

メタンハイドレートフォーラム 2016

フェーズ3概要（実行計画）について

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）

プロジェクトリーダー 増田 昌敬 (東京大学)

2016年12月6日

東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

「フェーズ3 実行計画」の構成と講演内容

講演の内容

1. 海洋基本計画と我が国におけるメタンハイドレート開発計画
2. メタンハイドレートの商業的開発を見据えたフェーズ3の方針
 - 2.1 メタンハイドレート商業化プロジェクトの概念
 - 2.2 商業化段階に至るまでの技術開発の展望
3. フェーズ3の概要
 - 3.1 フェーズ3の位置づけと達成目標
 - 3.2 目標達成のために取り組むべき課題
 - 3.3 フェーズ3の体制
4. フェーズ3の目標と分野別課題

「フェーズ3 実行計画」

1. メタンハイドレート開発計画のこれまでの取り組みとフェーズ3の方針
 - 1.1 海洋基本計画と我が国におけるメタンハイドレート開発計画
 - 1.2 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
 - 1.3 メタンハイドレートの商業的開発を見据えたフェーズ3の方針
 - 1.4 メタンハイドレート開発に関連する動向
2. フェーズ3の概要
 - 2.1 フェーズ3で取り組むべき課題と目標
 - 2.2 フェーズ3の期間
 - 2.3 フェーズ3の体制
3. フェーズ3の分野別課題
 - 3.1 フィールド開発技術に関する研究開発
 - 3.2 生産手法開発に関する研究開発
 - 3.3 資源量評価に関する研究開発
 - 3.4 環境影響評価に関する研究開発
 - 3.5 経済性の評価及びその他の取り組み

※ 実行計画文書は、MH21ホームページ (<http://www.mh21japan.gr.jp/>) より入手可能

1. 海洋基本計画と我が国におけるメタンハイドレート開発計画

「我が国におけるメタンハイドレート開発計画（平成13年7月，経済産業省）」

- 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
- 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

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)

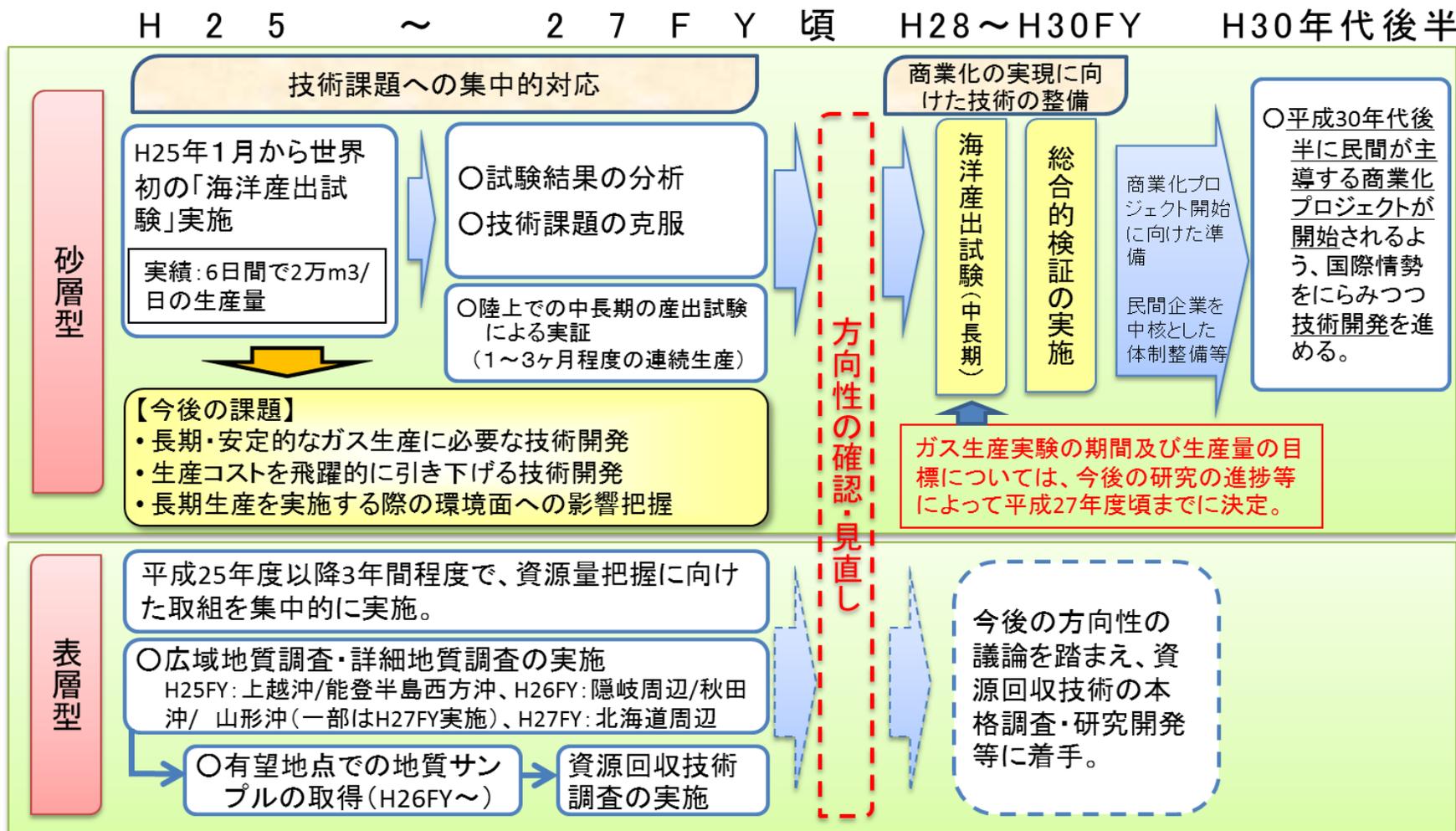
基礎的研究(生産技術等)の推進、我が国近海での海洋産出試験の実施 等

●フェーズ3(2016年度～2018年度)

