

国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業
(フェーズ3終了時)
技術評価報告書(中間評価)
(案)

平成31年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・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「経済産業省技術評価指針」（平成29年5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「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業」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平成13年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者からなる国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 中間評価検討会（座長：在原 典男 早稲田大学名誉教授）における検討の結果とりまとめられた、「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（フェーズ3終了時）技術評価報告書（中間評価）」の原案について、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：森 俊介 東京理科大学 理工学部経営工学科 教授）において、審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成31年3月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

委員名簿

座長	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所研究理事
	斉藤 栄子	VALUENEX 株式会社ソリューション事業推進本部本部長代理
	鈴木 潤	政策研究大学院大学教授
	高橋 真木子	金沢工業大学大学院イノベーションマネジメント 研究科教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所上席主任研究員
	浜田 恵美子	日本ガイシ株式会社取締役

(敬称略、座長除き五十音順)

国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業

中間評価検討会

委員名簿

座長	在原 典男	早稲田大学名誉教授
	多田 進一	一般社団法人日本ガス協会 常務理事
	松岡 俊文	京都大学名誉教授 公益財団法人深田地質研究所 理事長
	真殿 達	麗澤大学名誉教授 株式会社アイジック 代表取締役
	宮下 永	公益財団法人未来工学研究所 研究参与

(敬称略、五十音順)

国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 技術評価に係る省内関係者

【中間評価】

（フェーズ１中間／平成１７年度）

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課長 片瀬 裕文（事業担当課長）

産業技術環境局 技術評価調査課長 陣山 繁紀

（フェーズ１終了／平成２０年度）

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課長 保坂 伸（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 長濱 裕二

（フェーズ２中間／平成２３年度）

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課長 平井 裕秀（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

（フェーズ２終了／平成２７年度）

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課長 定光 裕樹（事業担当課長）

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岩松 潤

（フェーズ３終了／平成３０年度）

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課長 佐々木 雅人（事業担当課長）

産業技術環境局 研究開発課 技術評価室長 大本 治康

国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業

中間評価の審議経過

(フェーズ 1 中間)

◆「メタンハイドレート開発促進事業」評価検討会

第 1 回評価検討会 (平成 17 年 4 月 25 日)

- ・ 事業の概要について
- ・ 評価の進め方について

第 2 回評価検討会 (平成 17 年 5 月 27 日)

- ・ 中間評価報告書案について

第 3 回評価検討会 (平成 18 年 7 月 7 日)

- ・ 中間評価のフォローアップについて

◆産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

第 15 回評価小委員会 (平成 17 年 7 月 25 日)

- ・ 中間評価について

第 18 回評価小委員会 (平成 18 年 7 月 11 日)

- ・ 総合科学技術会議による評価指定に関する検討経緯について
- ・ 中間評価指摘事項への対応について

◆総合科学技術会議評価専門調査会

第 51 回評価専門調査会 (平成 18 年 1 月 26 日)

- ・ 総合科学学術会議による評価指定についての検討

第 52 回評価専門調査会 (平成 18 年 2 月 24 日)

- ・ 総合科学学術会議による評価指定についての検討

第 53 回評価専門調査会 (平成 18 年 3 月 23 日)

- ・ 総合科学学術会議による評価指定に関する調査・検討の結論

(フェーズ 1 終了)

◆「メタンハイドレート開発促進事業」評価検討会

第 1 回評価検討会 (平成 20 年 9 月 26 日)

- ・ 事業の概要について
- ・ 評価の進め方について

第 2 回評価検討会 (平成 20 年 11 月 7 日)

- ・ 中間評価報告書案について

◆産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

第 25 回評価小委員会 (平成 21 年 1 月 28 日)

- ・ 中間評価について

◆総合科学技術会議評価専門調査会

第 79 回評価専門調査会 (平成 21 年 3 月 26 日)

- ・総合科学学術会議による評価指定についての検討

(フェーズ2 中間)

◆「メタンハイドレート開発促進事業」評価検討会

第1回評価検討会（平成24年1月31日）

- ・事業の概要について
- ・評価の進め方について

第2回評価検討会（平成24年2月24日）

- ・中間評価報告書案について

◆産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

第44回評価小委員会（平成24年3月13日）

- ・中間評価について

(フェーズ2 終了)

◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

第28回評価ワーキンググループ（平成28年2月19日）

- ・技術評価書（中間評価）について

◆「メタンハイドレート開発促進事業」評価検討会

第1回評価検討会（平成27年12月4日）

- ・事業の概要について
- ・評価の進め方について

第2回評価検討会（平成28年1月29日）※書面開催

- ・技術評価書（中間評価）について

(フェーズ3 終了)

◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

第48回評価ワーキンググループ（平成31年3月13日）

- ・技術評価報告書（案）について

◆国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 中間評価検討会

第1回検討会（平成30年11月21日）

- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

第2回検討会（平成31年3月1日）※書面開催

- ・技術評価報告書（案）について

目次

はじめに.....	1
I. 事業概要.....	9
1. メタンハイドレートの研究開発について.....	9
2. 事業アウトカム.....	11
3. 研究開発内容及び事業アウトプット.....	12
4. 当省(国)が実施することの必要性.....	42
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ.....	43
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等.....	43
7. 費用対効果.....	45
II. 外部有識者（評価検討会等）の評価.....	46
1. 事業アウトカムの妥当性.....	46
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性.....	48
3. 当省(国)が実施することの必要性.....	51
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性.....	53
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性.....	55
6. 費用対効果の妥当性.....	57
7. 総合評価.....	58
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言.....	60
III. 評点法による評価結果.....	63
IV. 評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等.....	64

**国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業
フェーズ３終了時 技術評価報告書（中間評価）**

プロジェクト名	国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業			
行政事業レビューとの関係	平成３０年度行政事業レビューシート ０２０８			
上位施策名	主要政策・施策：海洋政策、科学技術・イノベーション、国土強靱化施策 主要経費：エネルギー対策 関係する計画、通知等： ○エネルギー基本計画（平成３０年７月３日 閣議決定） ○海洋基本計画（平成３０年５月１５日 閣議決定） ○経済財政運営と改革の基本方針２０１８（平成３０年６月１５日 閣議決定） ○未来投資戦略２０１８（平成３０年６月１５日 閣議決定） ○科学技術イノベーション総合戦略２０１７（平成２９年６月２日 閣議決定） ○国土強靱化基本計画（平成３０年１２月１４日 閣議決定） ○海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（平成３１年２月１５日 経済産業省）			
担当課室	石油・天然ガス課			
プロジェクトの目的・概要 日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレートについて、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、将来の商業生産を可能とするために必要な技術開発を行う。				
予算額等（委託）			（単位：億円）	
開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
平成１３年度	終了予定なし	平成１７年度 平成２０年度 平成２３年度 平成２７年度 平成３０年度	未定	○独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 ○国立研究開発法人産業技術総合研究所
H27FY 執行額	H28FY 執行額	H29FY 執行額	総執行額 (H28～29FY)	総予算額 (H13～30FY)
135 億円	87 億円	140 億円	362 億円	1,235 億円
※ 予算額及び執行額は、メタンハイドレートの研究開発に係る額を記載している。また、技術評価の対象外である表層型メタンハイドレートの調査に係る額を含んでいる。 ※ 事業遂行の都合上、一部予算を翌年度へ繰越していることがある。				

I. 事業概要

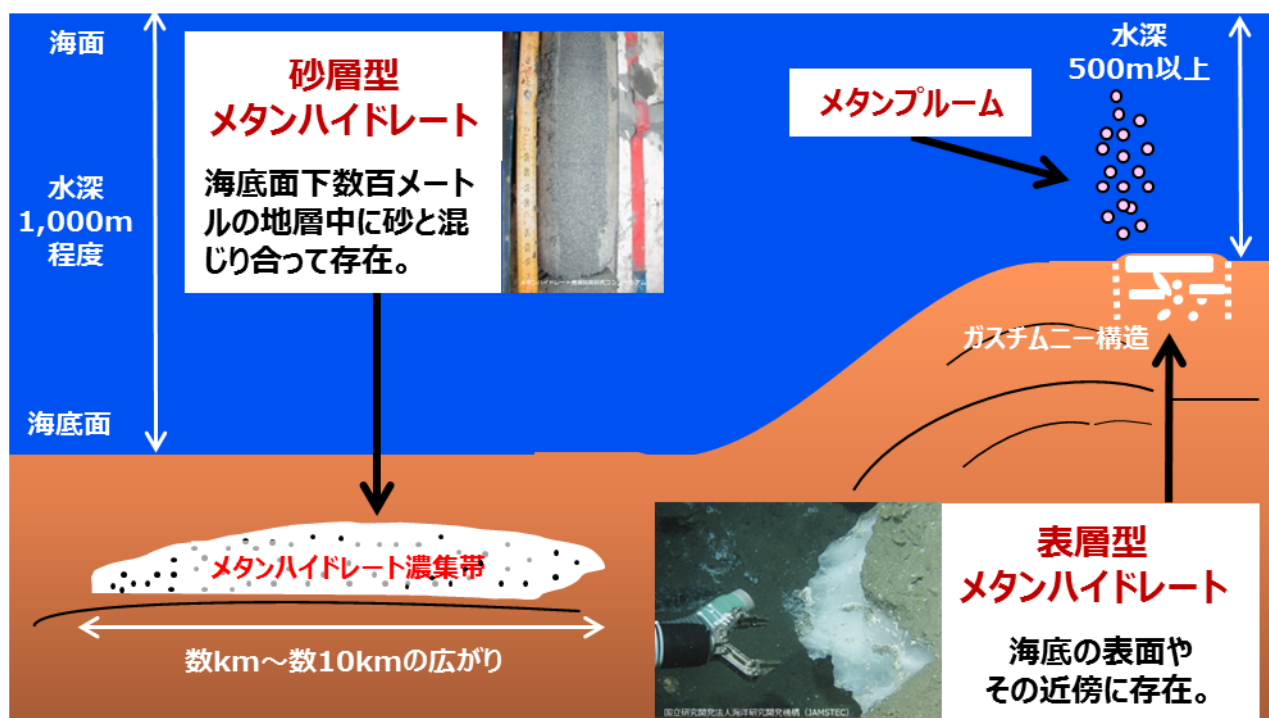
1. メタンハイドレートの研究開発について

メタンハイドレートとは、低温高圧の条件下で、水分子にメタン分子（天然ガス）が取り込まれ、氷状になっている物質である。メタンハイドレートは、よく「燃える氷」と称されているが、温度を上げる、ないしは圧力を下げるなどの変化を与えると、水分子と気体のメタン分子に分離する。分離されたメタン分子は天然ガスの主成分と同じものであり、メタンハイドレートは、近年北米で生産が拡大しているシェールガスと同様に非在来型資源として位置付けられる。

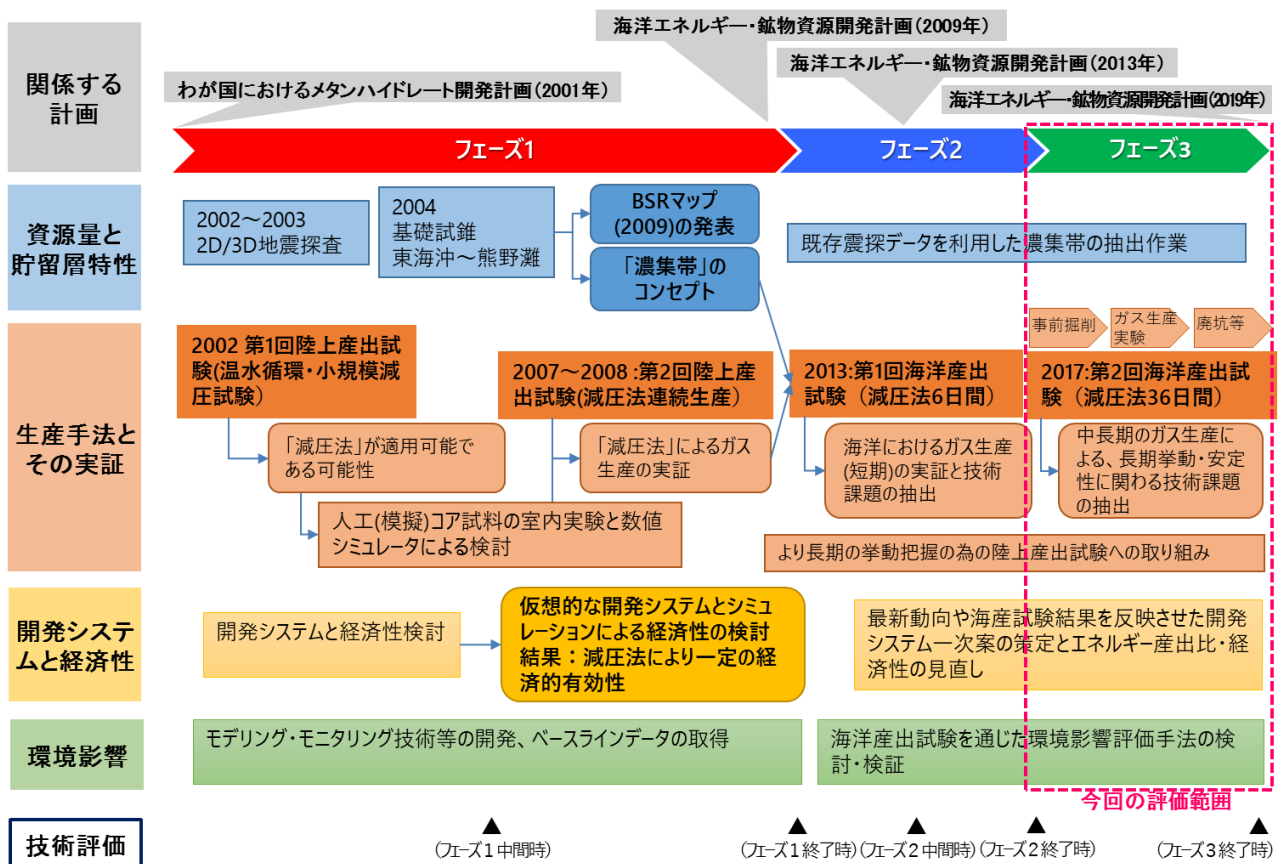
また、メタンハイドレートは、世界でも、水深の深い海底面下や極地の凍土地帯の地層に広く分布している。

我が国周辺海域に賦存するメタンハイドレートは、主に2つの賦存形態が確認されている。砂層型メタンハイドレートは、水深500m以深の海底面下数百mの砂質層内に砂と混じり合った状態で存在し、主に東部南海トラフ海域を中心に賦存が確認されている。表層型メタンハイドレートは、水深500m以深の海底面及び比較的浅い深度の泥層内に塊状で存在し、主に日本海側を中心に賦存が確認されている。

なお、国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業における今回の中間評価の対象については、表層型メタンハイドレートは調査研究段階であるため、砂層型メタンハイドレートのみを対象としている。



メタンハイドレートの賦存形態



砂層型メタンハイドレートの研究開発に係る事業の変遷

2. 事業アウトカム

砂層型メタンハイドレートの研究開発は、平成28年度から30年度をフェーズ3と位置付けている。

フェーズ3の成果として求められるのは、商業化の実現に向けた更なる展開が妥当か否かを適正に評価でき、かつ、将来的に必要な知見が継承されるような技術の基盤を整備することである。

そこで、現状の技術レベルに鑑み、フェーズ3の達成目標を以下のとおり設定し、必要な取組を強化することとした。

事業アウトカム指標		
【指標】 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 【設定根拠】 ○ 海洋基本計画（平成25年4月 閣議決定、平成30年5月 閣議決定） ○ エネルギー基本計画（平成26年4月 閣議決定、平成30年7月 閣議決定）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： I. 一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること。	実績： ○ 第2回海洋産出試験を実施し、減圧法により合計36日間のフローを実現した。 ○ 第1回海洋産出試験で生じた技術課題を克服して、対策技術の有効性を確認するとともに、減圧法による長期生産を実現するための知見を蓄積した。一方で、生産レート向上の必要性など、新たな課題が生じた。
	目標： II. 一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していると判断できること。	実績： ○ 長期の生産挙動予測につながるデータが取得できた。生産挙動は、事前予測と実際の結果には差が見られた一方で、多くの貯留層データ・モニタリングデータを取得することができた。
	目標： III. 技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討ベースとなる環境影響手法等が提示されていること。	実績： ○ 生産挙動予測結果を前提とした開発システム基本案を提示したが、まだ不確実性が高い。また、海洋産出試験の環境モニタリング等を通じて、環境影響評価手法の妥当性を確認し、経済性に関する検討も進めた。 ○ 日本周辺海域の賦存量評価に関する多くの知見を得ることができた。
終了時評価時 (終了予定なし)	目標： －	実績： －

目標最終年度 (未定)	目標：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
----------------	------------------------------

3. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) フェーズ3における主たる研究開発内容

イ. 第2回海洋産出試験の実施

平成25年（フェーズ2）に実施した第1回海洋産出試験において、海洋坑井（水深1,000m、海底面下300m）において減圧法の適用が実現可能であり、ハイドレートを分解させてガスが生産できることが証明できた。

しかしながら、出砂により作業が6日間で終了させざるを得なかったため、安定的なガス生産が可能であることは証明できず、また経済性の評価において最も重要である長期的なガス生産挙動に関する情報を十分に得ることができなかった。

そのため、平成27年度までを技術課題に対する集中的対応期間として、出砂対策技術の改善や緊急離脱の可能性を下げるとともに再接続を容易にするための海底設備の改善、坑内機器の改善によるガス水分離効率の改善、取得データの質と量の改善のためのモニタリング装置の改良などの検討の研究開発を実施した。

フェーズ3においては、技術課題への対応策を検証し、長期的な生産挙動の予測のためのデータを取得するため、第2回海洋産出試験を実施することとした。

第2回海洋産出試験は、

- 出砂対策装置・生産用機器の機能の改良などによって、安定的な減圧を実現すること（海底での生産を実現するための技術的な課題の克服）
- それによって、ハイドレート分解挙動に関する中長期的な情報を得ること
（貯留層の条件・応答の知識を得て、経済性の評価・今後の研究開発目標の検討などに資すること）

の2つを主目的として、2坑の坑井で合計1か月程度 of ガス生産実験を行うこととした。

また、第2回海洋産出試験は、第1回海洋産出試験との比較ができるようにするため、引き続き、第1回海洋産出試験の実施場所である第二渥美海丘（渥美半島～志摩半島沖合）で実施した。

なお、本試験は、可燃性天然ガスの試掘作業として、鉋業法や鉋山保安法を遵守して実施した。

第2回海洋産出試験の概要

平成28年5～6月：事前掘削

- 調査井・モニタリング用坑井の掘削と物理検層データの取得（地層の状況の把握）
- 温度・圧力モニタリング装置の設置（×2坑井）
- 生産井の浅い部分（ハイドレート濃集帯より上部）の掘削（×2坑井）

平成29年4～7月：ガス生産実験

- 生産井ハイドレート濃集区間掘削（×2坑井）
- 出砂対策装置・坑内機器設置（×2坑井）
- ガス生産実験（×2坑井）

平成30年4～6月：追加データ取得と廃坑作業

- 出砂などのトラブル原因の追究や貯留層の特性をよりよく知るための追加データ取得（2坑井で圧力コア取得及び検層作業実施）
- 各坑井よりモニタリング装置を回収（長期計測データ取得）
- 廃坑作業と原状復帰

第2回海洋産出試験の実施にあたっては、フェーズ2（平成21年度から平成27年度）の研究成果を引き継ぎ、

- 出砂対策手法として、グラベルの欠点（グラベルが流出・移動する可能性）を克服し力学的にも安定な形状記憶ポリマーを使った出砂対策装置 GeoFORMTM（Baker Hughes Inc.）に、金属ビーズインサートを追加した装置を開発し、検証の上で使用（坑底で膨張させるタイプと、あらかじめ膨張させたものを設置するタイプの2タイプを使用）
- 第1回海洋産出試験で使用した掘削船の掘削用ライザーは設置・回収に時間がかかり、気象・海洋の影響も受けやすいため、改修作業用のワークオーバーライザーを使用して、作業時間の短縮、緊急離脱の可能性の低減、坑井の切り替えと離脱時の再接続を容易化
- 坑内機器の配置を改良し、坑内ガス水分離効率を改善などの技術課題への対応策を適用した。

