

第1回メタンハイドレート開発促進事業(フェーズ2終了時)

中間評価検討会及び

海洋油ガス田における二酸化炭素回収・貯蔵による
石油増進回収技術国際共同実証事業終了時評価検討会

資料6-1

「メタンハイドレート開発促進事業」 研究開発プロジェクト

評価用資料

平成27年12月4日

資源エネルギー庁資源・燃料部石油・天然ガス課

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

国立研究開発法人産業技術総合研究所

プロジェクト名	メタンハイドレート開発促進事業			
上位施策名				
事業担当課	資源エネルギー庁資源・燃料部石油・天然ガス課			
<u>プロジェクトの目的・概要</u>				
本プロジェクトは、日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能にするため、経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、世界に先駆けて商業的産出のために必要な技術整備を行う。				
予算額等（委託） （単位：億円）				
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成１３年度	平成３０年度	平成１７年度 平成２０年度 平成２３年度 平成２７年度	平成３１年度	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
H24FY 執行額	H25FY 執行額	H26FY 執行額	総執行額	総予算額 (～27FY)
79.6 億円	121.2 億円	66.3 億円	約 472 億円	約 926 億円
* 執行額の欄には、直近３年間の執行額を記載すること。				

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

経済産業省は平成13年7月に、メタンハイドレートを経済的に掘削・生産回収するための開発計画（我が国におけるメタンハイドレート開発計画（以下、開発計画という。））を発表した。開発計画は、メタンハイドレートの開発の目的と6つの目標及び目標達成に向けて段階的に技術開発を進めるスケジュールが示されている。

平成21年に開始されたフェーズ2では、開発計画を具体化した「フェーズ2実行計画（以下、実行計画という。）」を策定し、5つの目標と個別要素技術課題として30項目を設定したが、以下にはこれらをわかりやすくするために整理・集約した14項目について、特に今回の評価期間である平成24年度から27年度の成果・達成度を述べる。

フェーズ2 研究開発テーマ	フェーズ2のうち 平成24～27年度までの達成目標	成果・達成状況（実績値）	達成度
I フィールド開発技術に関する研究開発			
①海洋産出試験の実施	2回の海洋産出試験を実施し、メタンハイドレート層の一次回収手法として有望と考えられている減圧法が海洋坑井に適用して、海底のメタンハイドレート貯留層におけるメタンハイドレート分解挙動、ガス生産挙動を明らかにし、同手法の海洋坑井における有効性を検証する。それに必要な、技術開発の実施、実施計画の策定を行い、試験を実施して、試験結果を解析し、課題の抽出を行う。	第1回海洋産出試験において、海底下のメタンハイドレート層からのガス産出を試みた結果、減圧法を適用して、少なくとも短期間はほぼ安定したハイドレート分解とガス生産（約6日間にわたり日量約2万立方m）を実現できることが確認できた。また、メタンハイドレートの分解状況を把握するための多数のデータ（ガス生産状況、モニタリング坑井の温度変化など）が蓄積でき、かつ、それらの生産挙動を概ね説明できる状況になった。 一方、出砂を原因として試験は6日目に中断されたことから、メタンハイドレートに特有の地層の特性を考慮した出砂対策とガス水分離の改善策を実証し、かつ、第1回と同程度の装備・コストにて実施可能な第2回海洋産出試験計画を策定し、平成27年度作業として、事前掘削を実施する見込みである。	一部達成
②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価	第1回海洋産出試験で新たに得られたデータを用いて更新された貯留層パラメータ、2回の海洋産出試験の生産データ、それらとシミュレータによる分析結果に基づいて貯留層特性モデルを再評価する。 「資源フィールドの貯留層評価」については、海洋産出試験で更新された試験地点の貯留層特性モデルを、地震探査データ等を利用して濃集帯及び資源フィールド全体に反映させる。	第1回海洋産出試験において新たに取得された検層・コアデータ、ガス生産実験中及び前後に取得されたガス生産挙動や温度圧力データ・検層データ等（以上のデータ取得作業は①で実施）に基づき、生産シミュレータ（⑥参照）を利用したヒストリーマッチング等の評価を行い、生産挙動を概ね説明可能な貯留層特性モデルを作成した。また、これらの作業を通じて、地震探査・コアサンプル・検層データを総合化してハイドレート貯留層の評価を行う手法が大幅に改善した。なお、本貯留層特性モデルは経済性評価の検討にも活用されている（指標⑭参照）。	ほぼ達成

フェーズ2 研究開発テーマ	フェーズ2のうち 平成24～27年度までの達成目標	成果・達成状況（実績値）	達成度
③海洋開発システムの検討	「海洋開発システムの概念設計」については、海洋産出試験の結果を踏まえ、海洋開発システムの見直しを行うとともに、資源フィールドに適合した現実的な概念設計を終了する。 「掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等に関する技術検討」については、海洋産出試験結果から技術の評価を進めるとともに、各技術を最適化する方法を検討する。	第1回海洋産出試験の実施を受けて、「ビジネスモデルの検討」「パイプラインの初期検討」等の検討を行い、商業化の時点での要求される技術についての検討を進めた。また、「掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等における技術検討」は第1回試験であきらかになった技術課題への対応及び第2回試験の計画検討（指標①参照）という横断的な形で実施された。	一部達成
④陸上産出試験の解析と長期試験の実施	長期産出試験の結果を分析して、海洋における生産の長期挙動評価を行うため、生産シミュレータや貯留層モデルへの反映を行う。	平成26年11月に米国エネルギー省（DOE）とメタンハイドレート陸上産出試験の実現に向けた協同作業実施に関する覚書に調印し、地下構造の解釈作業をDOE並びに米国地質調査所（USGS）と実施中である。平成27年度末頃までに試験掘場所候補を3か所程度に絞り込む見込みである。	未達成
Ⅱ．生産手法開発に関する研究開発			
⑤生産手法高度化技術の開発	貯留層特性に応じ、坑井あたりの生産を最大化させる生産手法を整備するとともに、出砂、スキニング、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成、流動障害などの生産障害対策技術を開発し、貯留層特性に適した生産障害対策指針を整備する。さらに、生産性増進技術、生産障害対策技術を検証し、開発した技術の総合評価及び海洋産出試験での検証などを通じ、効率的な生産手法を提示する。	氷の潜熱を利用する強減圧法などの生産増進効果を室内実験や数値シミュレーションなどで検証し、強減圧法を比較的浸透率の高い貯留層に適用した場合には回収率が約2倍に増加するなどの効果を実証した。 また、細粒砂の移流・蓄積（スキニング形成）による浸透率低下などの対策技術として、坑内での超音波加振機構やフラクチャリングなどによる抑制効果を室内実験にて検証・整理した。	ほぼ達成
⑥生産性・生産挙動評価技術の開発	フィールド試験の検証を通じて、精度向上を果たすと共に、生産シミュレータに対し地層変形シミュレータを組み合わせた実用化シミュレータを開発する。また、地質推計学的手法を導入し、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評価可能な三次元貯留層モデル化手法を開発するとともに、海洋産出試験の生産性・生産挙動予測を実施し、試験計画に反映するほか、検証によって生産シミュレータの信頼性を評価する。さらに、実用化シミュレータを用いて合理的な生産システムを評価し、経済性を確保する生産システム設計指針を整備すると共にLCA評価を行う。	貯留層モデルの精緻化を図るために導入した保圧コア解析装置群による解析結果を反映した貯留層モデルを構築し、第一回海洋産出試験結果の検証から生産シミュレータ（MH21-HYDRES）の精度向上を図るとともに、断層などの不均一性を考慮したモデル化手法を確立した。 また、第1回海洋産出試験の事前予測や、モニタリング井配置などの計画策定に反映させた。さらに、垂直井と深部坑井の併用システムなどの生産性評価を行うとともにLCA評価については経済性検討で実施し、それを反映した経済的な生産手法などを検討・整理した。	ほぼ達成

フェーズ2 研究開発テーマ	フェーズ2のうち 平成24～27年度までの達成目標	成果・達成状況（実績値）	達成度
⑦地層特性評価技術の開発	不連続性、不均質性を含む貯留層モデルに対し、坑井周辺及び広域にわたる生産に伴う地層の応力分布及び変形、海底面の沈下挙動、地すべり可能性、ガス漏洩可能性を検討可能な地層変形シミュレータを開発する。また、生産時の坑井の健全性を確保するための坑井強度、セメント強度、坑井仕上げ法などの指針を提示するとともに、長期、広域にわたる地層リスク評価技術を開発し、リスクを回避する開発域選定指針を整備する。	開発した地層変形シミュレータを用い、海洋産出試験で計測された沈下挙動の検証・評価を行い結果を再現するとともに、出砂現象の原因を評価した。 また、坑井の接触面強度のモデル式などを提示するなど、坑井設計指針に必要な物性を明らかにするとともに、断層のタイプ（正断層、逆断層）などの因子が最大沈下量などに及ぼす影響度を感度解析によって明確化し、地層リスクを回避するための判断式を提案した。	ほぼ達成
Ⅲ．資源量評価に関する研究開発			
⑧日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価	メタンハイドレート濃集帯の分布が期待される（平成23年度中間評価時とは異なる）3ヶ所以上の海域において、入手したデータに基づき、濃集帯の分布状況に関する評価結果を提示する。 また、メタンハイドレート濃集帯の分布等資源開発の可能性に重点を置いた、総合的な評価結果を提示する。なお、データの少ない海域については、メタンハイドレートシステムの検討に基づく濃集帯推定手法の適用を試みる。	東部南海トラフ以外の海域で、メタンハイドレート濃集帯の特徴を示唆する5海域（宮崎沖3D、能登東方沖3D、三陸東方・北西海域3D、四国沖2D、沖縄海域2D/3D）において、濃集帯の分布状況に関する評価作業を実施した。平成27年度末を目途にBSR分布図の改訂版及び濃集帯分布図のプロトタイプを作成する。評価の結果、東部南海トラフ以外の海域にも濃集帯の存在が示唆された。 また、上述の濃集帯分布図をベースとして、各濃集帯について面積・離岸距離・水深・貯留層深度・濃集度などの資源開発の可能性に重点を置いた一覧表（リスト）を作成中。これらの濃集帯のうち、5ヶ所については簡易貯留層モデルを構築しエネルギー収支比、経済性指標の試算に使用した（指標⑭参照）。	達成見込み
⑨メタンハイドレートシステムの検討	東部南海トラフ海域でのメタンハイドレートシステムの検討に基づき、データの少ない海域において、メタンハイドレート濃集帯の発達を推定する手法を検討する。	第1回海洋産出試験の事前掘削で得られたコア試料を用い、有機地球化学的な分析・微生物学的な分析を実施した。この結果、メタン生成菌によるメタンガスの生成がBSR付近でも活発に行われている可能性が高いことを再確認するとともに、微生物によるメタン生成をモデル化した。これらの成果やコア分析・物理検層から得られた各種地質データ・地震探査データを用いた2次元/3次元堆積シミュレーションを第二渥美海丘及び東海沖で実施し、濃集帯形成の条件を検討するとともに、本手法が濃集帯の分布推定に有効であることを示した。	達成見込み

フェーズ2 研究開発テーマ	フェーズ2のうち 平成24～27年度までの達成目標	成果・達成状況（実績値）	達成度
IV. 環境影響評価に関する研究開発			
⑩環境リスクの分析と対策の検討	2回の海洋産出試験を受けて、商業生産時のリスク抽出が完了し、商業生産時のリスク対応案を提示する。	第1回海洋産出試験で想定される環境リスクを対象とし、各種シミュレーション等を実施するとともに、モニタリング（沈下量、メタン濃度）、海域調査（水質、底質、生物等）を実施し実データを取得し、得られた結果をもとに、商業生産における環境リスクを検討した。周辺海域に顕著な変化は確認されていないため、商業生産時の環境リスクは小さいことが想定される。	ほぼ達成
⑪環境計測技術の開発	商業生産において必要なセンサー類を抽出し、商業生産におけるリスクに適合した最適なモニタリングシステムのコンセプトを提示する。	フェーズ1から検討を進めてきたセンサーを用いたシステムを開発し、第1回海洋産出試験での計測を実施した。地層変形、メタン漏洩とともにガス生産や準備作業などに伴う変化を確認した。同時にシステム設計やセンサーに関する技術的課題を抽出した。 これらの結果を踏まえ、次回試験に向け、センサー選定とシステム構築を実施。加えて、より長期的かつ広域的な現象の把握を目的としたモニタリング手法を検討した。	ほぼ達成
⑫海洋産出試験における環境影響評価	海洋産出試験結果の評価から予測手法の正当性を評価し、海洋開発システムに対する環境影響評価手法の最適化を行なう。	第1回海洋産出試験における一連の作業について環境影響の事前評価を実施した。また、検討結果の事後評価として、海外事例、試験時のデータを用いた予測計算やモニタリング結果等をもとに見直しを行った。 最終的な評価結果として、6日間の生産期間では、環境へのリスクは小さいという結果が得られた。これらの結果をもとに、次回試験での評価項目、評価手法等の適正化を実施した。	ほぼ達成
⑬メタンハイドレート開発における環境総合評価と最適化検討	海洋産出試験結果とこれまでの成果を踏まえて、商業生産時の環境影響評価手順を提案する。	第1回海洋産出試験における結果、海外における在来型の影響評価事例、環境有識者会議での議論を通じ、環境影響評価手法と評価結果の検討を実施した。これらの結果をもとに、リスクマトリックスの適用方法や事後モニタリングの活用など、より合理的と考えられる環境影響評価の手順を提案した。	達成

フェーズ2 研究開発テーマ	フェーズ2のうち 平成24～27年度までの達成目標	成果・達成状況（実績値）	達成度
V. 経済性の評価			
⑭経済性の評価	海洋産出試験や海洋開発システムの検討等を踏まえた我が国周辺海域のメタンハイドレート開発の経済性を提示し、経済性を向上させる技術課題の抽出を行う。	我が国周辺海域で代表的と考えられる濃集帯（⑧の成果を活用）を検討対象とし、第1回海洋産出試験で得られた知見（②、⑥の成果を活用）や、開発システムの検討により得られた知見（③の成果を活用）を反映して経済性評価を行った。また、経済環境によらない技術的な指標として、LCAの観点を含めたエネルギー収支の評価を行った。 この結果、経済性にもっとも大きな影響を与える要因は坑井あたりの生産量であることを確認した。経済性を向上するためには適切な坑井配置に基づきコストを抑制しつつ、最大の生産量を実現するための設計技術が必要である。そのためには、生産性評価技術の高度化や、回収率の向上、掘削・生産設備等のコスト低減に資する技術が必要である。 現在も、データの確認等の作業等を継続しており、作業終了は今年度末の予定。	達成見込み

(2) 目標及び計画の変更の有無

平成24年度から平成27年度において、当初計画では、2回の海洋産出試験と、長期陸上産出試験の実施が含まれていた。

海洋産出試験については、第1回海洋産出試験における技術課題の解決に時間をかけるべきという判断がなされ、かつ、平成25年度に国の「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の見直しが行われ、平成27年度までは「技術課題への集中的対応」の期間とされて、第2回の海洋産出試験は平成28年度以降の実施と計画が変更されている。27年度作業として、第2回の海洋産出試験のうち、事前掘削作業を実施見込みであり、実態としては、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」よりも先行して作業は進められているものの、当初計画との対比では、第2回海洋産出試験については一部達成にとどまる。

