

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

2019 年 12 月 6 日

MH21-S研究開発コンソーシアム

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

国立研究開発法人産業技術総合研究所

日本メタンハイドレート調査株式会社

目次

<緒言>	2
<定義>	2
1. 砂層型メタンハイドレートの研究開発概要	4
1.1 海洋基本計画と海洋エネルギー・鉱物資源開発計画	4
1.2 これまでの研究開発概要（フェーズ3（2016～2018年度）の成果）	5
1.3 解決すべき技術課題	6
2. 砂層型メタンハイドレートの研究開発（フェーズ4）実行計画	7
2.1 次フェーズ海洋産出試験等に向けた取組（2019～2022年度）	8
2.1.1 生産技術の開発	8
2.1.2 有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	16
2.1.3 環境影響評価	19
2.2 方向性の確認・見直し（2022年度頃）	21
2.3 長期的な取組（2019～2027年度頃）	21
2.4 その他	24
2.4.1 コンソーシアム事業全体に関する推進業務	24
3. 実施体制	25
<付録>	29

＜緒言＞

本実行計画は、経済産業省資源エネルギー庁の「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（メタンハイドレートの研究開発）」のうち、「①砂層型メタンハイドレート」の実施者である、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）、国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）及び日本メタンハイドレート調査株式会社（JMH）が組織するコンソーシアム（以下、「MH21-S研究開発コンソーシアム」、あるいは「MH21-S」と称する。）が、第3期海洋基本計画（2018年5月閣議決定）及び海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（2019年2月経済産業省改定）に基づき、2019年4月から2023年3月までの期間（以下、「砂層型メタンハイドレート研究開発フェーズ4」、あるいは「フェーズ4」と称する。）の実施の目的と目標、実施体制、及び実施内容を定めるものである。

＜定義＞

本実行計画においては、用語を以下のとおり定義する。

「原始資源量・可採埋蔵量・技術的可採量」

原始資源量（gas in-place）は、当該貯留層に含まれる該当資源全量を示す。可採埋蔵量は、技術的・経済的に採取可能な量を示し、その値は評価時点で適用可能な技術、及びガス価格を含む経済的な条件によって変動する。メタンハイドレートの場合、現状で経済性を評価することが難しいため、ここではある程度現実的な技術で採取可能な量を技術的可採量と呼ぶこととする。

「有望濃集帯」

メタンハイドレートを高い飽和率で胚胎する砂層が、資源としての価値を持つ一定の厚さと広がりをもって存在する構造を「メタンハイドレート濃集帯」と呼ぶ。その中で、技術的、経済的、及びその他の条件により、将来的に資源開発の対象となる可能性があり、研究開発の対象として特に価値が高いと判断されるものを「有望濃集帯」と呼ぶ。

なお、地震探査のデータのみしか得られない段階では、資源の存在の確証がなく、量进行评估するのに必要な情報も不足なため、「有望濃集帯候補」とする。

「次フェーズ海洋産出試験」

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（2019年2月経済産業省改定）において、2023～2027年度の期間に実施される計画の「次回海洋産出試験」に関して、本実行計画では他の活動との混同を避けるために、「次フェーズ海洋産出試験」と表現する。

「試掘」

次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点抽出の目的で、我が国周辺の有望濃集帯候補においてフェーズ4中に実施される予定の掘削作業。物理検層データ取得、コアサンプル取得等を主たる目的とし、また

簡易生産実験を含む。

「簡易生産実験」

試掘作業の一環として、貯留層特性把握の目的で実施される計画の、小規模・短期間のガス生産実験。「次フェーズ海洋産出試験」とは異なる。

「長期陸上産出試験」

長期間にわたるメタンハイドレート分解挙動・ガス生産挙動の取得等を目的に、フェーズ4中に実施予定の陸上産出試験。

「海洋開発システム（開発システム）」

メタンハイドレート資源開発の目的で、海底面下、海底、洋上に設置される、掘削、生産、ガス輸送、及び作業のサポートのための一連の施設・設備・機器・装置（ハードウェア）、及びそれらの運用のための仕組み（ソフトウェア）の全体。

「生産システム」

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。具体的内容は、該当箇所において示す。

「旧開発計画」

2001年7月に経済産業省が発表した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」を指す。2018年度までの18年間（当初、2016年度までの16年間だったが、2008年に2年間延長の見直しが行われた）にわたり研究開発が実施され、2001～2008年度はフェーズ1、2009～2015年度はフェーズ2、2016～2018年度はフェーズ3と、3つのフェーズから成る。

1.2 これまでの研究開発概要（フェーズ3（2016～2018 年度）の成果）

フェーズ3の期間中、2017 年度には減圧法を用いた第 2 回海洋産出試験を実施し、2 坑井で合計 36 日間のガス生産を実現した。その結果、第 1 回海洋産出試験で生じた出砂対策等の技術課題への対応策はおおむね検証できたが、想定どおりに生産量が安定して増加しないなど、新たな課題が生じた。

また、第 2 回海洋産出試験後、技術課題や経済性評価、我が国周辺の資源量評価、周辺環境への影響等を含めた総合的な検証を実施した。

一方で、フェーズ3中には、民間企業の参入を促すための仕組み作りとして、民間企業への研究開発業務の委託や研究開発成果の对外公表等を通じて、民間企業に対する技術と知見の共有を図った。その結果、石油開発やエンジニアリングなどの民間企業間においても知見の共有がなされ、海洋産出試験等への参画を目的とした民間企業が設立された。

長期陸上産出試験については、2018 年 12 月、日米共同で米国アラスカ州の試験候補地点の試掘調査を実施した結果、メタンハイドレートの賦存を確認したことから、現在、試験の2019年度には実施に向けた準備を実施している。

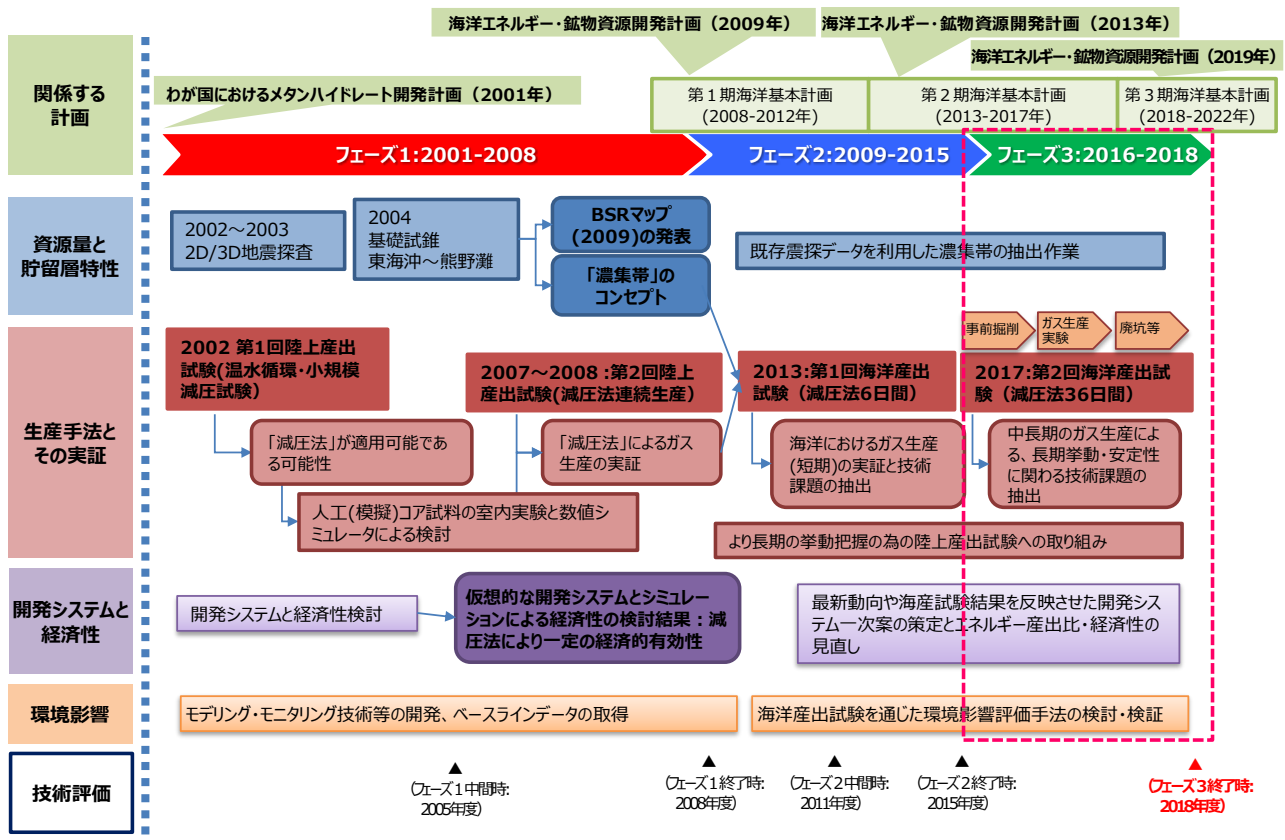


図2 砂層型メタンハイドレートの研究開発におけるこれまでの取組経緯

1.3 解決すべき技術課題

「新開発計画」では、解決すべき技術課題が整理されている。主要な課題を以下に示す。

①生産技術に関する課題

第2回海洋産出試験では、生産量が想定とは異なり安定的に増加しないなど、新たに課題が生じた。このため、これまでの産出試験の取得データを見直し、生産の安定性阻害要因を抽出するとともに、その要因に合わせた解決策や大幅な生産量の向上、コスト低減に向けた検討を行う必要がある。

