

メタンハイドレート開発促進事業
(フェーズ2終了時)
プロジェクト中間評価
補足資料

平成28年2月19日

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 外部有識者の評価等
9. 提言及び提言に対する対処方針

1. 事業の概要

概要

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。

実施期間

平成13年度(2001年度)～平成30年度(2018年度)【18年間】
(フェーズ2:平成21年度(2009年度)～平成27年度(2015年度))

予算総額

926億円 (フェーズ1では298億円、フェーズ2では628億円)

年度	13～20	21	22	23	24	25	26	27
予算(億円)	298	45	45	89	110	87	127	125

注:平成25年度から27年度は、表層型メタンハイドレートの資源量評価のための調査予算(合計約70億円)を含む。

実施者

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

※2者が、『メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム』を組織。連携・協力して事業を実施。

プロジェクト リーダー

増田 昌敬 東京大学教授

2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>メタンハイドレート層からのメタンガス生産の事業化</p> <p>海洋エネルギー・鉱物資源開発計画 (平成25年経済産業省決定)</p> <p>事業終了時以降は、「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。</p>	-	-	-
	<p>(フェーズ2終了時:~平成27年度) 特に設定なし。</p>	<p>(波及的なアウトカム)</p> <ul style="list-style-type: none"> 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設立。 平成27年1月、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、本事業に参画する我が国企業が受注。インドは本事業での研究開発実績を高く評価。 	
	<p>(事業終了時:平成28~30年度)</p> <p>商業化の実現に向けた技術の整備を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 事業終了時点で、以下の条件を将来的に達成できると見通せる技術レベルに到達していること。 ①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:数箇月~1年程度を想定) ②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/坑を想定) 		
	<p>(事業目的達成時)</p> <p>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。</p>	-	-

3. 事業アウトプット（全体目標）

- 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月には、「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。
- 開発計画では、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開発スケジュールが示されている。
- 平成17年と平成20年に開発スケジュールの見直しが行われ、現在は、終了年度は平成30年度（2018年度）までの計画としている。

目的

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

開発スケジュール

●フェーズ1(2001年度～2008年度)

基礎的研究(探査技術等)の推進、海洋産出試験の対象となりうる資源フィールドの選択、陸上産出試験実施による技術の検証 等

●フェーズ2(2009年度～2015年度)

基礎的研究(生産技術等)の推進、我が国近海での海洋産出試験の実施 等

●フェーズ3(2016年度～2018年度)

商業的産出のための技術の整備、経済性・環境影響評価等の実施 等

3. 事業アウトプット（フェーズ2の目標）

●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」を策定し、フェーズ2における5つの目標を設定している。

●フェーズ1にて、前掲の6つの目標のうち1・2は達成されたため、3-6を主体に再整理して、フェーズ2の5つの目標とした。5つの目標については、それぞれ分野を設定し、その分野ごとに個別要素技術課題を設定している。

事業アウトプット指標			達成状況(実績・達成度)	目標値(計画)	原因分析(未達成の場合)
	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	P6、P7参照	
		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	P6、P7参照	
		③ 海洋開発システムの検討	一部達成	P8、P9参照	
		④ 第2回陸上産出試験の解析と長期試験の実施	未達成	P8、P9参照	
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	P10、P11、P12参照	
		⑥ 生産性・生産挙動評価技術の開発	ほぼ達成	P10、P11、P12参照	
		⑦ 地層特性評価技術の開発	ほぼ達成	P10、P11、P12参照	
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	P13、P14参照	
		⑨ メタンハイドレートシステムの検討	達成見込み	P13、P14参照	
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	P15、P16参照	
		⑪ 環境計測技術の開発	ほぼ達成	P15、P16参照	
		⑫ 海洋産出試験における環境影響評価	ほぼ達成	P15、P16参照	
		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	P15、P16参照	
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	P17、P18参照	

※「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。

＜フェーズ2における5つの目標と研究開発テーマ14項目＞

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(14項目のうち、①～②)