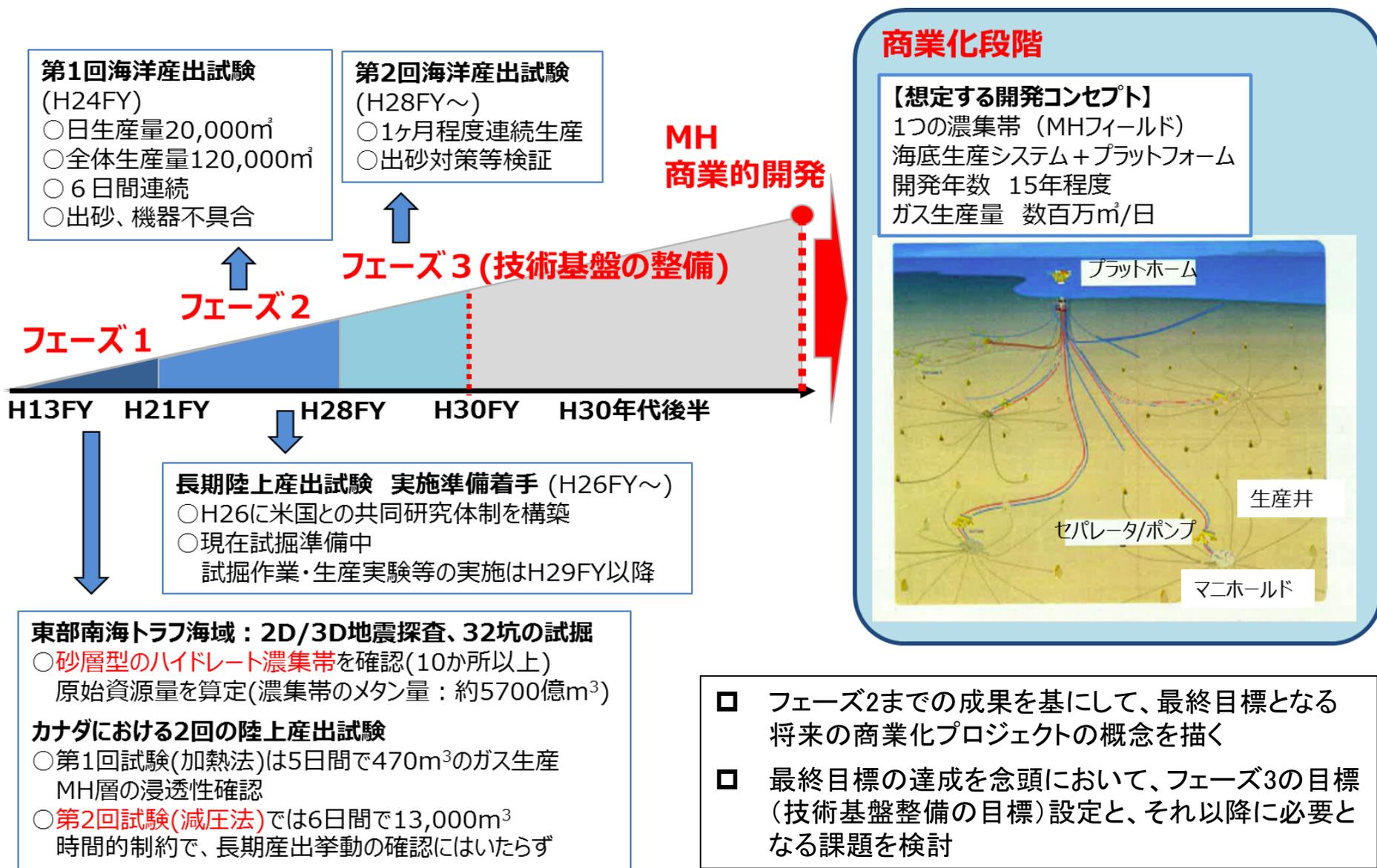
商業的産出のための技術の整備、経済性・環境影響評価等の実施 等

「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（平成25年12月閣議決定） 工程表」

- (1) 砂層型メタンハイドレート: 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: 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。



2. メタンハイドレートの商業的開発を見据えたフェーズ3の方針



2.1 メタンハイドレート商業化プロジェクトの概念

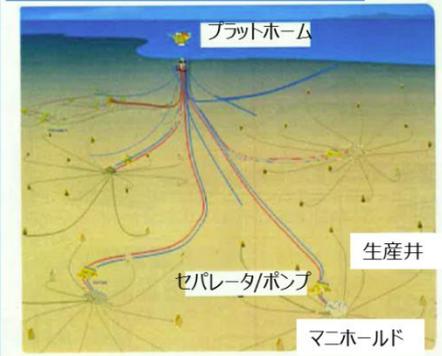
● 商業化段階の開発システムのご概念

- A 商業開発可能な規模のメタンハイドレート濃集帯が存在する大水深の海域において、
- B 在来型石油・天然ガス開発と比較して比較的掘削長の短い複数の坑井を用いて同時並行して生産することで、
- C 1個の濃集帯ベースで、長期的に安全かつ経済的なガス生産を実現し、消費地へのガス供給を行う。

商業化段階

【想定する開発コンセプト】

1つの濃集帯（MHフィールド）
海底生産システム+プラットフォーム
開発年数 15年程度
ガス生産量 数百万m³/日



※ フィールド全体からのガス供給量は、日量数百万m³規模

(考え方)

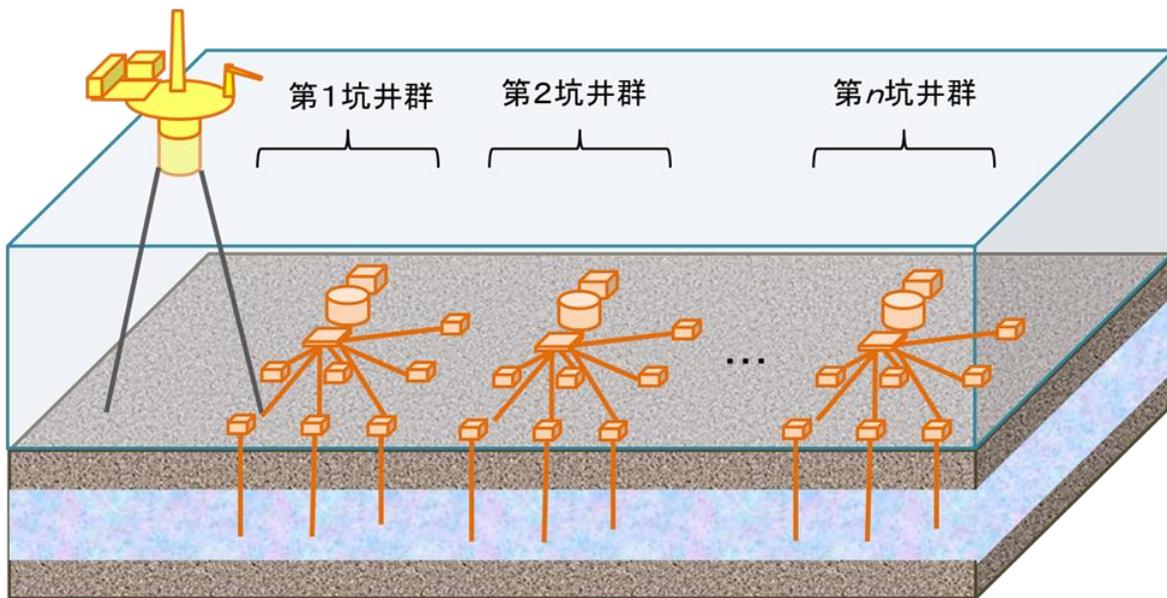
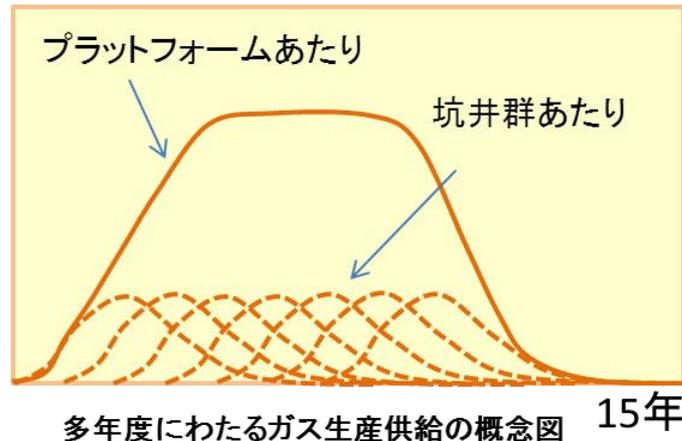
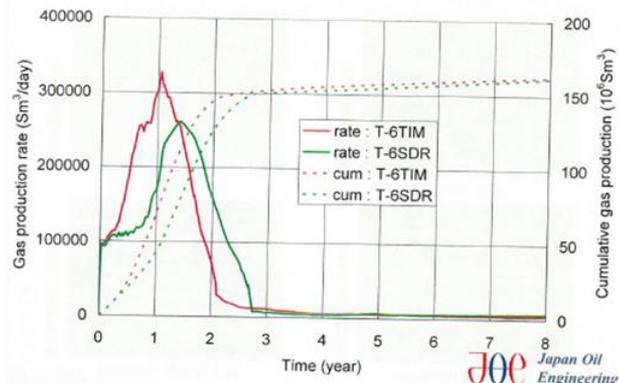
在来型天然ガス開発とは異なる開発システムを適用して、経済的な開発を実現させる