生産挙動予測や技術的可採量評価に係る技術は、生産システムの設計や経済性評価を行う上で必要不可欠なものであるが、これまで実施された陸上・海洋の産出試験においては、数値シミュレーションによる事前の予測と実際の結果にかい離が生じており、その理由が明らかになっていない。このため、それらのかい離の原因を追及し、技術改良を行うことによって、本技術の信頼性向上を図る必要がある。

また、これまでに実施された海洋産出試験は最長でも数週間であり、長期安定生産等に関する十分なデータが得られておらず、また、長期安定生産等に関する技術も実証されていないことから、より長期の産出試験が必要である。

②有望濃集帯の抽出に関する課題

有望濃集帯を抽出するためには、最適な抽出条件を追求するとともに、既存の探査データの解析や三次元地震探査による探査データの取得・解析等が必要である。

また、それらの結果を踏まえ、次フェーズ海洋産出試験の実施に向けた試験海域候補地点を抽出し、それらの海域での試掘（簡易生産実験を含む）を準備・実施する必要がある。

2. 砂層型メタンハイドレートの研究開発（フェーズ4）実行計画

フェーズ4の全体目標を、

- ◆ 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。

と定める。

フェーズ4は、次フェーズ海洋産出試験に進む前に、これまでの成果を見直して現象の理解を深め、メタンハイドレートの商業的な生産を目指した技術開発（生産技術の開発）を進めるとともに、有望濃集帯を中心に資源量のポテンシャルを確認する調査（有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査）を実施する期間と位置付けている。加えて、環境影響評価と、長期的な取組を継続する。

なお、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、次のフェーズへの移行条件を明確にすることとした。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行う。

フェーズ4の各項目の実施スケジュールを表1に示す。

表1 フェーズ4実施スケジュール

年度		2019	2020	2021	2022
マイルストーン		①	課題の抽出と解決策を考慮した開発方針の提示	②	試掘実施の可否
a) 次フェーズ海洋産出試験に向けた取組					
生産技術の開発	総合的検証に基づく課題解決策の検討	貯留層評価に関する総合的検証		陸産試験の評価、方向性の見直しに向けた整理	
		生産システム等に関する総合的検証		三次元探査等の評価、方向性の見直しに向けた整理	
	貯留層評価	モデル、生産挙動予測手法等の見直し、生産挙動予測の実施、コアの分析等			
	生産システム改良	試験仕様の検討、使用機器検討他			
		FEED 準備			
	長期陸上産出試験	試験仕様の検討、機器等準備	長期陸上産出試験（坑井掘削、ガス生産等）結果の分析		
	有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査	調査仕様の検討、準備、調整	三次元地震探査（調査）	結果の解釈・検討	
		試掘、簡易実験仕様検討	機器等作業準備	試掘、簡易実験	解析
環境影響評価	海洋産出試験海域（第1回及び第2回、次フェーズ）における環境調査、次フェーズ海洋産出試験に向けた環境影響の検討等				
b) 長期的な取組					
長期的な取組		商業化に向けた法規制、耐震設計、ビジネスモデル、経済性、周辺海域における資源量評価等に関する検討			

上記表中太い矢印で記載された部分については、本プロジェクトにおける重要性の高い現場作業を示す。

なお、それぞれの項目の実施時期については現時点で想定される見通しを記載しているため、進捗状況等により変更となる可能性がある。

2.1 次フェーズ海洋産出試験等に向けた取組（2019～2022 年度）

2.1.1 生産技術の開発

「生産技術の開発」では、目標を、

- 長期安定生産の見通しがつき、生産挙動予測の信頼性向上がされていて、長期陸上産出試験で検証されていること。
 - 貯留層内並びに坑井近傍の現象の理解が進み、生産の安定性を阻害する要因の抽出と分析が行われ、対策技術が提示されること。
 - 生産挙動予測の信頼性が向上して、有望濃集帯においては経済性の基準を満たすことが期待される 1 坑井あたりの生産レート（日産 5 万立方メートルが目安）※¹が見込めることが示されること。
 - 生産挙動予測の信頼性は長期陸上産出試験における長期生産挙動のデータ等により確認されていること。
 - 生産技術の改良がなされ、海洋で数か月程度の連続生産が可能な技術の見込み※²が得られていること。

と定め、中間目標を、

【マイルストーン①】（2019 年度末頃）

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

【マイルストーン②】（2021 年度末頃）

- 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。

と定める。

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

※2：生産技術に関しては、FEED（Front End Engineering Design、基本設計）が着手できるレベルの成熟度であることを基準とし、その実証は 2023 年度以降の次フェーズ海洋産出試験等で行うものとする。

イ) 総合的な検証に基づく課題解決策の検討

＜研究開発の現状と課題＞

貯留層応答に関しては、シミュレーション結果と計測されたガス・水生産挙動等との間に差異が見られ、生産挙動予測、ひいては技術的可採量予測の信頼性が十分ではないことがわかり、それらの予

測の信頼性を高めるためにその原因究明が課題となっている。これらの課題について、各チーム（3. 実施体制で詳述）が実施するそれまでの成果をとりまとめて研究開発計画を立案する必要がある。

生産システムに関しては、海洋における数週間程度の連続生産を実現したものの、予定していた減圧度を達成できなかったことや、気液分離・フローアシュアランス※3などの課題が残ったことなど、いまだに技術の不確実性があることも明らかとなったため、課題の原因究明と解決策の検討が必要である。

長期生産挙動の把握には長期陸上産出試験が必要であり、データが取得された後はその結果の分析と、海洋における生産挙動予測・生産技術開発に反映させる必要が生じる。また、三次元地震探査の結果を評価して、簡易生産実験を含む試掘作業の実施地点及び実施内容の検討を行う必要が生じる。

※3：フローアシュアランス（Flow Assurance）：坑井から生産される油・ガス・水の多相流体が管内を確実に流れるよう管理すること。

<実施内容>

これまでの研究成果をとりまとめ、知見を整理するとともに、解決すべき課題を明確化して研究計画を策定する。

- ① 生産システム、貯留層評価のそれぞれに関して、これまでの海洋産出試験において発生した現象を解析し、評価を行い、課題と考えられる事項と解決策の案を抽出し、以後の研究計画を策定する。（2019年度末まで）
- ② 三次元地震探査、及び陸上産出試験等の研究成果を評価する。また、試掘実施地点の検討を行ない、試掘・簡易実験における評価項目・データ取得項目等を定める。（2021年度末まで）
- ③ それまでの研究開発の成果に試掘等で得られた知見を加えて、有望濃集帯、海洋における長期生産技術、長期生産挙動予測の信頼性、及び環境影響評価等その他の課題について研究開発の成果を評価し、方向性の確認・見直しに資する知見・情報の取りまとめを行う。（2022年度末まで）