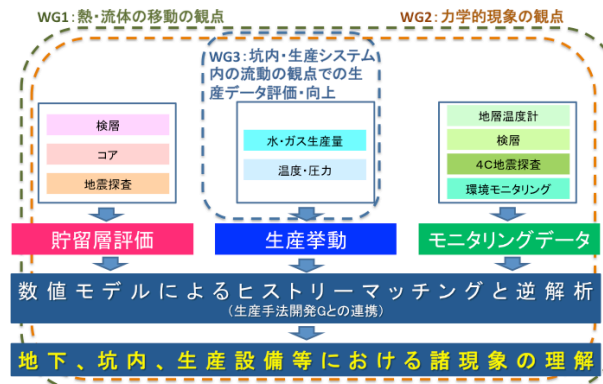
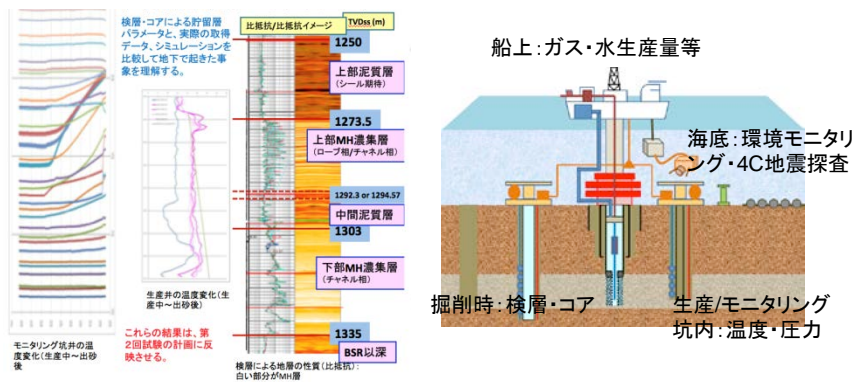
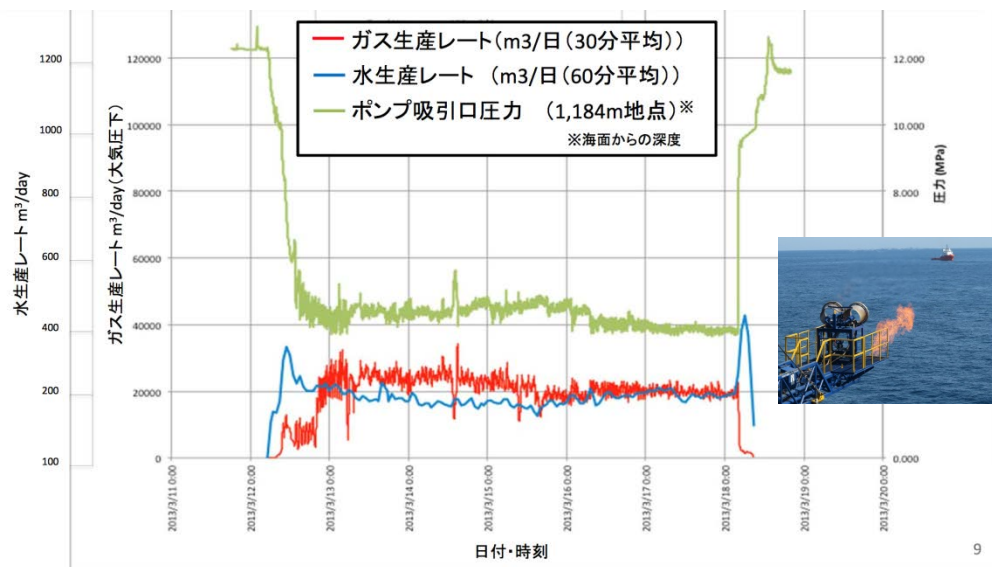
番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
①	海洋産出試験の実施	2回の海洋産出試験を実施し、メタンハイドレートの一次回収手法として有望と考えられている減圧法が海洋坑井に適用して、海底のメタンハイドレート貯留層におけるメタンハイドレート分解挙動、ガス生産挙動を明らかにし、同手法の海洋坑井における有効性を検証する。それに必要な、技術開発の実施、実施計画の策定を行い、試験を実施して、試験結果を解析し、課題の抽出を行う。	<p>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。</p> <p>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)</p>	【注】第1回海洋産出試験において抽出された技術課題(出砂対策・ガス水分離)の解決に時間をかけるという判断がなされた。平成25年度に見直された「海洋エネルギー・鈳物資源開発計画」では、2回目の試験は平成28年度以降に計画変更になっている。
②	メタンハイドレート資源 フィールドの特性評価	<p>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。</p> <p>「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。</p>	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(⑭参照)。(ほぼ達成)	

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(①～②の参考資料)

- フェーズ2では、第1回海洋産出試験を実施した。そのための技術開発・計画策定と、結果の解析作業等を行い、海洋坑井に減圧法が適用できて、短期間であれば一定量のガスを生産できることを実証した。一方で、出砂によって試験が6日間で終了したことから、長期挙動についてのデータは得られず、本手法が長期安定的に生産できる手法であることは実証できなかった。また、海洋産出試験で取得されたコア、検層、ガス・水生産量等の生産データ、モニタリング井のデータ等を総合化して、メタン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。



<第1回海洋産出試験(2013)の坑底圧力、ガス・水生産レート>

<取得されたデータと解析のフロー>

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(14項目のうち、③～④)

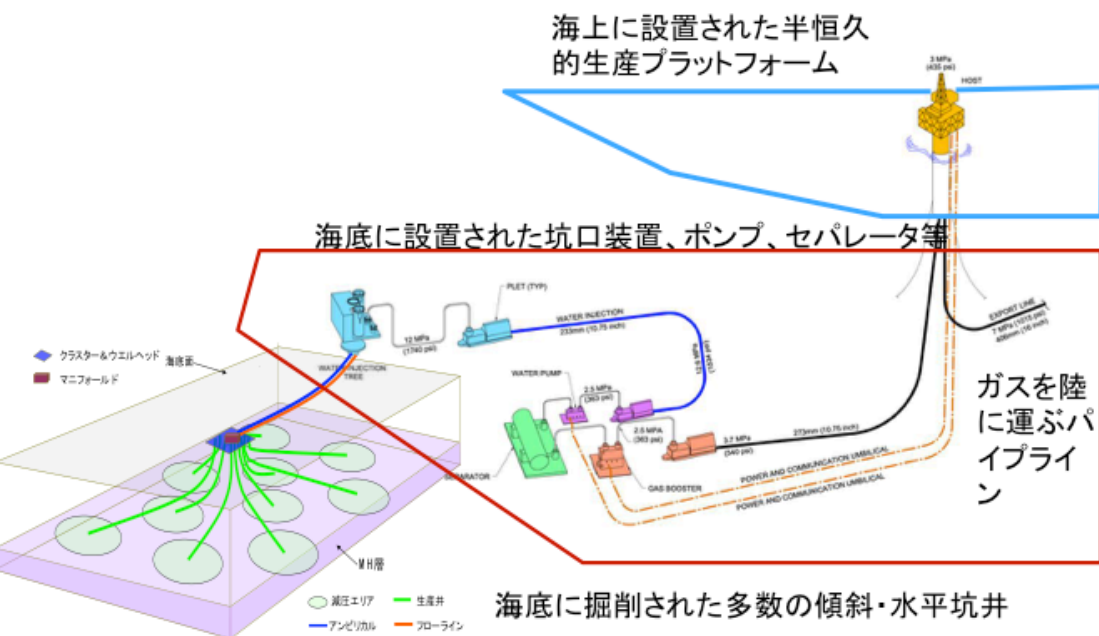
番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
③	海洋開発システムの検討	「海洋開発システムの概念設計」については、海洋産出試験の結果を踏まえ、海洋開発システムの見直しを行うとともに、資源フィールドに適合した現実的な概念設計を終了する。 「掘削・坑井安定化・生産・坑井仕上げ等に関する技術検討」については、海洋産出試験結果から技術の評価を進めるとともに、各技術を最適化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回試験であらかじめになった技術課題への対応及び第2回試験の計画検討(①参照)という横断的な形で実施された。(一部達成)	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には至っていない。
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年末までに試掘場所候補を3か所程度に絞り込む見込みである。(未達成)	長期試験の実施については、想定相手先の米国側関係者との交渉に時間を要していたが、平成26年度に米国との共同研究調査を開始でき、陸上産出試験実現までの工程表(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を含む)を示すに至っている。

