

<砂層型メタンハイドレート研究開発>

生産技術の開発 生産システム改良

MH21-S研究開発コンソーシアム 生産システム改良チーム

2025年8月21日（木）

実行計画 目標及び実施内容

目標：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※が得られていること。

※生産技術に関しては、FEED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。

実施内容：試験仕様の検討、使用機器検討他及びFEED※準備のため検討を実施

対象：次フェーズ海洋産出試験に向けたシステム

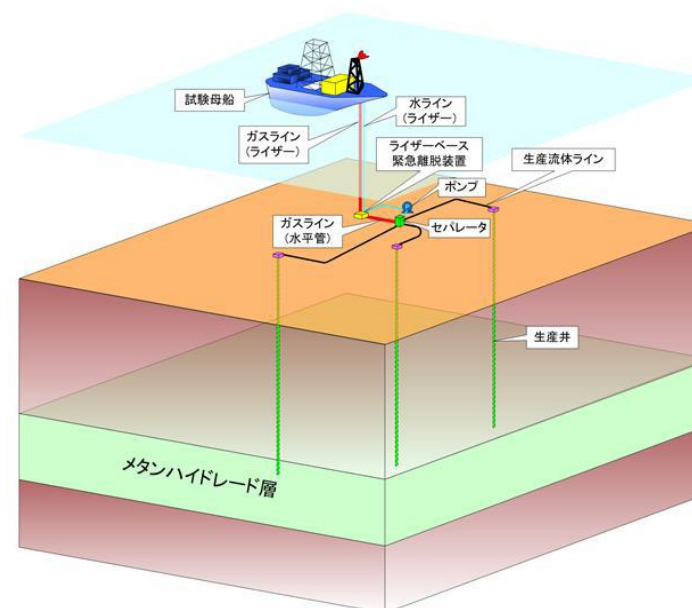
（生産水の処理を含む産出試験設備及び坑内仕上げ装置が主体）

- ① 産出試験施設・基礎技術課題検討
- ② 安定生産阻害阻害要因抽出・解決策検討
- ③ 坑井関係検討
- ④ FEED※準備作業

※FEED：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。

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

海洋産出試験設備のイメージ図



浮体設備

海中区間設備
✓ ライザーシステム

海底設備
✓ フローライン
✓ セパレータ
✓ ポンプ

坑井

実施内容の結果概要

実施内容：試験仕様の検討、使用機器検討他及びFEED準備のため検討を実施

① 産出試験施設・基礎技術課題検討

- ⇒ （産出試験施設）前フェーズから検討していた実現性の高い3つの候補案から1つの**コンセプト**を選定
- ⇒ （基礎技術課題）試験施設の主構成要素に関して、市場調査を通じて、試験施設の各構成要素に係る課題を抽出し表形式で（**技術課題マップ**として）取りまとめ、その他構成要素に技術課題検討を実施

② 安定生産阻害阻害要因抽出・解決策検討

- ⇒ 出砂対策・再ハイドレート化対策・出水対策に対して**有望な解決策**を整理

③ 坑井関係検討

- ⇒ 水平井/高傾斜井の適用性を整理
- ⇒ 生産井/モニタリング井の**配置案**を整理

④ FEED準備作業

- ⇒ 上記（①～③）の検討より試験設備の**基本仕様**を策定
- ⇒ 関連法規の**許認可リスト**を作成
- ⇒ プロジェクト体制/スケジュール/コストに関する評価
- ⇒ **FEED見積準備**