第2回海洋産出試験は、2坑の生産井を掘削し、2タイプの出砂対策装置の比較のためにそれぞれ異なる出砂対策装置を設置し、試験中に坑井の切り替えを実施することとした。

また、メタンハイドレートの分解をモニタリングするために、2坑のモニタリング井を設置して、温度・圧力計測を実施することとした。

第2回海洋産出試験の結果については、1坑目では出砂トラブルにより作業を12日間で打ち切ったものの、一定圧力で継続的なデータを取得できた。また、追加の出砂対策を講じた2坑目では、天候悪化による計画離脱を行ったものの、24日間のフローを実現できた。

この試験を通じて、生産井、モニタリング井において多くのデータ（ガス・水生産レート、温度、圧力、ガス・水・砂サンプルなど）を取得し、長期的な挙動を予測するための重要な情報を得るこ

とができた。

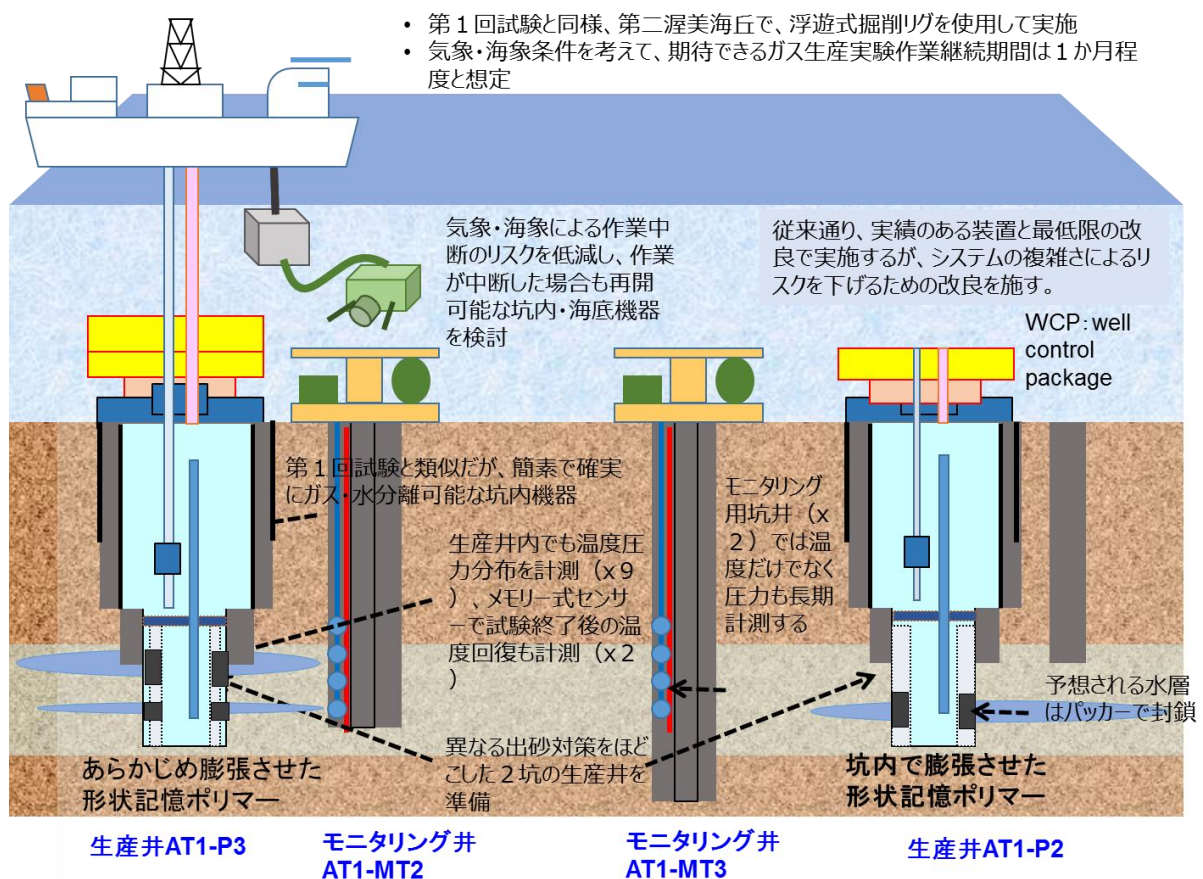
一方、砂層型メタンハイドレートからのガスの生産挙動は事前の予測とは異なっていたことから、

- 取得したデータを利用して地下で起きた現象を理解した上で、予測精度を上げること
- 生産の安定性と生産レートの向上

が課題として残された。

現在、フィールド開発技術グループ、生産手法開発グループ、資源量評価グループ、環境チームが一体となって、これらの課題に取り組んでいる。

平成30年度は、実施した追加データ取得（2坑の坑井を新たに掘削しての物理検層及び圧力コア取得）や4成分地震探査、環境モニタリングなどを実施し、ハイドレート分解範囲の広がりや物性変化、環境影響などに関するデータを収集した。



第2回海洋産出試験の概念図

	AT1-P3	AT1-P2
試験期間*	2017年5月2日16:00～ 2017年5月15日11:00 #1 flow 5/2 16:00-5/3 7:30 (0d15h30m) (ESD誤作動による休止) #2 flow 5/3 21:10-5/15 11:00 (11d13h50m) 合計フロー期間: 12d5h20m	2017年5月31日20:30～ 2017年6月28日18:50 #1 flow 5/31 20:30-6/20 23:00 (20d2h30m) (荒天による計画切り離し) #2 flow 6/22 20:30-6/24 8:10 (1d11h40m) (管内ハイドレート除去作業) #3 flow 6/25 14:25-6/25 15:20 (0d0h55m) (管内ハイドレート除去作業) #4 flow 6/26 4:50-6/28 18:50 (2d14h0m) 合計フロー期間: 24d4h5m
最大減圧度	7.85MPa (13.0MPa – 5.15MPa)	瞬時値6.73MPa (13.0MPa – 6.27MPa) 安定期間 約5MPa (13.0MPa – 8MPa)
累積生産量	ガス: 40,849.9Sm ³ 水: 922.5m ³	ガス: 222,587.1 Sm ³ 水: 8246.9m ³
主要イベント	出砂検出期間 #1 5/4 4:30～5/6 6:00 #2 5/11 5:00～5/15 5:00	出砂なし 計画切り離し 6/21 6:15-6/22 11:30

第2回海洋産出試験の結果概要

ロ. 陸上産出試験

より長期（1年程度）の生産挙動を知るための長期産出試験を比較的低コストで、かつ柔軟性を持って実施すべく、平成26年11月独立行政法人石油ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）と米国エネルギー省（DOE）傘下の米国国立エネルギー技術研究所（NETL）との間で署名されたメタンハイドレートの日米共同研究に関する覚書に基づき、日米両国は、アラスカ州におけるメタンハイドレートからのガス生産実験の実施に向け、日米双方で協力して試験適地の検討を進めてきた。ハイドレート賦存層が存在する可能性が高く、かつ通年での作業が可能であるという観点から、プルドーベイ油田において抽出された試験候補地点において平成30年12月に試掘調査を実施し、メタンハイドレートの賦存する2層の地層を確認するとともに、コアサンプルの取得、温度及び音響モニタリング装置の設置を行うなど、長期産出試験の実現に向けた国際共同研究を進めている。

なお、この試験に向けて開発すべき出砂対策装置や坑内機器、モニタリング装置などについては、日本のこれまでの知見を活かせることや陸上での知見を海洋にフィードバックできることなどから、日本側が主導で研究開発を進めており、坑井（生産井・モニタリング井）の基本案を策定する等の成果を挙げている。

(2) 事業アウトプット

事業アウトカムを達成するため、13項目の分野別課題を設定し、それぞれ目標を設定している。

フェーズ3の目標 (事業アウトカム)		フェーズ3の分野別課題 (事業アウトプット)	研究分野
I	一定期間の生産実験を通じて、 将来的に長期のガス生産が可能 な技術基盤が構築しうると判断で きる知見・データが蓄積されてい ること。	①海洋産出試験の実施	フィールド開発技術
II	一定期間の生産実験を通じて、 ガスの生産挙動が把握されており、 更に長期のガス生産挙動に ついて一定の精度で予測可能 な技術レベルに達していると判断 できること。	②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価	フィールド開発技術
		③長期陸上産出試験に係る作業の実施	フィールド開発技術
		④生産性増進化技術の開発	生産手法開発
		⑤生産性・生産挙動評価技術の高度化	生産手法開発
		⑥地層特性評価技術の高度化	生産手法開発
III	技術検討等を通じて、実現可能 性の高い開発システムの基本案 が提示され、かつ、将来の商業 化が可能と示唆されるような経済 性の評価や、商業化段階での環 境面の検討ベースとなる環境影 響手法等が提示されていること。	⑦海洋開発システムの検討	フィールド開発技術
		⑧環境リスクの分析と対策の検討	環境
		⑨環境モニタリング技術の開発	環境
		⑩海洋産出試験における環境影響評価	環境
		⑪経済性の評価及びその他の取組	経済性評価・その他 (フィールド開発技術)
I～III以外の課題		⑫日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価	資源量評価
		⑬メタンハイドレートシステムの検討	資源量評価

事業アウトカム達成のための分野別課題（事業アウトプット）

事業アウトプット指標		
①海洋産出試験の実施（研究分野：フィールド開発技術）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 1ヶ月程度の安定した減圧が実現 されること。	実績： 2坑で生産を実施し、数週間程度の減圧状態の 維持を実現。ただし、試験期間の都合上、目標で ある「1ヶ月程度の安定した減圧」までは検証で きず。（一部達成）
	目標： b. 緊急離脱や計画切り離しが生じな いか、生じても早期に復帰できるこ と。	実績： 生産試験中に悪天候による計画切り離しを実 施したが、早期の復帰を実現。（ほぼ達成）
	目標： c. 安定したガス生産が実現されるこ と。	実績： P2井及びP3井において、多量の水生産、出 砂等により生産停止を余儀なくされたが、一定期 間フローをコントロールしながらの安定生産は

		達成。(一部達成)
	目標： d. 上記 a. ～c. について問題が生じた場合、その原因が究明され、対策が立案されること。	実績： P 3 井にて出砂が発生したが、各種データからその原因はほぼ特定され、出砂対策について一定の見通しを得た。 ガス・水分離については、P 3 井においては機能したが、水生産量の多かった P 2 井では十分に機能せず、その対策に関して新たな検討が必要。(ほぼ達成)
	目標： e. ガス・水レートの計測、生産井・モニタリング井における圧力・温度計測などのデータ取得により、貯留層特性評価と貯留層応答に関するデータが取得され、課題②の特性評価、更には開発システム検討に利用できるようになること。	実績： ガス・水レートの計測、生産井・モニタリング井における圧力・温度などのデータ、圧力コアサンプルが取得され、課題②の特性評価、更には開発システム検討に資する多くの貯留層特性評価と貯留層応答に関するデータを取得。(達成)

【目的と達成目標】

第 2 回海洋産出試験の目的は、第 1 回海洋産出試験で明らかになった海洋坑井に減圧法を適用する上での技術課題（出砂、坑内ガス・水分離、長期安定操業など）の解決策を検証すること、また、技術課題を克服した上で 1 ヶ月程度の期間の貯留層応答のデータを取得し、安定的な減圧の維持とガス生産が実現可能であることを示すことが目的である。

そのため、

- 1 ヶ月程度の安定した減圧が実現されること
- 緊急離脱や計画切り離しが生じないか、生じても早期に復帰できること
- 安定したガス生産が実現されること
- これらについて、問題が生じた場合はその原因が究明され、対策が立案されること
- ガス・水レートの計測、生産井・モニタリング井における圧力・温度計測などのデータ取得により、貯留層特性評価と貯留層応答に関するデータが取得され、②の特性評価、更には開発システム検討に利用できるようになること

を目標とした。

【研究開発の実施内容】

平成 27 年度（フェーズ 2）に実施された事前掘削に引き続き、平成 28 年度はガス生産実験を実施して、データを取得する。

平成 28 年度は、作業計画の立案・体制構築などとともに、技術課題への対応策である坑内機器、出砂対策装置などの設計・製造・試験を進め、ガス生産実験への準備を整える。

平成２９年度は、取得データの評価・解析を進めて、技術課題の克服がなされたか評価する。新たな課題が明らかになった場合は、問題点の解明と、その課題への対策の検討を行い、陸上産出試験での対策技術の評価や、研究開発計画を策定する。

平成３０年度は、より詳細な解析を継続して実施する。

【成果・達成状況】

平成２９年度に第２回海洋産出試験を実施し、減圧法により２本の生産井（Ｐ２及びＰ３）において合計約３６日間の生産を達成、ガス・水レート、坑内の圧力・温度データ、圧力コアサンプル等、貯留層特性、貯留層応答に関わる多くのデータを取得した。

２坑井で生産を実施したところ、出砂、出水、再ハイドレート化などの要因により目標とした減圧度にはまでは達しなかったが、減圧を維持することはでき、一定期間フローをコントロールしながらの安定生産は達成できた。しかしながら、目標にある「１ヶ月程度の安定した減圧」が実現できたとは言えない。

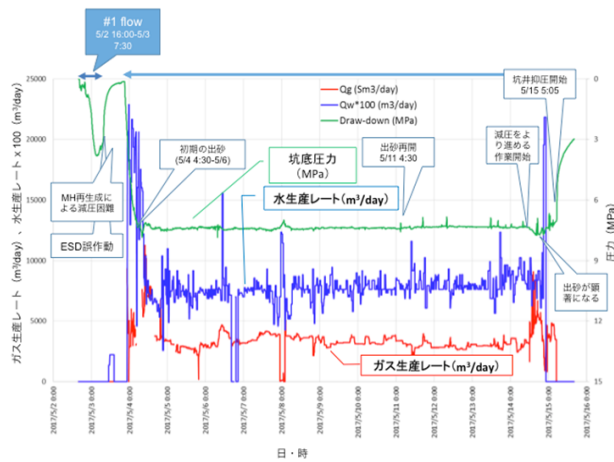
第１回試験で明らかになった技術課題の一つである「出砂」については、出砂対策装置そのものの見直しを実施し、２本の生産井に異なる手法で設置し試験を行った。Ｐ３井では、出砂が生じ試験を約１２日間で終了したものの、事後の検討から、出砂は対策装置そのものではなく、坑井最下部に設置された逆止弁が原因である可能性が高いと判断している。また、Ｐ２井生産時には約２４日間出砂は確認されなかったことから、出砂対策に関して一定の見通しは得られたと考えている。

「ガス・水分離」についても第１回試験の結果を踏まえて坑内機器の設計を見直し、Ｐ３井生産時には改良した機器は十分に機能し坑内でのガス・水分離をほぼ達成できた。一方、生産水の量が想定以上に多かったＰ２井では、坑内分離が適切に機能せず７割以上のガスが水ラインから生産され、分離効率が水生産量に依存することが分かった。

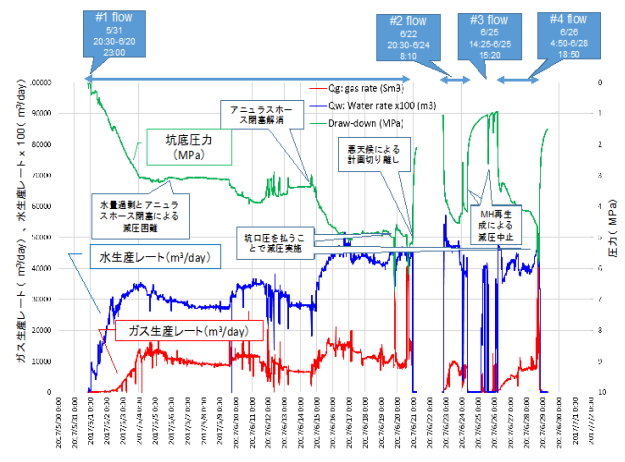
長期生産時には重要となる荒天待機等に対する対応については、Ｐ２井試験中に悪天候により海底坑口装置の計画切り離しを実施したが、早期に復帰させることができ、長期の操業にも対応可能である事が示せた。

上記から、出砂対策や長期安定操業時の技術課題については、一定程度見通しが得られたと考えているが、ガス・水分離などの課題については、新たな検討が必要である。

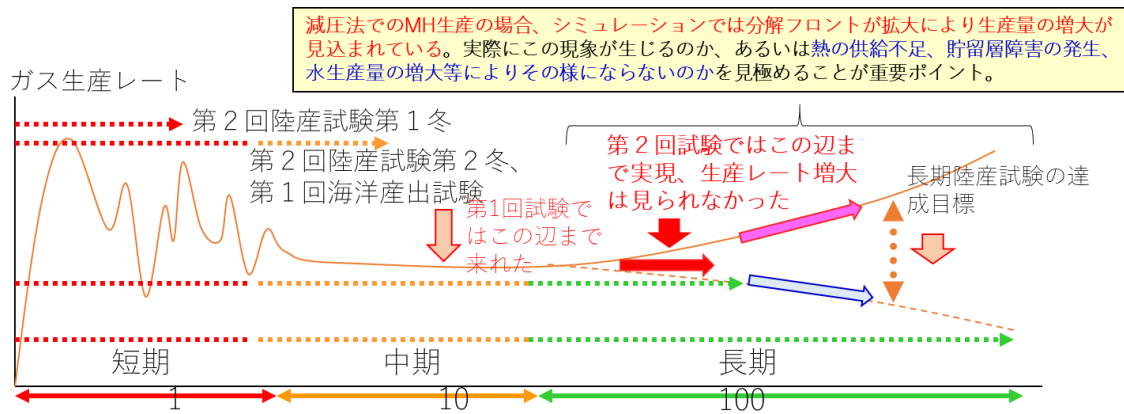
P3井フローの概要 (2017年5/2-15)



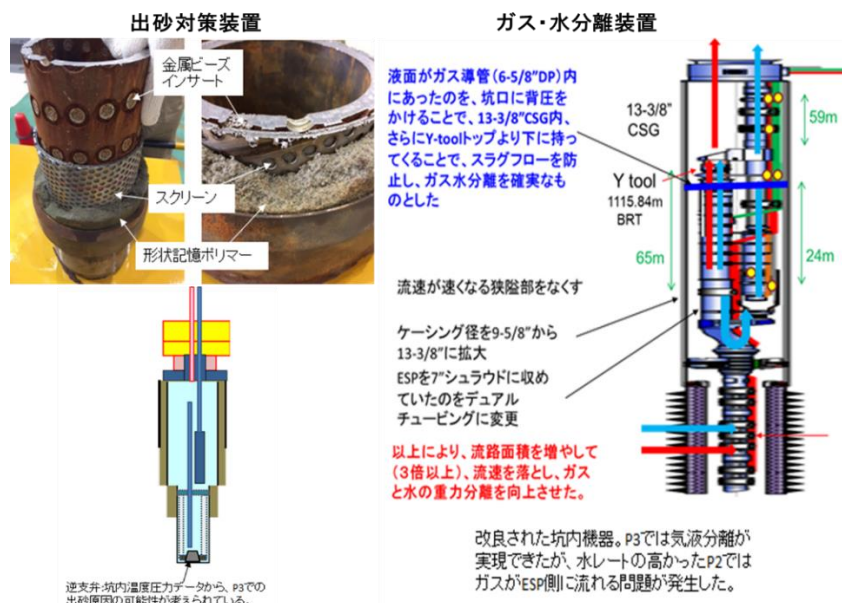
P2井フローの概要 (2017年5/31-6/28)



第2回海洋産出試験の結果 (ガス・水レート、圧力等の推移)



第2回海洋産出試験の結果 (イメージ)



出砂対策装置及びガス・水分離装置

事業アウトプット指標		
②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価（研究分野：フィールド開発技術）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 海洋・陸上それぞれについて検層・コア・試験結果等のデータを総合化して貯留層モデルを構築して、長期挙動の予測を行う。	実績： 第2回海洋産出試験で得られた生産データは、シミュレーションによる事前予測とは異なる傾向を示したため、同試験で得られた検層・コア・試験結果等のデータを踏まえて貯留層モデル(及び物理モデル)の見直しを検討中。 また、陸上の暫定的な貯留層モデルによって、事前予測(生産レートの規模感の把握)を実施。(暫定的な貯留層モデルは試掘で取得予定のデータを用いて見直す必要あり。)(ほぼ達成)
	b. 信頼性のあるデータを海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡す。	実績： 信頼性のあるデータ(長期生産挙動予測)を海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡すことは、事前予測と実際の生産挙動に乖離がある現段階では困難と言わざるを得ない。(未達成)

【目的と達成目標】

海洋及び陸上のそれぞれについて、資源量評価グループ及び生産手法開発グループと共同で、長期の生産挙動予測や経済性評価が実現できることが目的である。

そのため、海洋・陸上それぞれについて検層・コア・試験結果等のデータを総合化して貯留層モデルを構築して、長期挙動の予測を行い、信頼性のあるデータを海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡すことが目標である。

