

メタンハイドレート研究開発事業
中間評価報告書

2 0 2 4 年 8 月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会

イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和4年10月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「国内石油天然ガス地質調査・メタンハイドレート研究開発等事業」は、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の技術開発を2002年度から実施しているものである。

今般、省外の評価者から本事業に係る事業実施の意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋・目標達成状況・マネジメントの妥当性について経済産業省研究開発評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて評価いただき、その評価結果としてとりまとめられた「メタンハイドレート研究開発事業 中間評価報告書」の原案について、産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ（座長：鈴木 潤 政策研究大学院大学教授）において審議し、了承した。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

2024年8月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会
イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

【本中間評価の審議経過】

◆ 外部評価者による評価（意見聴取）

【実施時期】

2024年5月14日～20日

【外部評価者】

荒戸 裕之	元 秋田大学大学院国際資源学研究科 教授
大森 嘉彦	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 理事
岡田 修一	一般社団法人日本ガス協会 普及部 技術開発担当部長
島 美穂子	森・濱田松本法律事務所 パートナー弁護士
長縄 成実	秋田大学大学院国際資源学研究科 教授

※50音順

◆ 産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会

評価ワーキンググループ（2024年8月28日）

・研究開発事業に関する中間評価報告書案について

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当課長 資源エネルギー庁 資源・燃料部 資源開発課長 長谷川 裕也
評価担当部署 イノベーション・環境局 研究開発課 技術評価調整官 大隅 一聡

目次

【事業情報】	1
第1章 外部評価者からの評価結果	5
1. 評点法による評価結果	6
2. 評価コメント	7
3. 評価コメントに対する対処方針・見解	13
第2章 評価ワーキンググループの所見と その対処方針	17
第3章 評価対象事業に係る資料	23

【事業情報】

事業名		メタンハイドレート研究開発事業					
担当部署		経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部資源開発課					
事業期間		2002 年度 ～ 未定 評価時期：中間（2005、2008、2011、2015、2018、2021 年度）					
予算額		2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	総額
	（予算）	75 億円	109 億円	115 億円	145 億円	139 億円	1,818 億円
	（執行）	41 億円	46 億円	158 億円	153 億円	150 億円	548 億円
上位施策及び KPI		○エネルギー基本計画（令和 3 年 10 月 22 日 閣議決定） 「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。」 ○海洋基本計画（令和 5 年 4 月 28 日 閣議決定） 「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の技術開発を進める。その際、2030 年度まで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て、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。」 ○新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和 5 年 6 月 16 日 閣議決定） 「排他的経済水域での海洋観測の高度化や、沖縄周辺海域等での海底における熱水鉱床、メタンハイドレート、レアアース泥等の国産海洋資源の開発を進める。」 ○経済財政運営と改革の基本方針 2023（令和 5 年 6 月 16 日 閣議決定） 「メタンハイドレート、海底熱水鉱床、レアアース泥等の国産海洋資源の確保に取り組む。」					

事業目的	エネルギー資源の安定供給確保は、我が国が抱える大きな課題であり、地政学リスクに左右されない安定的な国内資源確保の観点から、我が国周辺海域に賦存が期待される非在来型のメタンハイドレートの開発を推進する。		
事業内容	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。		
アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
2030 年度 まで		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を目指す。	—
アウトプット指標		アウトプット目標（砂層型メタンハイドレート・研究開発フェーズ全体）	達成状況
2025 年度 （見直し後）	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。	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定
2025 年度 （見直し後）	1 坑井当たりの生産レート（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。	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。	実施中 2025 年度に目標達成予定
アウトプット指標		アウトプット目標（砂層型メタンハイドレート・研究開発フェーズ中期）	達成状況
2022 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。	達成
2024 年度 前半 （見直し後）		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十分に実施されていること。	現在は一部達成 2024 年度前半に目標達成予定
アウトプット指標		アウトプット目標（砂層型メタンハイドレート・生産技術等）	達成状況
2025 年度 （見直し後）	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）	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定

		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。	
2025 年度 （見直し後）	三次元地震探査の準備・実施・解析	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定
	試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施	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。	
2025 年度 （見直し後）	環境影響評価	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定
アウトプット指標		アウトプット目標（表層型メタンハイドレート・生産技術等）	達成状況
2025 年度 （見直し後）	回収・生産技術の研究開発	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定
2025 年度 （見直し後）	賦存状況等及び海底の状況等を把握するための海洋調査	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定
	海洋産出試験の実施場所に関する検討	海洋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。	
2025 年度 （見直し後）	環境影響評価手法の研究	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。	現在は一部達成 2025 年度に目標達成予定

	海域環境調査 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。	
マネジメント	メタンハイドレート開発実施検討会（外部）：メタンハイドレートの研究開発に係る計画や進捗に対する意見・提言 委託事業内での外部有識者委員会：2～3回/年開催。客観的な視点での技術的評価・助言 産業構造審議会 評価WG（外部）：プロジェクト中間評価	
プロジェクトリーダー等	松澤 進一 独立行政法人エネルギー・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 エネルギープロセス研究部門総括研究主幹 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技術統括室長	
実施体制	独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構 国 → 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）	

第 1 章 外部評価者からの評価結果

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	各外部評価者の評価					評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) 本事業の位置づけ・意義	B	A	A	A	B	2.6
(2) アウトカム達成までの道筋	A	B	B	C	B	2.0
(3) 知的財産・標準化戦略	A	A	B	D	A	2.2
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	B	A	C	B	2.0
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	A	C	C	2.0
3. マネジメント						
(1) 実施体制	B	A	B	B	B	2.2
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	B	A	2.8
(3) 研究開発計画	B	A	A	B	A	2.6

《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。
- B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
- C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
- D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価コメント

本項では、外部評価者からの評価コメントを要約したものを枠内に掲載している。なお、「(参考) 外部評価者の評価コメント」に、外部評価者の全てのコメントを参考として列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）までの道筋

【意義】

- ・ エネルギーを取り巻く環境が変化（ウクライナ侵攻、中東情勢、カーボンニュートラル（CN））する中で、国産エネルギー資源開発・確保の重要性やエネルギー自給率・自主開発比率向上の観点から、事業意義は確認・理解できる。
- ・ 不安定化する国際情勢の中、民間投資への地均しを国が担う意義も認められる。

他方で、

- ・ 2030 年、2040 年の石油・天然ガスの自主開発比率目標に対するメタンハイドレートの貢献の度合いに関する具体的なイメージ（将来像）が必要。
- ・ 20 年以上にわたって巨額の研究資金が投入されてきていることや、CN トレンドにあってもエネルギー資源開発・確保や自給率・自主開発比率向上の重要性を踏まえ、一般の国民に対して事業の位置づけ・意義を理解してもらうための丁寧な説明と適切かつタイムリーな情報発信（広報）がより必要。
- ・ 外部環境変化により商業化以外の本事業の意義（資源外交・海防・海洋人材開発等）も高まっているという視点も必要。

【アウトカム（社会実装）までの道筋】

- ・ 進捗に遅れがあるものの、海洋基本計画等の政府計画に沿って、研究開発項目や商業化に向けたロードマップが示され、取組が推進されるとともに、進捗・評価が管理されている。
- ・ 研究開発データについて、秘密情報が明確になっており、第三者への開示、知財の扱いについての手続についてもルールが決められており、共有範囲を限定している取扱いには妥当性がある。

他方で、

- ・ アウトカム達成までの道筋（安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組）や、幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組に係る戦略について、具体的な検討、言語化、計画化が必要。ただし、道筋を厳密に描き、これをトレースしすぎると、計画の流れが硬直化し副次的成果や波及効果を限定してしまうことに留意する必要がある。
- ・ オープン・クローズ戦略を研究開発段階初期から十分に計画を立てて検討・実行することが必要であり、その際、秘匿性が行き過ぎるとデータの死蔵、あるいは陳腐化につながり、国のプロジェクトでありながら、なにも残せずに終わるおそれに留意する必要がある。
- ・ CN に関連して、低炭素化ツールとしての当該事業の水素等との比較的な費用対効果と現実的規模感を早期に示す必要。

(2) 目標及び達成状況

- ・新型コロナウイルスを含めた事業環境・状況の変化に合わせて、然るべきプロセス（定期的委員会等の開催）にて客観性を担保しつつ柔軟に目標は見直されているものと認められる。
- ・資源に関する情報は出せないが、要素技術については学会、論文等で数多くの発表実績があり、将来の商業化に向けたプロジェクトに向けた布石が打たれている。

他方で、

- ・アウトカム目標（2030年度までに民間主導の商業化に向けたプロジェクトの開始を目指す）が非常にあいまいな表現になっており、具体的に何が達成されるべきかが明確ではなく、達成見込みについても明確な記述がなく評価不能。
- ・砂層型ハイドレートについて、商業生産につながるような長期安定生産の実現に向けて「技術的に採れる」ことを実証する研究開発項目・アウトプット目標が必要ではないか。また、環境影響評価については、漫然と各種影響評価を実施している印象を受け、通常の海洋石油・天然ガス開発との違いがどこにあるのかが不明瞭。
- ・表層型ハイドレートについて、全体システムの概念設計（例えば、フローアシュアランスを考慮して揚収方法の検討を行い、ハイドレートを固相のまま船上まで揚げるのか、途中でガス化を許容するのか等）ができてから、全体システム実現に必要なかつ最も適した掘削手法の要素技術を開発すべきではないか。現在の進め方は順番が逆ではないか。
- ・アウトプット目標未達成である中で2030年は基準時期として維持されているが、これも後倒しするのが現実的ではないか。

(3) マネジメント

- ・状況に応じた計画の見直しは、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を含め、外部識者の委員会などを通じ適切にかつ柔軟性を持って実施されている。
- ・日本のエネルギーセキュリティの観点でも取組が必要な事業であるものの、事業性が不透明であることを始め多くの課題解決が必要であり、委託事業が適切であると考ええる。

他方で、

- ・現在の閉鎖性の高い資料管理体制では、データの死蔵、あるいは陳腐化につながる懸念があり、オープンイノベーションの考え方を活用することでスケジュール遅れの抑制、迅速な課題解決をすることや、資料の開示を最大限行い、これを活用した研究開発を行う人材の裾野を広げる必要がある。
- ・表層型は、プロジェクト全体をまとめ、牽引していくPMの必要性に加え、研究開発内容を今後どのように民間企業に橋渡ししていくかを検討する必要があるのではないか。
- ・海洋試験等の実施において、想定した試験結果が得られなかった場合の長期的な開発計画シナリオ・戦略を練っておく必要があるのではないか。

（参考）外部評価者の評価コメント

（１）意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- ・エネルギー資源の乏しい日本にとって自給率・自主開発比率を向上させるという重要な意義のある事業ということを再確認の上、継続している。
- ・進捗遅れがあるため、まだ方向性の確認・見直し時期に到達していないが、将来の民間企業の商業化に向けたロードマップが示され、それにもとづいて進められている。
- ・研究データについて秘密情報が明確になっており、第三者への開示、知財の扱いについての手続きについてもルールが決められている。
- ・ウクライナ、中東情勢に加え一部産（輸出）ガス国における政策の不安定感に伴い、国産資源開発の重要性は高まっている。
- ・エネルギー源における化石燃料の中で比較的炭素負荷の低いガス、なかんずく輸送効率の良い国産ガス源の役割は今後も注視を要す。
- ・炭化水素エネルギー資源のひとつであるメタンハイドレートカーボンニュートラル政策のなかに位置づけ、その有効利用のための技術開発を行っている点は評価に値する。
- ・我われ石油業界に長年携わってきた者からすると、カーボンニュートラル時代にあっても国産天然ガス資源を確保することの重要性は明白であり、本事業の位置づけ・意義は十分に理解できる。そのうえで、20年以上にわたって巨額の研究開発費が投入されてきている事業であるから、一般の国民に十分理解してもらえるような丁寧な説明・適切かつタイムリーな情報発信を心掛けてほしい。
- ・未だ普及促進段階に至っていない現段階において知的財産・標準化戦略に関してオープン戦略をとる合理性はなく、また、安全保障上の理由から研究開発データの共有範囲を限定している現取扱いも妥当と考えられる。
- ・海洋基本計画及びエネルギー基本計画に沿って研究開発項目が体系的に分類・細分化されたうえで各項目について進捗と評価が明確な形で管理されており、政策実現に向けた工程における現在の立ち位置が明確に示されている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・2020年の「カーボンニュートラル宣言」以降、低・脱炭素社会への実現に向けた取組みが加速されている中であるが、自給率・自主開発比率向上の観点では重要な位置付けであることに変わりはなく、その点について理解してもらうための広報活動がもっと必要であるように感じる。
- ・事業の意義は前述のとおり、また推進プロセスも適切ながら、更に諸事情による遅延等は致し方なきものながら低炭素化ツールとしての当該事業の水素等との比較的な費用対効果と現実的規模感を早期に示す必要があるものと思料。
- ・各段階で実証を進める際に、必ずしも予期しない結果が現れる場合もあるが、むしろそういう場合にこそあらたな展開が期待できる可能性がある。アウトカム達成までの道筋を厳密に描き、これをトレースしすぎると、計画の流れが硬直化し副次的成果や波及効果を限定してしまうと懸念される。多少、余裕のある道筋を考えてもよいかもしれない。

- ・資料の秘匿性をある程度高く設定せざるを得ない背景は理解できるが、それが行き過ぎるとデータの死蔵、あるいは陳腐化に繋がり、国のプロジェクトでありながらも残せずに終わる懸念がある。
- ・本事業の位置づけ・意義：2030年、2040年の石油・天然ガスの自主開発比率目標が記されているなかで、メタンハイドレートがそのうちのどの程度貢献することを期待しているのかの具体的なイメージ（将来像）が欲しい。
- ・アウトカム達成までの道筋：「安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組」や「幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組」の戦略について評価資料からは読み取れなかった。
- ・知的財産・標準化戦略：「現状、技術確立の目途が十分に立っていない」からオープン・クローズ戦略の検討の段階に至っていないというのは、その通りといえばその通りであるが、本来、オープン・クローズ戦略というのは初期の研究開発段階から十分に計画を立てて検討し、事業化に向けてプロジェクトを戦略的に進めていくためのものではないだろうか。
- ・不安定化する国際情勢の中、MH 開発可能性の実地での追及は重要で、民間投資への地均しを国が担う意義も認められる。外部環境変化により商業化以外の本事業の意義（上記評価基準には記載されていないが資源外交・海防・海洋人材開発等）も高まっている。

（２） 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- ・新型コロナや想定されない技術課題、環境による不確定要素を埋める十分なデータ取得により計画の後ろ倒しがされており、計画に基づいて適正に見直しされているので、敢えて改善点をあげることはない。
- ・資源に関する情報は出せないが、要素技術については学会、論文等で数多くの発表実績がある。
- ・事業環境、状況に合わせて、定期的委員会等の開催により然るべきプロセスにて客観性を担保しつつ柔軟に目標は見直されているものと認められる。
- ・総じて遅延の傾向にあるが、止む無きコロナの影響や技術的要因によるものの、後者については要因分析のアプローチとして PDCA を機能させている。
- ・砂層型メタンハイドレートの生産に際し、予測と実際の生産量の乖離要因を推定する貯留層シミュレーションは興味深い。
- ・論文、学会・講演発表は毎年着実に件数が積み上げられており、将来の商業化に向けたプロジェクトに向けた布石が打たれている。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・現時点で効果のアセスは予見しがたく、相対的かつ早期の効果測定が望ましい。
- ・アウトカム目標及び達成見込み：「2030年度までに民間主導の商業化に向けたプロジェクトの開始を目指す」という目標設定が非常にあいまいな表現になっており、具体的に何が達成されるべきかが明確でない。達成見込みについては、砂層型、表層型ともに明確な記述がなく評価不能である。
- ・アウトプット目標及び達成見込み：

[砂層型]

- ・砂層型においてガスの安定生産を行うにあたっての最重要課題である「出砂・出水および管内フローアシュアランスの制御技術の確立」すなわち「技術的に採れる」ことを実証する研究開発項目・アウトプット目標が必要ではないか。貯留層の生産性評価と切り離してこの問題を解決しなければ、貯留層シミュレーションをいくら高度化しても意味がないし、アウトプット目標としてガス生産量の数値目標を掲げて、結局のところ商業生産につながるような長期安定生産は見込めないのではないか。
- ・達成状況については、同じく出砂・出水制御技術が未確立のままでは、アラスカ陸上産出試験の成果もかなり限定的になるのではないかと予想する。志摩沖の試掘については、事前のリスクアセスメント、コンティンジェンシープランの策定が不十分であったのではなかろうか。環境影響評価については、通常の海洋石油・天然ガス開発との違いがどこにあるのかがはっきりせず、漫然と各種影響評価を実施している印象を受ける。

[表層型]

- ・生産技術について、要素技術の開発というのは本来、全体システムの概念設計がしっかりできてから、全体システム実現に必要な要件を満たすように行うべきだと考えるが、「何か良さそうな要素技術が出来上がったならそれをうまく組み合わせて全体システムに仕立てよう」というのは順番が逆ではなかろうか。したがって、各研究開発の目標が定まっておらず、海底掘削技術にしても、単に「既存の技術を使って大型の装置を作ってみました」というだけにしか見えない。これだけの装置を使えば氷は削れるし、カッターの形状によって削れ方も異なるのは当たり前のことである。順番としては、フローアシュアランスを考慮して揚収方法の検討を行い、ハイドレートを固相のまま船上まで揚げるのか、途中でガス化を許容するのかといったコンセプトを固めて全体設計を行い、それに最も適した掘削手法の要素技術を開発すべきではなかろうか。
- ・問題は砕いたハイドレート塊をどのようにして海底で捕集するかであろう。なお、海底の泥も一緒に揚収する想定のようなだが、ガスリフトによって固相を揚げるのは容易ではないことは、1980年代の国のマンガン団塊プロジェクトで実証済みである（と思料）。水中ポンプは、海洋石油開発分野で2000年代ごろに掘削泥水循環用の混相流ポンプの開発が行われたが、効率が悪い、メンテナンスが難しいなどの理由で本格的な実用化に至っていないと思う。
- ・受益者負担の考え方：妥当である。
- ・コロナ影響や第三者事由等によりアウトプット目標未達成である。その中で2030年は基準時期として維持されているが、これも後倒しするのが現実的ではないか。

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- ・新型コロナや想定されない技術課題、環境による不確定要素を埋める十分なデータ取得により計画の後ろ倒しがされており、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画に基づいて適正に見直しされている。
- ・日本のエネルギーセキュリティの観点でも取組みが必要な事業であるものの多くの課題解決が必要であり、委託事業が適切であると考ええる。
- ・特に研究開発計画において状況に応じた計画の見直しは外部識者の委員会などを通じ適切にかつ柔軟性を持って実施されている。

- ・現段階においては、未だ事業性が不透明であることから、委託事業として継続することが不可欠と考える。
- ・民間事業者が本事業について脱炭素化段階の組込まで求めているわけではないことを現時点で確認できたことで、引き続き委託事業ベースで有限の予算を執行していく際の必要項目への的確な予算配賦が期待される。

【問題点・改善点・今後への提言】

- ・既に実行されているが、有識者、資源開発事業者の知見を更に深く、幅広に取り入れる等、オープンイノベーションの考え方を活用することでスケジュール遅れの抑制、迅速な課題解決をすることができないか、ご検討いただきたく思う。
- ・現在の閉鎖性の高い資料管理体制では、当該プロジェクトの関係者だけしか資料にアクセスできず、データの死蔵、あるいは陳腐化に繋がる懸念がある。そのような事態を回避するためには、資料の開示を最大限に行って、これを活用した研究開発を行う人材の裾野を広げる必要があると考える。
- ・実施体制：プロジェクトマネージャー（PM）には、メタンハイドレート事業を戦略的かつ強力に牽引する役割を果たしてもらえよう期待する。表層型についてもプロジェクト全体をまとめ、牽引していくPMが必要ではないか。
- ・研究開発計画：カーボンニュートラルや天然ガスの地政学的リスク等の外部環境の変化には対応できていると考えるが、アラスカ陸上産出試験結果が十分でなかったり、次期海洋産出試験結果が思わしくなかった場合の長期的な開発計画シナリオ・戦略を練っておく必要があるのではないか。いずれにしても、海洋メタンハイドレートが非在来型天然ガス資源として埋蔵量評価できるようになることを期待する。
- ・2030年度迄に民間企業主導の商業化に向けたPJ開始を目指すのであれば、AISTのみで研究開発が実施されている表層型は、研究開発内容を今後どのように民間企業に橋渡ししていくかを検討する必要があるのではないか（但し、商業化以外の要素にも目配りして事業意義を再定義する余地があらう点（⇒目標設定見直しも通じ得る）は他の評価項目でコメントしたとおり）。

3. 評価コメントに対する対処方針・見解

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
● 2030 年、2040 年の石油・天然ガスの自主開発比率目標に対するメタンハイドレートの貢献の度合いに関する具体的なイメージ（将来像）が必要。	● 第 6 次エネルギー基本計画(令和 3 年 10 月閣議決定)において、国産を含む石油・天然ガスの自主開発比率を、2030 年度に 50%以上、2040 年度に 60%以上に引き上げることを目指しているところ、本事業を通じた生産技術の開発、原始資源量や貯留層性状等の把握に係る進捗を踏まえつつ、一定の仮定をもって貢献の度合いを分析・評価するなど、具体的なイメージを示すための方策を検討していく。
● 20 年以上にわたって巨額の研究資金が投入されてきていることや、CN トрендにあってもエネルギー資源開発・確保や自給率・自主開発比率向上の重要性を踏まえ、一般の国民に対して事業の位置づけ・意義を理解してもらうための丁寧な説明と適切かつタイムリーな情報発信（広報）がより必要。	● 海洋基本計画やエネルギー基本計画を始めとする政府文書等において、国内資源開発の重要性が盛り込まれているほか、本事業の取組内容等について、HP、関連イベント開催・参加、関係メディア掲載等を通じて情報発信を実施してきているところ、これら取組を含むあらゆる機会を活用し、メタンハイドレート研究開発の意義等に関する情報発信に努めていく。
● 外部環境変化により商業化以外の本事業の意義（資源外交・海防・海洋人材開発等）も高まっているという視点も必要。	● 研究開発事業として現在の商業化に向けたアウトカム・アウトプット目標の達成にまずは注力しつつ、いただいた視点を踏まえ、メタンハイドレート開発について、より俯瞰的・多面的な政策的位置づけ・重要性について検討・整理に努めていく。
● アウトカム達成までの道筋（安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組）や、幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組に係る戦略について、具体的な検討、言語化、計画化が必要。ただし、道筋を厳密に描き、これをトレースしすぎると、計画の流れが硬直化し副次的成果や波及効果を限定してしまうことに留意する必要。	● 現在のメタンハイドレート開発に向けた工程表における長期的取組として、法規制への対応等も含めた商業化に必要な条件について、継続的な確認と更新を進めることとしており、本取組を通じた取組の具体化を着実に進めるとともに、外部有識者からの意見も得ながら、随時見直しに努めることで、各計画・取組推進に当たっての管理・統制の確保と柔軟性のバランスを取りながら目標達成につなげたい。

● オープン・クローズ戦略を研究開発段階初期から十分に計画を立てて検討・実行することが必要であり、その際、秘匿性が行き過ぎるとデータの死蔵、あるいは陳腐化につながり、国のプロジェクトでありながら、なにも残せずに終わるおそれに留意する必要。	● 事業を通じて得られた技術や知財等の協調域・競争域に係る見極め、オープン・クローズの分別・判断をつけることは、現段階で難しいと考えられる一方で、将来の商業化に向けた必要な条件の一つであると考えられることから、長期的な取組の一つとして継続的な確認と更新を進めていきたい。
● CNに関連して、低炭素化ツールとしての当該事業の水素等との比較的な費用対効果と現実的規模感を早期に示す必要。	● CN宣言を踏まえて、長期的な取組の一つとして、水素等製造も含めたメタンハイドレートの開発・ビジネスモデルの検討を行い、水素等の関連需要家やインフラ事業者へのヒアリングを実施したところ、引き続き、経済性の観点も含め、CN実現にも資するメタンハイドレートの開発・ビジネスモデルの検討を進めていきたい。

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
● アウトカム目標（2030年度までに民間主導の商業化に向けたプロジェクトの開始を目指す）が非常にあいまいな表現になっており、具体的に何が達成されるべきかが明確ではなく、達成見込みについても明確な記述がなく評価不能。	● 商業化を実現するためには、例えば砂層型については、1年程度、安定生産可能であることを確認する必要があると考えており、アラスカにおいて長期陸上産出試験を実施中。これまでの生産技術の開発等の進捗を踏まえた方向性の確認・見直しを行いながら、工程表に示す海洋産出試験と総合的な検証につなげるとともに、アウトカム目標の具体化・明確化にもつなげていきたい。
● 砂層型ハイドレートについて、商業生産につながるような長期安定生産の実現に向けて「技術的に採れる」ことを実証する研究開発項目・アウトプット目標が必要ではないか。また、環境影響評価については、漫然と各種影響評価を実施している印象を受け、通常の海洋石油・天然ガス開発との違いがどこにあるのかが不明瞭。	● 商業化を実現するためには、1年程度、安定生産可能であることを確認する必要があると考えており、アラスカにおいて長期陸上産出試験を実施中。出砂・出水・管内制御を始めとした生産技術の開発等の進捗を踏まえた方向性の確認・見直しを行いながら、長期安定生産を実現・検証するための研究開発項目・アウトプット目標について検討したい。 ● 環境影響評価については、メタンハイドレートの賦存状態（海底面下浅部に存在）や影響要因の性質から、主に海底面からのメタンガ

	スの漏えい、生産に伴い発生する水の影響の有無、未知な面が多い日本近海の深海底に生息する固有の生物に対する影響等を注視すべき影響と考えており、通常の海洋石油・天然ガスとの差異を含めて効果的な説明に努めたい。
● 表層型ハイドレートについて、全体システムの概念設計（例えば、フローアシュアランスを考慮して揚収方法の検討を行い、ハイドレートを固相のまま船上まで揚げるのか、途中でガス化を許容するのか等）ができてから、全体システム実現に必要なかつ最も適した掘削手法の要素技術を開発すべきではないか。現在の進め方は順番が逆ではないか。	● 表層型メタンハイドレートは、賦存形態も多様であるとともに、既存技術では回収できないことを踏まえ、新しい技術の可能性を広く検証すべく技術を公募し、外部有識者の評価を経て採掘・分離・揚収技術など有望技術を特定し、その上でさらなる絞込を進めてきたところ、海洋基本計画や海洋エネルギー・鉱物資源開発計画に基づき、また、外部有識者の助言等も踏まえて取組を進めてきており、これまでの進め方にも一定の妥当性はあると考えているが、事業の進捗を踏まえた方向性の確認・見直しの過程等において、商業化に向けてより適切・有効な進め方について検討していきたい。
● アウトプット目標未達成である中で 2030 年は基準時期として維持されているが、これも後倒しするのが現実的ではないか。	● 目標達成に向けて最大限取組を進め、現在の研究開発フェーズの進捗状況の検証と今後に向けた方向性の確認・見直しにおいて、達成時期の妥当性も含め必要な検討を進めていきたい。

（３）マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
● 現在の閉鎖性の高い資料管理体制では、データの死蔵、あるいは陳腐化につながる懸念があり、オープンイノベーションの考え方を活用することでスケジュール遅れの抑制、迅速な課題解決をすることや、資料の開示を最大限行い、これを活用した研究開発を行う人材の裾野を広げる必要がある。	● オープン・クローズ戦略に関する検討・取組において、メタンハイドレート開発等に係る研究開発人材の裾野拡大の視点も含め、長期的な取組の一つとして継続的な確認と更新を進めていきたい。
● 表層型は、プロジェクト全体をまとめ、牽引していくプロジェクトマネージャ（PM）の必要性に加え、研究開発内容を今後どのように	● 現在、産業技術総合研究所のコアメンバーのうち 1 名が PM として全体の取りまとめ等を担っている。また、民間企業への橋渡しも含

