

# 表層型メタンハイドレートの研究開発 2020年度一般成果報告会



開催日時

12/17(木) 13:30~15:50

開催形式

オンライン (無料、要事前申込み)

主催

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

エネルギー・環境領域 エネルギープロセス研究部門・環境創生研究部門  
地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門・地質情報研究部門

プログラム及び参加登録

<https://unit.aist.go.jp/georesenv/topic/SMH/stmh2020.html>



# 表層型メタンハイドレートの研究開発 2020年度 一般成果報告会

- 主催 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
エネルギー・環境領域 エネルギープロセス研究部門・環境創生研究部門  
地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門・地質情報研究部門
- 開催日時 2020年12月17日(木) 13:30～15:50 (13:00頃からテスト配信開始予定)
- 開催方式 オンライン開催 (Zoom Webinar 使用)
- 参加費 無 料 (要事前申込)
- プログラム

13:30～13:35	開 会, 事務連絡等	産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門	鈴木 清史
13:35～13:40	ご挨拶	経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課	山田 哲也
13:40～13:50	表層型メタンハイドレートの研究開発 －2020年度の取組について－	産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門	天満 則夫
13:50～14:20	生産技術の開発 －要素技術・共通基盤技術の開発概要－	産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門	天満 則夫
14:20～14:40	海洋調査の進捗状況と今後の計画	産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門	佐藤 幹夫
14:40～15:00	高分解能三次元反射法地震探査の結果	産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門	横田 俊之
15:00～15:30	環境影響評価の概要 －環境影響評価の進め方と調査の進捗状況－	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	鈴木 昌弘
15:30～15:40	休 憩		
15:40～15:50	質 疑 応 答		
15:50	閉 会		