また、長期陸上産出試験については、想定先である米国アラスカ州の鉱区権者との調整等に時間を要し、実施の見通しが得られておらず、国際協力による長期試験実施の実現可能性について検討・協議を継続していた。平成26年11月にDOEとメタンハイドレート陸上産出試験の実現に向けた協同作業実施に関する覚書に調印し、アラスカ州ノーススロープにおいてアラスカ州政府が試験候補地として提供可能としているエリア（置き置き鉱区）の地下構造の解釈作業をDOE並びにUSGSと現在実施中であるが、当初計画通りではないため、未達との記載をしている。

<共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
199 件	登録 14 件 (出願 0 件)

平成 24 年度から 27 年度（平成 27 年度は 10 月末時点まで）の累計。

研究開発課題（プロジェクト）

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標

メタンハイドレートからのメタンガス生産の事業化

指標目標値（計画及び実績）

中間評価時（平成 21 年度～平成 27 年度）

計画： なし

実績： 第 1 回海洋産出試験によって、減圧法による海洋における世界初のメタンハイドレート層からのガス生産を実現し、将来の事業化に向けた期待が大きく高まった。国内企業については、平成 26 年 10 月、メタンハイドレートの事業化を志向し、海洋産出試験実施や情報共有の中心的役割を果たすべく、国内石油・天然ガス開発企業等 11 社出資の日本メタンハイドレート調査株式会社が設立され、また、第 1 回海洋産出試験の傭船契約を受託した海洋掘削会社が、平成 27 年 1 月に、インド政府が主導するインド沿岸域でのメタンハイドレート掘削調査（日本円で約 100 億円規模）を受注するなど、将来の事業化につながる具体的な動きがあった。

メタンハイドレート研究開発に関する情報交換・意見交換を目的とした海外（米国、インド、ニュージーランド等）からの表敬訪問・面談の要請など、資源外交の側面からも効果が認められる。

事業終了時（平成 30 年度）

計画： 商業化の実現に向けた技術の整備を行い、将来的に以下の条件を達成できると見通せる技術レベルに到達していること。

- ・ 長期の安定的なガス生産を目指す生産試験を実施できること（注：数ヶ月～1 年程度を想定）
- ・ 当該試験において、商業化判断が可能なガス生産量を確保すること（注：日量 4 万～10 万 m³/1 坑井を想定）

なお、平成 30 年度においては、

- ①第 2 回海洋産出試験の結果（1 ヶ月程度の海洋におけるメタンハイドレート層から

のガス生産)が得られていること、かつ、

- ②長期陸上産出試験のガス生産の実施ないしは準備をしている段階に進捗していること

を鑑みると、将来の事業化のための動きがより具体的かつ現実的となり、国内企業の参入意欲も増すことで民間企業を中核とした将来の検討等を進めやすい状況になっていることが期待される。また、将来のメタンハイドレート事業での活用を見据えつつ、在来型の石油天然ガス開発においても有用な海洋技術開発の動きが国内でも活発化していくことが期待される。

事業目的達成時（平成 30 年代後半予定）

計画： 本事業で進められた技術開発成果と知見を踏まえて、平成 30 年代後半に民間が主導する商業化プロジェクトが開始されること。

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

（１）研究開発内容

①全体計画について

経済産業省は平成 12 年 6 月にメタンハイドレート開発検討委員会を設置し、メタンハイドレートを経済的に掘削、生産回収するための開発計画の検討を開始、平成 13 年 7 月に「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」を発表した。開発計画における基本方針と目標は以下のとおりである。

（基本方針）

我が国周辺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して位置づけ、その利用に向けて、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。

（目標）

1. 日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況把握と特性の明確化
2. 有望メタンハイドレート賦存海域のメタンガス賦存量の推定
3. 有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択、並びにその経済性の検討
4. 選択されたメタンハイドレート資源フィールドでの産出試験の実施
5. 商業的産出のための技術の整備
6. 環境保全に配慮した開発システムの確立

目標達成に向けて 3 段階のフェーズを設定し、ステップを踏んで研究開発を進めることにしている（表 1）。期間については、平成 17 年度と平成 20 年度評価時においてスケジュールの見直しを行い（注 1 と 2）、第 3 フェーズの終了年度は、平成 30 年度として

いる。

表 1 目標達成に向けた開発スケジュール

フェーズ	現行計画	主な内容
フェーズ1	平成13年度 ～ 平成20年度 (8年間)	・基礎的研究(探査技術、基礎物性、分解生成技術等)の推進 ・メタンハイドレート探査技術の最適化の達成 ・賦存海域・賦存量の把握 ・フェーズ2での海洋産出試験対象となりうるメタンハイドレート資源フィールドの選択 ・陸上産出試験を通じ、連続性を持ってメタンハイドレートを地表に取り出す技術の検証
フェーズ2	平成21年度 ～ 平成27年度 (7年間)	・基礎的研究(生産技術、環境影響評価等)の推進 ・選択された資源フィールドの資源量評価 ・日本近海での海洋産出試験の実施と生産技術等の検証
フェーズ3	平成28年度 ～ 平成30年度 (3年間)	・商業的産出のための技術の整備、経済性、環境影響等の検証の実施

(注1: 平成17年度の開発スケジュールの見直しについて)

平成13年度当初は、フェーズ1(平成13～18年度:6年間)、フェーズ2(平成19～23年度:5年間)、フェーズ3(平成24～28年度:5年間)の計16年間を計画していた。

フェーズ1の中間時である平成17年度時の中間評価において、第2回陸上産出試験の実施時期の変更にともない、フェーズ1を2年延長して平成20年度まで実施することとし、フェーズ2については、暫定的に平成21～23年度の3年間に変更した。

(注2: 平成20年度の開発スケジュールの見直しについて)

フェーズ1からフェーズ2へ進む平成20年度に、資源エネルギー庁資源・燃料部に設置するメタンハイドレートの有識者検討会である『メタンハイドレート開発実施検討会(座長 藤田和男東京大学名誉教授(当時))』において、フェーズ1の成果と今後の開発スケジュールが審議され、研究開発の現状を踏まえたスケジュールの見直しが行われた結果、フェーズ2については平成21～27年度の7年間、フェーズ3については平成28～30年度の3年間に見直しを行うことで、承認が得られた。以下、この見直しの考え方を示す。

* 開発スケジュールの見直しの考え方

- ① フェーズ2で計画される海洋産出試験を安全に行うには、少なくとも3年の準備期間が必要である。
- ② フェーズ1の課題である長期の陸上産出試験は、分解挙動の解明などで、我が国の研究開発にも意義があることから、引き続き、国際共同研究の実現に向けた努力の継続が必要である。
- ③ ①、②から、フェーズ2には7年程度の研究期間を確保する必要がある。
- ④ このため、全体計画も見直し、プロジェクトの最終目標を当初計画の平成28年度(2016年度)から平成30年度(2018年度)へと変更する。

また、平成25年4月に閣議決定された新たな「海洋基本計画」では、平成31年度以降も視野に入れ、「商業化プロジェクト開始に向けた準備」、「民間企業を中核とした体制整備等」を経て、「平成30年代後半に民間が主導する商業化プロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ技術開発を進める」ことが商業化までの移行段階を含む長期的な展望として提示されている。〔4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ〕

参照)

②フェーズ2の目標設定

平成21年度に開始されたフェーズ2では、開発計画を具体化した「フェーズ2実行計画（以下、実行計画という。）」を策定している。実行計画は第15回メタンハイドレート開発実施検討会（平成21年2月23日）での承認を経て、設定された。

全体計画における6つの目標（前掲）のうち1と2はフェーズ1において達成されたため、3～6を主体に5つの目標に再整理し、各目標については個別要素技術課題を設定している。

（フェーズ2の目標）

1. 海洋産出試験の実施による生産技術の実証と商業的産出のための技術課題の抽出
2. 経済的かつ効率的な採収法の提示
3. 我が国周辺海域でのメタンハイドレート賦存状況の把握
4. 海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示
5. 我が国周辺海域のメタンハイドレート層が安全かつ経済的に開発できる可能性の提示

これらの目標については、1は「フィールド開発技術」、2は「生産手法開発」、3は「資源量評価」、4は「環境影響評価」、5は「経済性の評価」の各分野に対応している。

分野ごとの研究課題については、個別要素技術課題として30項目を設定しており、中間評価を実施する平成23年度及び27年度までに達成すべき内容を設定している。これらの成果をわかりやすく表示するため30項目の個別要素技術課題を14項目の研究開発テーマに集約した。その内容を、表2に示す。

なお、表2上では、各研究開発テーマは、分野毎に整理されているものの、実態としては、海洋産出試験・陸上産出試験などの実フィールドでの実験などを核に緊密に連携して作業を進めている。

具体的な例としては、「①海洋産出試験の実施」については、試験対象の貯留層のモデル構築・再評価を「②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価」として連携し、そのうち、シミュレーションや実験による検討は「⑥生産性・生産挙動評価技術の開発」「⑦地層特性評価技術の開発」が担当している。

また、同じく海洋産出試験の環境影響に係る作業は「⑩環境リスクの分析と対策の検討」「⑪環境計測技術の開発」「⑫海洋産出試験における環境影響評価」と連携して実施され、その結果は「⑬メタンハイドレート開発における環境の総合評価と最適化検討」で取得した知見により包括的に検討されている。

一方、「④第2回陸上産出試験の解析と長期試験の実施」についても、海洋産出試験と同様の関係が、「②メタンハイドレート資源フィールドの特性評価」「⑥生産性・生産挙動評価技術の開発」「⑦地層特性評価技術の開発」の間で成立し、さらに、長期陸上産出試験については、「⑤生産手法高度化技術の開発」の成果の実証フィールドとしての利用も検討段階に入りつつある。

また、東部南海トラフ海域を主対象に進められてきた上記の海洋産出試験に係る成果

は、「③海洋開発システムの検討」「⑧日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価」「⑨メタンハイドレートシステムの検討」に反映され、さらに、それらの成果を含めた総括的な検討が「⑭経済性の評価」で実践されている。

表 2 フェーズ2の重点目標と研究開発テーマ

事業アウトプット指標			達成状況(実績・達成度)
	フェーズ2の重点目標	フェーズ2の研究開発テーマ(14項目)	
I	海洋産出試験の実施による生産技術の実証と商業的産出のための技術課題の抽出(フィールド開発技術に関する研究開発)	① 海洋産出試験の実施	一部達成
		② メタンハイドレート資源フィールドの特性評価	ほぼ達成
		③ 海洋開発システムの検討	一部達成
		④ 第2回陸上産出試験の解析と長期試験の実施	未達成
II	経済的かつ効率的な採取法の提示(生産手法開発に関する研究開発)	⑤ 生産手法高度化技術の開発	ほぼ達成
		⑥ 生産性・生産挙動評価技術の開発	ほぼ達成
		⑦ 地層特性評価技術の開発	ほぼ達成
III	我が国周辺海域でのメタンハイドレート賦存状況の把握(資源量評価に関する研究開発)	⑧ 日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価	達成見込み
		⑨ メタンハイドレートシステムの検討	達成見込み
IV	海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示(環境影響評価に関する研究開発)	⑩ 環境リスクの分析と対策の検討	ほぼ達成
		⑪ 環境計測技術の開発	ほぼ達成
		⑫ 海洋産出試験における環境影響評価	ほぼ達成
		⑬ メタンハイドレート層開発における環境の総合評価と最適化検討	達成
V	我が国周辺海域のメタンハイドレート層が安全かつ経済的に開発できる可能性の提示(経済性の評価)	⑭ 経済性の評価	達成見込み

※「ほぼ達成」について： 第1回海洋産出試験の結果をもとに現時点で実施可能な検討が終了しているものの、より長期的な生産に伴う挙動を確認することで、より精度の高い検討が可能であるものを「ほぼ達成」とした。

(2) 事業アウトプット

【参考資料】を参照

3. 当省(国)が実施することの必要性

メタンハイドレートは将来の国産資源として、我が国の長期エネルギーの安定供給に資することが期待されており、国民や社会のニーズを的確に反映している。本事業では、世界に先駆けて非在来型化石燃料であるメタンハイドレートの商業的産出のための中長期かつ総合的な技術開発等を行っている。しかし現段階では開発手法の確立には至っておらず、参入リスクの観点から民間企業だけに技術開発の役割を委ねることは困難である。メタンハイドレートからのガス生産の手法を確立する上で、本研究開発は必要かつ適切である。また、エネルギー自給率の向上を図るための事業であり、優先度は高い。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

本事業で得られる技術成果と知見を踏まえて、平成 30 年代後半に民間が主導する商業化プロジェクトが開始される長期的な展望が、「新たな『海洋基本計画』に基づく工程表」で示されている。

このうち、平成 30 年度までの技術整備（事業アウトプット）の達成目標は、

- ①第 2 回海洋産出試験の実施によるガス生産技術の実証（生産予定期間は 1 ヶ月程度：出砂対策、圧力制御技術等の改善による安定生産の確認）
- ②中長期のガス生産に伴うメタンハイドレート資源フィールドの特性評価（ガス生産挙動、環境影響、地層の安定性等の予測）
- ③海洋開発システムの検討（技術検討が主体）
- ④長期陸上産出試験の検討・実施による、より長期の生産挙動の把握（ただし、生産条件は海洋とは異なる）
- ⑤減圧法を補完する生産増進回収法の検討（シミュレーション・ラボ実験が主体）

であり、これらの成果をもとに、技術の熟成度、開発の経済性・エネルギー収支、環境リスク等を含めて、次の段階に移行できるかの総合的検証（技術アセスメント）を実施する。

さらに、事業目的達成すなわち「平成 30 年代後半における民間が主導する商業化プロジェクトの開始」至る期間においては、海洋開発システムの技術実証等を含めた、さらに長期の実フィールドでの実証試験が必要となる。段階的な試験規模（投資額）の増大が予測されるため、実際のプレーヤーとなる民間企業と十分に意見交換しながら、平成 31 年度以降のロードマップを検討していくことが求められる。

また、事業投資リスクを最小にするためには、将来のアウトカムを見据えた上での順応的なプロジェクト管理（海洋産出試験の結果と技術の熟成度に応じたアクション）が重要である。第 2 回海洋産出試験の結果に応じて、アウトカム達成までの具体的な方向性が議論されるべきである。