民間企業に橋渡ししていくかを検討する必要があるのではないか。	めたより効果的な事業推進のあり方については、継続的な検討を進めていきたい。
● 海洋試験等の実施において、想定した試験結果が得られなかった場合の長期的な開発計画シナリオ・戦略を練っておく必要があるのではないか。	● 海洋等での取組には不測の事態が十分発生し得るとの認識に立って、開発計画全体への影響等も含めてリスクを想定し、場面に応じた必要な対処について検討を進めていきたい。

第 2 章 評価ワーキンググループの所見と その対処方針

中間評価（2024 年度（令和 6 年度））

所見	対処方針
カーボンニュートラル（CN）の観点からは、将来的な実用化に向けて競合を定義し、ターゲットを絞り込んだ上で開発を進めるべきである。	現地点においては、メタンハイドレート（MH）生産ガスを開発・供給するモデル検討を進めるとともに、様々な CN 関連技術等の実装・商業化に係る異なる進捗度合いを考慮しつつ、MH 開発に CCS を組み合わせる（濃集帯等への CO2 貯留）モデルについて検討を進めることとしたい。なお、MH 生産ガス（メタン）から水素等を製造するモデルの可能性も排除せず、様々なオプションを検討することとしたい。
知財方針の戦略の提示が必要である。	引き続き、知財運営委員会において適切な知財マネジメントを実施するとともに、今後の MH 研究開発の進捗と併せて、生産技術等に係る知財価値の最大化を図るための戦略・方策（将来の MH 開発の産業化・商業化を見据え、生じる知財の海外も含めた権利化やオープンイノベーション・クローズの分別・バランス等）を検討することとしたい。
来年度のステージゲートまでに信頼できるデータを提供する必要がある。	- 米国アラスカ州での長期陸上産出試験において、10 か月間を超えるガス産出試験により、長期の生産挙動データを取得することができた。また、2024 年度実施予定の志摩半島沖における物理検層・試料取得により、メタンハイドレート貯留層の性状等の把握・評価に必要なデータを追加取得する予定である。 - 現在の研究開発フェーズにおける目標の達成度合い等について、本事業で設置している外部有識者委員会による評価（2025 年度内）等につなげられるよう、取得（予定を含む）データの解析等を進め、令和 7 年夏頃までに目標の達成度合いの取りまとめ・提供に取り組む。

中間評価（2021 年度（令和 3 年度））

所見	対処方針
- メタンハイドレート事業はエネルギー安全保障等の観点から、有意義で意味のある重要なテーマと捉えている。当面はこれまでの海洋産出試験での課題に対策した長期陸上試験を成功させることに注力していただきたい。 - 次のフェーズへの取り進めに際しては、カーボンニュートラル達成の道筋のなかでの他のエネルギーとメタンハイドレートの優先順位についてしっかりと検討したうえで、判断していただきたい。その際には国民への説明についても十分配慮していただきたい。	- 長期陸上産出試験の実施に際しては、これまでの技術課題の検証に向けて、試験開始時からデータ取得、解析、分析等を行い、多くの専門家から意見を伺いながら、有益な成果が上げられるよう努めてまいりたい。 「エネルギー基本計画（令和 3 年 10 月）」に基づき、水素・アンモニアの原料としての活用も視野に入れつつ、商業化に向けたプロジェクトの可能な限り早期実現に向けて取組を進めていくと共に、今フェーズの研究開発期間終了までに進捗状況を検証し、次期フェーズに向けて、実行計画を含めた方向性の見直しを行い、節目毎に国民に分かりやすく情報発信していきたい。

中間評価（2018 年度（平成 30 年度））

所見	対処方針
<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。 <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。	- 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。 - 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

所見	対応方針
<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。	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。 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みに取り組む。

中間評価（2015 年度（平成 27 年度））

所見	対応方針
<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> 国が関与する必要の高い事業であり、意義も大きい。今後のフェーズ3においては、これまでの開発の遅れを踏まえて、適切な進捗管理を行うとともに商業化フェーズに向けて環境影響も含めた慎重な検討が求められる。	メタンハイドレート開発促進事業では、フェーズ2において5つの重点目標と14の研究開発テーマを設定し研究開発を実施し、平成25年3月には第1回海洋産出試験を実施した。第1回海洋産出試験においては、出砂現象やガス・水分離装置の不調等の技術課題が浮き彫りとなり、その課題克服に向けた研究開発に時間を要したところである。これらの課題克服の取組みに伴って生じた工程の遅れを始めとして、14の研究開発テーマそれぞれの進捗度合を確認、整理の上、平成28年度から平成30年度までを実施期間とする「フェーズ3実行計画」を作成しているところである。この実行計画に基づき、平成28年度後半以降に予定される第2回海洋産出試験の実施内容も含めて適切な進捗管理に努めていく。

所見	対応方針
	また、フェーズ3の期間を通じ、商業化フェーズを念頭に置きながら、長期的なメタンハイドレート生産のための技術の開発のみならず、生産に伴って生じる可能性のある環境リスクの分析と対策の検討、環境計測技術の開発等にも取り組むことが重要であると認識しており、その旨をフェーズ3実行計画に明記している。

中間評価（2011年度（平成23年度））

所見	対応方針
- 産出にともなう安全性や環境影響について検証を行っているが、その評価については外部の専門家に評価してもらう仕組みを導入し、社会に対して十分説明責任を果たすべき。 - 海外の社会情勢の影響で陸上長期産出試験が未実施になっておりこのこと自体は仕方のない面もあるが、それにも関わらず、海洋産出試験に着手するのであれば、ただ漫然と行うのではなく、この事業をさらに改善し、期間を短縮したり、予算額を節約したりするなどの方策を同時に示すべき。 - 商業化を急いで短期間で成果に繋げようとするよりも、長期的なスタンスで研究開発を続けるべき。	- 海洋産出試験にともなう安全性や環境影響については、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム内に別途「環境有識者会議」を設置し、外部有識者に検証していただいているところである。更に検証結果については、「メタンハイドレート開発実施検討会」（座長 東京大学 佐藤教授）において評価していただいているところである。今後とも十分説明責任を果たしてまいりたい。 - 海洋産出試験の作業内容、実施時期等については、外部有識者で構成される「メタンハイドレート開発実施検討会」（座長 東京大学 佐藤教授）において検討してきており、長期陸上産出試験を経ずに海洋産出試験を実施することについては、それぞれの試験の現況、意義、目的等を整理した上で、計画通り海洋産出試験の実施が可能との判断がなされているところである。引きつづき、有益な試験とするとともに予算節約に努めてまいりたい。 - 海洋エネルギー・鉱物資源開発計画に基づいて平成30年度までに商業化の実現に向けた技術整備を行うこととしている。今後

所見	対処方針
	とも計画に基づいて成果が上げられるよう 努力してまいりたい。

中間評価（2008 年度（平成 20 年度））

評価小委員会としての意見 【中間評価（2008 年度）】
メタンハイドレート開発促進事業は、フェーズ 1 を終了し、ほぼ目標通りの成果が得られ、フェーズ 2 の段階に進むところであるが、より効率的に連携のとれた体制により、技術的課題への的確な対応や事業の進展に伴い、経済性のシミュレーションを行うとともに、社会的受容に向けた取り組みを行っていくことが必要である。 また、当初設定した目標や技術上のターゲットに固執せず、その時々状況に応じ、種々のシミュレーションを行いつつ、政策上の戦略的観点から見直しを行うことも必要である。 このような点を踏まえ、本件プロジェクトを遂行していくことが望まれる。

第 3 章 評価対象事業に係る資料

メタンハイドレートの研究開発事業 (中間評価) 評価用資料

2024年5月14日

経済産業省 資源エネルギー庁 資源開発課

目次

事業基本情報

評価項目1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1-1-1 社会課題と将来像 .. 4

石油天然ガスの重要性

日本の電源構成

日本のエネルギー受給率

石油・天然ガスの調達状況

ウクライナ危機等を踏まえたエネルギー安全保障の再確認

メタンハイドレートとは（砂層型、表層型メタンハイドレート）

メタンハイドレートの資源量

1-1-2 本事業の意義（社会的価値・経済的価値） .. 12

1-1-3 外的環境の状況（技術・市場・政策・制度動向等） .. 14

1-1-4 研究開発の全体構成 .. 15

1-2 アウトカム達成までの道筋 .. 17

砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

1-3-1 オープン・クローズ戦略 .. 19

1-3-2 知的財産取得の取組 .. 20

1-3-3 標準化戦略の取組 .. 22

評価項目2. 目標及び達成状況

2-1 アウトカム目標及び達成見込み .. 24

2-2-1 アウトプット目標及び達成状況

砂層型メタンハイドレートについて .. 25

【生産技術の開発】

ロ) 貯留層評価 .. 30

ハ) 生産システム改良 .. 35

二) 長期陸上産出試験 .. 36

【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 .. 40

ロ) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施 .. 42

【環境影響調査】 .. 45

【長期的な取組】

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組み .. 51

ロ) 日本周辺海域の資源量評価 .. 52

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 .. 53

表層型メタンハイドレートについて .. 56

【生産技術の開発】

ロ) 回収・生産技術の研究開発 .. 58

【海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査】 .. 60

【環境影響評価】 .. 64

2-2-2 特許出願及び論文発表等 .. 65

評価項目3. マネジメント

3-1-1 実施体制 .. 67

3-1-2 研究データの管理・利活用 .. 68

3-2 受益者負担の考え方 .. 69

3-3-1 研究開発計画と進捗状況

砂層型メタンハイドレート .. 70

表層型メタンハイドレート .. 76

3-3-2 進捗管理 .. 80

3-3-3 外部環境変化の確認状況 .. 81

3-3-4 継続・中止の判断の要件・ステージゲート方式 .. 82

前回評価時の指摘事項と対応状況 .. 83

特許・論文・発表リスト .. 85

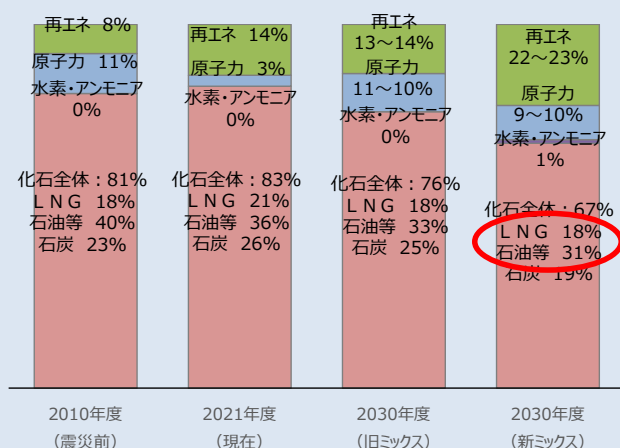
事業名		メタンハイドレートの研究開発					
事業期間		2002年度～未定 評価時期：中間（2005、2008、2011、2015、2018、2021年度）					
予算額		2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	総額
	(予算)	75億円	109億円	115億円	145億円	139億円	1,818億円 (2002FY～ 2023FY)
	(実績)	41億円	46億円	158億円	153億円	150億円	548億円 (2019FY～ 2023FY)
実施体制		独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構 国 → 国立研究開発法人産業技術総合研究所 日本メタンハイドレート調査株式会社					
		三者コンソーシアム (委託)					
事業目的		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。					

評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

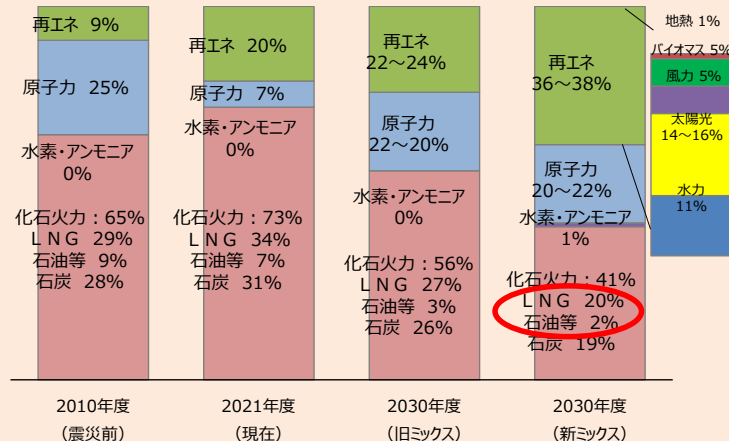
石油・天然ガスの重要性

- エネルギーは、国民生活や経済活動を支える基盤。いかなる状況にあっても、安定供給の確保が不可欠。
- 石油は災害時におけるエネルギーの「最後の砦」として、また天然ガスは、カーボンニュートラル社会への移行期に加え、カーボンニュートラル社会の実現後も引き続き重要なエネルギー源であり、カーボンリサイクルなどの脱炭素技術の開発とともに、石油・天然ガスの安定供給確保の重要性は変わらない。

一次エネルギー供給



電源構成

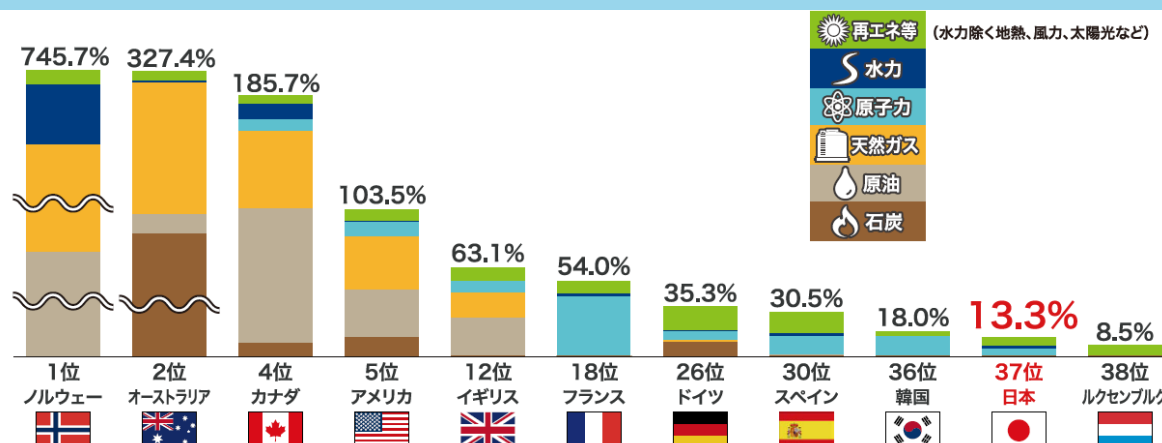


出典) 経済産業省 GX実現に向けた基本方針 地方説明資料 一部抜粋

1-1-1. 社会課題と将来像

日本のエネルギー自給率

- 日本のエネルギー自給率は13.3%（2021年）で、OECD国では下から二番目の低さ。
- 東日本大震災前後では、原発停止の影響により、20.2%から6%台まで大幅に減少。
- 化石燃料の自給率が最も低い。



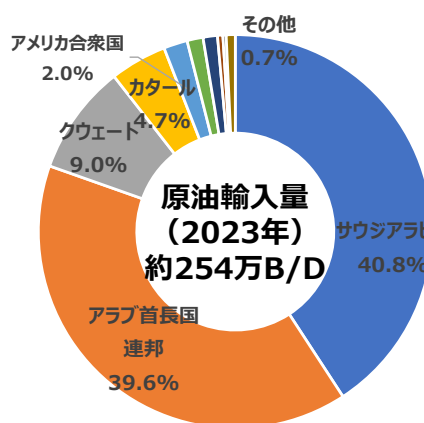
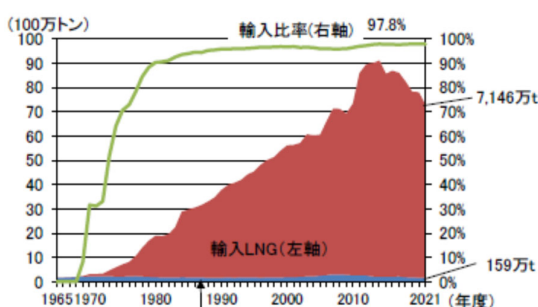
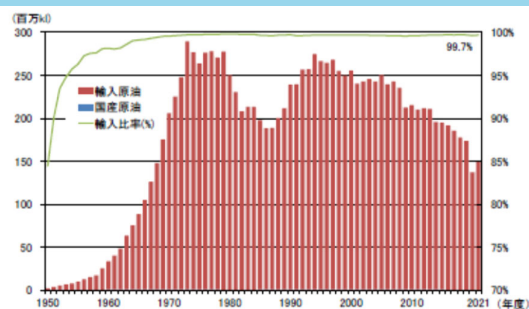
出典) 資源エネルギー庁広報パンフレット 日本のエネルギー2023年度版 一部抜粋

	2010年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
日本の一次エネルギー自給率	20.2	6.5	6.3	7.3	8.1	9.4	11.7	12.1	11.3	13.3
再エネ等	2.9	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.4	5.7	6.1	6.4
水力	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	1.7
原子力	15.0	0.5	-	0.6	1.1	2.0	4.0	4.0	2.6	4.6
化石燃料	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7

出典) IEA「World Energy Balances 2022」の2021年推計値、日本の資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2021年度確報値

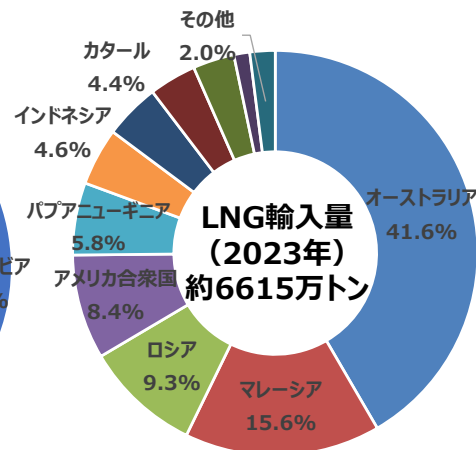
石油・天然ガスの調達状況

- 化石燃料のほぼ全量を海外から輸入。原油は中東依存度が約9割超。
- LNGは原油に比べ調達先の多角化が進んでおり、中東依存度は1割弱。今後も豪州やマレーシア、北米等も含めた多様な地域からの調達が見込まれる。



中東依存度：95.4%
ロシア依存度：0.08%

出典）財務省貿易統計



中東依存度：9.0%
ロシア依存度：9.3%

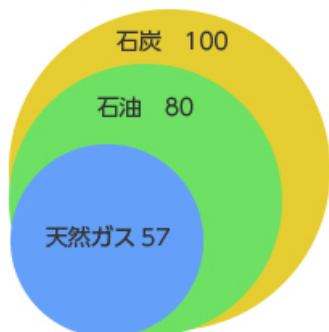
出典）エネルギー白書（2023）

1-1-1. 社会課題と将来像

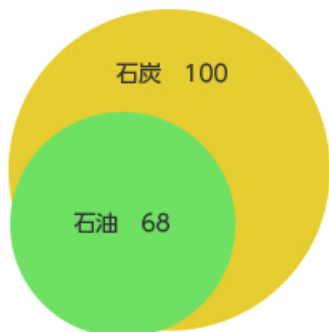
（参考）LNG とは

- LNG（Liquefied Natural Gas＝液化天然ガス）は、天然ガスを冷却した無色透明の液体。
- 天然ガスは、ほぼ大気圧下でマイナス162℃まで冷却すると液体になり、体積が気体のときの600分の1になります。この特性を利用して、LNGタンカーで大量の天然ガスを輸送することができる。
- 石炭や石油に比べ燃焼時にCO₂発生量が少ないため、地球温暖化抑制に寄与します。さらに、窒素酸化物の発生量も少なく、硫黄酸化物や煤塵の発生はゼロ。

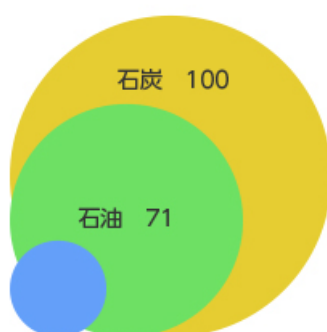
CO₂(二酸化炭素)
(石炭を100とした場合)



SOx(硫黄酸化物)
(石炭を100とした場合)



NOx(窒素酸化物)
(石炭を100とした場合)



出典）一般社団法人日本ガス協会HP



ウクライナ危機等を踏まえた、エネルギー安全保障の再確認

- ロシアによるウクライナ侵略やハマス等によるテロ攻撃など、世界各地での緊迫した情勢を踏まえ、資源やエネルギーを特定地域・国に依存することのリスクが改めて認識されるとともに、エネルギー安全保障を確立・堅持していくことの重要性を改めて深く認識することとなった。
- 化石資源の太宗を海外に依存する日本は、国際的にもエネルギー自給率が低い。こうした点を踏まえ、我が国は、石油・天然ガスの安定供給確保に向けて、国内資源の開発を進めるとともに、資源外交の推進やJOGMECによるリスクマネーの供給等により、自主開発を推進し、石油・天然ガスの自主開発比率（2019年度は34.7%）を2030年に50%以上、2040年には60%以上に引き上げることを目指すという目標を置いている。
- G7でも、安定供給を確保しながら、ロシアへのエネルギー依存を低減していくことが確認されており、我が国としても、G7をはじめとする国際社会と連携していく方針となっている。
- 今後の政策の大きな方向性としては、ロシアへのエネルギー依存を低減しつつ、エネルギーの安定的かつ持続可能な供給を確保していくことが同時に求められることになる。

→ 国内資源開発を推進する

→ エネルギー源の多様化とともに、国の関与も深めることで、ロシア以外の調達先の多角化を図る

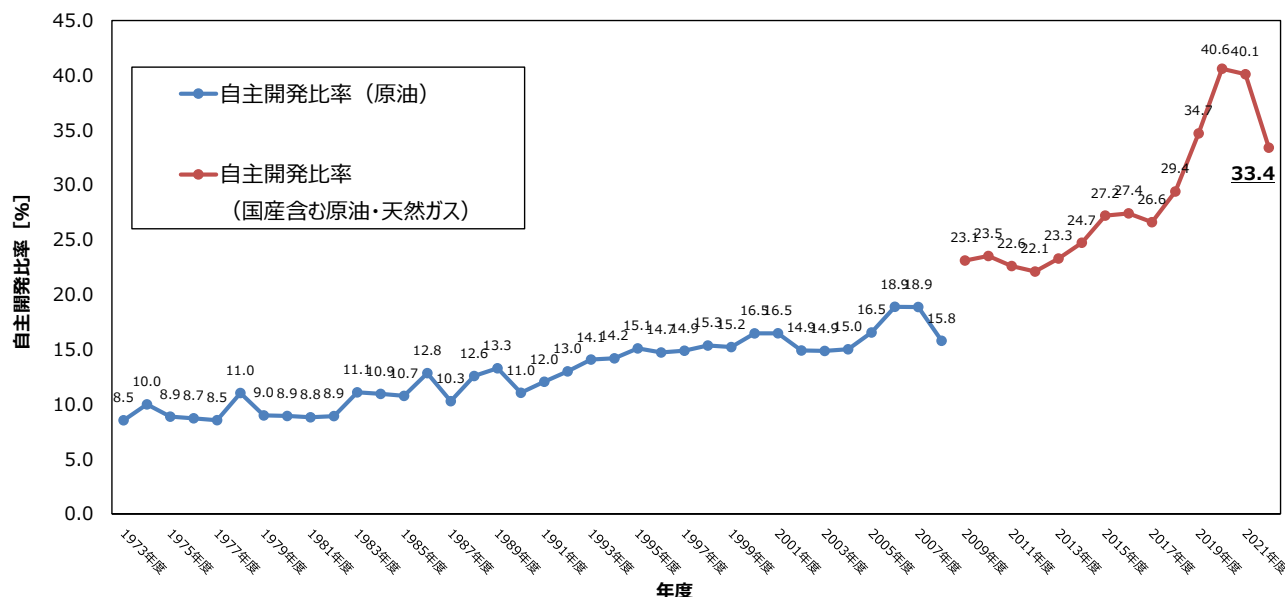
→ 主要消費国とも連携した生産国への増産働きかけを行う

（参考）石油・天然ガスの自主開発比率

- 石油・天然ガスの安定供給に向けて、自主開発比率（※1）を2030年に50%以上、2040年に60%以上とする目標（※2）を掲げ、官民一体となって自主開発を推進。
- 2022年度の実績は33.4%。

（※1）石油及び天然ガスの輸入量及び国内生産量の合計に占める、我が国企業の権益下にある石油・天然ガスの引取量及び国内生産量の割合。

（※2）第六次エネルギー基本計画（令和3年10月22日閣議決定）において、これまでの自主開発比率目標（2030年に40%以上）を引き上げ。

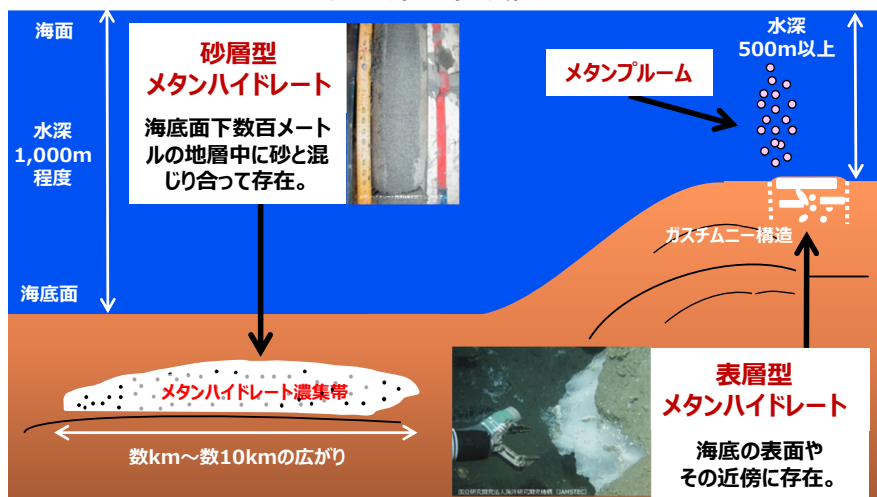


メタンハイドレートとは

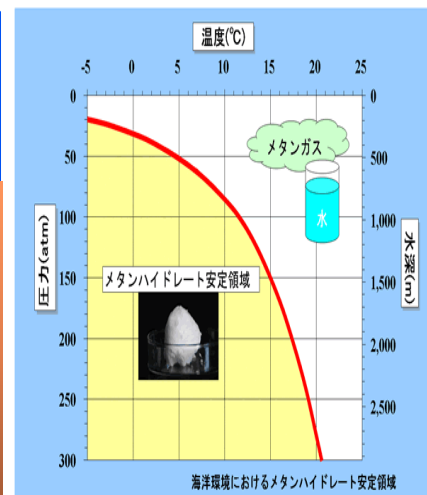
- 我が国の国内資源
 - 在来型：原油、天然ガス
 - 非在来型：水溶性天然ガス、メタンハイドレートなど
- メタンハイドレート：メタンガスと水が低温・高圧の状態
で結合した氷状上の物質 → 「燃える氷」