実施内容

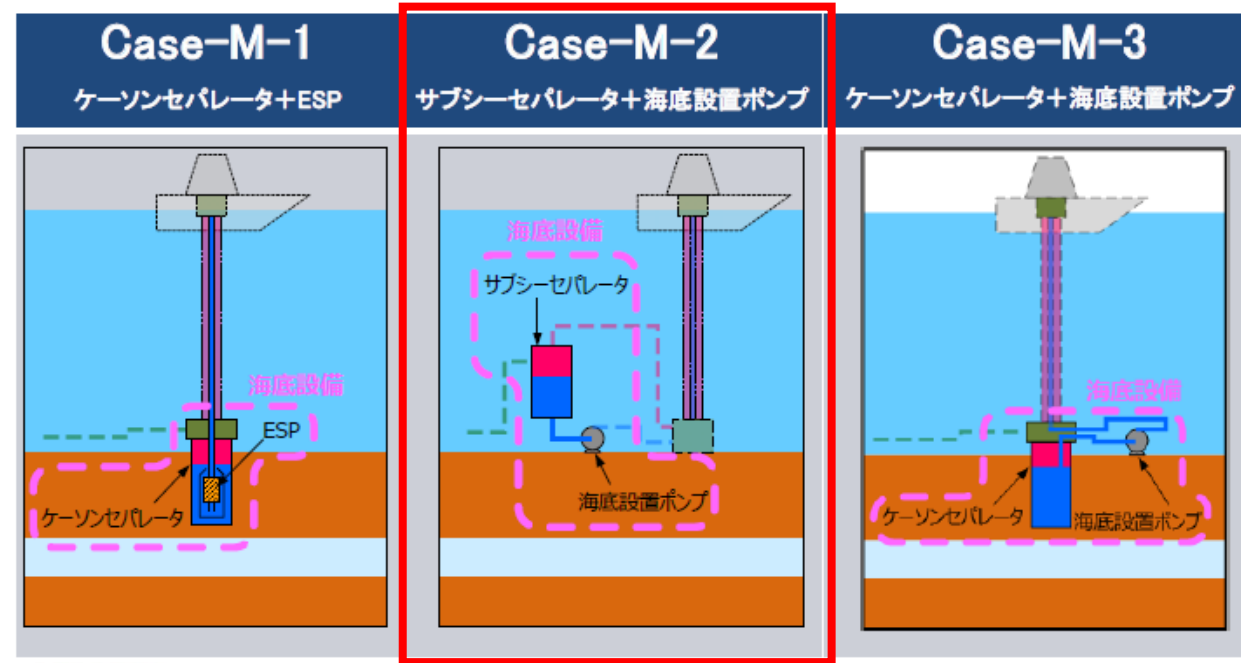
①産出試験施設・基礎技術課題検討

- コンセプトの絞り込み
 - 数か月にわたる複数坑井からの同時生産試験で、継続してガス生産ができる機能を保有するシステム、また商業化プロジェクトへの拡張性のあるシステム構築を計画
 - システム構築計画にあたり、既存技術最大活用、既存技術をカスタマイズして対応、新規技術の適用を意図し、デザインコンペの実施が有益と考慮
 - 3社にデザインコンペを依頼
 - Pre-FEEDで検討された候補システム3案を基本の出発点として複数社からの設備提案
 - 開発ロードマップの作成
 - 概略必要コスト算出

⇒ コンセプトの絞り込みを実施

- 実績・拡張性からCase-M-2（海底にサブシーセパレータとポンプを設置する方式）が第一候補
- 以降の産出試験設備検討の基礎データとして、デザインコンペ結果を活用

Pre-FEEDで検討された候補システム3案



実施内容

①産出試験施設・基礎技術課題検討

- ポンプの市場調査
 - 産出試験設備の構成要素の一つであるポンプについての市場調査を実施
⇒ 技術課題マップ※を作成
- 電気計装技術調査
 - 電気計装技術（制御用油圧流体・電源ケーブル・サンドディテクター・多相流量計等）に関して市場調査を実施
⇒ 技術課題マップ※を作成
- その他構成要素（試験母船やライザー懸架システム、モニタリングシステム等）課題検討
⇒ その他技術課題の検討を実施、ライザーに関して連続懸架可能リミットが45日程度と判明、数か月程度の連続生産を想定してコンペンサターの適用を検討
- ⇒ 基礎技術課題検討結果を基に、オペレーション手順検討を実施
- ポンプの代替案として、ガスリフトの適用性調査も実施
⇒ 将来の商業化での可能性