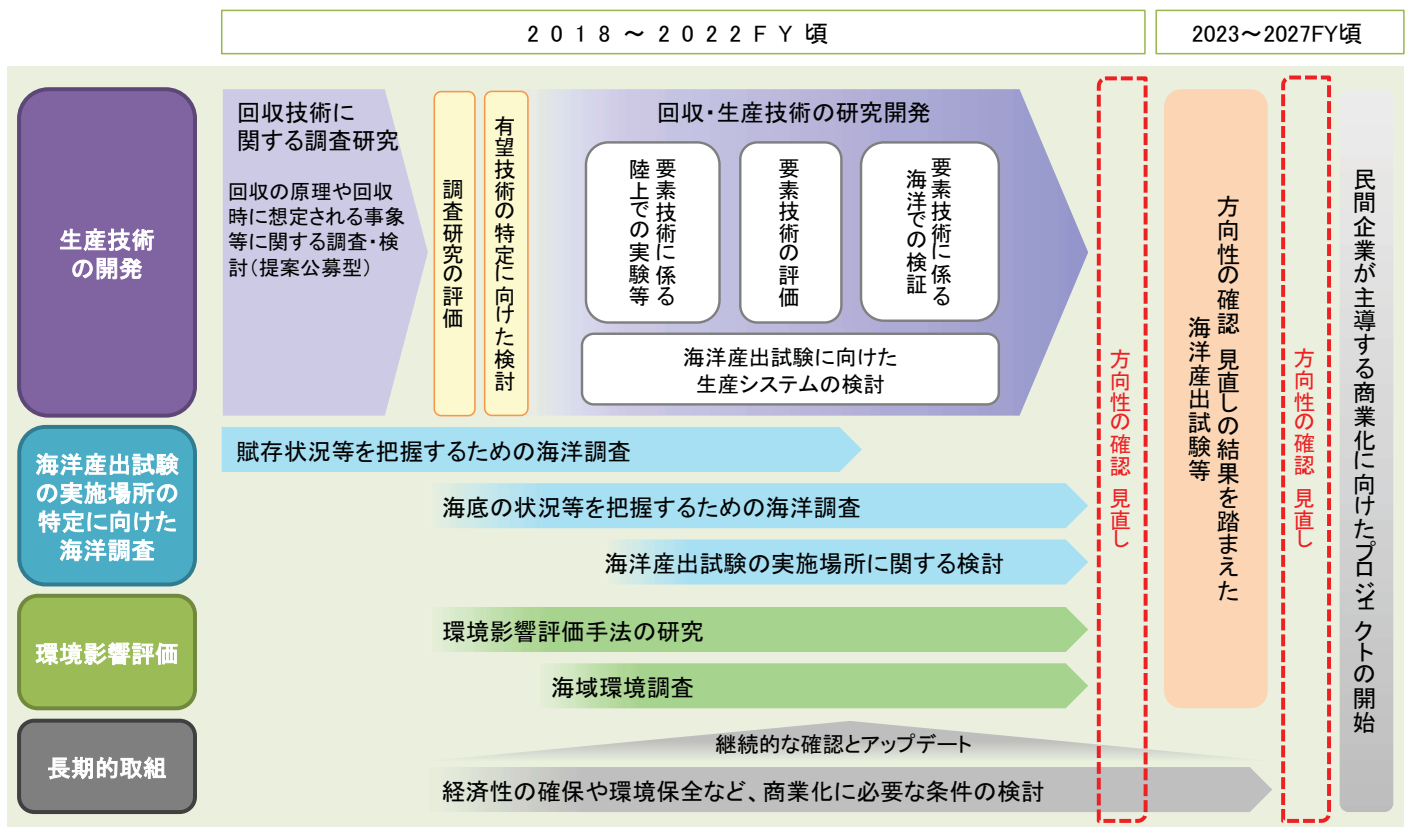
※上記内容は12月1日現在の予定です。都合により変更になる場合があります。

- お問い合わせ 表層型メタンハイドレート 事務局 (M-smh.office-ml@aist.go.jp)

# 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：平成31年2月)

「海洋基本計画」(平成30年5月閣議決定)・「エネルギー基本計画」(平成30年7月閣議決定)

○平成30年代後半(2023年から2027年の間)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。



1

令和2年12月8日開催  
石天小委資料3(抜粋/一部加筆)

## 2030年/2050年を見据えた石油・天然ガス政策の方向性(案)

- 直近の大きな環境変化に対応しつつ、我が国のエネルギー安全保障を確保するためには、以下のような項目を検討してはどうか。

### <検討項目>

#### ① 石油・天然ガスの安定供給確保

<視座①> 石油・天然ガスの安定供給確保

- 我が国の石油・天然ガス調達に関する構造的課題が変わらず存在する中、油価低迷等による上流投資の減少と将来的な需給ギャップのリスク増大等、エネルギーの安定供給に向けた不安要素となる外的要因が発生。
- 加えて、産出国政府による上流開発時におけるCCS実施の義務化等、上流開発を行う際のGHG削減実施が必須となりつつある。
- 資源を巡る我が国固有の状況を踏まえ、石油・天然ガスの安定供給確保のため、引き続き資源外交や国内資源開発等の推進を行うべきではないか。
- また、アジア大での備蓄協力(石油・LNG)、LNGの「外・外」取引を促進し、アジアLNG市場の創設・拡大を推進すべきではないか。また、エネルギー安全保障の観点から、同施策をインド太平洋戦略の一環に位置付けるべきではないか。