- メタンハイドレート層の場合は、貯留層の特徴から1坑井当たりの生産能力は在来型天然ガスの坑井の場合より劣る
- 掘削深度が浅く、ガス処理や坑井の仕上げなどに要する費用は小さい

在来型天然ガス開発とは異なる開発方式の検討例

1つの坑井の生産挙動予測結果

- 東部南海トラフα濃集帯の貯留層条件に減圧法を適用
- 排ガス半径(断熱・遮水境界)を設定した軸対称モデルで計算



各坑井群の生産期間=8年
 プロジェクト期間= 15年
 坑井数=
 7坑井×7坑井群= 49坑
 各坑井の8年間の平均生
 産レート=5.56万m³/日

参考：2008年に発表した経済性評価結果

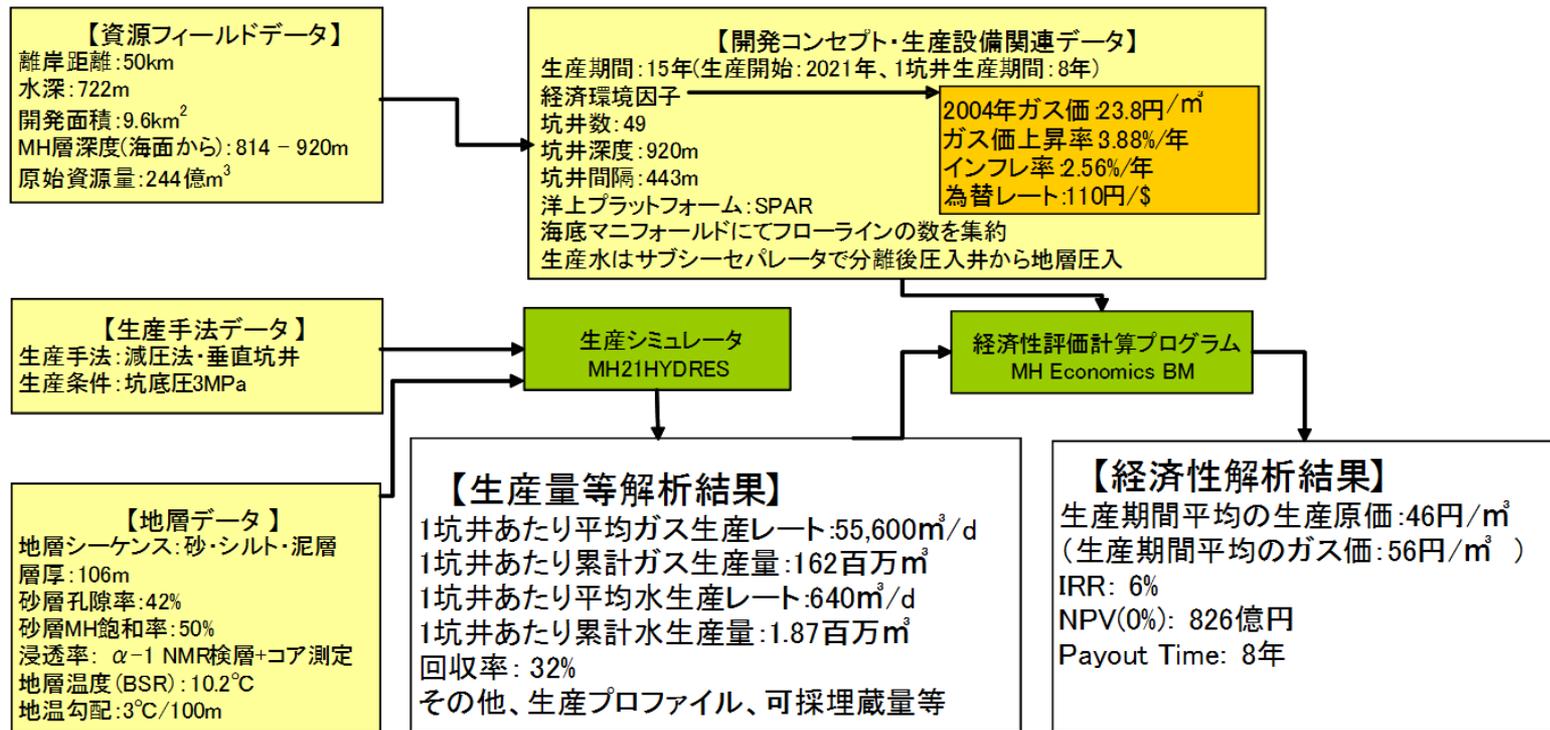


図 5-5 a -1濃集帯の経済性評価の流れと結果

メタンハイドレート層からのメタンガスの**生産原価**について3パターンを想定して試算

- ① 現在の建設コストを前提とする場合: 92円/m³
(ベース価格は2004年のもののため、仮に3倍とした場合)
- ② 仮定条件が全て成立する場合: 46円/m³
(2004年ベース)
- ③ 生産量が予想よりも低い(1/4)場合: 174円/m³

引用元)