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(③～④の参考資料)

- 海洋開発システムに関しては、海産試験関連の検討に加えて、ビジネスモデル、パイプライン初期検討等を実施して、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、海洋開発システムの全体像を示す段階には至れなかった。
- 陸上産出試験に関しては、期間内で試験を実現することはできなかったが、米国アラスカ州での試験を目指して米国エネルギー省との覚書に調印し、実施地点の検討などの具体的作業に着手している。



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:宮沢前経済産業大臣、米国:ケネディー駐日大使同席)

<検討している開発システムの一例>

<陸上産出試験実施地点の検討>

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

経済的かつ効率的な採取法の提示(14項目のうち、⑤～⑦)

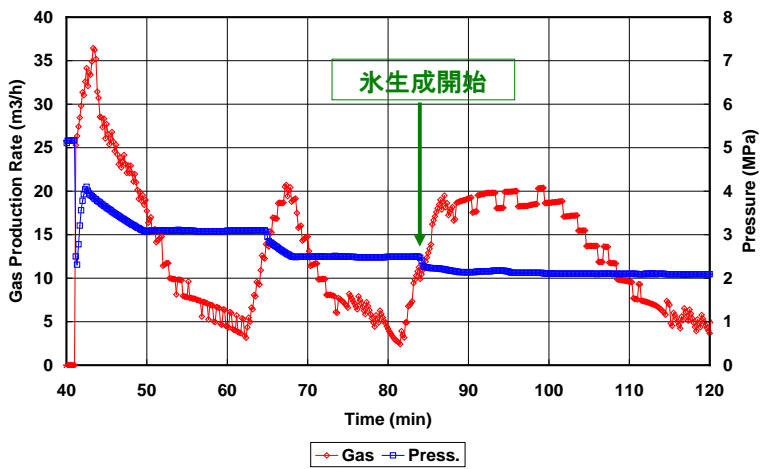
番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
⑤	生産手法高度化技術の開発	貯留層特性に応じ、坑井あたりの生産を最大化させる生産手法を整備するとともに、出砂、スキん、細粒砂蓄積、メタンハイドレート・氷生成、流動障害などの生産障害対策技術を開発し、貯留層特性に適した生産障害対策指針を整備する。さらに、生産性増進技術、生産障害対策技術を検証し、開発した技術の総合評価及び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。	水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(スキん形成)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)。	
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)。	

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

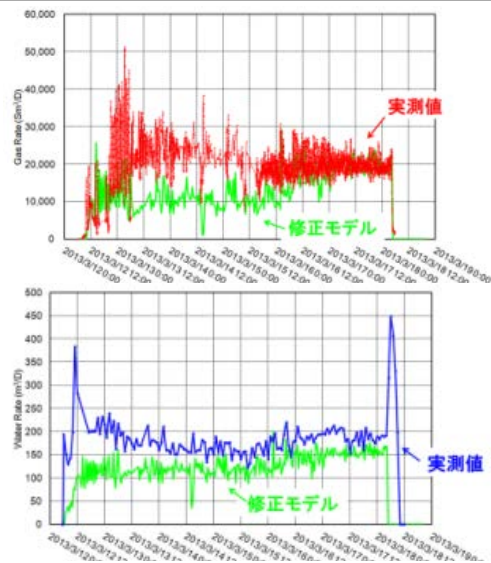
フェーズ2の 重点目標

経済的かつ効率的な採取法の提示(⑤～⑦の参考資料)

- 大型室内試験装置を用いて強減圧法の実証実験を行い、氷生成によるガスの増進効果を確認するととも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。
- フィールド開発技術グループや資源量評価グループなどと連携し、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。
- フィールド開発技術グループなどと連携し、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した。



<大型室内試験装置による強減圧法の実証。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>



<生産シミュレータによる第1回海洋産出試験の生産挙動解析・評価結果>

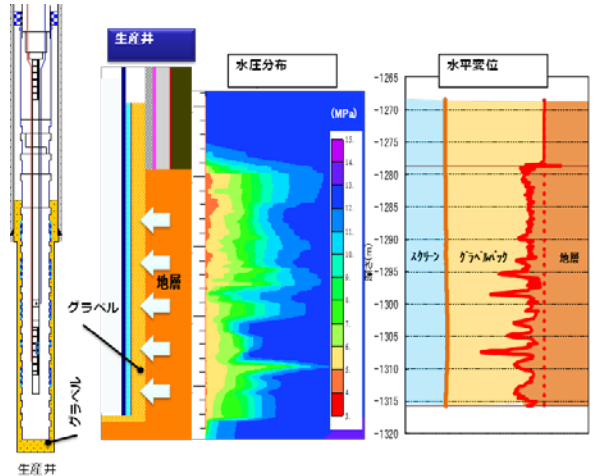
個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の
重点目標