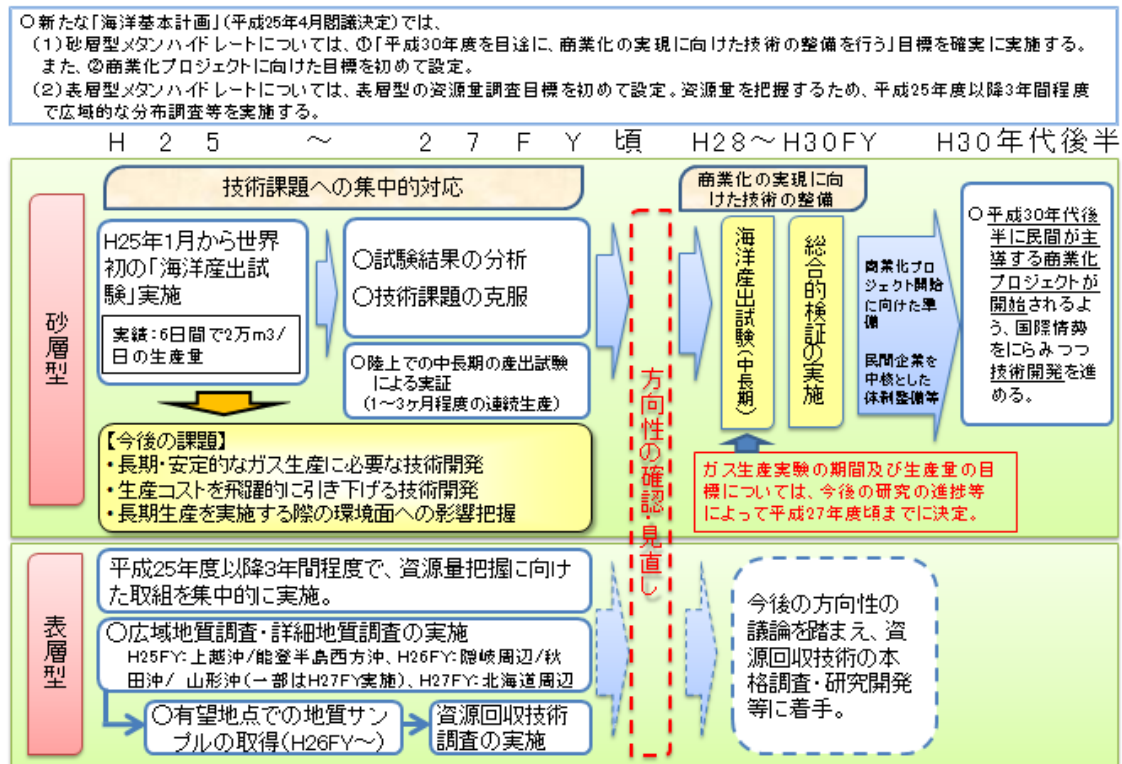


図1 新たな『海洋基本計画』に基づく工程表

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

フェーズ2の遂行に当たっては、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、(国研)産業技術総合研究所の2者が、プロジェクトリーダー増田 昌敬東京大学教授の下に新たな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)を組織して、研究開発に取り組んできた。

平成28～30年度の作業については、従来の成果を継承していくために、現在の体制を継続し、MH21 研究コンソーシアムについて、意思決定機関である運営協議会とともに、研究開発を推進するための4つのグループ（推進グループ、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）によって運営していく予定。なお、このうち、メタンハイドレートの開発に係る環境に関する研究については、現体制のとおり推進グループの統括のもとMH21 研究コンソーシアム全体で取り組むが、実態上その作業を行っている推進グループ下の環境チームの存在を体制図で明示することとした。

さらに、同コンソーシアム内の技術者のオープンな意見交換を促すために設置している技術連絡会や、成果普及のための年次成果報告会(メタンハイドレートフォーラム)の機会のほか、将来的な展望ないしはロードマップ検討(前述)の観点から、外部の組織との情報交流・意見交換についても、より積極的に促進する。

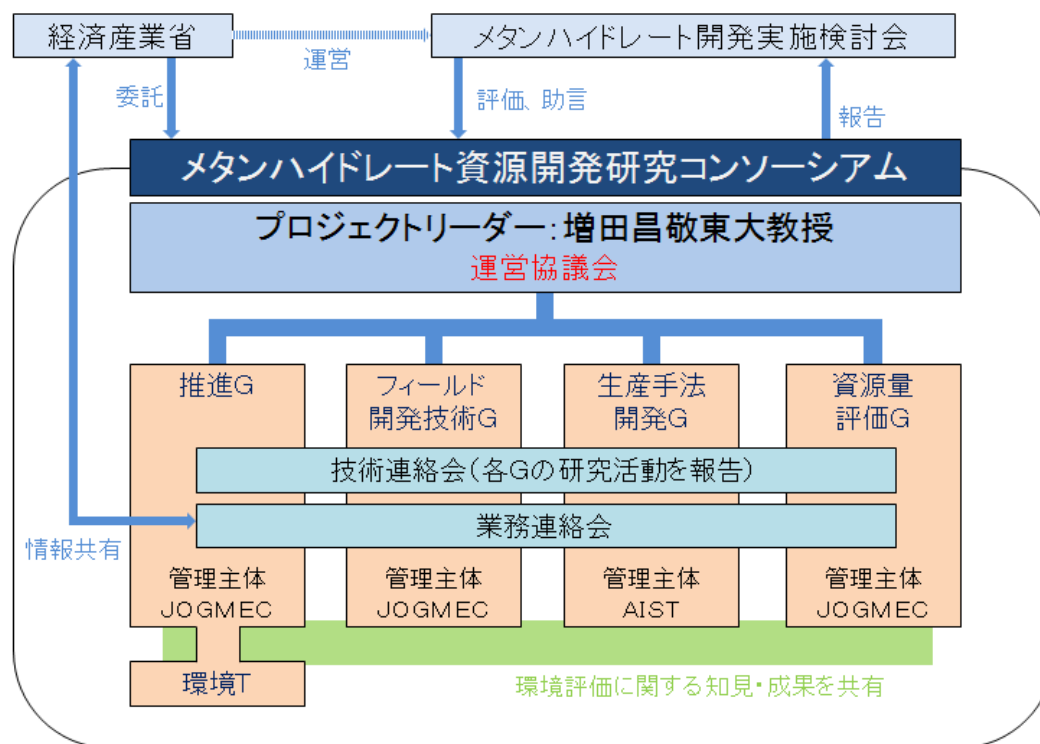


図2 研究開発の体制

6. 費用対効果

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時点で下記の規模の生産量を想定：

100 万 m^3 ／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 m^3 ／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：「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 m^3 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 (英国熱量単位) ≡ 天然ガス 25 m³)

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。

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。)

【参考資料】

<事業成果（詳細版）>

（２）事業アウトプットについては、個別要素技術①～⑭をそれぞれ指標①から指標⑭として以下のとおり詳述する。

指標① 「海洋産出試験の実施」

①－ⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 技術開発の実施
- ・ 実施計画の策定
- ・ 海洋産出試験の実施
- ・ 試験結果の解析と課題の抽出
- ・ 試験対象地域の貯留層評価
- ・ 試験地点における環境影響評価

①－ⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ２の前半・平成 23 年度評価済）

【達成目標】

世界初の海洋産出試験の実施に向け、試験に必要な技術開発を実施し、データ取得が可能な計画を立案する。またオペレータ・掘削リグを選定し、機器・装置の選定・設計を行い、調達可能な状態とする。

試験の実施前に海洋環境調査を実施し、環境リスクの抽出等を実施する。

【成果】

技術開発の実施、基本方針の策定、オペレータ・掘削リグの選定、機器・装置の選定等を完了。平成 23 年度中に一部区間を除き、掘削を完了させる予定。

試験予定地点にて海域環境調査を実施し、試験予定実施時期におけるベースライン環境情報を取得。今回の試験規模での大きなリスクは無いことを確認した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成 27 年度評価・今回評価作業分）

【計画】

一次回収手法として有望と考えられている減圧法が海洋坑井に適用して、海底のメタンハイドレート貯留層におけるメタンハイドレート分解挙動、ガス生産挙動を明らかにし、同手法の海洋坑井における有効性を検証することであり、その目的を達成するために以下の取組みを実施する。

「技術開発の実施」については、２回の海洋産出試験の結果を踏まえ、商業的産出にむけての技術課題を抽出。

「**実施計画の策定**」については、第1回海洋産出試験を踏まえた第2回海洋産出試験の計画を立案し、平成26年度中の実施に向けた具体的な試験プログラムを策定し、坑底・海底及び地表機器の選定・装置の選定・設計を行い、調達可能な状態とする。

「**海洋産出試験の実施**」については、2回の海洋産出試験を安全に実施し、必要なデータを取得する。具体的には、ガスが一定期間安定的に生産可能なことを示し、生産挙動を評価するために必要なガス・水生産量と温度・圧力、試験前後の地層変化、坑内の流動状況の把握に必要なデータなどを取得する。

「**試験結果の解析と課題の抽出**」については、取得データの管理と処理、分解モニタリング結果との対照、シミュレータとの検証などを通じて、海洋産出試験結果の基本解析を終了する。また、坑内のガス・水流動の状況を把握し、生産手法に対する貯留層の評価を行う。

「**試験対象地域の貯留層評価**」については、海洋産出試験の実施により新たに取得された検層等のデータを用いて、坑井周辺の貯留層パラメータの再検証を行う。

「**試験地点における環境影響評価**」については、海洋産出試験中及び実施後の海洋環境調査・生態系調査を行い、結果を解析して実際の環境影響を確認し、環境影響評価を行う。

【実績】

第1回海洋産出試験については、前回評価時である平成23年度までの作業として、「技術開発の実施」及び「実施計画の策定」、並びに「海洋産出試験の実施」のうち事前掘削及び圧力コアリング作業をすでに実施している。

得られた検層・コア等のデータを解析・評価し（「**試験対象地域の貯留層評価**」。その結果を用いた資源フィールドの特性評価については指標②を参照）、さらに、それらの作業で得られた知見を利用して、実施計画の詳細策定（具体的には試験実施の細目策定）を行ったうえで（「**実施計画の策定**」）、これらの情報及び検討・作業結果を利用して、平成24年度に第1回海洋産出試験の本体となるガス生産実験を実施した（「**海洋産出試験の実施**」）。

資源フィールドの特性評価や生産手法開発分野の研究グループとの協力（指標②、⑥、⑦を参照）のもとで解析作業を行い（「**試験結果の解析**」と「**技術課題の抽出**」）、それらを通じて、出砂の発生、坑内機器に関わるガス・水分離などの技術課題の抽出と、その解決のための対策を検討した（「**技術開発の実施**」。具体的内容は後述）。

また、試験中には環境影響に関するデータ（海底面でのモニタリング、採水など）を取得して分析作業を行い、平成23年度までに実施した環境影響評価の予想と比較し、顕著な環境影響はなかったこと、その一方で、モニタリング装置については一部で改善が必要なことなどを明らかにした（リスク分析、計測技術の開発、影響評価の具体的な作業は、指標⑩、⑪、⑫を参照）。

第1回海洋産出試験の成果として、第一に、海底下のメタンハイドレート層からのガス産出を試みた結果、減圧法を適用して、少なくとも短期間はほぼ安定したハイドレート分解とガス生産を実現できることが確認できたことが挙げられる。また、生産ガス及び生産水の測定値・生産坑井内の圧力変化などの生産状況に関する数値データのほかに、生産井近傍に設置した2本のモニタリング坑井においてメタンハイドレートの分解を示唆する温度変化を生産実験期間

内に検知できるなど、メタンハイドレートの分解状況を把握するための多数のデータが蓄積でき、かつ、それらの生産挙動を概ね説明できる状況になったことが挙げられる。

これらの事実から、少なくとも短期的には海洋坑井においても減圧法は適用可能であり、一定の生産性が期待できることが明らかとなった。これは、商業化へのステップとして、次の段階である、より長期の生産試験の段階へ進むべきことを示唆する成果といえる。

その一方で、当初、ガス生産期間は1～2週間程度を想定し、実験設備・機器は準備されており、それらの仕様上の制約や、気象・海象などの安全上の事項なども勘案しながら生産実験は終了する見込みであったが、出砂を原因として試験が6日目に中断されたこと、坑内機器に起因したガス・水分離の問題から目標とした減圧度を達成できなかったこと、といった技術課題が明らかになった。これらは、商業化へ向けてより長期の試験に進むうえで、解決すべき課題となる。

そのため、第2回海洋産出試験に向けた作業として、問題解決に十分な時間をかけることとし、上記の出砂対策とガス・水分離の問題の解析及び改善策の検討と、第2回試験案の検討を行った（指標②、④、⑥、⑦とも横断的に作業している）。出砂対策については、仕上げ層のうちの帯水層からの出砂・出水がグラベルパックの機能不全に至ったと推定されたことから、形状記憶ポリマーを主体とする出砂対策案を検討し、ガス・水分離の問題については、管径拡大を含む坑内機器の見直しによって制御精度を向上させることを検討した（第2回海洋産出試験に係わる「技術開発の実施」）。また、第2回海洋産出試験案については、生産期間について、1週間を超える期間から、1年程度の期間までの中で3ケースを想定して仕様を比較検討し、約1ヶ月のガス生産実験を行う第2回試験計画を策定した（第2回海洋産出試験の「実施計画の策定」）。この計画では、出砂対策とガス・水分離の改善策の実証ができ、第1回試験とほぼ同程度の装備・コストにおさえて比較的早期に試験が着手できることのほかに、生産井を2坑準備し、かつ、坑口装置等についても見直しを行い、切り離しや再設置が容易かつ短期間に可能とすることで、生産期間も合計で1ヶ月程度とより長期の産出挙動の把握が期待できるなどの利点を盛り込んでいる。

引き続き試験計画の詳細項目についても検討を進めるとともに、使用する機器類の設計・開発も実施しており、平成27年度作業として事前掘削を実施するなど、作業の一部に着手する見込みである。なお、これらの検討は指標②、⑥、⑦とも連携して進めており、フェーズ2終了時点では、検討のフェーズをほぼ完了して、実作業の準備（機器の設計・製造、作業の準備）の段階に達している。

したがって、第2回試験については、「実施計画の策定」から「海洋産出試験の（一部）実施」までにとどまり、「試験結果の解析と課題の抽出」については現フェーズでは完了できなかった。

なお、平成25年度に国の「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の見直しが行われ、平成27年度までは「技術課題への集中的対応」の期間とされて、次回の海洋産出試験は平成28年度以降の実施と計画が変更されており、実際のガス生産実験は平成28年度実施の予定である。（←したがって、フェーズ2開始時の計画は、この上位文書によって修正されている。）

【達成度】一部達成

第1回海洋産出試験に関しては、計画されていたうちの最大2週間のガス生産実験は果たせなかったものの、減圧法の適用によりガス生産が可能なことを確認し、次の段階へ計画を進めていくべきとの方向性を示した。また、出砂対策、ガス・水分離の技術課題についても、原因究明と改善策の提案を行うことで、実際に計画を進めることが可能となった。

一方、第2回試験の進捗については、技術課題の解決に時間をかけるべきという判断がなされ、「実施計画の策定」から「海洋産出試験の（一部）実施」までは達成される見込みであるが、その後の作業（「試験全作業の実施」「試験結果の解析と課題の抽出」等）については未達となる。ただし、平成25年度に国の「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」の見直しが行われ、平成27年度までは「技術課題への集中的対応」の期間とされて、次回の海洋産出試験は平成28年度以降の実施と計画が変更されているが、実態はそれらよりも先行して作業は進められている。