フェーズ1総括成果報告書, p.17~18,
http://www.mh21japan.gr.jp/pdf/seika/phase1_20110622.pdf

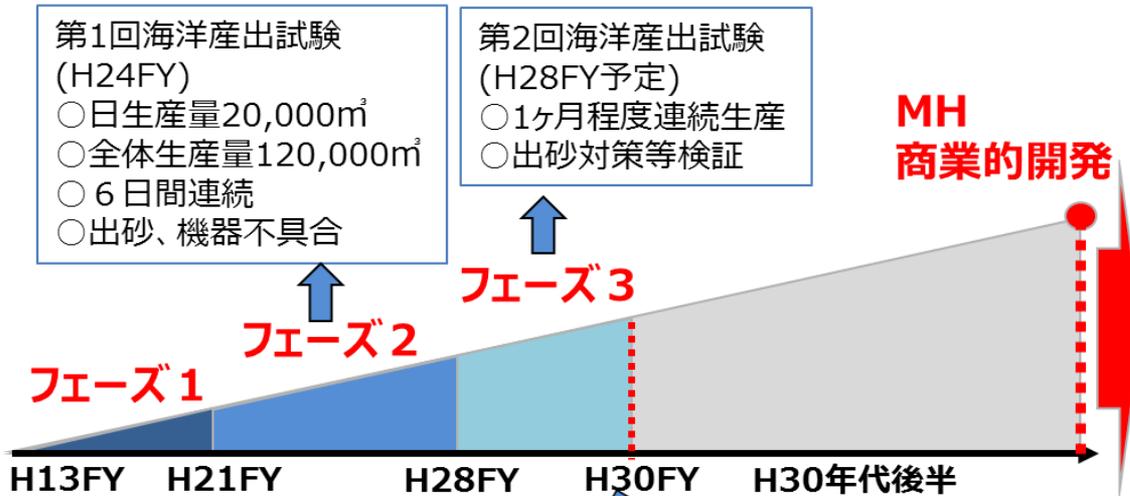
2.2 商業化段階に至るまでの技術開発の展望

- 商業化段階において、以下の3つの技術が既成技術 (Proven Technology) として完成してはいない

- (1) メタンハイドレート層からの長期のガス生産を可能にする技術
- (2) メタンハイドレート層からの長期のガス生産挙動を把握する技術
- (3) 経済的な海洋開発システムの設計と実装並びに環境面での影響評価にかかわる技術

- ※ 商業化段階(将来の事業アウトカム)は、フェーズ3の終了時ではなく、平成31年度以降の「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年代後半の民間が主導する商業化プロジェクト」を経て、実現する
- ※ フェーズ3は技術開発の中間到達点であり、商業化段階までの研究開発のシナリオで、これらの技術レベルを更に向上させていくことが必要となる(技術革新のプロセス)

平成30年代後半までの技術開発の展望



フェーズ3の目標：(Ⅰ)～(Ⅲ)の技術の総合的検証を行い、商業化の実現に向けたさらなる展開が妥当か否かを適正に評価する

(Ⅰ) 一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること

(Ⅱ) 一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していると判断できること

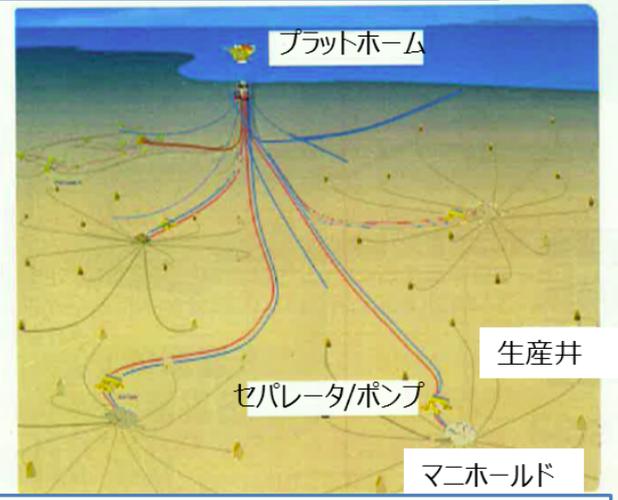
(Ⅲ) 技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討のベースとなる環境影響評価手法案等が提示されていること

民間が主導する商業化プロジェクトが開始されるための技術的目安：

- 一本の坑井から数年間のガス生産が見込める
- 一本の坑井で数万m³/日程度、もしくはそれ以上のガス生産が見込める
- 複数坑井のガス生産を制御し、かつ必要に応じてガス増産可能な技術等を擁し、同時に経済性・安全性が担保される

商業化段階

【想定する開発コンセプト】
 1つの濃集帯 (MHフィールド)
 海底生産システム+プラットフォーム
 開発年数 15年程度
 ガス生産量 数百万m³/日



- 商業化段階までに必要な項目：**
- **確立すべき要素技術**
 - (1) MH層からの長期のガス生産を可能にする技術
 - (2) MH層からの長期のガス生産挙動を把握する技術
 - (3) 経済的な海洋開発システムの設計と実装ならびに環境面での影響評価にかかわる技術
 - **開発システムの機能検証**

3. フェーズ3の概要

3.1 フェーズ3の位置づけと達成目標（技術基盤の整備）

- フェーズ3の成果として求められるのは、商業化段階での技術そのものではなく、商業化の実現に向けたさらなる展開が妥当か否かを適正に評価でき、かつ、将来的に必要となる知見が継承されるような技術の基盤を整備すること

フェーズ3の達成目標：

- (Ⅰ) 一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること
- (Ⅱ) 一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していることと判断できること
- (Ⅲ) 技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討のベースとなる影響評価手法案等が提示されていること

3.2 目標達成のために取り組むべき課題 (1)

フェーズ3の目標(I) :

一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること

達成目標

- 約1ヶ月の海洋におけるガス生産実験を通じて、海洋の未固結堆積物中で減圧法が実現できること

【減圧制御】 重力分離によってガス・水分離が適正に行われ、圧力が制御できていること。ESPポンプの効率が低下することなく、段階的な制御(7→5→3MPa)が可能であること、ガスラインにおいて地表へのスラグの到達が起きないことが、適正に制御されている目安となる。

【出砂対策】 ガス生産実験期間内に出砂対策装置が計画通り働くこと。流入する砂量が、ESPや地表設備に影響を与えない限界(数十ppm)にとどまること。

【坑井の健全性】 坑井が安定に保たれていて、セメントを通じた海水の流入など坑井安定性に起因したトラブルがないこと。

【離脱等の可能性、もしくは、その影響の回避】 ワークオーバーライザー(WOR)の使用により、緊急離脱・計画離脱が発生しないか、または、離脱を実施しても、数日内に復帰できて、減圧を再開できること。

※ ガス生産時になんらかの問題が新たに発生した場合には、その原因が究明され、かつ、有効な対策が提案されること、今後の研究開発要素(ガス生産が継続することを保証するために必要な措置等)の提言がなされていることが重要

3.2 目標達成のために取り組むべき課題 (2)

フェーズ3の目標(Ⅱ) :

一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、更に長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達している
と判断できること

達成目標

- 約1ヶ月の海洋におけるガス生産実験を通じて、少なくともその間に生産量が安定し、その先さらに増えていく見通しを示すこと

【生産量・生産履歴の把握】 ガス・水量が予想の範囲内で安定していること、また、安定状態のなかで生産量の増加傾向が確認できること。

【生産予測精度の向上】 コア・検層等による貯留層パラメータの評価と、シミュレータによるヒストリーマッチングを行い、信頼性のある長期予想が可能な状態となること。

約1ヶ月のガス生産実験において、

- ・ 擾乱部分を脱した安定期間内で実測値と推測値の一致する期間が持続すること
 - ・ 実測値が推測値と同様に増加傾向を示すこと
 - ・ その後もガスの減少を示唆するような兆候がないこと
- を確認