経済的かつ効率的な採取法の提示(⑤~⑦の参考資料)



保圧コア用キャビネット



＜地層変形シミュレータによる出砂現象の解析結果。当該深度でグラベル層が薄くなることを示す計算結果＞



PNATs-X : 大型 X 線 CT 装置



PNATs-TACCT : 三軸型保圧力学装置

＜開発した保圧コア評価装置群の一部。取得した情報から貯留層モデルの信頼性が向上＞



＜出砂対技術検討のために開発した出砂評価試験装置＞

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(14項目のうち、⑧～⑨)

番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
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(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次元堆積盆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)	

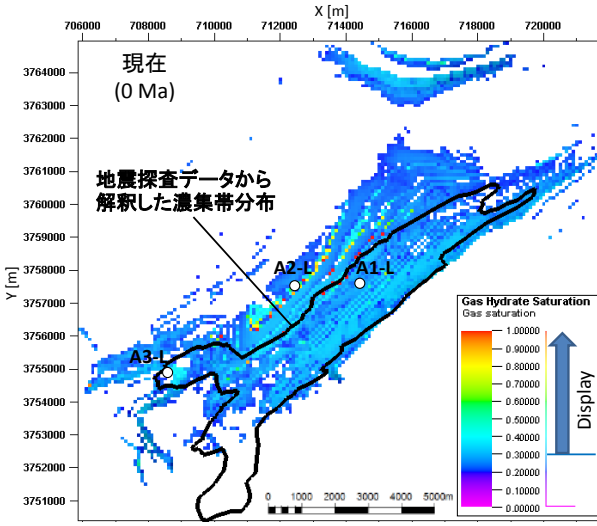
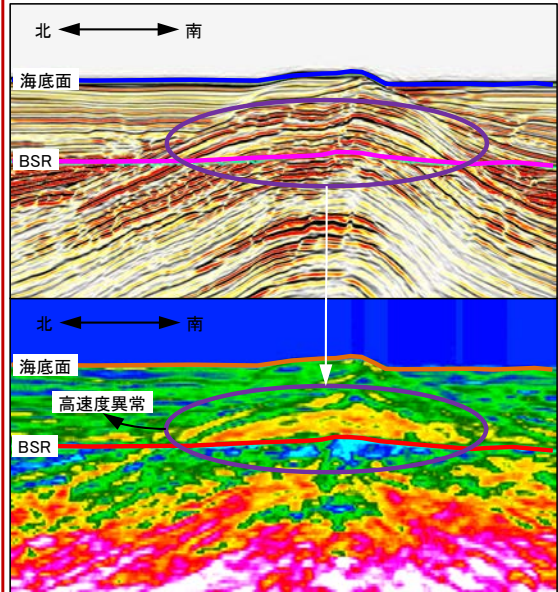
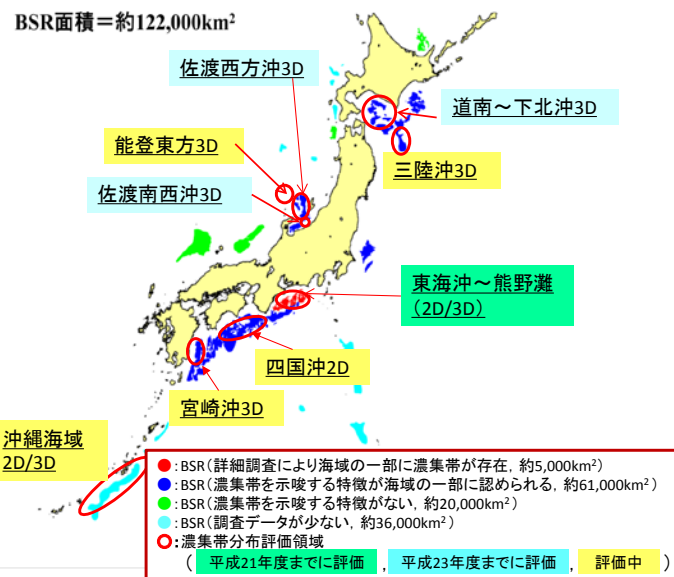
個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の
重点目標

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(⑧~⑨
の参考資料)

●フェーズ2の後半では、東部南海トラフ海域以外の海域においても、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)において、新たに濃集帯分布状況に関する評価作業を実施し、濃集帯分布図のプロトタイプを作成した。また、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ある程度有効であることを示し、データが少ない海域への適用を試みる基盤を構築した。

BSR分布(平成21年)および濃集帯分布評価領域



各層準のMH飽和率分布を重ね合わせて表示したもの (MH飽和率30%以上の領域を表示している)

<濃集帯推定作業の例>

<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>

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示(14項目のうち、 ⑩～⑬)

番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
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)	

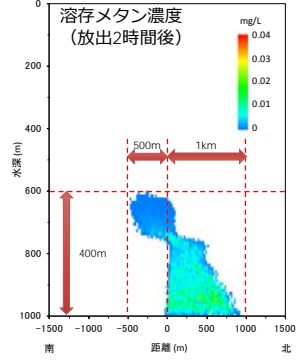
個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