<実施方法>

本検討は、各チームが実施する研究開発の成果を、チームリーダー、プロジェクトマネージャーが情報共有し、とりまとめることで実施する。

検討結果は、各チームにフィードバックして、その後の研究開発計画の策定や、各作業の計画及び適用技術の検討に反映させる。

検討結果については、外部専門家の意見を聴取するなどして、客観性を担保する。特に、課題の解決策などについては、幅広い知見を集めて検討することとする。

表 2 総合的な検証に基づく課題解決策の検討に係る計画

年度	2019	2020	2021	2022
生産システムに関わる総合的検証	海産試験データ等の評価		三次元地震探査等の評価	方向性の見直しに向けた取りまとめ

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）

＜研究開発の現状と課題＞

貯留層評価に関しては、過去の産出試験等において得られたデータ・知見を踏まえて作成された地質・貯留層モデルに基づき、これまでに開発してきたシミュレータ「MH21-HYDRES」を用いた生産挙動予測等を実施してきたが、その結果は海洋産出試験で得られた実際の生産量とのかい離が見られた。シミュレーションでは、一定の減圧を保つとメタンハイドレートの分解するエリアが同心円状に拡大することに伴いガス生産レートが徐々に上昇すると予測されるが、実際にはガスレートはほぼ一定あるいは漸減の傾向が見られ、そのかい離の原因、すなわち、安定的な減圧や生産量の上昇を阻害する要因の特定が主要な課題の一つとして残されている。

さらに、これまでに取得されたコアサンプルの分析結果、物理検層及び地震探査データを統合的に用いて地質・貯留層モデルを適切に構築する手法の検討、シミュレータに組み込まれている物理現象を表現する数式（物理モデル）の妥当性の検証、生産に伴い地層を形成する砂の一部が流動化し坑内に流入する出砂現象や地層自体の変形等のジオメカニクスの現象の理解及びモデル化等も課題として残されている。

一方、圧力コアを採取する技術や圧力コアの分析技術、坑内圧力・温度のモニタリング技術等はこれまで 2 回実施された海洋での産出試験等を通じて大きく進展しており、得られた情報をより効果的に貯留層評価に反映することにも取り組む必要がある。

＜実施内容＞

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

- ① 第2回海洋産出試験を中心とした試験結果の再検証を進め、貯留層評価の観点から安定的な生産を阻害している可能性のある要因を抽出する。（2019 年度末まで）
- ② 2018 年度に米国アラスカ州の陸上にて掘削された層序試験井（Stratigraphic Test Well: STW）※4にて得られたデータを踏まえ長期陸上産出試験の試験候補地を対象とした地質・貯留層モデルが構築され、それに基づきガス・水の生産量予測を実施する。（2019 年度末まで）
- ③ これまでの検討結果に加えて、陸上産出試験で得られているデータを用いた評価・解析作業を実施する。（2021 年度末まで）
- ④ 長期生産挙動に関する知見を整理するとともに、試掘の際のデータも用いて、生産挙動予測手法や技術的可採量評価手法の信頼性を高め（予測と実際の生産データの差異が許容できるレベ

ルとし)、次フェーズ海洋産出試験への移行の可否の判断に資する情報を提供する。(2022 年度末まで)

- ⑤ 生産量・経済性を向上させるための、坑井設計の改良、及び増進回収技術の検討を実施する。

※4：メタンハイドレート層の存在を確認すると同時に各種データを取得することを目的とした坑井（試掘井とほぼ同義）。本坑井は長期産出試験においてはモニタリング井として用いる計画であり、各種センサーも設置済み。

＜実施方法＞

まず、第2回海洋産出試験で取得されたコアサンプルの分析作業を継続し、検層データも踏まえて地質・貯留層モデルの更新及び生産試験実績との比較検証作業を行う。また、シミュレータによる予測と実測の差異を生み出す可能性のある要因、並びに貯留層評価の観点からの安定生産を阻害している可能性のある要因を抽出・整理する。

ジオメカニクスの観点から、出砂や地層変形をモデル化し生産挙動に与える影響やシミュレータの機能強化の検討を行う。また、既存の評価技術の適用に限定せず、生産予測等の評価に機械学習等の新しい技術を取り込むことも試行する。

それらを踏まえ、安定生産を阻害している要因を解消するための解決策、及びより信頼度の高い生産挙動予測、技術的可採量評価を実施するための検討を行う。また、坑井の生産性・回収率を向上させるための増進回収法の検討も継続する。

米国アラスカ州での長期陸上産出試験実現を目指し2018年12月に掘削された坑井（層序試錐井）にて得られた検層の解釈及びコア分析結果を踏まえた地質・貯留層モデルの構築及び生産挙動予測を実施する。また、今後掘削予定の坑井における取得データの検討を進め、長期生産試験後は長期の生産挙動、貯留層応答について総合的な評価を実施する。また、有望濃集帯候補における試掘・簡易生産実験の結果も利用して、長期の生産挙動・貯留層応答についての総合的な評価を補完する。

さらに、増進回収法の検討として、旧開発計画で検討した技術や外部の研究者が提案する技術の中から有望な技術を抽出し、ミュレーションによる効果の評価に加えて、商業生産において海洋で実現するための技術検討を進める。

表 3 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）に係る計画

年度	2019	2020	2021	2022
これまでの研究成果の総合的な検証・生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性向上				
コア分析作業、分析技術の高度化検討等				
地質・貯留層モデルの更新、これまでの生産試験との比較検証				
予測/実測の乖離並びに安定生産阻害の要因の抽出と解決策検討				
シオメカニクスの検討 シミュレータ機能強化				
増進回収法の検討				
長期陸上産出試験関連作業				
検層評価、コア分析				
地質・貯留層モデル構築、生産挙動予測等				
生産/モニタリングデータ解析				
生産試験の総合評価				

ハ) 生産システム※⁵改良（海洋における長期生産技術の開発・改良）

※5：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發生産に関わる一連の設備・施設群を「生産システム」と称する。また、海洋産出試験に特化した生産システムを「試験システム」とする。

＜研究開発の現状と課題＞

これまで、第2回海洋産出試験の結果を反映しつつ、より長期の生産を目指した次フェーズ海洋産出試験の試験システム及びに坑井デザインの最適化に関する調査・検討を実施するとともに、開発中の技術も含め関連技術マップの整理を継続して実施してきた。特に試験システムの機器構成に関しては、実現性の高い3つの候補案を選択し、その特徴、検討すべき技術課題の整理を行うとともに、フローアシュアランス検討、主要機器に関する基本仕様の更新を行った。

さらに、関連する技術評価手順書の検討、国際規格の調査、より長期の海洋産出試験の FEED 実施を念頭においた契約ストラテジーや関連する必要準備作業に関する調査も実施してきた。

過去の海洋産出試験において認識された生産性阻害要因に関しては引き続き、その原因と対応につき検討し解決策を得ること、また試掘や陸上産出試験の結果を反映させた最適な生産システム選

択・構築が最大の課題となる。

<実施内容>

当該技術課題の研究開発は、次フェーズ海洋産出試験に向けたシステム（生産水の処理を含む産出試験設備及び坑内仕上げ装置が主体）を対象とする。

2023年度の次フェーズ開始時点において、次フェーズ海洋産出試験のFEED※6（基本設計）作業に速やかに移行できるようにするため、一連の準備作業としての基本仕様設定や機器等に関する基礎技術検討がなされ、FEED準備作業等が完了していることを目的とする。

- ① 基礎的技術検討、安定生産阻害条件の抽出と解決策の検討、複数坑井からの同時生産・モニタリング井を含む一連の坑井計画を検討する。（2021年度末まで）
- ② FEED実施体制の整備に向けた検討により次フェーズに向けたFEED準備が整うことを目指す。（2022年度末まで）

※6：Front End Engineering Designの略。概念設計・FSの後に行われる基本設計。EPC（設計・調達・工事）の前のこの段階で、設計を通して技術的課題や概略費用などを検討する。

<実施方法>

2019～2021年度にかけて、継続して関連技術情報の収集を行いつつ、海洋産出試験設備に関連する基礎的技術検討を行う。加えて安定生産阻害条件の抽出と解決策の検討、さらに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の検討を実施する。これらの結果が次フェーズのFEED内容に反映されることを目標とする。

2020年度後半よりFEED実施体制の整備に向けた検討の開始とともに、2021～2022年度において、施設設計ベースの策定、関連法規／基準の整理、さらにFEED実施先の選定評価に関連する作業等を実施する。これらにより次フェーズに向けたFEED準備が整うことを目指す。一連の検討においては、今後の試掘・簡易生産実験や長期陸上産出試験の結果を適宜反映させるとともに、全体計画の進捗に影響を受けることから、担当チーム内はもとより他チームとの情報共有・連携・協力の元、効率的に業務を遂行する。

また、特定課題の解決策に関わる個別技術の検討においては、新たな技術の取込み（オープンイノベーション）を図る。このため内外の石油開発分野、及びそれ以外の分野の幅広い知見を集めて検討するべく努める。