➔ 生産挙動予測が十分な精度に達し、より長期の生産挙動についても高い精度で予測することが可能

第2回海洋産出試験の生産期間の検討 – 生産挙動予測

① 第一回海洋産出試験結果の事後解析

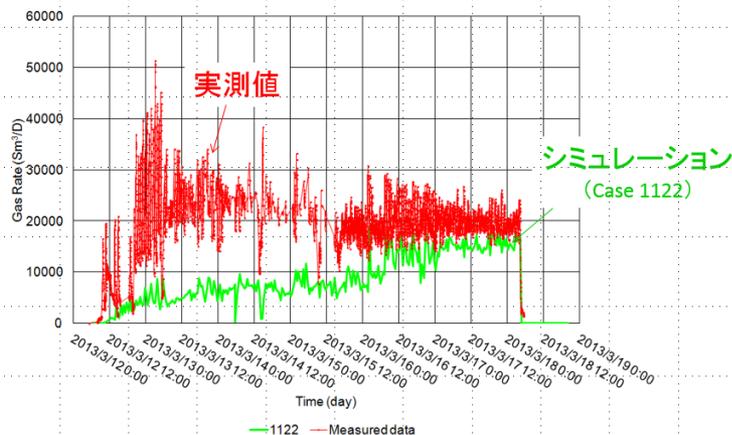
= 貯留層モデルの更新・再構築

第28回開発実施検討会資料を参照

ガス生産レートの比較(#1122)

□ 全体的にシミュレーションは過小

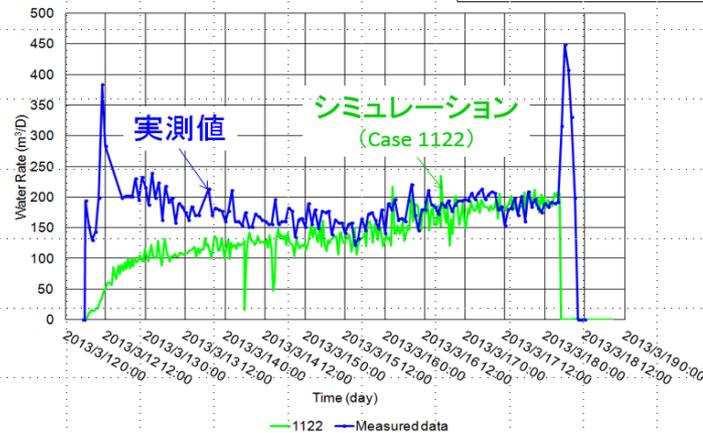
140625 WG会議資料から



水生産レートの比較(#1122)

□ 貯留層本来の特徴を表わす後期で一致するが、前半はシミュレーションが過小

140625 WG会議資料から

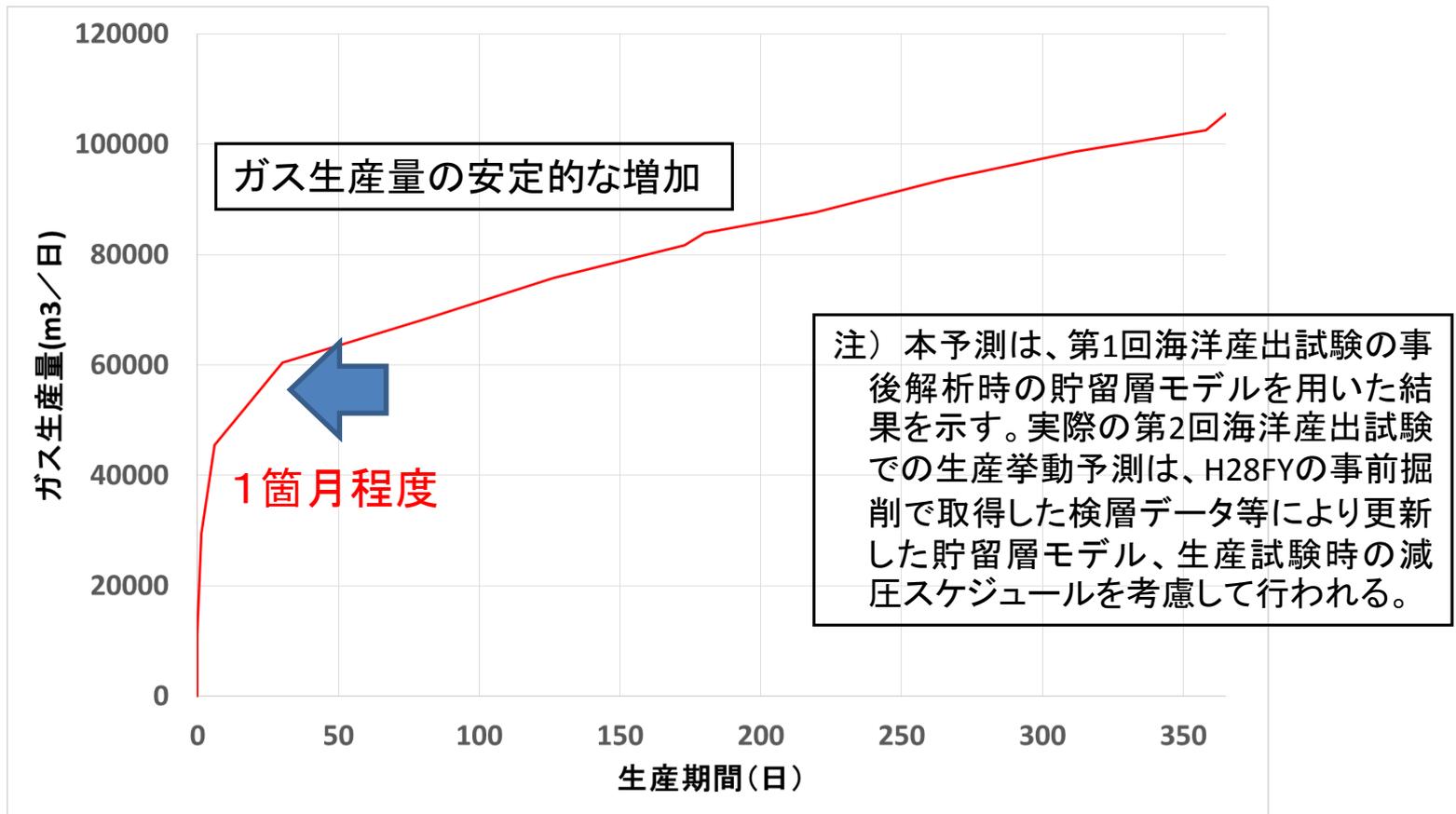


再構築した貯留層モデルを用いたヒストリーマッチングから、ガス・水生産レート、
ハイドレート分解域について、初期の擾乱期間を除いて観測結果をほぼ再現
→より適切な貯留層モデルの再構築

