

＜表層型メタンハイドレートの研究開発＞

進捗状況報告

2021年11月17日

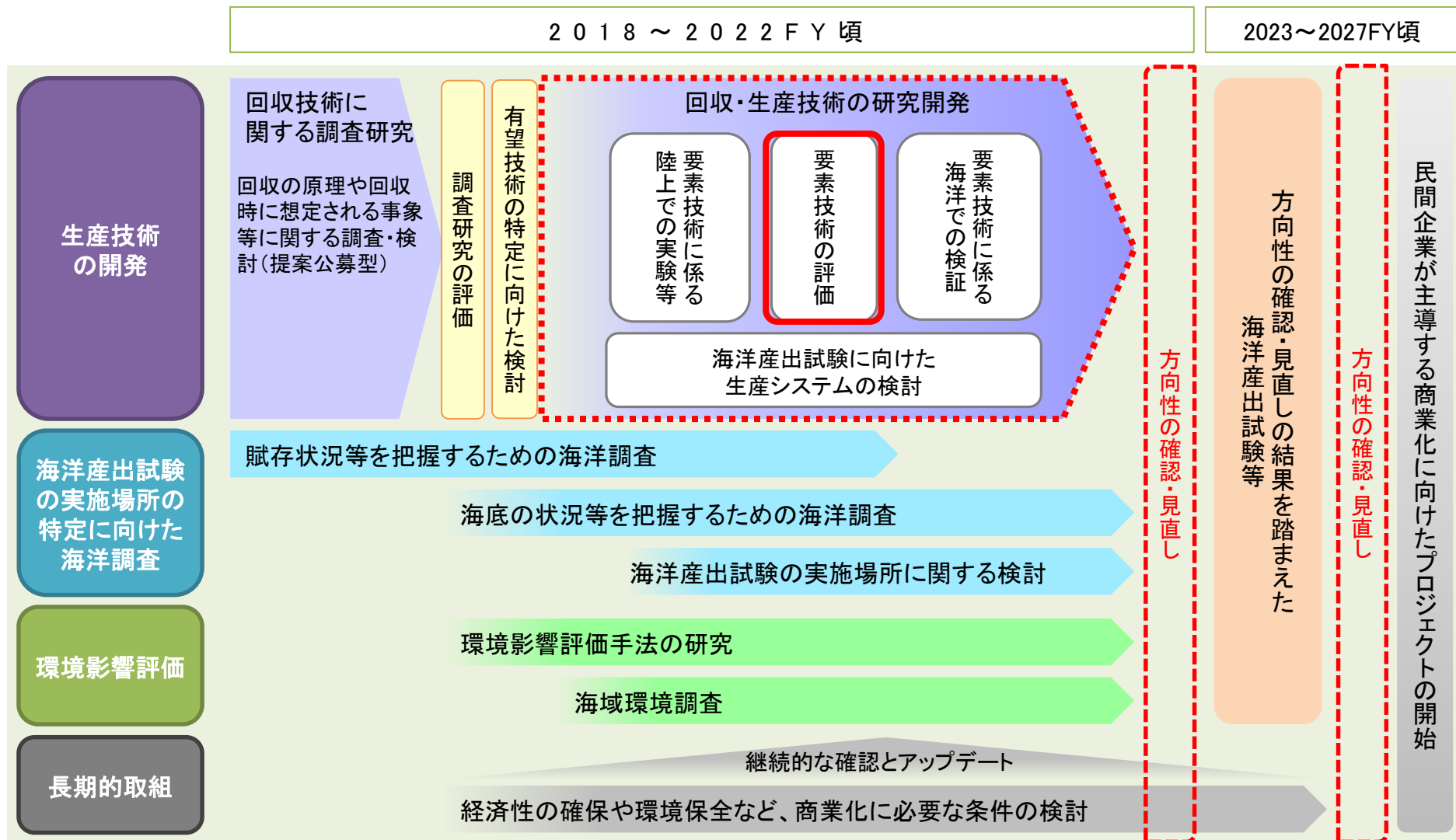
産業技術総合研究所

回収・生産技術に係る要素技術評価について

表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

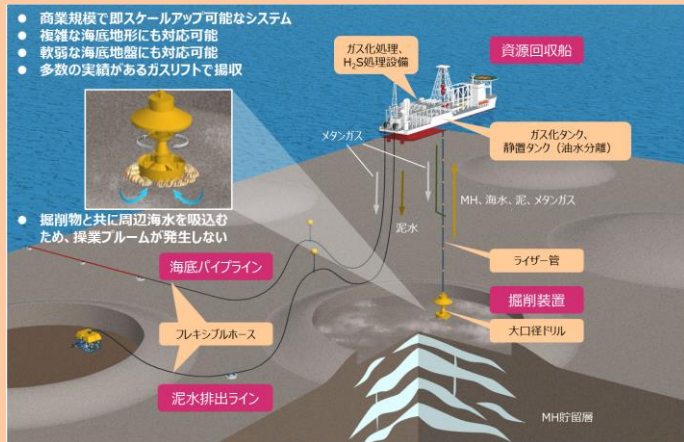
海洋基本計画(平成30年5月15日閣議決定)

- 平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指し、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。



- 令和3年度（2021年度）に産総研内に設置した「表層型メタンハイドレート回収・生産技術評価委員会」において、要素技術の評価を実施。

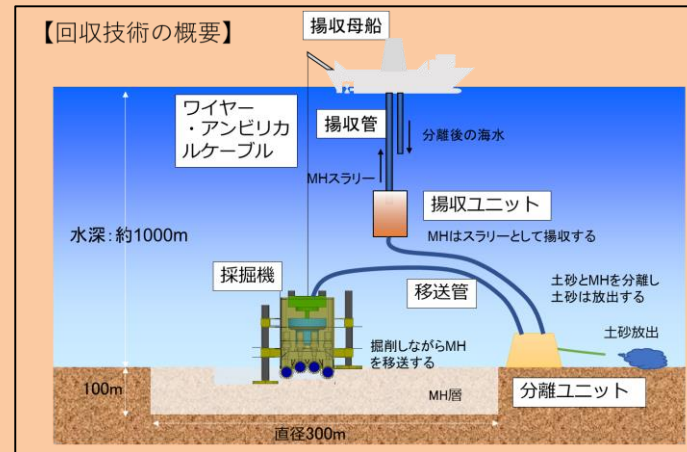
要素技術(採掘・分離・揚収)



【採掘】 大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式

【分離】
船上分離方式

【揚収】
ガスリフト方式



【採掘】 吊り下げ式縦掘型掘削機方式