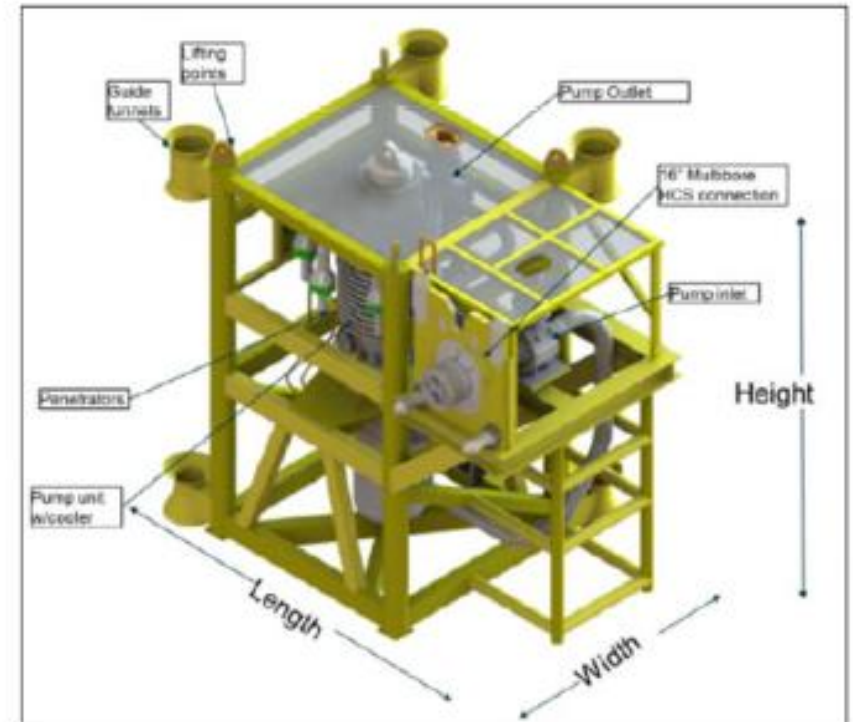
※ 技術課題マップ：候補試験システムを1つに絞り込むため、既存技術と“より長期の海洋産出試験”で必要となる技術に関する課題を明確にすることを目的に実施した。

項目は、メーカー、要求仕様に対する性能、技術成熟度レベル、実績、コスト等

【海底設置設備】

生産井設備、フローライン、マニホールド、サンドコントロール設備、海底分電設備、海底ポンプ、海底セパレータ、アンビリカル、計測設備、制御設備

ポンプモジュールユニット



実施内容

②安定生産阻害要因抽出・解決策検討

[出砂対策]

- 一般的な油ガス田開発で使用する出砂対策装置の検討に加え、微生物固化・固結グラベルパックス適用可能性等の検討を実施
- 各種の出砂対策装置のリテンションテスト※を実施
- 高傾斜井へ適用する出砂対策装置の比較を実施
- 砂の通過をある程度許容する出砂対策装置についても検討を実施
- 海洋産出試験設備での砂の検出・除去についても検討

⇒ リテンションテストの結果等から有望候補を2つ程度に今フェーズで選定、また、砂の通過をある程度許容した出砂対策を検討候補に入れ、それに対応する設備仕様を検討予定

[再ハイドレート化対策]

- 防止策として、坑内流動状態の解析・運用方法の検討、気液分離方法についても検討を実施
- 再ハイドレート化した場合の対策として、インヒビターの使用を考慮にいたした運用方法も検討
また、坑内・海底配管・気液分離槽に対するヒーターによる加熱も検討

⇒ 非定常時（SU/SD・異常時）のみインヒビターを使用し、通常はインヒビターを使用しない運用方法を策定、ヒーターについてはコスト・施工性から見送る方針

※ リテンションテスト：候補の出砂対策装置について、メッシュサイズやグラベルサイズを複数パターン用意したクーポン（試験片）に対して、スラリーテスト・サンドパックステストを実施し、出砂対策装置の性能を検証する実験

[スラリーテスト]：クーポンに粒径分布を調整した砂混じりの水を透過して、差圧や砂の蓄積を調べる

[サンドパックステスト]：クーポンにあらかじめ砂を充填し、水を通水して、差圧や坑壁崩壊後のスクリーン機能を検証する

実施内容

②安定生産阻害要因抽出・解決策検討

[出水対策（生産水処理を含む）]