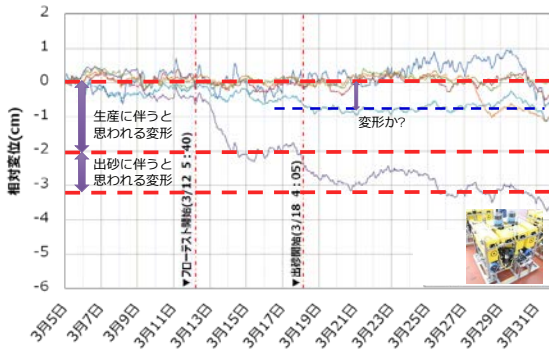
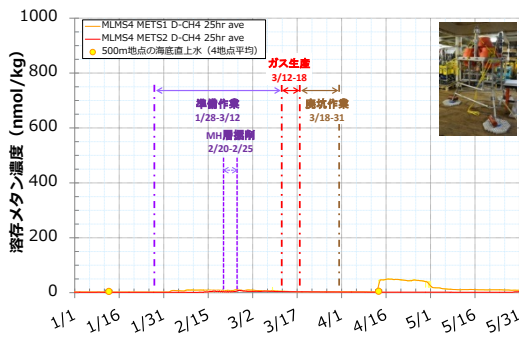
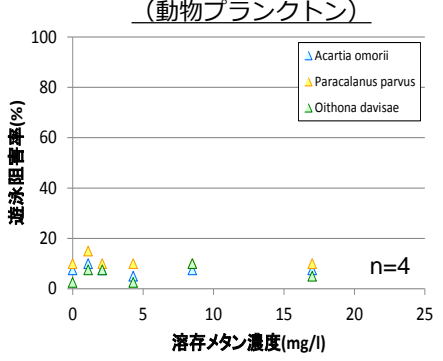
海洋産出試験を通じた環境影響評価手法の提示(⑩~⑬の参考資料)

●フェーズ2の後半では、第1回海洋産出試験の作業をもとに抽出した環境影響要因について、シミュレーションや生物試験による影響予測並びに影響評価を行ったほか、計測システムによるガス生産時の地層変形、メタン漏洩のモニタリングや環境調査を行い、環境影響に関する実データを取得した。予測・評価結果と実データは概ね同様の傾向を示し、試験の規模では顕著な環境変化が生じていないことを確認した。得られたデータをもとに、次回以降のより長期のガス生産に関する環境影響を検討した。

メタン漏洩(事故時想定)



メタンの生物影響確認試験
(動物プランクトン)

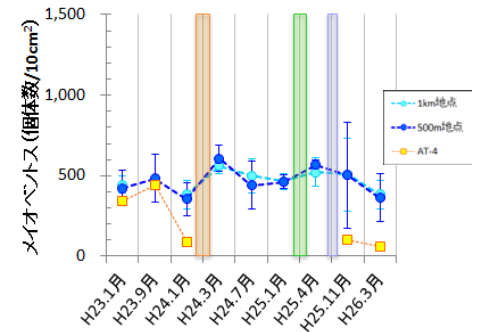
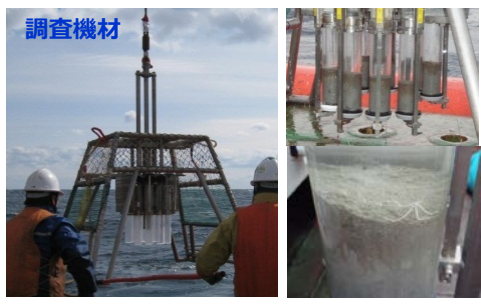


＜シミュレーション等の結果例＞

＜計測システムで取得したデータの例(左:メタン漏洩、右:地層変形)＞

環境要素	評価内容	発生頻度	影響の程度			リスクレベル
			重要種	期間	範囲	
環境の自然的構成要素の良好な状態の保持+	水環境 水質	・BOPの設置・回収時の海底面での濁りの発生	高	短期	直近	軽微 低
		・MH生産水の排出による水質変化	高	短期	直近	軽微 低
		・メタンの漏出による水質変化	高	短期	近傍	軽微 低
		・廃坑時の埋め戻し等に伴う海底面での濁りの発生	高	短期	近傍	軽微 低
		・掘削に伴う騒音	高	短期	近傍	軽微 低
	環境音 (水中騒音)	・ケーシングパイプの切断による騒音	高	短期	直近	軽微 低
		地質・土壌環境 底質	・BOP設置・回収による海底攪乱	高	短期	直近
	・廃坑作業による海底攪乱		高	短期	直近	軽微 低
	・BOP等の存在による地形変化		高	短期	直近	軽微 低
	地形・地質	・メタンガスの生産に伴う地盤変化	高	※	直近	軽微 低
・廃坑作業による地質変化		高	短期	直近	軽微 低	

＜影響評価結果まとめ(一部抜粋)＞



＜環境調査の機材とデータ例(底生生物)＞

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

フェーズ2の 重点目標

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(14項目のうち、⑭)

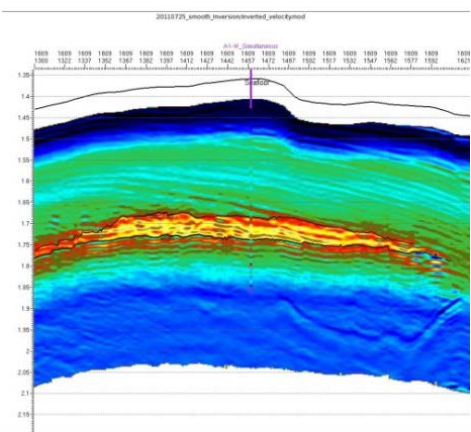
番号	個別要素技術 (フェーズ2 研究開発テーマ(14項目))	アウトプット指標・目標値 (フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの達成目標)	達成状況(実績値・達成度) フェーズ2実施期間のうち H24年度からH27年度までの成果	原因分析 (未達成の場合)
⑭	経済性の評価	海洋産出試験や海洋開発システムの検討等を踏まえた我が国周辺海域のメタンハイドレート開発の経済性を提示し、経済性を向上させる技術課題の抽出を行う。	<p>我が国周辺海域で代表的と考えられる濃集帯(⑧の成果を活用)を検討対象とし、第1回海洋産出試験で得られた知見(②、⑥の成果を活用)や、開発システムの検討により得られた知見(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。</p> <p>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。</p> <p>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)</p>	