【揚収】
水中ポンプ方式

【分離】
海底分離方式

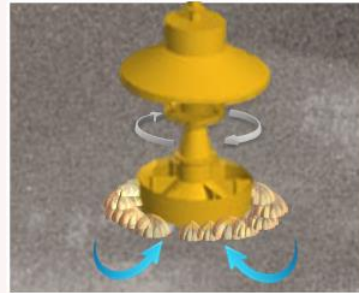
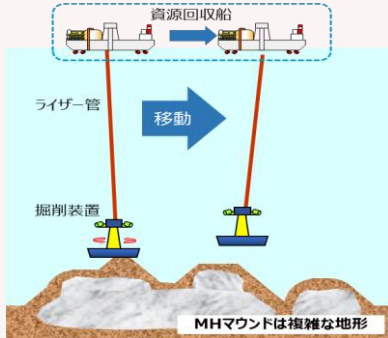
【表層型メタンハイドレート回収・生産技術評価委員会】(◎は委員長)

- ◎ 増田 昌敬 東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授
- 内田 努 北海道大学大学院工学研究院 応用物理学部門凝縮系物理工学分野 ナノバイオ工学研究室 准教授
- 小野崎 正樹 (一財) エネルギー総合工学研究所 研究顧問
- 中田 喜三郎 名城大学大学院 総合学術研究科 特任教授
- 橋本 博公 大阪府立大学 大学院工学研究科 航空宇宙海洋系専攻 教授
- 山路 法宏 (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 総務部 戦略企画室長

大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式

技術の概要

- 大口径ドリルにより、メタンハイドレートを掘削する手法。
- 複雑な海底地形や脆弱な海底地盤にも対応可能。
- 掘削物と共に周辺海水を吸い込むため、高濁度水が発生しない。