【研究開発の実施内容】

平成28年度は事前掘削で取得されたデータの解析などから、第2回海洋産出試験実施地点の貯留層評価の高精度化を進めて、仕上げ区間の決定、作業上の地質リスク(出砂・出水等)の検討、試験計画の策定などを行う。

また、長期陸上産出試験に関して試験候補地点の貯留層評価、試掘におけるデータ取得計画の策定、取得データの分析などを進める。

平成29年度から30年度は、第2回海洋産出試験で取得されたデータを用いて、貯留層モデルの検証と評価を進めて、信頼性のある長期挙動の予測が実現できるように情報を整理して、資源量評価グループ・生産手法開発グループと共同で長期挙動の予測を行い、海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に結びつける。

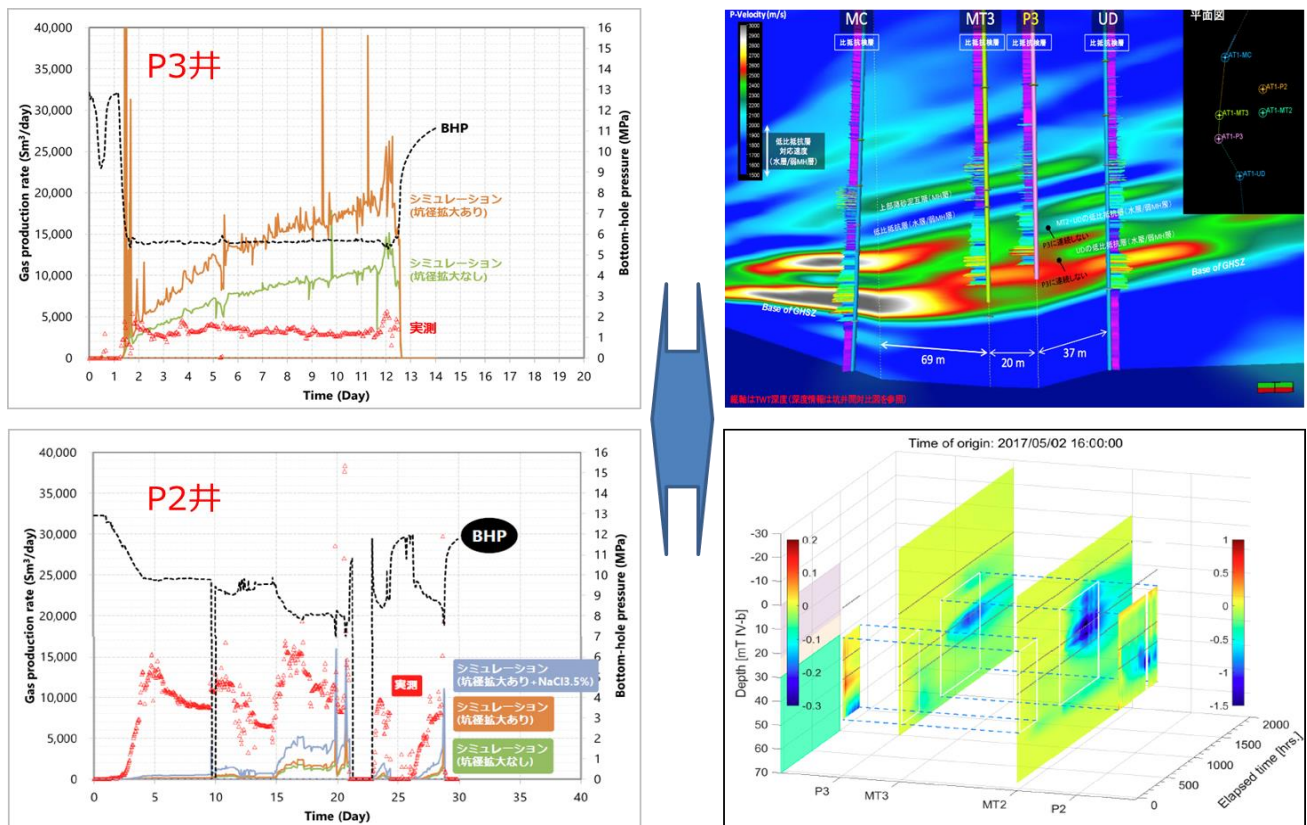
【成果・達成状況】

第2回海洋産出試験で得られたデータの解析を進めるとともに、試験後にもコアの取得や検層による追加データの取得を実施した。コアや検層については、現在も分析、解釈を進めている段階である。また、陸上試験候補地周辺の既存データに基づき、暫定的な貯留層モデルを構築した。

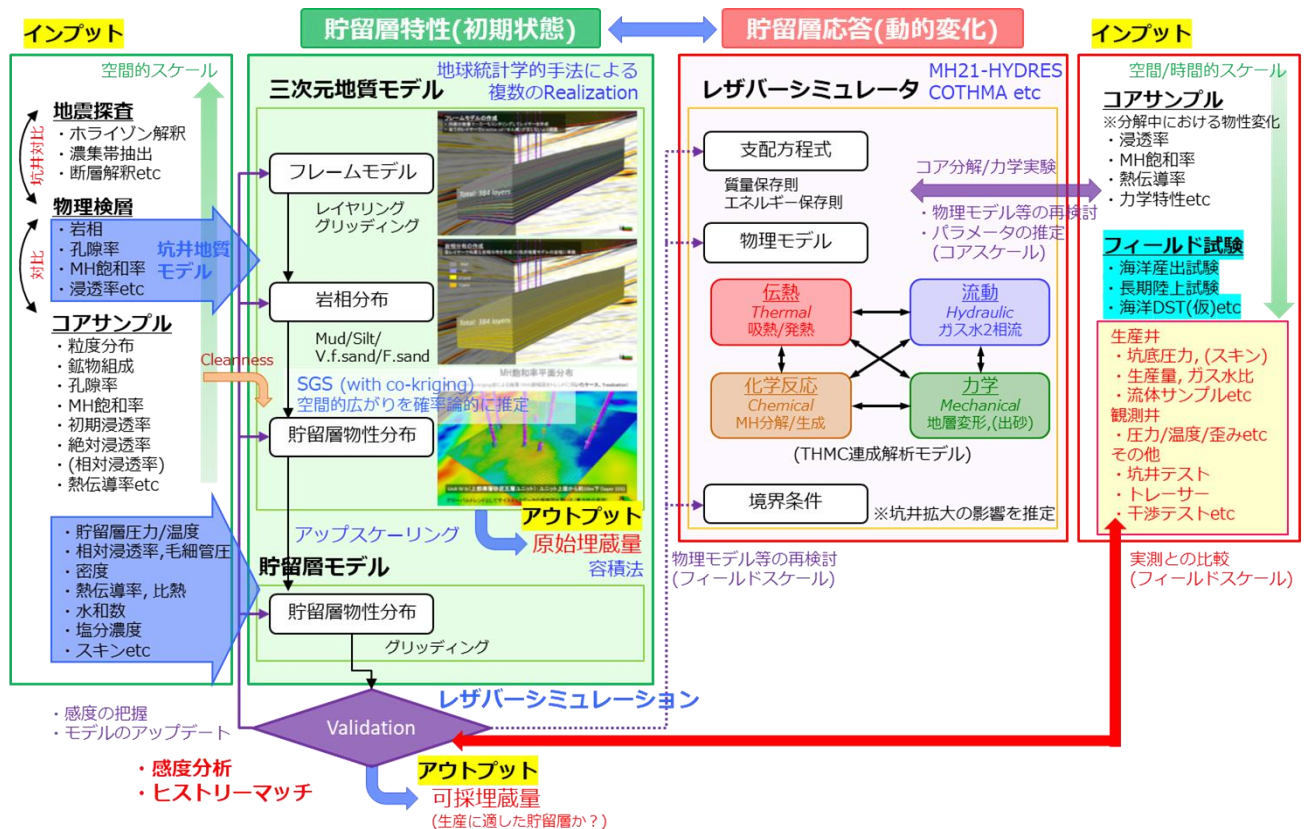
第2回海洋産出試験で得られた生産データは、シミュレーションによる事前予測とは異なる傾向を示した。

これらの結果をもとに、シミュレーションによる予測と実際の生産挙動の乖離の原因について検討しており、貯留層モデルの見直しに加え、物理モデル（シミュレータに組み込まれた物理変化を表現する数式）の見直しも検討しているところである。

前述の通り、現段階では信頼性の高い長期生産挙動予測が達成できているとは言えないため、「信頼性のあるデータ」を海洋開発システムの検討や経済性・エネルギー収支評価に引き渡すことは現時点で困難と言わざるを得ないが、より信頼性のあるデータを得るための検討を継続している。



シミュレーションによる生産予測と実績、地震探査・検層データとの比較



シミュレーションによる生産挙動・技術的可採量の推定の概念

事業アウトプット指標		
③長期陸上産出試験に係る作業の実施（研究分野：フィールド開発技術）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： 適切な試験計画を立案し、実施体制を確立する。	実績： 陸上産出試験の試験計画を米国側と協議し策定中であり、試験の実施計画、実施体制についてはほぼ確立された。(ほぼ達成)
	目標： 1年程度のガス生産実験を実現して、ガス生産量の増大傾向が見られるか確認し、必要なデータの取得を行うこと。	実績： 1年程度のガス生産実験については、米国側との調整により、遅延中。(評価せず)
	目標： 海産試験で明らかになった課題や、生産挙動がおもわしくない場合の対応策の検証や、生産量の増進策の適用・検証。	実績： 海産試験で明らかになった課題や、生産挙動がおもわしくない場合の対応策の検証、生産量の増進策の適用・検証については、可能な限り生産試験のプログラムに盛り込むべく検討中。(一部達成)

【目的と達成目標】

商業化の可否の検討に必要な年単位の生産が実現できて、生産挙動が予測できるようになることが目的である。

そのために、適切な試験計画を立案し、実施体制を確立して、1年程度のカス生産実験を実現して、カス生産量の増大傾向が見られるか確認し、必要なデータの取得を行うことが目標である。また、海産試験で明らかになった課題や、生産挙動がおもわしくない場合の対応策の検証や、生産量の増進策の適用・検証も目標の一部である。

【研究開発の実施内容】

平成28年度は試験を実施する候補地点を確定させて、オペレータの選定など日米共同の実施体制を確立し、また、技術課題の検討と技術開発、データ取得計画の立案、機器の設計等を進めて、更に試験を行って試験実施の可否を判断する。

実施が可能と判断された場合はただちに敷地造成・機器製造などの作業インフラ構築に着手して、平成29年度から30年度にカス生産実験を実現して、長期挙動に関わるデータを取得する。

また、これらの作業を通じて、「長期安定的な生産や生産量の増大」を妨げる要因（海洋産出試験で明らかになった課題を含む）を検討し、対策を講じるための試験の仕様を立案して、可能なものは適用して評価する。

【成果・達成状況】

長期陸上産出試験については、NETLと継続して協議を実施してきた。試験の候補地選定、試験計画策定にあたっては、NETLや、米国地質調査所（USGS）、鉱区権者等の多岐にわたるステークホルダーと種々の協議が必要であったため、当初想定より時間を要したものの、試験井（Stratigraphic Test Well）の掘削実施計画を策定し、平成30年12月に試験調査を実施した。

この試験作業の結果、メタンハイドレート賦存層を2層確認し、コアサンプルの取得に成功した。また、温度及び音響モニタリングのための光ファイバーケーブルの設置を行った。これらについては、年度末まで引き続き分析及びデータ取得作業を継続している。

現在、試験井掘削後の分析・評価と併せて、試験井掘削後の生産試験に向けたプログラムの検討作業を継続しているところであり、この検討では海洋産出試験で明らかになった課題の検証や生産挙動が思わしくない場合の対応策、生産量の増進策等を当該プログラムに盛り込む方針で実施している。

事業アウトプット指標		
④生産性増進化技術の開発（研究分野：生産手法開発）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 様々な生産増進回収法について、想定される商業規模での適用性について検証	実績： 様々な生産増進法に関して、室内実験や数値シミュレーションを用いた検討を行った

	し、提示する。また、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成などの貯留層障害対策技術に関して検証・整備する。	結果、各手法の増進効果は確認されたが、貯留層条件によっては、適用性に違いがあることを明らかにした。また、地盤を加振する場合の効果が高い周波数を１次元流れの室内透水実験にて明らかにした。（ほぼ達成）
	目標： b. 安定な坑底圧制御を実現するため、坑井内での気固液流動解析を通じた良好な気液分離法の開発やハイドレート再生成などの流動障害に関して想定される商業規模での対策技術の整備を進める。	実績： 高圧・塩水下の気液二相流の流動状態を把握できるように、実坑井規模の流動実験装置を導入するとともに、生産時の坑井内の高圧下でのメタンガス・水の気液二相流流動解析用の数値シミュレータの開発を行い、様々な条件下での流動場の検討が出来るようにした。（一部達成）
	目標： c. 大型室内試験装置や数値シミュレータなどを用いて、開発した生産性増進技術、生産障害対策技術などの効果について提示する。また、減圧法適用時の地層変形挙動の実験的評価を実施する。	実績： 大型室内試験装置を用いて減圧法適用時の地層変形の計測や強減圧法の実験を検証した。（ほぼ達成）

【目的と達成目標】

メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術の整備を行うためには、メタンハイドレート層からメタンガスを長期的に大量かつ安定的に生産する生産手法の開発が必要である。このような目的のもと、フェーズ３では、以下の目標を設定する。

砂泥互層からなるメタンハイドレート層に減圧法を適用した場合のメタンガスの生産性及び回収率は、初期貯留層温度が高いほど増加するが、生産過程における貯留層温度の低下に起因して、徐々に生産量は低下する。そのため、氷の生成潜熱をハイドレート分解に用いる強減圧法など様々な生産増進回収法の目標回収率を６０％以上と設定し、想定される商業規模での適用性について検証し、提示する。また、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成などの貯留層障害対策技術に関して検証・整備する。

更に、安定な坑底圧制御を実現するため、坑井内での気固液流動解析を通じた良好な気液分離法の開発やハイドレート再生成などの流動障害に関して想定される商業規模での対策技術の整備を進めるとともに、大型室内試験装置や数値シミュレータなどを用いて、開発した生産性増進技術、生産障害対策技術などの効果について提示する。また、減圧法適用時の地層変形挙動の実験的評価を実施する。

【研究開発の実施内容】

地層温度を回復し二次回収する手法として開発してきた様々な生産増進回収法や、長期にわたるメタンガスの安定的な生産を行うためにスキニング等による浸透性の低下などの貯留層障害対策の検証・整備や、メタンハイドレート再生成による流動障害などの対策技術の整備を行う。

また、生産増進回収法や生産障害対策技術などについて、大型試験装置や数値シミュレータなどの検証を通して、想定される商業規模での適用性について検証・整備するなど、生産性増進技術の開発、坑井内流動障害対策技術の開発及び大型室内試験装置による実証に取り組むこととする。

【成果・達成状況】

「生産性増進化技術の開発」として、氷の生成潜熱をハイドレート分解に用いる強減圧法、2本の坑井間で電流を通して、その抵抗によって地層を加熱する通電加熱法、MH層内での部分酸化による発熱を加熱源とする部分酸化法など、様々な生産増進法に関して、室内実験や数値シミュレーションを用いた検討を行った。その結果、各手法では、増進効果が確認されたが、例えば、大水深海底下に存在する貯留層では強減圧法による増進効果が認められないなど、その貯留層条件による適用性に違いがあることを明らかにした。また、低浸透率層（スキン層）の除去対策技術である地盤に振動を与えて、孔隙内の細粒分を取り除き、透水性の改善を行う手法では、14～20kHzの加振周波数の場合に最も効果が高いことを室内実験にて検証した。

「坑井内流動障害対策技術の開発」として、坑井内を想定した高圧・塩水下の気液二相流の流動状態を把握できるように、実坑井規模の流動実験装置を導入するとともに、生産時の坑井内の高圧下でのメタンガス・水の気液二相流流動解析用の数値シミュレータの開発を行い、様々な条件下での流動場の検討が出来るようにした。

「大型室内試験装置による実証」として、原位置での貯留層の浸透率を再現した土層を用いて減圧試験を行い、地層変形挙動に関する知見を得るとともに、生産増進法の一つである強減圧法適用時には氷生成の現象を示唆する結果も得るなど、増進効果に関して検証した。これまでの研究開発では、室内実験や数値シミュレーションにより、その効果等が検証されてきた。今後は、これらの結果を基に、現場での適用性について、検討を進めていく必要がある。

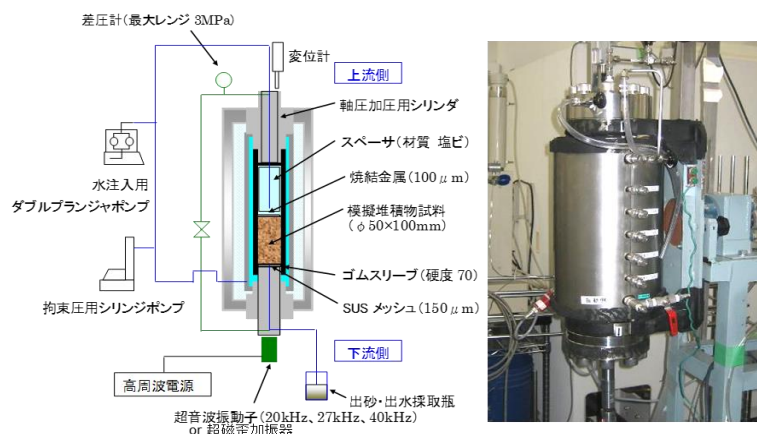
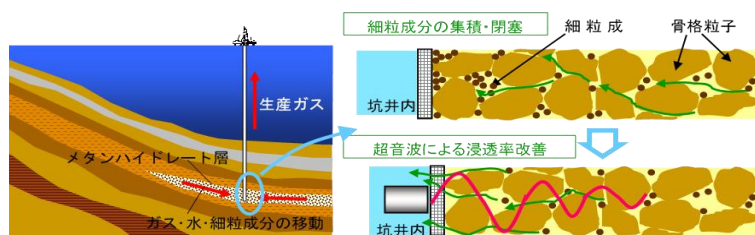
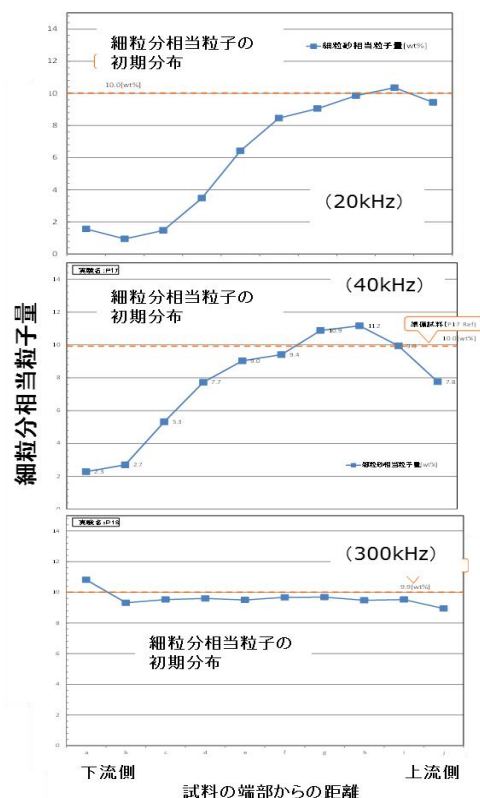


図 小型実験装置 (今回実験で使用)
(試料寸法: $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、1次元流れの透水実験用)



低浸透率層(スキン層)の除去対策技術

事業アウトプット指標		
⑤生産性・生産挙動評価技術の高度化 (研究分野: 生産手法開発)		
指標目標値 (計画及び実績)		
中間評価時 (平成30年度)	目標: a. 生産シミュレータに対し各種生産増進法および貯留層障害が取り扱えるように生産シミュレータの機能拡張や、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる。	実績: 生産シミュレータに対して生産増進法などが取り扱えるように機能拡張を行うとともに、シミュレータの操作性を向上させた。(達成見込み)
	目標: b. 長期生産時の広域にわたる生産挙動および地層変形などを高精度に評価するために、海洋産出試験地などで取得した保圧コア解析を実施し、解析技術の高度化を図る。	実績: 開発した保圧コア評価装置群によって、初期水浸透率、絶対水浸透率、浸透率異方性などの水理特性や、一軸圧縮強度、三軸圧縮強度、圧縮・膨潤係数などの力学特性などの精緻な貯留層パラメータの取得が可能となった。(達成)
	目標: c. 取得した高精度の貯留層パラメータを反映させた貯留層モデルを開発	実績: 第2回海洋産出試験(ガス生産試験)に関して、坑井データを基に貯留層モデルを構築し、様々な