表 4 海洋における長期生産技術の開発・改良

年度	2019	2020	2021	2022
産出試験施設・基礎技術課題検討				■ ■
安定生産阻害要因抽出・解決策検討				■ ■
坑井関係検討				■ ■
FEED 準備作業			→	

二) 長期陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術の実証

＜研究開発の現状と課題＞

2017 年に第二渥美海丘にて実施された第 2 回海洋産出試験において、2 坑井にて合計約 36 日間の生産が行われたが、事前の予測と実際の生産挙動が異なるなど新たな技術的課題も見つかり、それらの解決策を検討するためには、数か月あるいは年単位の長期の生産挙動データ並びに長期生産に伴う各種データを得ることが必要である。

2014 年 11 月に JOGMEC と米国エネルギー省国立エネルギー技術研究所（US Department of Energy, National Energy Technology Laboratory: NETL）間でアラスカでの長期陸上産出試験の研究協力に関する覚書（Memorandum of understanding: MOU）を締結し、その期限は 2023 年 3 月末に延長された。フェーズ 3 中は、この MOU に基づき、アラスカ州陸上での長期産出試験実現に向けて米国側との協議を経て試験候補地の選定を行い、具体的な実施内容を定めた共同研究開発協定（CRADA: Cooperative Research & Development Agreement）を JOGMEC-NETL 間で締結し、2018 年 12 月にはメタンハイドレートが存在を確認するとともに各種データを取得するための層序試験錐井（STW）を掘削した。その結果、想定されていた 2 つの層において実際にメタンハイドレートが胚胎されていることを確認できたため、米国側と合意の上、長期産出試験実現に向けた詳細計画の策定に着手することとなった。

今後の作業実施に向けて、現場で作業を担うオペレータの選定、許認可取得作業、鉱区権者との合意など、外部要因での不確定要素も考えられる。そのため、これまで培ってきた日米間の良好な関係を維持し、解決を図っていくことが必要である。

＜実施内容＞

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

- ① 2020 年度以降に予定されているデータ取得井（Geo Data Well: GDW）及び生産井（Production Test Well: PTW）の掘削、それに続く産出試験実施を可能とするため、オペレ

ータの選定作業を行う。また、モニタリング、坑井仕上げ、出砂対策などの技術検討を実施し、産出試験計画並びに機器使用などの計画に着手する。それまでに得られたデータをもとに、詳細実施計画を策定する。(2019 年度末まで)

- ② データ取得井 (GDW) 及び生産井 (PTW) を掘削する。また、試験設備の調達・据え付けなど産出試験の準備をする。また、産出試験の実施に着手する。更に、それまでに取得されたデータを、貯留層評価チームと共有し、解析に着手する。(2021 年度末まで)
- ③ 産出試験で用いる全坑井の廃坑作業を完了し原状復帰する。また、産出試験で得られるデータを整理し、長期産出挙動の検討等に資するデータを各チームと共有する。(2022 年度末まで)

＜実施方法＞

計画策定にあたっては、2018 年 12 月に掘削した STW で得られた情報と、2019 年 3 月に、STW に設置した音響センサーを利用して実施した、坑井内地震探査法 (DAS-VSP) で得られたデータの解析結果などを反映する。

本研究開発は米国側のパートナーである NETL と共同で実施するものである。そのため、日米で役割を定め、STW 掘削の際に締結した CRADA を試験実現に向けて改定する。技術的検討のうち、特に坑内機器・モニタリング、データ収集及び解析作業は、日本の研究で得られた知見を活かすこと、また得られた知見を国内資源開発にフィードバックすることを目指して、日本側主導で実施する。

なお、長期陸上産出試験において生産したガスについては、産出試験で使用するポンプ電源用の発電や生産水処理などの目的で有効活用することを検討する。

表 5 長期陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術の実証に係る計画

年度	2019	2020	2021	2022
準備作業・技術開発	準備・機器開発・調達等			
坑井作業		掘削	試験実施	廃坑
データ取得作業 * 解析に関しては貯留層評価の中で実施	モニタリングデータ取得			
		検層・コア		
		VSP		VSP

2.1.2 有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査の目標を、

- 次フェーズ海洋産出試験の実施候補地点が抽出されていること。
 - 三次元地震探査等による有望濃集帯候補の抽出と試掘によるデータ取得により原始資源量・貯留層性状等が把握されること。
 - 候補地点の存在する濃集帯は、経済性の基準（100 億立方メートル以上）※7 を満たすと評価されること。

と定め、中間目標を、

【マイルストーン②】（2021 年度末頃）

- 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。

と定める。

※7：経済性の条件を満たす濃集帯の規模として、第 22 回 総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2017 年6月21日）資料3「メタンハイドレート開発の今後の在り方について」においては 500 億立方メートル以上が優先順位「高」、100～500 億立方メートルが優先順位「中」とされている。

イ) 三次元地震探査の準備・実施・解析

＜研究開発の現状と課題＞

旧開発計画期間中は、物理探査船「資源」が在来型の石油・天然ガスを対象として取得したもの（BSR の発達が見込まれる海域のもの）を含めた取得済みの二次元・三次元地震探査データを用いて、メタンハイドレートの濃集帯候補の抽出を進めてきた。

これらメタンハイドレート濃集帯候補のうち、二次元地震探査データのみから規模の大きいメタンハイドレート濃集帯候補と解釈されるものが複数抽出されており、その中にも有望濃集帯候補の可能性のあるものが見られることから、これらについてはより詳細な分析のために三次元地震探査が必要と考えられる。

そこで、可能な範囲で新たな三次元地震探査を実施し、他の三次元地震探査データを用いた評価と合わせて、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。

＜実施内容＞

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

- 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。（2020 年度末まで）
- 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。（2021 年度末まで）

- 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。（2022 年度末まで）

<実施方法>

二次元地震探査により抽出された有望なメタンハイドレート濃集帯候補については、三次元地震探査の調査仕様や調査計画の検討等を行い、三次元地震探査を実施する。

また、試掘対象となる有望濃集帯候補を抽出するために、最適な地質的抽出条件を検討し、既存地震探査データ解析結果と新規三次元地震探査結果と合わせて、試掘対象となる有望濃集帯候補を抽出する。

表 6 三次元地震探査の準備・実施・解析に係る計画

年度	2019	2020	2021	2022
三次元地震探査				
三次元地震探査実施	準備作業		データ取得	処理・解析
試掘候補地点抽出	試掘候補地点抽出			
資源量・有望濃集帯に関する知見のとりまとめ				有望濃集帯の知見とりまとめ

□) 試掘（簡易生産試験を含む）の準備・実施

<研究開発の現状と課題>

三次元地震探査等から抽出された有望濃集帯候補から、次フェーズ海洋産出試験の掘削位置を決定するためには、試験候補海域の資源量評価や生産挙動の予測のために、坑井から得られるデータも必要であり、そのために候補地点を選定して試掘作業を行い、検層データ・コアサンプル取得等を行う必要がある。また、次フェーズ海洋産出試験実施のための貯留層特性把握の目的で、短期間の簡易的なガス生産実験（簡易実験）を実施する必要がある。

第2回海洋産出試験においては、事前掘削作業として、鉋業法及び鉋山保安法の下で1坑の調査井、2坑の観測井、及び2坑の生産井の計5坑井を掘削し、生産実験終了後には追加データ取得作業として2坑のコアリング井を掘削した。各坑井においては、掘削同時検層や物理検層により高品質の物性データを取得することができ、さらに保圧コア装置により圧力が保持された状態のコアサンプルを効率的に取得することができるようになった。

ただし、第2回海洋産出試験の生産井掘削作業においては掘削流体の循環時間が長くなったことによると思われる坑径拡大などの掘削技術の課題も明らかになっており、試掘に先立って、解決策の検討が必要である。

<実施内容>

将来の資源フィールドの検討及び次フェーズ海洋産出試験海域の検討の観点から、2022 年度末

で簡易生産実験を含む試掘を実施し、地質・メタンハイドレート賦存状況及び貯留層特性に関するデータを取得することを目的とする。

- ① 試験機器等の検討を行い、より簡易で確実にデータ取得可能なシステムの抽出を行う。また、将来に向けた掘削作業効率化への検討等を行う。(2019年度末まで)
- ② 2019年度に抽出された最適な試験機器の詳細設計を進め、より現実的なシステム計画を構築する。また、試験地点抽出のための試掘作業の準備等を開始する。(2020年度末まで)
- ③ 定められた試掘地点での作業計画の立案や関係機関との調整、事前調査等の準備作業等を経て、試掘作業と簡易生産実験を実施し、その結果を貯留層評価チームに提供して解析する。(2022年度末まで)