大口径ドリル

進捗

- 掘削中の土粒子拡散状態を、ドイツのアーヘン工科大学施設にて2つのスケールモデル(1/18、1/7)を用いた水槽実験を行い確認。
- 大口径ドリルの掘削性能の確認及び実証のため、北海道にて掘削試験を計画・準備中。



土粒子拡散試験

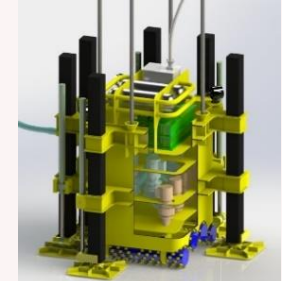
吊り下げ式縦掘型掘削機方式

技術の概要

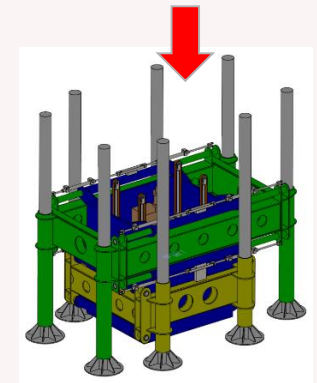
- 縦掘型掘削機でメタンハイドレートを掘削する手法。
- 掘削装置は、陸上土木工事の知見や経験から設計。また、掘削したメタンハイドレートを回収する浚渫（しゅんせつ）装置は、海底熱水鉱床パイロット試験の技術を応用。
- 掘削機の移動については吊り下げ式を採用している。軟弱地盤を考慮して機体沈下を防止できる構造を検討。

進捗

- 掘削対象となる地盤条件が、泥とMHなどの強度が異なる複合地盤になることから、姿勢保持として、アウトリガー方式、移動は歩行式で対応する設計とした
- 検討の結果、アウトリガー方式では、地盤強度が不均一な場合には姿勢保持が十分に保てない可能性が得られた。



縦掘型採掘機の3D図



検討した縦掘型採掘機の外観

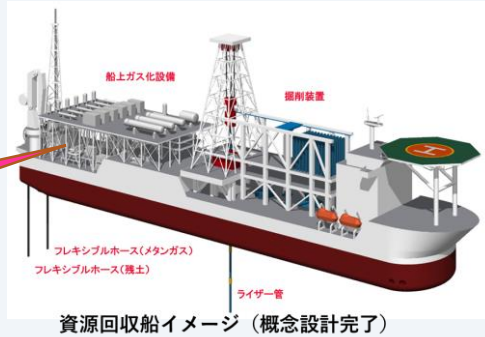
評価委員会における主な評価コメント

開発対象域は泥やMHなどの異なる強度が複合した地盤であると想定される。そのため、掘削性能に関する陸上試験の結果や技術課題の更なる検討は必要ではあるものの、掘削面に対する柔軟な対応が期待でき、操作性や環境負荷の面からも大口径ドリルの検討を今後は優先すべきである。