	し、開発したモデルを用いて、海洋産出試験などの生産性・生産挙動予測を実施し、試験計画策定に反映させるほか、試験結果の検証から生産シミュレータの信頼性向上を進める。	2次元モデルや三次元モデルを用いた検証を行い、MH飽和率分布の不均質性が生産挙動に与える影響や、シミュレータに組み込まれているモデルの精度などについて把握した。（ほぼ達成）
	目標： d. 海洋産出試験などの検証を通して得られた貯留層モデルを用いて、生産シミュレータによる解析から、想定される商業規模生産における生産システムについて経済性および合理性について評価する。	実績： 生産休止期間を設けて数十年周期で繰り返し生産するサイクリック法では、長期的に安定的なガス生産レートが維持される解析結果が示された。（一部達成）

【目的と達成目標】

メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術の整備を行うためには、坑井のガスの生産能力及びメタンハイドレート資源フィールドの長期的な生産挙動を高い精度で予測・解析する評価技術の開発・改良が必要である。このような目的のもと、フェーズ3では、以下の目標を設定する。

フェーズ2までに開発を進めてきた生産シミュレータのさらなる実用性を図るため、産出試験や大型室内装置による実験から得られる実証データの検証を通じて、数値解析の精度向上を果たすとともに、生産シミュレータに対し各種生産増進法及び貯留層障害が取り扱えるように生産シミュレータの機能を拡張する。また、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる。

長期生産時の広域にわたる生産挙動及び地層変形などを高精度に評価するために、海洋産出試験の実施地点などで取得した保圧コア解析を実施するとともに、解析技術の高度化を図る。

更に、取得した高精度の貯留層パラメータを反映させた貯留層モデルを開発し、開発したモデルを用いて、海洋産出試験などの生産性・生産挙動予測を実施し、試験計画策定に反映させるほか、試験結果の検証から生産シミュレータの信頼性向上を進める。

海洋産出試験等の検証を通して得られた貯留層モデルを用いて、生産シミュレータによる解析を行い、想定される商業規模生産における生産システムについて経済性及び合理性について評価する。

【研究開発の実施内容】

貯留層の浸透性、熱特性、圧密特性等の変化及び貯留層障害等を評価する解析ルーチンの開発・改良を行い、海洋産出試験などの検証を通じた生産シミュレータの機能強化を達成する。

また、生産シミュレータに入力する三次元貯留層モデルについては、海洋産出試験地等で取得した保圧コアの解析、高精度の物性パラメータを取得するための解析技術の高度化を図るとともに、断層などの不連続性や不均質な貯留層パラメータ等の導入を検討し、海洋産出試験などで得られる長期生産時の広域にわたる生産挙動などを検証し、精度向上を図る。

これらの成果を通じて、貯留層特性に応じて経済性を最大化させる生産手法と生産システムの総合評価を進めるなど、生産シミュレータの機能強化・改良、高精度貯留層モデルの開発及び産出試験の予測・

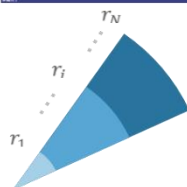
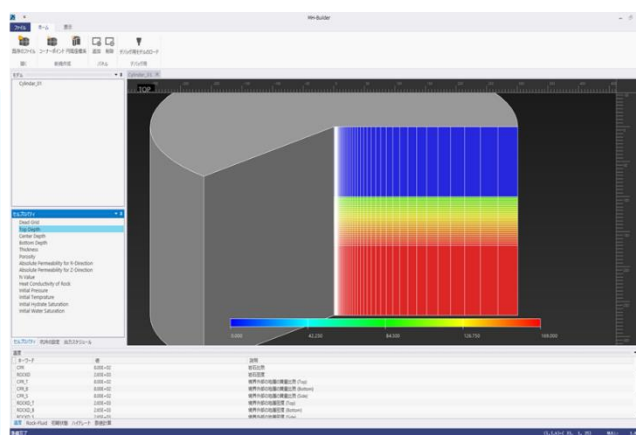
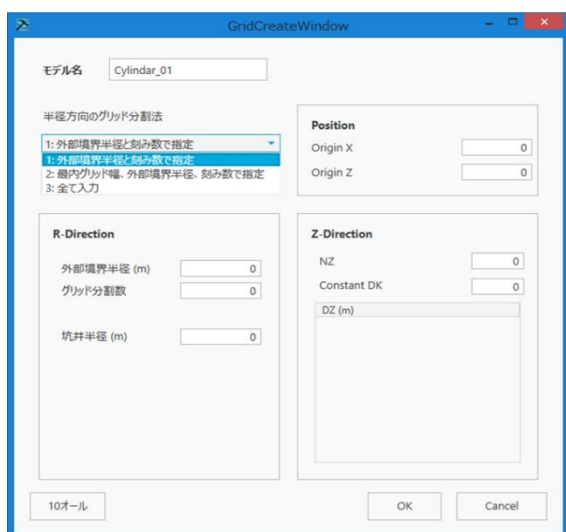
検証及び商業規模生産の生産性評価に取り組むこととする。

【成果・達成状況】

「実用化生産シミュレータの改良・機能強化」として、通電加熱法やCO₂圧入法などが取り扱えるように機能を拡張するとともに、入力データ作成を支援するためのグラフィカルユーザーインターフェイス（GUI）プログラムの改良・機能強化を行い、操作性を向上させた。

「高精度貯留層モデルの開発及び産出試験の予測・検証」では、開発した保圧コア評価装置群によって、初期水浸透率、絶対水浸透率、浸透率異方性などの水理特性や、一軸圧縮強度、三軸圧縮強度、圧縮・膨潤係数などの力学特性などの精緻な貯留層パラメータの取得が可能となった。また、第2回海洋産出試験（ガス生産試験）に関して、坑井データを基に貯留層モデルを構築し、様々な2次元モデルや三次元モデルを用いた検証を行い、メタンハイドレート飽和率分布の不均質性が生産挙動に与える影響や、シミュレータに組み込まれているモデルの精度などについて把握した。

「商業規模生産の生産性評価」として、砂泥互層の比率など代表的なメタンハイドレート濃集帯の特徴を擬似的に反映した三次元貯留層モデルに対して、生産休止期間を設けて数十年周期で繰り返し生産するサイクリック法を適用した場合の商業生産の可能性について検討した。数値解析の結果では、休止期間を設けずに全坑井を稼働し続けた場合に比べて、サイクリック法を適用する方が総ガス生産レートのピークを抑え、より長期的にガス生産レートが維持される結果が得られるなど商業生産を検討する場合の安定的な生産手法の可能性が示唆された。これまでの研究開発によって、コア分析技術などモデリング技術の高度化が進んだ。今後は海洋生産試験にて得られた流体流動挙動の検証などのために、原位置にて取得された保圧コアを用いた分析等を進め、シミュレータに組み込まれている浸透性、熱物性などのモデルの見直し・更新を進める必要がある。



複数の分割法を選択

- ・ 外部境界半径と刻み数

$$\log r_i = i \frac{\log r_N}{N}, \quad r_i = 10^{\frac{i}{N} \log r_N} = r_N^{\frac{i}{N}}$$

- ・ 最大分割幅、外部境界半径

$$\log R_i = \log R_1 + (i-1) \Delta(\log)$$

$$\Delta(\log) = \frac{\log R_N - \log R_1}{N-1}$$

作成支援ツールの一例（円筒座標モデル作成画面）

事業アウトプット指標		
⑥地層特性評価技術の高度化（研究分野：生産手法開発）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 長期の動的な地盤挙動を解析するための構成式の最適化などを図るための実験パラメータなどの取得を行う。また、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる。	実績： 室内実験結果を基に長期の変形挙動を取り扱えるように構成式の改良を行うとともに、入力データの作成支援や解析結果の後処理用に、プリ／ポストプロセッサの機能を追加し操作性を高めた。（達成）
	目標： b. 減圧法適用時の坑井周辺の地盤挙動に関して、圧潰などのリスク回避、坑井の健全性の確保のため、坑井仕上げ法や坑底圧制御などの最適条件を提示するとともに、海洋産出試験などの検証を通して、長期生産時の広域での地層変形などを評価し、地層変形シミュレータの精度向上を図る。	実績： 地層変形シミュレータを用いて、第2回海洋産出試験時の地層変形に関する解析を通して、精度向上を図った。（ほぼ達成）
	目標： c. 出砂評価装置を用いた出砂対策技術の検証を行う。	実績： 出砂現象の検討のために導入した大型出砂評価試験装置を用いて、室内にて連続通水試験を行い、細粒砂の移動は生じやすいが、出砂現象には至らないことを本装置で確認した。（ほぼ達成）

【目的と達成目標】

メタンハイドレート層からのメタンガスの商業的生産のための技術の整備を行うためには、生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を保证するための地層特性評価技術の改良が必要である。このような目的のもと、フェーズ3では、以下の目標を設定する。

フェーズ2までに開発を進めてきた地層変形シミュレータで地盤挙動をより高精度で取り扱えるように、長期の動的な地盤挙動を解析するための構成式の最適化などを図るための実験パラメータなどの取得を行う。また、ユーザーインターフェースを改良して、操作性を向上させる。

減圧法適用時の坑井周辺の地盤挙動に関して、圧潰などのリスク回避、坑井の健全性の確保のため、坑井仕上げ法や坑底圧制御などの最適条件を提示するとともに、海洋産出試験などの検証を通して、長期生産時の広域での地層変形などを評価し、地層変形シミュレータの精度向上を図る。また、出砂評価装置を用いた出砂対策技術の検証を行う。

【研究開発の実施内容】

地層変形シミュレータに対して、長期・広域の地盤挙動をより高精度で取り扱えるように構成式の改良等による機能強化を図るとともに、メタンハイドレート開発における出砂現象の解析と対策技術の検証、生産時の坑井安定性や、広域の地層変形等について総合的な評価が可能になるように、第2回海洋産出試験や室内実験などの検証を通して、地層変形シミュレータの精度を向上させる。

また、これらの成果を通じて、長期生産時の広域での地盤挙動や坑井近傍からのメタンガス漏洩の可能性などの評価を進めるなど、地層変形シミュレータの機能強化・改良と坑井周辺力学挙動・広域地層変形評価に取り組むこととする。

【成果・達成状況】

「地層変形シミュレータの改良・機能追加」では、長期の動的挙動が評価できるように、室内実験結果を基にMH飽和率や地層変形の時間依存性などを考慮した構成式の改良を行った。また、入力データの作成を支援するプリプロセッサ及び解析結果の後処理を行うポストプロセッサの機能を追加し操作性を高めた。

「坑井周辺力学挙動・広域地層変形の評価」では、地層変形シミュレータを用いて、第2回海洋産出試験時の地層変形に関する解析を通して、精度向上を図った。また、出砂現象の検討のために導入した大型出砂評価試験装置を用いて、室内にて連続通水試験を行い、細粒砂の移動は生じやすいが、出砂現象には至らないことを本装置で確認した。これまでの研究開発によって、地層変形シミュレータに、長期の地層変形挙動を表現する構成式などが追加され、シミュレータの機能向上は進んだと考えられる。今後は、実フィールド規模での長期の広域での検証等を行い更なるシミュレータの検証を進める必要がある。

The screenshot displays the software interface for the MH-88 model. On the left, there are input fields for various parameters such as initial porosity, permeability, and well properties. The central part of the interface shows a table of input data with columns for parameter names, values, and units. On the right, there is a diagram of a well model with a vertical axis labeled '坑井モデル' (Well Model). Below the diagram, there is a table of output data with columns for parameter names, values, and units. The interface is designed to be user-friendly, allowing for direct input of numerical values and detailed property settings.

数値の直接入力ではなく、詳細物性画面で入力可能

X軸方向は水平のみ、Y軸方向へは傾斜考慮可能

地層変形シミュレータ用の入力データの作成支援ツール(入力画面の一例)

事業アウトプット指標		
⑦海洋開発システムの検討（研究分野：フィールド開発技術）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 開発システムの基本案が提示されて、その実現に必要な技術が提示されている。	実績： 開発システムの基本案を提示し、将来の商業化を見据えて必要な技術を抽出、研究開発計画案を作成。（達成）
	目標： b. 経済性・エネルギー収支などの情報が示されている。	実績： 経済性・エネルギー収支を評価し、将来の商業化の実現性の判断に資する情報が示された。（ただし、現時点では技術的不確実性は極めて大きく、技術開発の進展に伴い継続的にアップデートすることが重要。）（ほぼ達成）
	目標： c. 海洋におけるより長期のフローが実現できる見通しが示されている。	実績： 海洋におけるより長期のフローが実現できる見通しについて、海洋産出試験を通じて課題解決を進めたが、現時点で確実なことを示すことは困難。（一部達成）
	目標： d. 我が国周辺海域における貯留層状況のデータが提示されている。	実績： 我が国周辺海域における貯留層状況のデータは、限定的ではあるが可能な範囲で提示。（一部達成）
	目標： e. 気象・海象・ジオハザードなど作業の支障となる外的要因が抽出されてデータが得られている。	実績： 第二渥美海丘周辺海域においては、気象・海象・海底土質などに係るデータを取得。（ほぼ達成）

【目的と達成目標】

実現性がある海洋開発システムのシナリオを提示し、商業化の実現性の判断と今後の研究計画立案に資する情報を提示することが目的である。

そのため、開発システムの基本案が提示されて、その実現に必要な技術が提示され、経済性・エネルギー収支などの情報が示されていることが目標である。

また、海洋におけるより長期のフローが実現できる見通しを示し、我が国周辺海域における貯留層状況のデータを提示し、気象・海象・ジオハザードなど作業の支障となる外的要因が抽出されてデータが得られていることも目標である。

【研究開発の実施内容】

平成28年度から29年度で、それまでの検討（第2回海洋産出試験、3ヶ月から1年を期間とする海洋産出試験の基本計画策定作業、及び開発システム検討）に基づいて、実現可能性の高い開発システムの

基本案を提示する。また、経済性向上のための改善策を示す。

平成29年度から30年度には、第2回海洋産出試験の結果も考慮して、海洋での長期挙動を実証するのに必要な、より長期の海洋産出試験の基本設計を策定して、実現可能性と費用、期間、技術開発要素等を示す。

また、より長期の試験を実現できる海域の候補を示し、気象・海象・海底地盤・貯留層特性・海域環境などの情報を示す。以上に基づき、平成31年度以降に検討が必要な技術開発課題と研究プログラム案を提示する。

【成果・達成状況】

海洋開発システムについては、現時点で考えうる複数のシナリオを提示し、これらに対し検討を実施した。

各シナリオ（開発システム案）に対し、開発コスト・操業コストの評価などを実施するとともに、システムの簡素化・最適化などによるコスト削減の可能性を検討するなど、より現実的な開発システムの検討を進めた。また、それに基づく経済性、エネルギー収支などに関する検討も実施した。

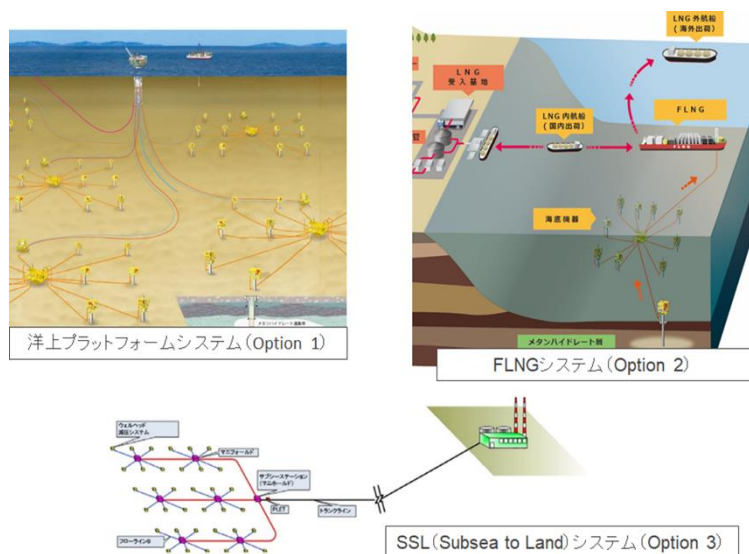
さらに、将来の商業化を見据え、必要な技術を抽出した「技術マップ」を作成し、商業化までの目標（技術レベル）に到達するための研究開発計画案を作成した。

現段階では従来の生産挙動予測に基づいた結果を得ているものの、前述の通り、生産挙動予測等の技術的不確実性は極めて大きく、技術開発の進展に伴い継続的に開発システム並びに経済性、エネルギー収支等の評価をアップデートすることが重要と認識している。

「海洋における長期のフローが実現できる見通し」については、安定的な長期フローを達成できておらず、また信頼性のある長期生産挙動予測も達成できていないため、現時点では示すことは困難である。

我が国周辺海域における貯留層状況のデータについては、限定的ではあるが、可能な範囲で提示した。

気象・海象・ジオハザードなど作業の支障となる外的要因については、第二渥美海丘周辺海域においては、第2回海洋産出試験実施時も含めて気象・海象・海底土質などに係るデータが得られている。



開発システム一次案（候補）

事業アウトプット指標		
⑧環境リスクの分析と対策の検討（研究分野：環境）		
⑨環境モニタリング技術の開発（研究分野：環境）		
⑩海洋産出試験における環境影響評価（研究分野：環境）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. 第2回海洋産出試験を通じた環境影響の予測・評価を通じて、商業生産の最小単位と考えられる単一坑井でのガス生産を対象とした影響予測手法と影響評価手法を提示する。	実績： 第2回海洋産出試験で想定される各種の環境影響要因を抽出し、それらの影響予測と評価を実施。 予測・評価結果と海域環境調査等で取得した実データとの比較を通じて、予測・評価結果及び手法の妥当性を確認。(達成)
	目標： b. 小規模のガス生産に伴う環境影響の程度を適切に把握するための手法として、深海底環境において1年間程度の期間、安定した連続計測が可能な環境モニタリングシステムを構築するとともに、第2回海洋産出試験の前後にかけてモニタリングを行い、メタン漏洩及び地層変形に関するデータを取得する。	実績： 第1回海洋産出試験で適用したシステムに一部改良を加えた環境モニタリングシステムにより、第2回海洋産出試験のガス生産実験前後にかけての十分な期間で連続計測を実施。 試験時のメタン濃度の変化及び地層変形の検討に資するデータを取得している。(ほぼ達成)
	目標： c. b.の結果を踏まえ、商業生産時の環境影響を把握するための計測手法について、コンセプトとして整理する。	実績： 環境モニタリングの知見から、各センサーの特性や長短所を確認。 これらの知見もとに、各センサーの適用条件を整理し、ベースとなりうる計測手法の適正化を進めている。(ほぼ達成)
	目標： d. 定期的に海域環境に関する調査を実施し、商業生産時の環境影響評価のベースとなる環境データを整理する。これらの結果を踏まえ、商業生産時の環境影響を把握するための調査手法について、コンセプトとして整理する。	実績： 第2回海洋産出試験前後において定期的に海域環境に関する調査を実施し、環境影響を検討するうえで必要なデータを継続して取得。(達成) 現在、試験海域をモデル海域として位置付け、試験海域の環境特性の整理や調査手法等の適正化を進めている。

【目的と達成目標】

メタンハイドレートの商品生産に際しては、開発に伴う環境影響について適切に評価を行いながら進めることが重要であり、海洋産出試験を通じて段階的にそのための手法を検討する必要がある。このためフェーズ3では、以下を目標とする。

第2回海洋産出試験を通じた環境影響の予測・評価を通じて、商品生産の最小単位と考えられる単一坑井でのガス生産を対象とした影響予測手法及び影響評価手法を提示する。

また、小規模のガス生産に伴う環境影響の程度を適切に把握するための手法として、深海底環境において1年間程度の期間、安定した連続計測が可能な環境モニタリングシステムを構築するとともに、第2回海洋産出試験の前後にかけてモニタリングを行い、メタン漏洩及び地層変形に関するデータを取得する。同様に、定期的に海域環境に関する調査を実施し、商品生産時の環境影響評価のベースとなる環境データを整理する。これらの結果を踏まえ、商品生産時の環境影響を把握するための計測手法や調査手法について、コンセプトとして整理する。

【研究開発の実施内容】

環境リスクの分析と対策の検討として、フェーズ3では、第2回海洋産出試験を対象とし、環境リスクの見直しを行い、抽出された主要な環境リスク要因についてシミュレーション等による予測を行う。予測結果については、環境モニタリングや環境調査で得られるデータをもとに検証を行い、シミュレーション手法等の適正化を図る。