<実施方法>

本検討では、試掘簡易生産実験実施に向けて、調査仕様の検討と基本設計を実施したうえで、具体的な機器等の設計・製造・調達に取り組み、諸手続きを行ったうえで、作業を実施する。そのために、課題・要検討項目を抽出し、項目毎に担当を決め研究開発を実施する。これらの作業は生産システム改良チームの検討で得られた知見も利用する。

試掘地点と掘削坑数、具体的なデータ取得項目などは、貯留層評価チームの検討結果や三次元地震探査などのデータの解析結果などを通じて決定する。

表 7 試掘（簡易生産試験を含む）の準備・実施に係る計画

年度	2019	2020	2021	2022
調査仕様検討、設計	仕様検討・基本設計	詳細設計・要素試験		
機器製造・資機材調達		機器製造・資機材調達		
作業実施			作業実施	
解析等				試験・解析等

2.1.3 環境影響評価

環境影響評価の目標を、

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

と定める。

<研究開発の現状と課題>

第1回及び第2回海洋産出試験は、海洋での砂層型メタンハイドレートからの減圧法による初めてのガス生産であり、メタンハイドレート生産が環境に与える影響に関するデータが取得できる初めての機会でもあった。

そのため、第1回及び第2回海洋産出試験においては、事前事後に、既存の海洋環境の調査手法や新規に開発を進めた環境モニタリングシステムにより、環境影響に係る様々なデータを取得し、短期の海洋産出試験で想定される環境影響の範囲や規模の確認を進めてきた。また、数値シミュレーション等による予測手法やモニタリングによる評価手法の開発を進め、取得されたデータを元に、海洋産出試験規模の作業での環境影響の予測・評価結果を実施し、環境に影響を与える要因として抽出された海底の地層変形、生産水の放流・拡散、坑井周辺のメタンの漏洩、掘削屑の堆積などについて、実際に取得したデータと予測に乖離がないという結果が得られている。

一方で、これまでに取得した環境影響に係るデータや予測・評価手法は、あくまで第二渥美海丘近傍での1か月間程度のガス生産実験を対象とした限定的なものであり、商業生産を想定した場合には未だ不確実性が大きい。そのため、長期的影響に関するデータの取得を継続する必要がある。また、予測・評価手法に関しても、精度や信頼性に関する課題が残されている。

次フェーズ海洋産出試験ではより規模の大きい作業が想定され、商業生産では環境影響もさらに大きくなることが予想されるため、そのようなより大きな規模でのガス生産において想定される環境影響評価を実施するのに、必要なデータを取得することが必要である。また、予測手法や評価手法についても、これまでに見いだされた課題の解決とともに、より規模の大きなガス生産に対応したさらなる適正化を図る必要がある。また、生産水の処理については、生産システム改良チームの検討に協力する。

次フェーズ海洋産出試験に向けては、これまでの研究開発で得られた知見を元に、試験候補海域のデータ取得を通じて、環境影響の程度について評価を行い、試験候補地点の抽出に資する必要がある。

<実施内容>

フェーズ4は、次フェーズ海洋産出試験の環境影響評価のための準備期間と位置付け、影響評価のために必要となる「環境データの取得」と「環境影響評価手法の適正化」を実施する。

そのため、これまで実施した海洋産出試験海域における環境影響評価を継続するとともに、次フェーズ海洋産出試験での環境影響評価の検討のベースとなる環境データを取得し基礎データとして整理する。また、これらの作業を通じて、環境影響の予測・評価手法等の適正化を図り、これらの成果

を通じて次フェーズ海洋産出試験の環境影響の程度を推定する。

- ① これまでの海洋産出試験実施海域をモデル海域の一つと位置付け、継続して環境影響に係るデータを取得し、次フェーズ海洋産出試験の環境影響評価のための知見として整理する。(2022年度末まで)
- ② 次フェーズ海洋産出試験の環境影響評価のために必要となる試験候補海域の基礎的な環境データを取得し、シミュレーション予測や定性的な影響評価に活用するためのデータとして整理する。(2022年度末まで)
- ③ 旧開発計画期間中に検討した予測・評価手法について、それまでに抽出された課題や新たなデータ等を踏まえて、適正化を進める。(2022年度末まで)
- ④ これらの結果と、次フェーズ海洋産出試験候補海域の環境データを利用して、予察的に環境影響の程度を推定する。(2022年度末まで)

＜実施方法＞

「環境データの取得」は、モデル海域における海洋調査による環境影響の回復に関するデータの取得を継続し、予測・評価技術の適正化に活用できる情報として整理することで実施する。加えて、有望濃集帯候補海域の環境データの取得のために、既存の環境情報を収集・整理するとともに、環境ベースライン調査を実施する。これらのデータは、予測・評価に活用するための基礎データとして整理する。また、海洋産出試験で得られた知見等を踏まえ、環境影響の想定事象の見直しを行い、それに基づき次フェーズ海洋産出試験の環境影響を把握に必要なデータ取得方法を提案する。

「環境影響評価手法の適正化」では、予測手法に関しては、抽出された各課題を解決してシミュレーション手法等の改良を進める。また、評価手法の適正化検討として、開発システムを仮定して環境影響評価を試行し、今後、環境面での対応が必要な技術課題を抽出し、必要に応じて環境データの取得やシミュレーション手法等に反映する。上記適正化を進めた予測・評価手法により、次フェーズ海洋産出試験の候補海域の環境情報等をもとに、予察的な環境影響評価を行う。

表 8 環境影響評価に係る計画

	2019	2020	2021	2022
環境データの取得				
モデル海域の環境調査	計画策定	調査実施・データ整理		
次フェーズ海洋産出試験候補海域のベースライン調査と環境影響評価	計画検討・有望濃集帯の情報収集	調査実施・データ整理		環境影響評価
影響評価のためのデータ取得手法の検討	事象見直し・データ取得手法の設計			
環境影響評価手法の適正化				
影響予測手法	課題対応			予察的評価
影響評価手法	開発システムを仮定した課題抽出			予察的評価

2.2 方向性の確認・見直し（2022 年度頃）

生産技術の開発や有望濃集帯の抽出に向けた探査・試掘等、研究開発の進捗状況を検証し、2023 年度以降の具体的な目標やスケジュール等の確認・見直しを行う。

2.3 長期的な取組（2019～2027 年度頃）

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）

<研究開発の現状と課題>

旧開発計画期間中においても、大学・民間企業等と連携して研究開発を実施してきたが、今後も、オープンイノベーションの考え方に基づき、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。

<実施内容>

様々な技術課題、特にメタンハイドレート商業化に向けて大幅な改善が必要な生産量向上とコスト低減に関して、石油開発以外も含めて様々な外部の知見を取り入れて、研究開発の成果を高める。

- ① オープンイノベーションの考え方に基づき、常に幅広い知見を研究開発に取り入れ続け、その成果を研究開発計画に取り入れる。（継続的实施）

<実施方法>

大学・民間企業等からは、新しい技術等の情報収集を継続する。また、有望な新しい技術に関して、実現性・適用性を調査・検討した上で、特に生産量向上・コスト低減などの個別技術課題について、再委託等の方法により技術開発を実施する。

具体的には、以下の作業を行う。

- ① 砂層型メタンハイドレートフォーラムの実施、学会・論文発表等の様々な場を用いて、技術課題を公にし、関心を広める。
- ② 大学・民間企業との情報交換を密にし、最新の技術動向に関する情報を収集する。特に、石油・天然ガス企業以外との交流を進める。
- ③ 新たに発見した技術、提案された技術については、適用可能性を検討し、公募・入札などを経た再委託を通じて外部機関と連携し、アイデア・技術を研究開発の具体的な成果に反映させる。
- ④ 検討した技術、実際に取り入れた技術などの実績を報告する。

ロ) 日本周辺海域の資源量評価

<研究開発の現状と課題>

- ① 日本周辺海域におけるメタンハイドレート資源量評価

旧開発計画期間中に、二次元・三次元地震探査データを用いてメタンハイドレート存在を示す一つの指標である BSR 分布の詳細評価を実施し、その中から濃集帯候補の抽出作業を行った結果、

日本周辺海域で複数のメタンハイドレート濃集帯候補の存在が示唆された。それら濃集帯候補の評価結果を基に、各濃集帯の特徴を整理した。

2020 年度まで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るが、2020 年度以降も基礎物理探査データの取得が見込まれることから、継続的に評価を実施する必要がある。

