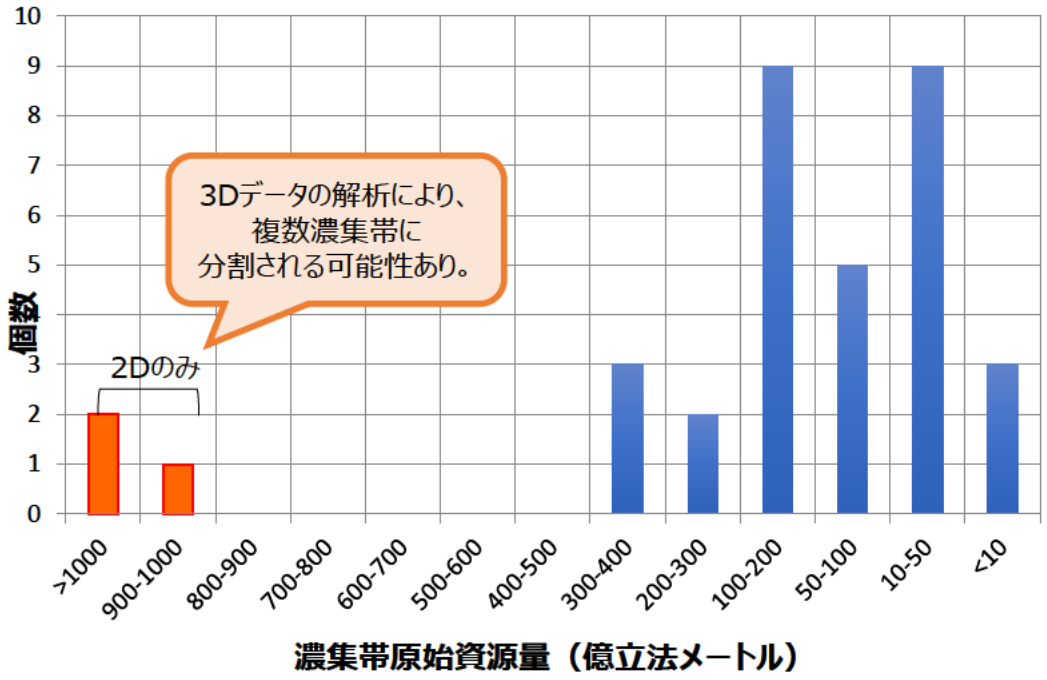
5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

イ) 三次元地震探査の準備・実施・解析



①北海道太平洋側
②中部地方日本海側
③中部地方太平洋側
④中国・四国太平洋側
⑤九州地方太平洋側
⑥沖縄
⑦茨城沖



＜フェーズ１～３の分析データ＞
※2001-2018年度の評価対象データ
2Dデータは110,000 km
3Dデータは26,000 km²

＜フェーズ４での分析データ＞
・平成27年度基礎物探「釧路南西沖3D」
・平成27年度基礎物探「茨城沖北部3D」
・平成28年度基礎物探「利尻・礼文トラフ2D/3D」
・平成3年度基礎試錐「常磐沖」
・平成21年度基礎物探「阿武隈リッジ南部3D」
・平成28年度～平成29年度基礎物探「西津軽沖北部3D」
・平成28年度～平成29年度基礎物探「鳥取～兵庫沖3D」
・平成29年度～平成30年度基礎物探「鳥取～兵庫沖3D」
・平成28年度基礎物探「茨城沖南部3D」
・平成30年度基礎物探「茨城沖南部3D」
・平成30年度基礎物探「新潟沖3D」

22データによりBSR解釈
内2データにて濃集帯解釈中

・平成30年度基礎物探「佐渡海盆3D」
・平成29年度基礎物探「常磐沖北部3D」
・平成30年度～令和元年度基礎物探「常磐沖北部3D」
・平成29年度～平成30年度基礎物探「福江北西沖3D」
・平成30年度～令和元年度基礎物探「福江北西沖3D」
・平成30年度基礎物探「常磐沖中部3D」
・平成30年度～令和元年度基礎物探「常磐沖中沖3D」
・平成30年度基礎物探「御前崎沖3D」
・平成30年度～令和元年度基礎物探「御前崎沖3D」
・令和元年度基礎物探「常磐沖北部3D(「たんさ」取得分)」
・令和元年度基礎物探「天竜川沖3D」

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等
ロ) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施

〈課題〉	〈実績〉	〈今後の予定〉
① 次フェーズ海洋産出試験の掘削位置を決定するため、選定された候補地で試掘作業を行い、検層データ・コアサンプル等を取得する。	試掘作業（簡易生産実験を含む）に先立ち、有望な候補地において調査井を掘削し、必要な情報を取得・評価の上で掘削位置を決定し、試掘作業を行う計画を立案した。 2021年度に4つの濃集帯候補において5坑の調査井を掘削し、必要な情報を取得した。	2022年度にも数坑の調査井掘削を行い必要な情報を取得し試掘候補地の選定に資する予定。
② 掘削時の坑径拡大を抑える。	掘削作業中の掘削流体の循環量と循環時間をできるだけ少なくするよう、作業手順やツールを見直した。	結果を見ながら、継続的に改善を目指す。
③ 貯留層特性を把握するため、簡易生産実験を実施する。	これまでに試験機器等の基本・詳細設計、各種基礎実験を完了し、長納期品の製造を始めている。2022年度には機器類の製造を行い、2023年度には簡易生産実験を実施できる見込みである。	2023年度に簡易生産実験実施見込み。

5－2．各研究開発項目の内容

＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等

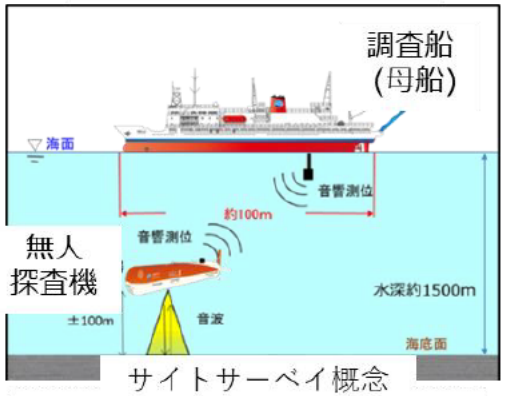
ロ) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備･実施

① 試掘（簡易生産実験）に向けた事前調査の実施（データ取得）

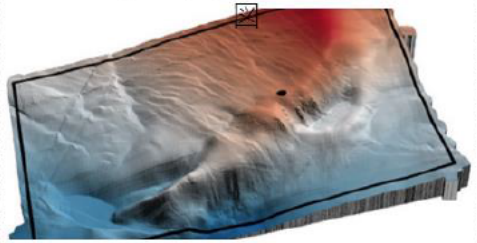
事前調査

サイトサーベイ　　調査井掘削

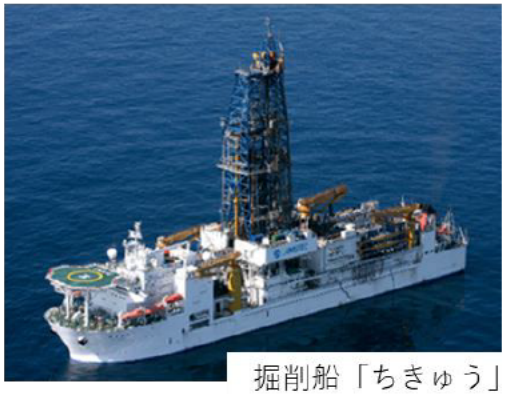
サイトサーベイによる
・掘削地点周辺の海底面付近の安全性の確認



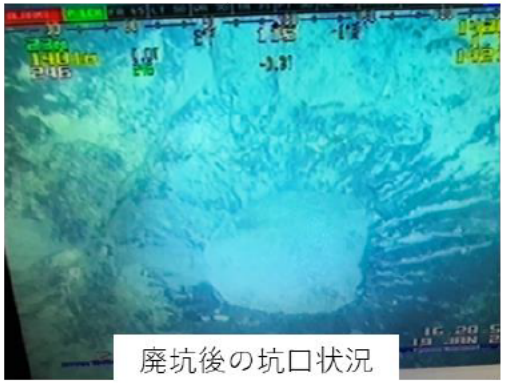
サイトサーベイ概念



海底面付近の構造、形状イメージ図



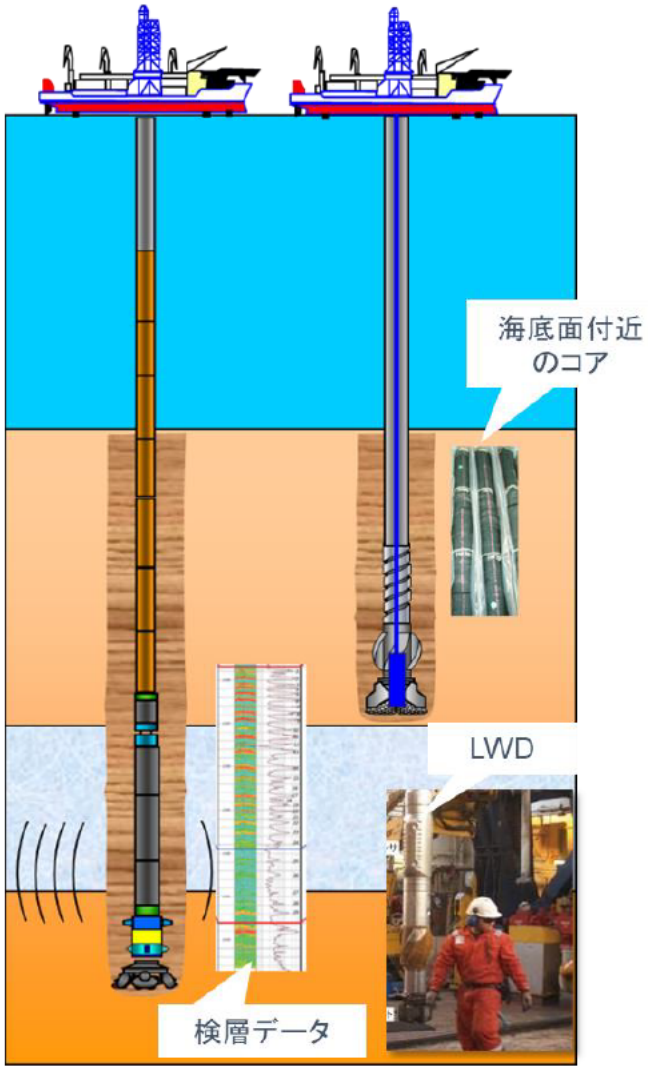
掘削船「ちきゅう」



廃坑後の坑口状況

LWD井による
・濃集帯(有無)の確認
・貯留層データ取得

ジオテクコア井による
・海底面付近の地盤強度の確認



作業内容		12/20	2021年 12月	2022年 1月	1/23
積み込み	@清水港				
LWD掘削 (＆MDT)	@Loc. A			作業期間	
	@Loc. B			計画：12月20日～1月23日（35日間）	
	@Loc. C（2坑井）			実績：12月20日～1月23日（35日間）	
入港 （クルーチェンジ）					
コア掘り･埋立て	@Loc. C				
入港 （クルーチェンジ）					
埋立て	@Loc. B				
	@Loc. A				
港荷下し	@清水港				
予備日					

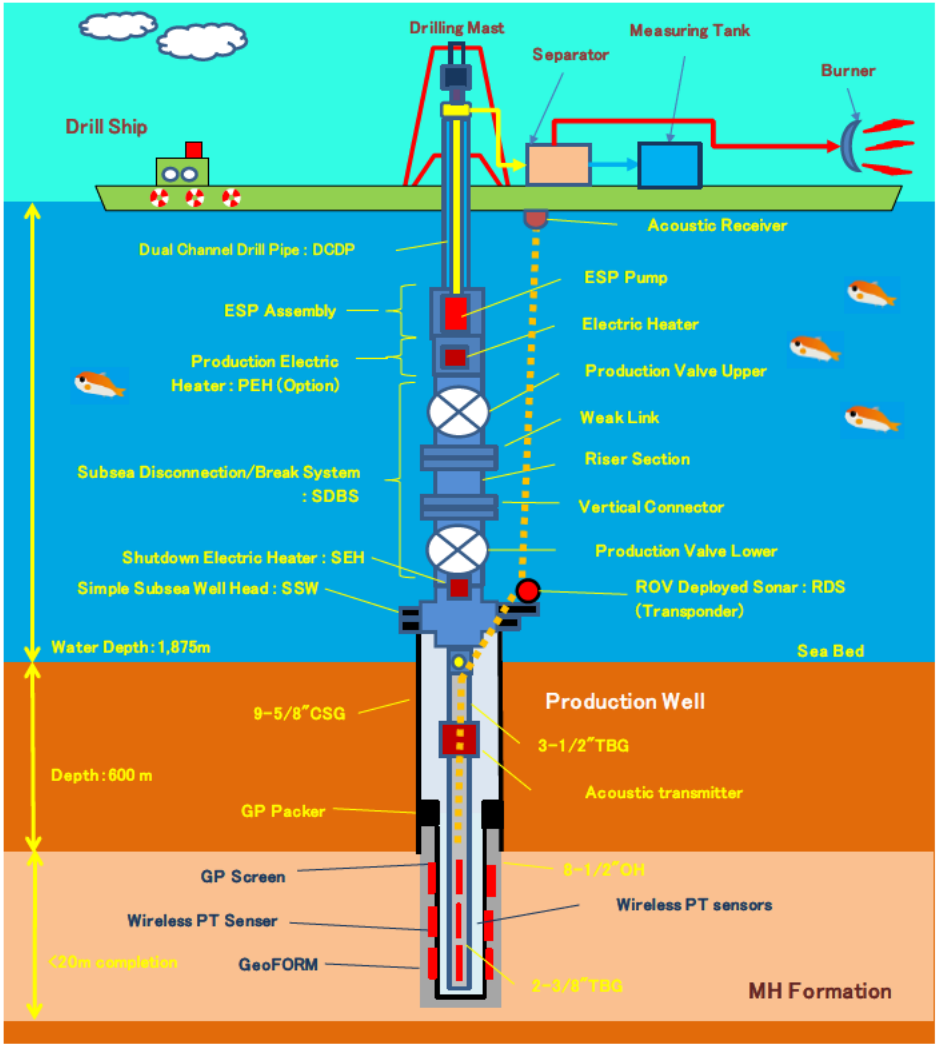
LWD井掘削作業 予実績

5－2．各研究開発項目の内容

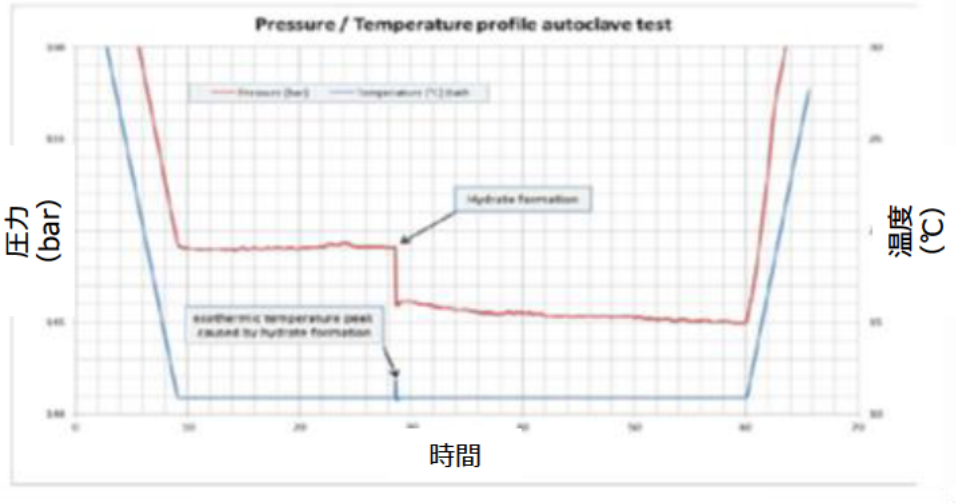
＜3＞個別研究開発項目の課題･実績（実施内容･実施方法）等

ロ) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備･実施

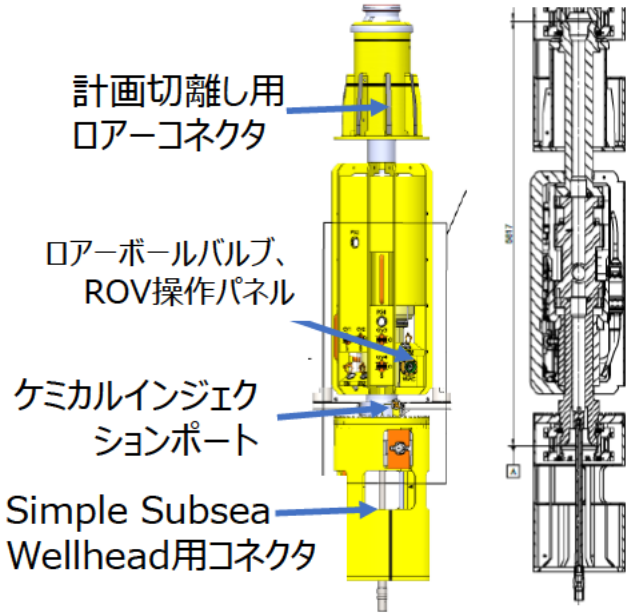
③ 簡易生産実験の準備（設計、基礎実験等）



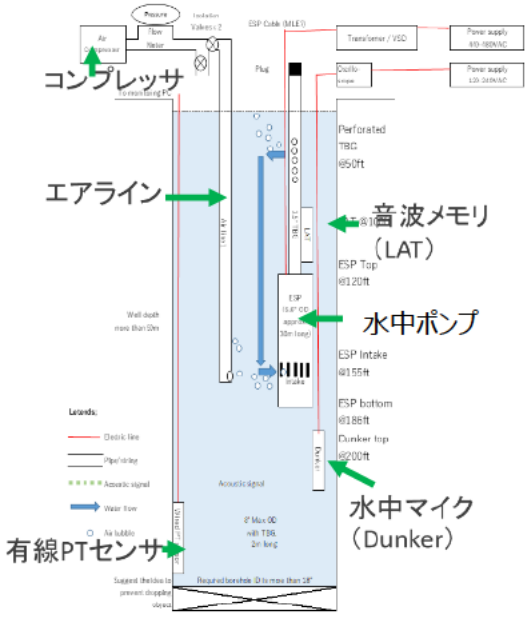
簡易生産実験概念図



インヒビター効果確認実験（一例）



坑口装置図（切離し部分）



温度･圧力センサ干渉実験

① 砂層型メタンハイドレートについて

【3】環境影響評価

＜1＞目標（2019～2022年度）

□ 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。

ハ）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。

＜2＞中間目標：無し

＜3＞個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

【課題】

課題1：モデル海域での環境データ取得

モデル海域（第1回および第2回海洋産出試験実施海域：第二渥美海丘周辺）において、掘削・廃坑等の作業に伴い生じるカッティングス（掘り屑）やセメント等の被覆により減少した底生生物の回復状況に関するデータや、黒潮大蛇行が日本南岸の海洋環境に与える影響を把握するためのデータを取得し、今後の環境影響の予測・評価に活用可能なデータとして整理する。

課題2：次フェーズ海洋産出試験候補海域での環境データ取得

有望濃集帯候補海域の環境データを取得し、次フェーズ海洋産出試験の環境影響の予測・評価のためのベースラインデータとして整理する。

課題3：環境影響予測の不確実性の低減

過去の海洋産出試験での海底面観察結果等をもとに、掘削・廃坑等の作業に伴う海底環境への影響をより詳細に把握するためのシミュレーション検討を実施し、予測の不確実性を低減する。