<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>

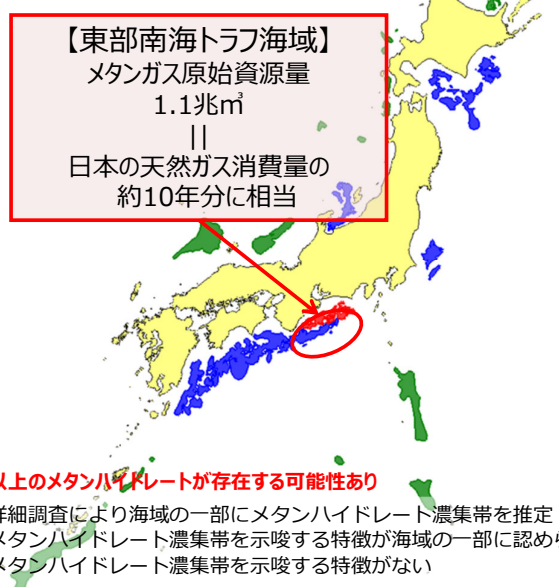


1-1-1. 社会課題と将来像

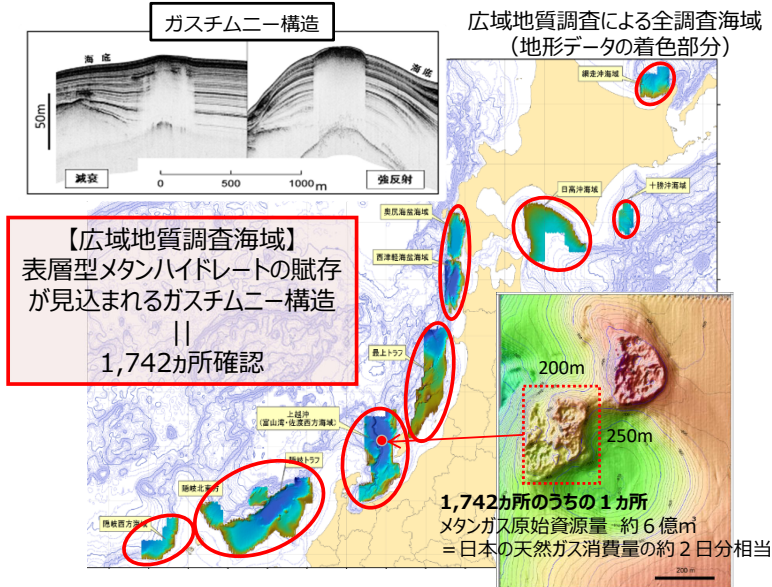
メタンハイドレートの資源量

- 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。ポテンシャルが見込まれる構造（ガスチムニー構造）を1,742カ所確認。
- 資源量調査の結果から分かるとおり、メタンハイドレートは、日本周辺海域に豊富に存在することが期待される未来の天然ガス資源である。

砂層型メタンハイドレート



表層型メタンハイドレート



- 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。

○「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。

1-1-2. 本事業の意義（社会的価値・経済的価値）

○「第4期海洋基本計画」（令和5年4月閣議決定）（抜粋）

- 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の技術開発を進める。その際、2030年度まで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て、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化
する際に必要となる技術、知見、精度等を確立するための研究開発を行う。
- 技術課題、方法論、スケジュール等の開発の具体的な計画及びその長期的な見通し等については、従来どおり海洋基本計画に基づき策定された「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を改定することにより、明らかにする。
- ◆ 砂層型のメタンハイドレートについては、各研究開発ステージで得られた研究成果に基づき目標達成状況を評価するなど適切なプロジェクト管理の下、長期間の安定生産を実現するための生産技術の確立、経済性を担保するための資源量の把握、商業化を睨んだ複数坑井での生産システムの開発等について取り組む。
- ◆ 表層型のメタンハイドレートについては、2019年度に特定した回収・生産技術の評価結果を踏まえつつ、本格的な研究開発を引き続き行い、商業化に向けた更なる技術開発を推進するとともに、海底下の状況や環境影響を把握するための海洋調査を実施する。

カーボンニュートラル時代における石油・天然ガスの重要性

- エネルギーは、国民生活や経済活動を支える基盤であり、いかなる状況にあっても、安定供給の確保が不可欠。
- 石油は災害時におけるエネルギーの「最後の砦」として、また天然ガスは、カーボンニュートラル社会への移行期に加え、カーボンニュートラル社会の実現後も引き続き重要なエネルギー源であり、カーボンリサイクルなどの脱炭素技術の開発とともに、石油・天然ガスの安定供給確保の重要性は変わらない。
- むしろ、いかなる情勢変化にも柔軟に対応する基盤として、石油・天然ガスの「自主開発比率」を可能な限り高めることは、これまで以上に重要。

第六次エネルギー基本計画（令和3年10月22日閣議決定）抜粋

- カーボンニュートラルへの道筋に様々な不確実性が存在する状況においても、エネルギー・セキュリティの確保に関しては一切の妥協は許されず、必要なエネルギー・資源を安定的に確保し続けることが国家の責務である。昨今の中東情勢の変化や新興国の需要拡大、シーレーンの不安定化、戦略物資を巡る国際的な緊張の高まり等も踏まえると、石油・天然ガスや金属鉱物資源等の海外権益獲得や国内資源開発を通じた安定供給確保は、国民生活及び経済活動の観点から重要であり、引き続き確実に達成する必要がある。
- ～（略）石油・天然ガスの安定供給確保の重要性は全く変わるものではなく、むしろ、いかなる情勢変化にも柔軟に対応するための基盤として、自主開発比率を可能な限り高めることの重要性が一層増している。このため、石油・天然ガスの安定供給確保に向けて、引き続き資源外交の推進やJOGMECによるリスクマネーの供給等により、自主開発を推進し、石油・天然ガスの自主開発比率（2019年度は34.7％）を2030年に50％以上、2040年には60％以上に引き上げることを目指す。
- ～（略）日本においても、様々な立場の専門家からの意見を踏まえメタハイ部分を抜粋
- 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。
- ～（略）

1-1-4. 研究開発の全体構成

（海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（2019年2月15日～2024年3月21日））

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 【2021年度評価時達成】
	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
【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】長期的な取組	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

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 【2021年度評価時達成】
	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】長期的な取組	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

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2026年3月末まで延長し、協同でアラスカ陸上産出試験を実施中。 また、メキシコ湾の砂層型メタンハイドレートの研究も進められており、2023年には保圧コア試料の採取がなされたことを発表。
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m ³ ）。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）。 天然資源省は、2030年の商業開発に向け、南シナ海において3回目のガスハイドレート生産井の掘削計画の準備を進めており、南シナ海の対象海域での地震探査や環境調査、坑井の地質工学調査を実施したことを発表。
インド	2020年、インド政府は、クリシュナ・ゴダヴァリ（KG）盆地のメタンハイドレートに含まれるメタンの量は、少なく見積もっても、世界における化石燃料の埋蔵量の2倍に相当し、KG盆地は生物起源メタンの発生源であるとのインド政府科学技術省のアガーカー研究所（ARI）研究結果を発表。

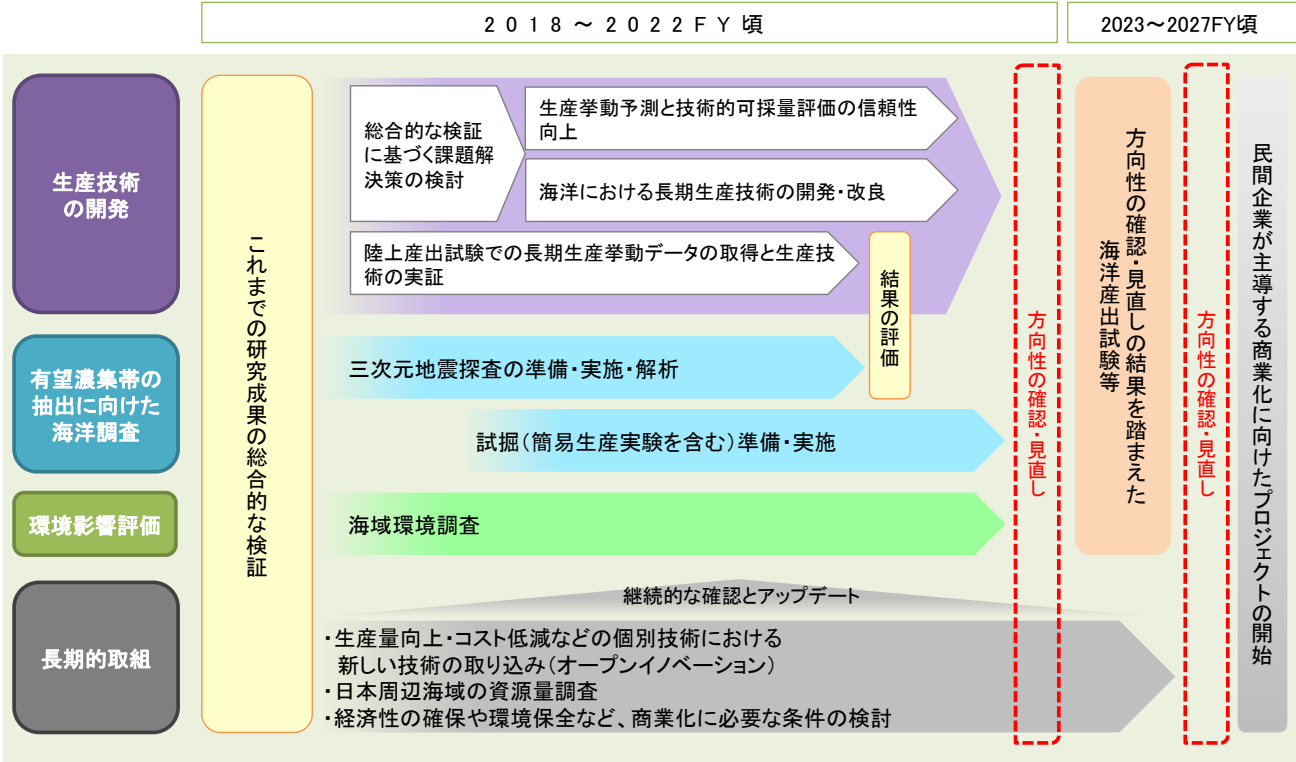
1－2．アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）

評価項目1

17

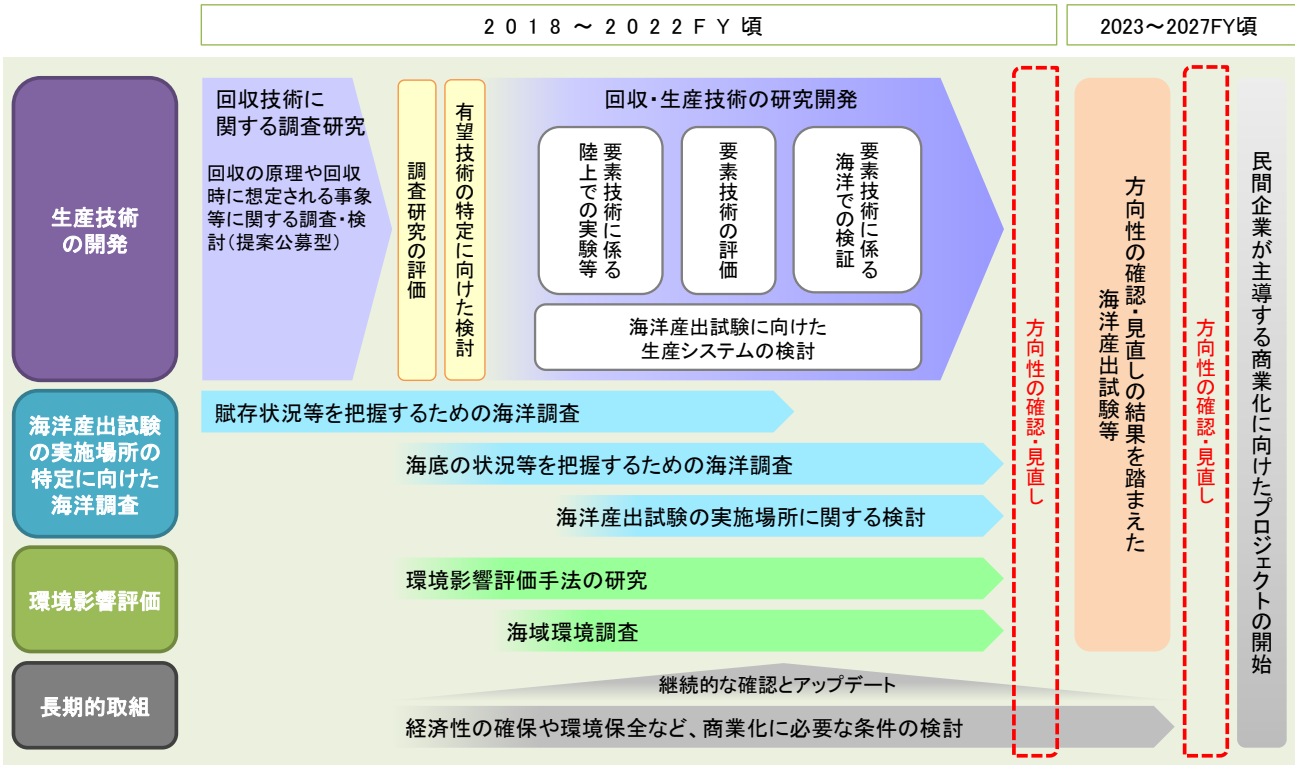
砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表（海洋エネルギー・鉱物資源開発計画：平成31年2月）

「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。



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。



1-3-1. オープン・クローズ戦略

メタンハイドレートの研究開発においては、石油天然ガスの上流開発の現場で用いられている技術や製品等をメタンハイドレートの生産技術等に適用できるよう改良、あるいは再設計した上で、研究開発及び実証事業に取り組んでいる。

メタンハイドレートを経済的に生産するための技術確立等が最優先事項であるが、現状、技術確立の目途が十分に立っていない。そのため、市場導入に向けたオープン・クローズ戦略の検討の段階に至っておらず、ノウハウや知財等に該当すると考えられる情報は全て秘匿情報として扱っている。

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

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海底・地層に関す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

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、

- ①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
 - ②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
 - ③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
 - ④出願により権利化をするに当たっては、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
 - ⑤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。

- メタンハイドレートの掘削・生産に必要な技術及び製品を取り扱うメーカーは、外資系数社に限られており、それら既存の技術や製品等を改良あるいは再設計した上で、研究開発及び実証事業に取り組んでいる状況である。
- メタンハイドレートを経済的に生産するための技術確立の目途が十分に立っていない状況であり、現時点で大量生産を見据えた標準化戦略の検討は行っていない。

評価項目 2. 目標及び達成状況

アウトカム目標		達成見込み
2030年度まで	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を目指す。	・新型コロナ等の影響や簡易生産実験、<u>長期陸上産出試験が計画どおり進捗していないことから、現在の研究開発期間を、2021年度の1年間延長に加え、更に2年延長し、2025年度末</u>としている。 ・まずは現在の<u>研究開発フェーズの目標達成に向け、技術開発を推進</u>する。
(目標の設定理由・根拠) ・2024年3月22日に改定した「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」において、<u>現在の研究開発フェーズの最終年度である2025年度に、研究開発等の進捗状況を検証するとともに、方向性を確認し、必要に応じて、具体的な目標やスケジュール等の見直しを行う</u>こととしている。 ・<u>方向性の確認・見直しの結果を踏まえた上で</u>、我が国周辺海域の有望濃集帯における長期生産挙動の確認及び生産技術の実証を目的とした<u>海洋産出試験等を実施する予定</u>である。 ・これらの結果を踏まえ、改めて方向性の確認・見直しを行い、<u>2030年度までに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を目指す</u>ている。		

2-2-1. 研究開発フェーズのアウトプット目標及び達成状況 – 2022年度以降 –

① 砂層型メタンハイドレートについて

研究開発フェーズ4 アウトプット目標		達成見込み (2022年度以降)
マイルストーン② 2022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。	達成 ・三次元地震探査データを基に濃集帯の解釈を実施。 ・100億m³以上の原始資源量が期待される規模の濃集帯を選定。 ・2021年度及び2022年度に事前調査井を掘削。 ・<u>100億m³以上の原始資源量が期待される海域のうち、志摩半島沖の2濃集帯から2地点選定し、2023年5月末から8月初頭にかけて簡易生産実験を含む試掘を実施。</u>
(目標の設定理由・根拠) これまでの地震探査データの解析・解釈及び事前調査井の掘削成果を踏まえ、試掘・簡易生産実験に相応しい濃集帯か、また、同実験が可能な環境か判断するため。 (目標達成後の状況) 鉱業法に基づき、三重県志摩半島沖において、可燃性天然ガス（メタンハイドレート）を目的とした特定区域を指定。特定開発者を選定し、試掘・簡易生産実験を実施。		

① 砂層型メタンハイドレートについて

研究開発フェーズ4 アウトプット目標		達成見込み
マイルストーン ② 2022年度後半 →2024年度前半 (目標年度見直し)	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十分に実施されていること。	現在は一部達成であるが、2024年度前半に目標達成予定 - 第2回海洋産出試験のコア分析結果、地震探査データや物理検層解析結果、モニタリングデータ等の統合的解析を実施した上で、<u>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要因を推定。</u> - アラスカ長期陸上産出試験に向け、層序試錐井データ、地震探査データ等に基づく<u>二次元及び三次元の地質・貯留層モデルを構築し、生産挙動予測及び感度解析等を実施。</u> - 新規掘削坑井での取得コアを分析中。 <u>陸上産出試験を2023年9月19日（現地時間）に着手し、2023年10月24日（現地時間）にはガス生産開始。</u> - 貯留層応答及び試験設備の状況等により<u>断続的な試験となっていることに加え、複数の減圧度における生産データが十分に得られておらず、現在のガス生産期間も6か月程度</u>であることなどから、2024年7月末を目途にガス生産を継続し、<u>生産挙動データを取得中。</u>
(目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析) - 主要鉱区権者の権益売却や長期に及んだ新型コロナの流行等により、スケジュールが大幅に遅延。 - 坑井掘削開始が2022年度後半、ガス生産開始が2023年度後半となった。 - 研究開発フェーズのアウトプット目標は、陸上産出試験開始後、一定期間のデータ取得が見込まれる2024年度前半に延期。 (今後の見通し) アラスカ陸上産出試験のスケジュールの遅れに伴い、<u>試験データの評価及び評価を用いた解析作業並びに生産量予測等の信頼性の向上に資する検討は2025年度まで要する見込み</u>である。		

① 砂層型メタンハイドレートについて

研究開発フェーズ4 アウトプット目標		達成見込み
2023年度 →2025年度 (目標年度見直し)	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。 <u>(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。)</u>	現在は一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 2023年5月末から8月初頭にかけて簡易生産実験を含む試験を2地点で実施したものの、計画どおり簡易生産実験が進展せず、貯留層の初期浸透率等を評価できていない。次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点を選定するためには、<u>更なる地質データを取得する必要がある、2024年度に保圧コア試料等を取得予定。</u>
2023年度 →2025年度 (目標年度見直し)	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。 <u>(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。)</u>	現在実施中であり、2025年度に目標達成予定 <u>長期陸上産出試験での結果及び志摩半島沖での追加的な地質データを踏まえ、生産予測モデルを見直しを行い、目標である1坑井あたりの生産レートとして、日産5万立方メートルの見込みが得られているか否か、評価する予定。</u>
(目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析) 研究開発フェーズ4のアウトプット目標のうち、「次フェーズ海洋産出試験実施候補地点が抽出されていること」については、貯留層の初期浸透率等を評価できる地質データが得られておらず、海洋産出試験実施候補地点となる有望濃集帯の絞込までに至っていない。 また、研究開発フェーズ4のアウトプット目標のうち、「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」については、長期陸上産出試験に関連する主要鉱区権者の権益売却や長期に及んだ新型コロナウイルス感染症の流行等により、陸上産出試験スケジュールが大幅に遅延し、掘削開始が2022年度後半、ガス生産開始が2023年度後半となったことから、長期での生産挙動を把握する上で十分なデータが得られていない。 研究開発フェーズの目標が達成状況を把握、評価するためには、更なる地質調査と地質データの解析・評価を踏まえた有望濃集帯の絞込を行うとともに、陸上産出試験によるガス生産を継続し（2024年7月末目途）、試験結果の評価を踏まえた解析作業及び生産量予測等を行う必要があることから、目標年度を2025年度に変更する。 (今後の見通し) アラスカ陸上産出試験のスケジュールの遅れ並びに志摩半島沖での追加的な地質データの取得に伴い、<u>試験データの評価及び評価を用いた解析作業並びに生産量予測等の信頼性の向上に資する検討は2025年度まで要する見込み</u>である。		

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 【2021年度評価時達成】
	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)
【2】有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	ニ) 長期陸上産出試験
	イ) 三次元地震探査の準備・実施・解析
【3】環境影響評価	ロ) 試掘 (簡易生産実験を含む) の準備・実施
	イ) 環境影響評価
【4】長期的な取組	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

② 表層型メタンハイドレート

研究開発項目		今般の 評価対象項目
【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 【2021年度評価時達成】	
	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】長期的な取組	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	

2-2-1. 研究開発項目のアウトプット目標及び達成状況 -2022年度以降-

評価項目2

29

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

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況 (2022年度以降)
2022年度後半 →2025年度 (目標年度見直し)	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)	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。	現在は一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 長期陸上産出試験における ガス生産は2023年10月24日 (現地時間) に開始。長期生産挙動を把握するため、現在も 生産試験を継続中 。陸上産出試験で得られる 貯留層評価に資するデータ収集及び解釈も順次実施中。
		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。	

(目標年度の変更理由・根拠)

2021年度の中間評価以降も、鉱区権者との鉱区使用契約に係る諸手続、坑井掘削及び地上試験設備設置等の作業において大幅な遅延が発生し、長期陸上産出試験の開始が2023年9月中旬、ガス生産開始が2023年10月下旬まで延びたことから、長期陸上産出試験が開始され、長期生産挙動を把握できる一定期間を経た2024年度前半に後ろ倒した。

(未達成の原因分析と今後の見通し)

アラスカ陸上産出試験開始が遅れたことから、**陸上産出試験で得られる貯留層評価に資するデータを収集している段階**である。得られた**データの処理・解析・解釈などには着手したばかり**であり、まだ時間を要する。

そのため、**生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上に関する検討は、2025年度まで要する見込み**である。

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

□) 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）

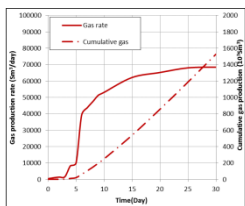
<課題>

➢ 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。

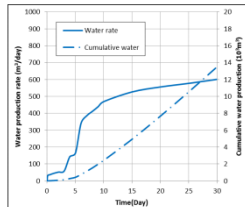
⇒ 生産量予測と技術的可採量評価の信頼性の向上

➢ 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

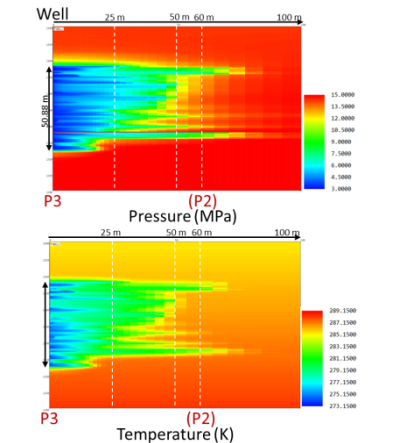
第2回海洋産出試験の事前予測



ガス生産量



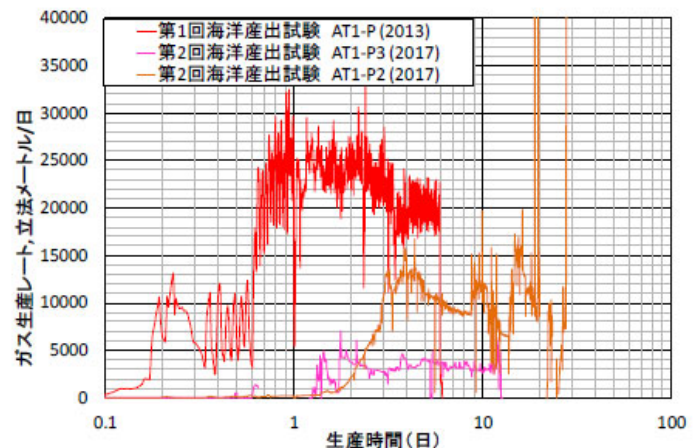
水生産量



P3井での1ヶ月後の貯留層内の圧力（上）、温度（下）変化

（出典）第33回 メタンハイドレート開発実施検討会資料

海洋産出試験におけるガス生産レートの推移



（出典）第36回 メタンハイドレート開発実施検討会資料

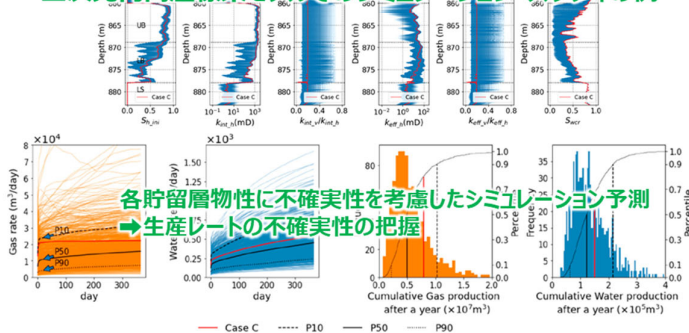
<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

□) 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）

<2022年度以降の実績>

- ① 長期陸上産出試験のより現実的な生産挙動予測に向け、生産井PTW-1を対象とした二次元モデルの構築及び三次元モデルを更新するとともに、各貯留層物性の不確実性を考慮した生産量予測、貯留層の側方不均質性や断層の水理特性が生産挙動に及ぼす影響の評価等を実施。

二次元円筒座標系モデルでのシミュレーション・スタディの例

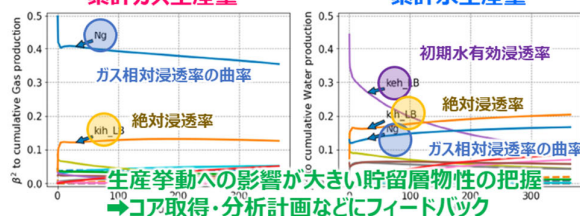


各貯留層物性に不確実性を考慮したシミュレーション予測
→ 生産レートの不確実性の把握

ガス・水生産レートと累計ガス・水生産量

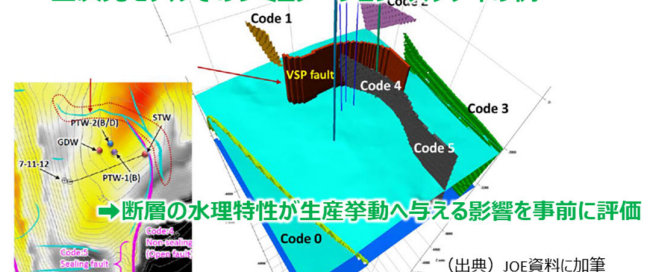
累計ガス生産量

累計水生産量



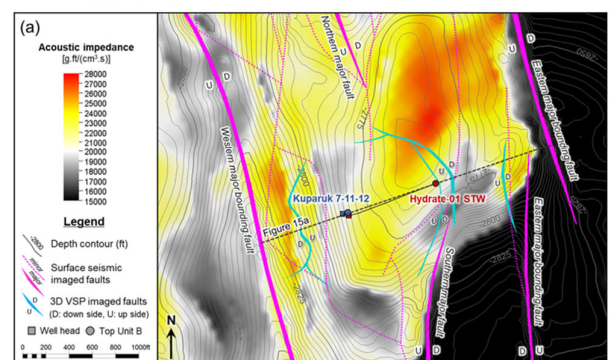
累計ガス・水生産量に対する各パラメータの感度指標の経時変化

三次元モデルでのシミュレーション・スタディの例



→ 断層の水理特性が生産挙動へ与える影響を事前に評価

（出典）JOE資料に加筆



（出典）3. アラスカ陸上産出試験では何をやるのか？、砂層型メタンハイドレートフォーラム 2022

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

口) 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）

<2022年度以降の実績>

- ② 2022年度に掘削したデータ取得井にて、長期陸上産出試験の生産対象になり得るメタンハイドレート胚胎層にて圧力コアを取得。このコアを日米の各研究機関へ輸送し、分析を開始。分析結果は、地層の水理・熱・力学・化学的特性の把握、物理検層とコアの対比、シミュレーションの入力パラメータ等に活用する。