② メタンハイドレートシステムの検討

旧開発計画期間では、取得されたコアサンプルを用いた有機地球化学的・微生物学的な分析を実施し、メタン生成菌によるメタンガスの生成が活発に行われている可能性が高い温度条件を確認した。

また、濃集帯形成の条件を検討するために、上述の成果や、コアサンプル分析・物理検層・地震探査データから得られた各種地質情報を用いて、第二渥美海丘を含む複数海域について二次元・三次元堆積盆シミュレーションを実施し、本シミュレーションによって濃集帯の形成過程を再現しうることが確認された。なお、得られたシミュレーション結果は、地震探査解釈結果から得た濃集帯の分布とより整合的になっている。今後も実験データの拡充や実データを用いた評価を進めることにより、より信頼性を高める必要がある。

<実施内容>

日本周辺海域の資源量評価として、将来的に資源となる可能性のあるメタンハイドレートの賦存状況について地震探査データ等を用いて、継続的に評価する。

- ① 新規の知見・データの収集を試みつつ、民間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充実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。(継続的实施)
- ② メタンハイドレートシステムの検討により鉱床成因論的な資源量評価を実施し、メタンハイドレート探査の評価の信頼性を高める。(継続的实施)

<実施方法>

① 日本周辺海域におけるメタンハイドレート資源量評価

民間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とすべく、旧開発計画期間中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、公開される三次元地震探査データを中心に評価作業を行い、より広い海域を対象にしたメタンハイドレート濃集帯の評価を行う。

② メタンハイドレートシステムの検討

旧開発計画期間中に構築した基盤技術を基に、第2回海洋産出試験にかかるデータ、並びに地震探査データを用いて、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を行う。それ以外の海域においても二次元・三次元の堆積盆シミュレーションを実施し、メタンハイドレートシステムの知見も踏まえた濃集帯の分布推定に重点を置いた総合的な評価を実施し、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。また、上記のシミュレーション技術や関連ツール等の整備を進める。

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

＜研究開発の現状と課題＞

旧開発計画ではメタンハイドレート開発の商業化に向けた検討として、濃集帯の規模、生産挙動、開発システム、ビジネスモデル、将来ガス価格を複数想定し、経済性評価及びエネルギー収支評価を実施した。

その結果、経済性評価については、\$10/MMBtu のガス価格条件下において商業化が期待できる濃集帯規模、生産量、開発システムに関する条件が抽出され、それらの条件が非現実的でないことが示された。

エネルギー収支評価については、生産レートが現在の想定どおりであればメタンハイドレートのエネルギー収支は既存炭化水素資源と比較して遜色ないものであることが示唆された。

また、これまでの成果と商業化において達成すべき条件を比較検討し、商業化に向けた道筋（研究開発計画案と事業化シナリオ案）を整理した。その結果、商業化の実現には、資金調達、販売先確保、法規制、濃集帯周辺の自然・インフラ条件などへの対応についての検討が重要であることが示された。

＜実施内容＞

商業化に必要な要件について検討し、旧開発計画で整理した事業化シナリオ案等の改定を継続する。

- ① 旧開発計画で示された課題を基に商業化に必要な要件を抽出する。また、旧開発計画で整理した事業化シナリオ案を改定するための情報を収集し、開発システムを再検討し、経済性評価を実施する。（継続的实施）

＜実施方法＞

旧開発計画で示された課題を基に商業化に必要な要件を抽出する。また、要件に関する情報収集を行う。

また、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するとともに、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する。

更に、上記結果を基に、旧開発計画で整理した事業化シナリオ案を改定する。

2.4 その他

2.4.1 コンソーシアム事業全体に関する推進業務

MH21-Sを円滑かつ効率的に運営するための企画調整・広報等の業務実施するため、事業推進チームを設けている。

同チームは、MH21-Sの意思決定機関である運営委員会及び三者の情報を共有する業務連絡会を担当するとともに必要に応じた内規の整備を担当する。また、MH21-Sの研究開発活動の成果普及活動、国内外のメタンハイドレート開発状況や日本の国際協力の現状を把握する。

イ) データ共有

MH21-S等で扱う試験結果や各種データ情報を共有することにより、メタンハイドレート研究開発の業務遂行を円滑にかつ効果的に行えるように努める。

ロ) 成果普及・情報提供

これまでのメタンハイドレート研究開発活動を国民等に効果的にわかりやすく伝え、理解増進に資することを目的として、ウェブサイトやパンフレットの作成、及び研究開発についての報告会などの実施等、成果の普及活動・情報提供に努める。

ハ) 国際協力

海外プロジェクトへの参加等を通じて、海外におけるメタンハイドレートの探査・開発・基礎研究等の動向を把握する。さらに、海外における研究の進展や成果が我が国のメタンハイドレート開発事業に活用されることを念頭に置き、互恵的な関係となるよう十分配慮しながら、学術・情報・人材等を視野に入れた海外研究者との技術交流を進める。

二) 旧開発計画に関する業務

旧開発計画中に、陸上産出試験・海洋産出試験・室内実験等を通じて、多くの貴重なデータが取得され、知的財産が生み出された。また、取得された財産については、有効活用可能な物品が残されている。加えて、カナダにおける陸上産出試験サイトについては、環境保全の義務が継続している。

そのため、旧開発計画中に取得したデータ類、ハードウェア及びソフトウェア資産、知的財産等に関して、守秘に留意しつつ、適切な整理・保管と有効活用を進める。データに関しては、今後の研究開発に生かすために、守秘義務等の許す範囲においてコンソーシアム参加各法人で共有する。また、旧開発計画中の成果の発表についても従来どおり管理する。資産・知的財産に関しては、旧開発計画からの責任を引き継いだ法人が善良なる管理者の義務において整理・保管するが、研究開発に有効活用可能なものについては可能な限り活用する。

3. 実施体制

砂層型メタンハイドレート研究開発フェーズ4の実施に当たっては、図3に示すように、JOGMEC、AIST及びJMHの三者コンソーシアム（MH21-S）を組織し、三機関が連携して業務を実施する。

従来よりメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（通称 MH21）を構成していたJOGMEC及びAISTに加えて、第2回海洋産出試験のオペレータとして研究に参画し（2014～2018年度）資源開発やエンジニアリングに関する知見を有するJMHが加わり、新たなコンソーシアムを組織する。これにより、砂層型メタンハイドレートの将来の商業化に向けた研究開発を進めるとともに、知見の民間への移転を進める。

さらに、組織横断的なチームを編成し業務を推進することで、縦割りを排して効率的に研究を進める。MH21-S各法人の実施責任者であるプロジェクトマネージャーと共に研究テーマごとのチームにチームリーダーを配置し、組織及び事業実施の進捗管理を行う（図4）。各チームは定期的な連絡会を開催し、MH21-S内の情報の共有を図ることとする。

事業の実施に際しては、オープンイノベーションの考え方を取り入れ、海外あるいは異分野の技術や知見を広く取り込んで、課題解決に取り組む。また、知見をもつ内外の組織との連携を可能な範囲で強化する。

実施に際しては以下に留意する。

- チームリーダーは各チームの進捗を管理する。プロジェクトマネージャーは当該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。
- プロジェクトマネージャー及びチームリーダーの連携を密にして、コンソーシアム総体として研究に取り組む。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。
- MH21-Sコンソーシアム内に、アドバイザリーコミティーを設置し、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こととする。
- 図4においてチームメンバーを配置していない研究分野においても、プロジェクトマネージャーとチームリーダーの合意のもと必要に応じてメンバーを追加し、より多くの知見を取り込みながら業務に取り組む。
- 研究開発の連携をサポートし、情報等の一元的な管理と成果の普及・情報公開を行うための事業推進チームを設ける。
- 各チームの作業において、民間企業・大学・研究機関の知見を取り込むための専門家の配置などを意識し、研究体制を工夫して、他の研究分野との連携を図ることとする。