5 − 2．各研究開発項目の内容

【3】環境影響評価

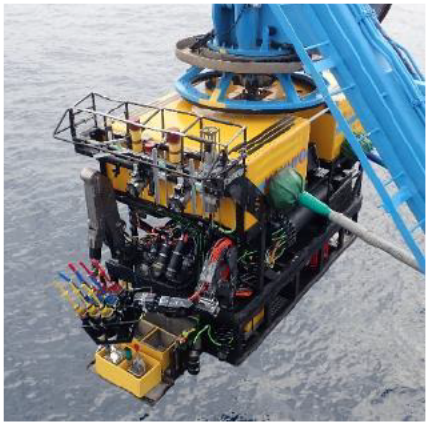
【課題1-1】
モデル海域（第1回および第2回海洋産出試験実施海域：第二渥美海丘周辺）において、掘削・廃坑等の作業に伴い生じるカッティングス（掘り屑）やセメント等の被覆により減少した底生生物の回復状況に関するデータを取得し、今後の環境影響の予測・評価に活用可能なデータとして整理する。

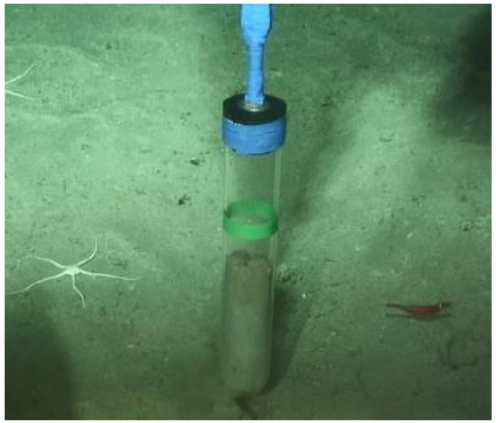
【実績1-1】
遠隔操作型無人潜水機（ROV）による海底面観察および表層堆積物の採取等を実施し、過去の海洋産出試験の掘削・廃坑等の作業の影響で減少した底生生物の回復状況に関するデータ（底生生物・底質等）を取得した。

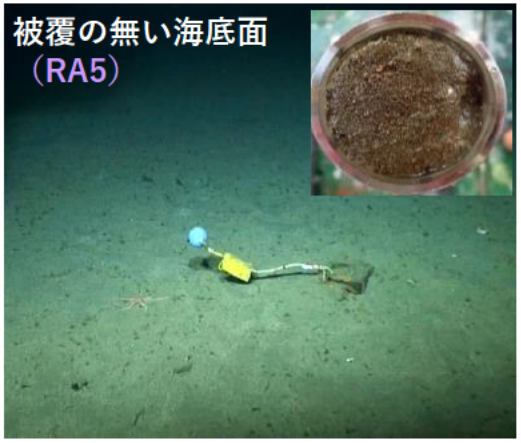
【調査実績】

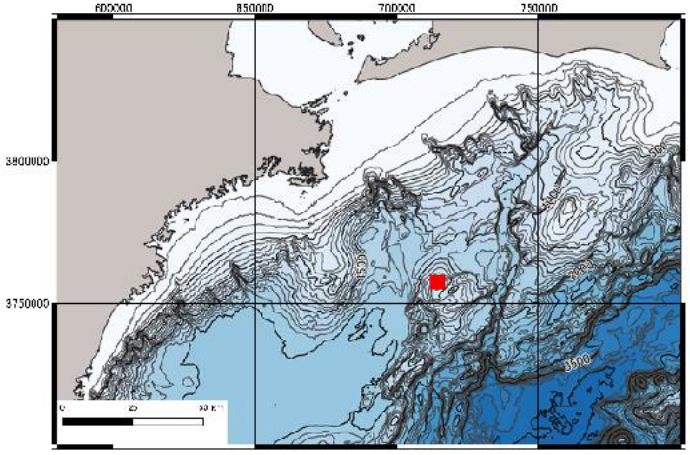
・調査期間：
　2021年1月17日～2月27日

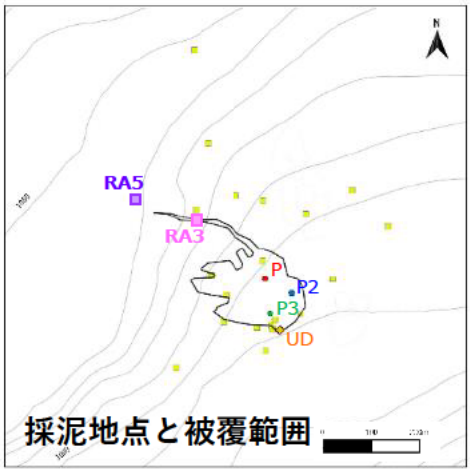
・調査船舶：
　新日丸（深田サルベージ㈱）
　ROVはくよう

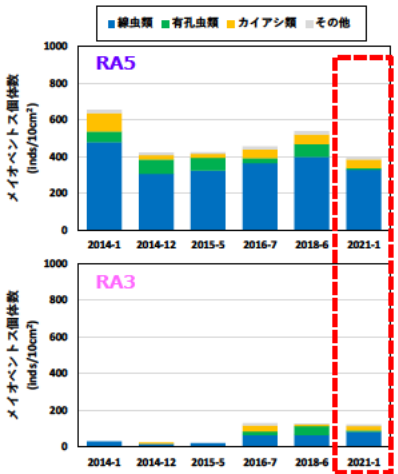


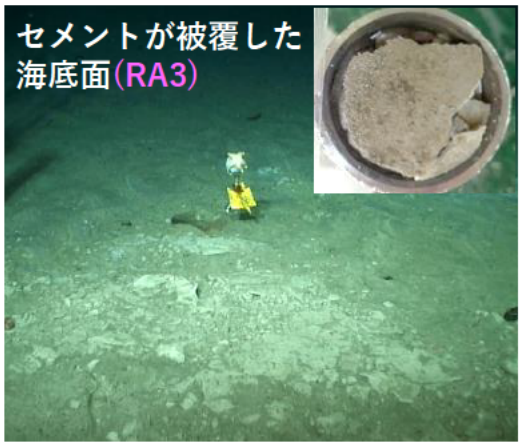












5－2．各研究開発項目の内容

【3】環境影響評価

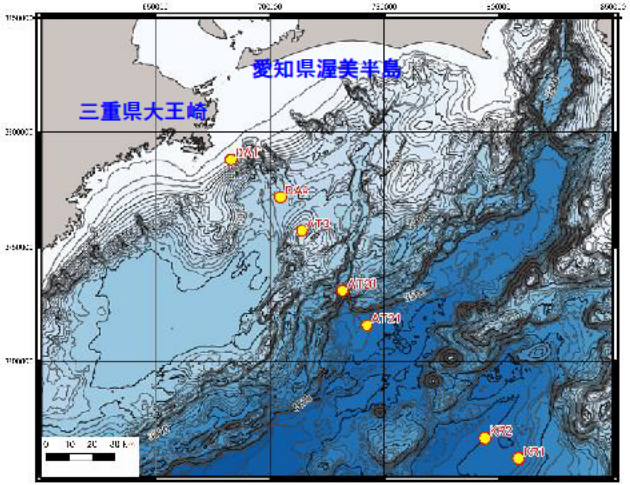
【課題1-2】
モデル海域（第1回および第2回海洋産出試験実施海域：第二渥美海丘周辺）において、黒潮大蛇行が日本南岸の海洋環境に与える影響を把握するためのデータを取得し、今後の環境影響の予測・評価に活用可能なデータとして整理する。

【実績1-2】
黒潮大蛇行中の冬季と夏季に、センサーによる環境計測や、採水・プランクトン採集等を実施し、黒潮由来の水の流入状況や、その水の流入により影響を受ける水質（栄養塩類等）およびプランクトン類の組成等に関するデータを取得した。

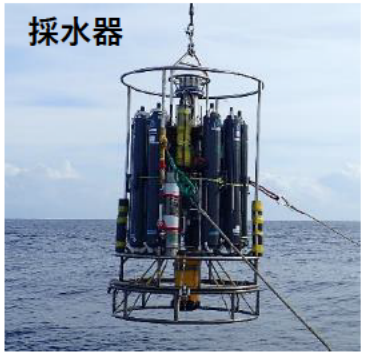
【調査実績】

・調査期間
　2020年　1月23日～　2月16日
　2020年11月10日～12月　3日
　2021年　7月22日～　8月　6日
・調査船：新日丸他

調査地点例（2021年7月）

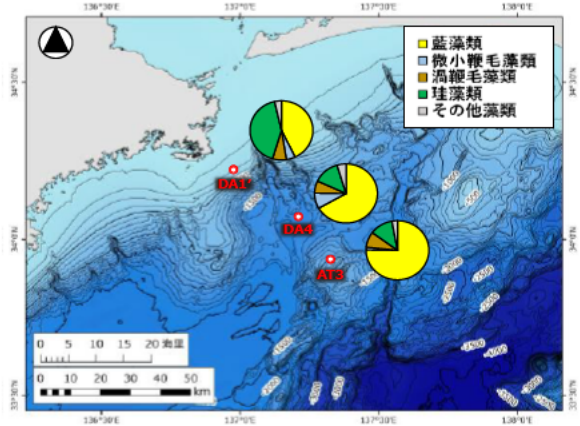


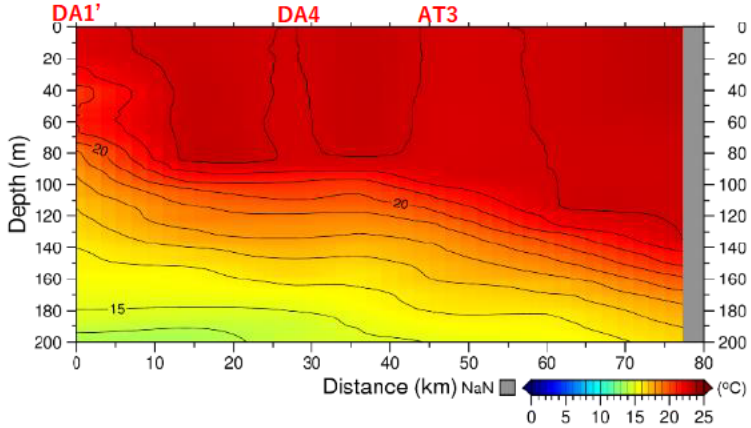






【2020年11月の結果例（左：植物プランクトン組成、右：水温分布）】





5－2．各研究開発項目の内容

【3】環境影響評価

【課題2】
有望濃集帯候補海域の環境データを取得し、次フェーズ海洋産出試験の環境影響の予測・評価のためのベースラインデータとして整理する。

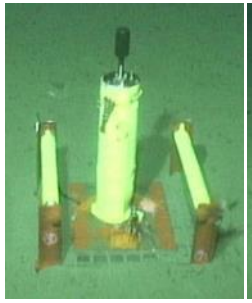
【実績2】
有望濃集帯候補の3海域において既存の環境データ（流況・水質・底質・生物相等）を網羅的に収集し、各海域の環境面での特徴や留意事項、新たに取得が必要な環境データ等を整理した。また、事前調査掘削対象海域として抽出された1海域で、2021年8月にROVによる海底環境の調査を実施し、流況、底質、底生生物に関する新規データを取得した。

【情報収集項目】

属性	区分		情報項目	主な提供機関等
自然環境	海流	黒潮	黒潮流軸の通過頻度・流線・離岸距離	海上保安庁海洋情報部日本海洋データセンター
	物理環境	流動場	流速(東西成分･南北成分)、水温、塩分等	海洋研究開発機構(JAMSTEC) ・JCOPE2 等
		水塊構造	各水深層の水温・塩分	海上保安庁海洋情報部日本海洋データセンター
	化学環境	水質	各水深層の溶存酸素、栄養塩、 クロロフィルa	海上保安庁海洋情報部日本海洋データセンター
		底質	硫化物、有機体炭素、全窒素、全リン、 重金属類	環境省 ・海洋環境モニタリング調査
			元素濃度(バリウムなど53元素)	産業技術総合研究所地質調査総合センター ・海と陸の地球化学図（2004）
	生物環境	基礎生産	水温、クロロフィル*a*、基礎生産量	NASA OceanColorWEB ・衛星情報(Aqua/MODIS)
		海洋生物	プランクトン、底生生物、魚類等	海洋研究開発機構(JAMSTEC) ・BISMaL 環境省 ・海洋環境モニタリング調査
		海棲哺乳類	鯨類の生息・回遊	環境省自然保護局
		ウミガメ	ウミガメ(上陸・産卵状況)	環境省自然環境局日本ウミガメ協議会 環境省自然環境局生物多様性センター
		海鳥	繁殖状況等	環境省自然環境局生物多様性センター
		固有生態系	化学合成生態系	東海大出版会 ・潜水調査船が観た深海生物（2008）
			潜航調査(映像・画像・海底状況・出現生物等)	海洋研究開発機構(JAMSTEC) ・JAMSTEC E-library of Deep-sea Images (J-EDI)

【調査実績】

・調査期間： 2021年8月26日～9月24日
・採泥地点：15地点
・観察測線：1km×27測線
　　0.6km×7測線
・海底近傍の流速計測



電磁流速計



単層ドップラー流速計





海底面の例

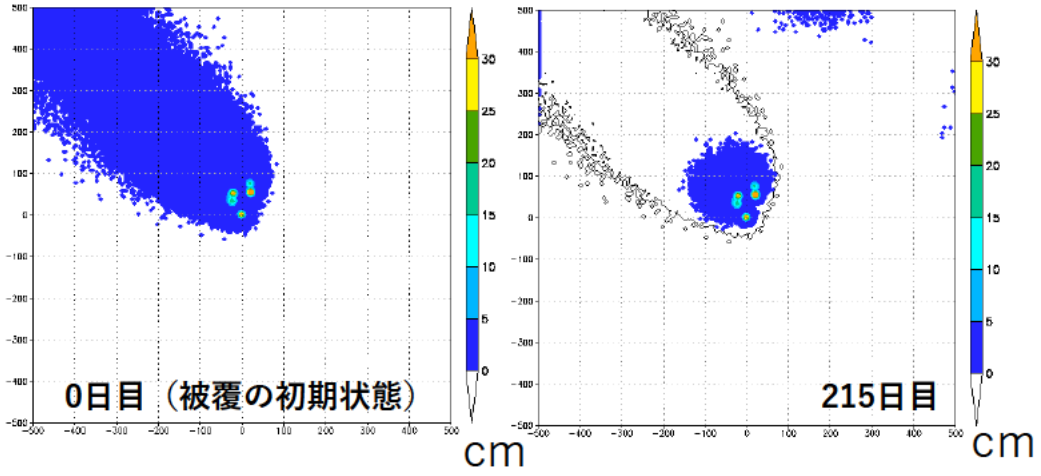
5－2．各研究開発項目の内容

【3】環境影響評価

【課題3】
過去の海洋産出試験での海底面観察結果等をもとに、掘削・廃坑等の作業に伴う海底環境への影響をより詳細に把握するためのシミュレーション検討を実施し、影響予測の不確実性を低減する。

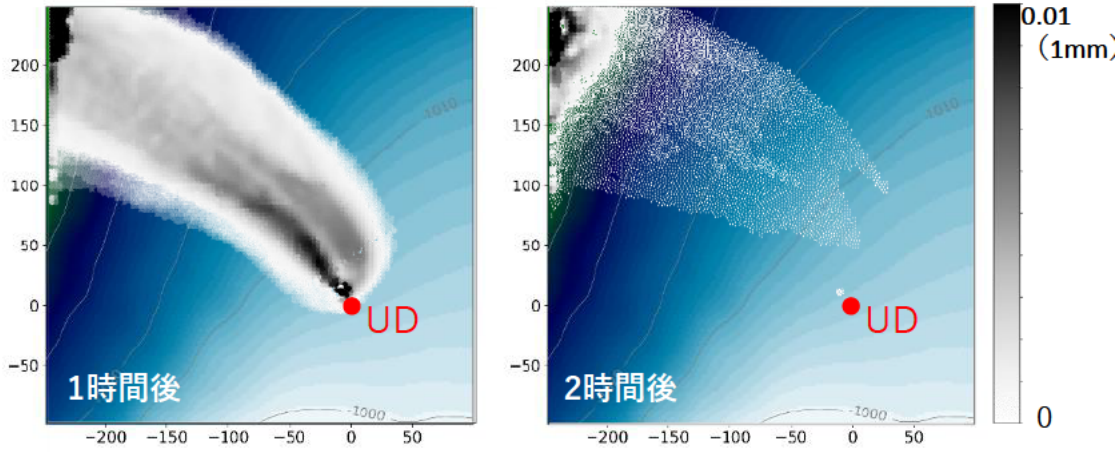
【実績3】
カッティングスの再浮遊については、漂砂理論に基づく構成式やパラメータ等の検討を行い、モデル海域の環境条件をもとに、再浮遊の量と被覆状態の変化を試計算し、パラメータ等の妥当性検討を進めた。
セメントの拡散挙動の予測については、セメントの性質（粘性・塑性）を表現可能な計算コードとシミュレーションソフトにより、モデル海域の海底地形等を反映した試計算を実施し、パラメータ等の妥当性検討を進めた。

【試計算結果例（カッティングスの再浮遊）】



計算条件：
・第2回海産試験での掘削履歴をもとに、粒子追跡法によりカッティングスの被覆状態を再現（0日目）
・モデル海域で過去に取得した流況データ（215日間の実測値）を与え、215日間の再浮遊量を試計算

【試計算結果例（セメントの被覆）】



計算条件：
・第2回海産試験での事前調査井（UD）のセメンチング履歴をもとに、セメントの拡散挙動を再現
・初期ケースでは、セメントの物性値（塑性粘度・降伏値）として室内試験での初期値を与え、無流速条件でのセメントの拡散挙動を試計算

５－２．各研究開発項目の内容

①　砂層型メタンハイドレートについて
【４】長期的な取り組み
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込み（オープンイノベーション）

１）オープンイノベーションの考え方を取り入れ、個別技術における検討にて、情報収集を継続
２）再委託等を通じて、産学の幅広い知見や技術を活用
３）技術課題を公にして関心を広めるため、学会・論文発表を実施
４）プレスリリース・ホームページによる情報発信を継続
５）毎年、一般向けの研究開発事業成果報告会として「砂層型メタンハイドレートフォーラム」を開催





「砂層型メタンハイドレートフォーラム２０２１」の講演の様子

「砂層型メタンハイドレートフォーラム」では、石油開発会社以外に所属する方からもご講演を頂き、
国内外の大学・業界の内外から広く参加があり、質疑応答では、参加者と講演者の双方向のやりとりを実施
【参加者数】平成３１年度：２４１名、令和２年度：３５５名、令和３年度：２９３名

5－2．各研究開発項目の内容

①　砂層型メタンハイドレートについて
【4】長期的な取り組み
ロ) 日本周辺海域の資源量評価

①メタンハイドレート資源量評価

旧開発計画期間より、日本周辺海域にて得られた地震探査データを評価し、BSR分布の把握、濃集帯の把握を実施してきた。本作業を継続実施する。

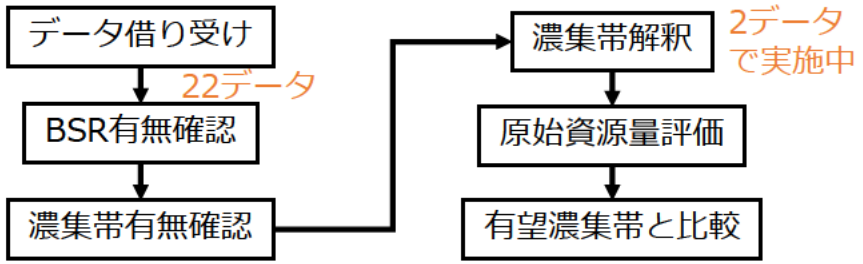
＜課題＞

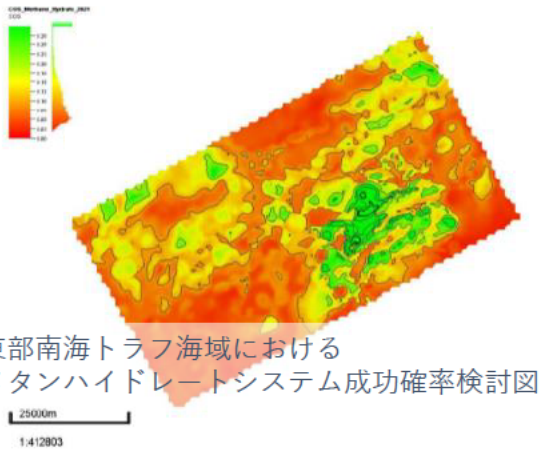
- 随時新規データが公開される基礎物理探査事業データを用いたBSR分布の把握、濃集帯の把握の実施