また、第2回海洋産出試験案として、生産期間については3ケースを想定し、最大1年程度の期間も含む検討を行ったことにより、その結果は、将来の海洋開発システム、あるいは、その中間の商業化への移行段階のシステムに対応する③との横断的な内容を含んでいる。

事業終了時（平成30年度）※

（※：平成30年度の事業終了時に向けた計画については現時点では策定途上のため、暫定的な内容を記述。以下、指標②～⑭も同じ。）

将来の商業化に向けて、さらに段階を移行するうえで必要な以下の課題を達成する。

- ・第2回試験が安全に完了して、必要なデータが取得されていること。
- ・可能な限り長期のフロー（二つの坑井合わせて1ヶ月程度を目処）を実現して、減圧法実現のための技術と、貯留層の応答の長期安定性に関する知見を得ること。
- ・第1回試験で明らかとなった技術課題に対する解決策が有効に機能したことを示すこと。

以上の課題を達成した上で、フェーズ3終了時点において、海洋坑井におけるメタンハイドレートの開発手法として、今後とも減圧法を主体とした方法を追及することが適切であるかどうかの判断がなされ、さらに商業化に移行する判断が行われるまで（あるいは民間主導のプロジェクトが開始されるまで）に、さらなるフィールド試験で検証すべき点を明らかにし、解決すべき技術課題と、解決までの道筋を示し、それらの検証が可能なフィールド試験の基本設計が示されていることを目標とする。

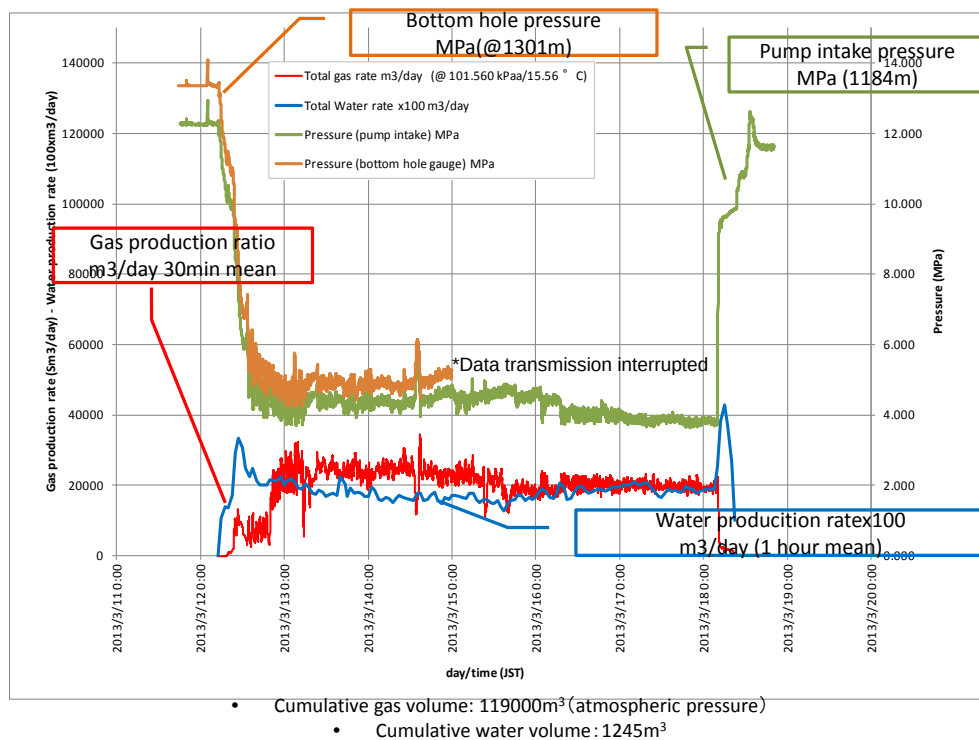


図1 第1回海洋産出試験において計測された坑内の圧力および水・ガス生産量。出砂の発生によって作業が中断されるまでの6日間に、坑内を4.5MPaまで減圧して、11.9万立法メートルのガスが生産した。

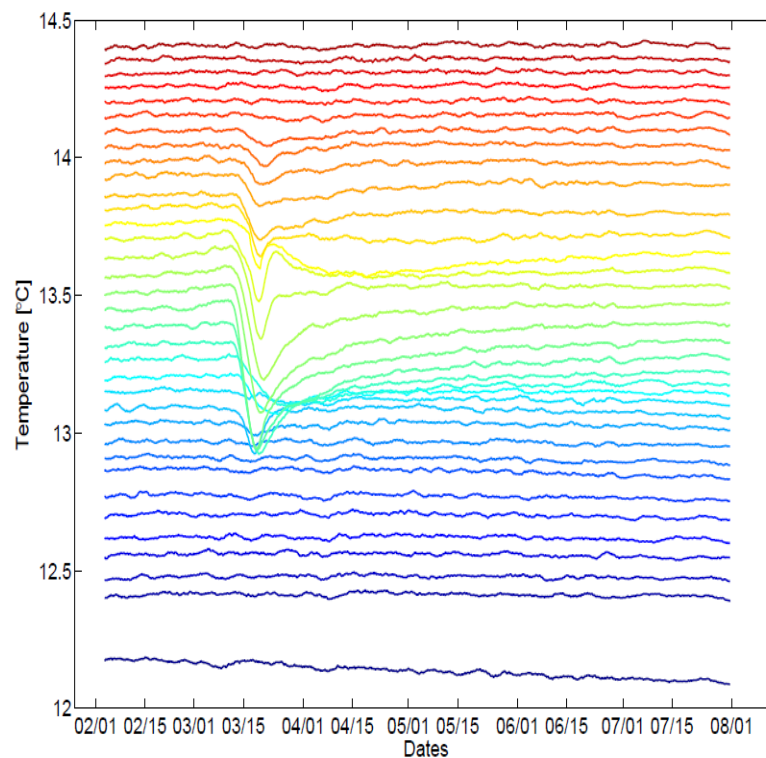


図2 生産井から約25mメートル離れた地点のモニタリング井において計測された温度の変化。これにより、メタンハイドレートが分解したことが証明され、どの層でどのような範囲で分解が生じたかの知見が得られた。

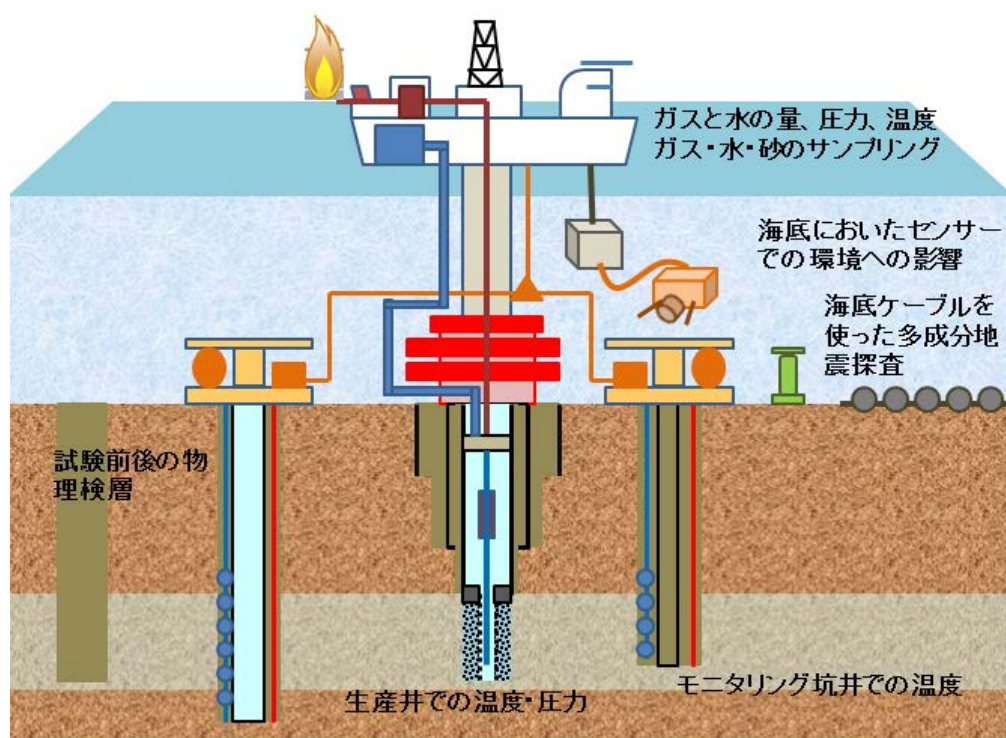


図3 取得したデータ：試験とその前後

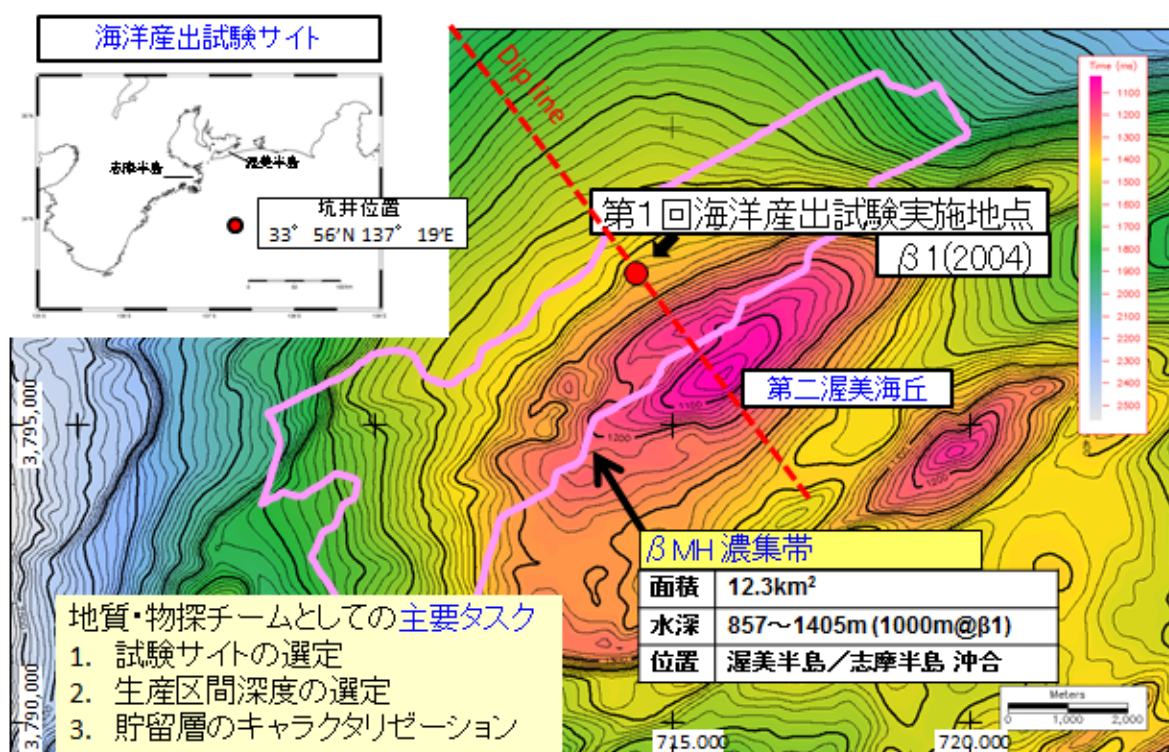


図4 第1回海洋産出試験サイト



図5 フレア（第1回海洋産出試験）



図6 出砂とその対策案

指標② 「メタンハイドレート資源フィールドの特性評価」

②ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 試験実施地点の詳細地質モデル、貯留層キャラクタリゼーションの実施
- ・ 資源フィールドの貯留層評価

②ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

地震探査、検層、コアデータ等により、第1回海洋産出試験の貯留層挙動予測に必要な坑井近傍の貯留層特性モデルを策定する。

【成果】

貯留層特性モデルの策定は完了。加えて、海底地盤ボーリング調査、詳細海底地形調査等を実施し、地層の力学的データを取得。その解析結果を海洋産出試験の掘削計画・仕上げ案に反映した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「試験実施地点の詳細地質モデル、貯留層キャラクタリゼーションの実施」については、海洋産出試験で新たに得られたデータを用いて更新された貯留層パラメータ、2回の海洋産出試験の生産データ、それらとシミュレータによる分析結果に基づいて貯留層特性モデルを再評価する。

「資源フィールドの貯留層評価」については、海洋産出試験で更新された試験地点の貯留層特性モデルを、地震探査データ等を利用して濃集帯及び資源フィールド全体に反映させる。

【実績】

指標①に述べた通り、第1回海洋産出試験において新たな検層・コアデータを取得し、またガス生産実験中及び前後に取得されたガス生産挙動や温度圧力データ、検層データ等をもとに、生産手法開発グループとの協力のもとでシミュレータを利用したヒストリーマッチング等を行って評価結果を見直して、「詳細地質モデル、貯留層キャラクタリゼーション」を進め、概ね生産挙動を説明できる貯留層特性モデルを作成できた。具体的な知見としては、メタンハイドレートを含む砂層の浸透性がこれまでに想定してきたよりも高い可能性が示唆されたこと等が挙げられる。

これらの結果を導出する過程において、地震探査・コアサンプル・検層データを総合化してハイドレート「貯留層の評価」を行う手法が大幅に改善され、実証された。

また、本貯留層特性モデルを、東部南海トラフにおける α 濃集帯と呼ばれるメタンハイドレートの濃集帯と、地震探査データの解析により濃集帯の存在を明らかにした東部南海トラフ以外の資源フィールドを含む3つの濃集帯に反映させ、その結果は経済性評価の検討に活用した（指標⑭参照）。

【達成度】ほぼ達成

使用可能なデータは第1回海洋産出試験結果に限定されたが、ヒストリーマッチング等から、概ね現実を反映させたといえる貯留層モデルを確立できた。また、これを東部南海トラフ以外の資源フィールドを含む複数の濃集帯に反映させ特性及び生産能力評価を実施した。

事業終了時（平成30年度）※

第2回海洋産出試験に係わる貯留層パラメータ、生産データ、それらとシミュレータによる分析結果に基づいて貯留層特性モデルを再評価する。また、海洋産出試験等における顕著な阻害要因（技術的要因及び貯留層特性による要因）を解決するために資する貯留層評価を実施する。

これらの作業を通して、メタンハイドレート層の貯留層評価の手順が示され、評価に必要な技術が整備され、海洋産出試験実施地域に限らず、我が国周辺の資源フィールドの貯留層評価を高い精度で行うための基盤を確立する。