➤ 非破壊分析

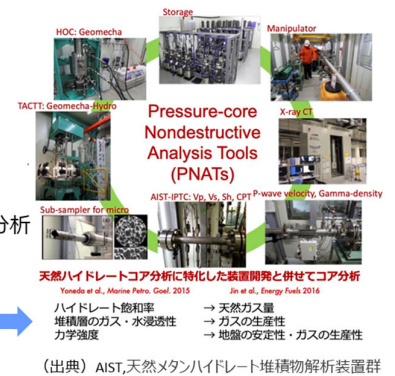
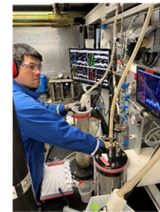
圧力を保持したまま、ガンマ線による密度と弾性波（P波）速度を測定

➤ X線CTイメージ

コアの内部構造を観察し、微細な地質構造やコアの品質を確認



コアはカットされ、採取コアの一部は減圧され、ガス量測定やガス組成分析
保圧コア、冷凍コアは、日米の各ラボへ輸送し、詳細分析へ



（出典）3. アラスカ陸上産出試験では何をやるのか？、砂層型メタンハイドレートフォーラム 2022

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

口) 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）

<2022年度以降の実績>

- ③ 2023年度に実施した志摩半島沖での簡易生産実験データについて、不確実性を考慮した3種類の浸透率モデルのうち最も簡易生産実験の実績に近い予測をした事前評価モデルをベースにしたヒストリーマッチによって、簡易生産実験の実績（生産レートおよびGeoFORM外側の圧力）を再現し得る貯留層物性（初期浸透率等）の推定を試行した。

【SM2-P1坑井】

- マッチングの対象である3つのパラメータ、ガス生産レート、水生産レート、GeoFORM外側の坑底圧力は良く再現できた。しかし、坑底温度が初期温度よりも高くなった事象を再現するには至っていない。
- 過大・過少評価は避けるような絶対浸透率の範囲でマッチングを実施したところ、それぞれのケースに対する初期水有効浸透率はいずれも事前評価モデルで推定した値よりも低く、予想よりも貯留層の生産性が低い可能性が示唆される。

【SM1-P1R坑井】

- 水生産レート、GeoFORM外側（上部/下部）の坑底圧力をマッチングの対象として、ヒストリーマッチを実施したところ、初期水有効浸透率はいずれも事前評価モデルで推定した値よりも高い結果となった。しかし、フロー期間が十分でなく、結果の信頼性は高いとは言えない。

【全体】

- GeoFORMの浸透率低下が示唆されているため貯留層性状の直接的な推定が困難であること、フロー期間が十分ではない（特にSM1-P1R）こと、また絶対浸透率の不確実性は依然高いことから、両サイト（SM1, SM2）の比較検討は現時点では十分にできず、これらの結果に基づきフェーズ4の目標達成可否について判断するのは困難と言わざるを得ない。
- 令和6年度志摩半島沖での追加データ取得作業にて、今回の試掘・簡易生産実験では十分に把握できなかった情報を補完するためのデータ取得が必要である。

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

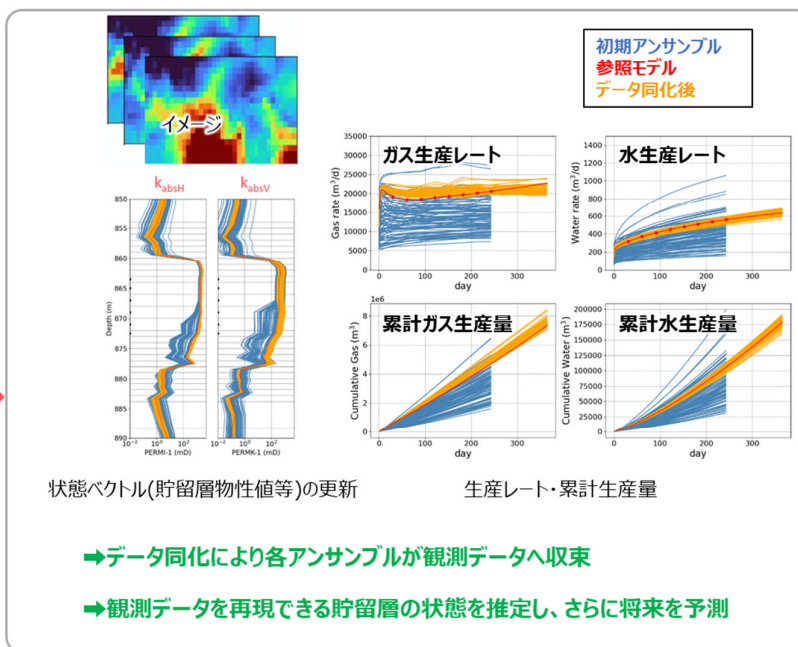
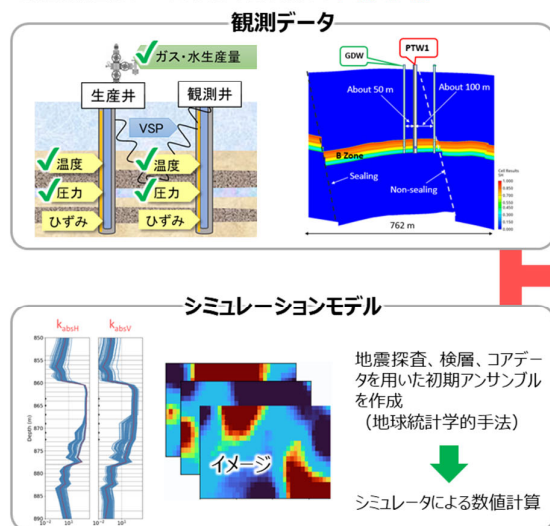
ロ) 貯留層評価（生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上）

<2022年度以降の実績>

- ④ 生産挙動予測の信頼性向上のため、数値シミュレーションと観測データを組み合わせた「データ同化」技術のメタンハイドレート生産シミュレーションへの適用性を検討中。長期陸上生産試験の事前検討の一環で理想的な観測データを用いた場合、データ同化技術を用いることで、生産井近傍の貯留層特性は、ある程度正確に推定できることが把握できたことから、貯留層の側方不均質性等の検討に適用できる可能性が示唆された。

データ同化による解析

- データ同化：「観測データ」と「シミュレーションモデル」を使い、**貯留層の最も確からしい状態**（貯留層物性値、断層、スキム）を統計的に推定
- 最も身近なデータ同化の応用例：気象予報



（出典）3. アラスカ陸上生産試験では何をするのか？、砂層型メタンハイドレートフォーラム 2022

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

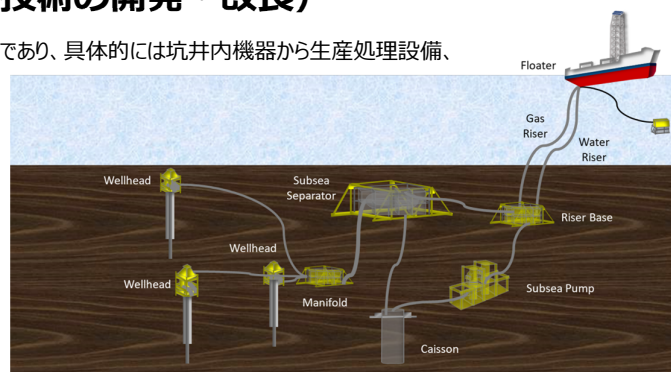
ハ) 生産システム改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）

※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

<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。

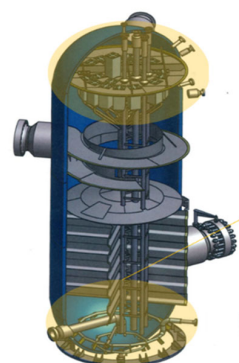
フローアシュアランス検討



生産システムのイメージ（全体像）

<2022年度以降の実績>

- 次フェーズ海洋産出試験に向け、2023年度から試験設備の基本設計の準備を進めるため、2022年12月から2023年3月にかけて、MH21-Sコンソーシアムのプロジェクトマネージャー、チームリーダー及び担当者による意見交換や検討会を実施し、2023年3月末に基本計画の第0版を策定。
- 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ーにおける
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

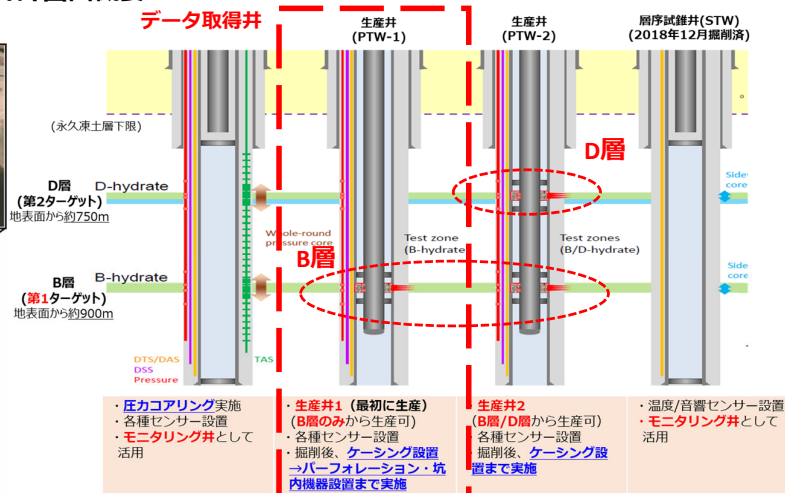
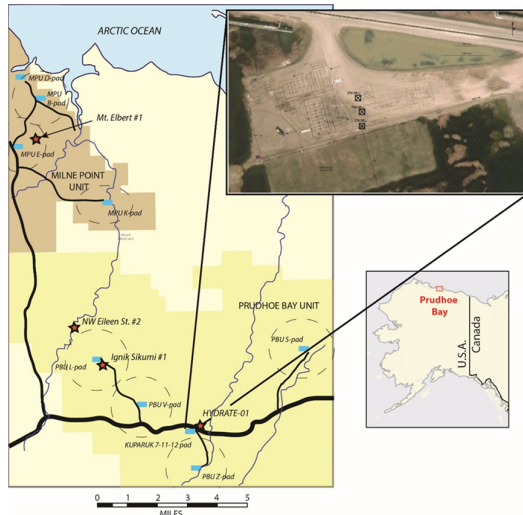
<課題>

- ・ 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（**長期生産挙動の把握**）。
- ・ 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（**技術的課題の解決策検証**）。
- ・ 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（**長期生産課題抽出**）。

<2022年度以降の実績>

- ・ 2022年8月、鉱業権者との鉱区使用契約締結及びアラスカ州天然資源局の承認を取得。
- ・ 2022年9月に掘削地の整地等を実施し、その後、2022年10月～2023年2月にかけて、観測井1坑及び生産井2坑を掘削。
- ・ データ取得井の掘削時、産出試験対象となるメタンハイドレート胚胎層準（D層、B層）にて24本の圧力コア取得。
- ・ 生産井2坑掘削時、掘削同時検層にて地層データ取得。
- ・ 2023年3～7月、地上試験設備設置作業実施。
- ・ 2023年8～9月中旬、試運転実施。
- ・ 2023年9月19日、陸上産出試験開始。
- ・ 2023年10月24日からガス生産開始。現在も産出試験実施中。

試験場所と坑井計画図概要



当該生産井で産出試験実施中 第43回開発実施検討会資料一部加工

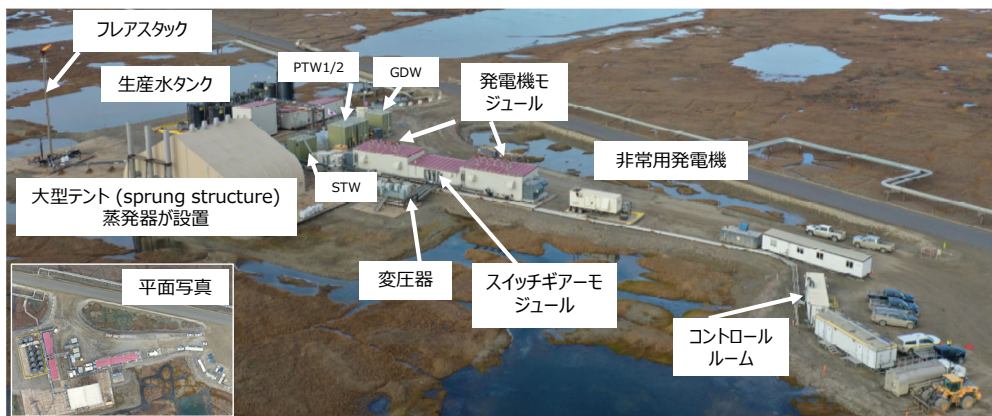
<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

二）長期陸上産出試験

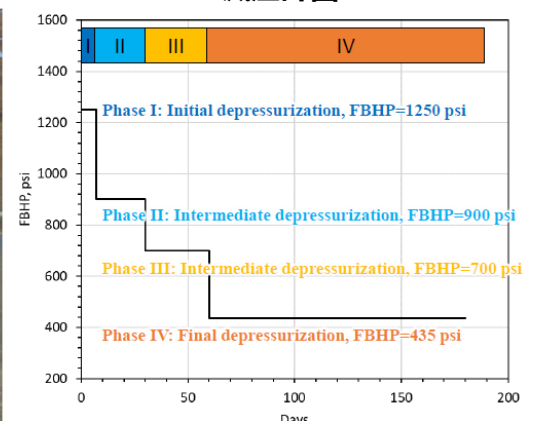
<2022年度以降の実績>

- ・ 産出試験は、右図のとおり段階的に減圧する計画で実施。他方、Phase3の目標圧力に到達する前に、ガス水比が高まることによってESPの性能が十分に発揮できなくなる現象であるガスロック等により、何度か減圧運転を中断。
- ・ そのため、Phase3の目標圧力まで下げず、一定圧力でガス生産を継続し、約6ヶ月間の産出試験データを取得。
- ・ 他方、貯留層評価を実施する上で、複数の減圧度における貯留層応答データを取得することが、より有益であるとの考えの下、今後、ガス水比が高まりすぎない範囲で圧力を徐々に下げて、7月末まで産出試験を実施する計画。

試験設備全景（2023年9月撮影）



減圧計画



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

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況（2022年度以降）
2023年度	三次元地震探査の準備・実施・解析	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 <u>原始資源量・貯留層性状等が把握されること。</u>	現在は一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 2023年5月末から8月初頭にかけて簡易生産実験を含む試掘を2地点で実施したが、簡易生産実験については両地点とも当初計画どおり実験が進まず、 <u>有望濃集帯の絞り込みに十分な地質データが取得できていない状況。2024年度に追加の地質情報を収集し、分析・解析・評価に繋げる予定。</u>
→2025年度（目標年度見直し）	試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施	候補地点の存在する <u>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。</u>	
（目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析） <u>有望濃集帯の抽出作業に必要な資源量評価には、地震探査データによる側方への濃集帯の広がりを把握することと、試掘による詳細な貯留層パラメータ把握が必要となる。</u>そのため、2023年度に試掘・簡易生産実験を実施し<u>一部の貯留層データを取得したものの</u>、簡易生産実験中、仕上機器の坑内外差圧の発生、掘削坑へのフリーガスの流入やそれに伴う生産システム系統内でのハイドレート生成による閉塞などが発生したことで、<u>有望濃集帯の絞り込みに十分な地質データが取得できなかった</u>ことから、目標年度を2025年度に変更する。 （今後の見通し） <u>追加取得すべき地質調査（コア取得等）を2024年度に実施予定であることから、それらデータの解析・評価を踏まえた有望濃集帯の絞り込みは2025年度まで要する見込み</u>である。			

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→2023年度→2025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→2022年度後半に達成済み）
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

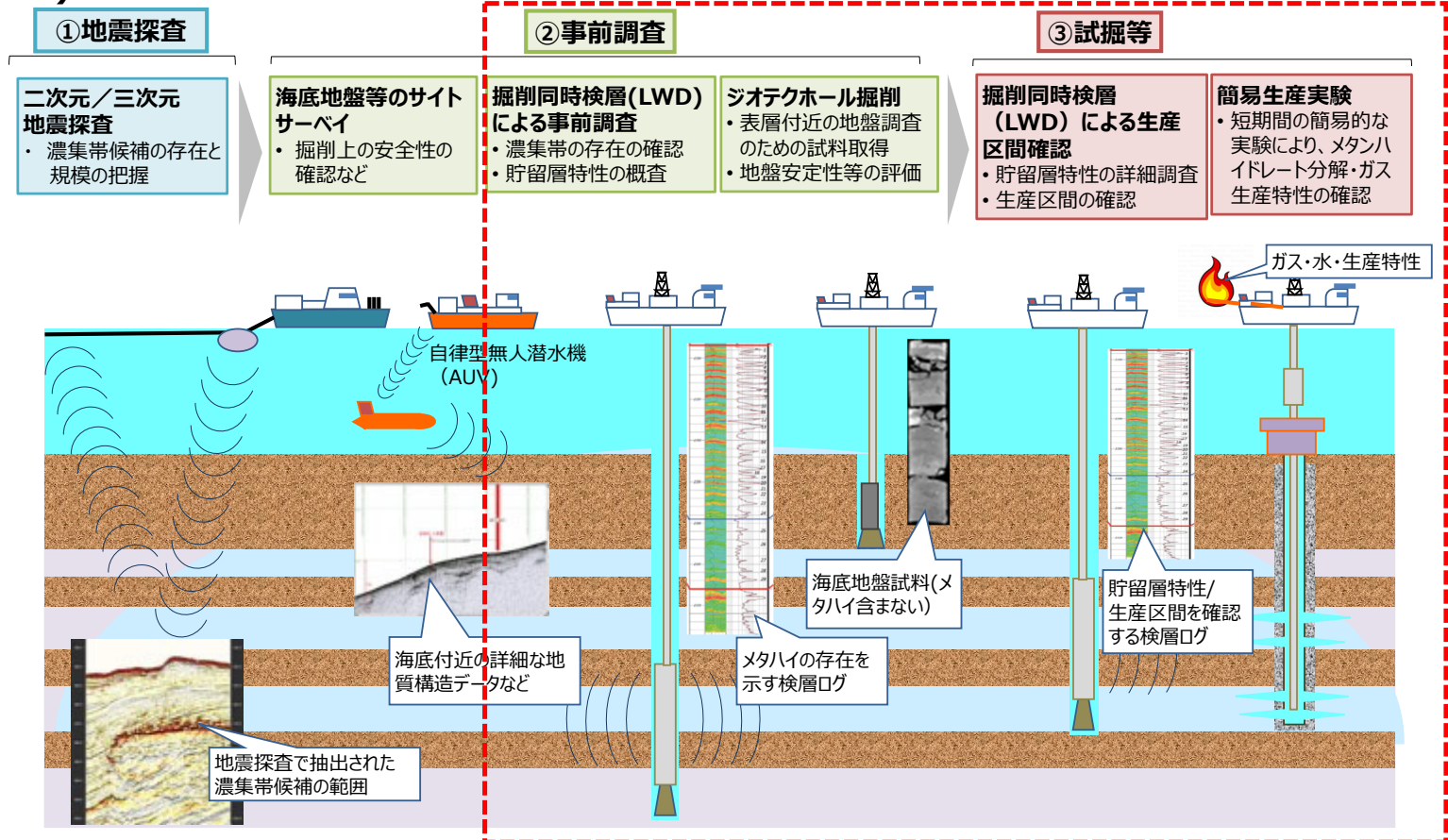
原始資源量 坑井生産レート (8年平均値)	大規模 約500億m ³ (約2TCF) 以上	中規模 約100～500億m ³ (約0.4～2TCF)	小規模 約100億m ³ (約0.4TCF) 以下
高 15万m ³ /日程度以上	◎ (優先順位：高)	○ (優先順位：中)	× (対象外)
中 5～15万m ³ /日程度	○ (優先順位：中)	△ (優先順位：低)	× (対象外)
低 5万m ³ /日程度以下	× (対象外)	× (対象外)	× (対象外)

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

<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

今回の中間評価対象項目



<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。また、掘削結果を考慮したデータ解析・再処理等も課題となる。

<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。
- ④掘削調査結果をもとに地震探査データを解析し、必要に応じてデータ再処理に取り組む。

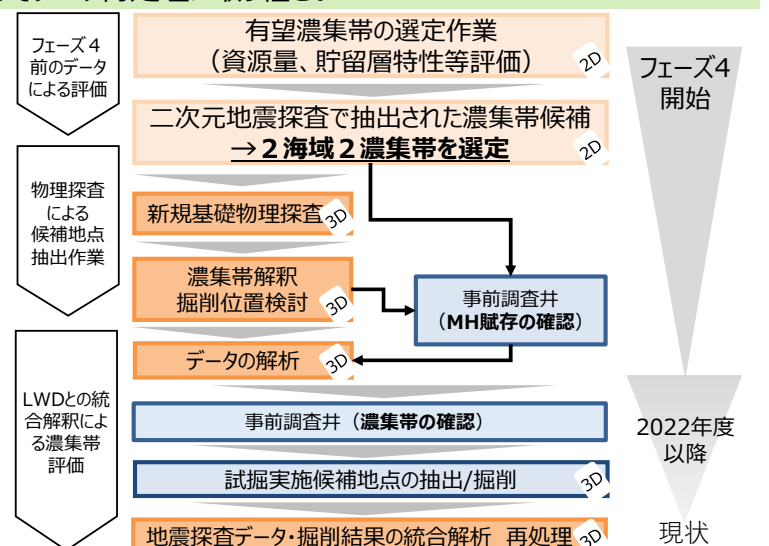
<2022年度以降の実績>

・濃集帯の暫定評価が高かった2海域のうち、残り1海域についても三次元物理探査データを取得し、海域内の濃集帯解釈作業を実施。

・2021年度に実施した事前調査井掘削の結果も踏まえ、100億 m^3 以上の原始資源量が期待される志摩半島沖の2濃集帯にて事前調査井掘削を実施（2022年度）。

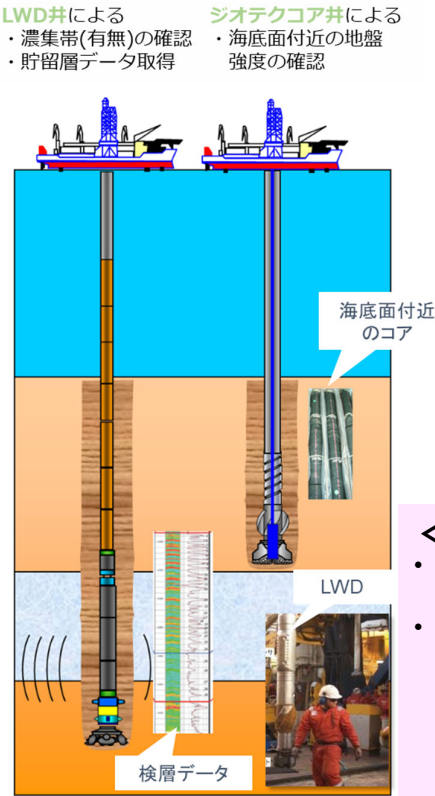
・2021年度及び2022年度の事前調査井掘削の結果から、**志摩半島沖の2濃集帯**における**2023年度の試掘・簡易生産試験の実施**位置を2地点選定。

・2023年度試掘により濃集帯内部にメタンがガスとして分布することを確認。ガス分布に係る解析や、濃集帯内部の高分解能化が再処理で可能か検討を実施。



<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

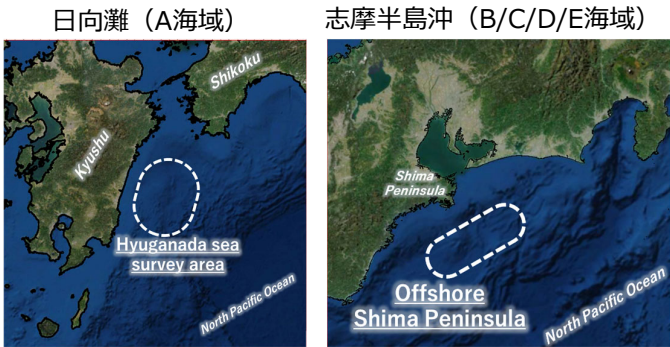
□) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施 ～事前調査井掘削～



	海域名	坑井名	濃集帯の有無	掘削結果／計画
R3年度	日向灘	A1	無	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認できず
		A2	有	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認 資源量評価を実施
	志摩半島沖	B	無	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認できず
		C	有	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認 資源量評価を実施 試掘地点として選定
R4年10月	志摩半島沖	D	有	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認 資源量評価を実施
		E	有	BSR以深まで掘削 濃集帯を確認 資源量評価を実施 試掘地点として選定

<2022年度以降の実績>

- ・2022年10月に事前調査井掘削を実施し、LWDデータを取得。
- ・2023年度の試掘・簡易生産実験の掘削位置について、地質評価、貯留層評価及び海底面傾斜等の掘削作業実施可否の観点から検討し、志摩半島沖の2か所を選定。
- ・簡易生産実験に向けて想定される貯留層深度、仕上げ区間の検討を実施。

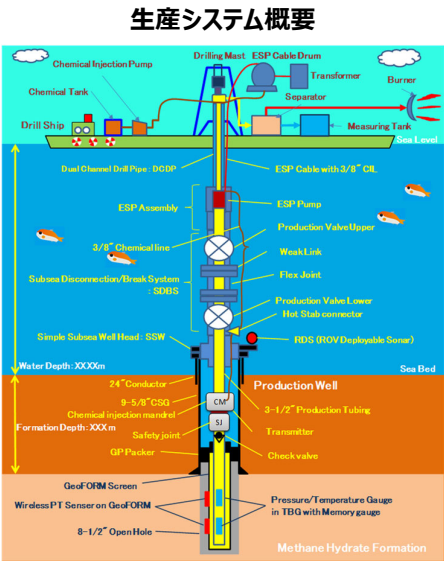


第40回開発実施検討会資料一部加工

<3> 個別研究開発項目の課題・実績（実施内容・実施方法）等

□) 試掘（簡易生産実験を含む）の準備・実施 ～簡易生産実験設備設計等～

将来の商業化に向け、作業時間短縮、軽量シンプル化及び作業リスク低減を目指した生産システムの改良（過去の海洋産出試験との比較）



試験名称 (実施年)	第1回海洋産出試験 (2013)	第2回海洋産出試験 (2017)	簡易生産実験 (2023)
リグ	ちきゅう	ちきゅう	ちきゅう
船上生産設備	2トレイン(ガス/水)	2トレイン(ガス/水)	1トレイン(混相流)
ライザーパイプ	21"掘削ライザー、 6-5/8"DP (ガス)、 チョークライン (水)	9-5/8"CSGライザー (ガス) 1.5"x 2 ホース (水)	6-5/8" x 3-1/2" 2重管ライザー
減圧装置（設置場所）	ESP (坑内)	ESP (坑内)	ESP (海底面上)
減圧 (MPa)	13→5.6	13→8	±14→約5.7
設計上のガス/水生産 (m ³ /d)	100,000 / 500	100,000 / 500	50,000 / 250
ガス/水生産量実績 (m ³ /d)	3,000~4,000/ 90~100	7,000~15,000/ 270~500	442/168 m ³ (補水量81m ³ 含む)
ガス水分離方式	坑内重力/遠心分離	坑内重力分離	坑内・海底では分離せず
防砂対策装置	オープンホール グラベルパック	Activated及び Un-Activated GeoFORM™	Un-Activated GeoFORM™のみ
坑内温度圧力計測 (センサー数/坑井)	有線 (5)	有線 (10)	ワイヤレス (4)