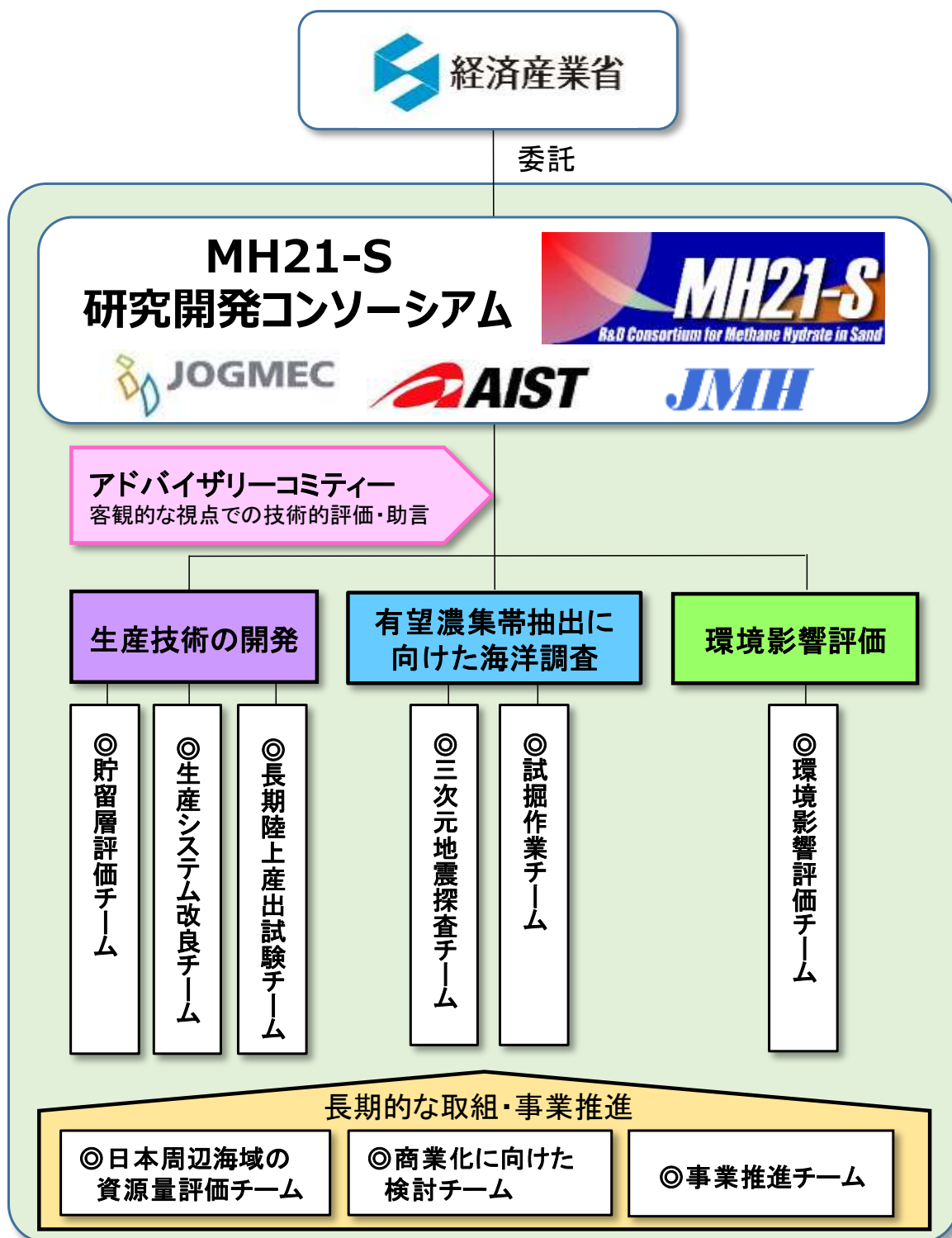


図3 MH21-S研究開発コンソーシアムの組織体制

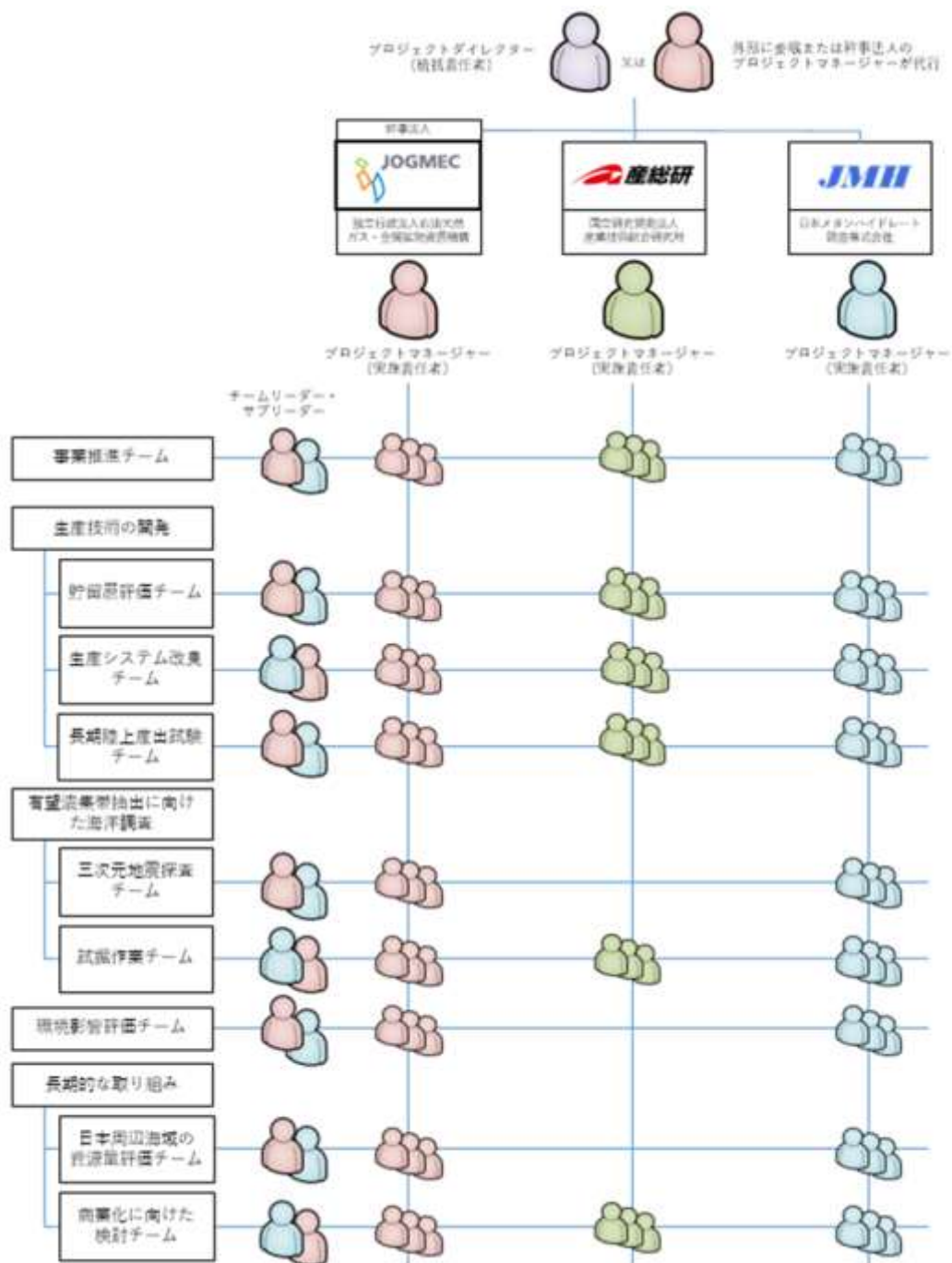


図 4 MH21-S研究開発コンソーシアムのチーム体制

図 5 に各チームがどのような作業を行い、データ・情報を提供するかを整理した図を示す。大きく分けて、生産挙動予測の信頼性と生産の安定性を高め、かつ海洋における一定期間の生産が可能な技術の実現性を示して、ガス生産レートが経済性の基準を達成するかどうか評価するための情報を示すパスと、経済性の基準を満たす有望濃集帯を抽出し、次フェーズ海洋産出試験の候補地点を提案するパスに分かれるが、相互は関連し合うため、協力して目標を実現することとする。