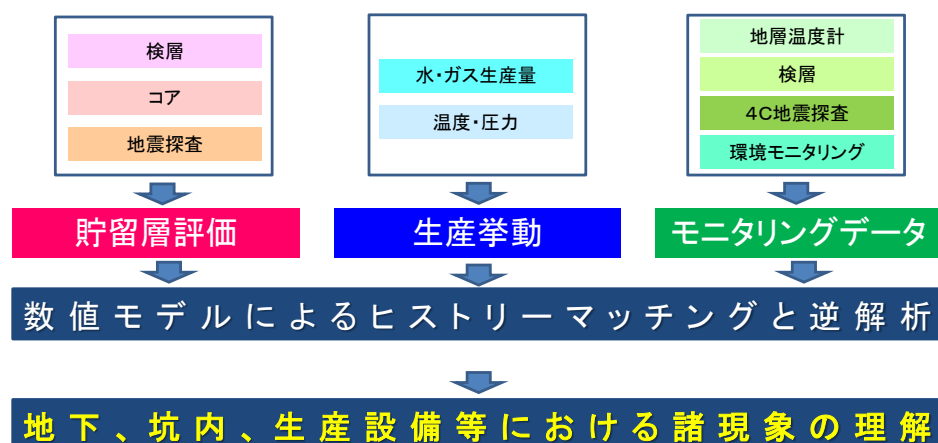


図7 得られたデータの解析スキーム： コア、検層など事前に取得したデータと、第1回海洋産出試験において取得したデータを総合化し、資源量評価グループ、生産手法開発グループと協力して解析作業を行い、試験実施地点の貯留層特性を明らかにした。その結果は、長期挙動や経済性評価の信頼性向上に活用している。

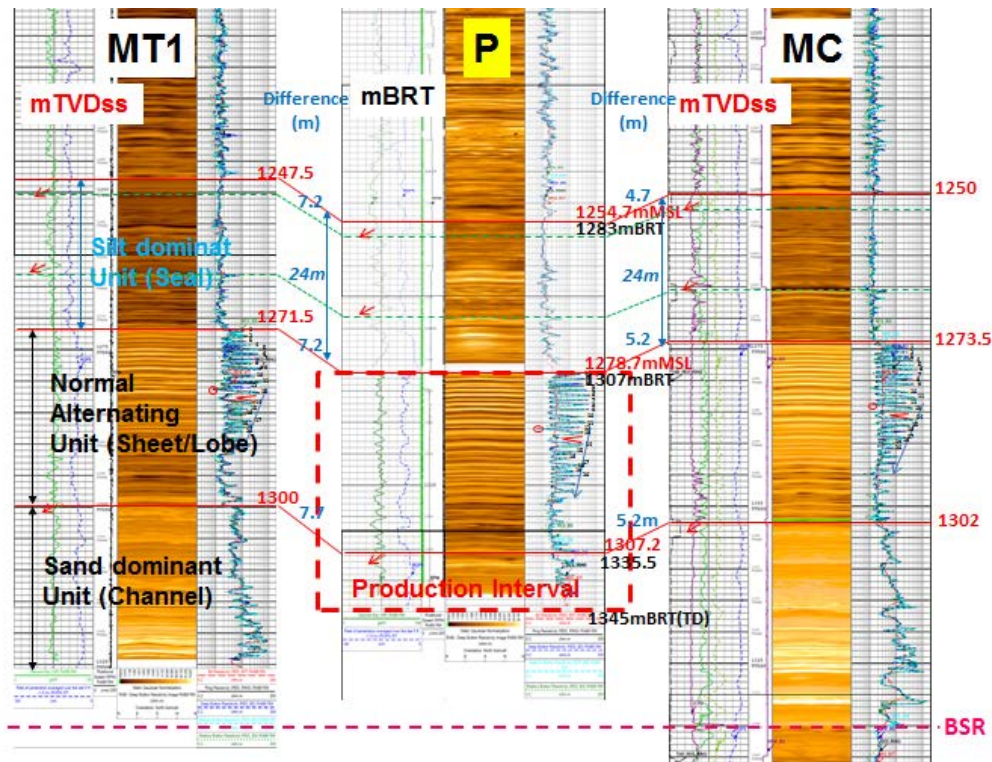


図 8 物理検層による貯留層パラメータ (1)

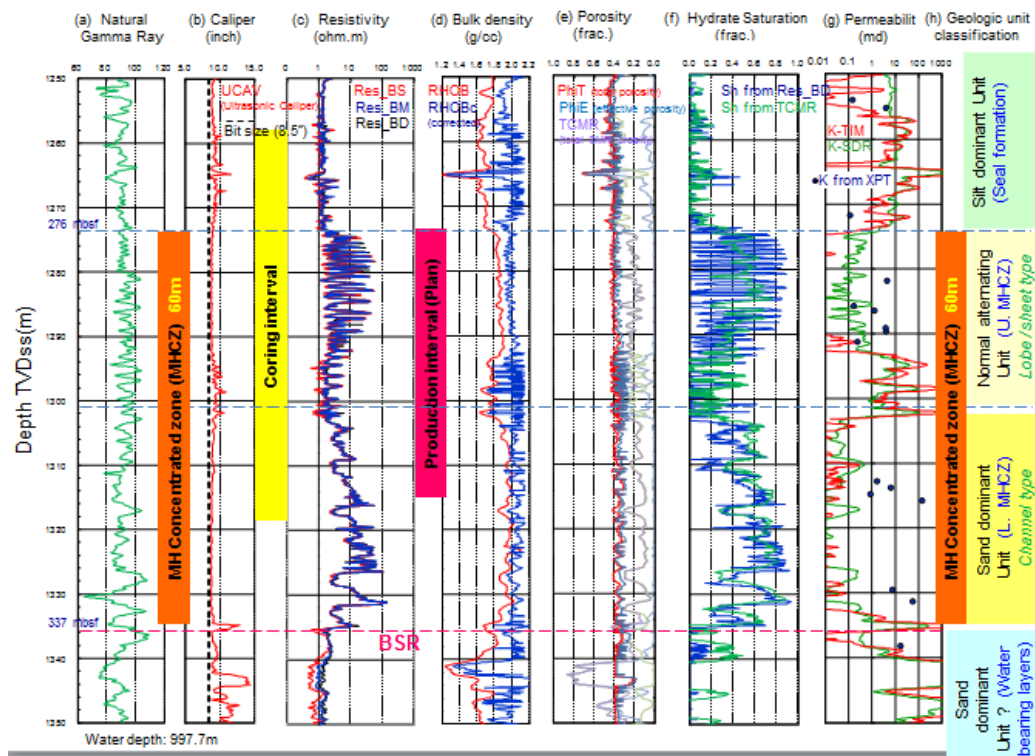


図 9 物理検層による貯留層パラメータ (2)

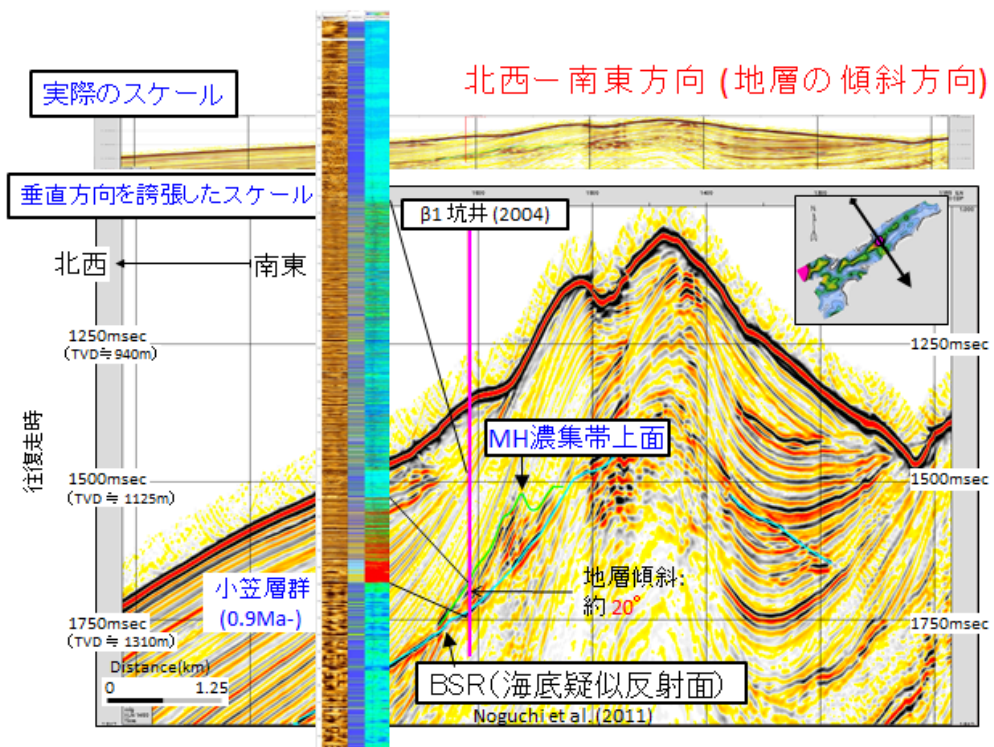


図 10 海洋産出試験実施地点の地震探査断面

指標③ 「海洋開発システムの検討」

③ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 海洋開発システムの概念設計
- ・ 掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等における技術検討

③ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

フェーズ1で検討した海洋開発システム案から課題を抽出し、妥当性の評価等を実施する。
海洋産出試験の検討内容を海洋開発システムに適用し、開発リスクとコスト低減策について課題の抽出等を実施する。

【成果】

フェーズ1で抽出された海洋開発システムの課題に対して、妥当性及び現実性の観点から評価を実施。

開発リスクとコスト低減策について年度内にとりまとめる予定。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

本項目の目的は、商業化の段階を想定して、大水深海洋開発の情報を収集し、メタンハイドレートの特性に適合し、環境や経済性にも配慮した開発システムを構築することである。

「海洋開発システムの概念設計」については、海洋産出試験の結果を踏まえ、海洋開発システムの見直しを行うとともに、資源フィールドに適合した現実的な概念設計を終了する。

「掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等に関する技術検討」については、海洋産出試験結果から技術の評価を進めるとともに、各技術を最適化する方法を検討する。

【実績】

「海洋開発システムの概念設計」の一部として、第1回海洋産出試験の実施を受けて、「ビジネスモデルの検討」「パイプラインの初期検討」等の検討を行い、商業化の時点での要求される技術についての検討を進めた。

また、「掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等における技術検討」については、第1回試験で明らかになった技術課題への対応及び第2回試験の計画検討（指標①参照）という横断的な形で実施された。

以上の検討により、開発システムの要件や一部の重要な対象の検討は進められたが、第2回試験の実施計画案の検討という側面もあったため、海洋開発システムの全体像を示す段階には至らなかった。

【達成度】 一部達成

海洋開発システムの一部のコンポーネントに関して検討を深化させているが、現状は平成23年度までに検討された海洋開発システムの基本コンセプトを踏襲して概念設計の一部を進めている段階であると言える。

坑井安定化などの課題については、第1回試験の結果を分析して機器設計等を進めている段階で、それらの検証は平成28年度以降の課題として残されている。

事業終了時（平成30年度）※

平成30年代後半に民間主導のプロジェクトを実現する上で、それまでの移行期間における技術開発課題も含めて検討することも必要であり、それらすべてを視野にいて、現状技術で不足する点、改良が必要な点などをマッピングし、解決までの道筋を示す。

また、大水深海洋開発の技術は急速に進歩している分野であり、情報の収集に努めて柔軟に新しい技術を取り込めるように配慮する必要がある。

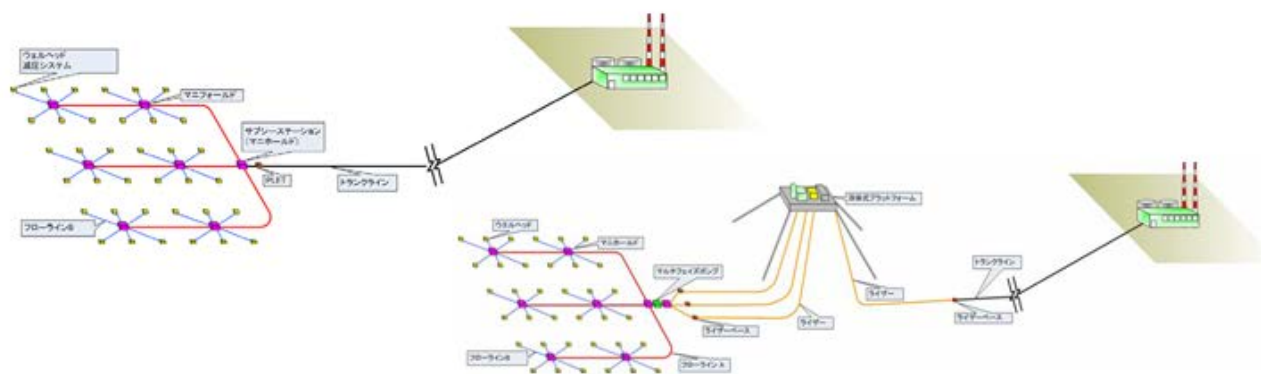


図11 海底または海上での気液分離を想定した商業化時点での生産システムの構成例。それぞれの要素であるセパレータ、コンプレッサ、プラットフォーム、パイプライン等について要求される事項と、現状での最適案を検討している。

指標④ 「陸上産出試験の解析と長期試験の実施」

④ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 陸上産出試験の解析と長期試験の実施

④ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

フェーズ1で実施した第2回陸上産出試験結果についての網羅的検討を終了させ、必要に応じて発表を行う。

国際協力により、減圧法による長期産出試験の実施が可能なサイトを抽出し、長期産出挙動データの取得を目指す。

【成果】

第2回陸上産出試験（平成20年度）の結果について網羅的な検討を行い、報告書にとりまとめた。

長期陸上産出試験については、相手国側における進展が見られず実施に至っていない。

【達成度】一部達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

海洋では技術的な理由や費用が多額になること等から実施が困難な技術検討、特に約1年以上の長期の生産挙動を知ること为目标に、陸上でも産出試験を実施する計画である。

長期産出試験の結果を分析して、海洋における生産の長期挙動評価を行うため、生産シミュレータや貯留層モデルへの反映を行う。

【実績】

第2回陸上産出試験の結果について網羅的な検討を行い、総括成果報告書にとりまとめた。

また、「長期試験の実施」については、米国アラスカ州におけるパイプライン原油流出事故（2007年）、メキシコ湾原油流出事故（2010年）等の影響もあり、実施主体として想定していた鉱区権者が、共同操業者・許認可官庁からの理解を得るのに時間を要していること等の状況は前回評価時から継続しており、平成27年度末時点では実施に至らない見込みである。

しかし、商業化を実現するためには、長期試験を通じて長期生産挙動の把握や坑内システムの長期安定性の確認等が必要であり、海洋では技術的な理由や費用が多額になること等から実施が困難な技術検討、特に約1年以上の長期の生産挙動を知ることを陸上の産出試験によって実施する施策は有効であるため、引き続き国際協力による長期試験実施の実現可能性について検討・協議を継続した。

その結果、平成26年11月に米国エネルギー省（DOE）とメタンハイドレート陸上産出試験の実現に向けた協同作業実施に関する覚書に調印し、アラスカ州ノーススロープにおいてアラスカ州政府が試験候補地として提供可能としているエリア（取り置き鉱区）の地下構造の解釈作業をDOE並びに米国地質調査所（USGS）と実施中である。平成27年度末頃までに試験候補地を3