＜実績＞

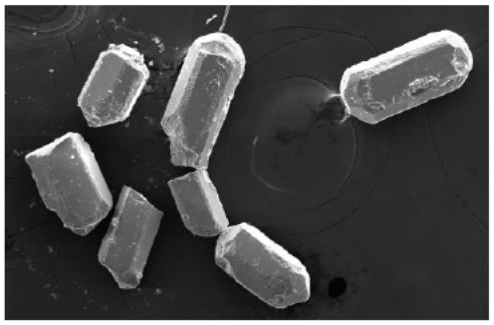
- これまで取り扱っていなかった海域や新規に公開された海域である２２の基礎物理探査データについてBSRの分布の有無、濃集帯の有無の解釈作業を実施し、メタンハイドレート濃集帯の評価エリアの拡充に取り組んだ
- ２つの基礎物理探査データにて新規の濃集帯抽出作業に取り組んでおり、今後原始資源量評価を実施し、既知の濃集帯との比較評価を予定している。

評価ワークフロー





東部南海トラフ海域における
メタンハイドレートシステム成功確率検討図



アパタイト（燐灰石）
コア試料中の火山灰から抽出
噴火イベントを特定し堆積年代を決定

②メタンハイドレートシステムの検討

新規探鉱エリアの検討や、資源量評価の高精度化にあったってはメタンハイドレートがどのように濃集帯を形成していったかの理解を深めることが重要となる。

＜課題＞

- 東部南海トラフにおけるメタンハイドレートシステムモデルの更新
- 次フェーズ海洋産出試験海域選定に資する情報を提供する

＜実績＞

- 東部南海トラフ海域にて得られた検層データ・コア試料等を用い
  メタン生成菌の活性環境の検討
  火山灰を用いた年代同定手法の検討
  メタンハイドレートシステムシミュレーション
- シミュレーション結果と有望濃集帯位置を比較し、
  シミュレーションの高精度化検討
  有望濃集帯のリスク評価

5－2．各研究開発項目の内容

① 砂層型メタンハイドレートについて

【4】長期的な取り組み

ハ) 経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

【目的】
商業化に必要な要件について検討し、旧開発計画で整理した事業化シナリオ案等の改定を継続する。
✓ 旧開発計画で示された課題を基に商業化に必要な要件を抽出する。また、旧開発計画で整理した事業化シナリオ案を改定するための情報を収集し、開発システムを再検討し、経済性評価を実施する。（継続的実施）

実施計画における実施方法	進捗状況	今後の予定
a. 商業化に必要な要件の抽出	抽出したが、2050年CN宣言により見直しを実施中	見直し結果を他検討に反映
b. 要件に関する情報収集	情報収集中。2050年CN宣言により情報収集項目を再検討中	情報収集を継続
c. 多様な濃集帯条件、濃集帯周辺の自然・インフラ条件などを考慮して開発システムを検討	2050年CN宣言によりMH生産ガス販売ビジネスモデルが変わる可能性が高いため、それに合わせた新しい開発システム案を検討中	新しい開発システム案の実現性・経済性に関する検討を実施し、今後継続して検討していくべき開発システムを抽出
d. 多様な濃集帯条件について経済性が評価できる手法もしくはツールを構築	経済性を含めた開発実現性を評価可能な「開発意思決定支援ツール」を構築	支援ツールの評価精度を上げるための各種検討および情報収集
e. 事業化シナリオ案の改定	改定するための上記検討を実施中	2023年度に改定予定

経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

a. 商業化に必要な要件の抽出	抽出したが、2050年CN宣言により見直しを実施中
b. 要件に関する情報収集	情報収集中。2050年CN宣言により情報収集項目を再検討中
e. 事業化シナリオ案の改定	改定するための上記検討を実施中

事業化シナリオ改定までの流れ

フェーズ4

三次元地震探査 / 試掘 / 次フェーズ 海洋産出試験 / パイロット試験

商業化までの時間（開発研究期間）

情勢をにらみながら「あるべき姿」や「課題」を改定

開発実現性を評価
- 必要な要件の抽出
- 開発システム再検討
- 経済性評価

課題抽出

課題の解決

ギャップ（課題）＋商業化までの時間

ギャップ（課題）

現状

事業化シナリオ

いつまでに

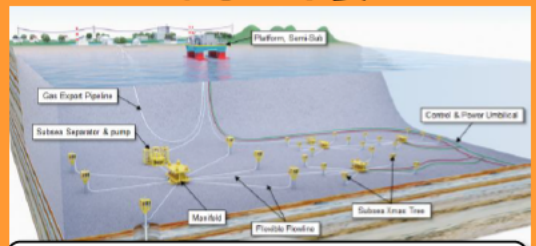
どこまでに何を解決して おかなければならないのか？

2023年度に改定予定

商業化に必要な要件

商業生産

あるべき姿



商業化の大前提
- 開発システムが構築できる
- 経済性が確保できる

加えて

外部環境の確保
- 外部資金を調達できる
- 販売先が確保されている
- 法規制的に問題がない
- インフラに適合できる
- 社会的受容性が確保されている

2050年CN宣言の影響で再検討・再情報収集すべき項目

実現性・経済性評価
大水深CCS、水素・アンモニア製造を含めたビジネスモデルを組み入れた開発システム案に対する実現性・経済性評価（参照：次スライド）

金融機関再ヒアリング
カーボンニュートラル下でのメタンハイドレート開発に対する融資条件について、金融機関にヒアリング

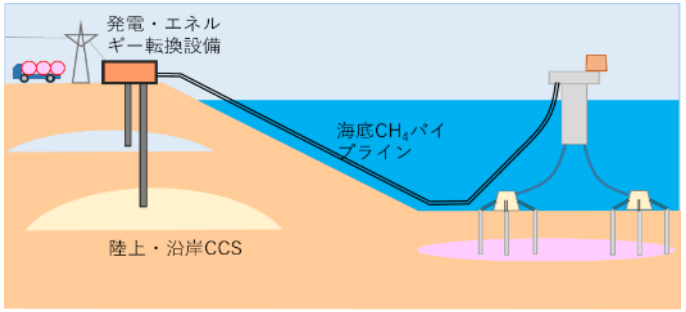
販売先再ヒアリング
カーボンニュートラル下でのメタンハイドレート生産ガスの買取条件について、電力会社、ガス会社等販売先候補にヒアリング

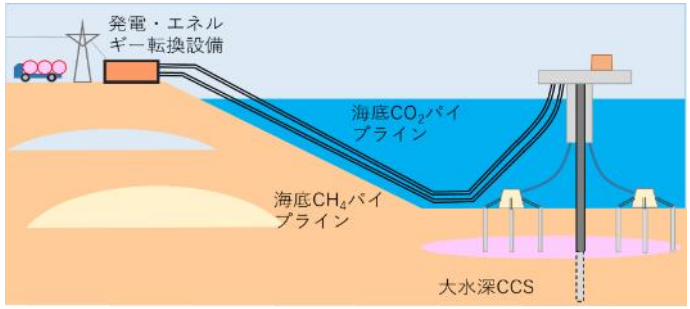
経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

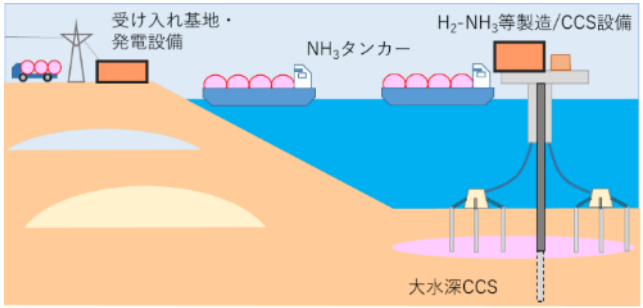
c. 多様な濃集帯条件、濃集帯周辺の自然・インフラ条件などを考慮して開発システムを検討	2050年CN宣言によりMH生産ガス販売ビジネスモデルが変わる可能性が高いため、それに合わせた新しい開発システム案を検討中

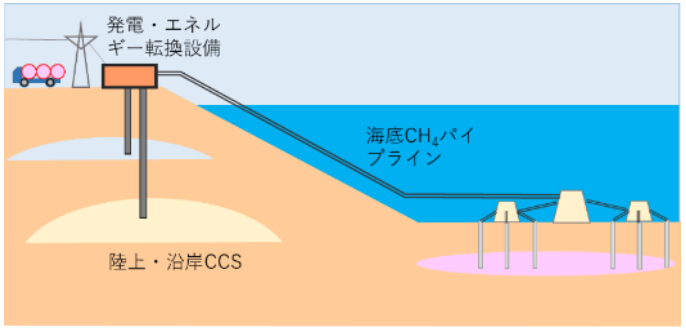
2050年CN宣言により以下の考え方が高まり、MH生産ガス販売ビジネスモデルを考え直す必要が生じた
① 2050年以降も天然ガス利用は続く方向だが、水素・アンモニア等への燃料転換が起きる
② 天然ガスを水素に転換するビジネスの重要度が高まった
③ CCS（CO_2回収・貯留）やCO_2有効利用、いわゆるCCUSの重要度が高まった

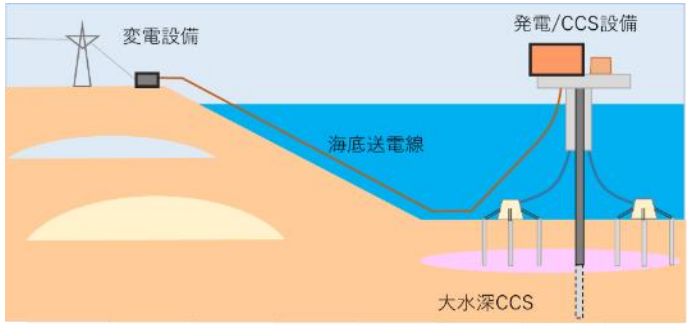
ビジネスモデルの変化　→　開発システムの再検討

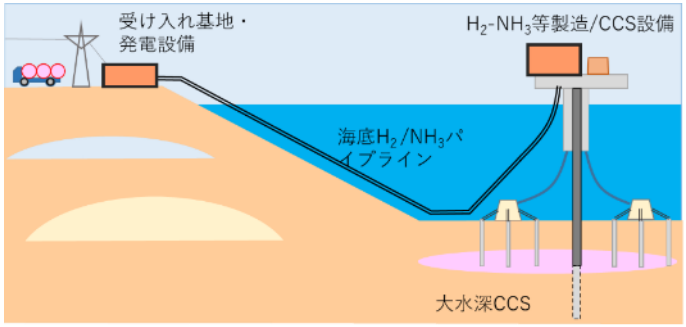


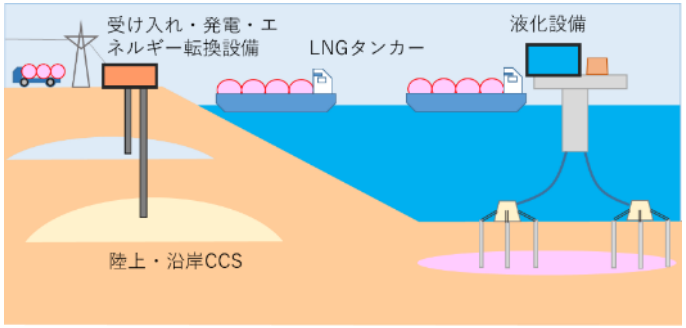












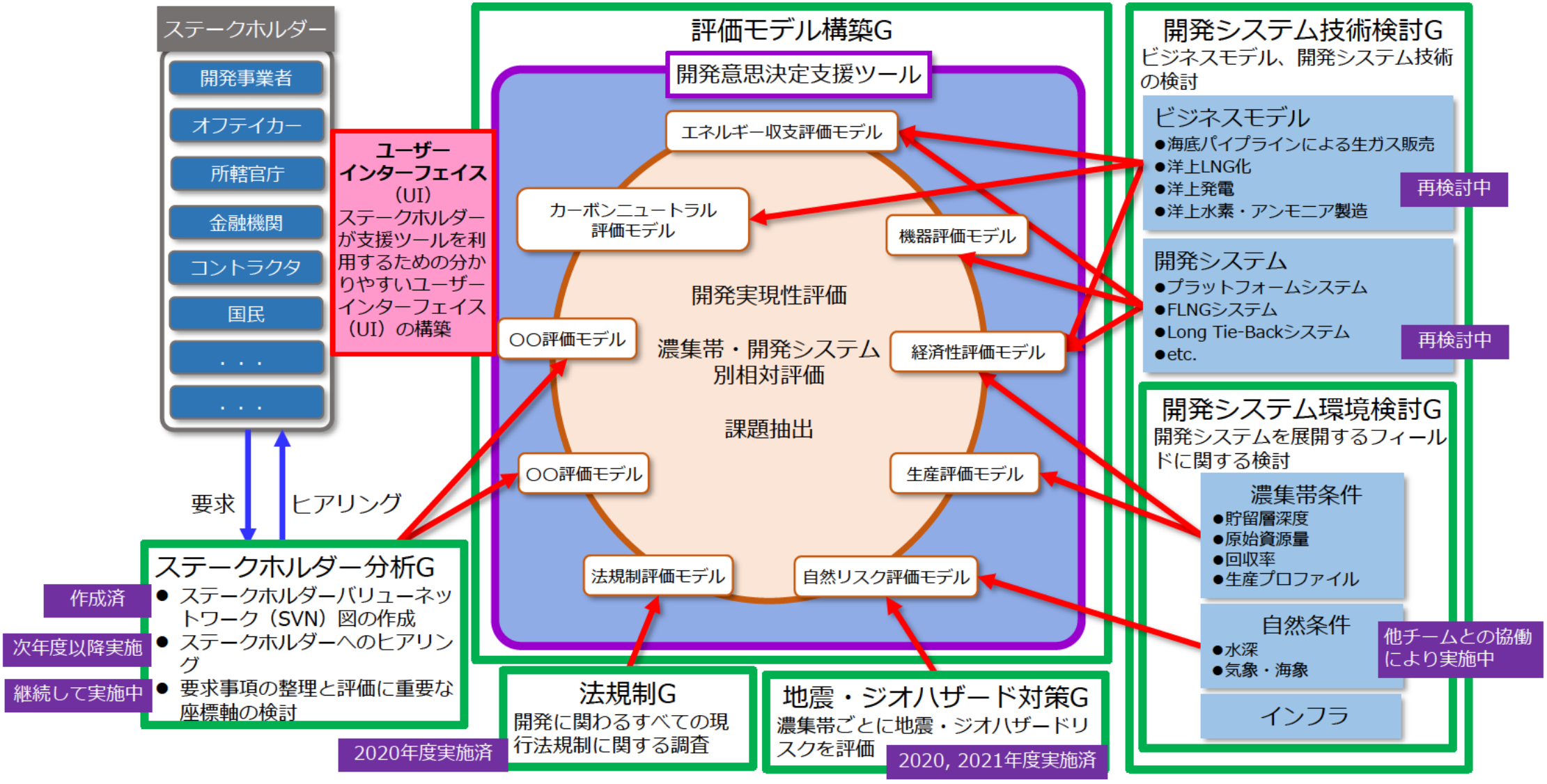
- CCS、水素・アンモニア製造を含めたビジネスモデルを組み入れた開発システム案を7つ抽出
- 7つの開発システムの実現性・経済性に関する検討を2022年度に実施予定
- 実現可能性が高い開発システムについては今後より詳細に検討予定

経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

d. 多様な濃集帯条件について経済性が評価できる手法もしくはツールを構築	経済性を含めた開発実現性を評価可能な「開発意思決定支援ツール」を構築

経済性を含めた開発実現性を評価可能な「開発意思決定支援ツール」を構築

① 商業化に必要な要件、ステークホルダーの要求を評価モデルとして構築し支援ツールに組み込む
② 商業化に向けた検討チームの5グループで集めた情報を評価モデル構築Gが構築する評価モデルに反映
③ 今後は支援ツールの評価精度を上げるための各種検討および情報収集を行う



5－2．各研究開発項目の内容

② 表層型メタンハイドレートについて

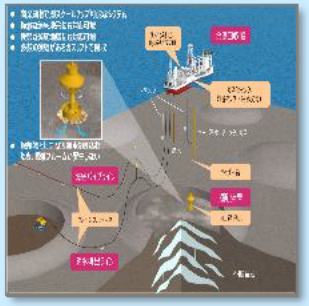
【1】生産技術の開発

イ)これまでの調査研究成果の評価と有望技術の特定に向けた検討

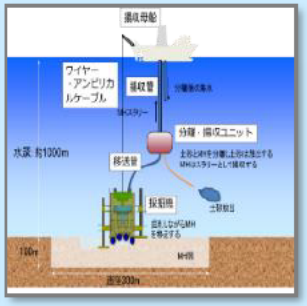
令和元年度（2019年度）、これまでに実施してきた「回収技術に関する調査研究」について、産総研内に設置した「表層型メタンハイドレート回収技術評価委員会」において、調査研究成果を評価し、調査研究実施機関との調整を経て、「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）と「共通基盤技術」に分類し、分野ごとに有望技術を特定。

表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究

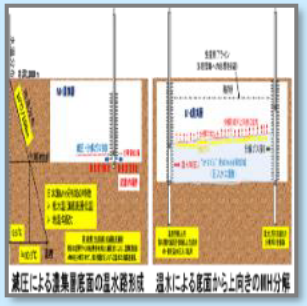
①資源回収船から垂直に掘削装置をつり下げて掘削する方法



②海底鉱物資源採取システムの原理を基にした回収方法



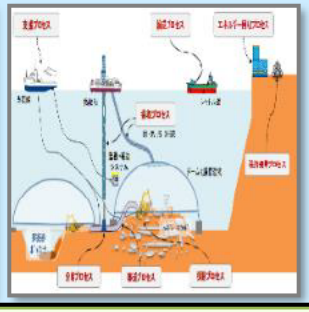
③地層内でメタンガスと水に分解させ、井戸からガスを生産する方法



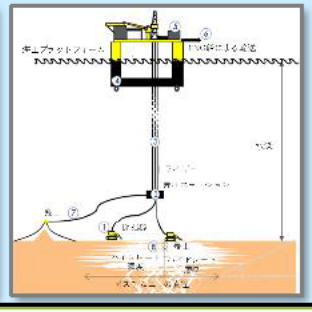
④閉鎖環境下でウォージェットによってハイドレートを削り、回収する手法



⑤ドーム状の膜構造物を利用したメタンプルームを含めた回収手法

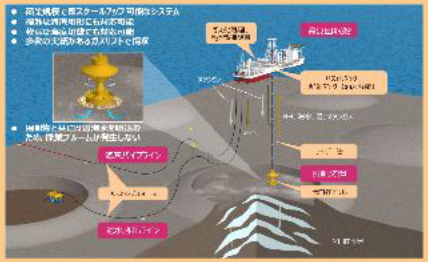


⑥既存の深海掘削技術による回収手法



表層型メタンハイドレートの回収・生産技術の研究開発

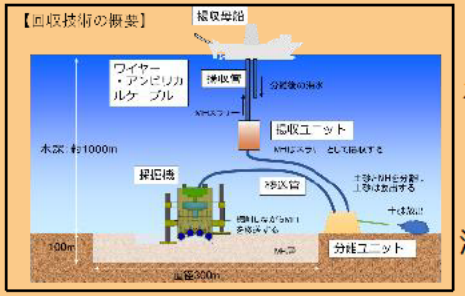
要素技術(採掘・分離・揚収)