第2回海洋産出試験の生産期間の検討－生産挙動予測

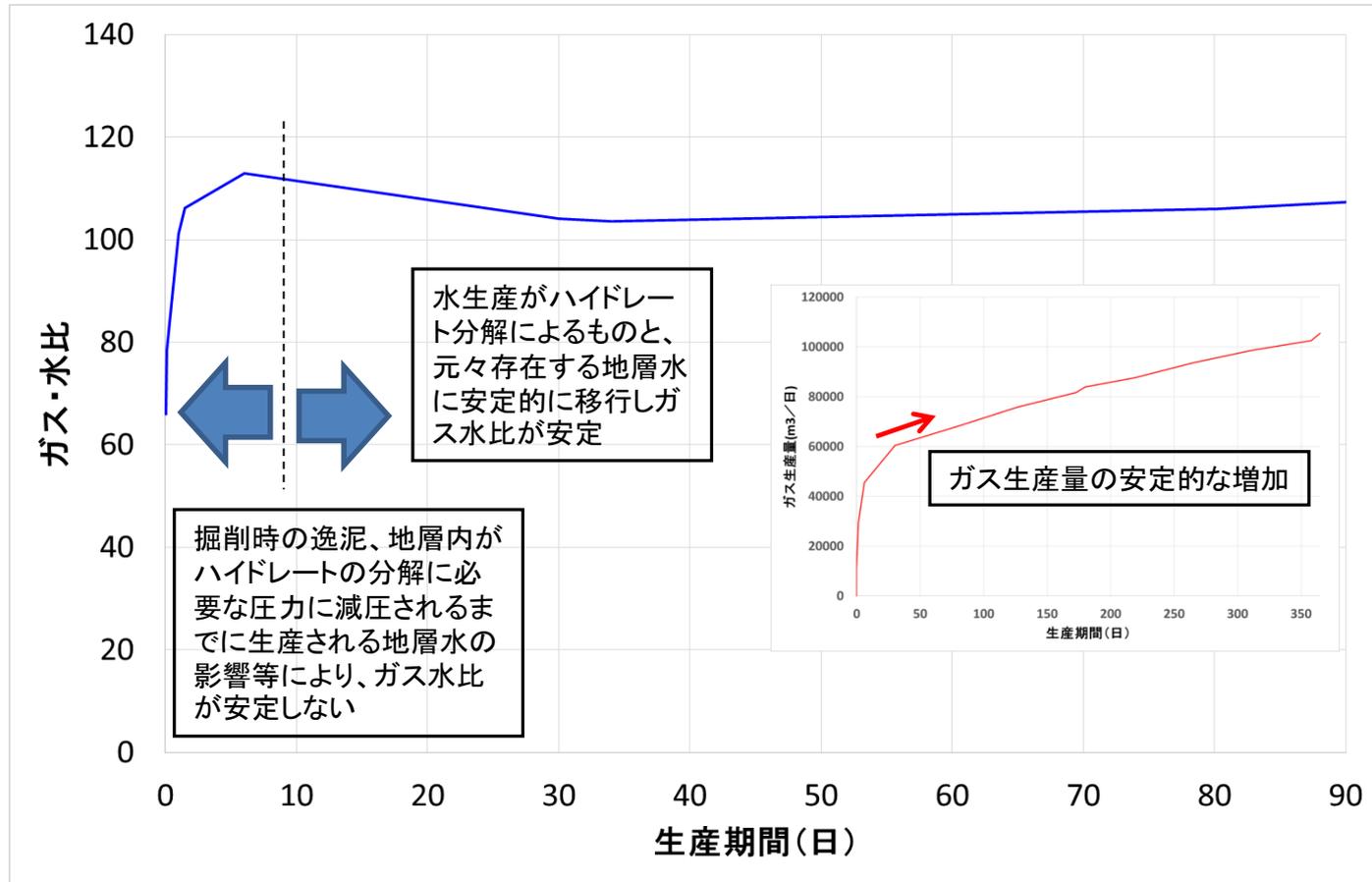
②再構築した貯留層モデルを用いた長期的な生産挙動予測

- 第1回海洋産出試験地(AT1-P井)、排ガス半径:350m
- 坑底圧=3MPaまで瞬時に減圧



第2回海洋産出試験の生産期間の検討 – 生産挙動予測

③ 長期的生産挙動予測における生産初期の挙動



3.2 目標達成のために取り組むべき課題 (3)

フェーズ3の目標(Ⅲ) :

技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討のベースとなる影響評価手法案等が提示されていること

達成目標

- フェーズ2までの検討(第2回海洋産出試験検討時に比較検討した3ヶ月あるいは1年間のガス生産試験を行う想定のPreFEED、および、開発システム検討)に基づいて、実現可能性の高い将来の開発システムの基本案を提示すること

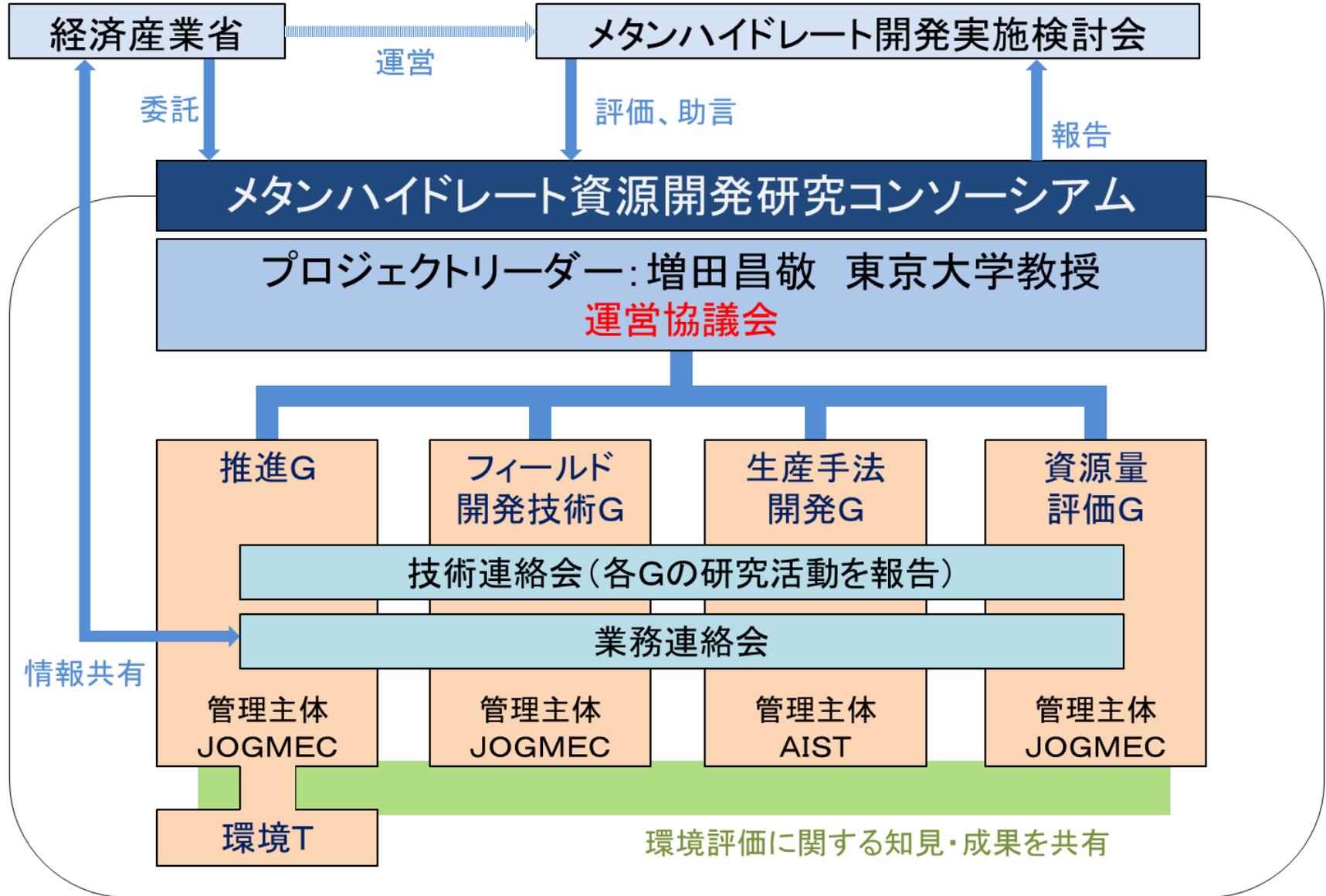
【基本設計】 海洋での長期挙動を実証のために、より長期の海洋産出試験が検討されることを想定して、その基本設計を策定し、実現可能性と費用、期間、技術開発要素等を示す。