ヶ所程度以下に絞り込み、実施計画を策定した上で平成 28 年中盤に試掘及び検層作業実施への移行について確認する予定である。

以上により、陸上産出試験の実現までの工程表を示す。その中には、試掘地点の候補地、オペレータの候補会社、試掘と試験実施までの研究プログラム等が含まれる。

【達成度】未達成

陸上産出試験自体は実施できておらず、したがって長期の生産挙動のデータも得られていないが、実現にむけた目処がついてきた段階である。

また、当初は、米国主導の研究計画の受託者の形で、長期陸上産出試験の実施の可能性を提示されたのに対し、事前検討・試掘から生産実験計画に至る段階的な研究計画を提示し、対等の共同研究調査として開始に至る交渉をするなど、適正な関係・体制をもって、フェーズ 2 開始当初着手困難であった長期陸上産出試験に向けた調査を開始することができた。

長期陸上産出試験フェーズ 1 にて、試掘・検層作業実施に向け試験候補地選定及び実施計画の策定を実施しているところである。現状は試験候補地選定に関して協議中であり平成 28 年度末頃に試掘・検層作業を実施することを目標としている。

事業終了時（平成 30 年度）※

- ・当該地域の地質の検討を進めて、試験の実施場所を選定する。
- ・陸上産出試験の実現に向けた関係方面（DOE、アラスカ州、鉱区権者、オペレータとなる石油開発会社、許認可当局、地元住民等）との協議を進め、計画を立案する。
- ・坑内機器、出砂対策装置、モニタリング装置等の検討を行い、設計・製造する。
- ・約 1 年以上のフローを実現するための、環境規制に適合した永久凍土地帯のエンジニアリング（道路、パッド、地表設備等）の検討と、設計・製造・施工を行う。

以上の研究調査を進め、長期陸上産出試験の実施ないしは準備・着手に至る。それによって、海洋でのメタンハイドレート開発に向けての技術課題である長期フローの実現、生産の阻害要因があった場合の対策等の知見を海洋のメタンハイドレート開発に反映させる。

このように、海洋では期間・予算による制約の大きい、長期挙動に関する知見を陸上産出試験を通じて取得する。



図 12 アラスカ州ノーススロープ油田におけるメタンハイドレート産出試験を目指した日米関係の覚書の調印式（日本：宮澤経済産業大臣、米国：ケネディー駐日大使同席）

指標⑤ 「生産手法高度化技術の開発」

⑤ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 生産性増進技術の開発
- ・ 生産障害対策・抑制技術の開発
- ・ 大型室内試験装置による実証

⑤ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

減圧法と加熱法の併用等、坑井あたりの生産量を増加させる生産手法を開発する。

コア試験の実施により、生産井周辺のスキン（細粒砂）形成などの生産障害メカニズムの解明と生産に与える影響評価を行う。

定量的な生産性・生産挙動の評価が可能な大型室内試験装置を設計・製作し、生産増進技術等について検討する。

【成果】

坑底圧（減圧した時の坑内到達圧力）を3MPa以下とする強減圧法の有効性を明らかにした。また、減圧法による貯留層温度の低下を補完する効率的な加熱手段としての交流通電加熱法、CO₂/水エマルジョン圧入法などを開発した。

坑井周辺に堆積するスキン（細粒砂）を除去するための超音波照射法の開発など、効果的な生産障害対策技術を開発した。

メタンハイドレートの分解過程、生産障害、地層応力変化などの生産挙動の検討、効率的な生産手法の実証などのための大型室内試験装置を設計、作製、導入した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「生産性増進技術の開発」については、貯留層特性に応じ、坑井あたりの生産を最大化させる生産手法を整備する。

「生産障害対策・抑制技術の開発」については、出砂、スキン、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成、流動障害などの生産障害対策技術を開発し、貯留層特性に適した生産障害対策指針を整備する。

「大型室内試験装置による実証」については、生産性増進技術、生産障害対策技術を検証し、開発した技術の総合評価及び海洋産出試験での検証等を通じ、効率的な生産手法を提示する。

【実績】

減圧法とは、高圧低温下の安定条件にあるメタンハイドレートを分解条件下にする生産方法であり、分解過程では、吸熱反応がおこっている。その際にはメタンハイドレート周辺の地層の顕熱等も利用した熱供給により分解が進行するため、そのバランスによっては未回収分が生じる可能性がある。そこで、追加するエネルギーを抑えながら回収率、生産量の増進を図る手

法として、地層温度の回復や浸透性を向上させるための「生産性増進技術の開発」や「生産障害対策技術・抑制技術の開発」を行っている。

「生産性増進技術の開発」については、氷の潜熱を利用する強減圧法、坑井間に電流を流して加熱する通電加熱法やCO₂ ハイドレート生成熱を利用したCO₂/水エマルジョン圧入法などの生産増進効果を室内実験や数値シミュレーション等で検証・整理した。

「生産障害対策・抑制技術の開発」として細粒砂の移流・蓄積（スキニング形成）による浸透率低下などに対する対策技術については、坑内での超音波加振機構やフラクチャリングなどによる抑制効果を室内実験にて検証・整理した。

「大型室内試験装置による実証」については、生産性増進技術の一つである強減圧法の実証実験を行い、減圧した際のガス生産に比較して、氷の生成によるガス生産の継続が行われ、ガスの増進効果を確認した。さらにフィールドスケールでの数値解析によって、比較的浸透率の高い貯留層を対象に、強減圧法を適用した場合には回収率が約2倍に増加するなどの効果を提示した。

【達成度】ほぼ達成

生産増進法や生産障害対策技術については、様々な方法を提案・検証し、室内実験レベルではあるがその効果と特性を実証・整備できたので「ほぼ達成」と判断した。

今後は、商業生産に向けて、より長期的に安定な手法として適用するための技術開発を進めていく必要がある。

事業終了時（平成30年度）※

開発してきた様々な生産増進法や生産障害対策技術などに関する商業化規模での適用性について、大型試験装置及び生産シミュレータなどで検証を行い、適用可能性について取りまとめる。

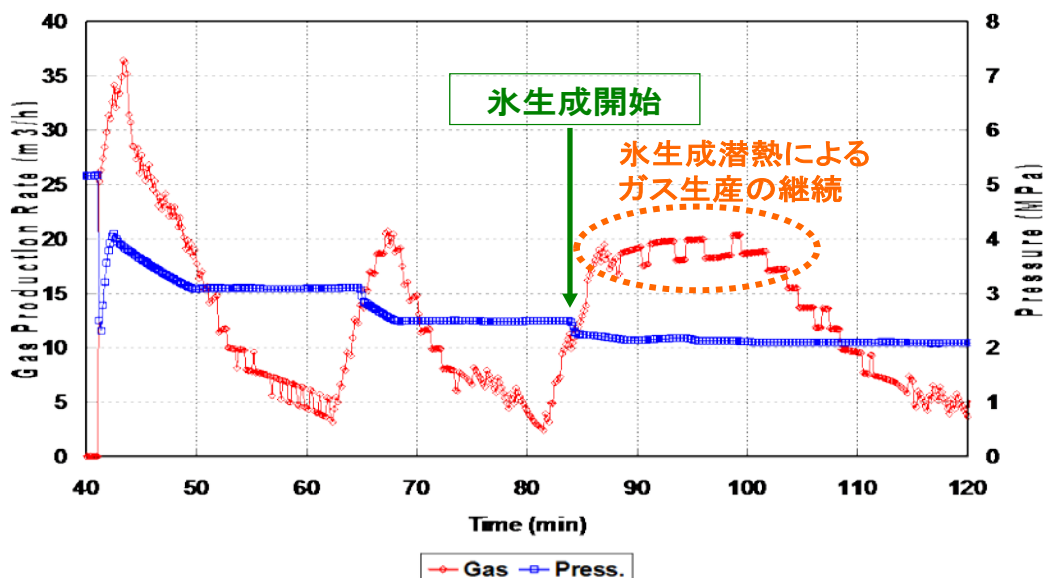


図13 強減圧法の実証実験： 減圧(青線)を行うことでガス生産(赤線)が生じているが、氷生成の場合には、ガス生産が継続されている。

指標⑥ 「生産性・生産挙動評価技術の開発」

⑥ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 生産シミュレータ (MH21-HYDRES) の機能強化
- ・ 生産挙動評価用三次元貯留層モデルの開発
- ・ 産出試験の予測・検証
- ・ 商業規模生産の生産性評価

⑥ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

生産シミュレータ (MH21-HYDRES) に各種生産障害を評価可能な計算ルーチンを付加し、その機能を強化する。

断層等による地層の不連続性パラメータを取得し、長期生産性等の評価が可能な三次元貯留層モデルを開発する。

陸上産出試験、海洋産出試験の生産性等の予測等を実施する。

【成果】

細粒砂の移流など、生産障害等による影響を生産シミュレータ (MH21-HYDRES) に導入し、その精度向上、計算速度の高速化、生産性予測評価等を行った。また、従来の三次元貯留層モデルの拡張を実施し、新たなモデルを構築した。

海洋産出試験の生産性評価を実施し、産出試験地として β 濃集帯が望ましいとの結論を得た。一方、長期陸上産出試験に関する評価は実施に至っていない。

【達成度】一部達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「生産シミュレータ (MH21-HYDRES) の機能強化」については、フィールド試験の検証を通じて、精度向上を果たすと共に、生産シミュレータに対し地層変形シミュレータを組み合わせた実用化シミュレータを開発する。

「生産挙動評価用三次元貯留層モデルの開発」については、地質推計学的手法を導入し、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評価可能な三次元貯留層モデル化手法を開発する。

「産出試験の予測・検証」については、海洋産出試験の生産性・生産挙動予測を実施し、試験計画に反映するほか、検証によって生産シミュレータの信頼性を評価する。

「商業規模生産の生産性評価」については、実用化シミュレータを用いて合理的な生産システムを評価し、経済性を確保する生産システム設計指針を整備すると共に LCA 評価を行う。

【実績】

「生産シミュレータ (MH21-HYDRES) の機能強化」については、大型室内試験装置での実験や海洋産出試験などの結果の検証を通してその精度向上を行うと共に、生産シミュレータに地層変

形挙動の機能を組み合わせるための統合化手法について検討し、引き渡すべき変数、グリッドの扱い方などの基本案を提案した。

「生産挙動評価用三次元貯留層モデルの開発」については、資源フィールドの特性評価に係る協力として、保圧コアの浸透率やメタンハイドレート飽和率などを分析するとともに(指標②参照)、検層やコアなどに基づく岩相、浸透率、メタンハイドレート飽和率などの各種パラメータを補間する坑井近傍モデルの構築手法や断層などの不均一性を考慮したモデル化手法を確立した。さらに、モデルの精緻化を図るために、メタンハイドレートが分解しないように保圧した状態でコアの内部構造を可視化したり、力学的な特性を計測するなどの保圧コア用の評価装置群を導入した。

「産出試験の予測・検証」については、生産シミュレータ(MH21-HYDRES)を用いて、資源フィールドの特性評価に係る協力として得られた保圧コアの解析結果などを反映してハイドレート飽和率や浸透率などの値を補正した貯留層モデルを用いて、第1回海洋産出試験のガス生産挙動やモニタリング井での温度低下などの観測結果を再現できるようにした(指標①参照)。これらの検証作業を通して、生産シミュレータの精度向上を行った。

「商業規模生産の生産性評価」については、垂直井、傾斜井、水平井、水平井と垂直グラベル坑の併用システムや垂直井と深部坑井の併用システムなどの生産性を評価するとともに、LCA評価については経済性検討(指標⑭参照)で実施し、それを反映した経済的な生産手法として、生産休止期間を設けて数10年サイクルで繰り返し生産するサイクリック法などの検討・整理を実施した。

【達成度】ほぼ達成

保圧コア解析や海洋産出試験などを通して、モデル構築技術や生産性挙動予測技術に関して、短期間ではあるが検証を行い精度向上ができたので「ほぼ達成」と判断した。

今後は、商業生産に向けて、より長期的な挙動の予測などに関する信頼性を向上させるための機能強化や改良などの技術開発を進めていく必要がある。

事業終了時(平成30年度)※

保圧コア評価装置群を用いたモデル構築技術の高精度化と次回の海洋産出試験の事前予測や試験結果などの検証を通じた予測技術の信頼性向上を図る。



保圧コア用キャビネット



PNATs-X : 大型 X 線 CT 装置



PNATs-TACCT : 三軸型保圧力学装置

図 14 保圧コア評価装置群 (Pressure-core Nondestructive Analysis Tools, PNATs) の一部

指標⑦ 「地層特性評価技術の開発」

⑦ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 地層変形シミュレータの機能強化
- ・ 坑井の健全性評価
- ・ 広域の地層変形評価

⑦ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

地層応力分布等を解析するシミュレータの開発、貯留層特性に応じた坑井壁への地層応力分布の評価、生産に伴う海底面沈下の可能性検討等を実施する。

【成果】

初期異方性等のパラメータを地層変形シミュレータ（COTHMA）に導入し、その精度向上を行った。

減圧区間長、接触面強度や減圧速度がケーシング応力、セメント応力に大きな影響を与えることを明らかにした。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「地層変形シミュレータの機能強化」については、不連続性、不均質性を含む貯留層モデルに対し、坑井周辺及び広域にわたる生産に伴う地層の応力分布及び変形、海底面の沈下挙動、地すべり可能性、ガス漏洩可能性を検討可能な地層変形シミュレータを開発する。

「坑井の健全性評価」については、生産時の坑井の健全性を確保するための坑井強度、セメント強度、坑井仕上げ法などの指針を提示する。

「広域の地層変形評価」については、長期、広域にわたる地層リスク評価技術を開発し、リスクを回避する開発域選定指針を整備する。

【実績】

「地層変形シミュレータの機能強化」については、メタンハイドレート模擬試料や圧力コアを用いた力学特性の解析からメタンハイドレート含有砂層の力学モデルの高精度化を図るとともに、環境計測技術の開発として計測された第1回海洋産出試験地の海底面における沈下挙動の検証・評価を行い、数cm程度の沈下量を再現した（指標⑫参照）。これらの検証・評価作業を通じてシミュレータの精度向上を行った。さらに、第1回海洋産出試験結果の解析と課題の抽出に係る協力として、坑井近傍で生じた出砂現象の原因を検討し、特定の地層でグラベルが移動して砂が直接スクリーンに接する可能性などについて示唆するとともに、出砂評価試験装置を用いた室内実験なども進めている（指標①参照）。

「坑井の健全性評価」については、坑井形状、減圧度、減圧区間、坑井と地層間の接触面強度、坑井仕上げ法などについて検討し、坑井の健全性や坑井周辺地層の変形挙動に大きな影響を及ぼす因子を抽出した。さらに坑井周辺への応力で重要な因子となる接触面強度として、セ

メントと地層間などの接触面特性に係る実験的評価によって、生産井を構成する異種材料間の接触面特性や接触面強度のモデル式を提示するなど、坑井設計指針に必要な物性を明らかにした。