【分離】船上分離方式

【揚収】ガスリフト方式

【採掘】大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式



【揚収】水中ポンプ方式

【分離】海底分離方式

【採掘】吊り下げ式縦掘型掘削機方式

共通基盤技術

膜構造物の利活用に関する技術開発
貯留層物性・MH分解挙動の検討

【有望技術の特定に関する過程】

- 令和元年10月7日:委員会において、評価方針を策定
- 令和元年11月12～29日:各実施機関から提出されたプレゼンテーション資料を基に事前評価を実施
- 令和元年12月5日、12日:各実施機関によるプレゼンテーションを基に本評価を実施
- 令和２年2月28日:委員会において、評価を最終決定するとともに、有望技術を特定

5－2．各研究開発項目の内容

② 表層型メタンハイドレートについて

【1】生産技術の開発

ロ)回収・生産技術の研究開発

- 表層型メタンハイドレートの生産技術を「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）について評価を踏まえ、各分野ごとの技術開発及び生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を実施。

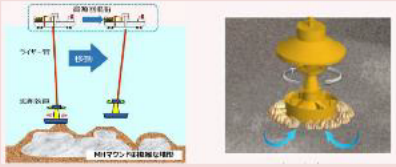
要素技術

大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式をベースとして、他の要素技術(分離/揚収)の組み合わせも考慮し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を進める。

採掘技術

【大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式】 ・三井海洋開発グループ

掘削性能に関する陸上試験の結果や技術課題の更なる検討は必要ではあるものの、掘削面に対する柔軟な対応が期待でき、操作性や環境負荷の面からも大口径ドリルの検討を今後は優先すべきである。



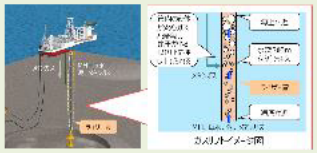
分離技術

MH、泥の比率が変動するため、現状では海底での分離は困難と考えられる。
一方で、船上分離方式でも分離効率に関する更なる技術検討に加えて泥水処理に関する法的整理も進めていくべきである。



揚収技術

どちらの方式にも優位性と課題があるため、MH特有の問題を考慮しつつ、他の要素技術(掘削/分離)との組み合わせや全体システムも念頭において技術開発を進めるのが望ましい。



ガスリフト方式

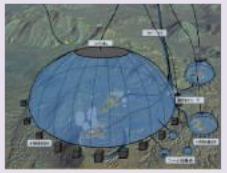


水中ポンプ方式
（海底熱水鉱床パイロット試験の水中ポンプ（JOGMEC提供））

共通基盤技術

要素技術との組み合わせの検討や生産システムとしての検討を行う上で必要な技術開発を実施。

【膜構造物の利活用】
・東京海洋大学グループ
【貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討】
・鳥取大学グループ



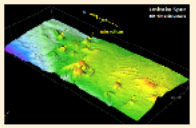
膜構造の利用



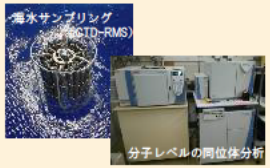
泥層内の分解挙動の把握のための物性測定

要素技術の開発や生産システムの検討に必要な調査・研究を実施。

【海洋調査・環境影響評価等】
・産業技術総合研究所



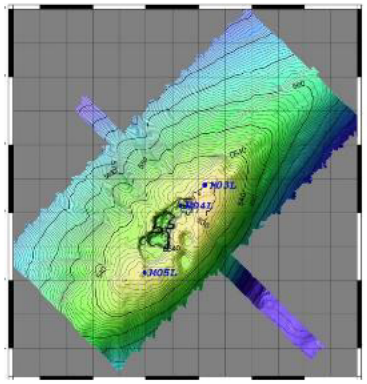
精密地下構造探査の一例



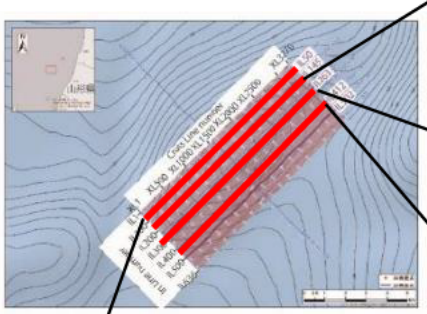
引き続き、研究開発ステージ毎に評価し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を実施。

②　表層型メタンハイドレートについて
【2】海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査
イ) 賦存状況等を把握するための海洋調査

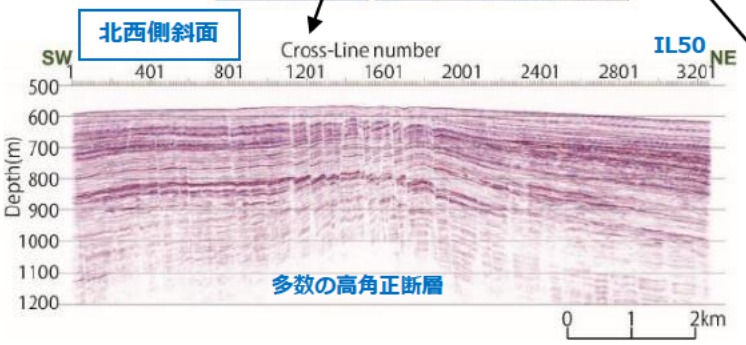
精密地下構造調査

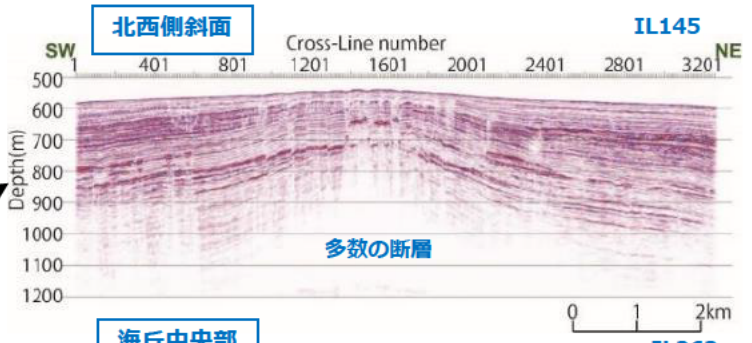


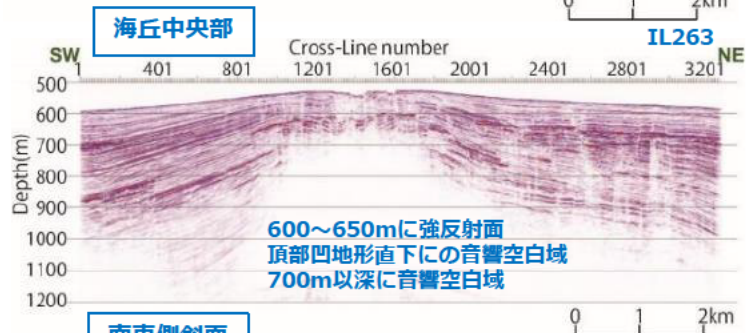
調査海域の海底地形
- 北東-南西方向の海丘
- 頂部水深：約530m
- 頂部に凹地形：MHが賦存
- LWD３点（2014年実施）

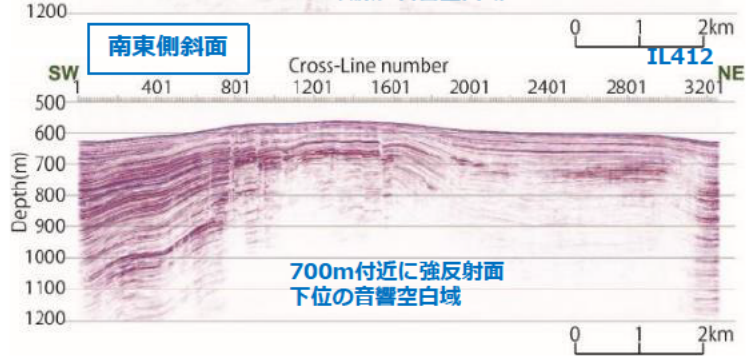


マイグレーション深度断面









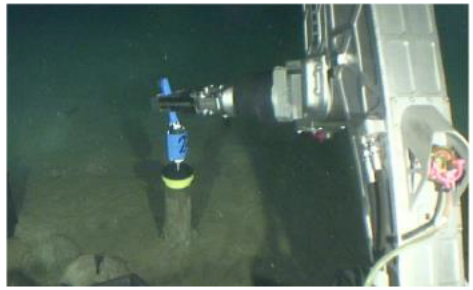
熱流量調査



地中温度計の設置



海底に設置した海底水温計



熱物性計測のための堆積物採取

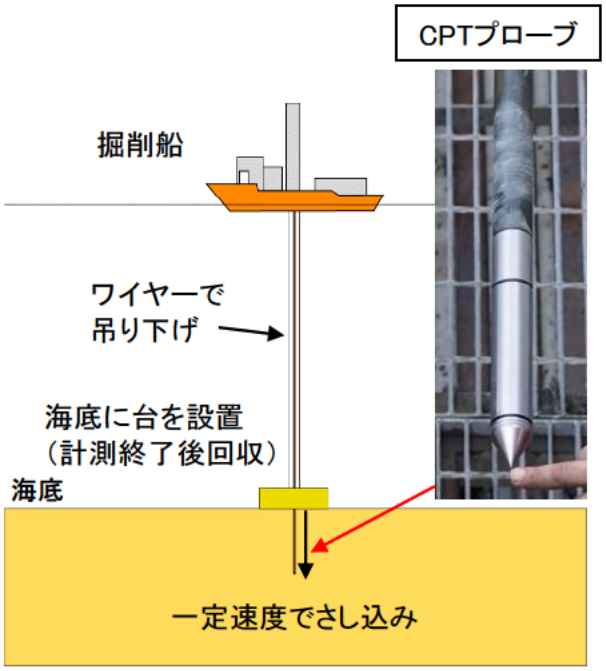
5－2．各研究開発項目の内容

②　表層型メタンハイドレートについて
【2】海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査
ロ) 海底の状況等を把握するための海洋調査

海底地盤強度調査



掘削調査船（POSEIDON-1）



海底現場状況調査



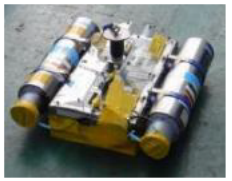




ROV母船（新世丸）

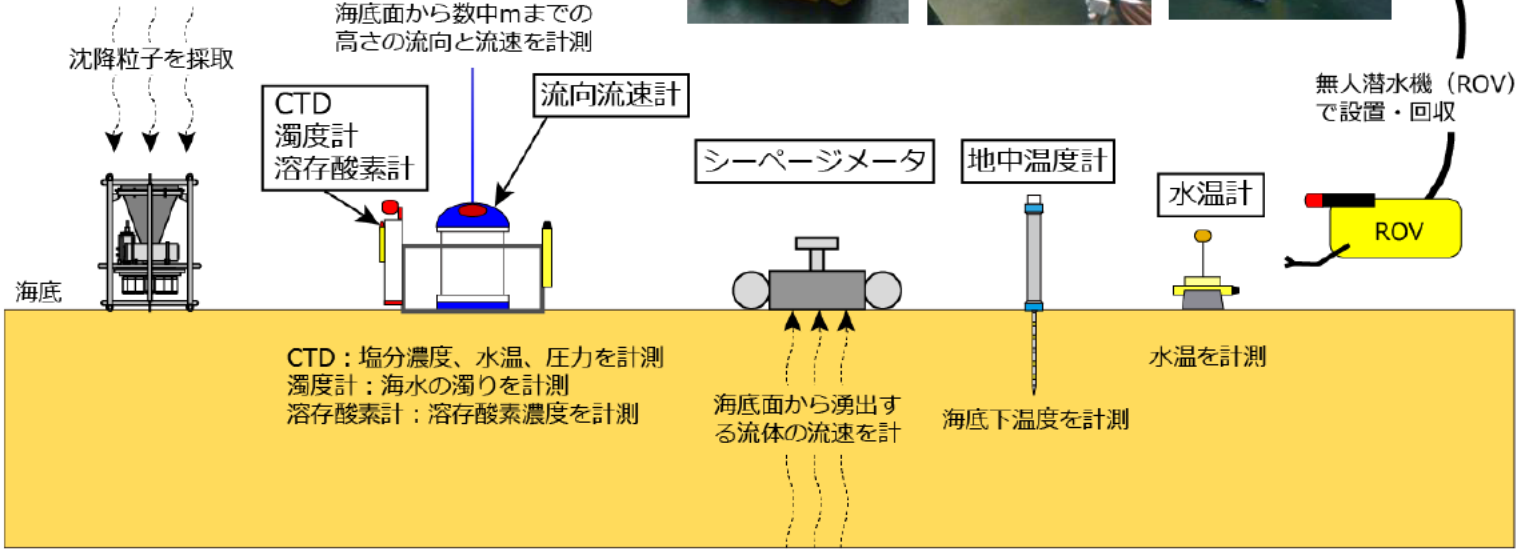


ROV（はくよう3000）









【3】環境影響評価

イ) 環境影響評価手法の検討

・技術・社会動向調査 / 表層型メタンハイドレート賦存海域の特性解明

表層型MHの環境影響評価の進め方と課題

予備的調査・研究 | 事前調査・研究 | 環境モニタリング

◆表層型ＭＨ海域の環境特性の解明
・生物特異性・連結性
・物質循環・食物連鎖
・海洋物理環境
◆技術・社会動向調査

連携

◆生産技術の開発
◆産出試験実施海域の選定

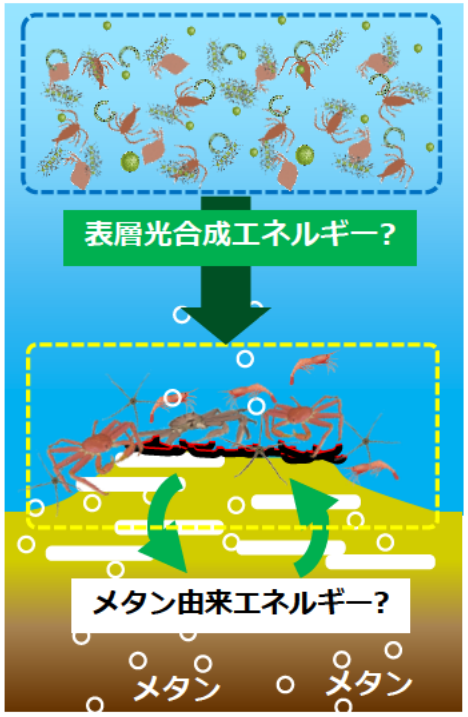
評価・監視項目決定 → 環境ベースライン調査 → 環境影響評価 → 保全対策の検討 → **海洋産出試験**（試験中監視） → 試験直後監視 → 追跡調査 → 長期的管理

1．予備的調査・研究：
表層型ＭＨはそもそもどんな環境なのか？
生物特異性・生態系、物質循環・食物連鎖、海洋物理環境の解明

2．事前調査・研究
開発によってどんな影響が生じうるか？
影響予測、評価・監視項目決定、環境ベースライン調査

3．環境モニタリング（試験に伴う影響監視）
生じうる影響をどう監視するか？
事中・事後・追跡調査、長期的管理

一例

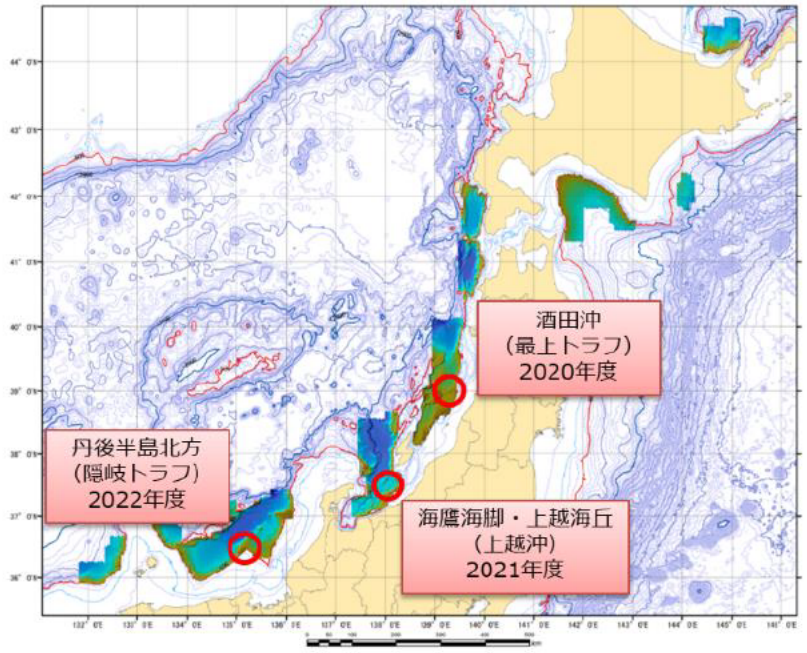


海底生物群集のエネルギー源は？

ロ) 海域環境調査

・表層メタンハイドレート賦存海域における環境パラメータ調査

海洋調査・海域環境調査の実施予定海域



	酒田沖	海鷹海脚・上越海丘（上越沖）
観測体制	海洋観測、海底環境調査を１隻（新世丸）・１航海、16日間	海洋観測：第1開洋丸（旧おしょろ丸）、8日間 海底環境調査：新世丸、18日間
海底環境	海丘上のマウンド	海丘・海脚上のマウンド
	水深帯：500～600 m	水深帯：900～1000 m
	ハイドレート露頭無し	ハイドレート露頭あり
	ガスシープ無し	ガスシープあり
	マッシブなMHは海底下数10m？	一部海底直下にガス溜りあり
	生物量は豊富（バイガイ）	生物量は豊富（ベニズワイガニ蝟集）
	バクテリアマット（白・黒）	バクテリアマット（白・黒・フィラメント状）