【事前調査・検討】 より長期の試験を実現できる海域の候補を示し、気象・海象・海底地盤・貯留層特性・海域環境などの情報を示す。

【経済性の検討】 第2回海洋産出試験の結果を考慮したエネルギー収支と経済性検討を実施して、非在来資源・輸入LNG等の比較で大幅に劣後しないことを示すとともに、劣後する場合はその原因と、生産性・回収率の向上策などの改善策を示す。

【環境評価】 これまでの研究で明らかになった主たる環境影響要因と、それらの評価手法を示す。(ただし、長期的な環境への影響を実フィールドにて確認することはできないため、フェーズ3終了時の知見を用いつつ、今後も、長期的な観点で検討・評価していくことが求められる。)

3.3 フェーズ3の体制



4. フェーズ3の目標と分野別課題

フェーズ3の目標		フェーズ3の分野別課題（13項目）	研究分野
I	一定期間の生産実験を通じて、将来的に長期のガス生産が可能な技術基盤が構築しうると判断できる知見・データが蓄積されていること	① 海洋産出試験の実施	フィールド開発技術
II	一定期間の生産実験を通じて、ガスの生産挙動が把握されており、さらに長期のガス生産挙動についても一定の精度で予測可能な技術レベルに達していると判断できること	② メタンハイドレート資源フィールドの特性評価	フィールド開発技術
		④ 長期陸上産出試験に係る作業の実施	フィールド開発技術
		⑤ 生産性増進化技術の開発	生産手法開発
		⑥ 生産性・生産挙動評価技術の高度化	生産手法開発
		⑦ 地層特性評価技術の高度化	生産手法開発
III	技術検討等を通じて、実現可能性の高い開発システムの基本案が提示され、かつ、将来の商業化が可能と示唆されるような経済性の評価や、商業化段階での環境面の検討のベースとなる影響評価手法案等が提示されていること	③ 海洋開発システムの検討	フィールド開発技術
		⑩ 環境リスクの分析と対策の検討	環境影響評価
		⑪ 環境モニタリング技術の開発	環境影響評価
		⑫ 海洋産出試験における環境影響評価	環境影響評価
		⑭ 経済性の評価及びその他の取り組み	経済性評価・その他
I～III以外の課題	⑧ 日本周辺海域のメタンハイドレート賦存状況の評価	資源量評価	
	⑨ メタンハイドレートシステムの検討	資源量評価	

※ 分野別課題の番号は、フェーズ2の分野別課題と対応させている。

※ フェーズ2の課題「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」は終了

※ フェーズ3の目標達成にあたっては、各分野間で密接かつ相補的な関係を維持して研究を進める

生産手法開発グループ

MH層からメタンガスを長期的に大量かつ安定的に生産するための生産技術の整備

【生産性増進化技術の開発】

- ◎ 生産増進法(回収率60%以上)の開発と想定される商業規模での適用性の検討
- ◎ 貯留層障害対策技術の検証・整備や安定な坑底圧制御のためのMH再生成等の流動障害抑制技術の整備
- ◎ 大型試験装置や数値シミュレーションなどによる実証



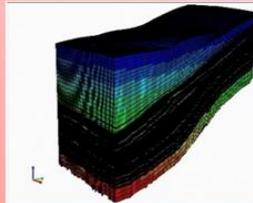
大型室内産出試験装置

【生産性・生産挙動評価技術の高度化】

- ◎ 生産増進法等の解析ルーチンの開発・改良
- ◎ 保圧コア解析等を適用したモデル構築技術の信頼性向上や海産試験等の生産性予測・検証等を通じた解析技術の精度向上
- ◎ 貯留層特性に応じて経済性を最大化させる生産手法と生産システムの総合的な評価



保圧コア用キャビネット



貯留層モデル

【地層特性評価技術の高度化】

- ◎ 長期・広域の地盤挙動をより高精度で取り扱えるような構成式の最適化や操作性の向上
- ◎ メタンハイドレート開発における出砂現象の解析と対策技術の検証、生産時の坑井安定性や広域の地層変形等に関する評価