<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 ～試掘・簡易生産実験～

〈課題〉	〈2022年度以降の実績〉	〈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。	志摩半島沖の2濃集帯でLWDデータを取得。うち1地点は、掘削作業中、坑内にパイプが残置するトラブルが発生したため、近傍地点でのLWD掘削を実施。中性子検層（密度、中性子孔隙率等）データ取得を断念し、事前調査井との対比により孔隙率、密度等のデータを推定。	事前調査井掘削及び試掘の結果から、孔隙率・飽和率などの貯留層性状を評価した上で、2024年度に追加取得予定の保圧コアデータ等と併せて、濃集帯の貯留層評価を実施予定。 特に、1つの濃集帯ではフリーガスの存在が確認されたため、飽和率について十分な検討が必要。
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削減するため、作業手順やツールを見直した結果、坑径拡大は軽減された。	更なる坑径拡大の軽減とLWDデータの質の確保を両立させるため、作業手順の最適化を図る。
③ 貯留層特性を把握するため、簡易生産実験を実施する。	2濃集帯の簡易生産試験では、各々、ROV故障やパイプ類遺留、生産パイプ内でのガスのハイドレート化等、アクシデントが多数発生し、十分な実験期間を確保できず、候補地選定に必要なデータが取得できなかった。	2023年度の簡易生産実験で得られた地質データを取得するため、2024年度に志摩半島沖の2濃集帯で保圧コア等を取得予定。 また、試掘・簡易生産実験期間中に発生したトラブルを繰り返さないため、オペレーターによる情報提供、機材確認等を徹底するとともに、サフコンへの文書による指示の徹底を図る。

【試掘・簡易生産実験】

- 掘削位置：志摩沖鉱区内、高評価調査井の近傍
- フロー日数：5日間 x 生産井2本（計画）
- 時期・期間：令和5年5月29日～8月2日（計画）
令和5年5月29日～8月8日（実績）



第42回開発実施検討会資料一部加工

	SM2-P1	SM1-P1R
生産試験期間	7月8日04:00～7月13日00:40	7月22日18:00～7月23日00:15
合計フロー期間	4日20時間40分	6時間15分
目標坑底圧	5MPa	7MPa
実績最低坑底圧	約5.7MPa	約16MPa
累計生産量	ガス：442 Sm ³ 水：168 m ³ （補水量81m ³ 含む）	ガス：N/A 水：1.3 m ³
主要イベント	GeoFORM内外の差圧 ESPガスロック	掘削後の揚管時にフリーガス確認（泥水で抑圧） ESPガスロック ハイドレートによるESP周辺閉塞 計画切り離し

① 砂層型メタンハイドレートについて

【3】環境影響評価

アウトプット指標	アウトプット目標	達成状況（2022年度以降）
2023年度 →2025年度 （目標年度見直し）	海洋産出試験候補地点での環境調査実施（掘削前後の実態把握）及び環境予測への反映	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。
		現在是一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 過去生産試験等を実施した海域や有望濃集帯候補海域における環境調査を定期的に実施しているが、次回海洋産出試験候補地が絞り込まれていない状況であり、ベースライン含めた環境調査及び環境影響予測モデル構築等を実施中。
（目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析） 海域環境調査でのデータ取得・整理を継続中であるが、自然変動の把握や各種作業の影響確認のために複数海域でのデータの集積が必要な状況であり、予測モデルでの拡散計算結果もまだ一部の乖離が生じている。また、簡易生産実験については当初計画どおり実験が進まず、次フェーズ海洋産出試験候補地点も決まっていないため、目標年度を2025年度に変更する。 （今後の見通し） 海域環境調査及び環境影響予測等に関する研究は、有望濃集帯の絞り込みと合わせて実施する必要があることから、今後も継続的に取り組む。		

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→2023年度→2025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。

【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。

【調査実績】

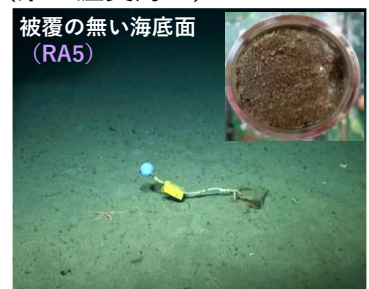
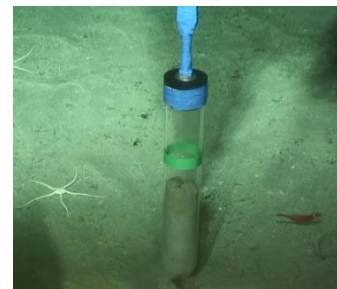
・調査期間：
2021年1月17日～2月27日

・調査船舶：
新日丸（深田サルベージ㈱）
ROVはくよう

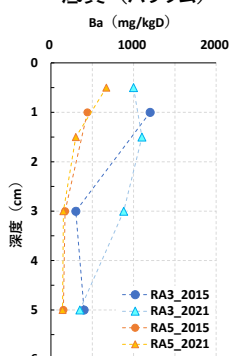
【調査結果】海底環境の変化

- セメントが被覆した地点では、メイオベントス等の小型の底生生物が減少
- 表在性の底生生物（カイアシ類など）は回復傾向を示した
- 埋在性の底生生物（線虫類など）は被覆後7年後にも十分な回復には至っていない

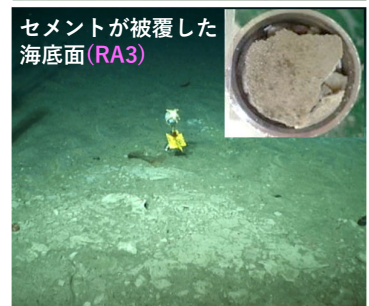
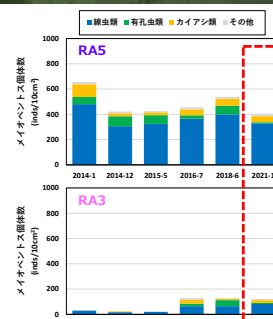
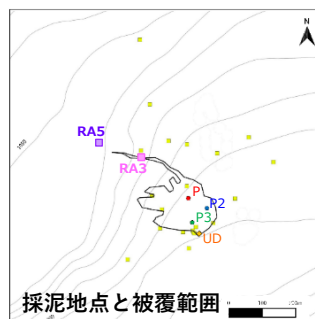
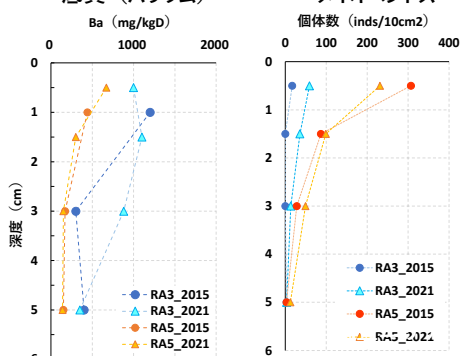
堆積物の比較（第二渥美海丘）



底質（バリウム）



メイオベントス



※メイオベントス：32-300μmの底生生物

【3】環境影響評価

【課題1-2】

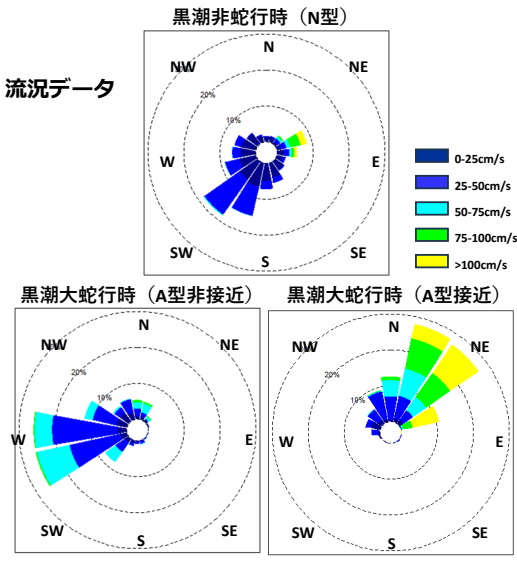
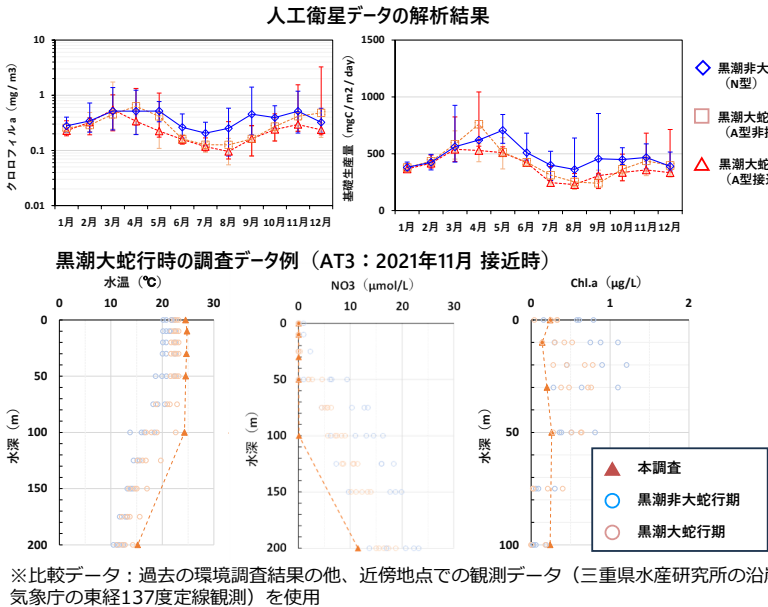
モデル海域（第1回および第2回海洋産出試験実施海域：第二渥美海丘周辺）において、黒潮大蛇行が日本南岸の海洋環境に与える影響を把握するためのデータを取得し、今後の環境影響の予測・評価に活用可能なデータとして整理する。

【実績1-2】

水産庁の漁海況予報をもとに、黒潮の蛇行状態をパターン別に分類（2011年～2021年までの10年間）するとともに、JCOPE2Mの再解析データ（JAMSTEC）をパターン別に解析し、調査結果との比較整理を実施した（プランクトンの整理を継続中）。

- 黒潮大蛇行時には、夏季（7月・11月）に水温が上昇し、栄養塩類・クロロフィルaの濃度が低下
- 水温・クロロフィルaの傾向は人工衛星での解析結果と概ね整合
- プランクトンの出現種の違いを解析中

- 黒潮非蛇行時には、南西向きの流れが多いが、反流の影響は弱く流速も緩やか。
- 黒潮大蛇行時（非接近）には、反流の影響が大きく、西向きの流れが卓越し流速も速い。
- 黒潮大蛇行時（接近時）には、直接的な流入により、北東向きの流れが卓越し流速も速い。



【3】環境影響評価

【課題2】

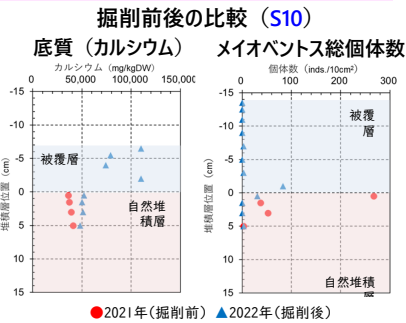
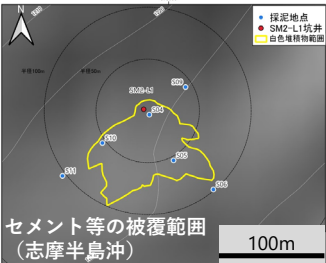
有望濃集帯候補海域の環境データを取得し、次フェーズ海洋産出試験の環境影響の予測・評価のためのベースラインデータとして整理する。

【実績2】

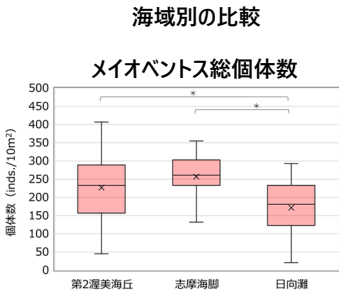
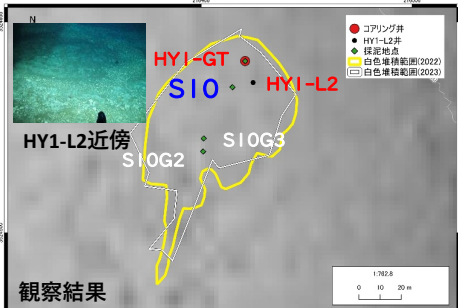
2021年度から、有望濃集帯候補のうち2海域（志摩半島沖及び日向灘）における事前調査井掘削・簡易生産実験前後の環境調査を実施し、2海域での海底環境のベースラインデータを取得するとともに、各作業での底質・底生生物の変化に関するデータを取得した。また、取得した流況データ等を用いて、底層流モデルを構築した。

【調査実績】

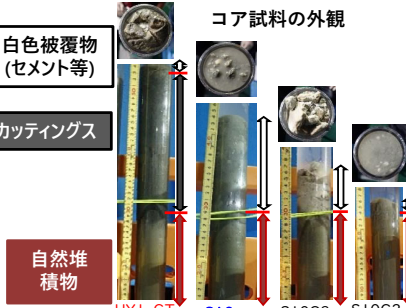
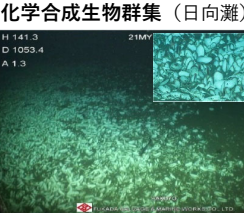
- ①志摩半島沖
 - ・事前調査：2022年7月22日～8月14日
 - ・事後調査（約1ヶ月後）：2022年11月3日～11月30日
 - ・事後調査（約1年後）：2023年8月21日～9月28日
- ②日向灘
 - ・事前調査：2021年8月24日～9月24日
 - ・事後調査（約1年後）：2022年11月3日～11月30日
 - ・事後調査（約2年後）：2023年8月21日～9月28日



セメント等の被覆範囲と堆積物性状（日向灘）



メガベントスの生息状況のマッピング



※メイオベントス：32～300μmの底生生物
メガベントス：4mm以上の底生生物（確認可能なサイズは10cm以上）

【3】環境影響評価

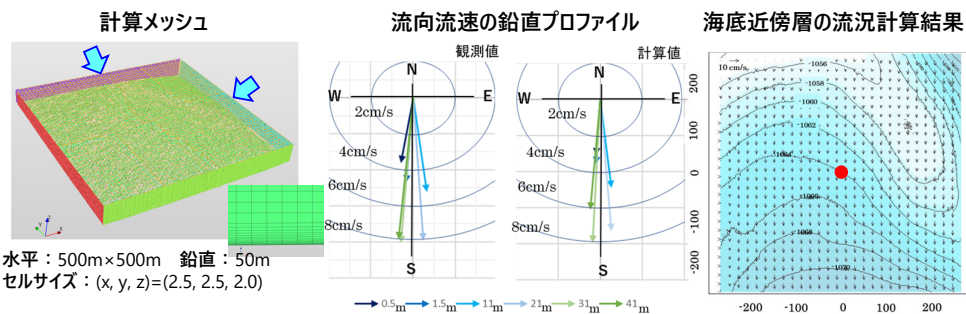
【課題3】

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。

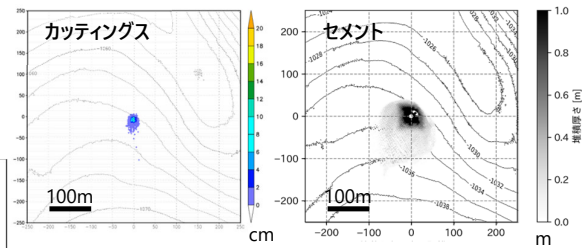
【実績3】

- セメント流体の拡散挙動の再現に適した物理モデル及び計算コードを選定。
- 構築したセメント拡散予測モデルの妥当性を検討するため、実海域スケールでの試計算を実施。
- 日向灘及び志摩海脚での事前調査井掘削時に生じるセメントを対象として、これまでに構築したセメント拡散の物理モデル等を用いて拡散予測計算を実施。
- セメントの物性（塑性粘度・降伏応力）に依存してセメント被覆の範囲と厚さの計算結果に顕著な違いが生じたため、物性値に関する感度解析を実施中。

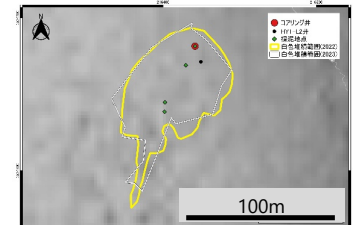
流れ場の構築・再現



シミュレーション結果例



環境調査での観察結果（日向灘）



① 砂層型メタンハイドレートについて

【4】長期的な取組

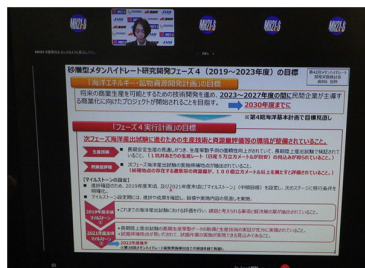
イ) 生産量向上・コスト低減などの個別技術における新しい技術の取込み（オープンイノベーション）

<課題>

石油・天然ガス開発企業に限らない民間企業・内外の大学ほか研究機関等との情報交換を密にして、新たな技術を取り込んで成果に反映させる。

<2022年度以降の実績>

- 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・広報誌等により情報発信を継続
- 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



(左)「砂層型メタンハイドレートフォーラム2023」(オンライン配信)の様子 (中) HP：長期陸上産出試験ページ (右) 広報誌

<2022年度以降の実績>

「砂層型メタンハイドレートフォーラム」では、国内外の大学・業界の関係者に加え、一般の方も参加。質疑応答では、参加者と講演者の双方のやりとりを実施。

【参加者数】2022年度：313名、2023年度：267名

① 砂層型メタンハイドレートについて

【4】長期的な取組

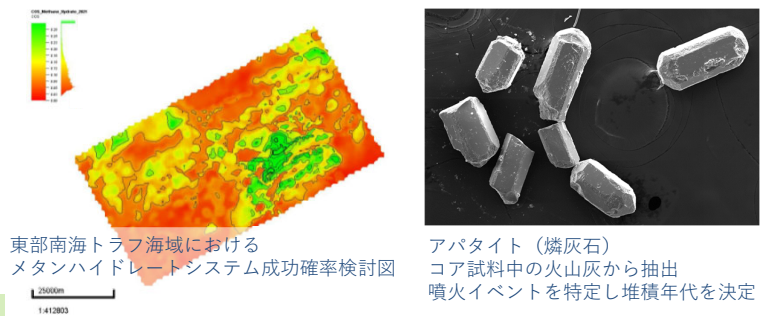
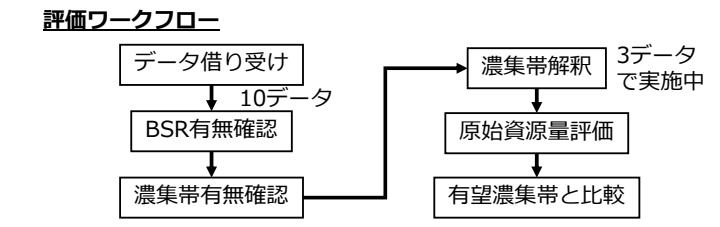
ロ) 日本周辺海域の資源量評価

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

<2022年度以降の実績>

- 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10海域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
- 3海域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。



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

<2022年度以降の実績>

- 東部南海トラフ海域にて得られた検層データ・コア試料等に加え、日向灘のコア試料も用いて、以下を実施。
 - 微生物メタン活性の特性評価
 - メタン生成微生物の培養技術開発
 - 補酵素F430によるメタン生成菌の評価
 - メタン生成菌の高圧培養と遺伝子解析
 - 堆積史の詳細検討
 - ガス試料のクラプト同位体分析

① 砂層型メタンハイドレートについて

【4】長期的な取組

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

a. 商業化に必要な要件の抽出	2050年カーボンニュートラル（CN）宣言により見直しを実施（複数のビジネスモデル例を検討）
b. 要件に関する情報収集	ステークホルダーの要求要件を把握するため、ヒアリングを実施。
e. 事業化シナリオ案の改定	上記検討を踏まえて一部改定（今後も継続的に見直し予定）



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

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年カーボンニュートラル（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

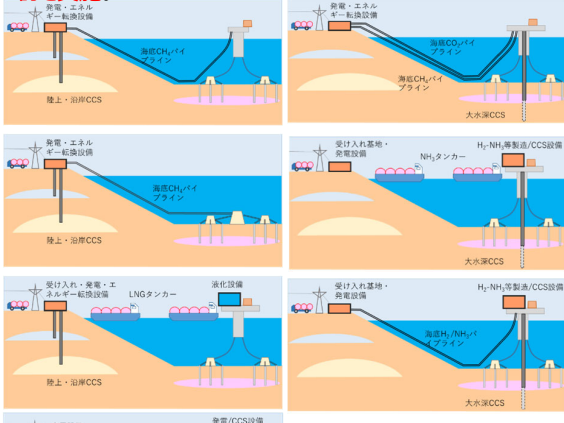
2050年CN宣言により以下の考え方が高まり、MH生産ガス販売ビジネスモデルを考え直す必要が生じた

- 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（CO₂回収・貯留）やCO₂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

●MH21-SからCNに対応するビジネスモデル例として7つが提唱されている(山本ほか、2021)。

●これらのビジネスモデルを可能性のひとつとしてステークホルダーヒアリングの結果とあわせて、2050年のビジネスモデルについて検討を実施。



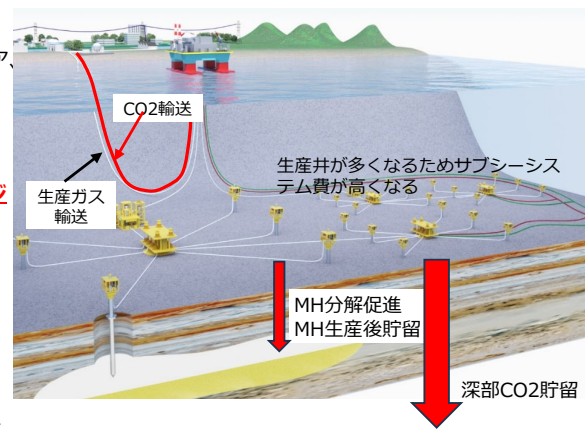
図出典:
山本晃司, 阿部正憲, 天満 夫
「日本近海のメタンハイドレート開発におけるCNの達成に向けた課題」
第40回エネルギー・資源学会研究発表会
(2021)

【ヒアリング結果】

- メタンハイドレートからの生産ガスを陸上で発電に用いるというシンプルで進め、その後、CO₂貯留、アンモニア、並びに水素を組み合わせることが良いのではないか。CO₂貯留、アンモニア、水素では進捗度合いが違う。
- 現状、メタンハイドレートからの生産ガスとCO₂貯留を組み合わせるようなビジネスモデルが良いと思っているが、水素、アンモニアの可能性も排除せず、様々なオプションを検討しておいた方がよい。

- 商業化していくまでは、メタンハイドレート開発を軸に進め、軌道に乗った時点でCO₂貯留を検討し、オプションとして水素、アンモニアを検討しておくことがよいのではないかと。

ヒアリングの結果を踏まえた想定されるビジネスモデル



- MH生産ガスをパイプラインで輸送し、陸上で消費するビジネスモデルを引き続き検討する。また、濃集帯または近傍貯留可能層へのCO₂貯留可能性も検討。

砂層型メタンハイドレートフォーラム2023 資料一部加工

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

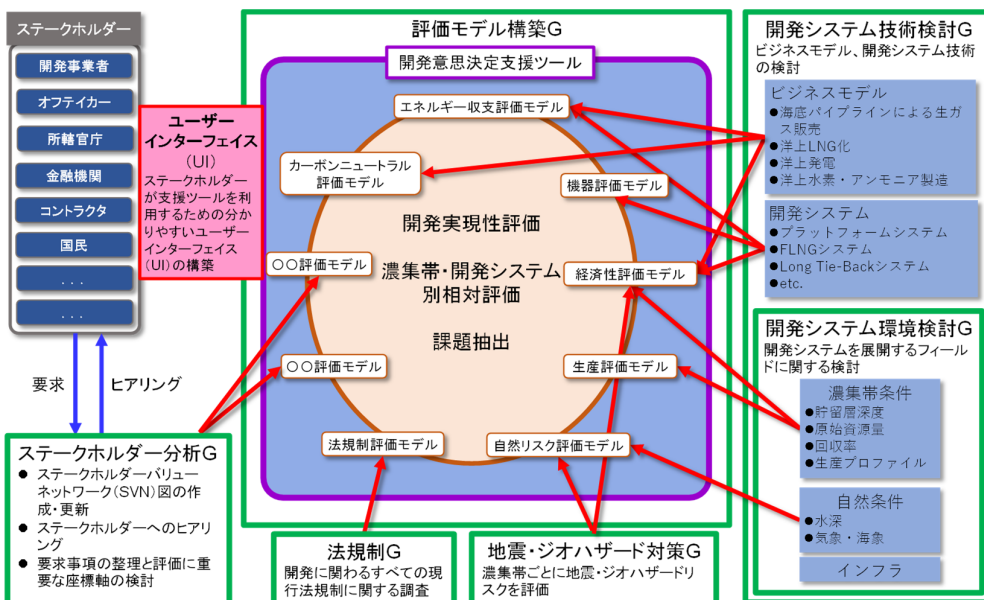
d. 多様な濃集帯条件について経済性が評価できる手法もしくはツールを構築

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

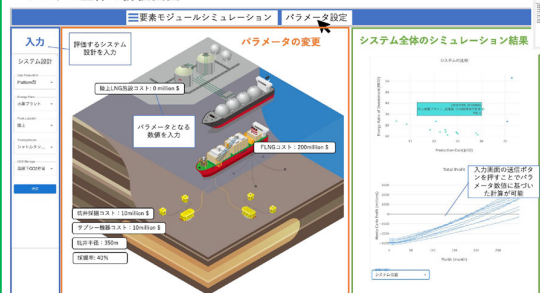
経済性を含めた開発実現性を評価可能な「開発意思決定支援ツール」を構築

- 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

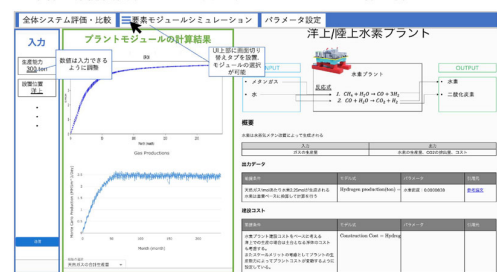
開発意思決定支援ツール構築



システム全体の評価画面



モジュール単体の確認画面 (モジュール内だけのシミュレーションが行える)



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

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況（2022年度以降）
2023年度 → 2025年度 (目標年度見直し)	回収・生産技術の研究開発	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。	現在は一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 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、組合せを考慮した生産システムの検討を実施する予定。
(目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析) 生産技術については、掘削技術として大口径ドリルの掘削性能試験を実施し、試験結果の取りまとめを進めるとともに、回収物の様態を対象とした分離/揚収技術の研究開発を進めてきたが、掘削技術に係る研究開発において、新型コロナの影響等もあり、掘削技術に係る研究開発が計画どおり進捗しなかったために、掘削後の回収物の様態を踏まえた分離/揚収技術の研究開発にも遅れが生じている。各要素技術の組み合わせを考慮した生産システムの検討を行うためには、掘削の設計検討や揚収技術に関連する三相流動場の検討など、更なる要素技術開発が不可欠であることから、目標年度を2025年度に変更する。 (今後の見通し) 2025年度の方角性の確認・見直しに向けた技術整備を進めるために、生産技術に係る要素技術の技術開発を引き続き実施する。			