船上分離方式

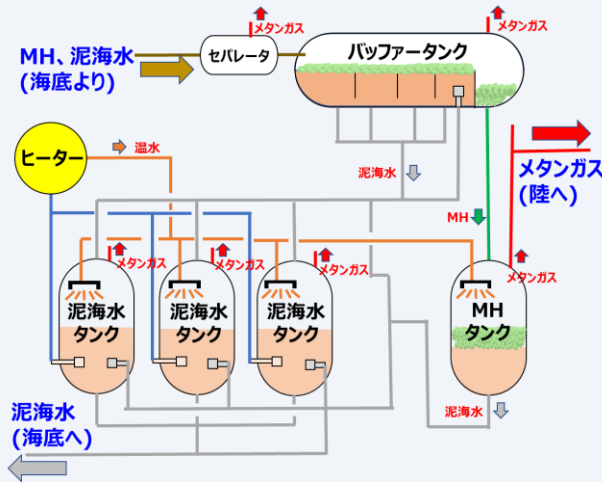
技術の概要

- メタンハイドレートと土砂を洋上（船上）で分離する手法。



進捗

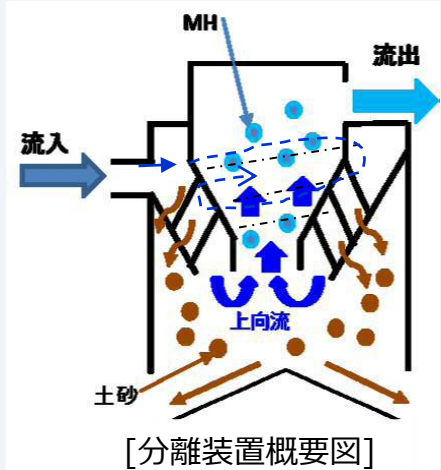
- 船上での揚収物の効率的な分離制御が出来るように、船上ガス化分離システムのコンセプトを見直し、機器仕様や配置の検討実施。
- 複数タンク採用による分離効率を検討している。



海底分離方式

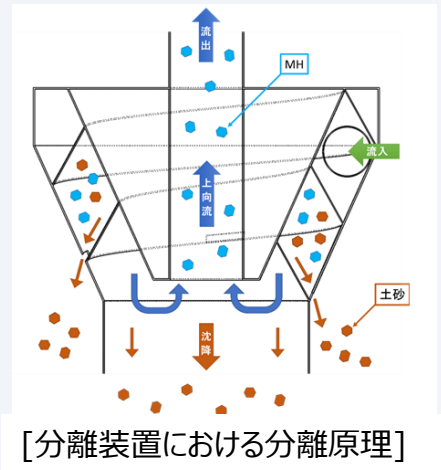
技術の概要

- 海底で液体サイクロンの遠心分離によって、メタンハイドレートと土砂を分離する手法。
- 海底で分離するため、船上に揚がる土砂を低減させることが可能。



進捗

- 流体解析による性能検証をおこなったが、現状構造/機構ではMH分級回収効率は悪く技術課題が多い。
- 石油・天然ガス開発で用いられる海中固液分離装置に関する技術動向調査でも、開発対象となるMH以外の砂泥も多く含まれる条件では現状の技術では分離困難である。



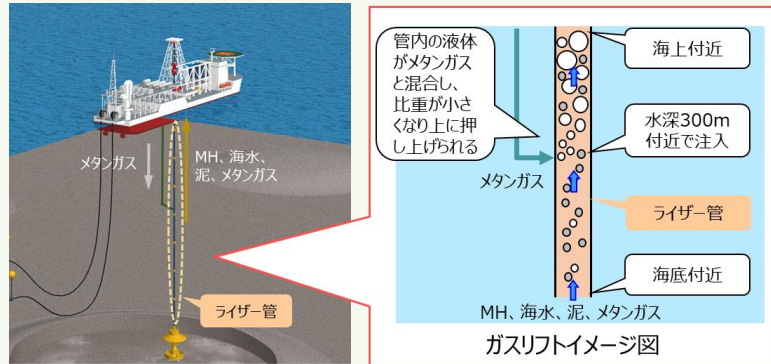
評価委員会における主な評価コメント

開発対象域では、MH、泥の比率がある程度の範囲で変動するため、現状では海底での分離は困難と考えられる。一方で、船上分離方式でも分離効率に関する更なる技術検討に加えて、泥水処理に関する法的整理も進めていくべきである。

ガスリフト方式

技術の概要

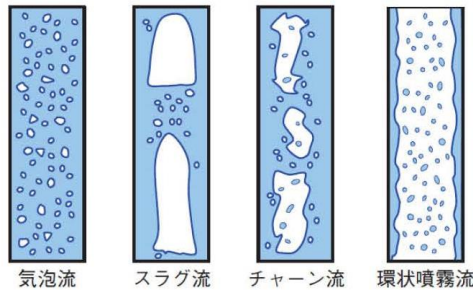
- ガスを利用して揚収管内の液体の比重を小さくし、メタンハイドレートを含むスラリーを母船まで揚げる手法。



進捗

- 揚収管内の固気液三相流での制御を検討するために、ガスリフト方式に関する揚収シミュレータの開発・改良を実施中。
- 揚収シミュレーションの精度向上のために、流動様式や、混相流での既存データの整理等を実施中。