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

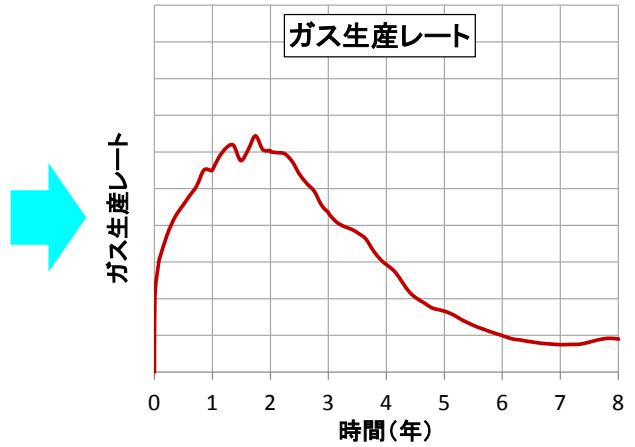
フェーズ2の 重点目標

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(⑭の参考資料)

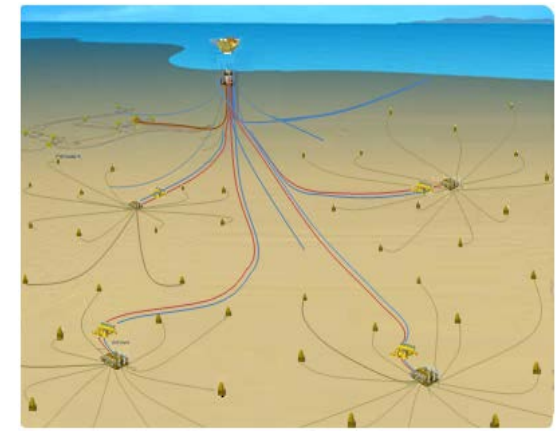
●フェーズ2後半では、評価対象濃集帯の追加、海洋産出試験から得られた知見の反映 開発システム仕様検討に基づくコストデータの見直しなどを行い、フェーズ1、フェーズ2前半で実施した経済性評価の見直しを行った。



＜評価対象濃集帯の追加＞
資源量評価の結果に基づき、評価対象とする濃集帯を追加した。



＜海洋産出試験から得られた知見の反映＞
ヒストリーマッチングに基づき、生産挙動予測を見直した。(第二渥美海丘濃集帯モデル例)



＜開発システム仕様検討＞
パイプラインの仕様検討等を行い、経済性評価のコストデータを見直した。

＜経済性評価の見直し＞

- ・最新の経済条件を反映して経済性評価を実施した。また、経済条件によらない指標としてLCAの観点を含むエネルギー収支評価も実施中。
- ・これらを元に経済性を向上させるために必要な技術課題(生産性向上、掘削・生産設備費低減、生産性評価技術の高度化、等)を抽出した。

4. 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、我が国の長期の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。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

○新たな「海洋基本計画」(平成25年4月閣議決定)では、

- (1) 砂層型メタンハイドレートについては、①「平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う」目標を確実に実施する。また、②商業化プロジェクトに向けた目標を初めて設定。
- (2) 表層型メタンハイドレートについては、表層型の資源量調査目標を初めて設定。資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で広域的な分布調査等を実施する。

H 2 5 ~ 2 7 F Y 頃 H28~H30FY H30年代後半

技術課題への集中的対応

H25年1月から世界初の「海洋産出試験」実施

実績:6日間で2万m3/日の生産量

- 試験結果の分析
- 技術課題の克服

- 陸上での中長期の産出試験による実証(1~3ヶ月程度の連続生産)

【今後の課題】

- 長期・安定的なガス生産に必要な技術開発
- 生産コストを飛躍的に引き下げる技術開発
- 長期生産を実施する際の環境面への影響把握

商業化の実現に向けた技術の整備

海洋産出試験(中長期)

総合的検証の実施

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

○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。

ガス生産実験の期間及び生産量の目標については、今後の研究の進捗等によって平成27年度頃までに決定。

方向性の確認・見直し

砂層型

表層型

平成25年度以降3年間程度で、資源量把握に向けた取組を集中的に実施。

○広域地質調査・詳細地質調査の実施

H25FY: 上越沖/能登半島西方沖、H26FY: 隠岐周辺/秋田沖/山形沖(一部はH27FY実施)、H27FY: 北海道周辺

○有望地点での地質サンプルの取得(H26FY~)

資源回収技術調査の実施

今後の方向性の議論を踏まえ、資源回収技術の本格調査・研究開発等に着手。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(補足)

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(生産予定期間は約1ヶ月: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。