また、広域的かつ長期間に渡る将来の商品生産時の環境影響を予測するための手法に関する検討を進め、生態系への影響を評価するためのベースモデルを構築する。

環境モニタリング技術の開発として、フェーズ3では、第1回海洋産出試験時に実施したモニタリングにより抽出された技術課題への対策（システム形状の適正化やセンサーの信頼性向上など）を講じ、深海底環境において1年間程度安定した連続的な計測が可能なモニタリングシステムの開発を進める。第2回海洋産出試験では、同システムを用いてメタン濃度や地盤沈下についてのモニタリングを行い、変化の程度を確認するとともに、モニタリングシステムの検証を行う。モニタリングシステムに技術的な課題が生じた場合には、その対応策を検討する。

また、開発したモニタリングシステム等をベースに、広域的かつ長期間に渡る将来の商品生産時のモニタリングを想定した計測手法についてのコンセプトを整理する。

海洋産出試験における環境影響評価として、フェーズ3では、第1回海洋産出試験での影響評価結果や「環境リスクの分析」で実施する予測結果等を基に、第2回海洋産出試験を対象とした環境影響評価を実施する。また、試験に伴う環境変化についての検証データを取得するために、試験前後にかけて、試験海域及び周辺海域において、水質・底質・生物相についての調査を実施する。得られた調査結果と環境モニタリング結果と合わせて、予測結果及び評価結果についての検証を行い、調査手法及び評価手法について適正化を図る。最終的な評価結果や調査結果については、第1回海洋産出試験での評価結果と合わせて、小規模なガス生産試験の環境影響評価事例として整備する。

また、得られた結果等をベースに、広域的かつ長期間に渡る将来の商品生産時の環境影響を把握するための調査手法や評価手法についてのコンセプトを整理する。

【成果・達成状況】

環境リスクの分析と対策の検討として、第1回海洋産出試験での検討等をベースに、第2回海洋産出試験で想定される主要な環境リスク（生産水排出・メタン漏洩・掘り屑の堆積など）を抽出し、各種シミュレーション等により変化が生じる範囲や期間等を予測するとともに、環境モニタリング（地層変形、メタン濃度）や海域環境調査（水質、底質、生物等）で取得した実データと比較した。この結果、影響を評価するうえで顕著な相違が確認されなかったことから、試験規模のガス生産の影響の評価に資するための予測手法としては妥当であると判断した。

一方で、商業生産規模のガス生産を想定し、生物への影響検討のベースとなる生態系モデルの構築も進めた。生態系モデルの構築に際しては、海域環境調査等で取得した環境データを用いて各季節の代表的な環境状態の再現計算等を実施し、パラメータ等の適正化を進めベースとなるモデルを構築した。

環境モニタリング技術の開発として、第1回海洋産出試験で用いたシステムを一部改良し（形状・センサー精度など）、第2回海洋産出試験のガス生産前後にかけて地層変形やメタン濃度の変化に関する連続計測を実施した。モニタリング実績として、地層変形については約1年間、メタン濃度の変化については合計約7ヶ月間の安定的な連続計測を実施できており、概ね正常なデータを取得している。モニタリング結果から、試験規模のガス生産で生じる環境変化は極めて小さい可能性があることが明らかとなった（データは現在精査中）。

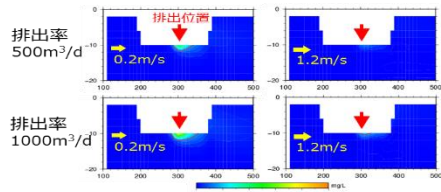
加えて、これまでの環境モニタリングの知見から、各センサーの特性や長短所を確認できており、これらの知見もとに、ベースとなりうる計測手法の信頼性向上に資すべく、各センサーの適用条件を整理し、適正化を進めている。

海洋産出試験における環境影響評価として、第1回海洋産出試験で適用した評価手法を一部改善し、第2回海洋産出試験の一連の作業について、上記シミュレーション予測結果等をもとに環境影響の事前評価を行い、環境影響検討書として整理した。事後の見直しとして、試験時の実績データを用いた再計算を行うとともに、海域環境調査や環境モニタリング結果等をもとに評価結果の妥当性を確認した。最終的な評価結果として、第2回海洋産出試験の規模でのガス生産で生じうる環境の変化は小さく、周辺環境への影響は小さいことが推測された。

また、第2回海洋産出試験前後にかけて定期的に海域環境調査を実施し、環境影響に係るデータを取得し、予測や評価に反映するとともに、試験海域の水質・底質・生物相に関する季節的な傾向や地点別の特徴などの整理を進めるとともに、調査手法等の適正化を進めている。

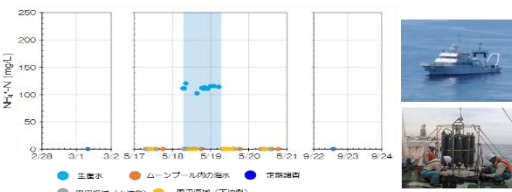
なお、これまでに適用した各手法は第二渥美海丘近傍での海洋産出試験規模のガス生産作業を対象としたものであり、商業生産規模のガス生産に向けては、実際の生産海域の環境状態や生産方式、開発システムを考慮した見直しや適正化が必要である。環境データという観点では、実際の生産海域での環境データの取得とともに、より生産レートが高く長期間のガス生産時のデータを取得し、商業生産時の予測・評価に適用可能なデータを取得する必要がある。また、底生生物の回復過程など生物変化に係る一部のデータが不明確であるため、試験海域をモデル海域として位置付け、継続してデータ取得を行う必要がある。

生産水の拡散予測



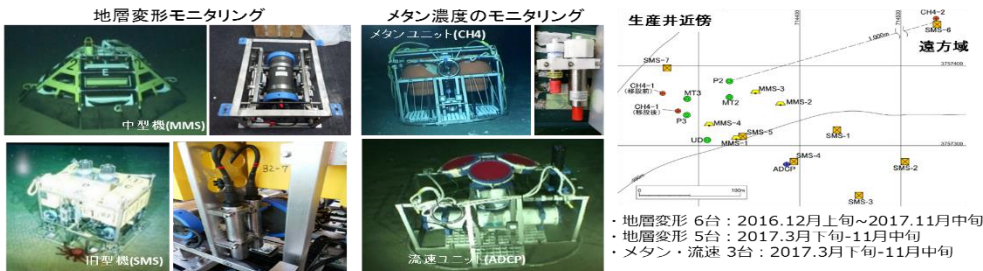
生産水排出時のNH₄-Nの拡散予測結果例 (NH₄-N:250mg/l)

生産水排出時の採水調査



生産水排出時の採水調査結果例 (NH₄-Nの濃度)

適用した環境モニタリングシステム



環境影響評価に関する取組

事業アウトプット指標		
⑪経済性の評価及びその他の取組（研究分野：経済性評価・その他（フィールド開発技術））		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. これまでの研究開発の成果等をもとに、評価の見直しを行い、商業化に向けた道筋を整理する。	実績： これまでの研究開発の成果等をもとに、評価の見直しを行い、商業化に向けた道筋（事業化シナリオ）を整理。（ほぼ達成）
	目標： b. エネルギー収支評価に加え、ライフサイクルでのCO ₂ 排出量の評価を行い、メタンハイドレートの政策的位置付け等を検討する際の指標の一つとして整理する。	実績： エネルギー収支評価に加え、ライフサイクルCO ₂ 排出量の評価を実施。（ほぼ達成）
	目標： c. 開発に伴うリスク、実用化による副次的効果、技術項目も含めた、総合的な評価を行い、商業化段階及びそれへの過渡的段階において実施すべき事項をまとめる。	実績： 開発に伴うリスク、実用化による副次的効果について検討、技術評価も踏まえた総合的な評価を実施し、各段階において実施すべき事項をまとめた。（ほぼ達成）

【目的と達成目標】

将来的に民間企業がメタンハイドレートの開発事業を推進していくためには、リスク、経済性評価などの観点から、開発投資判断に資する知見・技術等についても整理する必要がある。このため、フェーズ3においては、以下を目標とする。

○ 経済性・エネルギー収支評価

これまでの研究開発の成果等をもとに、評価の見直しを行い、商業化に向けた道筋を整理する。また、

エネルギー収支評価に加え、ライフサイクルでのCO2排出量の評価を行い、メタンハイドレートの政策的位置付け等を検討する際の指標の一つとして整理する。

○ 総合評価

開発に伴うリスク、実用化による副次的効果、技術項目も含めた、総合的な評価を行い、商業化段階及びそれへの過渡的段階において実施すべき事項をまとめる。

【研究開発の実施内容】

○ 経済性、エネルギー収支再評価

海洋開発システム検討の結果に基づき、経済性評価・エネルギー収支評価の基礎データを見直し、また、第2回海洋産出試験から得られた知見も踏まえて経済性、エネルギー収支（含む、ライフサイクルCO2排出量）の評価を行う。

○ 総合評価

環境影響評価、経済性評価、エネルギー収支評価の結果等に基づき商業化に必要な政策等を検討する。また、メタンハイドレートが実用化された場合の副次的効果（海外展開含む）の解析や、民間企業等との意見交換を行う。これらの結果をとりまとめ、商業化の実現に向けたさらなる展開が妥当か否かを評価する。

【成果・達成状況】

これまでの研究開発の成果等も踏まえ、商業化に向けた道筋（事業化シナリオ）を整理するとともに、現時点での想定に基づきエネルギー収支、ライフサイクルCO2排出量の評価を実施した。また、開発に伴うリスク、実用化による副次的効果について検討し、現時点での技術評価を踏まえた総合的な評価を実施し、商業化へ向けた各段階において実施すべき事項をまとめた。

- メタンハイドレートの商業化とは、メタンハイドレート由来の天然ガスが、LNG由来の天然ガスの代替として利用者から選ばれる状態になることを想定する。
- 砂層型メタンハイドレートの商業化 : 2030年代（海洋基本計画に掲げる目標が順調に達成された場合）
投資回収期間 : 10～20年程度（想定）
⇒2030年代～2050年代LNG価格と競争。
- 2030年代～2050年代の我が国着のLNG価格見通し：\$11～12/MMBtu（IEA・EIA等）
⇒企業がビジネスを行う上で一定の企業利益も考慮すると、生産原価は\$6～7/MMBtuを目指すべき。
※ただし、これらの価格は現時点のデータから試算したものであり、将来のエネルギー情勢や国際環境を踏まえ、随時見直し。
- メタンハイドレートにはLNG代替としての価値の他に、『我が国EEZ内の国産資源』『エネルギーを取り巻く環境が大きく変化した場合のオプション』『海外からのエネルギー調達の際のバーゲニングパワー』といった重要な価値がある。これらの将来的な価値について、現時点で評価を行うことは困難であるが、今後商業化の見通しが具体化した段階で、これらの評価手法について検討していく。

価格・見通し（米国エネルギー情報局（Energy Information Center: EIA））															
	原油 (brent)(\$/bbl)					北米産日本着価格 (\$/MMBtu)想定※					HH価格 (\$/MMBtu)				
	2015	2020	2030	2040	2050	2015	2020	2030	2040	2050	2015	2020	2030	2040	2050
AEO2017(2017年1月)	53.06	74.82	94.52	109.37	116.80	8.06	10.18	10.76	10.83	11.70	2.66	4.51	5.00	5.07	5.83
AEO2012	113.97	115.74	126.51	-	-	-	-	-	-	-	4.29	4.58	6.29	-	-
AEO2007	44.61	46.47	51.63	-	-	-	-	-	-	-	5.46	5.71	6.52	-	-

※原料ガスHH価格113%、液化費用(35/MMBtu)、輸送費(25/MMBtu)として参考値を算定。FID前の2012年以前は、試算除外
※価格は、実算価格(2016年、2019年、2023年価格)

メタンハイドレートの商業化のイメージ

- 砂層型メタンハイドレートの生産原価は、十分な規模の原始資源量が存在する濃集帯において、高い生産性を確保出来るか否かに大きく左右される。
- JOGMECにおいて、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き、一定の開発イメージを想定した分析を行った結果、\$6～7/MMBtuの生産原価を実現するためには目安として以下の2つの条件を満たすことが必要。
 - ・坑井当たり、15万m³/日以上平均生産レート
 - ・原始資源量が約500億m³以上の濃集帯の存在

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。

砂層型メタンハイドレートの商業化に必要な条件

事業アウトプット指標		
⑫日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価（研究分野：資源量評価）		
⑬メタンハイドレートシステムの検討（研究分野：資源量評価）		
指標目標値（計画及び実績）		
中間評価時 (平成30年度)	目標： a. メタンハイドレート濃集帯の評価エリアの拡充を図る。	実績： 3海域のメタンハイドレート濃集帯の評価に加え、新たに2海域の濃集帯候補に二次元／三次元の堆積盆地シミュレーションを実施し、メタンハイドレート濃集帯の評価エリアの拡充を図った。 民間石油開発企業の活動時になる基礎資料については、BSR分布図の更新、現在までに解釈された主要な濃集帯候補の評価結果概要一覧表などについては、年度末にかけてまとめているところである。（達成）
	目標： b. 2次元地震探査エリアなどのデータが少ない海域への資源量評価手法の適用を行うこと等により、メタンハイドレート探査の評価精度を高める。	実績： 四国沖などデータが少ない海域の評価において、地震探査の再処理・解析に加え、メタンハイドレート探査の評価精度を高めた。（達成）

【目的と達成目標】

フェーズ3の終了時において、商業化に向けた技術の基盤が整備されていることによって、民間企業の参入意欲も増すことが期待される一方、資源量評価の観点からも将来の商業化プロジェクトの検討等を進めやすい状況になっていることが重要である。そのためには、経済性に見合うだけの規模・性状を有する濃集帯がある程度の数、分布しているという見込みが得られており、また、それらがどこに、どのくらい、どのように分布しており、更にどこから手を付ければ良いかと言った指針を与える基礎資料が整っていることが望ましい。

現状では、平成30年度までに解析対象となり得る三次元地震探査データは、物理探査船「資源」によって在来型の石油・天然ガスを対象として取得されたものが中心であり、メタンハイドレートの分布域には2次元地震探査データで評価した海域が未だに多い（東部南海トラフ海域の一部や西部南海トラフ海域の大半）。これらの海域においても、新規の知見・データの収集を試みつつ、民間石油開発企業が本格的にメタンハイドレート開発に着手するためのエリア選定に資するような基礎資料を完成させることを目標として、メタンハイドレート濃集帯の評価エリアの拡充を図るとともに、2次元地震探査エリアなどのデータが少ない海域への資源量評価手法の適用を行うことなどにより、メタンハイドレート探査の評価精度を高める。

【研究開発の実施内容】

フェーズ2までに確立した砂層型メタンハイドレート濃集帯の探査・資源量評価手法をベースとして、今後公開される三次元地震探査データを中心に新たに2海域以上で評価作業を行い、より広い海域を対象にしたメタンハイドレート濃集帯及びBSR分布の評価を行う。特に各濃集帯について、資源開発の可能性に重点を置いた総合的な評価を実施し、本邦石油開発企業が将来的に探鉱開発海域を検討・選定する上で必要となる基礎情報を整理する。

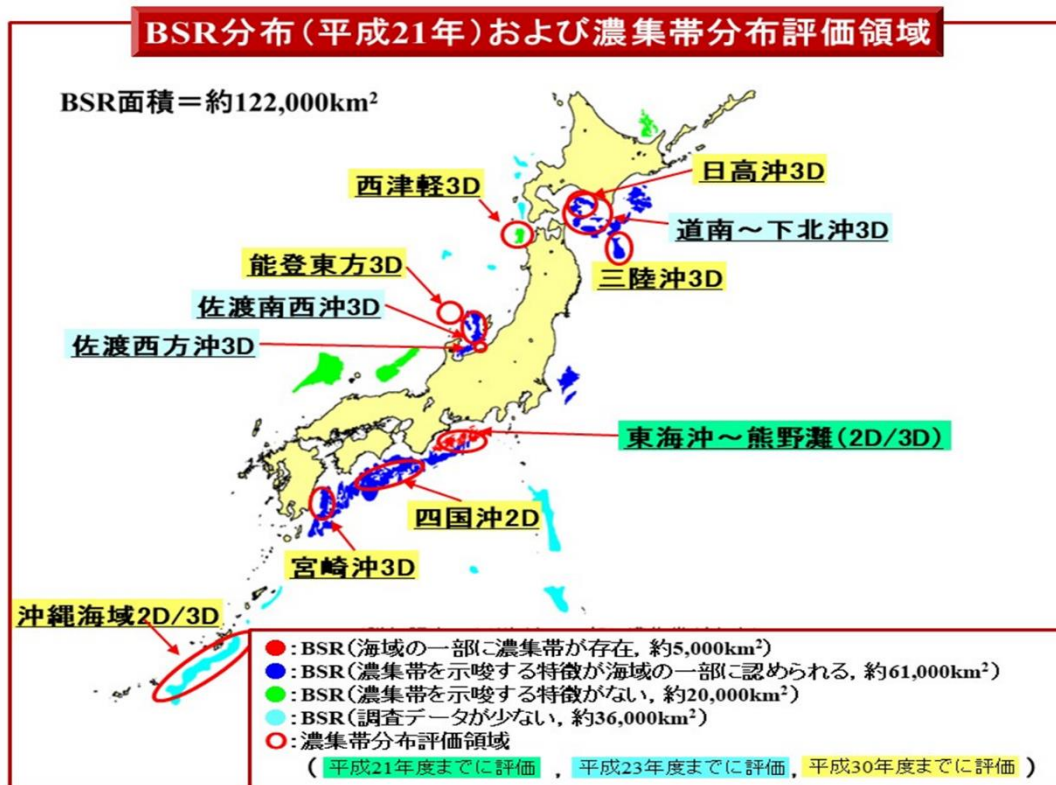
また、これまで二次元地震探査のみが実施されたなど、データが少ない海域において有効かつ精度の高いメタンハイドレートの評価手法を検討・提案する。

【成果・達成状況】

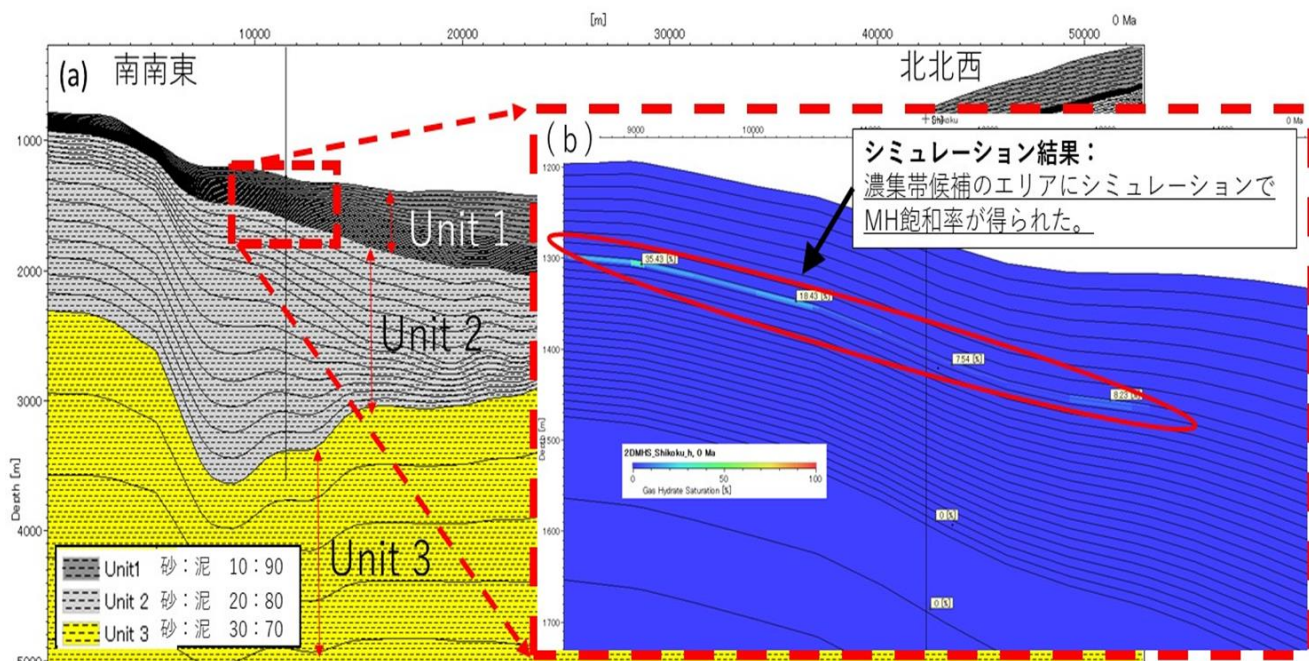
新たな海域として、西津軽沖・沖縄南方海域・日高沖の計3海域を対象として評価作業を行い、フェーズ2までに実施したメタンハイドレート濃集帯及びBSR分布の評価を拡充した。