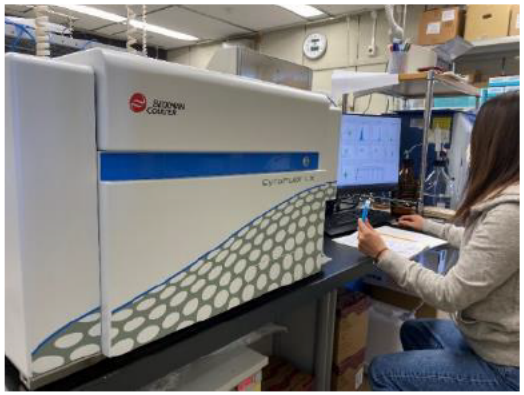


端脚類（ヨコエビ）

5－2．各研究開発項目の内容

ロ) 海域環境調査

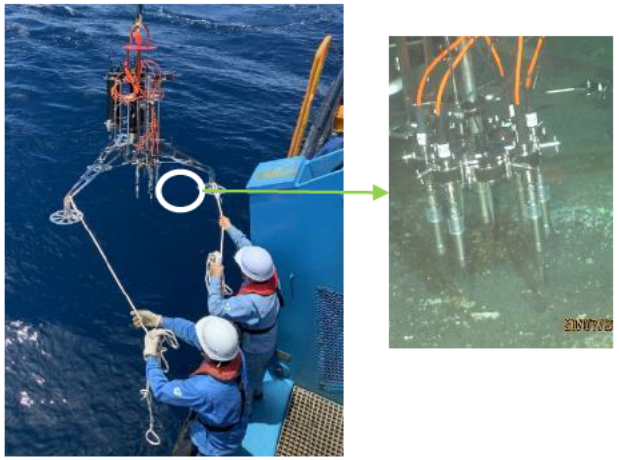
・環境ベースライン観測及び環境モニタリング手法の高度化・最適化



フローサイトメーター（群集組成）



次世代シーケンサー（遺伝子解析）



マイクロ電極を用いた堆積物表面の微細化学性状の分析（ラボ及び現場）

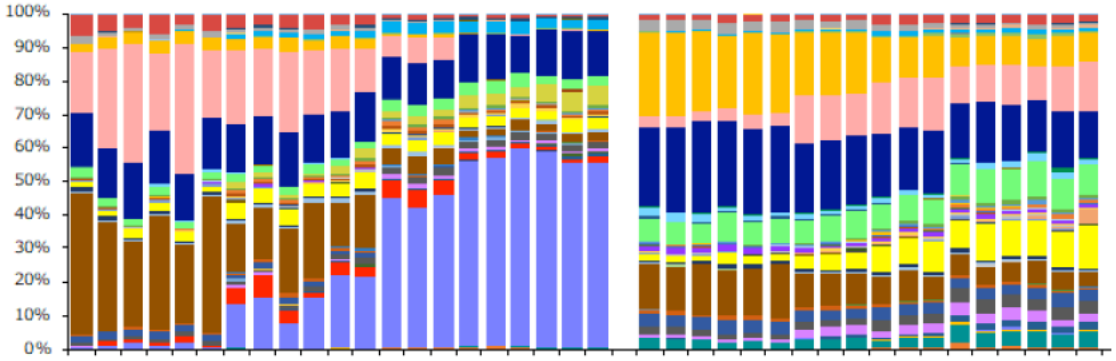


大型水槽による曝露試験：
濁度・メタン・貧酸素など

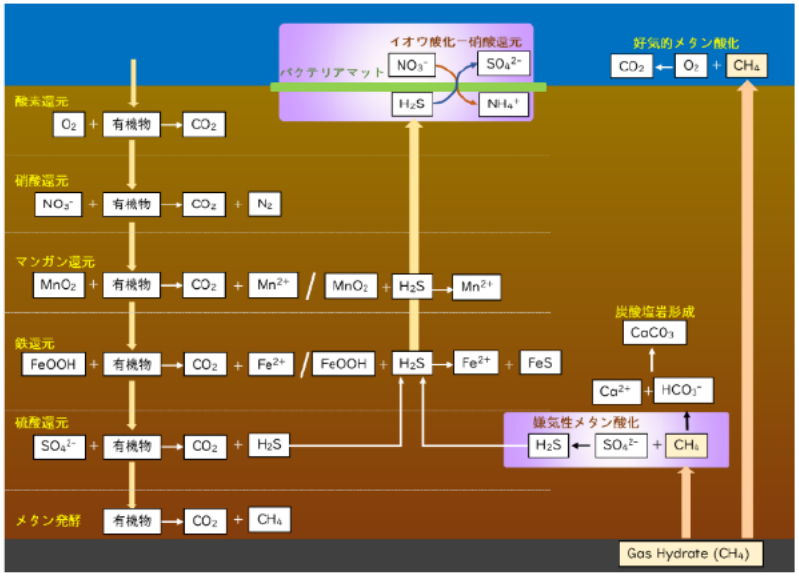
各種の化学/生化学分析・解析

有機物の安定同位体：食物網解析（準備中）
種々の化学分析：鍵となる反応・物質を抽出（メタン/イオウ/重金属）
網羅的遺伝子解析：鍵となる微生物群集を抽出（嫌気性メタン酸化/硫黄酸化細菌）

堆積物コアの細菌・古細菌群集構造解析結果（MH賦存域）



バクテリアマット内　　バクテリアマット外



MH賦存海域における生態系・物質循環モデルの構築

②　表層型メタンハイドレートについて
【4】長期的取り組み

個別研究開発項目	実績
イ)経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討	商業化に必要な条件の検討を行うために、商業生産直前まで進展した海底熱水鉱床開発プロジェクトにおいて、一部が公表されている採鉱システムをベースに、表層型メタンハイドレートの開発モデルを仮定して、基礎的な経済性評価モデルの検討を進めている。また、技術開発を効率的に進めていくために、外部有識者による検討、整理を適宜進めている。
ロ)成果の普及・情報公開	ホームページによる情報発信のほか、「表層型メタンハイドレートの研究開発」に関する成果報告会を2019年11月29日(参加者113名)、2020年12月17日(参加者244名)、2021年12月3日(参加者264名)に開催している。これまでに、リモート発表も含め、本プロジェクトに参画している民間企業、大学などからもご講演をいただいた。 また、国内外の大学、エンジニアリング会社、地球科学関係企業など業界の内外からも広く参加があり、成果報告会での質疑応答では、参加者と講演者の双方向のやりとりができる機会となっている。



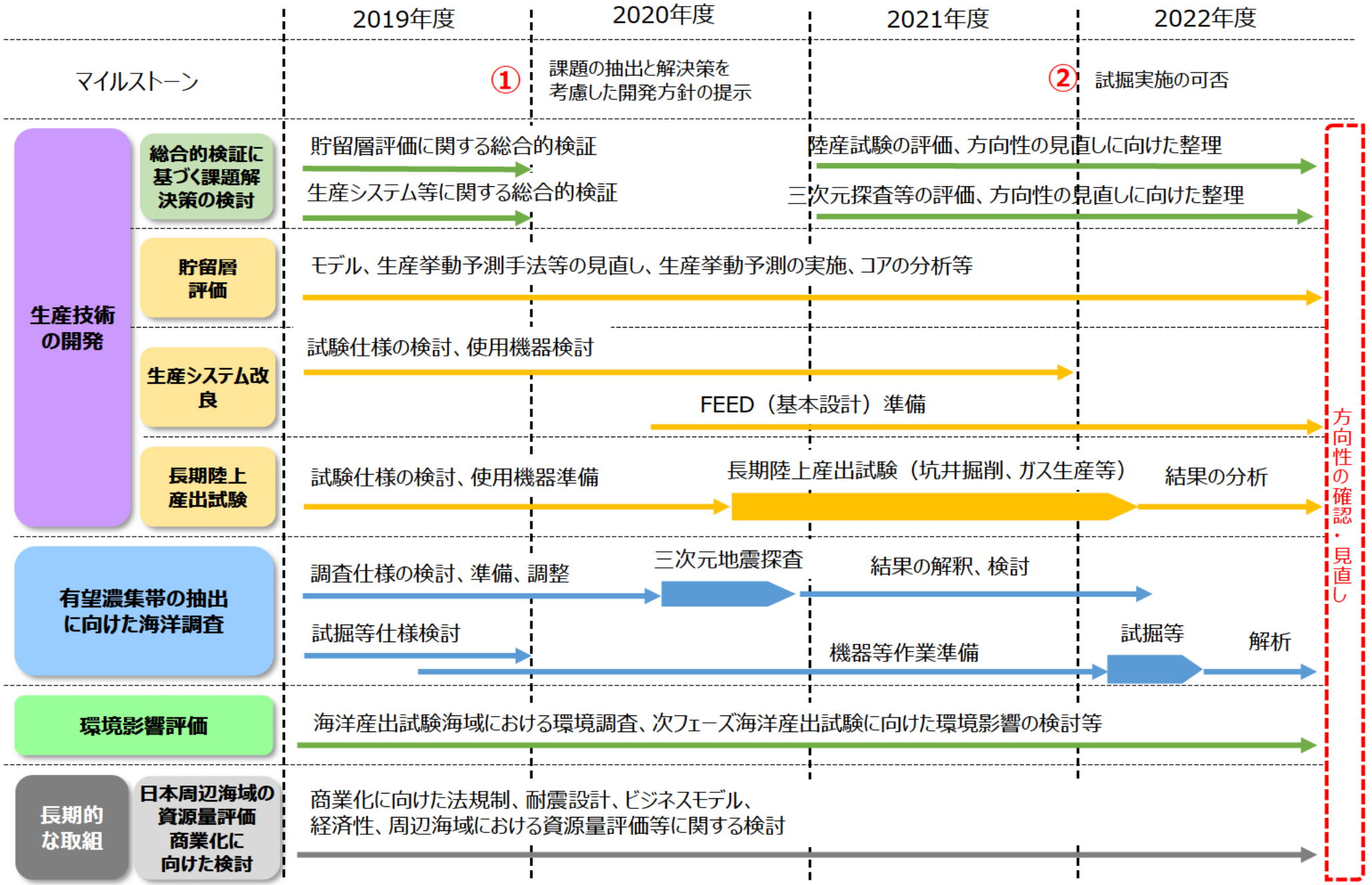




6－1．研究開発計画

砂層型メタンハイドレートの開発の2019年度～2022年度の実施スケジュール

※研究開発計画策定時点のもの



砂層型メタンハイドレート研究開発フェーズ４（2019～2022年度）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。

生産技術

■ 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。**（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。）**

資源量評価

■ 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。
（候補地点の存在する濃集帯の資源量が、１００億立方メートル以上を満たすと評価されていること。）

【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。
- 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。

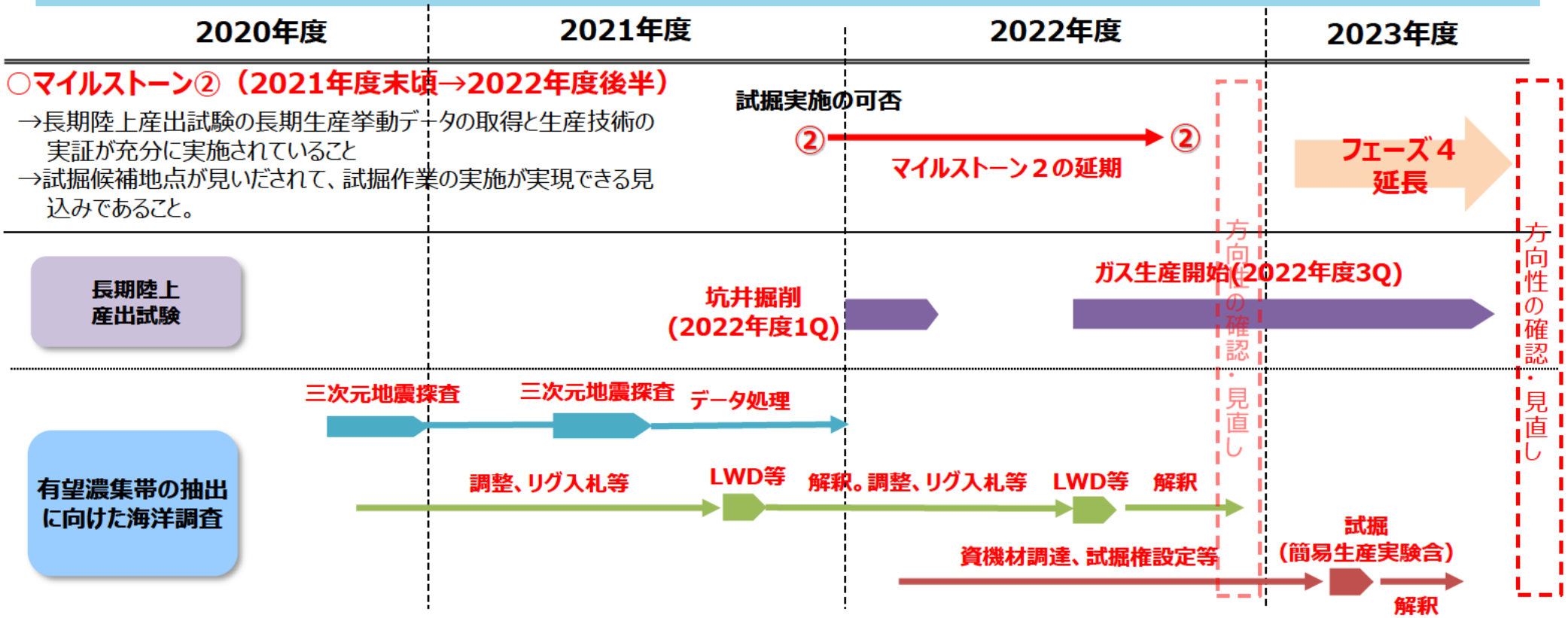
砂層型メタンハイドレートの研究開発実施スケジュールについて

- 砂層型については、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画で定めた工程表をベースに、**今フェーズの研究開発期間を2019年度から2022年度の４年間**として、実行計画を策定し、研究開発を実施しているところ。
- 今フェーズからは、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、次のステージの移行条件を明確化している。
- **マイルストーン②**として、**長期陸上産出試験及び有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査を踏まえ、試掘実施の可否するための中間目標を設定**しているところ。
- **長期陸上産出試験**については、**主要鉱区権者であるBPの権益売却や度重なる新型コロナ感染症の流行等**により、**実施スケジュールが大幅に遅延**している。そのため、当初2020年度末には掘削を開始する予定が、現時点でまだ掘削が開始されておらず、**2022年度になってからの掘削開始、2022年度3Qからの生産開始を予定**している。
- **有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査**については、三次元物理探査船「たんさ」が昨年度ほぼ１年間故障のため稼働していなかったため、有望濃集帯候補地の三次元地震探査データが取得出来ておらず、事前調査のLWD等も今年の12月に行うなど、**簡易生産実験を含む試掘を実施する準備が整ってない状況**である。
- そのため、**プロジェクト全体の実施スケジュールの見直し**を行うこととし、**マイルストーン②を2022年度後半**へ、**研究開発期間を2023年度末まで延長**することとする。
- **なお、メタンハイドレートの研究開発については、第６次エネルギー基本計画のとおり**、**可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進**する。

6－1．研究開発計画

実施スケジュールの見直しについて

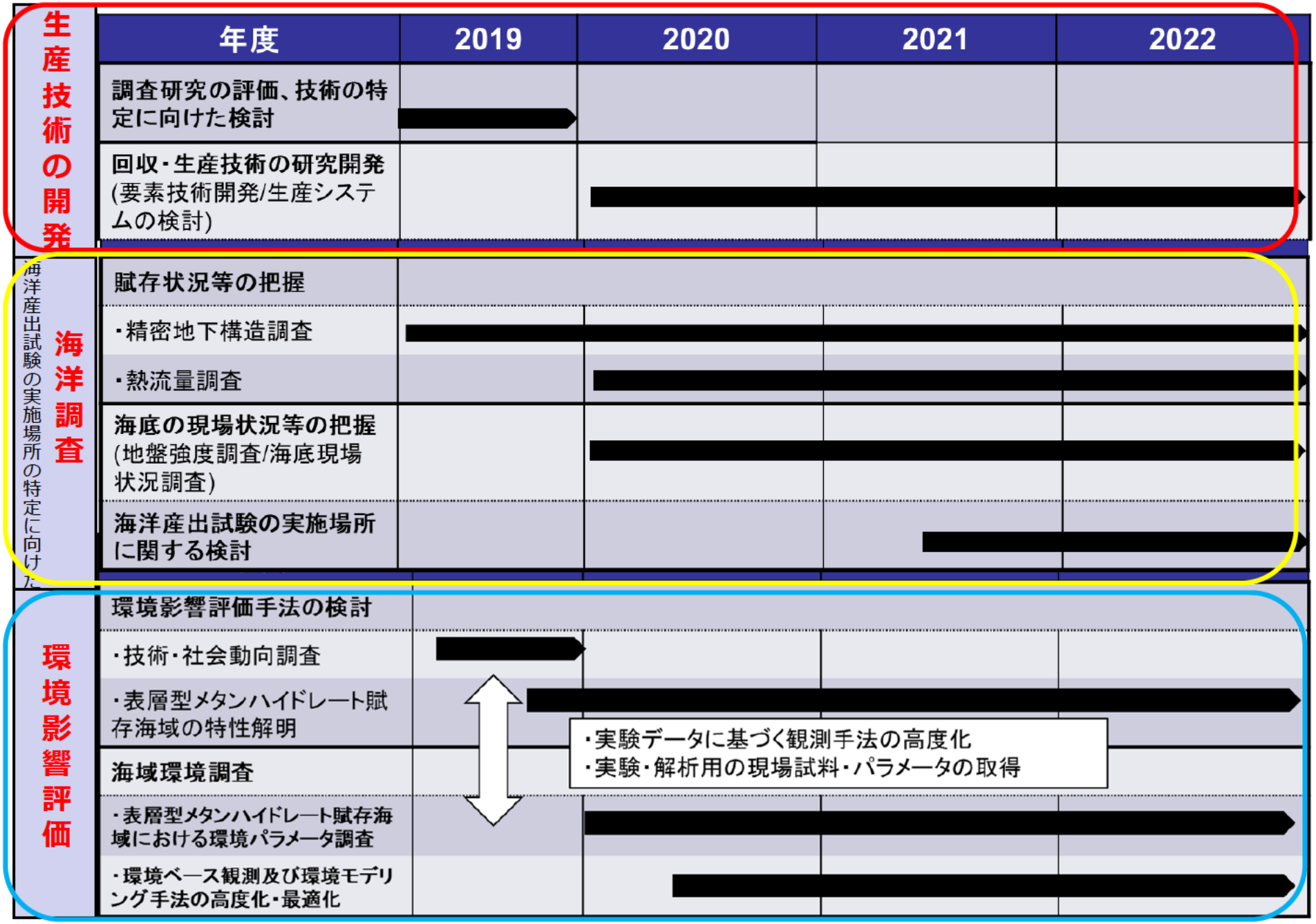
- **2021年度末のマイルストーン**については、**①長期陸上産出試験が開始され一定期間データが取得されるタイミング**、**②有望濃集帯の抽出に向け、三次元物理探査、LWD等の事前掘削が実際された後のタイミング**である**2022年度後半へ延期**することとする。
- また、今フェーズの**研究開発期間**は、2022年度末に方向性の確認・見直しを実施し総括することで終了する予定であったが、**現状の実施スケジュールの遅延状況、マイルストーン②の延期等を踏まえ、1年間延長し、2023年度末までとする**。
- なお、研究開発自体は、第６次エネルギー基本計画のとおり、**可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進**する。



6－1．研究開発計画

表層型メタンハイドレートの開発の2019年度～2022年度の実施スケジュール

※研究開発計画策定時点のもの



６－１．研究開発計画

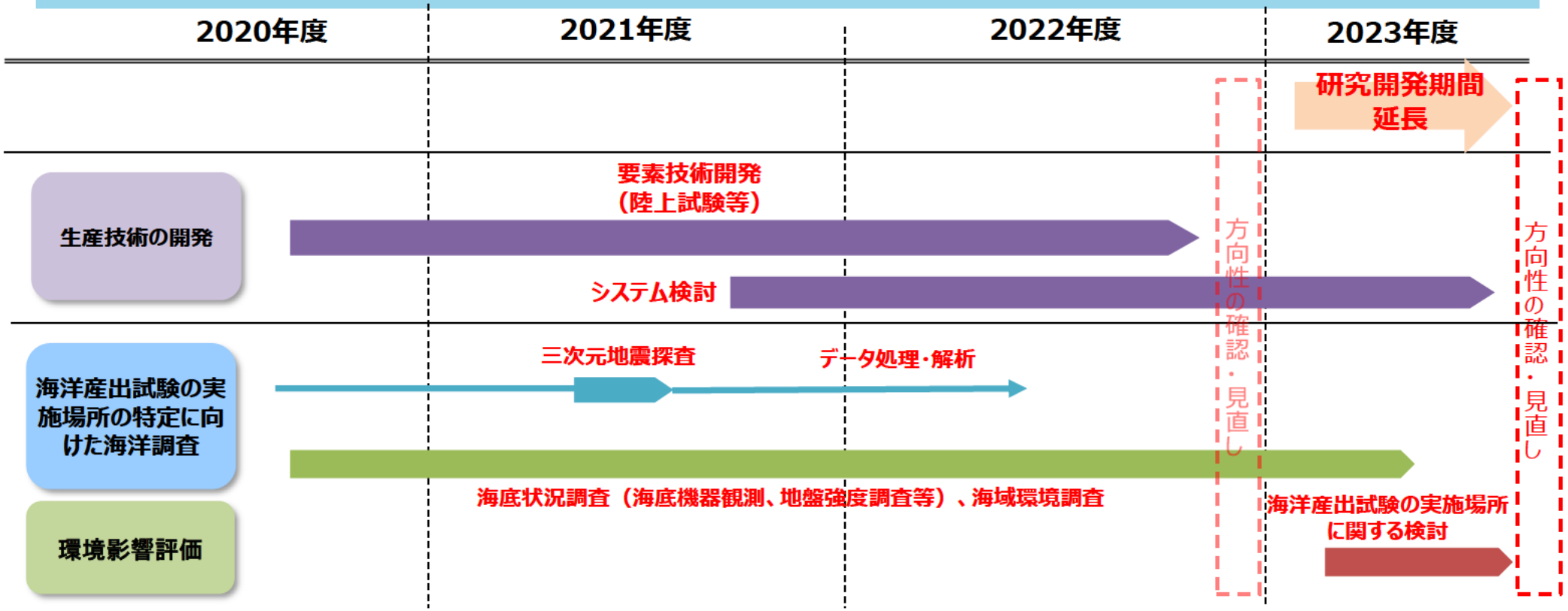
表層型メタンハイドレートの研究開発実施スケジュールについて

- 表層型については、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画で定めた工程表をベースに、**研究開発期間を2019年度から2022年度の４年間**として、実行計画を策定し、研究開発を実施しているところ。
- **生産技術**については、今事業実施期間以前から実施してＦＳ調査をベースに、**2019年度に要素技術毎に有望技術の特定**を実施し、**2020年度から本格的な研究開発を実施**しているところ。
- 今年度は、**昨年度の研究結果を評価し、**引き続き、**各要素技術の研究開発を進めるとともに、組み合わせを考慮した生産システムの検討を実施**していく予定。
- **海洋調査・環境影響評価**については、**３つのモデル調査海域を中心に海底状況調査等を実施**しており、データ取得を実施中。一方で、**新型コロナ感染症の流行により、航海が一部先送り**されたこと、また、**漁期を考慮した実施時期の見直し・調整等**により、**海洋調査の実施スケジュールが一部遅延**している。
- 海洋調査として、**今研究開発期間において、海洋産出試験の実施場所に関する検討**することになっているが、現在のスケジュールでは、**検討するための全ての海域のデータを2022年度中に取得することが困難**な状況である。
- そのため、**プロジェクト全体の実施スケジュールを見直し**を行うこととし、**研究開発期間を2023年度末へ延長**することとする。
- **なお、メタンハイドレートの研究開発については、第６次エネルギー基本計画のとおり、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進**する。