パラメータ調査例



水中ポンプ方式

技術の概要

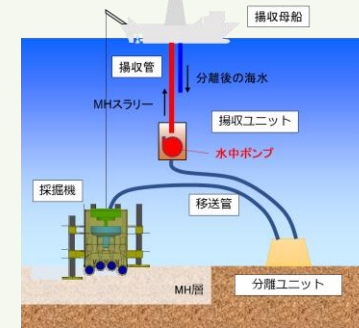
- 海底に水中ポンプを設置し、揚収管を通じてメタンハイドレートを含むスラリーを母船まで揚げる手法。
- メタンハイドレート揚液の船上揚収時に、温度上昇、圧力低下により暴噴状態となるリスクを考慮し、メタンハイドレートはガス化させず、そのまま揚収するコンセプト。



海底熱水鉱床パイロット試験の水中ポンプ (JOGMEC提供)

進捗

- 水中ポンプから船上までの温度上昇を約 1.5℃と検討し、ハイドレート状態図の安定領域状態で揚収できるポンプ吐出圧力として、船上でハイドレート状態とする圧力 6.0MPaに、揚収ポンプの所要全圧力 $P=2.37\text{MPa}$ を加え、揚収管圧損を考慮しポンプ吐出圧力を 8.4MPa と設定。
- ポンプ仕様として、1 台あたり、 $2,633\text{m}^3/\text{h} \times 1.4\text{MPa} \times 1,200\text{rpm}$ を最低2台～最大で6台用いると仮設定。
- 高圧でのポンプ仕様として、構造、軸受等の概念設計を実施。



評価委員会における主な評価コメント

大水深条件下での揚収では、どちらの方式にも優位性と課題があるため、MH特有の問題を考慮しつつ、他の要素技術(掘削/分離)との組み合わせや全体システムも念頭において技術開発を進めるのが望ましい。

- 表層型メタンハイドレートの生産技術を「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）と「共通基盤技術」に分類し、分野ごとに有望技術を特定。

要素技術

採掘技術

大口径ドリルを用いた方式と縦掘型掘削機を用いた方式の技術開発を実施。

【大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式】

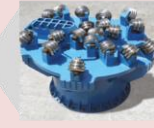
- ・三井E&S造船グループ

【吊り下げ式縦掘型掘削機方式】

- ・三菱造船グループ



掘削装置 (出典: MHWirth) 大口径ドリル



縦掘型採掘機

分離技術

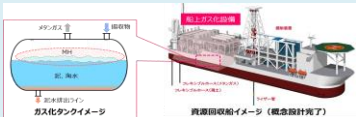
船上分離方式と海底分離方式の技術開発を実施。

【船上分離方式】

- ・三井E&S造船グループ

【海底分離方式】

- ・三菱造船グループ



船上分離方式



海底分離方式

揚収技術

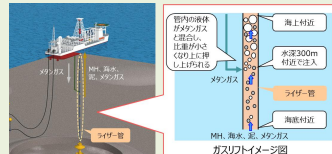
ガスリフト方式と水中ポンプ方式の技術開発を実施。

【ガスリフト方式】

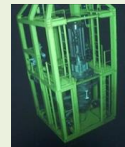
- ・三井E&S造船グループ

【水中ポンプ方式】

- ・三菱造船グループ



ガスリフト方式



水中ポンプ方式
(海底熱水鉱床パイロット試験の水
中ポンプ (JOGMEC提供))

共通基盤技術

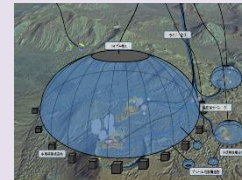
要素技術との組み合わせの検討や生産システムとしての検討を行う上で必要な技術開発を実施。

【膜構造物の利活用】

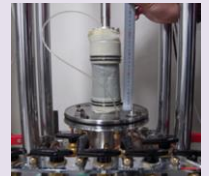
- ・東京海洋大学グループ

【貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討】

- ・鳥取大学グループ



膜構造の利用

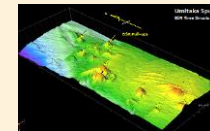


泥層内の分解挙動の把握のための物性測定

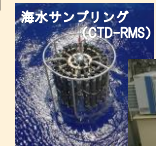
要素技術の開発や生産システムの検討に必要な調査・研究を実施。

【海洋調査・環境影響評価等】

- ・産業技術総合研究所



精密地下構造探査の一例



分子レベルの同位体分析

令和2年度（2020年度）から要素技術毎の研究開発とともに、生産システムの検討を実施。今後、研究開発ステージ毎に評価し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を実施。