また、資源開発の可能性が見込まれる比較的大規模な濃集帯候補（遠州灘、四国沖）および背斜構造にみられる濃集帯候補（宮崎沖など）に対して、集中的な地震探査の再処理・解析を行い、評価の質を向上させた。

これらの結果をもとに、評価結果については一覧表にまとめているところ。また、上述の四国沖等では2次元地震探査データのみのデータの少ない海域で濃集帯の評価に加え、メタンハイドレートシステム評価を実施し、評価手法としてまとめるところである。



BSRマップと資源量評価の状況



(a) B海域における2次元MHBHシステムモデル

(b) そのプレリミナリーなハイドレート飽和率のシミュレーション結果

その他のアウトプット指標（共通指標実績・対外発信等）

<共通指標実績>

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

※集計対象期間：平成28年4月～平成31年1月

<対外発信>

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

（1）平成28年度：メタンハイドレートフォーラム2016

日 時：平成28年12月6日

会 場：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

参加者数：299人

（2）平成29年度：メタンハイドレートフォーラム2017

日 時：平成29年11月29日

会 場：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

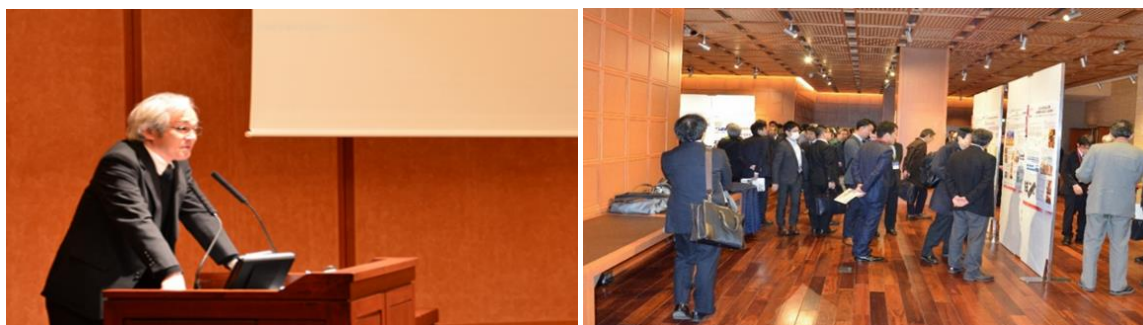
参加者数：339人

（3）平成30年度：メタンハイドレートフォーラム2018

日 時：平成31年1月23日

会 場：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

参加者数：300人



講演の様子

4. 当省(国)が実施することの必要性

日本周辺海域に賦存するメタンハイドレートは、貴重な国産資源であり、商業化がなされれば我が国の自給率の向上に資する重要なエネルギー資源である。

メタンハイドレートの研究開発にあたっては、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。そのための政府の役割としては、商業化のために必要な基盤の整備を着実に推進することが求められている。

メタンハイドレートからメタンガスを経済的に採取し、利用するためには、未だ解決すべき多くの課題が存在している。このため、今後の研究開発においても、資源開発に係るオペレーションの経験や、優れた技術・知見を有する民間企業の積極的な参画が必要である。

しかしながら、現時点では、民間企業の参入リスクの観点等から民間に委ねることが困難であり、政府が率先して、民間企業と連携しつつ、商業的規模での生産システム等の設計や経済性評価までを行い、その成果を民間企業に引き継ぐことにより、民間企業による商業化を促進することが適切である。

メタンハイドレートの開発は、第3期海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）や第5次エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）において、政府の主要施策の一つとして位置付けられている。

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

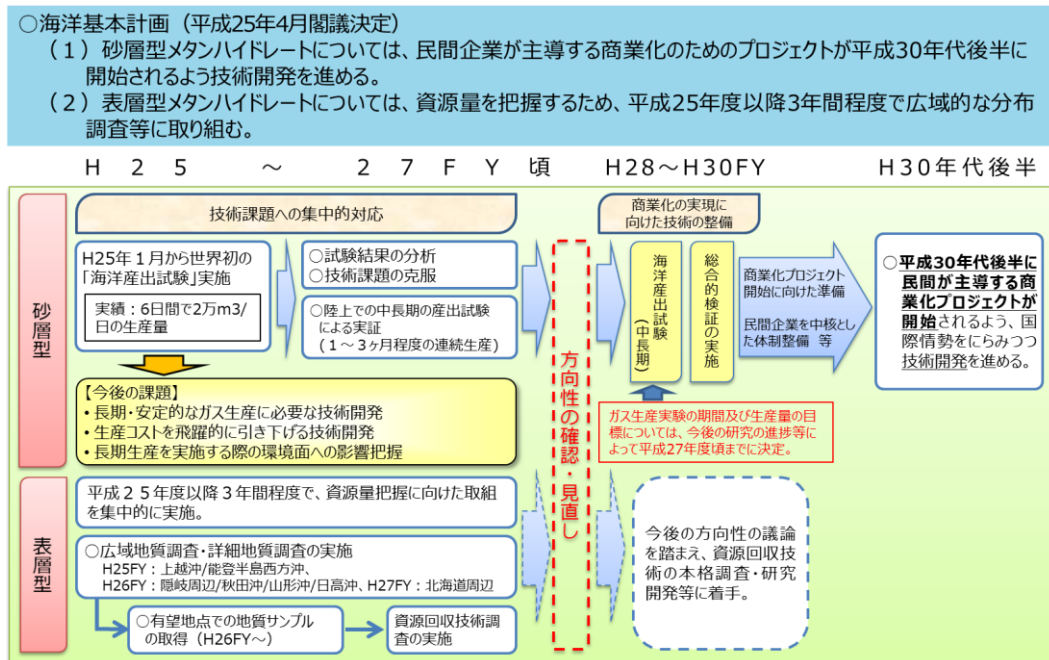
- ◆ 民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが平成30年代後半に開始されることを目指して、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。
- ◆ 砂層型メタンハイドレートについては、
 - －これまでの研究成果を適切に評価した上で、長期間の安定生産を実現するための生産技術の確立、経済性を担保するための資源量の把握、商業化を睨んだ複数坑井での生産システムの開発等について取り組む。
 - －その際には、国が行う研究開発の内容については情報開示に努め、オープンイノベーションの観点から、民間企業の優れた知見を最大限取り込むことができる体制を構築する。
 - －さらに、研究内容をステージごとに区分し、次のステージに移行する条件を明確にし、プロジェクト管理を行う。
- ◆ 海洋に関する科学技術の魅力や研究活動の実際を分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、研究機関等における広報活動に携わる専門的な人材の活用を推進する。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

メタンハイドレートの開発は、エネルギー基本計画や海洋基本計画等において、政府の主要施策の一つとして位置付けられており、目標が設定されている。

経済産業省は、これら計画に基づき、メタンハイドレートの研究開発に係る計画を「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」で策定するとともに、海洋基本計画の改定を踏まえた見直し・改定を行っている。

事業実施者は、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を踏まえ、メタンハイドレートの研究開発に係るより具体的な計画や目標を盛り込んだ「実行計画」を策定している。

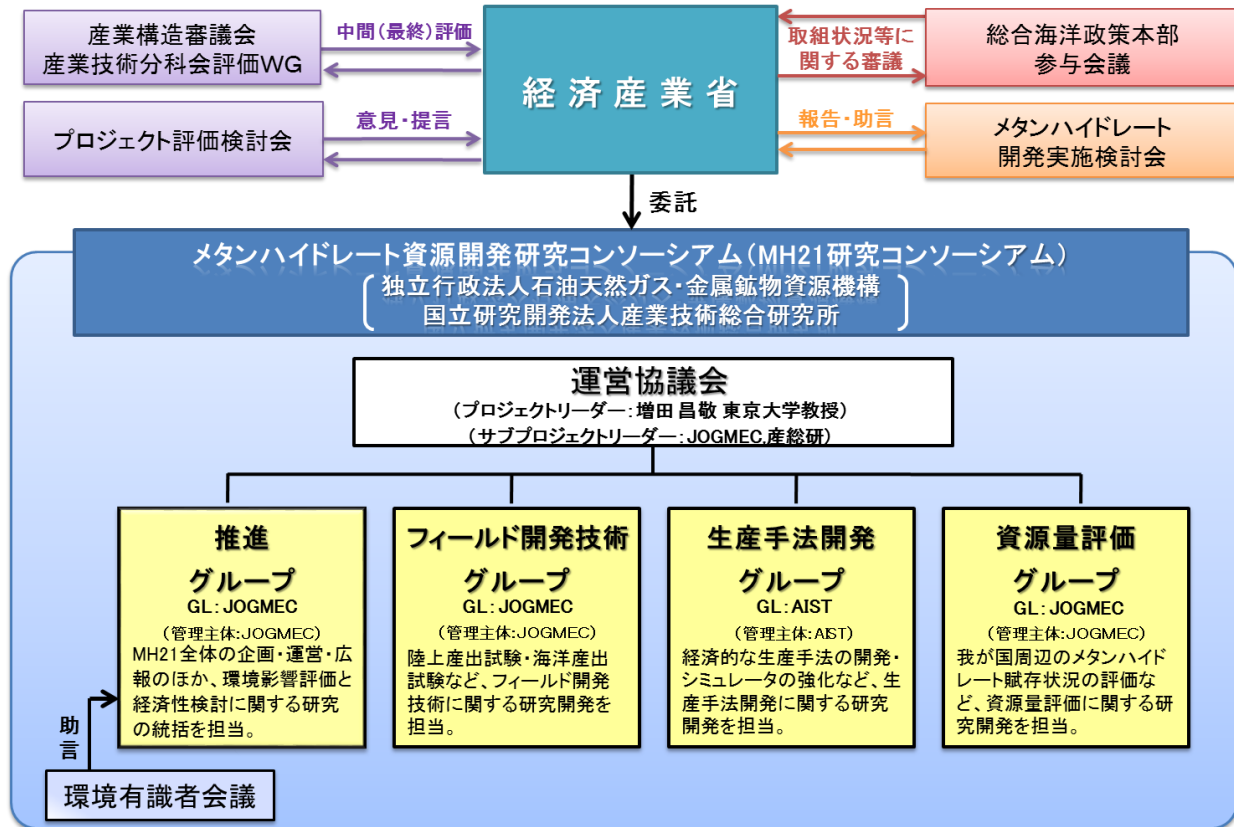


海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（平成25年12月 経済産業省）における
メタンハイドレートの商業化に向けた工程表

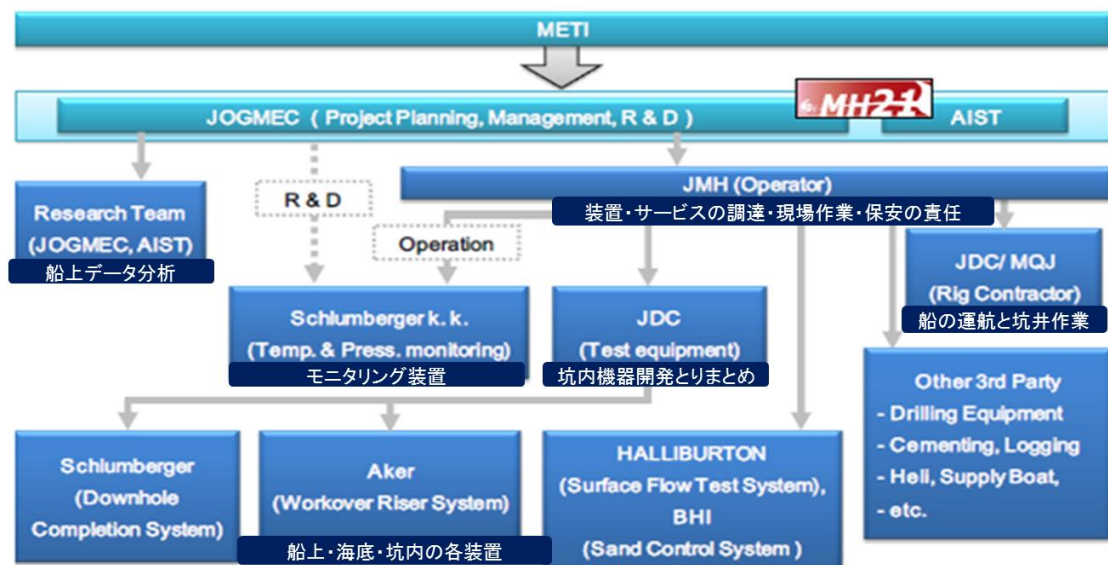
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

フェーズ3は、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構と国立研究開発法人産業技術総合研究所で組織されたメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21研究コンソーシアム）が経済産業省からの委託によって事業を実施している。コンソーシアム内には、4つのグループを設置し、役割を明確に分担している。

第2回海洋産出試験実施時には、試験を効率かつ効果的に実施するため、専用の実施体制を構築した。



研究開発の実施・マネジメント体制



役割:

JOGMEC: 実施主体、MH21の一部として研究開発に責任を持つ。

JMH(日本メタンハイドレート調査): オペレータ、鉱業法上の鉱業権者。作業と鉱山保安に責任を持つ。

MQJ(日本マントルクエスト): 掘削コントラクター、船(ちきゅう)の運行と掘削作業に責任を持つ。

JDC(日本海洋掘削): 坑内機器・ライザーシステム開発の取りまとめ。

他コントラクター: 坑内機器、モニタリング装置、検層: Schlumberger、ライザーシステム: Aker solutions、出砂対策装置: Baker Hughes、船上試ガスシステム: Halliburton、他

第2回海洋産出試験における実施体制

7. 費用対効果

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

海洋基本計画に記述の「平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始される」という目標時点における実用化のイメージに基づき、プロジェクト実施者として、以下のとおり試算した。(天然ガスの価格は貿易統計に基づく。)

(注: 事業化のメソッドが確立していないため、現段階では事業化されたときのイメージについて厳密な検討を行うことは難しい。

以下は、これまでの研究開発の成果から類推できる範囲で試算したものである。)

○メタンハイドレートガス田の商業化段階の生産量として下記の規模を想定
100万m³/日/1ガス田

○この規模のガス田が合計10箇所(10ガス田)、操業を開始した状況を想定(1,000万m³/日)。これは、我が国のLNG輸入量(現在の輸入量が当面ほぼ維持されると仮定)の5%程度(熱量換算)に相当。

(仮定の前提: スライド14に示した「東部南海トラフ」エリアでは10箇所以上のメタンハイドレート濃集帯を既に確認。その他の調査箇所でも、今後、それぞれ複数の濃集帯が確認され、これらの濃集帯がのうち10箇所が操業開始すると仮定)

○1ガス田の操業期間を15年とすると、これら10ガス田からのガス生産量は、
合計 約 54,750百万m³ と算出される。

○日本エネルギー経済研究所の「アジア/世界エネルギーアウトルック 2015(2015年10月)」によれば、日本市場の天然ガス実質価格(レファレンスケース)は2030年は12.8\$/MMBtu、2040年は14.1\$/MMBtuとの見通しであり、中間値として13.45\$/MMBtu(0.512\$/m³)をこの期間の近似値と仮定する。(1MMBtu≒25m³)

○これを上記の15年間の合計生産量に乗じると総額約28,032百万ドルの売上高となる。円・ドルの為替レートを1\$=120円と仮定すると、総額約3兆3,638億円の売上高となる。

(まとめ)

○上記のとおり、計画に沿う開発が実現できた場合には、産出されるメタンガス(天然ガス)の売上高がメタンハイドレート開発促進事業のこれまでの予算総額約1,000億円に比して30倍を超える売上を期待することができる。

(注: 本試算では、施設整備、操業費等、ガス田運営のためのコストについては除外している。)

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

Ⅱ．外部有識者（評価検討会等）の評価

1．事業アウトカムの妥当性

本事業は、エネルギー資源を持たない我が国において、メタンハイドレートをエネルギー資源の対象として世界に先駆けて研究開発に取り組むものであり、極めて挑戦的な事業である。

事業アウトカムについては、長期ガス生産に必要な技術基盤構築やその生産挙動の一定精度での予測など、研究開発の進捗を踏まえて概ね妥当な目標が設定されている。第2回海洋生産試験では、多くのデータが取得され、最終的なアウトカムである商業化に至る道を、着実に歩んでいることは評価できる。

一方、第2回海洋産出試験では新たな技術的課題にも遭遇している。今後、粘り強く課題の解決に向けた取組を行った上で、更なる産出等試験を通じて、メタンハイドレート開発への構想を固める必要がある。その過程では、産業界も取り込み、取り組みやすい課題から協調作業を拡大することも必要である。

【肯定的所見】

- ・（A委員）本事業は、世界に先駆けて海底下のメタンハイドレート層の開発を目指したもので、極めて挑戦的な研究開発事業である。事業は探査から開始して、生産手法の実証を達成するまで着実に進められている。本土周辺海域のMH層開発は地球温暖化対策における天然ガスの優位性にも通じるもので、その商業化には大きな経済的効果が期待される。フェーズ3における事業アウトカム達成目標は明確に設定されており、妥当である。すなわち、フェーズ2で実施した第1回海洋産出試験の結果を踏まえて、一定期間の海洋産出試験を実施することにより、長期ガス生産に必要な技術基盤の構築を実現するための知見・データの取得（目標Ⅰ）並びに長期ガス生産挙動の予測に必要な技術レベルの達成を図る（目標Ⅱ）とともに、商業化段階での開発システム等を提示すること（目標Ⅲ）を目標としており、民間企業主導による商業化を目指したものとしての的確である。
- ・（B委員）長期ガス生産に必要な技術基盤構築、また、その生産挙動の一定精度での予測など、研究開発の進捗状況を踏まえて、本フェーズにおける概ね妥当な目標が設定されていると考える。
- ・（C委員）エネルギー資源を持たない我が国において、メタンハイドレートをエネルギー資源の対象として、商業化された生産システムの構築は、世界初であると同時に日本の将来に与える影響など、非常に大きく重要なテーマである。このため、本事業は我が国としても重要な施策と位置付けられ、技術開発が進められてきた。当然のことであるが、今後ともこの事業は、世界に先駆けて国が積極的に進めるべき技術開発課題である。フェーズ3において設定された事業アウトカムは明確であり、その達成のため実施された海洋生産試験は、新たに多くの有益な情報と、同時に新しい課題を提供しており、最終的なアウトカムである商業化に至る道を、一步一步歩んでいる。引き続き最終アウトカムを目指してご努力頂きたい。
- ・（D委員）第2回海洋産出試験を経て、出砂、ガスと水の分離、長期操業などの課題解決にもとめられる技術開発が着実に進展し、新たに取得されたデータに基づく解析が進展中である。これにより、精粗はあるものの、商業生産を見通すに必要な要素が従前に増して明確にされつつあり、生産技術の大きな流れを産業界とタイアップしながら考察することができるようにな

った。本件研究開発事業を通じて、FLNG（Floating LNG：浮体式 LNG 生産施設）等我が国が競争力を喪失しつつある分野に新たな知的価値を付加するような技術への展開やその切掛けがつかめることも期待できる。

- ・（E 委員）資源小国である我が国のエネルギー政策としての方向性は妥当。日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果は当該資源の賦存量に依存する。可採埋蔵量の評価／推定が重要となるが、未開発の資源であることから試掘と並行してそれを進めることは妥当。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（A 委員）フェーズ 3 の事業アウトカムのうち目標ⅡおよびⅢは、目標Ⅰに掲げられている技術基盤と知見・データが前提となる部分があると考えられるので、重要度の高い目標Ⅰを更に追求して達成度を上げることが望ましい。
- ・（B 委員）次フェーズに向けては、資源量（埋蔵量）評価も含めて、より達成・未達成の評価がしやすい（できる範囲でより定量的な）目標・目標値設定の検討が課題であるとする。
- ・（C 委員）フェーズ 3 における事業アウトカムの目標値は、結果的に見ると、幾分高めに設定されていたと判断せざるを得ない。特に目標Ⅰ、Ⅱにおいては、生産実験が一定期間（約 1 ヶ月）安定的に出来る事を前提に設定されており、この前提が崩れる状況が想定されていなかったのか、検証が必要と思われる。フェーズ 3 では、そもそも海洋産出試験において一定期間の安定生産が行えること自体を目標値とすべきだったのかも知れない。海洋試験に関連して、幾つかの目標値が未達成である原因の一つは、自然を相手にするテストであり、どのような状況が起こりうるかと言う想像力が欠如していたと思われる。この点に関しては、次期フェーズでは十分な検討を期待している。研究実施者もおそらく納得して作られた研究項目が未達成であった事は、無理な計画を作ったと言う計画作成時の問題なのか、研究実施の際のプロジェクトのマネジメントの問題なのか、これらの点を明確にして、今回の教訓を今後に生かすべきであろう。
- ・（D 委員）第 2 回海洋産出試験によって解明された点は多数あるが、新たな技術的経済的課題にも遭遇している。一つ一つ粘り強く解決し、さらなる産出等試験を通じて、開発への構想を固める必要がある。その過程で、産業界の取り組みやすい課題から協調作業を拡大することが求められる。
- ・（E 委員）フェーズ 3 までの計画は、適切な見直しがなされており概ね妥当と云えるが、今後については見直すべきか。18 年間をかけて未だに可採埋蔵量を見通せていないことから、実現時期等の観点からアウトカム設定を見直すべきか。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