6－1．研究開発計画

実施スケジュールの見直しについて

- **生産技術開発**について、**要素技術開発は陸上試験等を2022年度まで実施する予定**であり、**各要素技術の組み合わせも考慮した生産システムの検討は2023年度まで実施**することとなる。
- また、**海洋調査・環境影響評価**についても、**全ての海域でのデータ取得が2022年度までには揃わない**ことから、**海洋産出試験の実施場所に関する検討は2023年度に実施**することとなる。
- そのため、**本研究開発期間を1年間延長し、2023年度末**までとする。
- なお、研究開発自体は、第６次エネルギー基本計画のとおり、**可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進**する。



6－2．資金配分

（単位：億円）

研究開発項目	2002FY	2003FY	2004FY	2005FY	2006FY	2007FY
砂層型メタンハイドレート	30.0（委託）	55.0（委託）	67.0（委託）	39.8（委託）	39.8（委託）	40.1（委託）
表層型メタンハイドレート	－	－	－	－	－	－
計	30.0	55.0	67.0	39.8	39.8	40.1

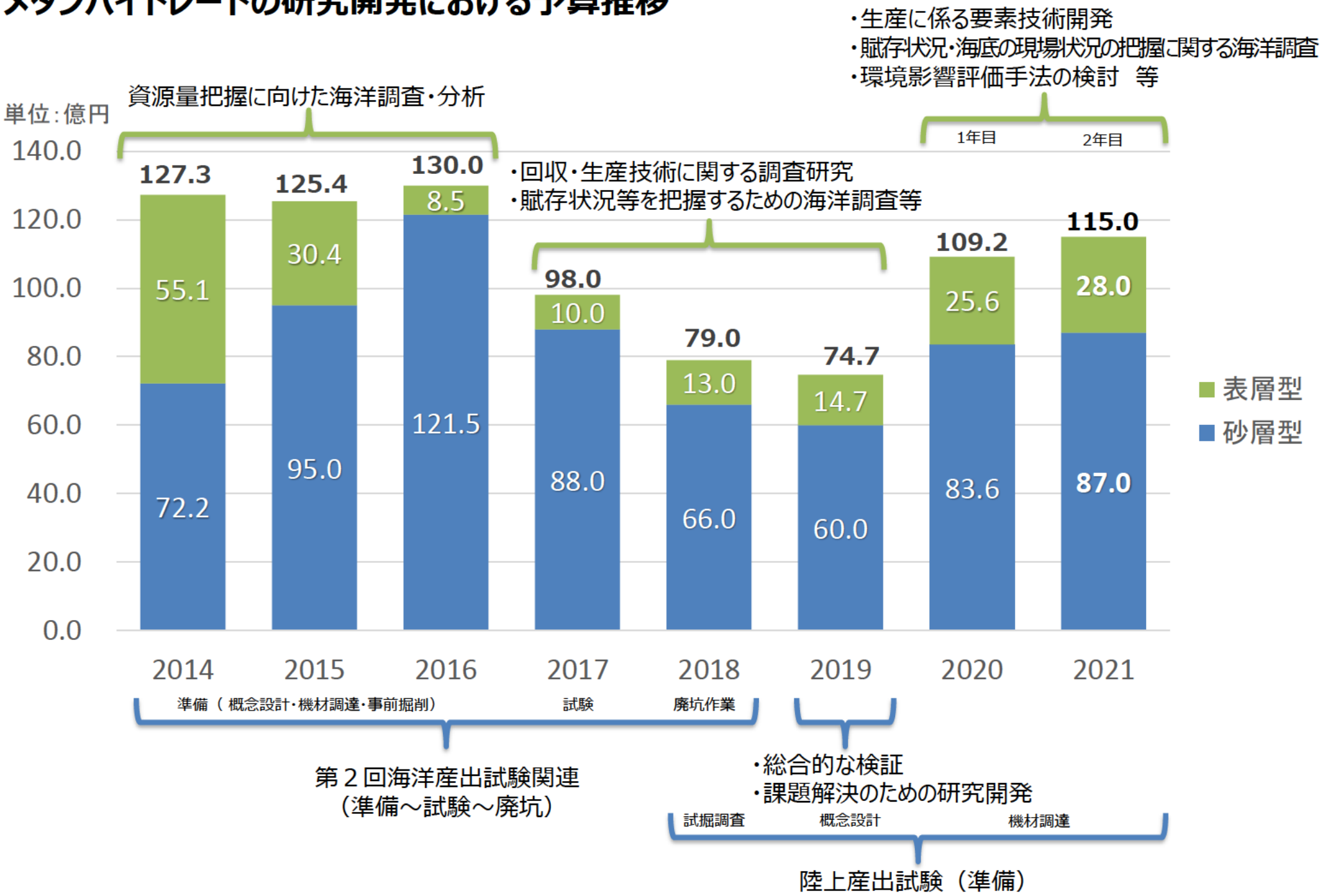
研究開発項目	2008FY	2009FY	2010FY	2011FY	2012FY	2013FY
砂層型メタンハイドレート	25.3（委託）	45.3（委託）	45.4（委託）	89.3（委託）	110.6（委託）	76.4（委託）
表層型メタンハイドレート	－	－	－	－	－	10.9（委託）
計	25.3	45.3	45.4	89.3	110.6	87.3

研究開発項目	2014FY	2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY
砂層型メタンハイドレート	72.2（委託）	95.0（委託）	121.5（委託）	88.0（委託）	66.0（委託）	60.0（委託）
表層型メタンハイドレート	55.1（委託）	30.4（委託）	8.5（委託）	10.0（委託）	13.0（委託）	14.7（委託）
計	127.3	125.4	130.0	98.0	79.0	74.7

研究開発項目	2020FY	2021FY	計
砂層型メタンハイドレート	83.6（委託）	87.0（委託）	1,337.5
表層型メタンハイドレート	25.6（委託）	28.0（委託）	196.2
計	109.2	115.0	1,533.7

6－2．資金配分

メタンハイドレートの研究開発における予算推移

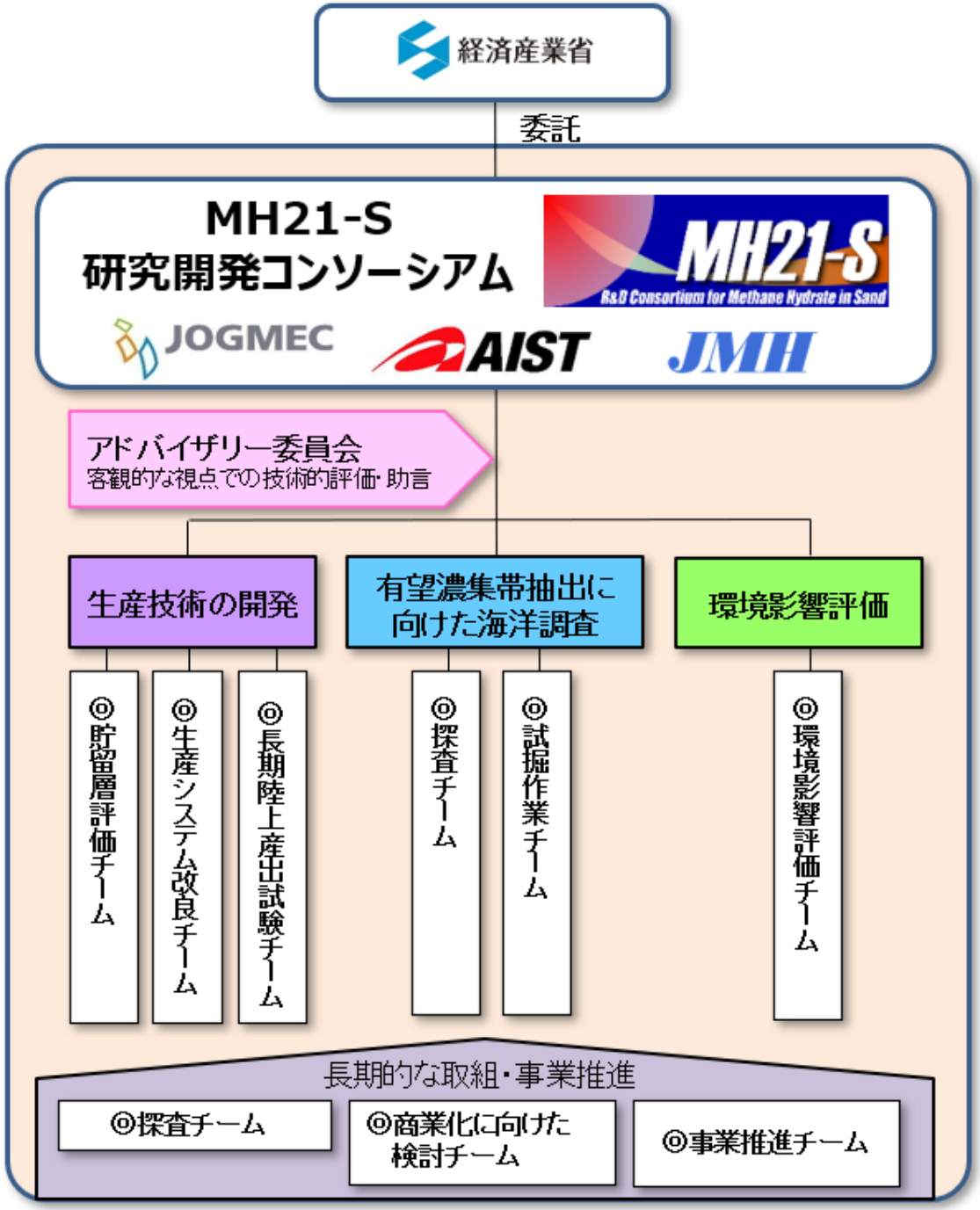


6－3．研究開発の実施・マネジメント体制等

① 砂層型メタンハイドレートについて

フェーズ４の実施体制

１）JOGMEC、AIST及びJMHの三者でコンソーシアム（MH21－S研究開発コンソーシアム）を組織。
２）フェーズ４から、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ったことにより、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。
３）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。
４）アドバイザリー委員会などを通じて外部の視点と意見を積極的に取り入れる。
５）月一度の業務連絡会を実施し、各法人の実施責任者であるプロジェクトマネージャー、各チームに配置したチームリーダーが進捗報告をするなどして、経済産業省、各組織間、チーム間の連携を図っている。



JOGMEC：石油天然ガス・金属鉱物資源機構
AIST：産業技術総合研究所
JMH：日本メタンハイドレート調査（株）

② 表層型メタンハイドレートについて

表層型メタンハイドレートの研究開発は、産業技術総合研究所内の関連する複数の領域部門(エネルギープロセス研究部門、環境創生研究部門、地圏資源環境研究部門、地質情報研究部門)にて、連携して研究開発を進めている。
また、月一度の表層型全体ミーティングを実施し、研究課題に関する進捗報告をするなどして、関係者の連携を図っている。

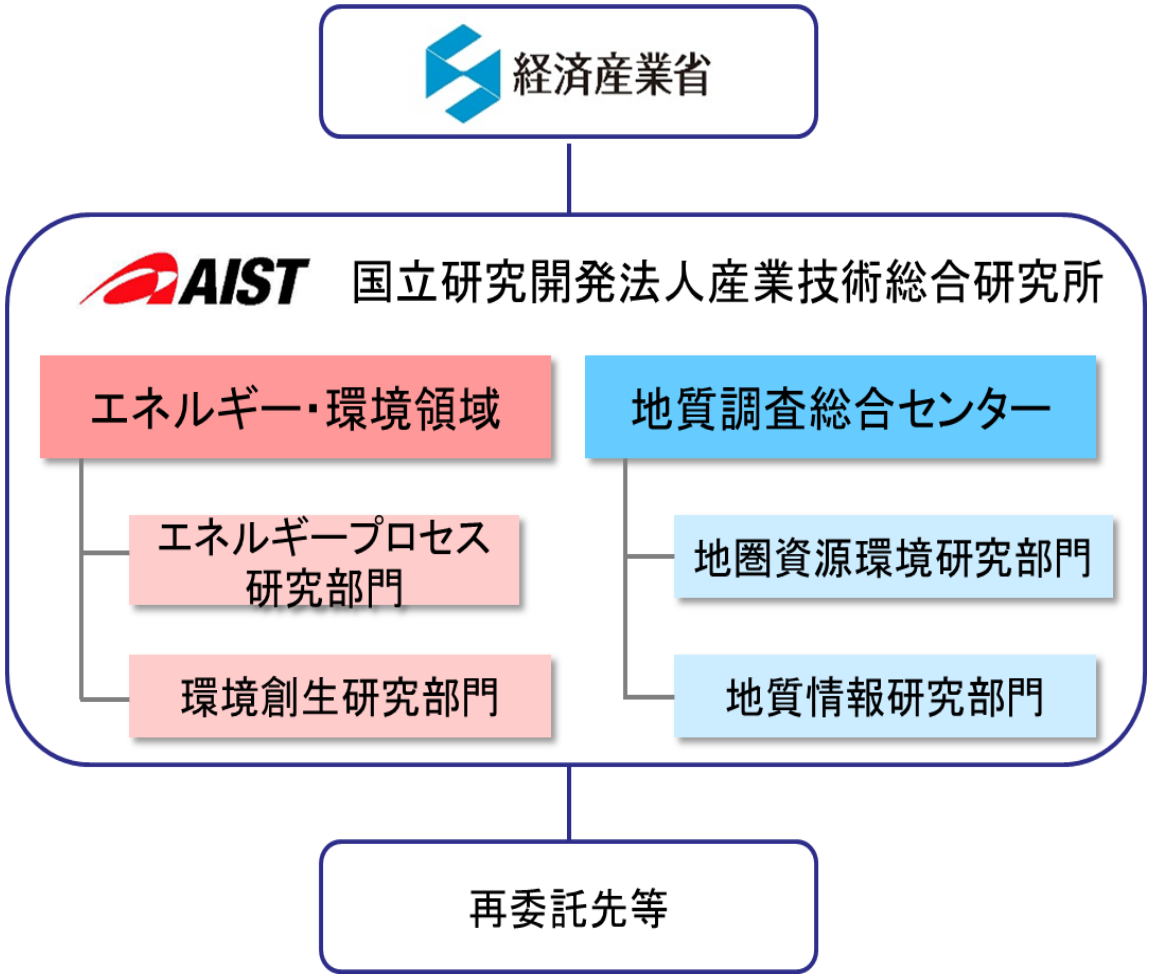


図 表層型メタンハイドレートの研究開発に係る実施体制

６－４．知財や研究開発データの取扱い

① 砂層型メタンハイドレートについて

１）研究開発データの扱い

国との委託契約に基づき、三者コンソーシアムから提出している「データマネジメント届出書」の内容に沿って、安全保障上の理由から、以下については、プロジェクト参加者のみの共有に限定している。

・日本周辺海域の地質情報に関するデータ
・米国の地質情報に関するデータ

２）知財の扱い

三者コンソーシアムにて合意書を締結し、以下を主な内容とする知的財産マネジメント要領を定めている。

・三者は当該事業に関する秘密である旨を明示された技術上の一切の情報を秘密として保持する
・成果を第三者に開示する場合には所定の手続きを経る
・発明等をなした場合には国との委託契約に基づく手続きを実施する
・出願により権利化をする場合、原則として、国内だけでなく権利化が必要と判断される国も含める
・三者コンソーシアム間では自法人が保有する知的財産権については、原則として、権利を行使しない
・経済産業省のガイドラインを参考にし、判断が必要な場合は、知財運営委員会にて審議して決定する

６－４．知財や研究開発データの取扱い

② 表層型メタンハイドレートについて

１）研究開発データの扱い

- 国との委託契約に基づき、研究開発データについてはデータマネジメントプランを作成し、本プロジェクトで得られる日本周辺海域の海洋調査で得られるデータについては、安全保障上の理由から、プロジェクト参加者のみの共有に限定している。

２）知財の扱い

- また知的財産については、再委託先等と知的財産及びデータの取扱いに関する合意書を締結し、当該プロジェクトに関する秘密である旨を明示された技術上の一切の情報を秘密として保持すること、当該プロジェクトにて得られた成果を第三者に開示する場合には全てのプロジェクト参加者の承認を得ること、当該プロジェクトにより発明等をなした場合には国との委託契約に基づく手続きを実施すること、出願により権利化をするにあたっては国内だけでなく権利化が必要と判断される国においても権利化することを原則とすること、本要領の解釈は経済産業省のガイドラインを参考にするものとし判断が必要な場合は別途定めた知財運営委員会運営要領により設置される知財運営委員会にて審議して決定すること等、を取り決めて知財や研究開発データを取扱っている。

７－１．研究開発目標（事業アウトプット）

①　砂層型メタンハイドレートについて
イ）【マイルストーン①】（2019年度末頃）

研究開発項目		中間目標（2019年度末頃）	設定（変更）理由
【1】生産技術の開発	イ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討	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。	これまでの成果のとりまとめ・知見の整理を通して進捗・成果を確認し、それらを踏まえて解決すべき課題を明確化することにより、目標・実施内容の見直しを図り、技術課題の解決に向けたより効果的・効率的な取り組みにつなげるために設定した。

7－1．研究開発目標（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち、【1】生産技術の開発

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	設定（変更）理由
【1】生産技術の開発	ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）	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年度末に当該中間目標（マイルストーン②）の評価を実施して進捗確認をし、目標・実施内容の見直しをする予定であったが、主要鉱区権者の権益売却や度重なる新型コロナ感染症の流行等により、実施スケジュールが大幅に遅延し、掘削開始が、2022年度前半、ガス生産開始が2022年度後半の予定になっている。 よって、長期陸上産出試験が開始され一定期間データが取得されるタイミングである2022年度後半へ延期した。
	ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）		
	二）長期陸上産出試験		

7－1．研究開発目標（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	設定（変更）理由
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	イ）三次元地震探査の準備・実施・解析	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年度末に当該中間目標（マイルストーン②）の評価を実施して進捗確認をし、目標・実施内容の見直しをする予定であったが、三次元物理探査船「たんさ」が2020年度ほぼ１年間故障のため稼働していなかったため、有望濃集帯候補地の三次元地震探査データの取得が2021年度となり、2021年度のLWD等の掘削では前述データの一部しか反映できていないため、2022年度に再度LWD等の掘削が必要となった。 よって、試掘候補地点の選定に必要なこれらのデータが揃う後のタイミングである2022年度後半へ延期した。
	ロ）試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施		