- 表層型メタンハイドレートの生産技術を「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）について評価を踏まえ、各分野ごとの技術開発及び生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を実施。

要素技術

大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式をベースとして、他の要素技術(分離/揚収)の組み合わせも考慮し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を進める。

採掘技術

【大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式】・三井海洋開発グループ

掘削性能に関する陸上試験の結果や技術課題の更なる検討は必要ではあるものの、掘削面に対する柔軟な対応が期待でき、操作性や環境負荷の面からも大口径ドリルの検討を今後は優先すべきである。



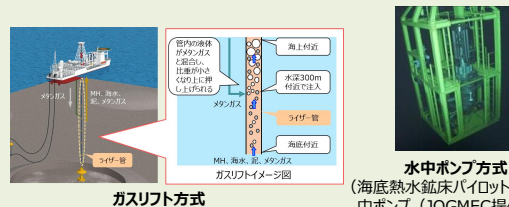
分離技術

MH、泥の比率が変動するため、現状では海底での分離は困難と考えられる。一方で、船上分離方式でも分離効率に関する更なる技術検討に加えて泥水処理に関する法的整理も進めていくべきである。



揚収技術

どちらの方式にも優位性と課題があるため、MH特有の問題を考慮しつつ、他の要素技術(掘削/分離)との組み合わせや全体システムも念頭において技術開発を進めるのが望ましい。

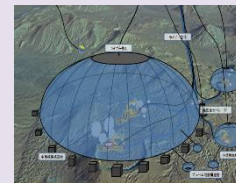


共通基盤技術

要素技術との組み合わせの検討や生産システムとしての検討を行う上で必要な技術開発を実施。

【膜構造物の利活用】

- ・東京海洋大学グループ
- 【貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討】
- ・鳥取大学グループ



膜構造の利用

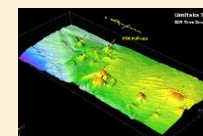


泥層内の分解挙動の把握のための物性測定

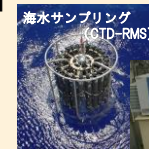
要素技術の開発や生産システムの検討に必要な調査・研究を実施。

【海洋調査・環境影響評価等】

・産業技術総合研究所



精密地下構造探査の一例



海水サンプリング (CTD-RMS)



分子レベルの同位体分析

引き続き、研究開発ステージ毎に評価し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を実施。

海洋調査の進捗状況と今後の計画について

表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

(海洋エネルギー・鉱物資源開発計画, 2019年2月15日改定, 経済産業省)

海洋基本計画 (平成30年5月15日閣議決定)