また、長期的課題には継続的に取り組み、その成果により適宜研究計画をアップデートすることとする。

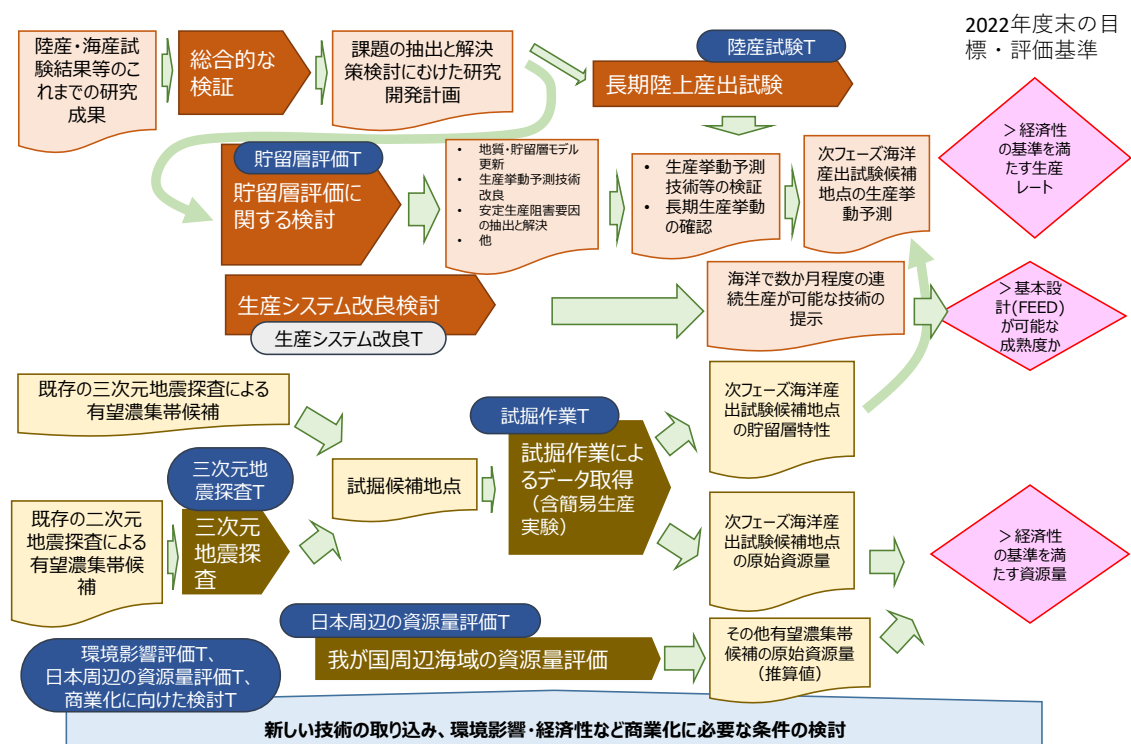


図5 フェーズ4のデータフローと各チームの役割

＜付録＞

メタンハイドレート開発計画におけるこれまでの取り組みと成果

旧開発計画のフェーズ 1（2001-2008 年度）の成果を引き継いで、フェーズ 2（2009-2015 年度）及びフェーズ 3（2016-2018 年度）は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託を受けて、JOGMEC と AIST が組織した「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）」が実施した。

この間、東日本大震災とそれに伴う原子力発電所の停止、原油価格・LNG 価格の乱高下、シェール革命、地球温暖化対策と再生可能エネルギー導入の進展など、我が国内外でのエネルギー事情は大きく変動したが、我が国の一次エネルギーの大部分が輸入に依存する状況には変化がなく、「我が国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、将来のエネルギー資源と位置づけ、その利用に向け、経済的に掘削・生産回収するための技術開発を推進し、エネルギーの長期安定供給確保に資する」という初期の目標に従って数々の研究成果を生み出した。

旧開発計画では、開始時点において、

- 日本近海にどのくらい存在しているかの調査が不十分
- メタンハイドレートは坑井を掘っても自噴しないため、新たな採取技術の開発が必要
- そのために不可欠なメタンハイドレートの基礎的特性がほとんど解明されていない

との認識にたち、メタンハイドレートを含む堆積物の基礎的な性質の理解、日本近海の探査・資源量評価、生産手法の開発とフィールド産出試験による実証、環境影響評価、将来の開発システム検討など広範囲な研究を実施してきた。

フェーズ1では、カナダ陸域で実施された第1回陸上産出試験（2002年）の成果に基づき「減圧法」の適用性が認められ、さらに東部南海トラフ海域で実施された二次元及び三次元地震探査と基礎試験「東海沖～熊野灘」（2003-2004年）によりメタンハイドレート濃集帯（高い飽和率でハイドレートを胚胎するタービダイト砂層）の存在が確認された。さらに、室内実験とモデリングの技術が向上し、それらを用いて海洋の坑井においても減圧法が適用できる可能性が示された。その結果を受けて、2007～2008年には、再びカナダ陸域で第2回陸上産出試験が実施され、減圧法により安定的にガスを生産できることが確かめられた。

これらの成果を受けて、フェーズ2において世界初となる第1回海洋産出試験（2013年3月）が東部南海トラフの第二渥美海丘にて実施され、減圧法により6日間連続でガスを生産することに成功したが、出砂によって試験が中断されたため、長期的な挙動を知るのに十分なデータを取得できなかった。

そのため、フェーズ3において、出砂対策装置をはじめ様々な技術改良を行なった上で、同海域にて第2回海洋産出試験（2017年5-6月）が実施され、2坑の坑井において合計36日間のガス生産を実現した。

これらの結果により、海洋において数週間程度の連続的な減圧とガス生産を実現できることが実証され、長期生産挙動の予測に資する多くのデータを取得できたが、一方で観測された生産挙動は貯留層シミュレーションによる事前予測と異なり、貯留層応答に関する理解が未だに十分ではないことも示され

た。また、経済性を有するガス生産を実現するには、量と安定性の両面で未だに十分な成果を得られたとはいえない。さらに、生産技術に関しても、海洋において数か月、さらに年単位のオペレーションを安全に実施するには新たな技術開発が必要である。一方で、これらの海洋産出試験を通じて、環境影響に関する種々のデータが取得され、モデリング及びモニタリングに関する技術の開発が進んだ。

各々の試験に際して、ガス・水生産レートの計量とサンプリング、生産井・モニタリング井における温度等の計測、物理検層、圧力コアの取得と分析など、多くのサンプルとデータが取得され、地下におけるハイドレート分解現象の究明に供されたが、第2回海洋産出試験のガス・水生産挙動には事前の予測との差異が見られ、地下の現象に関する理解をさらに進める必要があること、また、得られた生産レートも経済性の要求を満たすには十分であるとは言えず、現象の理解と予測精度の向上、生産レートの安定化と向上などの課題が残された。

一方で、フェーズ2及びフェーズ3の期間中、我が国周辺海域の資源量評価が継続され、新規に利用可能となった地震探査データを加えた解釈から新たな濃集帯候補も抽出された。加えて、将来の商業生産を目指した海洋開発システムの検討、圧力コア分析技術の開発と我が国及び協力国のサンプルの分析、海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の検討などの成果も得られた。

資源量評価の面では、東部南海トラフ海域で取得された地震探査データに加えて既存の探査記録を加えた検討により、2009年に我が国周辺海域のBSR（Bottom Simulating Reflector：海底疑似反射面）分布を公表し、その後も地震探査データの検討を継続して、東部南海トラフ及びその他の海域において複数の濃集帯候補が見出されている。これらの地震探査による評価を補完すべく、メタンの生成・移動とメタンハイドレートの生成をモデル化するメタンハイドレートシステムの検討も行われた。

また、開発システムの検討が継続され、減圧法を利用して濃集帯を開発しガスを陸上に届けるためのシステムとして、洋上に浮体式プラットフォームを設置する案と、海底仕上げ機器から直接陸までパイプラインを繋ぐ案が提示され、洋上にプラットフォームを設置する場合も陸までガスとしてパイプライン輸送する案と洋上液化設備（FLNG）を設置してLNGとして海上出荷する案が考えられている。これらの案に基づき、経済性、エネルギー収支評価が行われたが、生産予測の不確実性が極めて大きい現状では商業開発の実現性を具体的に論じることは難しい。しかしながら、これまでに行われた検討から、メタンハイドレート開発が経済性を有する条件としては、大規模な濃集帯が存在し、かつ1坑井あたりの生産量が十分であることが必要と示されており、探査と技術開発の目標となっている。

この期間中、中国が海洋産出試験を実施し、インドも我が国の協力により資源探査を実施して現在海洋産出試験の実施を計画中であり、米国も我が国と協力して陸上でメタン・二酸化炭素置換実験を実施するなど、実験室やコンピュータの中から実際のフィールドに研究の現場が広がっている。その結果、現実の地層の複雑さに研究者・技術者が直面しているのが現状である。我が国は、より長期の生産挙動のデータを取得すべく、長期陸上産出試験の実現を目指している。メタンハイドレートの商業生産には依然高いハードルが存在しており、フェーズ2及びフェーズ3の期間中に得られた知見を基にして技術開発を継続することが必要である。