「**広域の地層変形評価**」については、メタンハイドレート貯留層の粒度分布と鉱物組成を考慮したメタンハイドレート模擬コアの力学特性評価試験を実施し、生産後の地層強度は体積収縮により高強度となることを明らかにした。さらに、坑井～断層間の距離、断層のタイプ（正断層、逆断層）、断層の傾斜角、地層厚、減圧度などの因子に係る感度解析を行い、海底面の断層位置における段差量や最大沈下量に及ぼす影響度を明確化するなど、地層リスク回避するための判断式を提案した。

【達成度】ほぼ達成

圧力コアなどを用いた室内実験や海洋産出試験などの結果の検証を通して、地層変形シミュレータの開発や、坑井の健全性評価などを実施出来たため「ほぼ達成」と判断した。しかしながら、短期間の海洋産出試験結果の解析・検証を実施しただけであり、商業生産に向けたより長期的、安定的な生産を担保する技術開発が必要である。

事業終了時（平成 30 年度）※

次回の海洋産出試験の事前予測や試験結果の検証及び室内実験などの検証を通して、長期、広域的な変動挙動に関する地層変形シミュレータの高精度化を図る。



図 15 出砂評価試験装置

指標⑧ 「日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価」

⑧ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 東部南海トラフ以外の海域にも対象を拡大したメタンハイドレート濃集帯の分布推定
- ・ 日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の総合評価

⑧ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

メタンハイドレート濃集帯の分布が期待される、3ヶ所以上の海域において、入手したデータに基づく評価結果を提示する。

【成果】

東部南海トラフ以外の海域で、メタンハイドレート濃集帯の特徴を示唆する海域のうち、在来型の石油天然ガスのための三次元地震探査が実施された3海域（道南～下北沖、佐渡南西沖、佐渡西方沖）において、濃集帯の分布状況に関する評価作業を実施した。平成23年度中に作業を完了する。

濃集帯以外のメタンハイドレート賦存域について、海底面近傍ハイドレートの存在が確認されている上越沖等における賦存状況の把握のため、科学調査を実施し、現在、サンプル分析等を進めているところ。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「東部南海トラフ以外の海域にも対象を拡大したメタンハイドレート濃集帯の分布推定」については、メタンハイドレート濃集帯の分布が期待される（平成23年度中間評価時とは異なる）3箇所以上の海域において、入手したデータに基づき、濃集帯の分布状況に関する評価結果を提示する。

「日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の総合評価」については、メタンハイドレート濃集帯の分布等資源開発の可能性に重点を置いた、総合的な評価結果を提示する。なお、データの少ない海域については、メタンハイドレートシステムの検討に基づく濃集帯推定手法の適用を試みる。

【実績】

東部南海トラフ以外の海域で、メタンハイドレート濃集帯の特徴を示唆する海域のうち、在来型の石油天然ガスのための三次元地震探査が実施された海域を中心とした5海域（宮崎沖3D、能登東方沖3D、三陸東方・北西海域3D、四国沖2D、沖縄海域2D/3D）において、濃集帯の分布状況に関する評価作業を実施した。平成27年度末を目途にBSR分布図の改訂版及び濃集帯分布図のプロトタイプを作成する。この結果、東部南海トラフ以外の海域にも濃集帯の存在が示唆された。

また、「日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の総合評価」としては、上述の濃集帯分布図をベースとして、各濃集帯について面積・離岸距離・水深・貯留層深度・濃集度などの資

源開発の可能性に重点を置いた一覧表（リスト）を作成中である。これらの濃集帯のうち、5ヶ所については簡易貯留層モデルを構築しエネルギー収支比、経済性指標の試算に使用した（指標⑭参照）。

データの少ない海域としては、東部南海トラフの2D海域の評価内容、メタンハイドレートシステムの検討に使用中である（指標⑨参照）。

【達成度】達成見込み

濃集帯分布推定作業は予定通り進捗している。この結果を分布図などの形で整理する作業が残されているが、予定通り実施できる見込みである。

事業終了時（平成30年度）※

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分布図が作成できている。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完了し、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が作成できている。

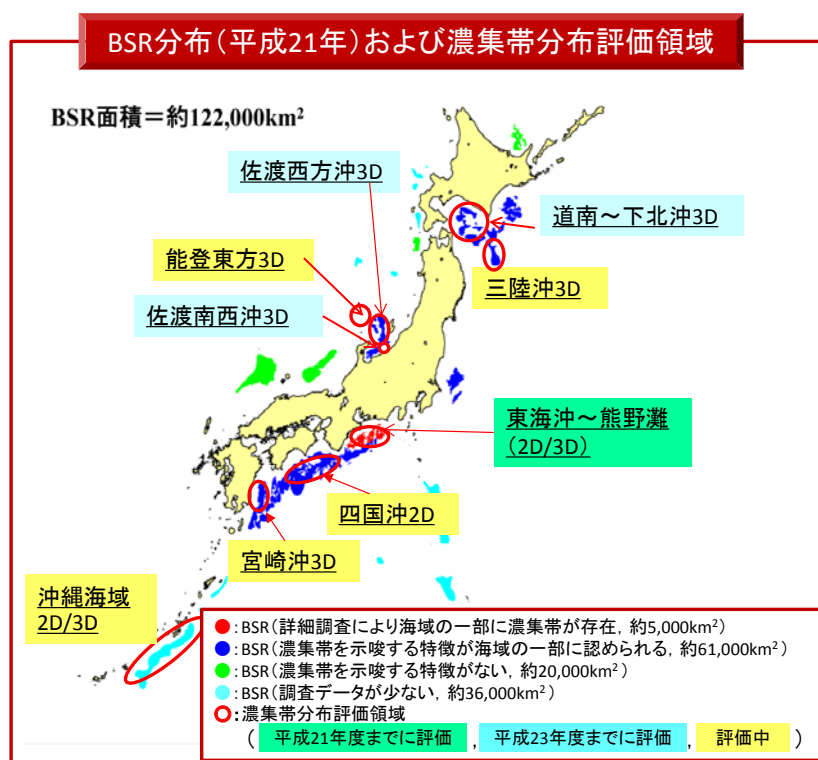


図 16 BSR 分布（平成 21 年）及び濃集帯分布評価領域

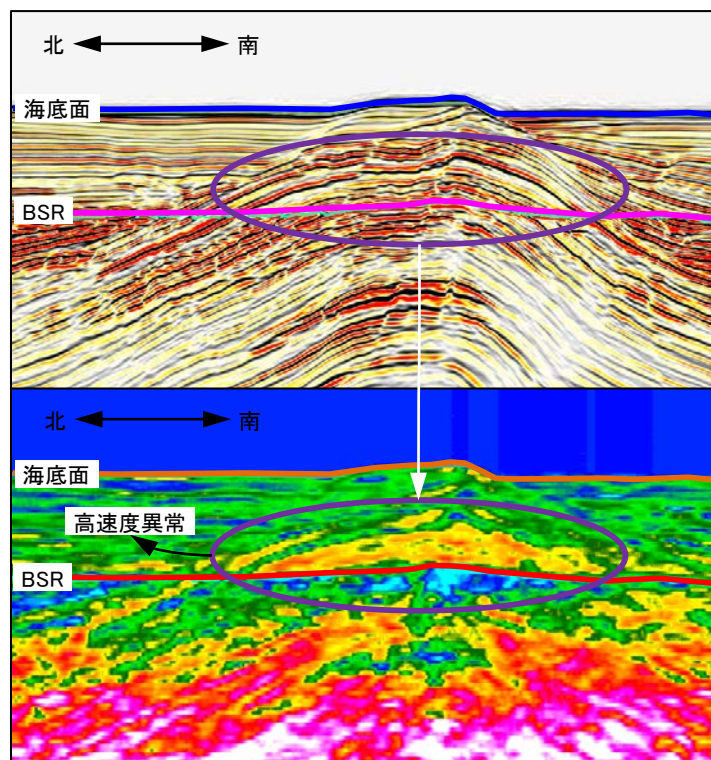


図 17 濃集帯推定作業の例

指標⑨ 「メタンハイドレートシステムの検討」

⑨ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 濃集帯形成に係る各過程ごとのモデル構築
- ・ データの少ない海域において、メタンハイドレート濃集帯の発達を推定する手法

⑨ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

東部南海トラフ海域のメタンハイドレート濃集帯の形成を説明しうるメタンハイドレートシステムのモデル構築を行う。

【成果】

基礎試錐「東海沖～熊野灘」で得られたコアを用い、地化学分析を実施した。その結果、メタン生成菌によるガス生成が、BSR以深でも広範囲に行われている可能性が高いことを示した。メタンハイドレート濃集帯を模した生成シミュレーションにより、単位体積あたりのメタン生成量が低い場合でも、局所的に砂層が集中している箇所が存在するのであれば、メタンハイドレートの濃集が起こりうる可能性を示した。

【達成度】 達成。

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

東部南海トラフ海域でのメタンハイドレートシステムの検討に基づき、データの少ない海域において、メタンハイドレート濃集帯の発達を推定する手法を検討する。

【実績】

第1回海洋産出試験の事前掘削で得られたコア試料を用い、有機地球化学的な分析・微生物学的な分析を実施した。この結果、「濃集帯形成に係る各過程ごとのモデル構築」として、メタン生成菌によるメタンガスの生成がBSR付近でも活発に行われている可能性が高いことを再確認するとともに、微生物によるメタン生成をモデル化した。「データの少ない海域において、メタンハイドレート濃集帯の発達を推定する手法」については、モデル化の成果やコア分析・物理検層から得られた各種地質データ・地震探査データを用いた2次元／3次元堆積盆シミュレーションによる手法を第二渥美海丘及び東海沖で実施し、濃集帯形成の条件を検討するとともに、本手法が濃集帯の分布推定に有効であることを示した。

【達成度】 達成見込み

第二渥美海丘（3D）、東海沖（3D）という、比較的データを多く保有する海域で有効性を示すことができたことから、データが少ない海域への適用を試みる基盤を構築できたと言える。本年度は現在、東部南海トラフのデータが少ない海域（2D）への適用を試みており、事業年度末までには課題を抽出できる見込みである。

事業終了時（平成30年度）※

フェーズ2までに構築した基盤技術を基に、東部南海トラフ以外の主要2海域以上において2

次元／3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システムの知見も踏まえた濃集帯の分布等資源開発の可能性に重点を置いた総合的な評価を終了している（指標⑧に結合）。

また、民間企業がプロジェクトへの参入に必要なシミュレーション技術や関連ツール等の整備が進められている。

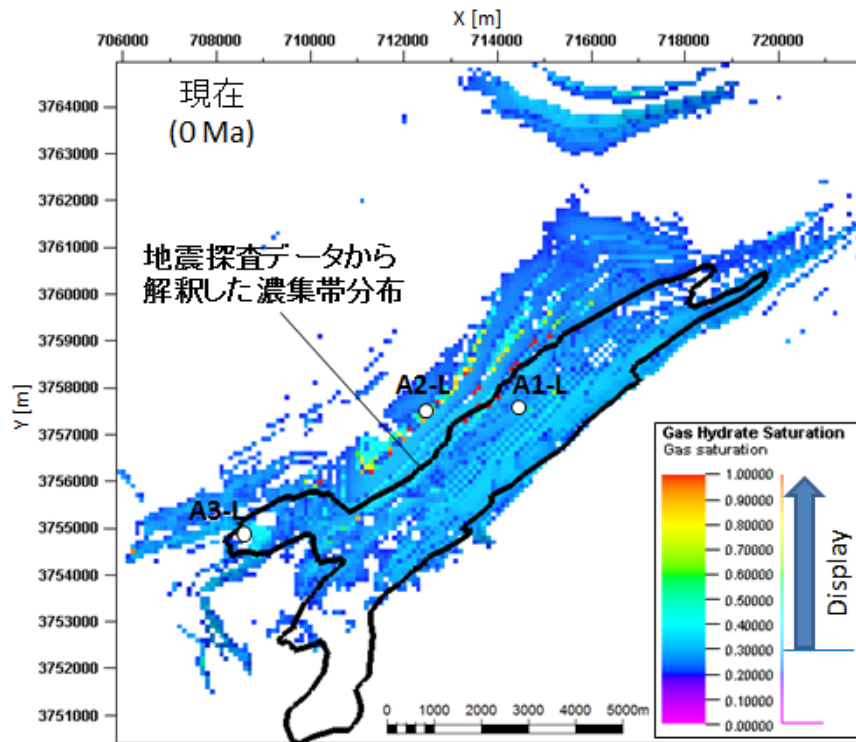


図 18 三次元シミュレーションにより再現された第二渥美海丘濃集帯：着色部分は各層準のメタンハイドレート飽和率分布を重ね合わせて表示したもの（メタンハイドレート飽和率 30%以上の領域を表示している）

指標⑩「環境リスクの分析と対策の検討」

⑩ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 環境リスクの分析と対策の検討

⑩ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

海洋産出試験実施に伴うリスクの抽出、特性の把握、リスクマネジメントプランの策定を実施する。

【成果】

海洋産出試験における環境影響要因と環境影響について、抽出・分析を実施し、環境影響については、概念図として整理した。

環境モニタリングに関する検討（海域環境調査等）の結果や、シミュレーションの結果を基に海洋産出試験におけるリスクマネジメントプランの策定を実施した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「環境リスクの分析と対策の検討」については、2回の海洋産出試験の結果を受けて、商業生産時のリスクの抽出が完了し、商業生産時のリスク対応案を提示する。

【実績】

第1回海洋産出試験で想定される環境リスクを対象とし、シミュレーションによる予測を実施するとともに、試験を対象として実施したモニタリング（沈下量、メタン漏洩）、海域調査（底質、水質、生物等）等の結果をもとに、商業生産におけるリスクの抽出を実施した。

第1回海洋産出試験を対象とし、メタン漏洩、生産水の拡散、カッティングスの堆積、生態系の変化などのシミュレーションを実施するとともに、環境モニタリングや海域調査により実データの取得を実施したが、いずれの結果でも周辺海域において顕著な変化が生じるような結果は得られていない。カッティングス等の堆積については、シミュレーション結果から200m～300m程度の範囲に堆積するような結果を得ており、またモニタリングや海域環境調査においても試験海域の環境の変化に関するデータを取得し、カッティングス等が坑井群から300m程度の範囲に拡散していることを確認している。なお、堆積の回復状況の確認のため、継続的に調査を実施している。

上記から商業生産時のリスクを抽出した場合、カッティングス等の堆積による生物影響は考えられるものの、周辺環境に顕著な変化が生じる事象は確認されていないことから、大きなリスクはないと考えられる。ただし、現状の成果は第1回海洋産出試験を実施した6日間の成果に基づくものであり、かつ、第2回の海洋産出試験におけるガス生産実験については平成28年度以降と見込まれることから、長期的な生産に伴う影響については、今後の検討課題であり、継続的な検討が必要であると考えられる。

【達成度】ほぼ達成

第1回試験の結果をもとに、リスクの抽出、リスク対応案の検討を実施したものの、6日間の試験結果をもとにしたものであり、長期的な生産に伴う環境変化が不明確であることから、「ほぼ達成」と判断した。