#### ② 我が国のCN実現に向けたLNGの戦略的活用

#### ③ アジアを中心とする新興国の脱炭素・エネルギー移行支援

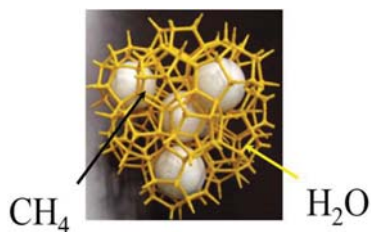
#### ④ 石油・天然ガス業界の変革を支える人材育成・獲得

#### ⑤ 新たな資源外交の在り方

2

# 表層型メタンハイドレートの研究開発 「2020年度の取組について」

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
エネルギー・環境領域  
エネルギープロセス研究部門

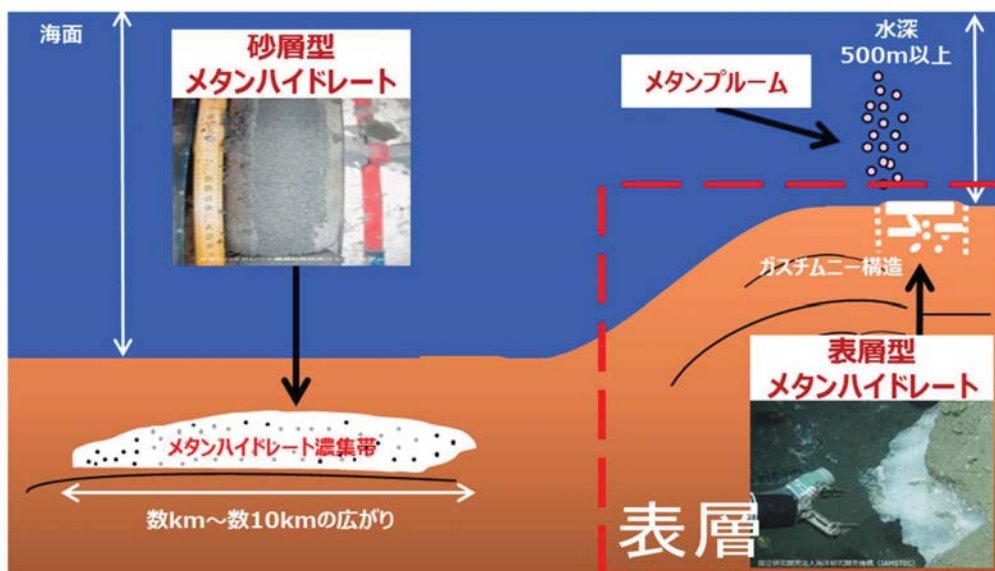


天満 則夫

本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施した。関係各位に対し、謝意を表する次第である。

## メタンハイドレートとは

- メタンハイドレートは、非在来型の次世代天然ガス資源として期待されている
  - 砂層型メタンハイドレート: 海底面下数百mの砂質層内に砂と混じり合った状態で存在
  - 表層型メタンハイドレート: 海底面及び比較的浅い深度の泥層内に塊状で存在