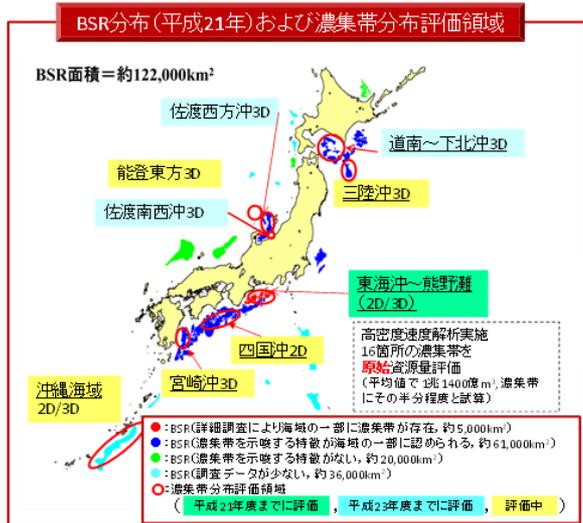


出砂評価試験装置

海洋産出試験でのガス生産挙動の把握・予測技術の高度化

商業化のための基盤技術整備

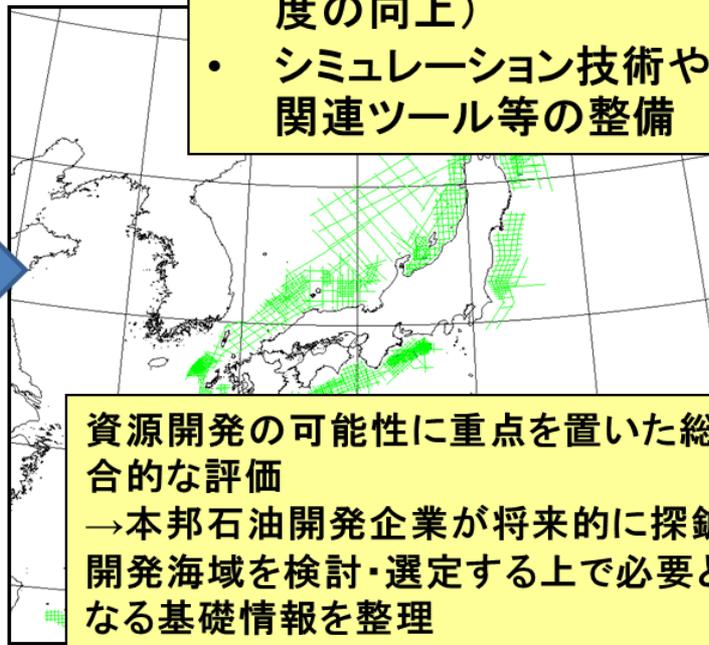
資源量評価グループ



新たな地震探査
データ(2海域以上)

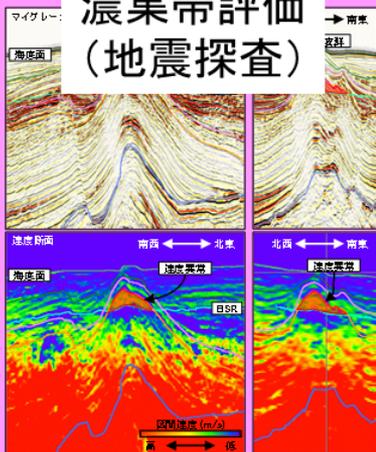
拡充・改訂

- 濃集帯分布図およびBSR分布図の拡充(濃集帯分布推定・探査精度の向上)
- シミュレーション技術や関連ツール等の整備

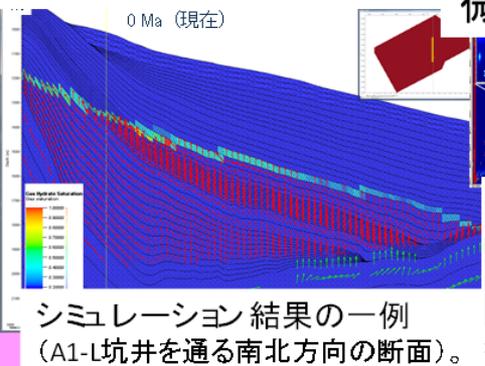


フェーズ2までに確立した砂層型MH濃集帯の探査・資源量評価手法

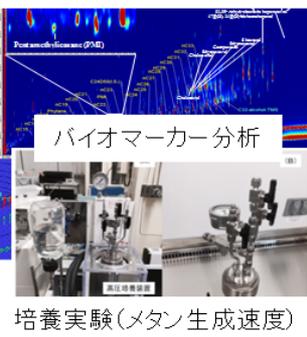
濃集帯評価
(地震探査)



堆積盆地シミュレーション
(2次元/3次元)



微生物学的分析



海域名	海域A			海域B	
濃集帯名	α	β	γ	×	Υ
面積					
離岸距離					
水深					
貯留層深度					
性状					
温度・圧力					
.....					

環境チーム



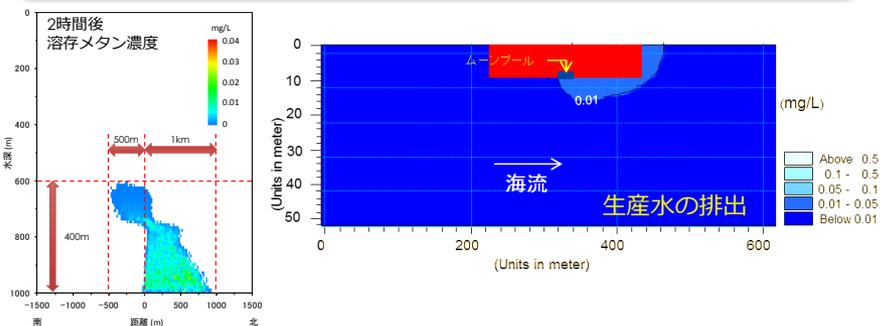
第2回海洋産出試験

第1回試験よりも長期間のガス生産試験となる「第2回海洋産出試験」を対象として、環境影響の予測、データ取得、検証・評価を行うことにより、予測技術、モニタリング技術、調査手法、影響評価手法の適正化を図る。

影響予測

検証

データ取得



環境リスクの分析と対策の検討

- 各種シミュレーション技術の適正化
- 生態系予測のためのベースモデルの構築



環境モニタリング技術の開発

- 長期間、深海底で安定した計測が可能なシステムの開発
 - より長期・広域的な生産に際しての計測手法の検討
- ### 海洋産出試験における環境影響評価
- 環境調査手法の適正化

影響評価

海洋産出試験における環境影響評価

- 影響評価手法の適正化
- ガス生産試験の環境影響評価事例として整理

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		
水環境	生産水の排出による水質変化	高		短期	直近	軽	低
	メタンの漏出による水質変化	低		短期	近傍	軽	低
	廃坑時の海底面での濁りの発生	高		短期	近傍	軽	低
環境音	掘削に伴う騒音	高		短期	近傍	軽	低
	底質	高		短期	直近	軽	低
地質・土壌環境	BOP設置・回収による海底攪乱	高		短期	直近	軽	低
	廃坑作業による海底攪乱	高		短期	直近	軽	低
海洋生物	地形	高		※	直近	軽	低
	植物	高	-	短期	直近	軽	低
	動物	高	-	短期	近傍	軽	低
	海底環境の変化による底生生物への影響	高	-	短期	直近	軽	低

最後に:MH21の研究体制

MH21研究コンソーシアムは、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)と産業技術総合研究所で構成され、経産省からの委託事業を実施しています。研究には国内外大学、民間企業が参加し、Grリーダー、Teamリーダーが担当分野の研究を取り纏めています。

- 経済産業省 資源エネルギー庁
- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)
 - プロジェクトリーダー
増田 昌敬 (東京大学)
 - サブプロジェクトリーダー
天満 則夫 (AIST:産業技術総合研究所)
佐伯 龍男 (JOGMEC:石油天然ガス・金属鉱物資源機構)
 - 推進Grリーダー
宅間 之紀(JOGMEC)
 - 資源量評価Grリーダー
藤井 哲哉(JOGMEC)
 - フィールド開発技術Grリーダー
山本 晃司(JOGMEC)
 - 生産手法開発Grリーダー
長尾 二郎(AIST)
 - 環境チームリーダー
荒田 直(JOGMEC)