長期的な生産に伴う環境へのリスクを確実に把握するためには、より長期に渡る産出試験を通じた継続的な検討が必要である。

事業終了時（平成30年度）※

次回海洋産出試験を通じ、メタンハイドレート開発に関する環境影響の予測手法等に関する研究を実施するとともに、より長期的な生産における環境リスクの抽出を実施。開発により発生する可能性の高い環境影響については、その対策等を検討する。

EOF解析結果の再現例（底層の第1モード）

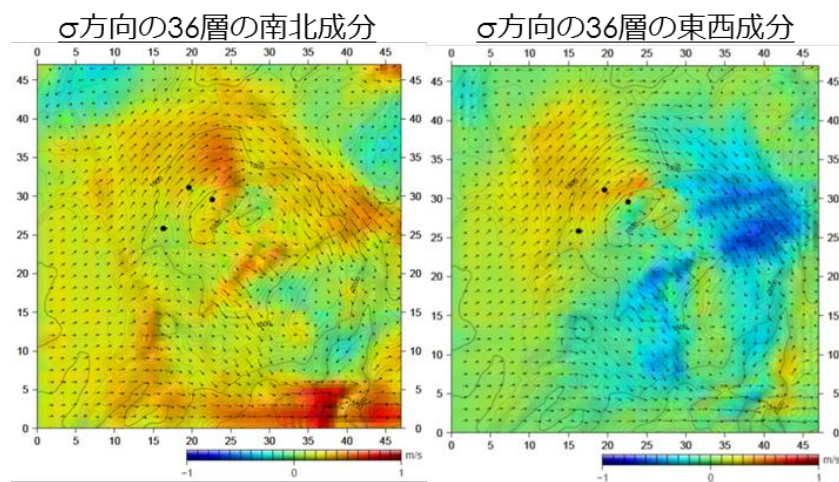


図19 生態系影響の検討のための流況の再現計算（例）



図20 ROV調査による海底環境の観察

指標⑪「環境計測技術の開発」

⑪－ⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 環境計測技術の開発

⑪－ⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

海洋産出試験でのモニタリングコンセプトを完成させ、計測システムを使用できる状態にする。

【成果】

海洋産出試験において使用する、地層変形、メタン漏洩モニタリングのためのプロトタイプ機を製造し、深海域試験によって計測が可能な状態であることを確認した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「環境計測技術の開発」については、商業生産において必要なセンサー類を抽出し、商業生産におけるリスクに適合した最適なモニタリングシステムのコンセプトを提示する。

【実績】

計測技術の開発ではフェーズ1より検討を進めてきたセンサーを用いたシステムを開発した。第1回海洋産出試験での設置、計測を実施し、地層変形の計測では、生産及び出砂によるものと推察される数センチの変形と思われるデータが取得された。また、メタン漏洩では、海底での作業開始に伴う溶存メタン濃度のわずかな上昇を確認した。計測された結果は、調査等の結果と比較しても、環境に大きな影響を与えるような変化ではなかったと考えている。一方で、システム形状の問題点や、センサーの精度、耐久性等、次回試験を含むより長期的な計測を行うに当たっての課題も確認された。

これらの結果を踏まえ、次回試験に向け、単一坑井での生産を想定した狭域的な現象の把握を目的としたセンサー選定とシステム構築を実施。メタンセンサーの問題を解決するための新たなセンサーの選定や、計測装置へのテザーの接触によるデータの乱れなどの抑制を考慮した機器設計を進めた。加えて、在来型石油・天然ガス開発における環境モニタリングについての情報収集結果に基づき、より長期的かつ広域的な現象の把握を目的としたモニタリング手法やモニタリングコンセプトを検討した。

【達成度】 ほぼ達成

第1回試験における技術的課題を考慮し、商業生産において使用可能と考えられるセンサーを用いたモニタリングシステムを構築するとともに、より長期的かつ広域的な現象の把握を目的とした在来型の計測技術に関する情報をもとに、開発時のモニタリングに関するコンセプトも提案した。提案したセンサーやコンセプトは、6日間の試験結果をもとにしたものであり、長期的な生産に伴う環境変化が不明確であることから、「ほぼ達成」と判断した。

長期的な生産に伴う環境へのリスクを確実に把握するためには、より長期に渡る産出試験を通じた継続的な検討が必要である。

事業終了時（平成 30 年度）※

次回海洋産出試験において現在開発を進めているモニタリングシステムを用いた計測を実施し、ガス生産に伴うメタン漏洩及び地層変形についてのデータ取得を行う。得られたデータ等をもとに、ガス生産に伴う変化の大きさと変化の範囲を把握する。合わせて、機器の問題点を抽出し、将来的な長期生産において環境影響のモニタリングが可能な信頼性のある機器の開発を実施する。また、広域的な開発に伴う環境影響を効率的に計測可能なモニタリングシステムの提案を行う。

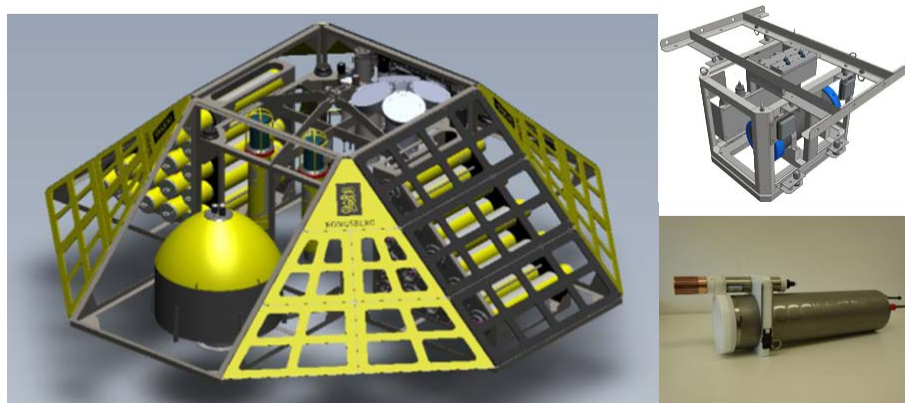


図 21 再検討を行い最適化した計測システムと計測部分
（右上）地層変形計測部 （右下）メタンセンサー

指標⑫ 「海洋産出試験における環境影響評価」

⑫ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ 海洋産出試験における環境影響評価

⑫ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

メタンガス漏洩・地層変形等について事前評価等を行う。

海洋産出試験の環境影響評価の評価書を策定し、内部評価を実施する。

【成果】

海洋産出試験で予測される環境影響（地層変形、メタン漏洩、生産水の処理など）について、シミュレーションによる予測・事前評価を実施した。その結果、海洋産出試験では大規模な環境影響は生じないことが予測された。

この結果をもとに環境影響評価を実施し、事前掘削作業までの環境影響検討書の策定作業を実施した。

※検討書については、掘削作業だけでなく、海洋産出試験全体を網羅した検討書を策定する必要があるため、今後、生産試験に伴う環境影響を検討書に追加していく予定であり、その完成は平成24年度中になる予定である。

【達成度】ほぼ達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「海洋産出試験における環境影響評価」については、2回の海洋産出試験結果の評価から予測手法の正当性を評価し、海洋開発システムに対する環境影響評価手法の最適化を行なう。

【実績】

第1回海洋産出試験における掘削、生産、廃坑に関する一連の作業について国内法における環境影響評価の手法を取り入れた環境影響の評価を実施した。また、指標⑬における成果として収集した海外事例を参考とし、評価手順等の見直しを行った。

検討結果の事後評価では、海域環境調査の結果やモニタリング結果などを参考とし、評価手法や予測手法等の見直しを実施した。地層変形については、指標⑪に示したモニタリングにより得られた結果と海洋産出試験で得られた結果をもとに指標⑦において予測結果の見直しを実施し、計測結果に近い計算結果を得ている。メタン漏洩については、計測では漏洩を示唆する結果は得られていないものの、事故時の影響をより正確に検討すべく、周辺海域の流況等を考慮に入れた検討を実施した。また、ROV等を用いた海底調査結果等を参考とし、評価内容の再検討を行ったが、6日間の生産期間では、環境へのリスクは低いという結果が得られた。これらの結果をもとに、次回試験での評価項目、評価手法等の適正化を実施した。

【達成度】ほぼ達成

第1回海洋産出試験における評価の実施、予測結果等の正当性の評価、評価手法の最適化に関する検討を実施したが、検討内容は6日間の試験結果をもとにしたものであり、長期的な生産に伴う環境変化が不明確であることから、「ほぼ達成」と判断した。

長期的な生産に伴う環境へのリスクを確実に把握するためには、より長期に渡る産出試験を通じた継続的な検討が必要である。

事業終了時（平成30年度）※

次回海洋産出試験を対象に海洋環境調査を行い、ガス生産に伴う周辺環境の変化についてのデータを取得する。指標⑩の影響予測、指標⑪のモニタリング結果、及び海洋環境調査結果等をもとに、次回海洋産出試験における環境影響の評価を実施し、より長期的な生産のための影響評価手法の検討を進める。



図 22 海域環境調査の実施状況

指標⑬「メタンハイドレート層開発における環境の総合評価と最適化検討」

⑬ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・メタンハイドレート層開発における環境の総合評価と最適化検討

⑬ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

メタンハイドレート研究に関する最新情報の収集を行い、環境への影響評価を検討する。

【成果】

メキシコ湾での漏洩事故等による環境影響や、メタンハイドレート研究、環境影響評価に関する最新の情報の収集を継続的に実施した。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

「メタンハイドレート層開発における環境の総合評価と最適化検討」については、海洋産出試験結果とこれまでの成果を踏まえて、商業生産時の環境影響評価手順を提案する。

【実績】

総合評価においては、海洋産出試験における結果、在来型の環境影響評価に関する海外事例、環境有識者会議での有識者との議論を通じ、環境影響評価手法と第1回試験で実施した評価結果の検討を行った。これらの結果をもとに、リスクマトリックスの適用方法や事後モニタリングの活用など、より合理的と考えられる環境影響評価の手順を提案した。

【達成度】 達成

商業生産においても実施可能と考えられる環境影響評価の手順を提案した。6日間の試験結果をもとにした提案ではあるが、評価手順としては十分なものと考えられるため、達成と判断した。

事業終了時（平成30年度）※

指標⑭ 「経済性評価」

⑭ーⅰ 事業アウトプット指標

- ・ メタンハイドレート開発の経済性指標の試算
- ・ 技術課題の抽出

⑭ーⅱ 指標目標値（計画及び実績）

事業開始時（フェーズ2の前半・平成23年度評価済）

【達成目標】

フェーズ2前半の研究成果を踏まえ、フェーズ1に実施した我が国周辺海域のメタンハイドレート開発の経済性評価の見直しを行う。

【成果】

海洋開発システム（サブシー機器及びプラットフォーム）仕様の再検討を行い、フェーズ1時の経済性評価の見直しを行った。見直しでは経済環境について現在の条件を反映した。今年度中に結果をとりまとめる予定。

【達成度】 達成

中間評価時（平成27年度評価・今回評価作業分）

【計画】

海洋産出試験や海洋開発システムの検討等を踏まえた我が国周辺海域のメタンハイドレート開発の経済性を提示し、経済性を向上させる技術課題の抽出を行う。

【実績】

「メタンハイドレート開発の経済性指標の試算」については、我が国周辺海域で代表的と考えられる濃集帯（指標⑧の成果を活用）を検討対象とし、第1回海洋産出試験で得られた知見（指標②、⑥の成果を活用）や、開発システムの検討により得られた知見（指標③の成果を活用）を反映して経済性評価を行った。また、経済環境によらない技術的な指標として、LCAの観点を含めたエネルギー収支の評価を行った。

この結果、「技術課題の抽出」として、経済性に最も大きな影響を与える要因は坑井あたりの生産量であることを確認した。経済性を向上するためには適切な坑井配置に基づきコストを抑制しつつ、最大の生産量を実現するための設計技術が必要である。そのためには、生産性評価技術の高度化や、回収率の向上、掘削・生産設備等のコスト低減に資する技術が必要である。

エネルギー収支評価からは、開発により回収できるエネルギー量は開発に投入されるエネルギー量を上回ることが期待できるような試算値を得るとともに、今後技術を評価するための指標として活用するための基盤を構築した。

これらについては現在も、データの確認等の作業等を継続しており、作業終了は今年度末の予定である。

これらの成果により、フェーズ1終了時、及び平成24年度に実施した経済性評価を、第1回海洋産出試験の結果を反映させたものに更新する。

【達成度】達成見込み

既に一次試算や、これに基づく技術課題は抽出できている。本年度末までには妥当性を検証した上で整理ができる見込みである。

評価精度の向上や、商業化への移行段階を含めた評価などは今後の課題である。

事業終了時（平成 30 年度）※

第 2 回海洋産出試験などの成果を反映した、経済性評価に関する知見をまとめる。

また、経済性評価だけでなく、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移行段階において、経済性を向上させるために（あるいは現状の予測に劣後させないために）研究開発すべき事項をまとめる。

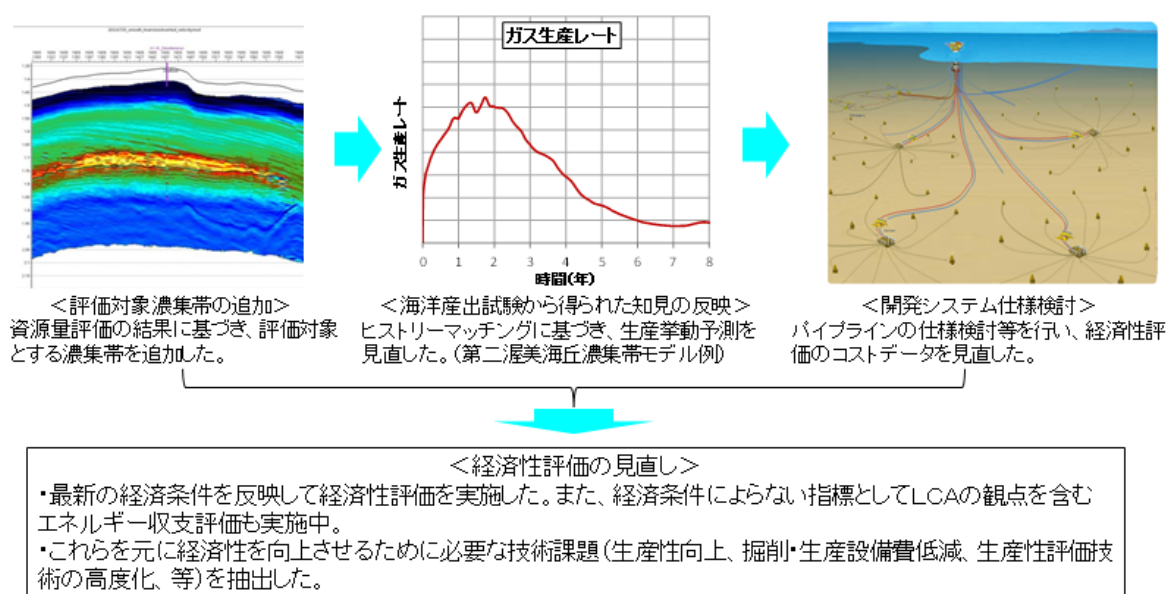


図 23 経済性評価の見直し