第2回海洋産出試験の実施は、フェーズ3の中で最も重要な事業アウトプット指標と考えられる。本試験の実施を通じて、一定の成果を上げるとともに、多くのデータや新たな知見を取得できたことは、今後のメタンハイドレートの研究開発において有益だと考えられる。論文発表も多く、同様の事業を進めている他国との比較において、本事業の技術的な優位性は高い。

一方、事業アウトプットについて、目標が多岐に渡って設定されているが、本来は優先度の高いものに限定すべきであり、また、なるべく達成・未達成の評価がしやすい定量的な目標を設定すべきである。また、研究開発内容について、第2回海洋産出試験においては、ガスの生産量が想定どおりに安定して増加しなかった等、新たな課題が生じたが、その原因や今後の対策についての検討が不十分である。

【肯定的所見】

- ・（A委員）フェーズ3の事業アウトカムを達成するために、海洋産出試験は最も重要な事業アウトプット指標と考えられ、その研究開発内容は明確・妥当である。第2回海洋産出試験の目的及び達成目標は、フェーズ2の第1回海洋産出試験で生じた技術課題に対応して的確に設定されており、坑井仕上げの異なる2坑井において実施したことは高く評価される。産出試験は、必要な（または適切な）期間の生産に対する貯留層の応答を観るもので、観測された圧力生産データはガスの生産能力を直接表すとともに、貯留層の応答を反映した間接的なデータと言える。十分なデータを得るには予想されるトラブルに対処した坑井仕上げと坑内機器の構成が必要である。圧力生産データから貯留層の応答（何がどこでどのような規模で起きているか）を評価するには精緻なシミュレーションが不可欠である。ここでの海洋産出試験では、非均質性の高い砂泥互層内の未固結砂層において、非均質な分布（拡がり）状態で賦存するメタンハイドレートを減圧によりガスと水に分解して産出しており、出砂および出水のリスクが高く、それらへの対応として坑井仕上げと坑内機器が設計されている。また、ガス生産レートを上げるには減圧を大きくする必要があるが、それに伴って地層内応力の歪から砂層内の粒子の噛み合わせに緩みを起こし、出砂および出水が加速されることが考えられる。このように極めて困難な条件下で第1回海洋産出試験が実施され、6日間の圧力生産データと出砂障害を含む技術課題が得られている。その成果は第2回海洋産出試験の準備、プログラム立案、目標設定に充分考慮されており、1ヶ月程度の安定した減圧と安定したガス生産を目標としたことは妥当である。試験結果では、2坑井においてそれぞれ12日間と26日間の圧力生産データが得られており、所期の目標をほぼ達成したと評価できる。圧力生産データは、貯留層の分析と評価、ならびに長期生産挙動予測の信頼性を高めるとともに、シミュレーションモデルの完成度を高めるために極めて価値が高い。
- ・（B委員）事前予測と実際の生産挙動に乖離が見られるなど目標通りに実施できなかった点も少なからずあるが、現段階では予測が難しいことが多い中で、今後研究開発を進めていく上で重要な多くの新たな知見、データを取得できていると考える。
- ・（C委員）フェーズ3において本格的な海洋産出試験が実施され、一定の成果を上げると同時に、多くの重要なデータが取得出来た点は、今後の我が国におけるメタンハイドレート開発時事業において、大変有益であった。また環境問題に関して、海洋産出試験前後において多くの

項目に対してモニタリングを行い、最終的にガス生産で生じる環境変化は小さいと判断出来る事を示せた点は、これからのメタンハイドレート開発遂行上、重要な知見が得られたと考えられる。これらのテーマに対しては、実際に産出試験を海洋で行う必要があり、産出試験の遂行無くしては得られなかった成果であり、大変重要なアウトプットであったと考えられ、さらに、それに伴い多くの論文発表もなされており、同様な事業を進めている他国との比較において、本事業の技術的な優位性は高いと言える。

- ・（D委員）フィールド開発、生産手法、環境アセスメントとリスク評価、経済性評価の面で手順を追って適切な実績が得られた。コンベンショナルな hidrocarbon 資源の開発ではなく、世界的に類例を見ない海洋におけるメタンハイドレートの開発実験であるため、数値目標が「発見→試験→改訂→試験→発見」というサイクルで動くことは避けられない。数値目標自体を絶えず洗い換え、課題を一つ一つ着実にこなし、数値目標の精度を高めていくという基本姿勢によるプロジェクトの進展は評価できる。
- ・（E委員）挑戦的な事業アウトカムに対し、その実現に向けた研究開発は着実に進められており、技術的知見を中心に目標とするアウトプットを達成しつつある。

【問題あり・改善とする所見】

- ・（A委員）ガス田におけるガス生産では、生産井に水がつくことは最も大きな問題である。既存の勇払ガス田でも深いガス井への出水によりガス生産が止まり、水遮断のために井戸のワークオーバーが余儀なくされている。メタンハイドレート層では、第1回海洋産出試験で実証されたように、ハイドレートの融解による一定の水生産は避けられない。本来、未固結砂層、メタンハイドレート非均質分布という貯留層難条件下で、坑底の減圧を大きくしてガス生産レートを上げれば、出砂・出水障害のリスクが高まる。第2回試験のP2井では出砂は制御されたが、出水の程度が大きく出たのはこのような現象と言える。出水対処には水流入を遮断する必要があるが、今回採用されたオープンホール・グラベルバックでは対処が困難と考えられるので、陸上試験で適用されたケーシングまたはライナー仕上げ等を含めて、坑井仕上げ方式の再検討が必要であろう。また、ガス水を坑底で分離・揚水している手法には、処理できる水量に限界があるので、混相のまま汲み上げることも検討に値する。いずれにせよ、難条件下のもと、高い生産レートでの長期の安定生産はリスクを伴う非常に高い目標である。逆に、減圧を抑えて、低生産レートでリスクを制御・回避しながら、どれ位の期間に亘って生産を継続できるかを確認する必要がある。第2回海洋産出試験で得られた生産データはシミュレーションによる結果と大きく乖離している。長期ガス生産挙動を高い精度で予測するには、精緻な地質モデルの構築と孔隙レベルの平衡・解離、砂粒子の流動、孔隙・地層崩壊等の動的現象についてモデルの改良が不可欠である。事業アウトプット指標として13の分野別課題が設定されているが、優先度の高いものに限定すべきではなかったか。
- ・（B委員）次フェーズに向けては、資源量（埋蔵量）評価も含めて、より達成・未達成の評価がしやすい（できる範囲で定量的な）目標・目標値設定、また、ブレークスルーを期待させるよりイノベティブな技術アイデアの検討等が課題であると考ええる。
- ・（C委員）2017年に実施された第2回海洋生産試験は、生産性を2坑井用意するなど、2

重の備えを持って臨んだが、ガスの生産性や生産挙動の解析に必要な情報取得に関して、初期の目標を十分には達成することが出来なかった。今回の試験において、出砂の問題に関しては解決されたが、新しい問題として、減圧が出来ない状況と、出水の問題がクローズアップされたと考える。これはフィールド開発技術の研究進捗が遅れていると言わざるを得ない。海洋でのメタンハイドレート層からのガス生産は、ターゲット層が海底からの深度も浅く圧密も十分受けていないため、必然的に貯留層であるハイドレート層が大きく破壊される行為であり、このような地層に対して大幅な減圧を行う結果として、出砂や出水が充分予測される。しかるに、出水に関しては事前の十分な検討が行われた様子が無い。さらに改善すべき点としては、今回の評価資料において、第2回海洋産出試験が目標を達成できなかった事、すなわち大幅減圧下での坑井の安定維持が出来なかった事に対する、考えられる掘削工学上の原因と今後の対策についての検討と言及が不十分な点である。シミュレーションなどによる貯留層の挙動と、観測データが一致しないと言う様な生産手法開発技術の問題と、孔内の安定維持が出来なかったと言う問題とを混同すべきでは無い。技術的な課題を明確にしない限り、同様な混乱している状況は続く恐れがある。まずは減圧法を使ったときの長期の安定した坑井の維持管理が当面の最大の技術課題であり、この問題が解決された後に、生産手法の開発を進めても遅くは無い。今後のメタンハイドレート開発に関しては、その経済性・商業性の検討が必須であるが、資料6の30ページの記載は、商業化されるための条件として、大規模で高生産率の貯留層の必要性を記載しているのみで有り、我が国のどのフィールドでこの条件が達せられる可能性があるのか等の具体的な記載は無く、単に夢を語っているに過ぎない。これまでの情報のみでは、民間の資源開発会社はメタンハイドレート開発への投資判断は困難と考えられる。

- ・（D委員）目標値に振り回されることのないように、かつ目標値から大きく外れる恐れが生じたときに、科学的に見直す基本姿勢の継続が強く望まれる。
- ・（E委員）商用化の見通しの鍵である可採埋蔵量については手探りの状態で、実用的な生産技術開発の目途を得ることを難しくしている。類似の知見（技術、経験）をもつ他国との連携を強化することも必要か。

3. 当省(国)が実施することの必要性

日本近海に存在するメタンハイドレート資源の開発は、国のエネルギー調達に大きな影響を与え得る重要テーマであり、極めて困難かつチャレンジングで巨額の研究開発投資が必要であることから、民間による推進は困難であり、国が主体となって産業界を巻き込みながら事業を実施する必要がある。

今後も、メタンハイドレート開発の商業化に向けて、多くの民間企業の参入を促進すべく、今まで以上に情報発信を行うとともに、これまでに培った技術や科学的成果を活用しながら研究開発活動を継続することが望まれる。

【肯定的所見】

- ・ (A委員) 本プロジェクトは国の事業として世界に先駆けて開始したもので、海底下浅層の固結メタンハイドレートの経済的産出を目指した極めて困難かつチャレンジングな研究開発である。実質的にゼロからスタートして、メタンハイドレート層の探査から産出試験に至るまで着実に成果を上げており、民間企業による商業化に繋がることに高い期待が寄せられている。
- ・ (B委員) 国のエネルギー調達に大きな影響を与えうる重要テーマであり、実現の可能性追求には莫大な投資と期間が必要となる一方で経済性評価が困難であるのが現状であり、民間企業が投資対象として評価できる段階までは国による実施が必要であると考えます。
- ・ (C委員) 資源輸入国である我が国にとって、日本近海に存在するメタンハイドレート資源の開発事業は、我が国エネルギー問題の根幹に関わる課題であり、国はこの技術開発事業を今まで通り積極的に推進し、将来民間企業がメタンハイドレート事業を営むことが出来るようになるまでの間、国が主体となって実施すべき研究開発事業である。
- ・ (D委員) 商業生産に向けた投資活動が本格化するまでに求められる基礎技術を確立し、データを集積解析することは、現時点では国が主体的に取り組まない限り不可能である。現在は、メタンハイドレートの海洋開発が関係者の話題に乗るようになって数十年が経過し、海洋産出試験が緒に就き、データ解析や掘削、産出、廃坑などに求められる技術開発が進み始めた段階で、ようやく商業生産への構想がより細かく描けるようになってきた。生産技術開発を巡って産業界の関心が急速に高まってはいるが、巨額の設備投資の前に巨額の R&D 投資が必要であり、当分の間、国が主体となって産業界を巻き込みながら進めていかざるを得ない。またそうすることによって、海洋開発、ハイドロカーボンの生産技術関連の技術進歩が図られ公共財化することが促進される。
- ・ (E委員) 不確定要素が多いことから、民間での推進は困難。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・ (A委員) 今後は官民連携体制を更に強化促進して、商業化プロジェクト開始のために優先度の高い技術開発に集中して取り組むべきである。
- ・ (C委員) メタンハイドレートが、将来エネルギー資源として自立し、商業化されるには、技術開発の各ステージにおいて民間への情報発信を続けることが重要である。このためには、メタンハイドレート賦存に関する情報のデータベース化と、それらの公開が必要と思われる。特に、既存のエネルギー産業企業以外の多くの民間資本の参入を促進するためにも、今まで以上の情報公開は必須であろう。また技術開発段階での民間資本の導入は、研究活動の活性化と合目的化す

る可能性が非常に高く、次フェーズにおいては、商業化を最終的なアウトカムとするのであれば、少ない割合でも良いが、民間資金を導入した形での研究開発事業の推進を、より積極的に考えるべきであろう。

- ・ （D委員）国の関与なしに海洋産出試験は成し得なかった事実を踏まえ、本件研究開発の技術的、科学的成果の活用を促進する努力の継続が望まれる。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

政府は、エネルギー基本計画や海洋基本計画において、メタンハイドレートの研究開発を主要施策として位置付けており、その方向性は明確で解りやすく、目標設定も適切である。また、研究開発実施者は、経済産業省が策定した海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を基に、より具体的な計画や目標を盛り込んだ実行計画を策定している点は評価できる。

今後も、商業化に向けたプロジェクト開始という目標に向けて、研究開発実施者は、実行計画の改定を検討する必要がある。その際は、研究開発事業を巡る外的な環境変化を考慮し、計画の見直しや事業の進捗よくが調整できるようにしても良いのではないかと考える。

【肯定的所見】

- ・（A委員）事業アウトカム指標に基づいて、フェーズ3における事業アウトカム目標値（計画）は極めて明確に設定されている。特に最も重要な海洋産出試験に当たっては、これまでに確認された技術課題の克服のために、坑井仕上げ、坑内機器等の設計・試験を徹底して実施した結果、2坑井で計36日間のガス生産を達成することができたと言える。
- ・（B委員）海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を踏まえて、より具体的な計画や目標を盛り込んだ実行計画を策定している。
- ・（C委員）メタンハイドレート開発に関しては、エネルギー基本計画や、海洋基本計画において、主要施策と位置づけられており、その方向性とロードマップの基本は、明確で解りやすく、目標設定も適切である。
- ・（D委員）試験的要素の高い事業であり、ロードマップには、試験で得られた知見を絶えずフィードバックしながら現実性のあるロードマップに作り替えていくことが求められる。そのようなプロセスが可能になるような地道かつ技術集約的作業が実行されている。
- ・（E委員）事業のアウトカムの設定は、現時点ではその達成時期を見直すべき時に来ていると思われるが、フェーズ3の計画時点では当初設定目標期限内に見通しを得る可能性を残しており、妥当性はある。

【問題点・改善とする所見】

- ・（A委員）今後、海洋産出試験データの解析を進めるとともに、全ての成果に基づいて総合的な検証を実施し、商業化プロジェクト開始に向けた準備として必要と考えられる更なる目標値の設定を行い、ロードマップを改定する必要がある。商業化には実用性、経済性の確保が不可欠であり、そのための研究開発の方向性を確認する必要がある。
- ・（B委員）次フェーズに向けては、より具体的、詳細なロードマップを関係者で確認することが重要であると考ええる。
- ・（C委員）メタンハイドレートの技術開発は、その対象が非在来型で、また国内に賦存する資源と言う性格のために発足したが、その後、米国におけるシュール革命は世界のエネルギー資源構造を大きく変え、油価にも大きな影響を与え、現在ガス価格は低迷している。このような研究開発事業を取り巻く外的な環境変化を考えると、商業化に向けたプロジェクトの開始時期も、見直しても良いのではないかと考える。しかも、フェーズ3で実施した技術開発項目では、目標に達していない課題も散見されるため、次期フェーズでの具体的かつ詳細なロードマップは、修正が

必要になると思われる。これに伴い、基本ロードマップとその目標についての再設定も視野に入れて、検討を開始してはどうかと考える。

- ・ （D委員）目標達成に至るまでの取り組みとして挙げられている諸項目には、本件研究開発当事者だけでは完遂し得ない外部性に依拠する点が多い。このため規制当局など他省庁や外国の関係者を有機的に巻き込んだ対応が望まれる。
- ・ （E委員）今後は、達成時期を含めた事業アウトカムの設定を見直すべきか。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

MH21 研究コンソーシアムは、現在、JOGMECとAISTによって組織されており、4グループによる運営体制の構築や適格な研究者の参画の上、民間企業の意見や技術も活用しながら研究開発が進められていることは評価できる。

一方、研究テーマとその担当グループが複雑に入り組んでおり、責任の所在が不明確になっている部分も見受けられる。今後は、研究テーマを見直すとともに、特に解決すべき研究テーマに対して責任をもって取り組む体制を構築すべきである。

【肯定的所見】

- ・ (A委員) MH21 研究コンソーシアムの4グループによる運営体制は妥当であり、研究開発計画の立案および研究開発の実施とマネジメントは適切に行われていると判断される。海洋産出試験の実施に際して、民間企業のもとにサービス企業の専門的な技術を活用する体制を構築しており、これが事業アウトカムの達成に繋がったと考えられる。
- ・ (B委員) 適切な実施体制、運営方法のもと、適格な実施者により研究開発が進められている。
- ・ (C委員) JOGMEC と AIST を中心にMH21 を組織し、将来での商業化を目標に民間企業の意見も反映される組織として運営されている。また活動資金の配分や、知財の取扱、コミュニケーションについても十分な配慮が払われており、これらの点には問題は見当たらない。
- ・ (D委員) 本件研究開発体制はステージングをまたぎ、中長期の体制が組まれており、チーム内の情報交換など意思疎通は十分に図られている。風評に類するとはいえ、現実には狭い関係者の間でシェアされ、信頼されている情報によれば、マネジメントやチームワークに関する評価は高い。
- ・ (E委員) 体制に特に問題はなく、実績としてチーム内の連携も良いと見受けられる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・ (A委員) フェーズ3の終了に当たって、これまでのメタンハイドレート研究開発等事業の成果と今後の課題について、詳細な公表の場を設けることが望ましい。特に、商業化に繋げるための技術的および経済的要件、必要な実施体制等について明示する段階と考えられる。
- ・ (B委員) 知財や研究開発データについての戦略およびルールについては十分な説明はなされていないのではと思う。次フェーズの研究開発計画を検討するに際して、体制・運営方法の見直し、強化の要否についてレビューしておくことが望ましいと考える。
- ・ (C委員) 本事業の技術的な説明を受けると、何時も戸惑い混乱するのは、研究テーマと研究組織が複雑に入り組んでいる点である。本来この事業は、(A) 推進(プロジェクト全体のマネジメント)、(B) フィールド開発技術、(C) 生産手法開発、(D) 資源量評価・経済性評価、さらに(E) 環境評価と考えられる。技術的内容から考えると、(B) の取り扱う範囲は海洋における井戸の掘削と安定維持、さらに生産テストに伴うデータの提供までであり、(C) が取り扱うテーマは生産テスト計画から、生産挙動の予測、生産テスト結果の解析、貯留層特性の評価を行うと定義されるならば、組織もそのように明確に分担して進めるべきである。しかしながら現状は、(C) は、別々の組織が入り乱れて進めており、統一が取れていない。今回の海洋生産試験が目標値に達せなかった理由も、この様な研究分野の仕分けの問題と、責任所在の不明確さ、さらに意思疎

通の悪さから来るものではないかと考える。未だ、減圧法による海洋での単一坑井からのガス生産が上手く行われていない状況においては、まずは海洋産出試験を成功させる事に必要とされるフィールド開発技術に、多くの力を注ぐべきであろう。このような状況が生まれた原因は、フェーズ1や2の当時のままの組織分けを踏襲していると思われるが、次フェーズからは大幅な組織構成の修正と、研究テーマの見直しを行い、ロードマップの目標値に届かないのは、どの研究分野に責任があるかという事を、明示的にさせるべきであろう。具体的には、アウトプットⅠを JOGMEC が、アウトプットⅡを AIST が全ての責任を持って進めるか、あるいは、これら (B) と (C) を統合して、個々の研究者が所属する組織は別でも良いが、最低限、一人のサブプロジェクトリーダーが全ての責任を持って、その分野の研究開発を進めるべきであると考え。