- 水ガラスを用いた遮水技術適用可能性について検討
- 生産水処理：生産水の発生量は数百 $\text{m}^3/\text{日}$ 程度想定され、数か月間の試験を行う場合、この多量の生産水の処理方法を十分検討しておく必要がある
再ハイドレート化対策としてインヒビターを使用する場合、インヒビター注入後の生産水は海洋放出の課題を有し、陸上に輸送して産廃処理する必要がある
生産水の搬送方法、産廃処理能力およびコストの調査を実施
- 各種水質分析計：洋上で海洋放出できるか確認するため、水質分析計の市場調査を実施
- 洋上での生産水処理：産業廃棄処理量を減らすため検討を実施
- 海底設置ポンプ：メタンハイドレート分解時に生じる生産水以外にも、水層からの水の流入が懸念される、場合によってはこの流入水を含めた流量の考慮が必要

⇒ 出水対策の根本的な対応ではないものの、生産水処理の産廃処理について調査し、数か月の試験期間の処理は可能との調査結果が得られた

⇒ 洋上での生産水処理は、商業段階での実用を想定する

⇒ 試験対象エリアでは水層の影響は少なそうとの調査経過情報があり

第二回海洋産出試験での生産水貯蔵タンク



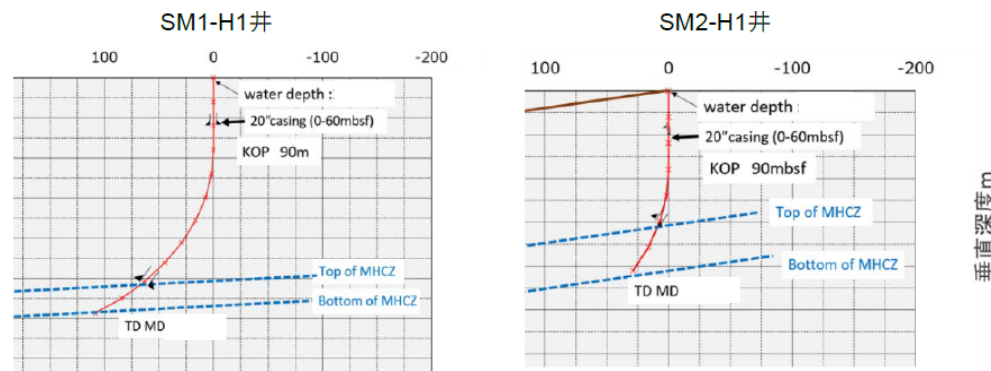
実施内容

③坑井関係検討

[水平井/高傾斜井の適用性検討]

- 生産増進対策の一つの案として、水平井、高傾斜井がある
坑井計画において、高傾斜井を次フェーズ海洋産出試験の坑井の一つとして検討を実施
 - 志摩半島沖を対象とした高傾斜井の適用可能性を検討
 - 過去の実績を基に最大増角率 = $7^{\circ}/30\text{m}$
 - 増角開始深度 (KOP : Kick-Off Point) = 海底面下90m
 - その場合のコンタクトエリア (仕上げ区間) の増加量は、下図の通り
- ⇒ 一般的な高傾斜井の適用方法であり、より効果がある高傾斜井の適用手法を継続検討中

志摩半島沖の高傾斜井検討結果



掘削地点名	SM1-H1	SM2-H2
最大増角率	$7^{\circ}/30\text{m}$	$7^{\circ}/30\text{m}$
最大傾斜角	56°	28°
仕上げ区間長(概算)	57 m	65 m
仕上げ区間増加	1.7倍	1.1倍