7－1．研究開発目標（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ハ）【目標】（2023年度）のうち、【1】生産技術の開発

研究開発項目		目標（2023年度）	設定（変更）理由
【1】生産技術の開発	ロ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討	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。 イ）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。 ロ）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）が見込めることが示されること。 ハ）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。 二）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。	今フェーズの研究開発期間は、2022年度末に方向性の確認・見直しを実施し総括する予定であったが、現状の実施スケジュールの遅延状況、マイルストーン②の延期等を踏まえ、1年間延長し、2023年度末までとする。
	ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）		
	ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）		
	二）長期陸上産出試験		

7－1．研究開発目標（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ハ）【目標】（2023年度）のうち、
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査及び【3】環境影響評価

研究開発項目		目標（2023年度）	設定（変更）理由
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	イ）三次元地震探査の準備・実施・解析 ロ）試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施	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。 イ）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。 ロ）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。 ハ）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。	今フェーズの研究開発期間は、2022年度末に方向性の確認・見直しを実施し総括する予定であったが、現状の実施スケジュールの遅延状況、マイルストーン②の延期等を踏まえ、1年間延長し、2023年度末までとする。
【3】環境影響評価	イ）環境影響評価		

７－１．研究開発目標（事業アウトプット）

② 表層型メタンハイドレートについて

イ）【目標】（2019年度末頃）

研究開発項目		2019年度の目標	設定（変更）理由
【1】生産技術の開発	イ) これまでの調査研究成果の評価と有望技術の特定に向けた検討	イ） 表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究成果の取りまとめ、評価を行い、有望な回収・生産技術を特定する。	2016年度から回収技術の調査研究を実施しており、有望な回収・生産技術を特定するために設定した。

7－1．研究開発目標（事業アウトプット）

② 表層型メタンハイドレートについて

ロ）【目標】（2023年度末頃）

研究開発項目		2023年度の目標	設定（変更）理由
【1】生産技術の開発	ロ) 回収・生産技術の研究開発	ロ） 表層型メタンハイドレートの回収・生産に係る要素技術等の研究開発を行い、成果の評価や検証等を通じて、生産システムの具現化に向けた検討を行う。	生産技術開発について、要素技術開発は陸上試験等を2022年度まで実施する予定であり、各要素技術の組み合わせも考慮した生産システムの検討は2023年度まで実施することとなる。 また、海洋調査・環境影響評価についても、すべての海域でのデータ取得が2022年度までには揃わないことから、海洋産出試験の実施場所に関する検討は2023年度に実施することとなる。 そのため、本研究開発期間を１年間延長し、2023年度末までとする。
【２】海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査	イ) 賦存状況等を把握するための海洋調査 ロ) 海底の状況等を把握するための海洋調査 ハ) 海洋産出試験の実施場所に関する検討	イ） 海洋調査を通じて、表層型メタンハイドレートの賦存状況や、生産技術の開発に必要な海底状況を把握する。 ロ） 上記の調査結果等を踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う。	
【３】環境影響評価	イ) 環境影響評価手法の研究 ロ) 海域環境調査	イ） 表層型メタンハイドレートの海洋産出試験等が海洋環境に及ぼす潜在的な影響の度合いやその時空間スケールを事前に予測する環境影響評価技術の構築に向け、メタンハイドレート賦存海域の物理・化学及び生物学的特性に関する知見とデータを蓄積する。 ロ） 表層型メタンハイドレートの海洋産出試験等について、事前の環境ベースラインデータの取得や試験期間中・終了後の環境モニタリング手法の構築に向けた検討を行う。	

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
イ）【マイルストーン①】（2019年度末頃）

研究開発項目		中間目標（2019年度末頃）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	イ） 総合的な検証に基づく課題解決策の検討	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。	総合的検証に基づく技術課題の抽出と解決策の検討を取りまとめ、アドバイザリー委員会、開発実施検討会にて外部有識者にご議論頂き、以降の技術課題の解決に向けた取り組みに反映した。	達成	

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち、【１】生産技術の開発

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）	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。	第2回海洋産出試験のコア分析を進め、地震探査データ、物理検層解析結果、モニタリングデータ等と合わせた統合的な解析を実施、地質・貯留層モデルを更新し貯留層シミュレーションにより、予測と実際の生産量等のかい離の要因を推定した。 アラスカ長期陸上産出試験に向け、層序試錐井で得られたデータ、地震探査データ等に基づく二次元及び三次元の地質・貯留層モデルを構築し生産挙動予測、感度解析等を実施した。	一部達成	アラスカ陸上産出試験に係るスケジュールの遅れに伴い、陸上産出試験で得られるデータの評価、それを用いた解析作業や生産量予測等の信頼性の向上に資する検討は未実施。 2022年度前半の坑井掘削、後半の産出試験開始を見込んでいる。

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち、【１】生産技術の開発

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）	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。	次フェーズ海洋産出試験に向けたシステムを対象に、一連の準備作業としての基本仕様設定や基礎技術の検討を継続的に実施している。 また、過去の海洋産出試験において認識された安定生産阻害要因の抽出を実施しており継続的に解決策の検討を実施している。	一部達成	マイルストーン②が予定されている2022年度後半に達成の見込み
	二）長期陸上産出試験		産出試験実施に向け、オペレータ選定、試験の詳細実施計画策定作業等は進めてきたものの、坑井（データ取得井及び生産井）の掘削・仕上げ作業、産出試験の実施には至っていない。	一部達成	PBU鉱区オペレータの交替、新型コロナウィルスの影響等により、全体スケジュールの大幅な遅延を余儀なくされた。 2022年度前半の坑井掘削、後半の産出試験開始を見込んでいる。

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち、【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	イ）三次元地震探査の準備・実施・解析	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。	2019年度より三次元地震探査データ収録に向け基礎物理探査へ応募し仕様を協議。希望する海域でのデータ収録がなされ、メタンハイドレート賦存層を重視した処理が適用された。得られたデータにて濃集帯解釈を実施し、100億m^3以上の原始資源量が期待される規模であることを確認し、事前調査井の掘削位置検討に活用された。 今後公開される海域のデータに関しても、2022年度掘削位置の検討に活用し、また、掘削された濃集帯の原始資源量評価や貯留層特性評価に活用される。	一部達成	マイルストーン②が予定されている2022年度後半には有望濃集帯がある全海域にて調査が終了し、試掘作業に向けた評価が達成されている見込み

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ロ）【マイルストーン②】（2022年度後半）のうち、【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

研究開発項目		中間目標（2022年度後半）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	ロ）試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施	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。	簡易生産実験に用いる試験機器等について詳細設計を完了した。2022年度に機器を製造し、2023年度には簡易生産実験を実施できる見込みである。 簡易生産実験の掘削位置選定準備として濃集帯候補の評価に資するデータを取得するため、5坑の調査井を掘削し、必要な地質・貯留層データや地層コアサンプルを取得した。 2022年度も、追加の調査井掘削を行い必要なデータを取得し、これらのデータと他条件等を基に掘削位置を決め、2023年度には試掘（簡易生産実験）を実施できる見込みである。	一部達成	今後、計画通りに業務が進めば、マイルストーン②が予定されている2022年度後半に達成の見込みである。

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ハ）【目標】（2023年度）のうち、【１】生産技術の開発

研究開発項目		目標（2023年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	イ）総合的な検証に基づく課題解決策の検討 ロ）貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上） ハ）生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良） ニ）長期陸上産出試験	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。 イ）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。 ロ）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）が見込めることが示されること。 ハ）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。 ニ）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。	現在、マイルストーン②の目標達成に向け事業を実施。	ー	2022年度後半のマイルストーン②の評価を踏まえ、目標達成向け、事業を実施する予定。

7－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて
ハ）【目標】（2023年度）のうち
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査及び【3】環境影響評価

研究開発項目		目標（2023年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【２】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	イ）三次元地震探査の準備・実施・解析	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。 イ）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。 ロ）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）※1を満たすと評価されること ハ）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。	現在、マイルストーン②の目標達成に向け事業を実施。	ー	2022年度後半のマイルストーン②の評価を踏まえ、目標達成向け、事業を実施する予定。
	ロ）試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施				
【3】環境影響評価	イ）環境影響評価				

7－2. 研究開発の成果（事業アウトプット）

② 表層型メタンハイドレートについて
イ）【目標】（2019年度）

研究開発項目		2019年度の目標	成果･意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	イ) これまでの調査研究成果の評価と有望技術の特定に向けた検討	表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究成果の取りまとめ、評価を行い、有望な回収・生産技術を特定する。	6提案の調査研究成果の評価を行い、有望技術の特定を達成した。	達成	

② 表層型メタンハイドレートについて
ロ）【目標】（2023年度）

研究開発項目		2023年度の目標	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
【1】生産技術の開発	ロ) 回収・生産技術の研究開発	ハ）表層型メタンハイドレートの回収・生産に係る要素技術等の研究開発を行い、成果の評価や検証等を通じて、生産システムの具現化に向けた検討を行う。	2020年度の研究結果を評価し、引き続き、各要素技術の研究開発を進めるとともに、組み合わせを考慮した生産システムの検討を実施する予定。	一部達成	2023年度の方向性の確認・見直しに向け、生産技術の技術開発、海洋産出試験の実施の特定に向けた海洋調査、環境影響評価について実施する予定。
【２】海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査	イ) 賦存状況等を把握するための海洋調査 ロ) 海底の状況等を把握するための海洋調査 ハ) 海洋産出試験の実施場所に関する検討	イ）海洋調査を通じて、表層型メタンハイドレートの賦存状況や、生産技術の開発に必要な海底状況を把握する。 ロ）上記の調査結果等を踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う。	３つのモデル調査海域を中心に、精密地下構造調査、熱流量調査、海底地盤強度調査、海底現場状況調査、海底環境調査、海洋観測を実施し、データ取得及び解析等を実施している。		
【３】環境影響評価	イ) 環境影響評価手法の研究 ロ) 海域環境調査	イ）表層型メタンハイドレートの海洋産出試験等が海洋環境に及ぼす潜在的な影響の度合いやその時空間スケールを事前に予測する環境影響評価技術の構築に向け、メタンハイドレート賦存海域の物理・化学及び生物学的特性に関する知見とデータを蓄積する。 ロ）表層型メタンハイドレートの海洋産出試験等について、事前の環境ベースラインデータの取得や試験期間中・終了後の環境モニタリング手法の構築に向けた検討を行う。			

7－3．論文発表、特許出願等（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて

年度	論文数	国内 特許出願	国外 特許出願	PCT出願	国際標準への 寄与	プロトタイプの 作成
2019年度	２４件	１件	０件	０件		
2020年度	２７件	０件	０件	１件		
2021年度	１８件	０件	０件	０件		

※ 2021年は、12月末時点まで

② 表層型メタンハイドレートについて

年度	論文数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願	国際標準への寄与	プロトタイプの作成
2019年度	6件	０件	0件	０件		
2020年度	5件	０件	0件	０件		
2021年度	6件	０件	0件	０件		

※ 2021年は、12月末時点まで

①　砂層型メタンハイドレートについて

2019年度 砂層型メタンハイドレート論文リスト（24件）

	タイトル	誌名	分類
1	Numerical Study on Enhanced Gas Recovery from Methane Hydrate Reservoir During In-situ Heating Process by Acid Injection	International Journal of Offshore and Polar Engineering (IJOPE)	論文発表（査読あり）
2	Water Permeability Evolution With Faulting for Unconsolidated Turbidite Sand in a Gas-Hydrate Reservoir in the Eastern Nankai Trough Area of Japan	JGR Solid Earth	論文発表（査読あり）
3	Phase equilibrium for clathrate hydrates formed in the (methane, carbon dioxide or ethane) + water + ammonium chloride system	Fluid Phase Equilibria	論文発表（査読あり）
4	An Experimental Study on Flow Assurance in Methane Hydrate Production System	ISOPE-2019	論文発表（査読あり）
5	Investigating hydrate formation rate and the viscosity of hydrate slurries in water-dominant flow: Flowloop experiments and modelling	Fuel	論文発表（査読あり）
6	The second offshore production of methane hydrate in the Nankai Trough and gas production behavior from a heterogeneous methane hydrate reservoir	RSC Advances	論文発表（査読あり）
7	油層エンジニアから見たメタンハイドレート研究開発の現状と今後	石油技術協会誌	論文発表（査読あり）
8	The second offshore production test of methane hydrates in the eastern Nankai trough and site characterization efforts	Fire in the Ice (NETL methane hydrate newsletter)	投稿（査読なし）
9	Natural Gas Hydrates: Status of Potential as an Energy Resource	Future Energy 3rd Edition	論文発表（査読あり）
10	Characteristics of Microbial Community Structure at the Seafloor Surface of the Nankai Trough	Journal of Pure and Applied Microbiology	論文発表（査読あり）
11	Viable Long-Term Gas Hydrate Testing Site Confirmed on the Alaska North Slope	Fire in the Ice (NETL methane hydrate newsletter)	投稿（査読なし）
12	Micromechanical Investigation of Stress Relaxation in Gas Hydrate-Bearing Sediments Due to Sand Production	Energies	論文発表（査読あり）
13	メタンハイドレート分解・生産挙動予測シミュレータと岩石力学的挙動予測シミュレータの統合化および連成計算の高速化に関する研究	石油技術協会誌	論文発表（査読あり）
14	Distributed fibre optic strain sensing of an axially deformed well model in the laboratory	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表（査読あり）
15	Dynamic Simulation of Offshore Conductor Jetting	SPE Drilling and Completion	論文発表（査読あり）
16	特集2「砂層型メタンハイドレート開発の今」	JOGMEC NEWS Vol.58 （JOGMEC広報誌）	投稿（査読なし）
17	Characterisation of CaCO3 phases during strain-specifc ureolytic precipitation	Nature Scientific Reports	論文発表（査読あり）
18	Numerical Investigation of Hydrate-bearing Sediment Formation Heterogeneity during Methane Gas Recovery	ケンブリッジ大学博士論文	投稿（査読なし）
19	第2編メタンハイドレート研究・調査成果各論	平成30年度 JOGMEC石油開発技術本部年報 （各論編）	投稿（査読なし）
20	水深1,000mの海底に住む生き物たち～どのように調べるか？	JOGMEC-TRC通信（メールマガジン） 石油・天然ガス資源情報	投稿（査読なし）
21	「燃える氷」をエネルギー資源へ -砂層型メタンハイドレート研究開発-	平成30年度 JOGMEC石油開発技術本部年報 （概要編）	投稿（査読なし）
22	Simulation of axial tensile well deformation during reservoir compaction in offshore unconsolidated methane hydrate-bearing formation	Computers and Geotechnics	論文発表（査読あり）
23	燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発	地圏資源環境研究部門年報 平成30年度	投稿（査読なし）
24	砂層型メタンハイドレート資源開発のR&D	エネルギー・資源	投稿（査読なし）

7－3．論文発表、特許出願等（事業アウトプット）

① 砂層型メタンハイドレートについて

2020年度 砂層型メタンハイドレート論文リスト（27件）

	タイトル	誌名	分類
1	Numerical Study on the Application of In situ Low-temperature Oxidation for Enhanced Recovery from Methane Hydrate Reservoir	International Journal of Offshore and Polar Engineering (IJOPE)	論文発表（査読あり）
2	Experimental investigation into sand production from turbidite strata	Journal of Petroleum Science and Engineering	論文発表（査読あり）
3	海底堆積物中でのガスハイドレートの生成・分解モデルとその応用	「日本のガスハイドレート研究の歩み ～黎明期から最先端まで～」	投稿（査読なし）
4	CO2 を用いるメタンハイドレートの増進回収 ～CO2/水エマルションの利用～	「日本のガスハイドレート研究の歩み ～黎明期から最先端まで～」	投稿（査読なし）
5	メタンハイドレートのフィールド産出試験	「日本のガスハイドレート研究の歩み ～黎明期から最先端まで～」	投稿（査読なし）
6	日本のメタンハイドレート開発研究	「日本のガスハイドレート研究の歩み ～黎明期から最先端まで～」	投稿（査読なし）
7	マリック陸上産出試験 第一冬の地質関連作業で学んだこと	「日本のガスハイドレート研究の歩み ～黎明期から最先端まで～」	投稿（査読なし）
8	Experimental study of impact of shearing velocity and effective normal stress on post-shearing permeability evolution of silica fault gouges	Tectonophysics	論文発表（査読あり）
9	Upscaling techniques for fully coupled THM simulation and application to hydrate gas production tests	Computers and Geotechnics	論文発表（査読あり）
10	Water permeability measurements and in-situ morphology observations of a methane hydrate-bearing 2D glass micromodel	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表（査読あり）
11	Numerical Simulation of Laboratory-scale Experiment for Hydrate Dissociation Process in Porous Media by Acid Injection	International Journal of Offshore and Polar Engineering (IJOPE)	論文発表（査読あり）
12	講座：海底地すべりと津波/第3章海底地すべりとメタンハイドレート	地盤工学会誌	投稿（査読なし）
13	ガスハイドレート胚胎堆積物を対象とした圧力コア解析技術の展望 (Current perspectives on Pressure-core Analysis Technology for Gas-hydrate-bearing Sediments)	石油技術協会誌	論文発表（査読あり）
14	深海底に眠る塊状メタンハイドレートの力学特性－メタンハイドレート回収技術開発に関わる物性の取得に成功 －	地質ニュース	論文発表（査読あり）
15	An International Code Comparison Study on Coupled Thermal, Hydrologic and Geomechanical Processes of Natural Gas Hydrates	Marine and Petroleum Geology (Elsevier)	論文発表（査読あり）
16	Microbial-induced carbonate precipitation applicability with the Methane Hydrate-bearing layer microbe	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表（査読あり）
17	Characterisation of CaCO3 phases during strain-specifc ureolytic precipitation	JOGMEC HP「石油・天然ガス資源情報」	投稿（査読なし）
18	メタンハイドレート生産に関わる最近の室内試験および模型実験	地盤工学会誌	論文発表（査読あり）
19	燃える氷 メタンハイドレート	産総研 一般向け（中学生以上）研究紹介ページ	投稿（査読なし）
20	Japan’s Phase Four Methane Hydrate Research Program: Objectives to be Achieved and Problems to be Solved	Fire in the Ice (NETL methane hydrate newsletter)	投稿（査読なし）
21	減圧法による海洋メタンハイドレート堆積層からのガス生産時の地層変形予測に関する数値解析	地盤工学会誌	論文発表（査読あり）
22	Multiple physical properties of gas hydrate-bearing sediments recovered from Alaska North Slope 2018 Hydrate-01 Stratigraphic Test Well	Marine and Petroleum Geology	論文発表（査読あり）
23	世界初，深海底に眠る塊状のメタンハイドレートの強さや硬さを測定－海底表層のメタンハイドレート回収技術開発に関わる重要な物性の取得に成功－	自動車技術会・会誌「自動車技術」	論文発表（査読あり）
24	メタンハイドレート事業報告	令和元年度 JOGMEC石油開発技術本部年報	投稿（査読なし）
25	深層学習を用いた高圧気液二相流遷移領域における流動様式識別	日本混相流学会誌 混相流	論文発表（査読あり）
26	メタンハイドレートのフィールド産出試験	日本エネルギー学会 機関誌「えねるみくす」2021年3月号 ガスハイドレート特集	投稿（査読なし）
27	メタンハイドレート開発 -商業生産に向けての課題と現在の研究開発-	日本マリンエンジニアリング学会誌「Marine Engineering」	投稿（査読なし）