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及び【3】環境影響評価

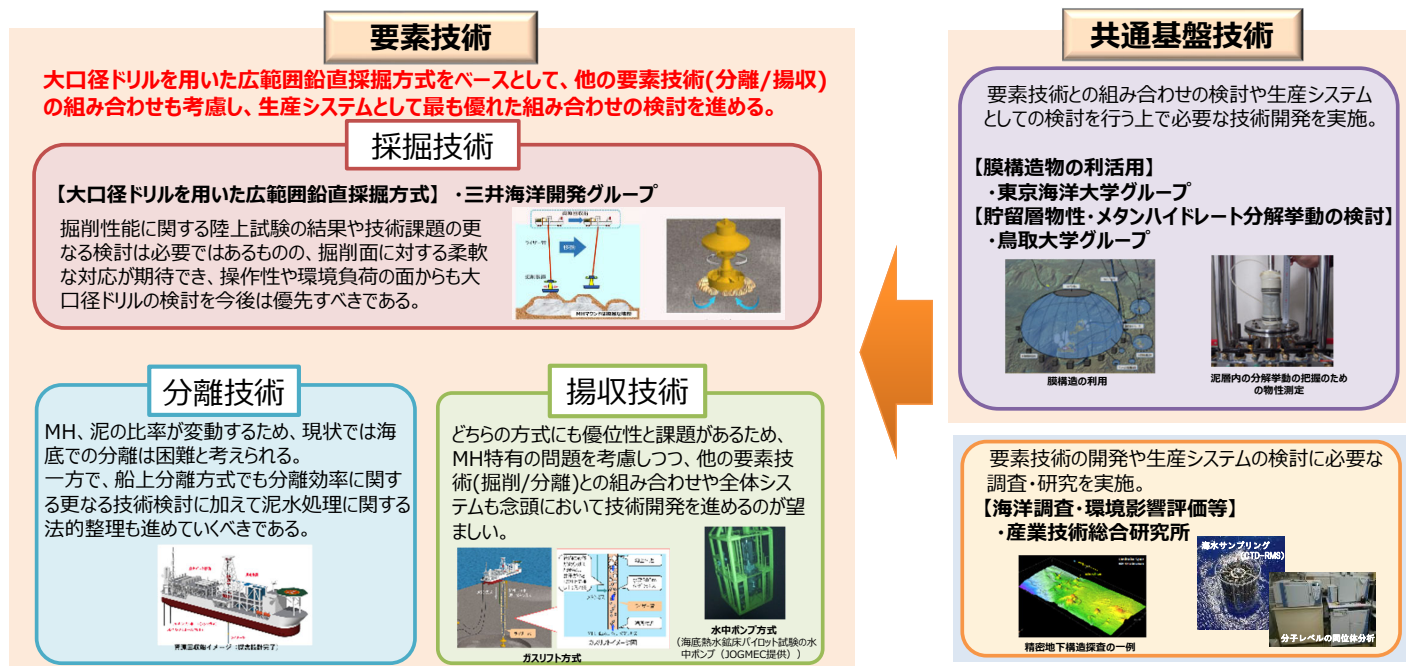
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況（2022年度以降）
2023年度 → 2025年度 (目標年度見直し)	賦存状況等及び海底の状況等を把握するための海洋調査 海洋産出試験の実施場所に関する検討 環境影響評価手法の研究 海域環境調査	海洋調査を通じて、表層型メタンハイドレートの賦存状況や、生産技術の開発に必要な海底状況を把握する。 海洋調査結果等を踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う。 表層型メタンハイドレートの海洋産出試験等が海洋環境に及ぼす潜在的な影響の度合いやその時空間スケールを事前に予測する環境影響評価技術の構築に向け、メタンハイドレート賦存海域の物理・化学及び生物学的特性に関する知見とデータを蓄積する。 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。	現在は一部達成であるが、2025年度に目標達成予定 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。
(目標年度の変更理由・根拠及び未達成の原因分析) データ取得を継続中だが、新型コロナ感染症の流行や漁期を考慮した実施時期の見直し・調整等により試験候補地の絞り込みに必要なデータ取得が十分ではなく、検討に必要な全ての海域のデータを2023年度中に取得することが困難な状況。また、環境ベースラインデータの取得においても、観測精度の向上や自然変動の把握のためにメタンハイドレート賦存域を含む広い海域での長期的かつ繰り返しによるデータの集積が必要である。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、目標年度を2025年度に変更する。 (今後の見通し) 2025年度の方角性の確認・見直しに向け、海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査及び環境影響評価を実施する。			

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

□)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に係る「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）の評価を踏まえ、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しているところ。



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

海洋調査・海域環境調査の進捗状況

凡例	資源量把握に向けた調査 (2013～2015)	賦存状況等を把握するための の海洋調査 (2017～)	海底の状況等を把握するための 海洋調査 (2020～)	海域環境調査 (2020～)
調査項目	丹後半島北方 (隠岐トラフ)	海鷹海脚・上越海丘 (上越沖)	酒田沖 (最上トラフ)	
①広域地質調査 (ガスチムニー構造の探索)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2013)	実施済 (2014)	
②詳細地質調査 (特異点周辺の詳細地形・地質構造探査)	実施済 (2014)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2014)	
③海洋電磁探査 (比抵抗分布の把握)	実施済 (2015)	実施済 (2014)	実施済 (2017)	
④掘削同時検層 (坑井の物性測定)	実施済 (2015)	実施済 (2014, 2015)	実施済 (2014)	
⑤掘削地質サンプル採取 (H ₂ Oレート及び堆積物採取)	実施済 (2015)	実施済 (2014, 2015)	2021, 2023	
⑥ROV潜航調査 (簡易環境把握調査)	実施済 (2015)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2014)	
⑦高分解能三次元地震探査 (精密地下構造探査)	2021	実施済 (2015)	2019	
⑧熱流量調査 (賦存領域下限深度の把握)	既存海底調査が困難なため データ利用や別ルートでの 試料入手を検討	-	2022-2023	2020-2021
⑨海底機器観測 (底層流等のモニタリング) <+環境>		-	2022-2023	2020-2021
⑩地盤強度調査 (検層・室内土質試験) <+環境>		-	2022, 2023	2021, 2023
⑪海域環境調査 (A) (海底画像マッピング) <+海底状況>		-	2021, 2022, 2023	2020, 2023
⑫海域環境調査 (B) (海底環境調査+掘削影響調査)		2023	2021, 2022, 2023	2020, 2023
⑬海域環境調査 (C) (海洋観測)	2023	2021, 2022	2020, 2023	

※実施時期や調査項目については、地元関係者等と調整した上で実施。

青：2022年度までに実施済 赤：2023年度実施

<第42回メタンハイドレート開発実施検討会 資料5を改訂>

地盤強度調査（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 回収・生産技術の研究開発の最大化を図るために必要不可欠な情報（胚胎層の深度と連続性、地盤強度、環境影響等）を取得するため、地盤強度調査等の海洋調査や海域環境調査を実施。

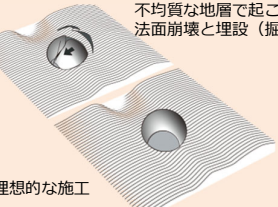


大口径ドリルの設計
(出典：MHWirth)



掘削システムの設計

大口径ドリル等による
機械的な掘削を検討
↓
掘削機器の設計のために
MHが含まれる地層の
強度等の情報が必要



理想的な施工

不均質な地層で起こりうる
法面崩壊と埋設（掘進障害）
↓
MHを安定に回収するためには、
掘削坑の壁面や法面の
安定性についての検討が必要
↓
不均質な地層の地盤強度
についての情報が必要

■ 地盤強度調査の目的

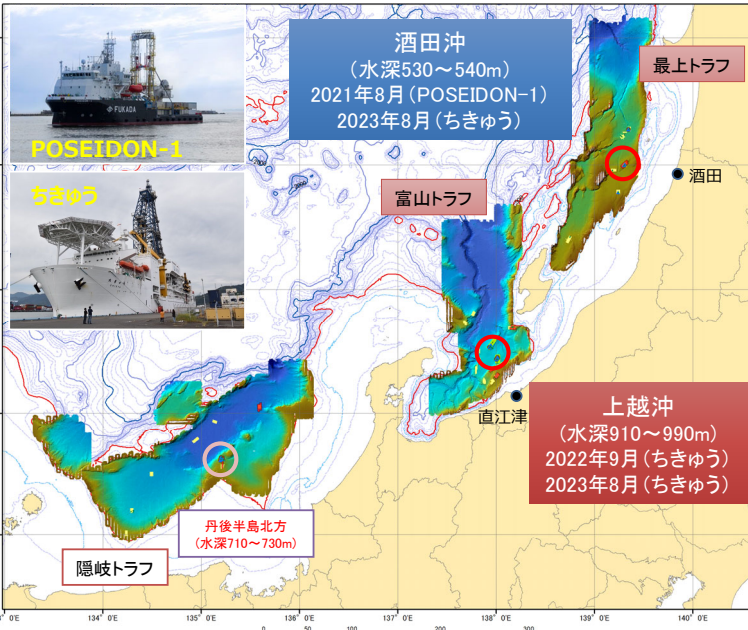
表層型MH胚胎地域における、海底面からBGHS（MH安定領域下限深度）付近までの表層型MH貯留層を構成する地層（堆積層）の地盤強度の把握

■ 調査項目

- ・ 現位置試験（CPT：コーン貫入試験）：酒田沖のみ
- ・ 室内土質試験（地質試料採取）
- ・ ワイヤライン（WL）検層：酒田沖はPS検層のみから地盤強度情報を取得

■ 海底地盤強度調査の実施海域

- > 酒田沖（酒田海丘）：「POSEIDON-1」PS21航海（CPT，試料採取，PS検層）
- > 酒田沖（酒田海丘）：「ちきゅう」CK23-02C航海（試料採取，WL検層）
胚胎地点（2地点）+参照地点（1地点）
- > 上越沖（上越海丘，海鷹海脚）：「ちきゅう」CK22-03C航海（試料採取，WL検層）
- > 上越沖（上越海丘）：「ちきゅう」CK23-02C航海（WL検層）
胚胎地点（2地点）+参照地点（2地点）



酒田沖
(水深530~540m)
2021年8月(POSEIDON-1)
2023年8月(ちきゅう)

最上トラフ

酒田

富山トラフ

直江津

上越沖
(水深910~990m)
2022年9月(ちきゅう)
2023年8月(ちきゅう)

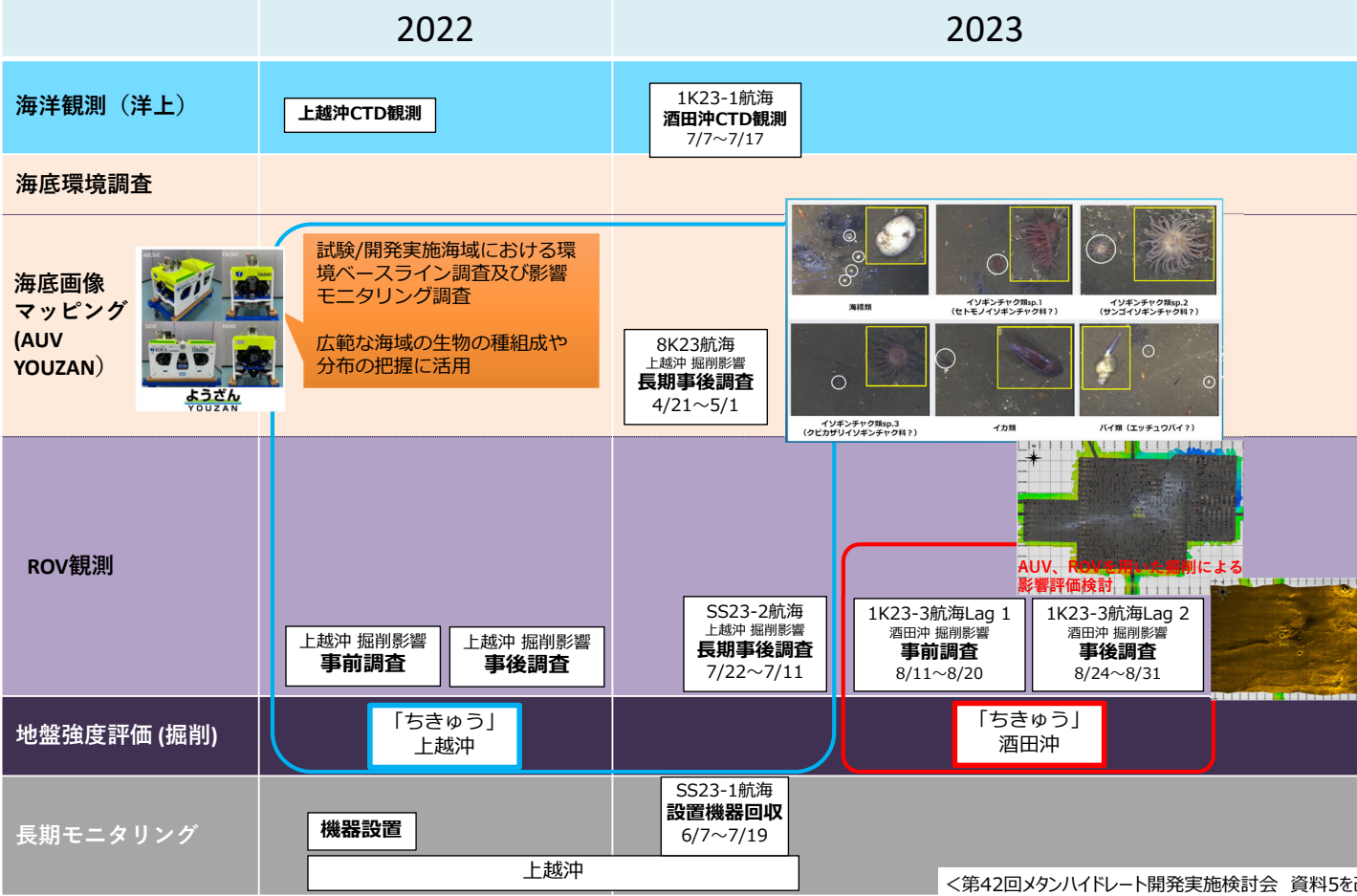
丹後半島北方
(水深710~730m)

隠岐トラフ

<第42回メタンハイドレート開発実施検討会 資料5>

② 表層型メタンハイドレートについて

【3】環境影響評価



① 砂層型メタンハイドレートについて

年度	論文数	学会・講演発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2019年度	24件	68件	1件	0件	0件
2020年度	27件	38件	0件	0件	1件
2021年度	27件	46件	1件	0件	0件
2022年度	36件	49件	2件	0件	1件
2023年度	12件	57件	0件	米国 1件	1件

② 表層型メタンハイドレートについて

年度	論文数	学会・講演発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2019年度	7件	11件	0件	0件	0件
2020年度	6件	5件	0件	0件	0件
2021年度	6件	11件	0件	0件	0件
2022年度	8件	27件	0件	0件	0件
2023年度	14件	31件	2件	0件	0件

評価項目3. マネジメント

3-1-1. 実施体制

評価項目3

67

- 砂層型メタンハイドレートの研究開発では、2019年度から石油・天然ガス開発企業及びエンジニアリング企業等計11社の賛同・参加により設立された「日本メタンハイドレート調査株式会社」も加えた実施体制を構築。商業化において重要となるコスト低減等の観点も十分に踏まえた生産技術開発等を実施するとともに、民間企業へのノウハウの移転を図る。
- 事業担当課及び事業実施者内に外部有識者会議を設置し、第三者の視点や意見も積極的に取り入れて事業を推進。
- 事業の円滑な執行のため、毎月定例会議を開催し、研究課題に関する進捗報告をするなど、関係者間で連携して実施。

外部有識者会議

メタンハイドレート開発実施検討会
メタンハイドレートの研究開発に係る計画や進捗に対する意見・提言

経済産業省

委託 ↓

産業構造審議会 評価WG プロジェクト中間評価

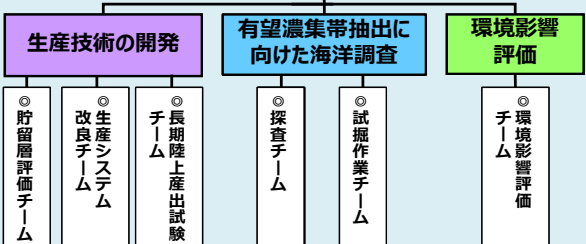
総合海洋政策本部参与会議
・海洋政策の重要事項についての審議
・総合海洋政策本部長（内閣総理大臣）への意見

砂層型メタンハイドレート

MH21-S
研究開発コンソーシアム

JOGMEC AIST JMH

アドバイザー委員会
客観的な視点での技術的評価・助言



長期的な取組・事業推進

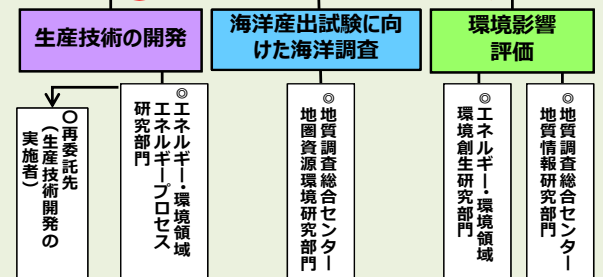
探査チーム 商業化に向け検討チーム 事業推進チーム

表層型メタンハイドレート

AIST 国立研究開発法人
産業技術総合研究所

回収・生産技術評価委員会
客観的な視点での技術的評価・助言

環境影響評価手法検討委員会
客観的な視点での技術的評価・助言



長期的な取組・事業推進

エネルギー・環境領域、地質調査総合センター
エネルギープロセス研究部門・地質調査総合センター・環境創生研究部門・地質情報研究部門

① 砂層型メタンハイドレートについて

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

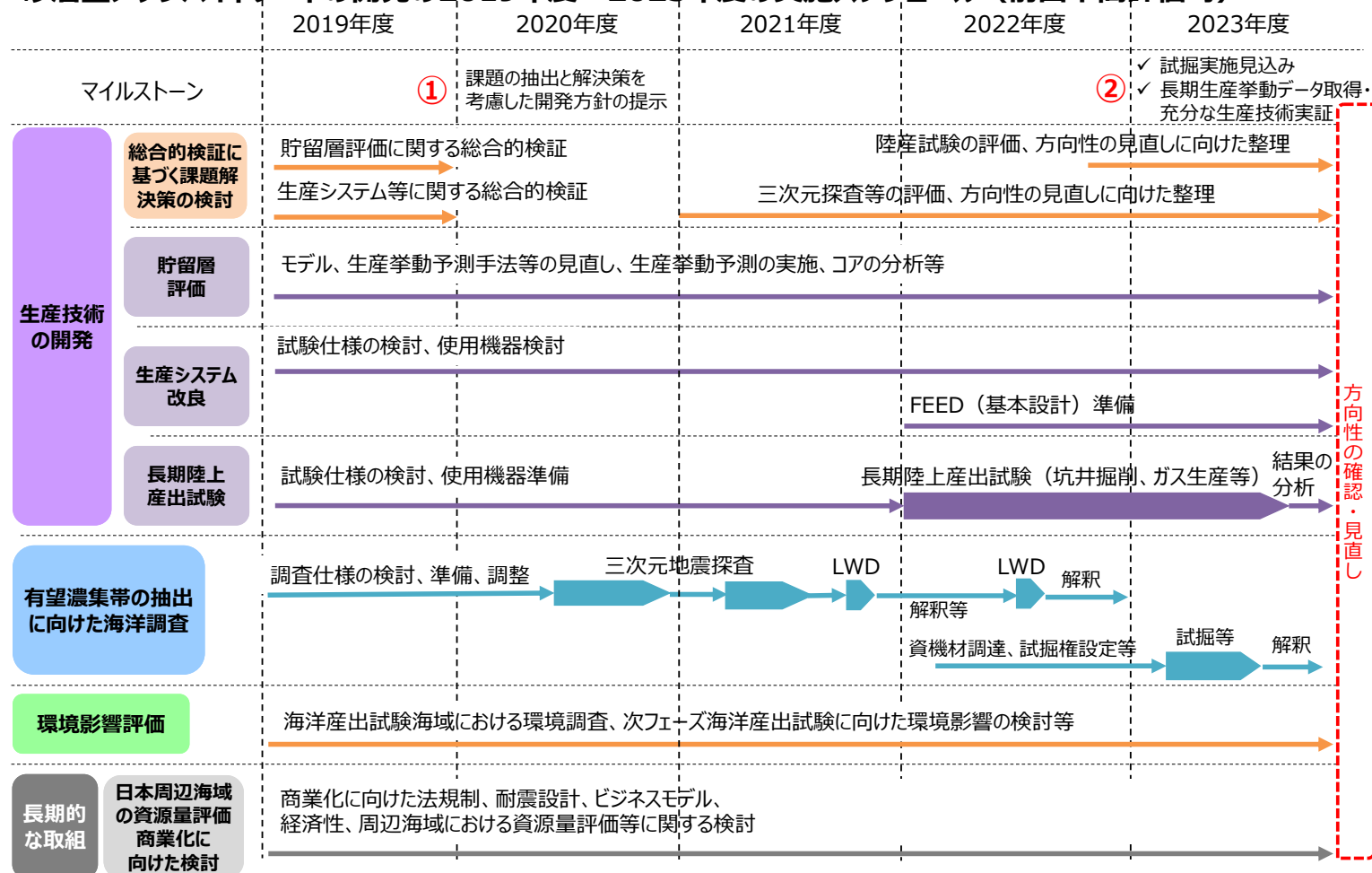
② 表層型メタンハイドレートについて

国との委託契約に基づき提出している「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、本プロジェクトの日本周辺海域の海洋調査で得られる海底・地層に関するデータについては、プロジェクト参加者のみの共有に限定している。

3-2. 受益者負担の考え方

- 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」の実現を目指しており、商業化された際には、エネルギー供給事業者を通じて広く国民を受益者として位置づけることが可能であると考えられる。
- しかしながら、現時点では、メタンハイドレートからメタンガスを経済的に採取し、利用するためには、未だ解決すべき多くの課題が存在しており、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る。そのため、公益性に鑑み、国主導による委託事業と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実施し、商業化のために必要な基盤整備を着実に推進していくことが適切である。

砂層型メタンハイドレートの開発の2019年度～2023年度の実施スケジュール（前回中間評価時）



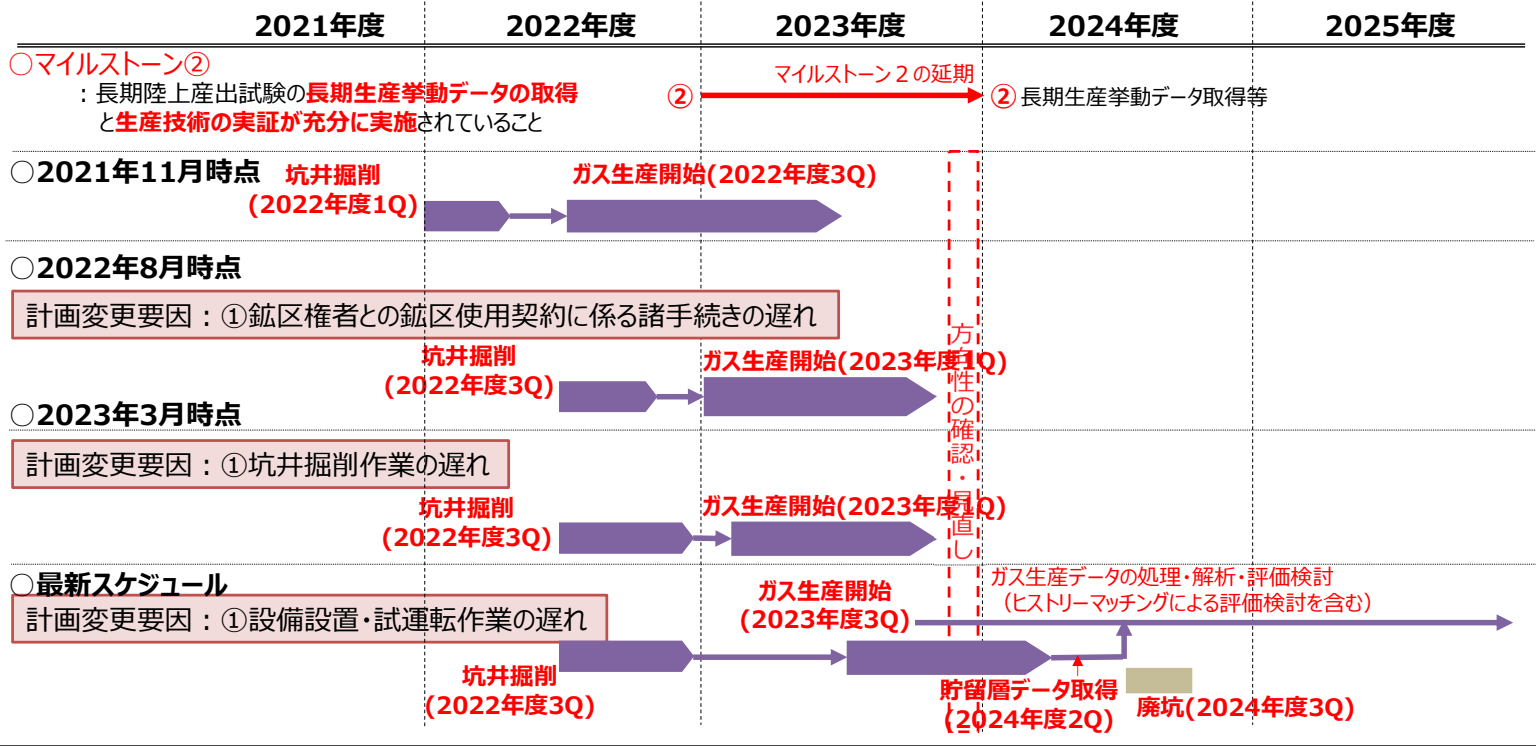
3-3-1. 研究開発計画と進捗状況（砂層型）

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、新型コロナウイルスの影響等も考慮し、**研究開発期間を1年間延長して、2019年度から2023年度の5年間で研究開発を実施してきた。**
- 長期陸上産出試験**については、2021年11月のスケジュール見直し以降も、**鉱区権者との鉱区使用契約に係る諸手続きの他、坑井掘削・地上試験設備設置・試運転の作業において、大幅な遅延が発生し、ガス生産は2023年10月24日（現地時間）に開始したため、長期生産挙動データを取得するためには、産出試験を2024年6月頃まで実施する必要がある。**
- 有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査**については、2023年5月末から8月初頭にかけて**簡易生産実験を含む試掘を2地点で実施したが、簡易生産実験については両地点とも当初計画どおり実験が進まず、有望濃集帯の絞り込みに十分な貯留層データが取得できていない状況である。**次回海洋産出試験の候補地を抽出するためには、**更なる貯留層データの取得が必要である。**
- そのため、第42回メタンハイドレート開発実施検討会での審議を経て、**プロジェクト全体の実施スケジュールを見直し、長期陸上産出試験に関するマイルストーン②「長期生産挙動データ取得と生産技術の実証が十分に実施されている」を2024年度前半に設定するとともに、研究開発期間を2025年度末まで延長することとした。**
- なお、メタンハイドレートの研究開発全体のスケジュールは、第4期海洋基本計画の策定の際、進捗状況を踏まえて目標を見直し、**2030年度まで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、技術開発を実施。**