実施内容

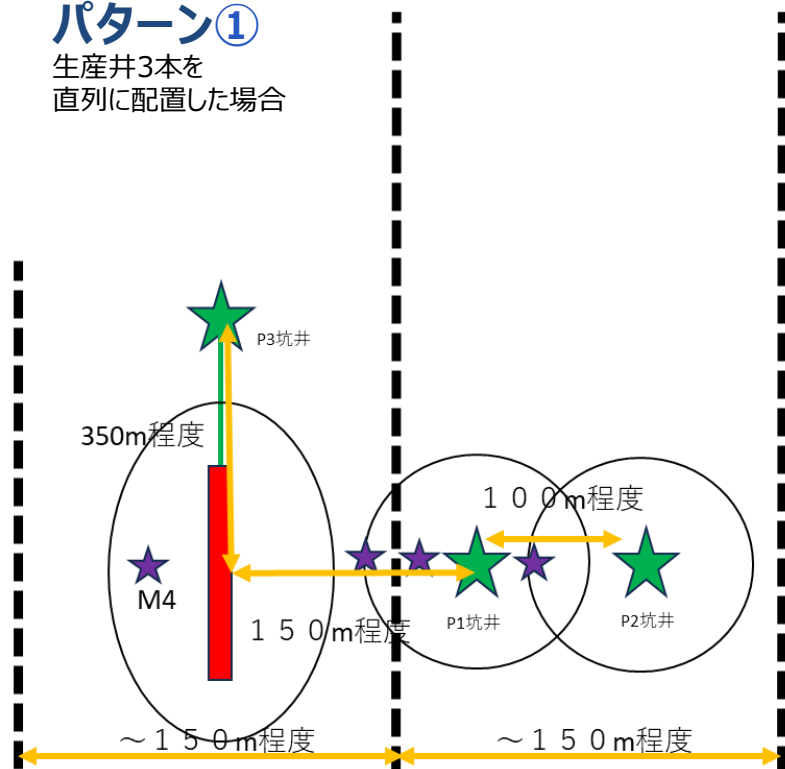
③坑井関係検討

[生産井/モニタリング井の配置検討]

- 各チームの要望、考慮すべき要因を反映させた、**坑井配置計画の素案**を作成
- ⇒ 坑井距離等検討課題は残ることもあり、現段階ではあくまでも参考例

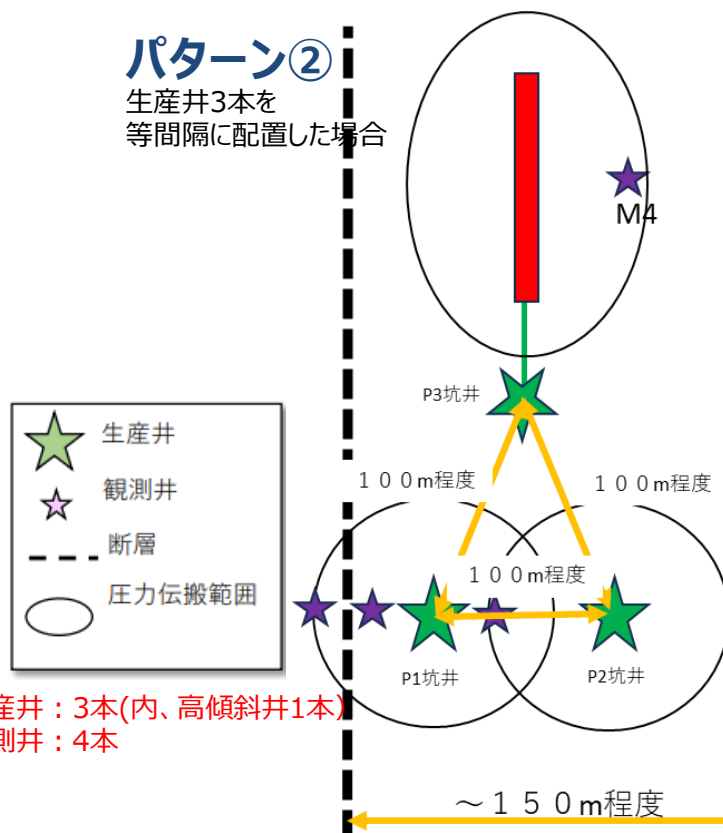
パターン①

生産井3本を
直列に配置した場合



パターン②

生産井3本を
等間隔に配置した場合



生産井：3本(内、高傾斜井1本)
観測井：4本

考慮すべき要因

- ・断層付近に1本生産井、2本観測井が必要
 - ・ガス水生産量を把握
 - ・連続で断層まで溶解が進む減圧期間を確保
 - ・複数坑井の同時生産して干渉の影響の確認
 - ・各坑井単独で評価できるタイミングがある
 - ・高傾斜井は垂直井の影響を避けて実施
 - ・断層間のブロックでどのくらいの坑井を掘れば回収できるか
- ※坑井間距離：2か月程度の単独生産でも分解範囲が隣の生産井まで到達しないかつ、1か月の同時生産で坑井間の干渉が観測できる距離とする。