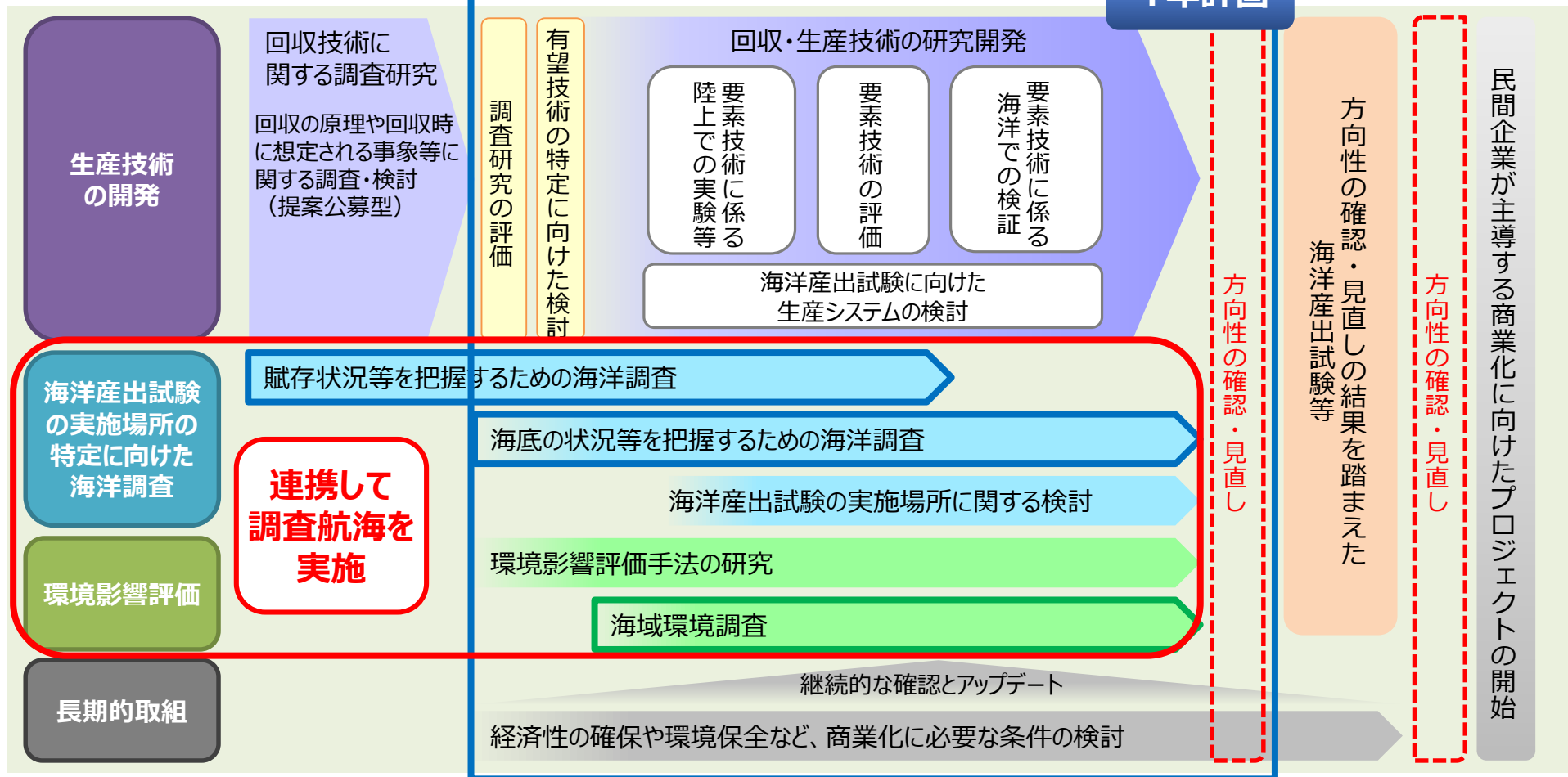
- 平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指し、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。

実行計画 (2019~2022年度)