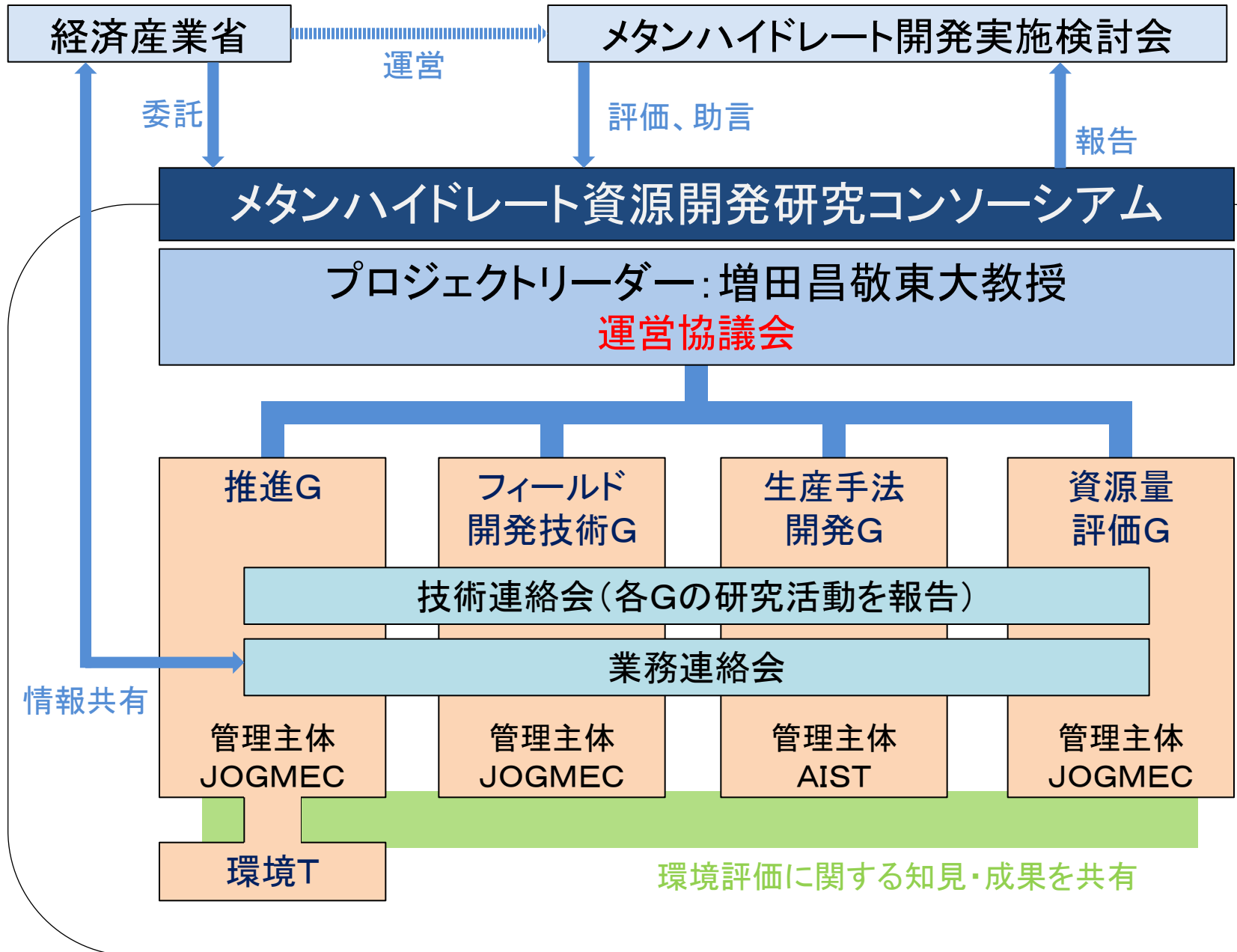
- 本事業終了後から、最終的な事業アウトカムである「平成30年代後半における民間が主導する商業化プロジェクトの開始」の達成に至る期間においては、海洋開発システムの技術実証等を含めた、さらに長期の実フィールドでの実証試験が必要となる。この期間には段階的な試験規模(投資額)の増大が予測されるため、実際のプレーヤーとなる民間企業との調整も図った上で、ロードマップの具体化を図ることが重要である。
- 事業投資リスクを最小にするためには、将来のアウトカムを見据えた上での順応的なプロジェクト管理(第2回海洋産出試験の結果と、技術の熟成度に応じたアクション)が重要である。従って、上記のロードマップ具体化の作業においては、第2回海洋産出試験の結果を踏まえて具体的な方向性を議論する必要がある。

6. 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組織図で明示することとした。

さらに、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)の機会のほかに、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。



7. 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段階の生産量として下記の規模を想定
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: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 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\$/ m^3)をこの期間の近似値と仮定する。(1MMBtu \doteq 25 m^3)

○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。)

8. 外部有識者の評価等

8-1. 評価検討会

評価検討会名称

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

座長

在原 典男
早稲田大学 名誉教授

委員

小山 堅
一般財団法人日本エネルギー経済研究所 常務理事

富田 鏡二
一般社団法人日本ガス協会 常務理事

藤井 康友
三井石油開発株式会社 執行役員米州事業部長

松岡 俊文
公益財団法人深田地質研究所 副理事長

真殿 達
麗澤大学経済学部 教授

評価検討会委員

8-2. 総合評価

総合評価

○次世代の資源になり得るメタンハイドレートは、既に一定の埋蔵量が把握されていることから、将来的な国産エネルギーとして期待が大きい。その開発は、我が国のエネルギー安全保障強化の上で大きな意義を有し、戦略的価値が高い。

○世界的に先行事例がなく不確実性は存在するが、目標に向かって必要な研究開発を着実に推進してきている。実施期間の短縮はあったものの、第1回海洋産出試験では大きな成果を得ている。今後とも国として取組み、JOGMECを中心とする体制で実施すべきであるが、並行して、予算面での支援のあり方や事業者側の視点についても考慮が必要であろう。