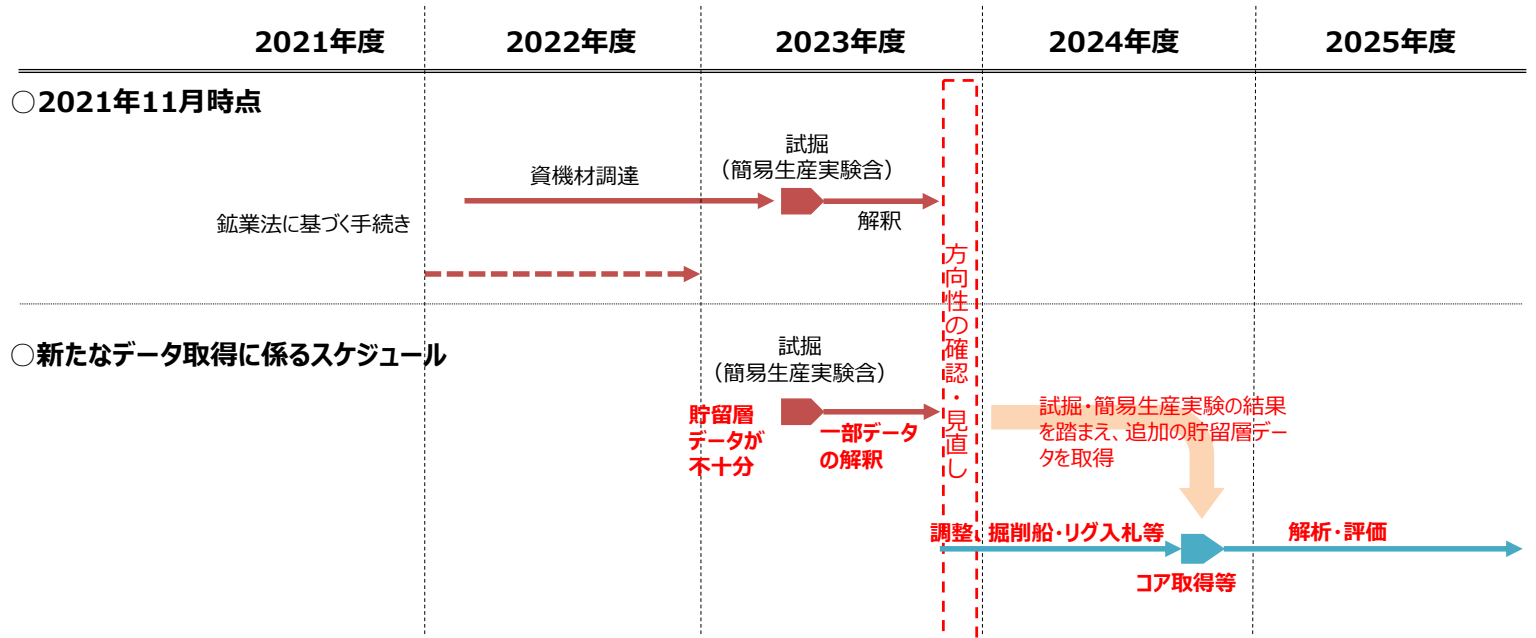
長期陸上産出試験の実施スケジュール遅延について

- 2021年11月の第38回メタンハイドレート開発実施検討会でのスケジュール見直し以降も、鉦区権者との鉦区使用契約に係る諸手続きや坑井掘削作業、地上試験設備設置、試運転の作業において、大幅な遅延が発生し、ガス生産は2023年10月24日（現地時間）に開始。
- そのため、2023年度末時点では長期陸上産出試験を実施中であり、現在の研究開発フェーズで設定しているマイルストーン②のうち「長期生産挙動データ取得及び生産技術の実証が十分に実施」との項目の評価が実施できる段階に至っておらず、当該フェーズでの成果を確認、評価することも出来ない状況。



有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査の計画見直しについて

- 2023年5月末から8月初頭にかけて簡易生産実験を含む試掘を2地点で実施したが、簡易生産実験については両地点とも当初計画どおり実験が進まず、有望濃集帯の絞り込みに十分な地質データが取得できていない状況。
- そのため、次回海洋産出試験の候補地を抽出するためには、①貯留層評価に必要なデータ、②簡易生産実験を含む試掘で十分に把握できなかった情報の補完データ、③今般の実験により新たに判明した不確実性（ガスの存在等）に関するデータ等、更なる地質データを取得し、解析、評価する必要がある。

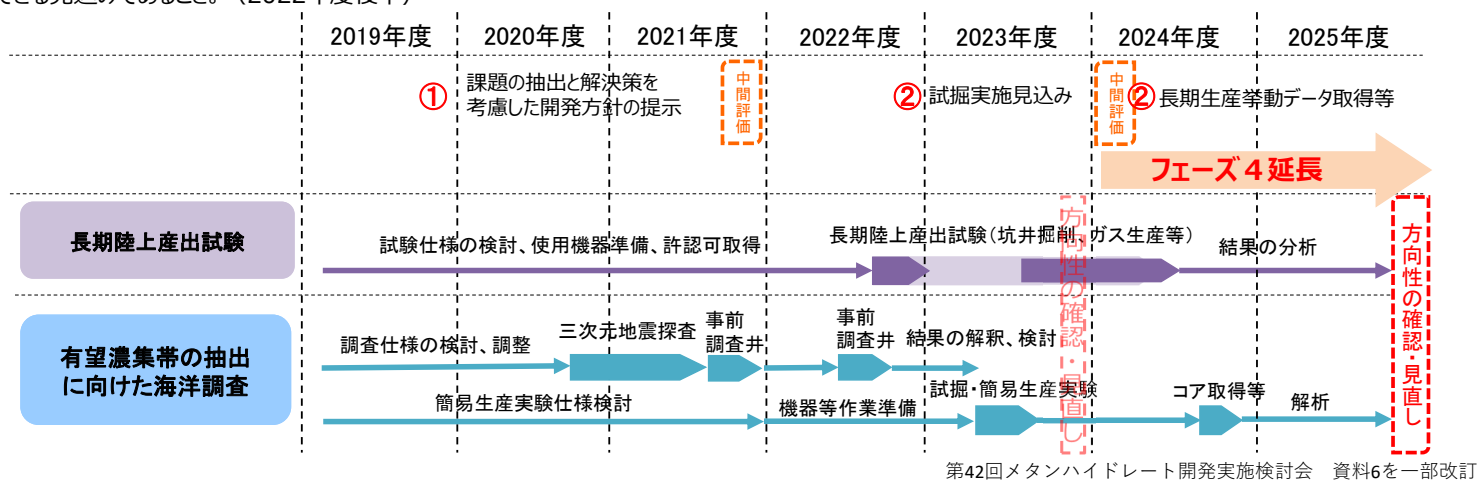


実施スケジュールの見直しについて

- 2021年11月の実施スケジュール見直しにおいて、2022年度後半に延長したマイルストーン②のうち「長期生産挙動データの取得及び生産技術実証が十分に実施」については、**陸上産出試験開始後、一定期間データが取得されるタイミングである2024年度前半に延期。**
- また、今フェーズの研究開発期間は、2023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及び長期生産試験の中間目標時期の見直し等を踏まえ、2025年度末までとする。**
- なお、メタンハイドレート研究開発は、第4期海洋基本計画のとおり、**2030年度まで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、技術開発を行う。**

○マイルストーン②長期生産挙動データの取得及び生産技術実証が十分に実施（2024年度前半）

- 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十分に実施されていること
- 試験候補地点が見いだされて、試験作業の実施が実現できる見込みであること。（2022年度後半）



3-3-1. 研究開発計画と進捗状況（砂層型：進捗を踏まえた工程表改定） 75

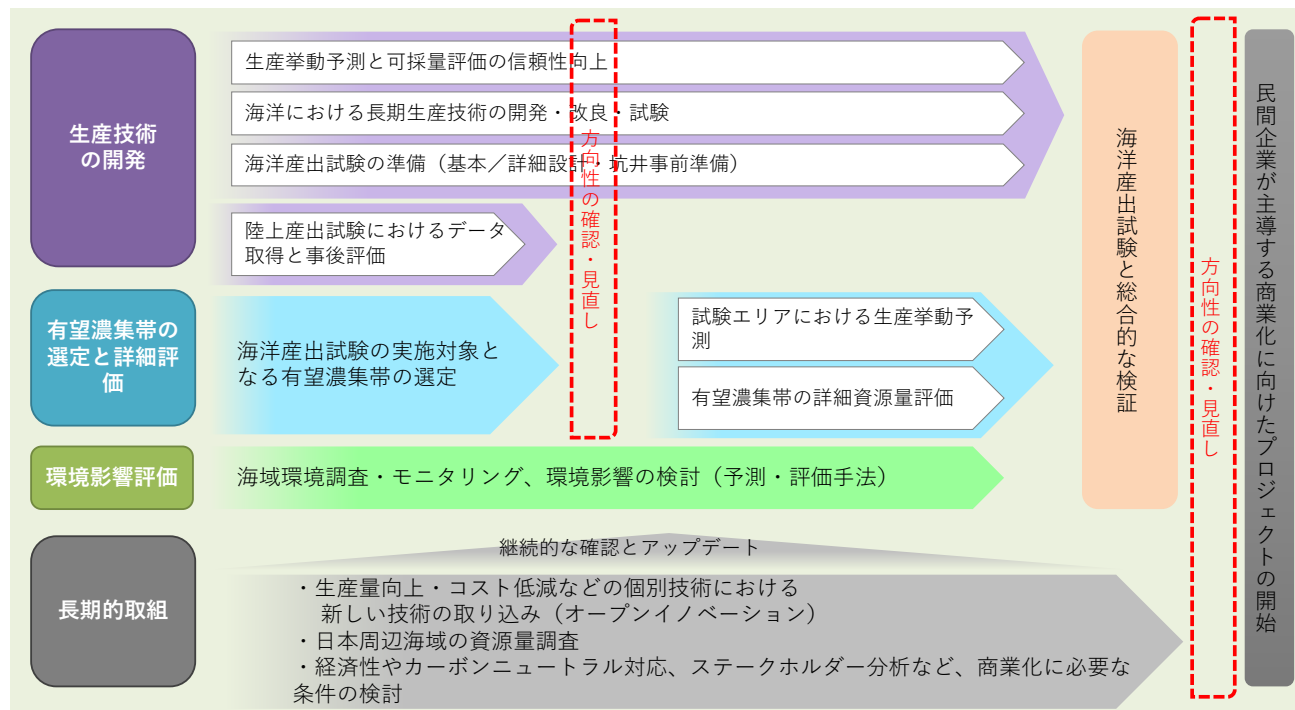
砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表（海洋エネルギー・鉱物資源開発計画：令和6年3月）

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

- 2030年度まで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て、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。

2023～2027FY頃

2028～2030FY頃



表層型メタンハイドレートの開発の2019年度～2023年度の実施スケジュール（前回中間評価時）

年度		2019	2020	2021	2022	2023
生産技術の開発	調査研究の評価、技術の特定に向けた検討					
	回収・生産技術の研究開発（要素技術開発/生産システムの検討）					
海洋調査	既存状況等の把握					
	・精密地下構造調査					
	・熱流量調査					
	海底の現場状況等の把握（地盤強度調査/海底現場状況調査）					
	海洋産出試験の実施場所に関する検討					
環境影響評価	環境影響評価手法の検討					
	・技術・社会（法的）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手法の開発・高度化					
	海域環境調査					
	・表層型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					
	・環境ベース観測及び環境モデリング手法の高度化・最適化					

76

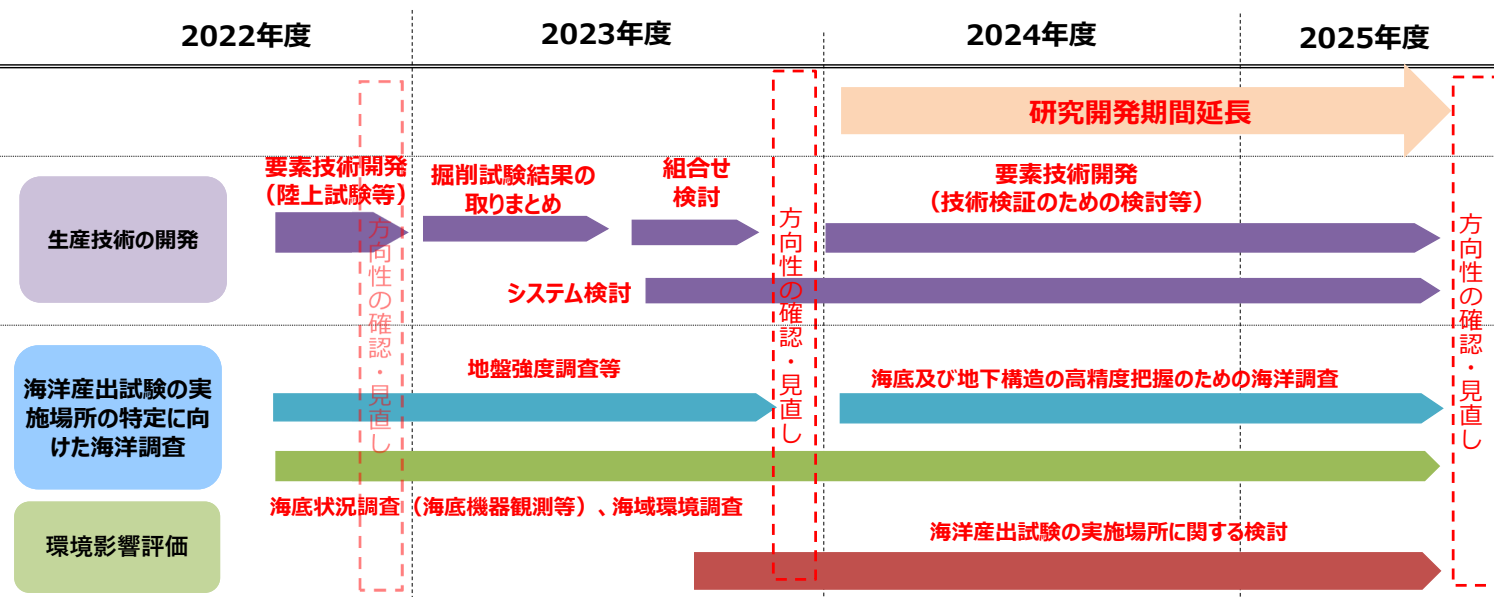
3-3-1. 研究開発計画と進捗状況（表層型）

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、新型コロナの影響も考慮して、**研究開発期間を1年間延長して、2019年度から2023年度の5年間**として、研究開発を実施してきた。
- 生産技術**については、2022年度までに実施した北見での掘削性能試験にて、大口径ドリル方式によって回収されるメタンハイドレートや泥などの回収物の様態に関する知見が得られたため、2023年度は、**掘削性能試験結果のとりまとめを実施するとともに、回収物の様態を対象にした分離/揚収技術の研究開発を進めてきた**が、2023年度中の技術整備は困難な状況であり、各要素技術の組み合わせを考慮した**生産システムの検討を実施するには、引き続き、要素技術の研究開発が必要**である。
- 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、データ取得を継続中。一方で、現在のスケジュールでは**海洋産出試験の実施場所に関する検討**を行うことになっているが、**新型コロナ感染症の流行や漁期を考慮した実施時期の見直し・調整等**により試験候補地の絞り込みに**必要なデータ取得が十分ではなく、検討に必要な海域のデータを2023年度中に取得することが困難**な状況である。
- また、**環境ベースラインデータの取得においても、観測精度の向上や自然変動の把握のためにメタンハイドレート賦存域を含む広い海域での長期的かつ繰り返しによるデータの集積が必要**である。
- そのため、第42回メタンハイドレート開発実施検討会での審議を経て、**プロジェクト全体の実施スケジュールを見直し、研究開発期間を2025年度末へ延長**することとした。
- なお、メタンハイドレートの研究開発全体のスケジュールは、第4期海洋基本計画の策定の際、進捗状況を踏まえて目標を見直し、**2030年度まで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、技術開発を実施**。

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、陸上試験結果の取りまとめを2023年度中に実施予定であり、これら掘削技術に関する知見を基に、今後、分離・揚収など各要素技術の研究開発を進めるとともに、これらの組み合わせも考慮した生産システムの検討を実施する必要がある。
- また、海洋調査・環境影響評価についても、試験候補地の絞り込みに必要なデータ取得が十分ではなかったことから、今後、検討に必要なデータを取得するとともに、生産技術の進捗も踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を実施する必要がある。
- そのため、本研究開発期間を2年間延長し、2025年度末までとする。

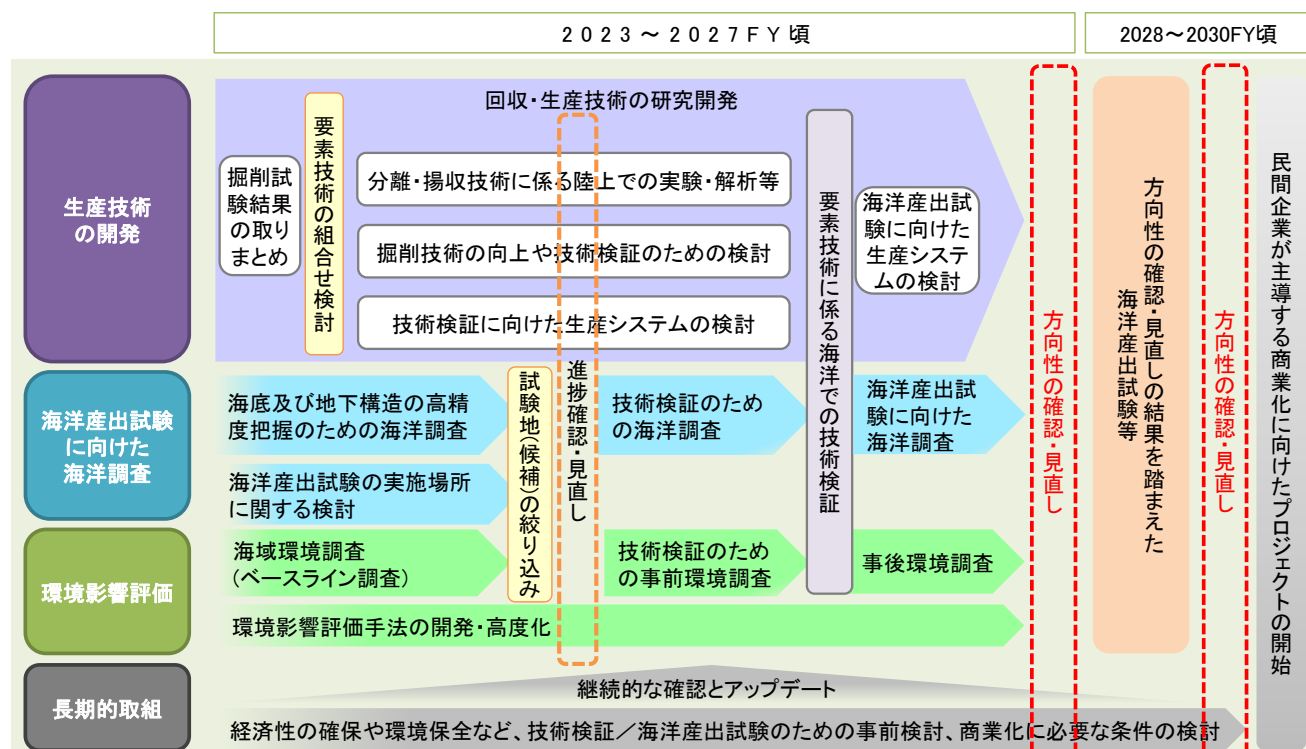


3-3-1. 研究開発計画と進捗状況（表層型：進捗を踏まえた工程表改定） 79

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：令和6年3月）

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

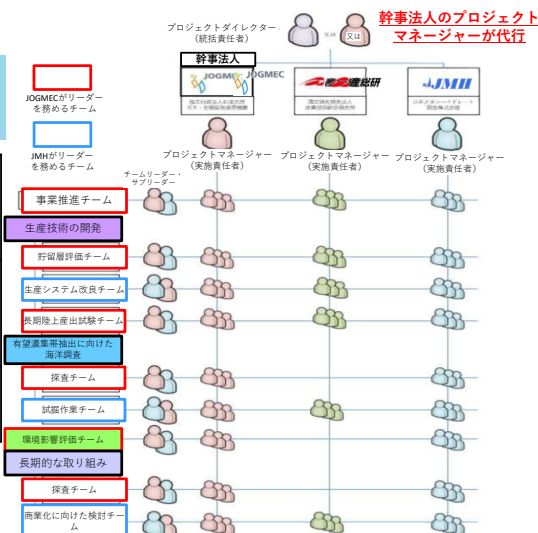
- 2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。



① 砂層型メタンハイドレートについて

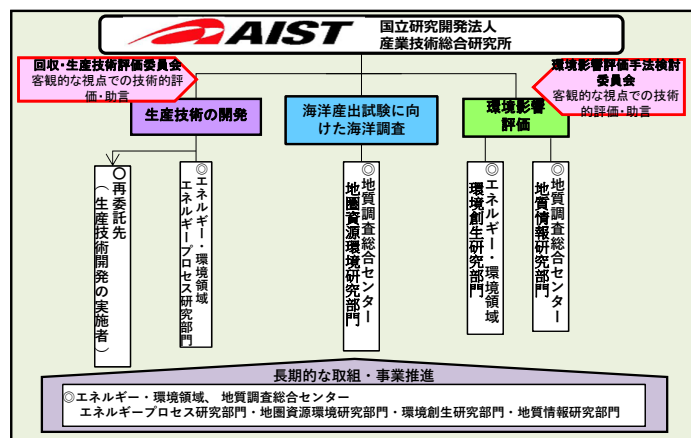
- ◆ 研究開発の実施に当たっては、**組織横断的なチームを編成**し、縦割りを排して、効率的に研究を推進する。

プロジェクトマネージャー (PM)	三機関それぞれに1名のPMを配置し、各PMは、所属する組織が主担当であるチームの進捗について報告を受け、プロジェクト全体に周知・報告するとともに、プロジェクト全体の進捗の管理・調整を行う。
チームリーダー (TL)	研究テーマ毎のチームにチームリーダーを配置し、各チームの進捗を管理する。具体的には月一度の業務連絡会においてチームリーダーが進捗報告するなどして、各組織間、チーム間の連携を図る。
委員 (外部有識者)	アドバイザー委員会を設置し、客観的な視点での技術的評価や助言など、外部の視点からの意見を積極的に取り入れる。



② 表層型メタンハイドレートについて

コアメンバー	研究テーマ毎にコアメンバーを配置し、各テーマの進捗を管理する。具体的には月一度の全体会議においてコアメンバーが進捗報告するなどして、各研究テーマ間の連携を図る。
委員 (外部有識者)	研究テーマ毎に外部有識者による委員会を設置し、客観的な視点での技術的評価や助言など、外部の視点からの意見を積極的に取り入れる。



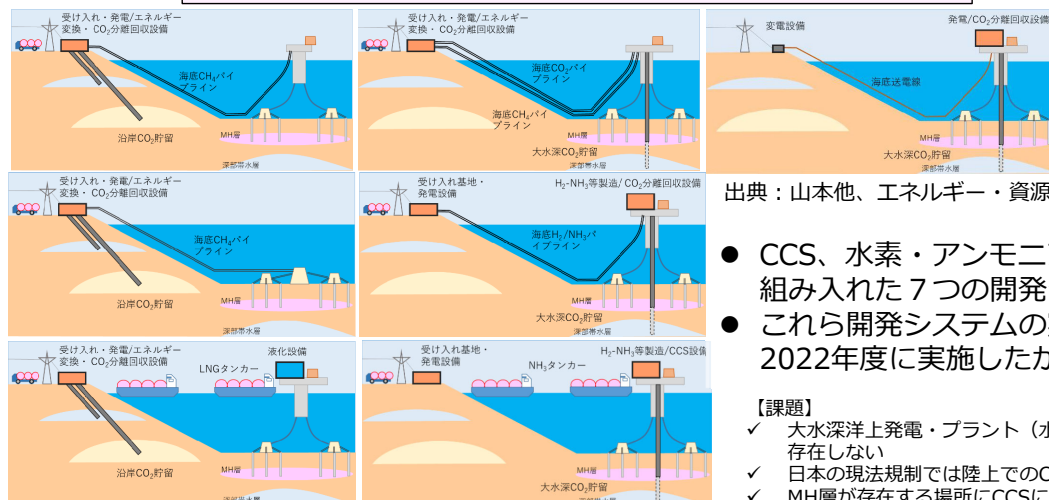
3-3-3. 外部環境変化の確認状況

2020年10月の菅総理大臣（当時）による2050年カーボンニュートラル（CN）宣言により、以下①～③の考えが高まったことを踏まえ、メタンハイドレート開発システムの再検討を行う必要性が生じたことから、2022年度及び2023年度に、需要家等へのヒアリングやCNに対応する新たな開発システム案を検討。

- ① 水素・アンモニア等への燃料転換が起こる
- 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やCO2有効利用など、CCUSの重要度が高まった

ヒアリング調査や検討の結果、2050年にCNが実現した場合においても、引き続き、天然ガスの取引需要があること、洋上発電や水素・アンモニア製造可能性は、追加コストが相当規模に上り、かなり難しい状況であることから、商業化の目途が立つまでは、メタンハイドレート開発を軸に進め、軌道に乗った段階でCO2貯留や水素・アンモニア製造についても検討を進めていくことが良いと考えている。

ビジネスモデルの変化 → 開発システムの再検討



出典：山本他、エネルギー・資源42(6), 8-13

- 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7つの開発システム案を検討。
- これら開発システムの実現性・経済性に関する検討を2022年度に実施したが、いずれも課題が多い。

【課題】

- ✓ 大水深洋上発電・プラント（水素・アンモニア製造）は現在、世界的にも見ても存在しない
- ✓ 日本の現法規制では陸上でのCCSは認められていない
- ✓ MH層が存在する場所にCCSに適した貯留層が存在するとは限らない

研究開発フェーズの目標に加え、途中段階でのマイルストーンを設定し、研究開発の進捗状況を適時確認の上、計画の見直し等を実施。

「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、**2030年度までに**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。

2024年度前半頃 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十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。

前回評価時の指摘事項と対処状況

前回評価時（令和3年度）の指摘事項	対処状況
【中間評価（2021年度）】 （評価検討会）※今後の研究開発の方向性に関する提言 ○今後の方向性を検討する上で、「技術的に採れる」ことを実証するために、長期陸上産出試験の成果は重要。本成果に基づき商業化に向けた見通しを十分精査する必要がある。過去の実績・方法に囚われず、自由で柔軟な発想でこれからも研究開発に取り組んでほしい。 ○2027年度までの商業化に向けたプロジェクトへの移行に向け、本事業のCNの視点からの価値創出、商業化に向けた優先順位、計画および資源配分を適切に見直すことも視野に入れるなど、商業化実現に向けた目標と実現方法を明確する必要がある。 ○CN達成を前提とすると、生産される天然ガスの燃焼によって発生するGHG排出抑制方法やそのコスト等も検討項目に入れ、脱炭素技術の開発動向にも目配せし、常時、技術的・経済的・政策的な整合性を図っていく必要がある。なお、メタンハイドレートから生産されるガスについては、供給逼迫時などの有事における燃料源としての活用等、様々な選択肢を検討すべき。	○長期陸上産出試験については、2021年11月のスケジュール見直し以降も、鉱区権者との鉱区使用契約に係る諸手続きの他、坑井掘削・地上試験設備設置・試運転の作業において、大幅な遅延が発生し、ガス生産は2023年10月24日（現地時間）に開始したため、長期生産挙動データを取得するためには、産出試験を2024年6月頃まで実施する必要がある。したがって、今研究開発フェーズを2年延長して事業を実施している。 ○商業化に向けた生産技術開発等については、長期陸上産出試験及び日本周辺海域での有望濃集帯抽出に向けた海洋調査をより優先度の高い作業と考え、予算配分を行っている。 ○CN達成に向け、メタンハイドレートが商業化される際の複数のシナリオを検討するとともに、生産されるガスの活用方法についても、想定されるステークホルダーとの意見交換等を実施。その意見も踏まえ、商業化の目途が立つまでは、メタンハイドレート開発を軸に進め、軌道に乗った段階でCO2貯留や水素・アンモニア製造についても検討を進めていくことが良いと考えている。

前回評価時（令和3年度）の指摘事項	対処状況
【中間評価（2021年度）】 （評価検討会）※今後の研究開発の方向性に関する提言 ○商業化には長期間かかるため、今後20年後30年後の優秀な人材を育てるためにも、これまで以上に広く資源系の大学との連携する必要がある。 （評価WGの所見） ○メタンハイドレート事業はエネルギー安全保障等の観点から、有意義で意味のある重要なテーマと捉えている。当面はこれまでの海洋産出試験での課題に対策した長期陸上試験を成功させることに注力していただきたい。 ○次のフェーズへの取り組みに際しては、カーボンニュートラル達成の道筋のなかでの他のエネルギーとメタンハイドレートの優先順位についてしっかりと検討したうえで、判断していただきたい。その際には国民への説明についても十分配慮していただきたい。	○これまで以上に産学官が連携して、商業化に向けた研究開発を取り組むとともに、メタンハイドレートを含む石油・天然ガス分野の人材育成に係る取組も検討する。 ○長期陸上産出試験を開始して以降、トラブル等も発生しているが、メタンハイドレート開発実施検討会や実施者が設置している外部有識者会議において、多くの専門家から意見を伺いながら、試験を継続中である。本年7月末まで、引き続き有益なデータが得られるよう努める。 ○「エネルギー基本計画（令和3年10月）」に基づき、水素・アンモニアの原料としての活用も視野に入れつつ、メタンハイドレートの研究開発を進めていくとともに、今フェーズの研究開発期間終了までに進捗状況を検証し、次フェーズに向けて、実行計画を含めた方向性の見直しを行い、節目毎に国民に分かりやすく情報発信していく。