2018~2022年度頃

4年計画

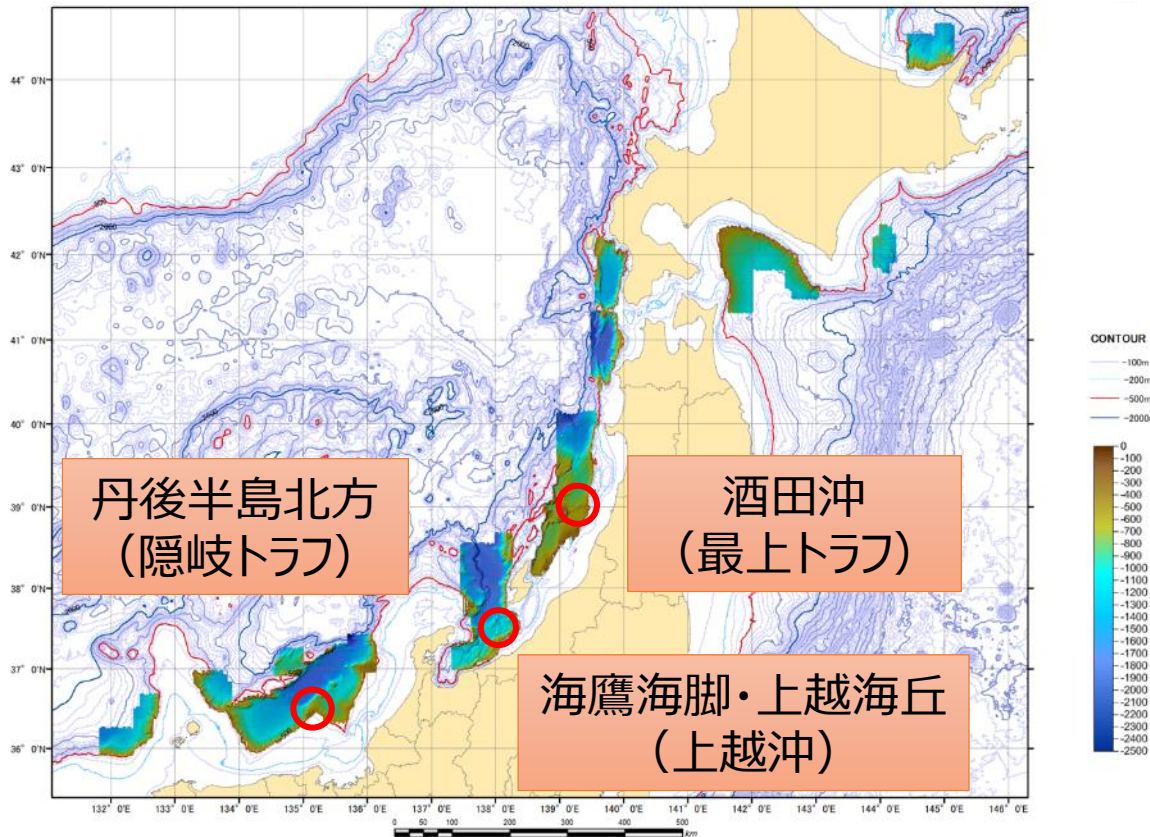
2023~2027年度頃



今後の海洋調査・海域環境調査に関する考え方

- 将来の表層型メタンハイドレートに係る海洋産出試験を見据え、電磁探査、掘削調査、潜航調査等の詳細データが揃っている3海域をモデル調査海域として、必要な海洋調査を実施していく。

海洋調査・海域環境調査の実施予定海域



海底地形（着色部）は、広域地質調査(2013～2015)実施海域

調査項目

- 物理探査
 - ⑦高分解能三次元地震探査
- 海底機器観測
 - ⑧熱流量調査
 - ⑨底層流等のモニタリング
 - ⑫海底環境調査
- 掘削調査
 - ⑩地盤強度調査
 - ⑫海底環境調査
- 海域環境調査
 - ⑪海底画像マッピング
 - ⑫海底環境調査
 - ⑬海洋観測

番号（丸数字）は次ページの表に対応

※あくまで現時点での計画であり、今後実施時期や調査項目について関係者等と調整させていただく予定です。

海洋調査・海域環境調査の実績と今後の実施計画

凡例	資源量把握に向けた調査 (2013～2015)	賦存状況等を把握するための 海洋調査 (2017～)	海底の状況等を把握するための 海洋調査 (2020～)	海域環境調査 (2020～)
----	----------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------

調査項目	丹後半島北方 (隠岐トラフ)	海鷹海脚・上越海丘 (上越中)	酒田沖 (最上トラフ)
①広域地質調査 (ガスチムニー構造の探索)	実施済	実施済	実施済
②詳細地質調査 (特異点周辺の詳細地形・地質構造探査)	実施済	実施済	実施済
③海洋電磁探査 (比抵抗分布の把握)	実施済	実施済	実施済
④掘削同時検層 (坑井の物性測定)	実施済	実施済	実施済
⑤掘削地質サンプル採取 (ハイドレート及び堆積物採取)	実施済	実施済	実施済
⑥ROV潜航調査 (簡易環境把握調査)	実施済	実施済	実施済
⑦高分解能三次元地震探査 (精密地下構造探査)	2021	実施済	2019
⑧熱流量調査 (賦存領域下限深度の把握)	計画中	2022-	2020-2021
⑨海底機器観測 (底層流等のモニタリング) <+環境>	計画中	2022-	2020-2021
⑩地盤強度調査 (コーン貫入試験) <+環境>	計画中	2022	2021
⑪海域環境調査 (A) (海底画像マッピング) <+海底状況>	2022	2021	2020
⑫海域環境調査 (B) (海底環境調査) <+海底状況>	2022	2021	2020
⑬海域環境調査 (C) (海洋観測)	2022	2021	2020

※あくまで現時点での計画であり、今後実施時期や調査項目について関係者等と調整させていただく予定です。