生産試験概略ステップ (案)

- ①P1坑井を最初に起動して、2か月程度の連続生産（単独での挙動観察）。
※P2坑井まで分解範囲が広がらないようなP1とP2の坑井間距離（100m程度）とする。
- ②P2坑井とP1坑井を同時生産行う。（坑井間の干渉を観測）
※P1とP2坑井間は干渉、観測井M2側では断層の水引きを観測
- ③高傾斜井単独でガス生産
※高傾斜井単独での能力を評価

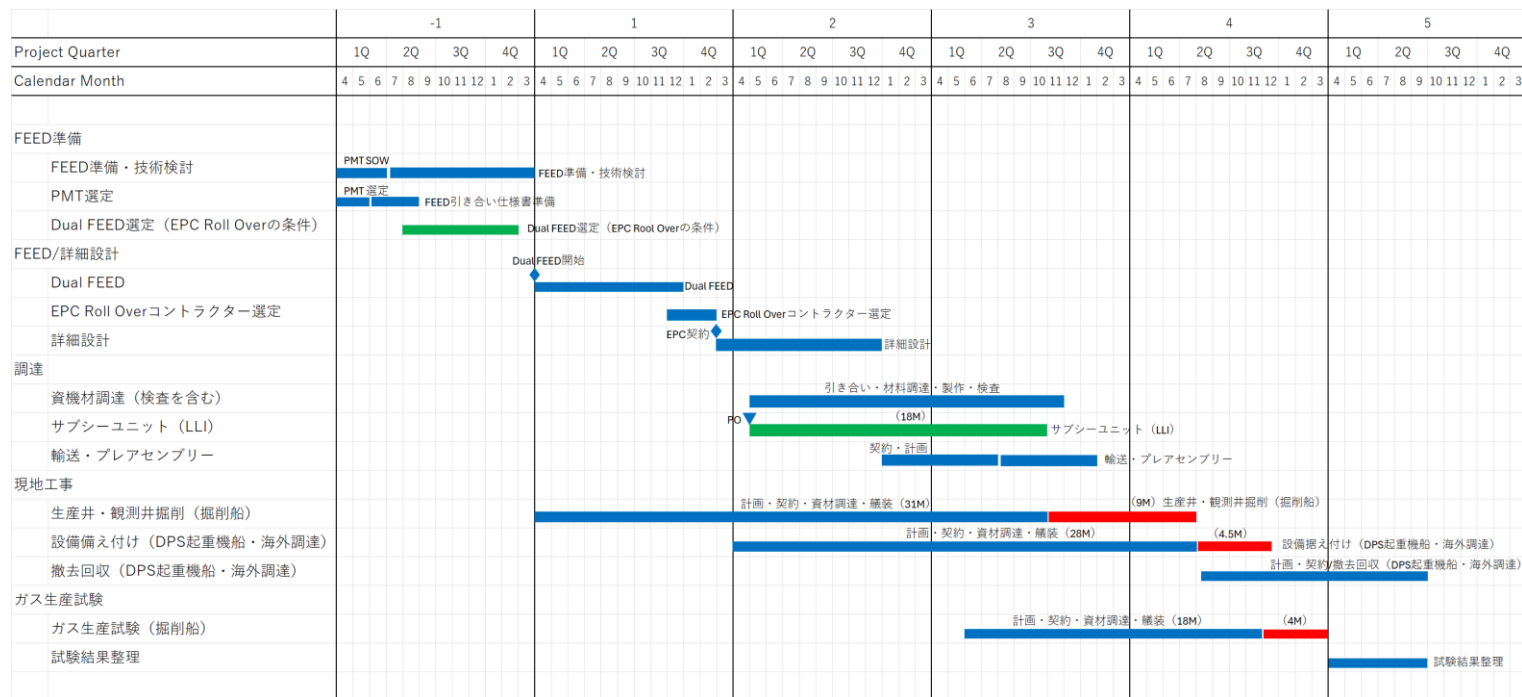
実施内容

④FEED準備作業

[FEED計画]