- ・ (D 委員) ないものねだりになろうが、メジャーやその下請けにある国際的チームならどのようなマネジメントになるのか、どこに違いや差が生じるか、という視点で振り返り、チームのクオリティの強化向上を常に目指す姿勢が求められる。
- ・ (E 委員) 社会 (国民) への説明は不足しているのでは。エネルギー問題は、長期的にみてかつ社会全体へのリスクも含めた価値評価を広く議論する必要がある。経済性評価や環境への影響について、如何に幅 (ある意味でリスク) があるかを明確に示すことが重要。議論を乗り越えれば、チーム内外における推進動機づけに繋がる。

6. 費用対効果の妥当性

投入される費用に対し、大きな効果が得られる可能性はあることが示されており、投入費用に対する成果・効果は妥当である。

一方、現時点で可能な費用対効果の試算は不確定要素が多いことから、今後、数字の信頼性を高める努力や環境変化を踏まえて試算の見直しが必要である。

【肯定的所見】

- ・（A委員）第1回及び第2回海洋産出試験により、3坑井において最長26日間の生産挙動データが得られており、今後更なる産出試験を実施することで、費用対効果の試算の信頼性を高めることができる。フェーズ3に限れば、出砂障害を克服して26日間に亘る貴重な生産データを取得しており、投入費用に対する成果・効果は妥当である。
- ・（B委員）実現時のインパクトの大きさを表現する一例としては理解できる。
- ・（C委員）この件に関しては、資料を見る限り費用対効果は充分高いと考えられる。
- ・（D委員）資源量や生産コスト、固定投資負担など経済計算の主パラメータは今後変動する可能性が高い。ただ、楽観性を排除した前提条件では、輸入LNGとの対比において競争的価格が可能とみられる。また、輸送技術次第で国産エネルギーの強みがもたらされることが期待される。
- ・（E委員）投入された資源量に対し、大きな効果が得られる可能性はあることが示されている。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（A委員）現時点では商業化に繋がる長期の生産挙動、必要な坑井数、坑井仕上げ費、坑内機器の再利用性等の不確定要素が多く、商業化段階における生産規模を対象とした費用対効果の妥当性を評価することは時期尚早である。
- ・（B委員）基本的には国内需要対応が優先されると考えるため、価格高騰時対応を含めエネルギーセキュリティ面での効果、グローバルマーケットからのLNG調達に与える影響、より低コストで確保できた場合の効果としての表現の検討も必要ではないかと考える。
- ・（C委員）現在の試算には多くの仮定が含まれており、少々説得力に欠けるかも知れない。これから次フェーズにおいて、この仮定された数字の信頼性を高める努力を期待している。
- ・（D委員）研究開発事業の費用対効果は前提条件次第で大きく動く。現時点でも費用対効果分析は報告上必要かもしれないが、精緻にすればするほど机上の空論化しやすい点を割り引いて考えるべきである。むしろ、領海内ないし排他的経済水域内での資源開発の経済性、特に低廉な輸送コストの確保を目指す開発システムを如何に立ち上げるのか、重点的に考える必要がある。
- ・（E委員）その可能性が現実的な見込みとして認識できるところまで到達しておらず、累積投資を考えると、今後は目標及び実現時期を見直すべき。

7. 総合評価

我が国の次世代エネルギー資源になり得る可能性があるメタンハイドレートに関する研究開発は、我が国にとって喫緊の課題であり、経済産業省が積極的に研究開発を進める意義は大きい。

フェーズ3（平成28年度から30年度まで）の主な取組事項である第2回海洋産出試験においては、第1回海洋産出試験で確認された出砂等の課題を克服するとともに、2坑井で36日間の生産を成功させるなど、研究開発を進めていく上で必要な知見や経験が取得できている。非常に多くの研究要素があり、高度な水準の目標の達成が求められるため、成果が未達となっている箇所もあるが、着実な前進が図られていると評価できる。

一方、事業アウトプットにおける目標の設定については、より定量的に示すことが望ましく、設定された目標や達成時期は、時間も含めた累積投入リソースと今後の開発リスクに応じて、随時見直すべきである。また、研究開発マネジメントについては、研究項目の選択と集中が無く、研究開発活動が発散しているように見受けられることから、プロジェクトの方向をより集中させ、責任の所在を明らかにした上で、研究開発を進めるべきである。更に、新たに生じる課題に対しては、柔軟かつ迅速に、そして、世界中のリソースを活用できるような取組も必要である。

【肯定的所見】

- （A委員）事業の目標設定が適切になされており、目標達成のための主要な事業アウトプットとして第2回海洋産出試験を成功させた。本産出試験では、第1回海洋産出試験で確認された技術課題に有効に対処し、2坑井で36日間の生産挙動データを取得しており、高く評価される。この試験データは長期生産挙動予測のためのモデル構築に極めて重要である。海洋産出試験に際しては、周到な準備と結果の分析ならびに今後の技術課題の抽出等、プロジェクトの管理が適切に遂行されている。2回の海洋産出試験で大きな成果を得たことにより、本事業は大きく前進すると共に、商業化に繋がるフェーズの端緒に着いたと考えられる。
- （B委員）非常に多くの検討要素があつて、その関連性も含めて不明確な点が多く予測が難しい中でチャレンジしている状況であり、重要な要素の一つである生産挙動についても事前予測と実際に乖離が見られるなど目標通りに実施できなかった点も少なからずあるが、一方で解決に目途を立てることができた課題や新たに得られたデータもあり、今後研究開発を進めていく上で重要な知見、経験を多く取得できていると考える。
- （C委員）我が国の次世代エネルギー資源になり得る可能性があるメタンハイドレートに関する技術開発は、地球温暖化対策と関連して、我が国に取っては喫緊の課題であり、経済産業省が積極的に研究開発を進められていることは大変心強い。引き続き技術開発に邁進して欲しい。
- （D委員）新種エネルギー資源であるメタンハイドレートの海洋開発という複数のハードル越えを求められる研究開発事業であることを考えると、着実な前進が図られていると評価することができる。続出する課題克服への努力が学習効果を促進させているように見受けられる。特に第2回海洋産出試験では、事前掘削、ガス生産実験、廃坑作業、データの取得、解析作業が進み、従前に明らかになっていた出砂等の課題に関し様々な改善がもたらされた。これにより、時間や予算、人材等資源の制約による精粗はあろうが、先行きの諸問題が従前に増してより明確に見通せるようになってきている。応分に、研究開発事業のコンセプトとデザインを精緻化させ課題が絞り込みやすくなってきており、関連する産業界、企業との連携の余地が拡大している。

- ・（E委員）フェーズ3終了時点での中間評価としては、目標を達成しつつあると云える。設定された目標水準が高いため未達の部分は多々あるが、目標達成に向けた多くの重要な知見が得られている。見直すべき点はあるものの、大幅に見直す必要があるとは云えない。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・（A委員）商業化の目標に向けた技術整備には、今後、更に海洋産出試験を実施する必要があるだろう。商業化のためには、開発・生産コストをできるだけ低く抑える必要があり、特に坑井仕上げの簡素化、坑内機器の再利用化等を図る必要があると考えられる。国際的共同研究によって技術開発の促進を図ることも望ましい。
- ・（B委員）より達成・未達成の評価がしやすい（できる範囲で定量的な）目標・目標値設定の検討が課題であるとする。
- ・（C委員）本プロジェクトは、技術マネジメントが充分出来ていないという印象を持つ。多くの関係者がバラバラに研究を進めているように思われ、研究テーマの選択と集中が無く、発散しており、最終の目的に向かって収斂しているようには見えない。悪く言えば、個々の研究者が、好きで出来ることをやっているという印象も受ける。本プロジェクトは既に18年間実施されて来たが、未だに新しい根本的な課題が次々と見つかるような現状であり、なかなか次に進めない状況にある。具体的に何をどのように改善すれば良いかは分からないが、重要と思われるのは、成果を急がず、もう少し時間を掛けるつもりで、研究開発テーマを減らし、プロジェクトの方向をより集中させ、責任の所在を明らかにし、具体的な目標値を今まで以上に明確化して、進めた方が良くであろう。
- ・（D委員）これまで得られた技術的蓄積や諸作業のノウハウを発表・活用できる形に加工・蓄積し、公共財化することが期待される。わけても、関与してきた人材を教育・育成の現場に活用するなど、将来の科学技術・産業発展への貢献への方途を具体的に考える必要がある。多様な組織や機関が多少なりともオーバーラップしながら手掛けていると思われる海洋開発の技術を効果的に取り込み、その国家的集積を常に心掛ける必要がある。実験途上で招来する課題に柔軟かつ迅速に、そして世界中のリソースを大規模に活用できるような取り組み（そのようなことができる人材の促成栽培的育成や取込みを含めて）が可能になるような予算上のバックアップがビルトインされている必要がある。
- ・（E委員）時間も含めた累積投入リソースと、今後の開発リスク（十分な埋蔵資源量が見出せない）を勘案して、目標及びその達成時期を見直すべき。リスクを最小化すべくステップ・バイ・ステップに進めることや海外の知見のより積極的な活用、資源の高付加価値利用による経済性向上策の検討など。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

我が国のエネルギー事情を勘案すると、本事業は継続すべきである。ただし、ステップ・バイ・ステップに進めることや、海外の知見をより積極的に活用する視点等をもって、常に適切な計画への見直しが必要である。

今後は、先ず第2回海洋産出試験の検証と生産・圧力データの解析を十分に行うとともに、減圧によるメタンハイドレートの熱力学・化学的な解離現象に加え、地層の非均質性や水層の影響などの複合的な現象を考察するため、シミュレーションによる解析を十分に行い、必要なモデルの構築・改良を実施することが望まれる。その上で、商業化に繋げるためには、長期のガス生産実験の実施と開發生産コストを低減するための技術開発が必要である。

陸上産出試験を実施するならば、地層の条件が良い場合を選び、1年間程度の安定生産を通じ、商業化できるという事例を世界で最初に示すべきである。その上で、より困難な日本近海での海洋産出試験にチャレンジすることが最終的なアウトカムへの近道である。

これまで無関係と思われていた業界の製品や、ノウハウ、研究成果の取り込みなど、ブレークスルーが期待させるイノベティブな技術アイデアの検討、取組を期待する。

今後の計画策定に当たっては、評価がより明確となるよう、可能な範囲で定量的な目標を設定することが望ましい。また、本事業は、多くの課題や研究分野を対象とし、同時並行的に研究を進めていくことになるため、優先順位や資源配分の重み付けを考慮する必要がある。

【各委員の提言】

- ・（A委員）従来型のガス田の開発には、商業化に先立って評価井による十分な生産・圧力データの取得と評価が必要である。また、産出能力やガス田の拮がり等を評価するために通常、長期のフローテストが実施され、生産・圧力データが取得される。本事業は、海底下の未固結砂岩層内に存在するMHを流動化させて産出するもので、生産・圧力データの重要性は従来型ガス田の場合と同じであり、これまでに2回の海洋産出試験を行い、データ取得に至っている。その結果、本事業は実際の生産に伴う貯留層の応答およびトラブルの原因と規模を評価できる段階に来ており、今後の産出試験に生かすことで大きな前進が期待できる。

今後は、まず産出試験の検証と生産・圧力データの解析を充分に行うことが課題である。生産・圧力データを観察した限りでは、ガス産出挙動に影響する要因として、減圧によるメタンハイドレートの熱力学・化学的な解離現象に加えて、地層の非均質性や近接する水層の影響等が大きいことがうかがえる。このような複合的な現象を考察するため、シミュレーションによる解析を充分に行い、必要なモデルの構築・改良を実施することが望まれる。

シミュレーションモデルの完成度を高めることにより、信頼性の高い長期のガス生産挙動の予測が可能となり、それに応じて更なる海洋産出試験実施の必要性和実施内容等を適切に判断できると考えられる。商業化に繋げるには、長期のフローテストの実施と開發生産コストを低減するための技術開発が必要であろう。

- ・（B委員）今後の計画策定にあたっては、フェーズ3での計画や目標、それに対する実績についての振り返りの反映及び評価の判断がより明確となる内容での（できる範囲で定量的な）目標及び目標値を設定することが望ましいと考える。また、多くの課題、研究分野を対象として、同時並行的に作業を進めていくことになるため、各要素について、相関の有無を含み関係を分析し、

民間企業が投資対象として評価するため必要条件を踏まえて、優先順位や資源配分の重みづけを考慮した計画の策定を期待する。加えて、ブレークスルーを期待させるイノベティブな技術アイデアの検討、取り組みをお願いしたい。

- ・（C委員）今までに、このプロジェクトでは2回の海洋産出試験を行って来たが、1回目は出砂のため設定された目標に届かなかった。そして2回目は、出砂の問題は解決されたが、出水が多く、減圧が困難となって、目標値に届かなかった。これら全ては、未知のターゲットに対して研究を進めているためと考えられる。かつて石油業界においては、今回の様にハイドレートが溶けた後は未固結になる地層に対して、坑井内での大規模な減圧を行った経験は無い。この課題を突破し、さらに不均質と言われる貯留層に対して、高い生産効率と最終可採量を増加させる方法を、工学的にどのように作り上げて行けば良いか、残念ながら今回の評価資料では、その方向性がまだ見えない。またこれらの原因である出水に関しても明確な対策の記載が見えない。今求められているのは、石油業界での常識をゼロから疑って課題に向かう姿勢であり、特に掘削技術に関しては、より本腰を入れて対応する必要があるにもかかわらず、それが今回の一連の資料からは読み取れない。この状況は技術開発プロジェクト推進上、大きな問題点であるとする。課題が出てきたら、たとえ仮説であっても、その原因を明確に提示して、グループ全体で課題を共有し、検討し、解決していかない限り、成果は上げられない。その意味では、このプロジェクトでは研究の方向性を失いつつあると言わざるを得ない。さらに本プロジェクトの実行計画は、最も困難な状況に対して、一足飛びでチャレンジしているようにも見える。まず地層が未固結である点、次にハイドレートの分布が不均質である点である。世界にはメタンハイドレートから産ガスしているガス田も存在していると言われているが、これらは陸上で、砂層の固結度もそこそこ有り、均質な地層と思われる。次期フェーズにおいて陸上生産試験を進めるのであれば、まずこのような場所を選び、メタンハイドレート層からの産ガスが、コストはさておき商業化出来る（1年間程度の安定生産）という事例を、世界で最初に示すべきである。その上で、より困難な日本近海の海洋でのメタンハイドレート層にチャレンジする道が、多くの面において最終的なアウトカムに近づき易い様に考える。
- ・（D委員）パイロット的なサイズであれ実際に相当程度の期間操業できることを示す必要がある。そのために、問題の洗い出しと、その解決を徹底する必要がある。そのような工程を効果的に進めるために、空想的ではあるが、例えば、以下のような点を満たす必要はないか。

①これまで途次で断念した作業や繰り返した方がよい作業や実験の実施による商業パイロット実験を可能にする前提条件の整備…これまでの開発試験において様々なリソースの欠如により、見送った作業や解析、試掘などを整理し、不足する点を重点的に埋め合わせる。特に長期操業を見送らざるを得なかった生産実験は再開させる必要はないか。それらにより、商業化へのパイロットプラントや実験プラントを立ち上げるために必要なパラメータが確認できるなら、繰り返しになろうと同じ実験は必要なのではないか。

②資機材の工夫…実際にパイロットプラントに必要な資機材の開発や発注を通じたりバースエンジニアリング的部品等製造技術やノウハウの確立、新たな物性や新素材さらには高機能センサなどの積極的活用による諸問題のブレークスルー。無関係と思われていたような業界（たとえば高度通信、新素材、AI等）の製品、ノウハウ、研究成果の取り込みによるニッチの発見や

活用やシステムの標準化、ノウハウの創出。

- ・（E委員）わが国のエネルギー事情を勘案すると、本事業は継続すべきと考える。ただし、既に述べたように、常に適切な計画の見直しが必要。具体的には、リスクを最小化すべくステップ・バイ・ステップに進めることや海外の知見のより積極的な活用の視点などが必要。

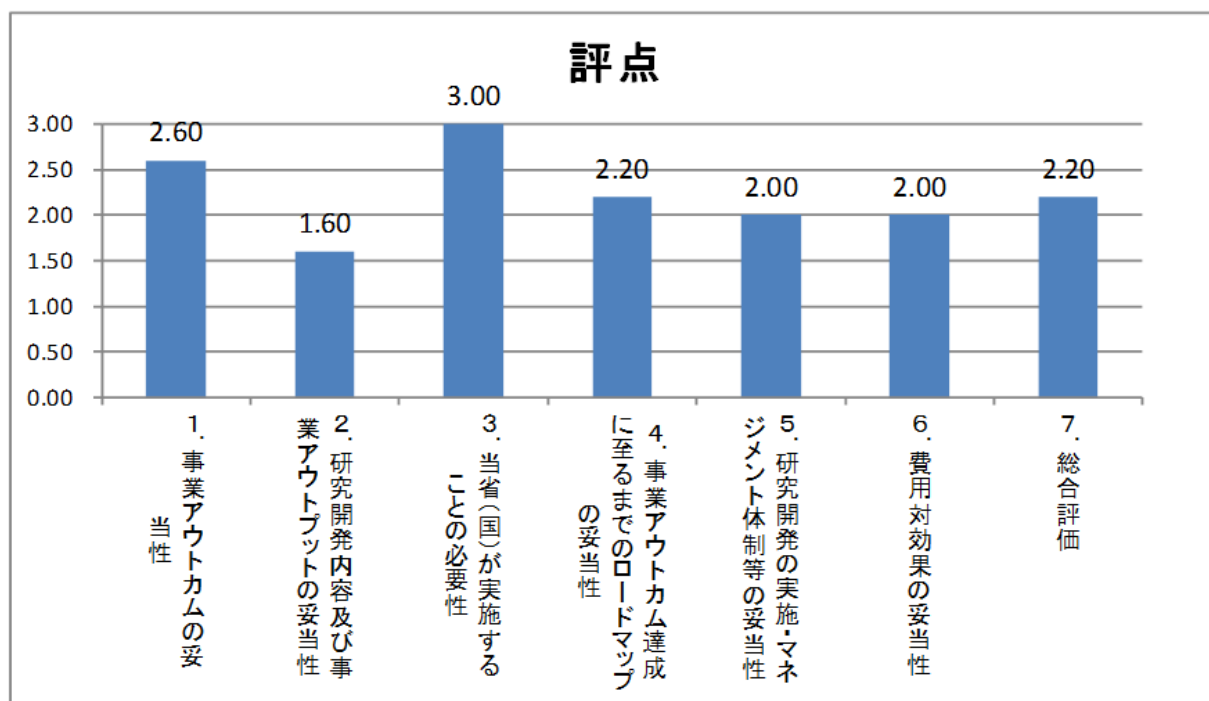
多くの貴重な知見が得られつつあり、その成果を如何に活かすかが本事業の成否を左右する可能性がある。資源の高付加価値利用による経済性向上策の検討などが考えられるが、プロジェクトの若手メンバーによる知恵だしの議論に期待したい。可能であれば、本事業と並行して、プロジェクト外にも議論の輪を広げてはどうか。（ブレイクスルーは、異との接触あるいは連携に依ることが多い）

＜上記提言に係る担当課室の対処方針＞

（評価検討会終了後に、提言に対する対処方針を整理し、追記する。）

Ⅲ. 評点法による評価結果

	評点	A委員	B委員	C委員	D委員	E委員
1. 事業アウトカムの妥当性	2.60	3	2	3	3	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	1.60	2	1	1	2	2
3. 当省(国)が実施することの必要性	3.00	3	3	3	3	3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	2.20	3	2	2	2	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.00	3	2	1	2	2
6. 費用対効果の妥当性	2.00	2	1	3	2	2
7. 総合評価	2.20	3	2	1	3	2



【評価項目の判定基準】

評価項目 1. ～ 6.

3点：極めて妥当

2点：妥当

1点：概ね妥当

0点：妥当でない

評価項目 7. 総合評価

3点：事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点：事業は良好であり、継続すべきである。

1点：事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点：事業を中止することが望ましい。

IV. 評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等

評価ワーキンググループの所見【中間評価（平成 27 年度）】

<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。

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【中間評価（平成 27 年度）】

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り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。

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。

評価小委員会のコメント【中間評価】（平成 23 年度）

- ・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算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、それに関わらず、海洋算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。

コメントに対する対処方針【中間評価】（平成 23 年度）

- ・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、長期陸上算出試験を経ずに海洋算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。

評価小委員会としての意見【中間評価】（平成20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。