①　砂層型メタンハイドレートについて

2021年度 砂層型メタンハイドレート論文リスト（18件）（2021年12月末時点）

	タイトル	誌名	分類
1	Experimental and Numerical Studies on Dissociation of Methane Hydrate by Simultaneous Injection of Nitrogen and Hot Water	International Journal of Offshore and Polar Engineering (IJOPE)	論文発表（査読あり）
2	Gas Hydrate Drilling in the Nankai Trough, Japan	World Atlas of Submarine Gas Hydrates in Continental Margins	論文発表（査読あり）
3	Methane Hydrate in Marine Sands: Its Reservoir Properties, Gas Production Behaviors, and Enhanced Recovery Methods	石油学会･Journal of the Japan Petroleum Institute	論文発表（査読あり）
4	Comprehensive pressure core analysis for hydrate-bearing sediments from Gulf of Mexico Green Canyon Block 955, including assessments of geomechanical viscous behavior and NMR permeability	AAPG Bulletin	論文発表（査読あり）
5	Influence of Flow Properties on Gas Productivity in Gas-Hydrate Reservoirs: What Can We Learn from Offshore Production Tests?	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
6	タービダイトとはなにか	JOGMEC TRC通信（メールマガジン）　122号	投稿（査読なし）
7	Behavior of Methane Hydrate-in-Water Slurries from Shut-in to Flow Restart	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
8	メタンハイドレート事業報告	令和2年度　JOGMEC石油開発技術本部年報	投稿（査読なし）
9	Hydrate growth and rheology of hydrate slurry in water-dominant system (100% water cut)	学位論文	投稿（査読なし）
10	第三の天然ガス資源「燃える氷」の商業化を目指して メタンハイドレート研究開発	「石油天然ガス開発技術本部　R&D Activities」（JOGMEC-TRCパンフレット）	投稿（査読なし）
11	特集「メタンハイドレートへの期待」のうち　２．「産総研におけるメタンハイドレートプロジェクトの取組」	月刊エネルギーレビュー　2021年8月号	投稿（査読なし）
12	Review of energy efficiency of the gas production technologies from gas hydrate-bearing sediments	Frontiers in Energy Research	論文発表（査読あり）
13	メタンハイドレート開発に向けての掘削技術の挑戦	石油技術協会誌	投稿（査読なし）
14	Heading for commercialization of "fiery ice," a third natural gas resource(Methane hydrate research and development)	「Oil & Gas Upstream Technology Unit R&D Activities」（JOGMEC-TRCパンフレット）	投稿（査読なし）
15	Comparison of the Vertical Gas-Hydrate Production Profile with the Simulation Results Obtained Using Geophysical Log-Based Reservoir Characteristics and Reasons for Their Discrepancies in the Nankai Trough	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
16	Numerical History-Matching of Modeling and Actual Gas Production Behavior and Causes of the Discrepancy of the Nankai Trough Gas-Hydrate Production Test Cases	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
17	Characterisation of CaCO3 phases during strain-specifc ureolytic precipitation	令和2年度　JOGMEC石油開発技術本部年報（英語版）	投稿（査読なし）
18	CHAPTER 5: 3D IMAGE-DOMAIN DAS-VSP ELASTIC TRANSMISSION TOMOGRAPHY	著者PhD論文□	投稿（査読なし）

7－3．論文発表、特許出願等（事業アウトプット）

① 表層型メタンハイドレートについて

2019年度 表層型メタンハイドレート論文リスト（６件）

	タイトル	誌名	分類
1	Clumped isotope signatures of methane-derived authigenic carbonate presenting equilibrium values of their formation temperatures	Earth & Planetary Science Letters	論文発表（査読あり）
2	Natural Gas Hydrates Recovered from the Umitaka Spur in the Joetsu Basin, Japan: Coexistence of Two Crystals with Distinctly Different Textures and Gas Compositions within a Massive Structure	ACS Earth and Space Chemistry	論文発表（査読あり）
3	日本海東縁における堆積物コアからのイカアイトの発見とその意義	地質学雑誌	論文発表（査読あり）
4	In Situ Mechanical Properties of Shallow Gas HydrateDeposits in the Deep Seabed	Geophysical Research Letters (GRL)	論文発表（査読あり）
5	Evidence in the Japan Sea of microdolomite mineralization within gas hydrate microbiomes	Scientific Reports (A NatureResearch Journal)	論文発表（査読あり）
6	Magmatic fluids play a role in the development of active gas chimneys and massive gas hydrates in the Japan Sea	Chemical Geology	論文発表（査読あり）

2020年度 表層型メタンハイドレート論文リスト（5件）

	タイトル	誌名	分類
1	深海底に眠る塊状メタンハイドレートの力学特性 －メタンハイドレート回収技術開発に関わる物性の取得に成功－	GSJ 地質ニュース	投稿（査読なし）
2	Dissolution Process Observation of Methane Bubbles in the Deep Ocean Simulator Facility	Energies	論文発表（査読あり）
3	表層型メタンハイドレート採掘時に用いる汚濁防止膜周りの流速分布に関する基礎研究	土木学会論文集B3（海洋開発）	論文発表（査読あり）
4	日本海東縁と北海道周辺の洋上大気メタン濃度と海底ガスプルームの関係	石油技術協会誌	論文発表（査読あり）
5	世界初，深海底に眠る塊状のメタンハイドレートの強さや硬さを測定 －海底表層のメタンハイドレート回収技術開発に関わる重要な物性の取得に成功－	自動車技術会・会誌「自動車技術」	投稿（査読なし）

2021年度 表層型メタンハイドレート論文リスト（６件）（2021年12月末時点）

	タイトル	誌名	分類
1	産総研におけるMHプロジェクトの取り組み	月刊エネルギーレビュー	投稿（査読なし）
2	表層型メタンハイドレートの開発に向けて	月刊エネルギーレビュー	投稿（査読なし）
3	回収技術の開発	月刊エネルギーレビュー	投稿（査読なし）
4	Doubly substituted isotopologues of methane hydrate (13CH3D and 12CH2D2): Implications for methane clumped isotope effects, source apportionments and global hydrate reservoirs	Geochimica et Cosmochimica Acta	論文発表（査読あり）
5	表層型メタンハイドレートの研究開発に関する取り組み	日本船舶海洋工学会誌	投稿（査読なし）
6	JAMSTEC KR21-15C航海クルーズサマリー、およびクルーズリポート	海洋研究開発機構KR21-15Cクルーズレポート	投稿（査読なし）

8．事業アウトカム

事業目的を踏まえたアウトカムの内容

エネルギー基本計画及び海洋基本計画において、**２０２３年度から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することを目指しつつ、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発を推進する**、と位置づけている。

現在、**エネルギー・鉱物資源開発計画で規定した工程表に基づき、砂層・表層とも上記目標として、技術開発を実施**しているところ。

【エネルギー基本計画（令和３年１０月２２日閣議決定：抜粋】
○国内資源開発は、地政学リスクに左右されず安定的なエネルギー供給の確保が可能となることに加え、水素・アンモニアの原料としての利用も視野に、引き続きメタンハイドレートを含む国内資源開発を推進することが重要である。

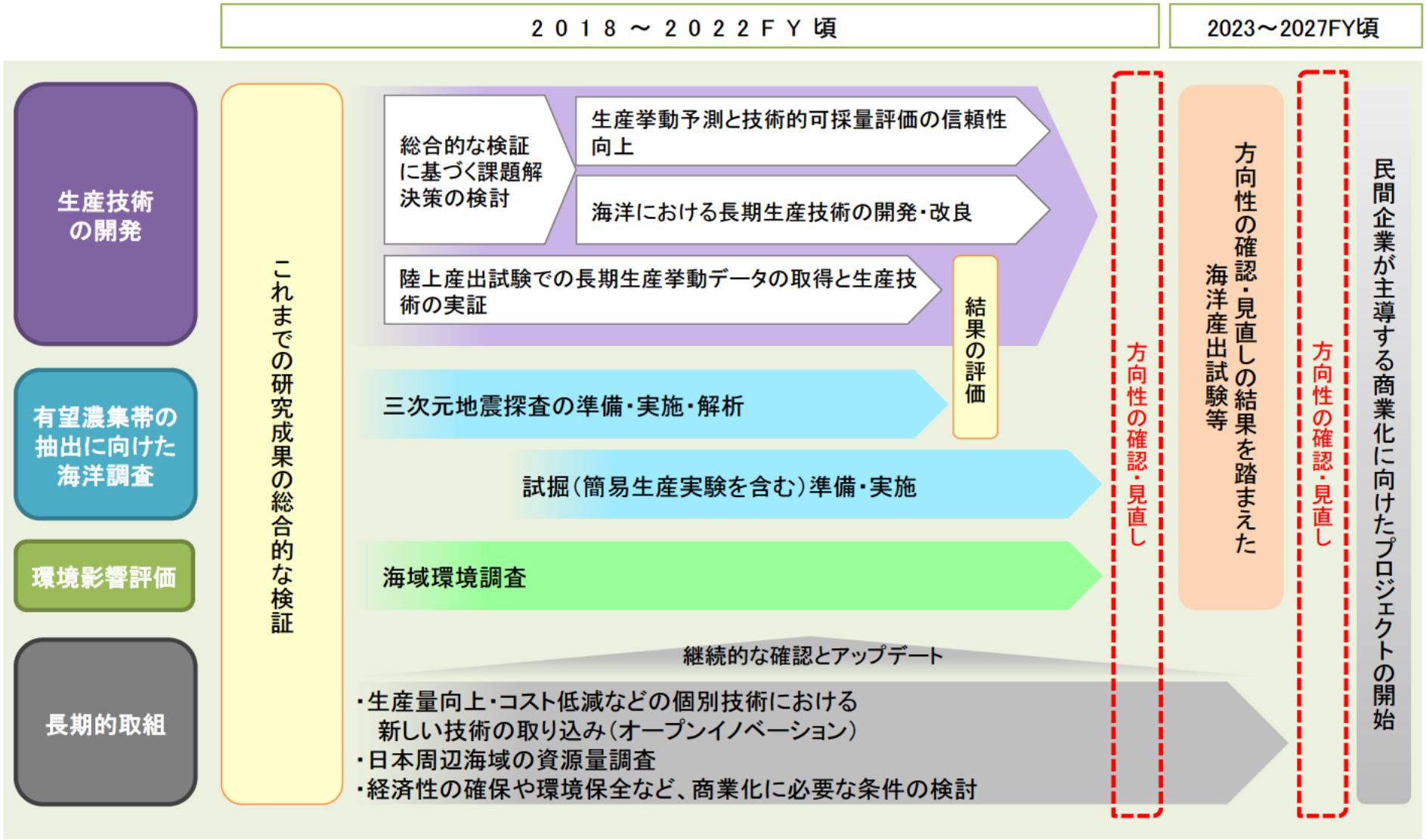
○このため、メタンハイドレートについては、「海洋基本計画」（２０１８年５月閣議決定）に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」（２０１９年２月 経済産業省策定）において定めた、「２０２３年度から２０２７年度の間に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指す」という目標の中で、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発等を推進する。

アウトカム目標		目標の設定理由	目標達成の見込み
２０２３年度～２０２７年度	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	・エネルギー鉱物資源開発計画において、2022年度頃に「次回海洋産出試験等に向けた取組」の終了時を目途に、研究開発等の進捗状況を検証し、方向性の確認・見直しを行うこととしている。 ・2023年度以降、方向性の確認・見直しの結果を踏まえた海洋産出試験等を実施することを予定している。 ・海洋産出試験等の結果を踏まえ、方向性の確認・見直しを行い、民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトを開始することを目標としている。	・新型コロナウイルス感染症等の影響により、研究開発や海洋調査等事業の進捗が遅れていることから、本研究開発期間を1年間延長し、2023年度末としている。 ・引き続き、可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発を推進する。

9．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表（海洋エネルギー・鉱物資源開発計画：平成３１年２月）

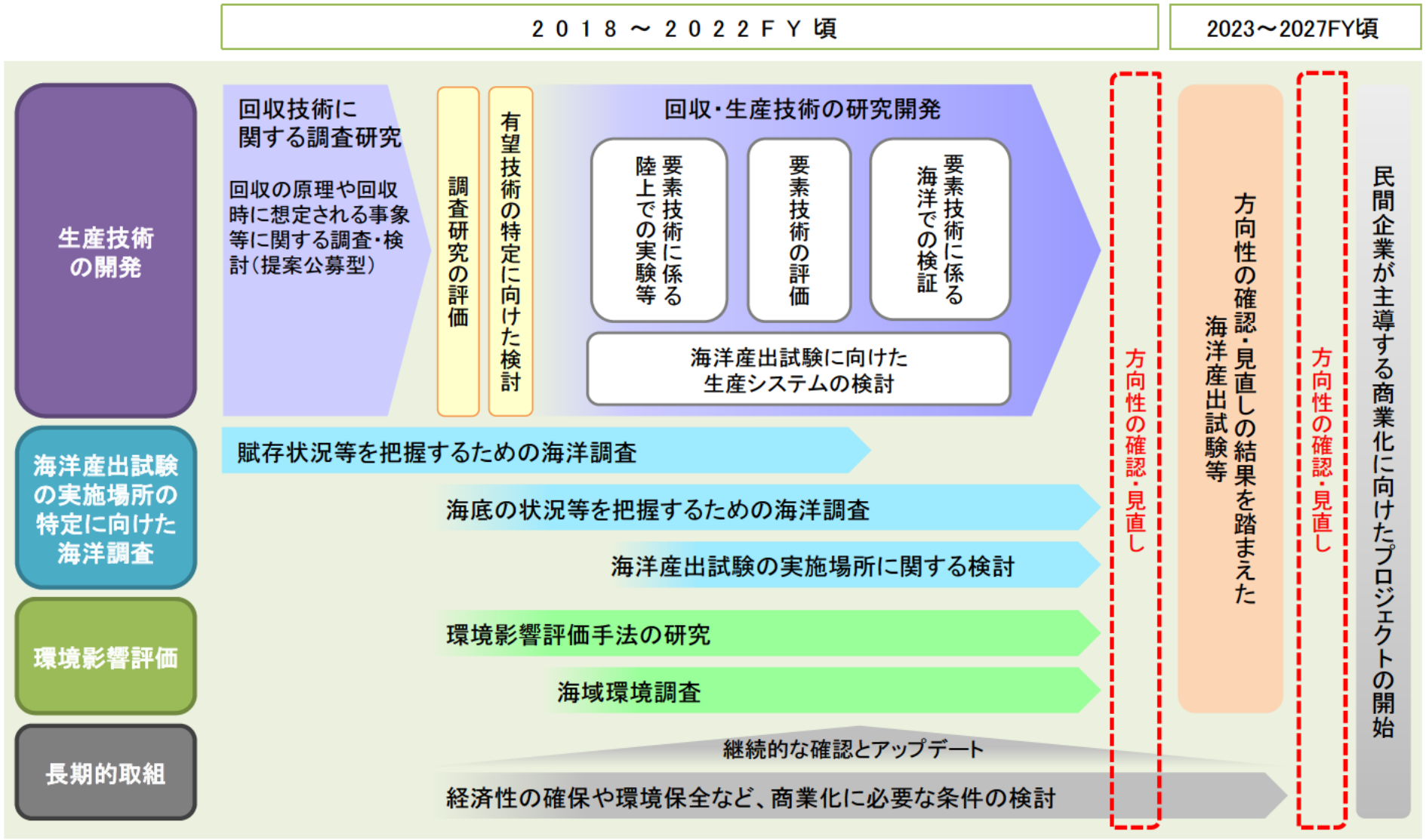
「海洋基本計画」（平成３０年５月閣議決定）・「エネルギー基本計画」（平成３０年７月閣議決定）
○２０２３年度から２０２７年度の間に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指し、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。



9．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表（海洋エネルギー・鉱物資源開発計画：平成３１年２月）

「海洋基本計画」（平成３０年５月閣議決定）・「エネルギー基本計画」（平成３０年７月閣議決定）
○２０２３年度から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。



１０．費用対効果

- 砂層型メタンハイドレートの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。
- 現在、長期陸上産出試験の実施する前であり、また2050年CNを目指す中で、メタンハイドレートの開発システムの再検討を行っていることから、今フェーズ終了時に費用対効果において再度試算を行うこととする。

平成27年度フェーズ２終了時技術評価時の試算について

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㎥／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㎥／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㎥　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$/MMBtu（0.512$/㎥）をこの期間の近似値と仮定する。（1MMBtu≒25㎥）
○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。）

（出典）メタンハイドレート開発促進事業（フェーズ2終了時）技術評価結果報告書（中間評価）

現時点での時点修正について

○CNを目指す中で、価格の見通しが変化しているため、価格以外は前提のままとした上で、新しい価格見通しを用いて時点修正。

○日本エネルギー経済研究所エネルギーアウトルック2022によると、日本市場の天然ガス実施価格は、技術進展ケースの場合、2030年7.0$/MMBtu、2040年6.3$/MMBtu、2050年5.1$/MMBtuとの見通しであり、中間値として6.13$/MMBtu（0.233$/㎥）をこの期間の近似値として仮定。

○前回の前提で試算すると、15年間の売り上げは総額約12,757百万ドルとなり、為替レート115円/$と仮定すると、総額約1兆4,670億円の売り上げとなる。

○これまでのメタンハイドレート開発事業の予算総額が約1,533億に比して約10倍を超える売り上げを期待することができる。

今フェーズ終了時に前提条件等も再度検討した上で、再試算を実施

１１．前回評価の指摘事項と対処方針

指摘事項	対処方針	備考
【中間評価（2018年度）】 （今後の研究開発の方向性等に関する提言） ○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、ステップ・バイ・ステップに進めることや、海外の知見をより積極的に活用する視点等をもって、常に適切な計画への見直しが必要である。	○エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）や海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（平成31年2月改定）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６次エネルギー基本計画においても、「可能な限り早期に成果が得られるよう技術開発を推進する」、とされている。
○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。	○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、生産阻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。	・過去の海洋産出試験において発生した現象を解析し、評価を行い、課題と考えられる事項と解決策の案を抽出し、研究開発計画を策定。
○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。	○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。	・本年秋頃を目処に、１年程度の長期陸上産出試験を開始予定。 ・また、産出されるガスは、サイト内の動力として使用する予定。
○これまで無関係と思わ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ィアの検討、取組を期待する。	○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。	・AIを用いた解析など新しい技術の可能性を追求している。

１１．前回評価の指摘事項と対処方針

指摘事項	対処方針	備考
【中間評価（2018年度）】 （今後の研究開発の方向性等に関する提言　続き） ○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とし、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。	○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。	・マイルストーン及び定量目標を設定し、進捗や成果を確認しながら、目標や実施内容の見直しを実施。 ・民間であるJMHをコンソーシアムに追加するとともに、３者横断的なチームにて実施。
（評価WGの所見） ＜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＞ ○今後の研究開発にあたり、どのタイミングでどこまで実施するかを念頭に置きつつ、マネジメントの進め方を工夫すること。	○研究内容をステージごとに区分し、次のステージへ移行する条件を明確にした上で、その移行期には進捗や成果を検証し、事業の方向性を見極めるとともに、必要に応じて目標の設定や実験の前提条件等を柔軟に見直しながら事業を進める。	・マイルストーン及び定量目標を設定し、進捗や成果を確認しながら、目標や実施内容の見直しを実施。
＜当省(国)が実施することの必要性＞ ○様々な視点からの評価を踏まえた広報活動の実施方法を検討し、社会的受容性につなげる取組を強化すべき。	○日本周辺海域に賦存するメタンハイドレートが商業化された場合の我が国のエネルギー安定供給上のインパクトは大きい一方、その実現には克服すべき課題が残っており、商業化までに相当の期間と政府による予算措置が必要であることから、研究活動を分かりやすく伝え、正しい国民理解が幅広く得られるよう、パブリックリレーションズに取り組む。	・砂層、表層それぞれにおいて新しいHPを立ち上げるとともに、毎年成果報告会を実施。
＜研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性＞ ○今後の実用化に向けて、産業界を巻き込んだ上で優先順位をつけながら推進することを期待する。	○国が実施する研究開発の段階から、民間企業に対して研究開発の内容に関する情報提供を積極的に行い、オープンイノベーションの観点から、民間企業の優れた技術や知見を最大限取り込むことができる体制の構築や、民間企業の参入を促す仕組作りに取り組む。	・民間であるJMHをコンソーシアムに追加するとともに、AI解析など新しい技術にも取り組む。