- 第一候補の試験設備・システムを基に、調査・検討結果を加味して、概略工程・コストの見直しを実施
 - 据付/プレコミッシング検討や工程遅延リスク検討を実施
 - 過去試験の実績も考慮して、許認可リストを作成
 - FEED/EPCのプロジェクト実行体制の検討を実施
- ⇒ 競争原理を働かせるため、**Dual FEED+EP(C)の実施を計画**

FEED/EPCの概略工程



実施内容

④FEED準備作業

[FEED見積]

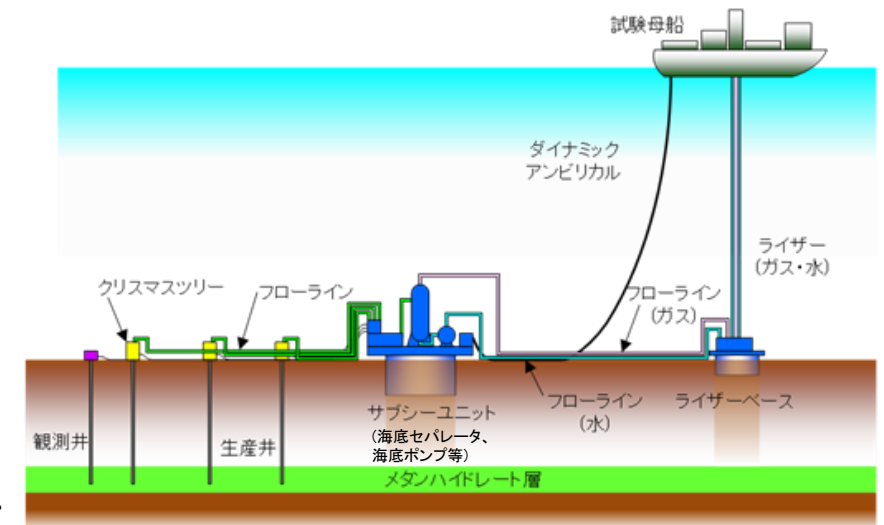
- 海洋産出試験の基本仕様の整理
 - フェーズ4での検討結果を基に、基本仕様を整理
基本仕様項目は以下の通り
 - ①目的・目標
 - ②実施方法
 - a)試験に使用する設備構成
 - b)ガス生産の期間
 - ③実施期間
 - ④実施場所
 - ⑤実施体制
 - ⑥基本仕様

：貯留層、生産井、観測井、環境・生産量・操業、設備、モニタリング

⇒ 整理した海洋産出試験の基本仕様を基に、**FEED見積仕様書を作成**

⇒ 複数社から**FEED見積への参画意思**をあらかじめ確認

試験に使用する設備構成



ガス生産の期間

	ガス生産期間			
	1ヶ月	2ヵ月	3ヵ月	4ヵ月
垂直井1	生産1		生産2	
垂直井2				
高傾斜1				生産3

まとめ

[生産技術の開発実績]

- 目的：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が得られていること。
- ⇒ アラスカ陸産試験における出砂対策装置の実績や生産水処理に関する調査結果およびライザー懸架システムの検討結果等から、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は得られたと考える

[今後の海洋産出試験に向けた課題]

- 安定生産阻害要因：出砂対策装置の詳細検討
アラスカ陸産試験における出砂対策装置のパフォーマンスや、海洋でのフローテスト実績から、数か月程度の連続生産は可能と考えるが、更なる長期安定生産を目指し、砂の通過を許容するサンドマネージメント手法を含めた技術開発を検討中
- アラスカ長期陸上産出試験や志摩沖での簡易生産実験・コア掘りから抽出された課題の解決
- 産出試験設備・オペレーションの更なる合理化・省コスト化