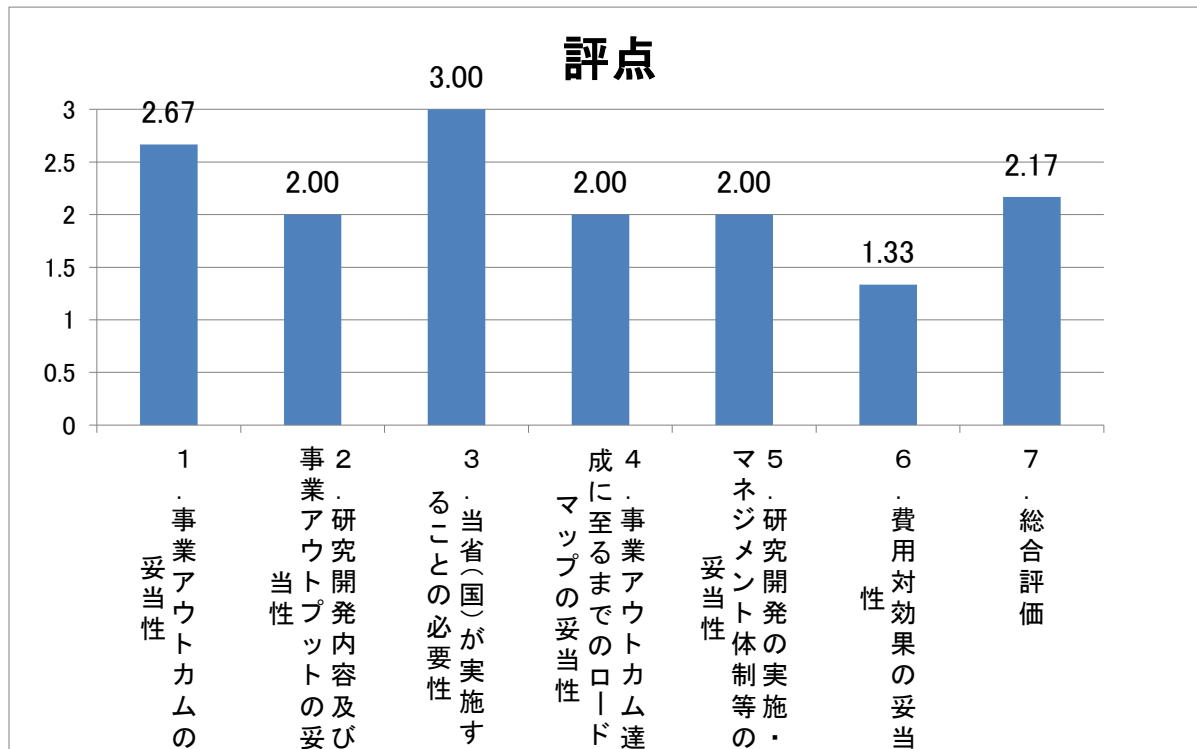
○今後、商業化の可能性を判断していくためには、次回海洋産出試験は長期的に実施していくことが望まれるため、研究資源の集中化も検討すべきではないか。

○また、これまでの事業成果がメタンハイドレート開発のみにとどまらず、他分野への展開、波及利用されているかも評価の対象となろう。副次的効果を期待したい。研究開発の実績を踏まえた他国からの引き合いも評価すべきである。

8-3. 評点結果

○「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト中間評価において、評点法による評価を実施した。

○評価項目6では、『まだ仮定の部分や不確定要素が大きいことも事実である。現時点では、CAPEX(設備投資)、OPEX(運用コスト)も考慮されていないなど、事業化見極めのために適切な結果とはなっていないことも事実で、今後はこれらを見極める研究開発が求められることにも留意すべきである。他方で、費用対効果の算出を急ぐあまり、拙速な作業とならないような配慮も必要である。』との意見を頂戴した。



【評価項目の判定基準】

評価項目1.~6.

3点: 非常に重要又は非常によい

2点: 重要又はよい

1点: 概ね妥当

0点: 妥当でない

7. 総合評価

(中間評価の場合)

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。

9. 提言及び提言に対する対処方針

今後の研究開発の方向等に関する提言

○経済性評価を行う上での大きな要素である坑井当たりの生産量、生産挙動に関する様々なデータを取得することが課題。リスク緩和を図りつつ民間企業の積極性を高めていくためにも、国によるしっかりとしたサポートと指導を維持しつつ、第2回海洋産出試験を成功に導いていくことが重要。なお、長期安定的な生産変化を明らかにするためにも、海洋産出試験は、本来は数箇月から6箇月程度の期間を設定できることが望ましい。

○民間企業による事業化のためには、メタンハイドレート産出のためのガス田の具体的な操業イメージの提示、体系化が必要。

○メタンハイドレート開発は、日本のエネルギー資源の上流開発における「研究開発」をどう考えるか、という観点でも捉えるべき。足下の低油価ベースという前提に立って本事業のような長期プロジェクトの是非を議論するのではなく、油価に左右される部分、影響を受けにくい部分を切り分ける発想を持つことも必要である。

提言に対する対処方針

○メタンハイドレートの開発は、我が国のエネルギーの安定供給を図る上でも極めて重要であり、引き続き国として支援を行う予定。当面は、平成29年に実施が予定される第2回海洋産出試験において、前回の課題克服を図るとともに、約1か月間の生産期間で1坑井当たりの生産量、生産挙動に関する知見を蓄積する。なお、数箇月～6箇月程度のより長期の生産試験については、大きな規模が予想されるため、役割分担や実施体制等の検討を行う必要があると考える。

○世界トップレベルの我が国のメタンハイドレート開発の事業化を図る上では、業者側が求めている形で操業イメージを適時適切に提供していくことが大切であり、MH21コンソーシアムと上流関連企業とのコンタクトを一層密にしていく。

○本プロジェクトは長期にわたり、大規模な試験、多額の予算を必要とするが、事業者とも密接に連携を図り、事業の実施内容を十分に吟味して今後とも効率的な事業運営に努めていく。また、プロジェクト事業の成果については、本プロジェクトとして掲げているメタンハイドレート開発の事業化という観点だけでなく、海外からの関心に対しても積極的に貢献していくことをはじめとして、波及的な展開に配慮していく