（特許・論文・発表リスト）

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-specific 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へ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	「燃える水」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）

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	CO ₂ を用いるメタンハイドレートの増進回収 ～CO ₂ /水エマルジョンの利用～	「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 CaCO ₃ phases during strain-specific 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模式識別	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 (27件)

	タイトル	誌名	分類
1	富山トラフ南東部、上越埋没海底谷群および海嶺海淵周辺のチャネル・斜面崩壊堆積物の三次元サイズミック地形学的解析	地質学雑誌	論文発表 (査読あり)
2	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)
3	Experimental investigation of effects of mica content, Fe and pressure on the pore size distribution and permeability of sandy sediment using proton nuclear magnetic resonance	Engineering Geology	論文発表 (査読あり)
4	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)
5	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)
6	Comprehensive pressure core analysis for hydrate-bearing sediments from Gulf of Mexico Green Canyon Block 955, including assessments of geomechanical viscous behavior and nuclear magnetic resonance permeability	AAPG Bulletin	論文発表 (査読あり)
7	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)
8	Cultivation and biogeochemical analyses reveal insights into methanogenesis in deep seafloor sediment at a biogenic gas hydrate site	The ISME Journal	論文発表 (査読あり)
9	Mechanical properties of polycrystalline tetrahydrofuran hydrates as analogs for massive natural gas hydrates	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表 (査読あり)
10	地圏微生物によるメタン生成プロセスの解明－地球科学と生命科学の融合で創成される革新的資源技術への道標－	シンセオロジー (産総研学術誌)	論文発表 (査読あり)
11	タービダイトとはなにか	JOGMEC TRC通信 (メールマガジン)	投稿 (査読なし)
12	離散要素法を用いたメタンハイドレートを胚胎する砂層モデルの開発	日本船舶海洋工学会論文集	論文発表 (査読あり)
13	Distributed fiber optic strain sensing of bending deformation of a well mockup in the laboratory	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表 (査読あり)
14	Behavior of Methane Hydrate-in-Water Slurries from Shut-in to Flow Restart	Energy & Fuels	論文発表 (査読あり)
15	メタンハイドレートの研究開発	令和2年度 JOGMEC石油開発技術本部年報	投稿 (査読なし)
16	Hydrate Growth and Rheology of Hydrate Slurries in Aqueous Systems	学位論文(The University of Western Australia)	投稿 (査読なし)
17	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」	投稿 (査読なし)
18	特集「メタンハイドレートへの期待」 「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)
19	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)
20	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)
21	Heading for commercialization of "fiery ice," a third natural gas resource(Methane hydrate research and development)	「Oil & Gas Upstream Technology Unit R&D Activities」	投稿 (査読なし)
22	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)
23	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)
24	R&D of methane hydrate	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)
25	教師なし学習による高圧気液二相流の遷移領域を含む流動モードの分類	日本機械学会論文集 動力・エネルギーシステムの最前線2021	論文発表 (査読あり)
26	産業技術総合研究所における研究開発のあゆみ「IV メタンハイドレート資源開発」	電気評論	投稿 (査読なし)
27	CHAPTER 5: 3D IMAGE-DOMAIN DAS-VSP ELASTIC TRANSMISSION TOMOGRAPHY	著者PhD論文(Colorado School of Mines)	投稿 (査読なし)

① 砂層型メタンハイドレートについて
2022年度 砂層型メタンハイドレート論文リスト（36件）

	タイトル	誌名	分類
1	Thermal Properties of Pressure Core Samples Recovered From Nankai Trough Wells Before and After Methane Hydrate Dissociation	Earth and Space Science	論文発表（査読あり）
2	Application of machine learning to characterize gas hydrate reservoirs in Mackenzie Delta (Canada) and on the Alaska north slope (USA)	Computational Geosciences	論文発表（査読あり）
3	Identification of high-pressure two-phase flow regime transition using image processing and deep learning	Journal of Natural Gas Science and Engineering	論文発表（査読あり）
4	Permeability Measurement and Prediction with Nuclear Magnetic Resonance Analysis of Gas Hydrate-Bearing Sediments Recovered from Alaska North Slope 2018 Hydrate-01 Stratigraphic Test Well	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
5	Scientific Results of the Hydrate-01 Stratigraphic Test Well Program, Western Prudhoe Bay Unit, Alaska North Slope	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
6	New Insights into the Occurrence and Implications of Mobile Water in Gas Hydrate Systems	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
7	Sensitivity and Uncertainty Analysis for Natural Gas Hydrate Production Tests in Alaska	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
8	Numerical Simulations of Depressurization-Induced Gas Hydrate Reservoir (B1 Sand) Response at the Prudhoe Bay Unit Kuparuk 7-11-12 Pad on the Alaska North Slope	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
9	Planning and Operations of the Hydrate 01 Stratigraphic Test Well, Prudhoe Bay Unit, Alaska North Slope	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
10	Geological Reservoir Characterization of a Gas Hydrate Prospect Associated with the Hydrate-01 Stratigraphic Test Well, Alaska North Slope	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
11	Gas Hydrate Saturation Estimates, Gas Hydrate Occurrence, and Reservoir Characteristics Based on Well Log Data from the Hydrate-01 Stratigraphic Test Well, Alaska North Slope	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
12	Advanced Distributed Acoustic Sensing Vertical Seismic Profile Imaging of an Alaska North Slope Gas Hydrate Field	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
13	Review of Past Gas Production Attempts from Subsurface Gas Hydrate Deposits and Necessity of Long-Term Production Testing	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
14	Numerical Simulations in Support of a Long-Term Test of Gas Production from Hydrate Accumulations on the Alaska North Slope: Reservoir Response to Interruptions of Production (Shut-Ins)	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
15	Sand Migration Simulation during Gas Production from Gas Hydrate Reservoir at Kuparuk 7-11-12 site in the Prudhoe Bay Unit, Alaska	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
16	Virtual Special Issue of Recent Advances on Gas Hydrates Scientific Drilling in Alaska (Editorial))	Energy & Fuels 特集号	論文発表（査読あり）
17	Passive-seismic image-domain elastic wavefield tomography	Geophysical Journal International	論文発表（査読あり）
18	Methane-hydrates exploration	地盤工学会 ISSMGE TIME CAPSULE PROJECT	投稿（査読なし）
19	Dynamics of methane hydrate particles in water-dominant systems during transient flow	Fuel	論文発表（査読あり）
20	Reverse-Time Migration of a Methane Gas Hydrate DAS 3-D VSP Dataset	修士論文(Colorado School of Mines)	投稿（査読なし）
21	南海トラフの深海底堆積物で生きるメタン生成微生物の特徴を解明 ～メタンハイドレート成因解明の手掛かりに～	GSJ地質ニュース	投稿（査読なし）
22	地下微生物研究を利用した燃料資源探査と資源開発	研究カタログ2022	投稿（査読なし）
23	メタンハイドレート開発の商業化に向けた検討とカーボンニュートラル	天然ガス鉱業会誌「天然ガス」	投稿（査読なし）
24	メタンハイドレートの研究開発	令和3年度JOGMEC石油開発技術本部年報	投稿（査読なし）
25	The void fraction and frictional pressure drop of upward two-phase flow under high pressure brine condition	Chemical Engineering Science	論文発表（査読あり）
26	メタンハイドレート生産中の出水トラブルに対する水ガラス系過水剤の適用性検討	石油技術協会誌	論文発表（査読あり）
27	R&D of methane hydrate	令和3年度JOGMEC石油開発技術本部年報（英語版）	投稿（査読なし）
28	メタンハイドレートの事前掘削調査と事前調査井データの活用方法	JOGMEC TRC通信	投稿（査読なし）
29	メタンハイドレート胚胎域の南海トラフ海底堆積物で生きるメタン生成微生物の実態の解明	日本原子力学会誌	投稿（査読なし）
30	燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発	産総研地圏資源環境研究部門年報 令和3年度	投稿（査読なし）
31	地圏微生物研究グループの紹介	2022 GREEN Report	投稿（査読なし）
32	微生物を培養して社会実装につなげる -深海底堆積物と休廃止鉱山での取組み-	2022 GREEN Report	投稿（査読なし）
33	メタンハイドレート有望濃集帯抽出のための事前調査井掘削作業	石油資源開発株式会社社内報	投稿（査読なし）
34	メタンハイドレート有望濃集帯抽出のための事前調査井掘削作業に従事	三菱ガス化学株式会社社内報	投稿（査読なし）
35	Study of Nitrogen-Brine Two-Phase Flow Behavior under High-Pressure Condition	北海道大学大学院工学院博士学位論文審査	投稿（査読なし）
36	鮮新世～第四紀の代表的デフラの火山ガラス主成分元素組成・アパタイト微量元素組成のデータベース作成と海洋コアとの対比	東北大学 卒業論文	投稿（査読なし）

① 砂層型メタンハイドレートについて
2023年度 砂層型メタンハイドレート論文リスト（12件）

	タイトル	誌名	分類
1	Measurement of Tensile Characteristics of Methane Hydrate and Extraction of DEM Model Parameters	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
2	Empirical evaluation of the strength and deformation characteristics of natural and synthetic gas hydrate-bearing sediments with different ranges of porosity, hydrate saturation, effective stress, and strain rate	Progress in Earth and Planetary Science	論文発表（査読あり）
3	Simulations of hydrate reformation in the water production line of the second offshore methane hydrate production test in Japan's Nankai trough	Fuel	論文発表（査読あり）
4	メタンハイドレート開発に係る環境影響予測手法の適正化について	JGC News	投稿（査読なし）
5	メタンハイドレートの研究開発	令和4年度 JOGMECエネルギー事業本部年報	投稿（査読なし）
6	地下という未知の世界に穴を開け資源の可能性を探る面白さ	三菱ガス化学株式会社ホームページ	投稿（査読なし）
7	メタンハイドレートの長期安定生産を目指したラボの活用	JOGMEC メールマガジン 石油・天然ガス資源情報HP掲載	投稿（査読なし）
8	Impact of Epistemic Uncertainty on Tradeoff in Model-based decision support for Methane Hydrate Development System Design	Applied Energy	論文発表（査読あり）
9	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 令和4年度	投稿（査読なし）
10	地圏微生物研究グループの紹介	2023 Green Report	投稿（査読なし）
11	Structure-II Clathrate Hydrates in the Daini-Atsumi Knoll of the Nankai Trough, Japan	Energy & Fuels	論文発表（査読あり）
12	カーボンニュートラルなメタンハイドレート資源開発に向けた取組み	日本エネルギー学会 機関紙「えねるみくす」	投稿（査読なし）

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（7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	Long-term, continuous OsmoSampler results for interstitial waters from an active gas venting site at a shallow gas hydrate field, Umitaka Spur, eastern margin of the Japan Sea	Applied Geochemistry	論文発表（査読あり）
3	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）
4	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）
5	In Situ Mechanical Properties of Shallow Gas Hydrate Deposits in the Deep Seabed	Geophysical Research Letters (GRL)	論文発表（査読あり）
6	Evidence in the Japan Sea of microdolomite mineralization within gas hydrate microbiomes	Scientific Reports (A Nature Research Journal)	論文発表（査読あり）
7	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（6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 ー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ー	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ブルームの関係	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 ー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ー	自動車技術会・会誌「自動車技術」	投稿（査読なし）
6	3D geomechanical evaluation of jetting operations for producing hydrate chimneys in the sea of Japan	SPE Drilling & Completion	論文発表（査読あり）

2021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	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、およびクルーズレポート	海洋研究開発機構KR21-15Cクルーズレポート	投稿（査読なし）

2022年度 表層型メタンハイドレート論文リスト（8件）

	タイトル	誌名	分類
1	Visualization of shallow subseafloor fluid migration in a shallow gas hydrate field using high-resolution acoustic mapping and ground-truthing and their implications on the formation process: a case study of the Sakata Knoll on the eastern margin of the Sea of Japan	Marine Geophysical Research	論文発表（査読あり）
2	Massive gas hydrates buried on Umitaka Spur in the Sea of Japan: description, origin, and significance to methane cycling in marine sediment	Geo-Marine Letters	論文発表（査読あり）
3	Ocean Dynamics and Methane Plume Activity in Tatar Strait, Far Eastern Federal District, Russia as Revealed by Seawater Chemistry, Hydroacoustics, and Noble Gas Isotopes	Frontiers in Earth Science	論文発表（査読あり）
4	音響マッピングによる海底下浅部に埋積する物質境界の可視化：山形県酒田市沖表層型メタンハイドレート賦存域の例	物理探査学会誌	論文発表（査読あり）
5	Surface heat flow measurements in the eastern margin of the Japan Sea using a 15 m long geothermal probe to overcome large bottom-water temperature fluctuations	Marine Geophysical Research	論文発表（査読あり）
6	Anaerobic oxidation of methane and trace-element geochemistry in microbial mat-covered sediments related to methane seepage, northeastern Japan Sea	Chemical Geology	論文発表（査読あり）
7	表層型メタンハイドレート研究開発における取組の概要について	配管技術	投稿（査読なし）
8	表層型メタンハイドレート回収技術開発に向けたメタンハイドレート粒子運動に関する研究	混相流	論文発表（査読あり）

2023年度 表層型メタンハイドレート論文リスト (14件)

	タイトル	誌名	分類
1	最上トラフ酒田海丘(仮称)における海底下構造・比抵抗構造から見る表層型メタンハイドレートの賦存状況	Conductivity Anomaly研究会論文集2023	投稿 (査読なし)
2	Microbial traces found in microdolomite associated with seep-related shallow gas hydrate	Frontiers in Earth Science	論文発表 (査読あり)
3	Correlation for calculating frictional pressure drops in vertical three-phase flows for subsea-resource production	Ocean Engineering	論文発表 (査読あり)
4	Phase equilibrium data for clathrate hydrates formed in the systems of urea + (methane or carbon dioxide) + water	Fluid Phase Equilibria	論文発表 (査読あり)
5	Preliminary study on the acute effects of hydrogen sulfide on Amphipoda (Lysianassoidea; Pseudorchomene sp. and Anonyx sp.) collected from deep-sea floors in the Sea of Japan	Marine Pollution Bulletin	論文発表 (査読あり)
6	Experimental studies on velocities of gas- and solid-phases in gas-liquid-solid three-phase flow for subsea resource productions	Multiphase Science and technology	論文発表 (査読あり)
7	A study of the physical properties and structural development of clays in the shallow methane hydrate fields	GEOMATE	論文発表 (査読あり)
8	Seafloor activity and deep-subsurface geology of gas hydrate areas revealed from $\delta^{13}\text{C}$ of methane-derived authigenic carbonates along the eastern margin of the Sea of Japan	Marine Geology	論文発表 (査読あり)
9	表層型メタンハイドレート回収技術 (大口径海底掘削装置)	建設機械施工	論文発表 (査読あり)
10	Lithium isotope systematics of methane-seep carbonates as an archive of fluid origins and flow rates	Geochimica Cosmochimica Acta	論文発表 (査読あり)
11	海洋エネルギー・鉱物資源開発システムの総合安全性評価技術の開発に関する研究	海上技術安全研究所報告	投稿 (査読なし)
12	Methane diffusion affects characteristics of benthic communities in and around microbial mat-covered sediments in the northeastern Japan sea	Chemosphere	論文発表 (査読あり)
13	Impact of concurrent aerobic-anaerobic methanotrophy on methane emission from marine sediments in gas hydrate area (Sakata Knoll, Japan)	Environmental Science & Technology	論文発表 (査読あり)
14	Three-phase flow analysis of rising shallow methane hydrate in gas lift system	Ocean Engineering	論文発表 (査読あり)

2019年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (11件)

	タイトル	集會名	分類
1	Microdolomites are not MDACs : microbially-derived carbon source for microcrystalline dolomite found within massive gas hydrates and implications for the shallow marine carbon cycle	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会	口頭/ポスター
2	日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会	口頭/ポスター
3	日本周辺海域の大気CH ₄ 濃度分布とガスブルーム	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会	口頭/ポスター
4	メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊: 隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会	口頭/ポスター
5	上越沖海嶺海脚のガスチムニー内のメタンの動態	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会	口頭/ポスター
6	表層型ガスハイドレート胚胎域における浸透圧式連続採水装置を用いた化学環境の長期モニタリング	2019年度海洋理工学会春季大会	口頭/ポスター
7	Microdolomite in Japan Sea Gas Hydrate: What do they tell us about present and past hydrate growth?	Pacific Congress on Marine Science and Technology: 26th International Conference for Marine Science and Technology for Sustainable Development; Vladivostok, Russia.	口頭
8	日本海の海底地すべりと表層型メタンハイドレート分解との関連	日本地質学会第126年学術大会	口頭/ポスター
9	Sea level changes probably controlled the development of the shallow gas hydrate accumulations in the eastern margin of the Sea of Japan	2019 AGU Fall Meeting	ポスター
10	鳥取県沖のメタンハイドレート調査	鳥取県 表層型メタンハイドレート海洋環境基礎調査報告会	口頭
11	泥火山・ガスチムニー・メタンハイドレート	高知大学海洋コア総合研究センター成果報告会	口頭

2020年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (5件)

	タイトル	集會名	分類
1	Mud volcanoes, gas chimneys, and gas hydrates	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2020年大会	口頭/ポスター
2	表層型メタンハイドレート回収技術開発に関わる調査研究について	石油技術協会春季講演会	口頭
3	表層型メタンハイドレート回収技術の研究開発に関する取組について	第28回 海洋工学シンポジウム	口頭
4	メタンハイドレート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	第45回海洋開発シンポジウム(2020)	口頭
5	Preliminary economic feasibility analysis of mound type methane hydrate mining	49th Underwater Mining Conference (UMC2020)	口頭

2021年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (11件)

	タイトル	集会名	分類
1	地下浅部構造と流体移動経路：日本海東縁酒田沖、表層型メタンハイドレート賦存域の例	日本地球惑星科学連合2021年大会 (JpGU2021)	ポスター
2	日本海東縁酒田沖における表層型メタンハイドレート周辺の高分解能海底三次元画像マッピング	日本地球惑星科学連合2021年大会 (JpGU2021)	口頭
3	13Cトレーサー実験による酒田沖海底堆積物の好気・嫌気メタン酸化微生物の推定とメタン酸化ポテンシャルの評価	日本地球惑星科学連合2021年大会 (JpGU2021)	口頭
4	日本海北東部酒田海丘(仮称)のガスハイドレート胚胎域における表層堆積物中の地球化学プロセス	日本地球惑星科学連合2021年大会 (JpGU2021)	口頭
5	Doubly substituted isotopologues of methane hydrate (13CH3D and 12CH2D2): implication for sources and history	日本地球惑星科学連合2021年大会 (JpGU2021)	口頭
6	上越沖海底粘土の物理特性	地盤工学会・第56回地盤工学研究発表会	口頭
7	上越沖海底粘土の物理特性	地盤工学会中国支部「地盤工学セミナー報告会」	ポスター
8	日本海東縁酒田沖における表層型メタンハイドレート賦存域の海底状況調査	物理探査学会第145回学術講演会	口頭
9	Thick massive deposits of gas hydrates in the Sea of Japan	GEOSEA2021	口頭
10	海洋の産業利用と海洋環境	2021年度産総研エネルギー・環境シンポジウム	口頭
11	海中レーザー光反射を用いた気泡計測手法に関する基礎研究	2022年電子情報通信学会総合大会	口頭

2022年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (27件)

	タイトル	集会名	分類
1	海底長期温度計測による酒田沖海域での熱流量測定	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	ポスター
2	日本海東縁酒田沖における高分解能三次元反射法地震探査	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
3	山形県酒田沖最上トラフにおける海洋CSEM調査及び比抵抗構造解析について：表層型メタンハイドレート賦存状況調査	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
4	日本海東縁の酒田海丘における堆積物の地盤強度調査	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	ポスター
5	日本海酒田海丘における掘削調査で発見されたメタンハイドレートと堆積物間隙水の地球化学的特徴	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	ポスター
6	丹後半島北方表層型MH賦存域におけるAUV調査に基づく、acoustic blanking、ボックスマーク、マウンド、断層の特徴	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
7	表層型メタンハイドレート開発に係る環境影響評価研究の概要	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭

2022年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (続き)

	タイトル	集会名	分類
8	酒田沖メタンハイドレート胚胎域表層堆積物における底生生物群集の特徴	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
9	日本海東縁酒田沖ガスハイドレート胚胎域における生物源堆積構造	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
10	Hydrocarbon seep dynamics revealed by noble gas and stable isotope analysis of inclusions of authigenic carbonates: A comparison of samples from Tatar Strait, Russia; Joetsu Basin, Japan; and Bejo do Espinho, Brazil	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
11	ガスハイドレートに伴って産出するマイクロドロマイトの特徴	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	口頭
12	Crystal structure of gas hydrates on the Umitaka Spur, eastern margin of the Japan Sea.	日本地球惑星科学連合2022年大会 (JpGU2022)	ポスター
13	Flow assurance for gas-liquid-solid three-phase flow at high void fraction of gas phase for methane hydrate transport	ASME 2022 41st International Conference on Ocean, Offshore & Arctic Engineering	口頭
14	酒田沖海底粘土の一次元圧密特性	地盤工学会中国支部 第47回地盤工学セミナー報告会	ポスター
15	酒田沖海底粘土の一次元圧密特性	地盤工学会・第57回地盤工学研究発表会	口頭
16	ガスリフトを用いた表層型メタンハイドレート揚収に向けた固気液三相流動解析	日本混相流学会 混相流シンポジウム2022	口頭
17	浮遊性・低生有孔虫殻の酸素・炭素同位体組成変動から見た過去33万年の日本海東縁の海洋環境変動と成層構造の変遷	日本地質学会第129年大会	口頭
18	日本海の深海から採取したヨコエビ個体群の飼育および急性影響試験の試み	日本海洋学会2022年度秋季大会	口頭
19	Paleoceanographic change of surface and deep water based on oxygen and carbon isotope records during the last 330 kyr in the eastern margin of Japan Sea	Pacific Congress on Marine Science and Technology	口頭／ポスター
20	黒海・日本海酒田沖のメタン冷湧水成炭酸塩のリチウム同位体組成	日本地球化学会第69回年会	口頭
21	Ecosystem modeling of chemosynthesis around mound type methane hydrate	50th Underwater Mining Conference (UMC2022)	口頭
22	表層型メタンハイドレート胚胎域の冷湧水活動の長期モニタリング機器の紹介	アウターライズで海洋とマントルを結ぶ大規模流体循環の時空間スケールの解明 (第2回)	口頭
23	複数船舶を用いた繰り返し観測による位置情報ゆれの検討	海洋調査技術学会大34回研究成果発表会	口頭
24	メタン冷湧水の炭酸塩岩や堆積物を用いた有機地球化学的研究	第39回有機地球化学シンポジウム	口頭
25	表層型メタンハイドレート揚収技術に関する研究開発	エネルギー技術シンポジウム2022	ポスター
26	An Image Analysis for Understanding the Ascending Behavior of Methane Bubbles in the Ocean	AGU Fall Meeting 2022	口頭
27	最上トラフ酒田海丘(仮称)における海底下構造・比抵抗構造から見る表層型メタンハイドレートの賦存状況推定の試み	電気伝導度異常 (CA) 研究会	口頭

2023年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (28件)

	タイトル	集会名	分類
1	上越海盆の冷湧水域における長期モニタリング機器の設置	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
2	丹後半島北方表層型メタンハイドレート賦存域におけるボックマークの成因論	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	口頭
3	兵庫県丹後半島北方における高分解能三次元地震探査	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	口頭
4	日本海上越沖で採取された堆積物の土質特性	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
5	日本海上越沖の海底深部掘削コアに見る炭酸塩コンクリーションの初期形成過程	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
6	日本海上越沖表層型メタンハイドレート胚胎域での掘削調査	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	口頭
7	日本海上越沖の表層型メタンハイドレート胚胎域のファイライン検層結果と貯留層性状の推定	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
8	Geological constraints on the heterogeneous crystal structure of gas hydrates from the Umitaka Spur, eastern margin of the Japan Sea	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
9	日本海酒田沖のメタン冷湧水域における表層堆積物中のリンの初期続成過程	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	口頭
10	日本海における深海性ココエビ（フトヒゲソコエビ類）の捕獲、飼育および生物影響実験の試み	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	ポスター
11	メタンハイドレート賦存域周辺の深海生物を対象とした遺伝子解析による環境研究の紹介	日本地球惑星科学連合2023年大会(JpGU2023)	口頭
12	日本海深海域における堆積物内の生物多様性評価-メタバーコーディング解析によるアプローチ-	第23回マリンバイオテクノロジー学会大会	ポスター
13	深海性端脚類を用いた環境影響評価手法の開発-網羅的遺伝子発現解析によるアプローチ-	第23回マリンバイオテクノロジー学会大会	ポスター
14	Insights into fluid sources and flow rates from lithium isotope composition of methane-derived authigenic carbonates	Goldschmidt 2023 Conference	ポスター
15	海底下の表層型メタンハイドレート賦存状況推定（地質構造・比抵抗構造・LWD統合解釈）の試み	物理探査学会第148回学術講演会	口頭
16	Development of Hydrate Fluidizer for Methane Hydrate Gas Production System by Multi-Rocking Cell Device	10th International Conference on Gas Hydrates (ICGH10)	ポスター
17	日本海で見られた塊状メタンハイドレートの堆積作用による鉛直分布域の拡大	第32 回日本エネルギー学会大会	口頭
18	日本海東縁・海鷹海脚に胚胎するガスハイドレートの結晶構造の不均質性	雪氷研究大会	ポスター
19	複合的物理探査による表層型メタンハイドレート賦存形態の把握ー最上トラフ酒田海丘（仮称）の例	日本地質学会第130年学術大会	口頭
20	日本海の深海生物を対象とした生物影響評価ーキタクシノハクモヒトデへの影響ー	令和5年度公益社団法人日本水産学会秋季大会	口頭

2023年度 表層型メタンハイドレート学会発表リスト (続き)

	タイトル	集会名	分類
21	AUV音響測位情報の地形相関を用いる補正の試み：上越沖海鷹海脚上の表層型メタンハイドレート賦存に関連するバブル湧出域の例	海洋調査技術学会 第35回研究成果発表会	口頭
22	複数船舶を用いた繰り返し観測による位置情報ゆれの検討（2）	海洋調査技術学会 第35回研究成果発表会	口頭
23	表層型メタンハイドレート揚収技術に関する研究開発	エネルギー技術シンポジウム2023	ポスター
24	日表層型メタンハイドレートに関する研究開発および機能活用技術開発	水・蒸気性質シンポジウム2023	ポスター
25	Visualization of interaction between methane bubbles with hydrate film formed and membrane materials.	AGU Fall Meeting 2023	口頭／ポスター
26	An Image Analysis for Understanding the Ascending Behavior of Methane Bubbles in the Ocean.	AGU Fall Meeting 2023	口頭／ポスター
27	Fluidity of air bubbles to membrane surface in water - Comparison with methane hydrate particles in marine experiments -	AGU Fall Meeting 2023	口頭
28	Drag coefficient according to the shape of the membrane structure in water	AGU Fall Meeting 2023	口頭／ポスター
29	表層型MH流動障害対策技術の研究開発およびセミクラスレートハイドレートの物性研究	日本水・蒸気性質協会全体会議	口頭
30	日本海の水産有用甲殻類の遺伝的連結性	令和6年度日本水産学会春季大会	ポスター
31	海底資源開発への衛星海色データの活用	海洋・湖沼リモートセンシング研究会	口頭