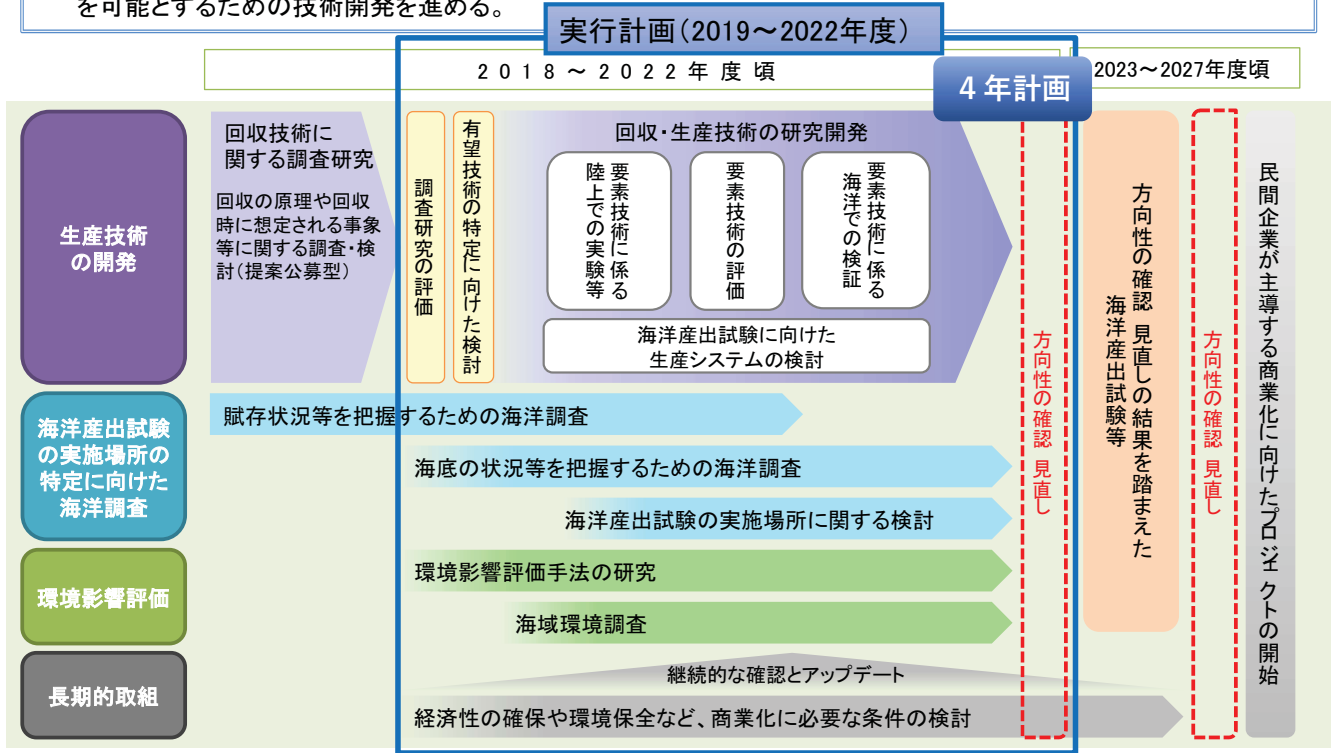


<メタンハイドレートの賦存形態>

# 産総研 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。

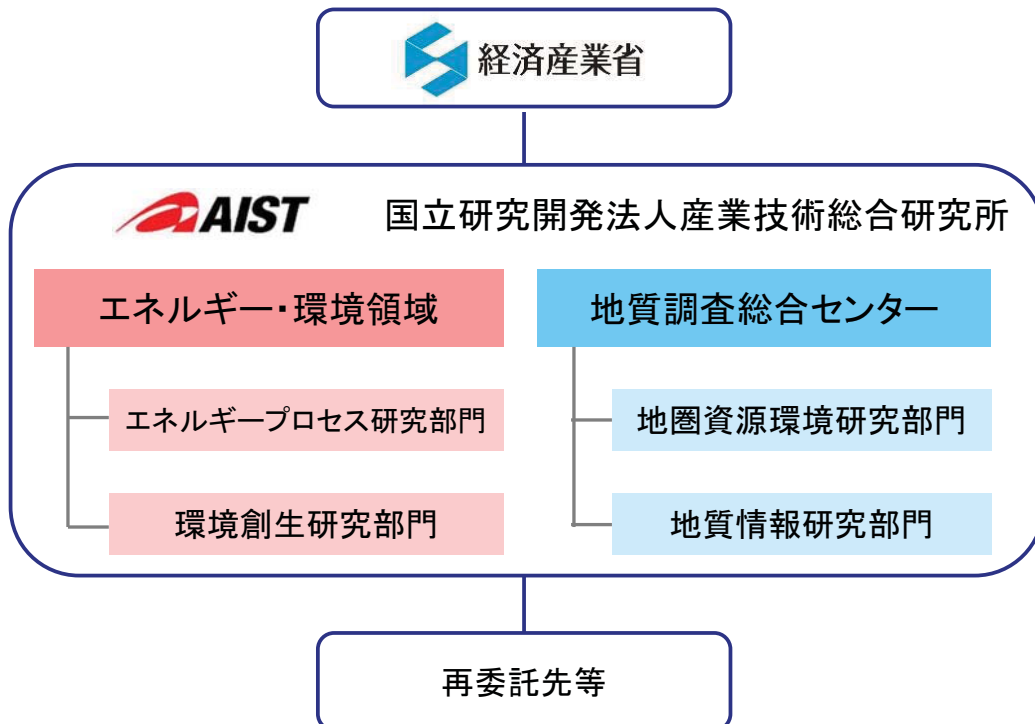


技術を社会へ—Integration for Innovation

国立研究開発法人 産業技術総合研究所



## 実施体制について



【出典】第34回メタンハイドレート開発実施検討会資料(一部を修正)

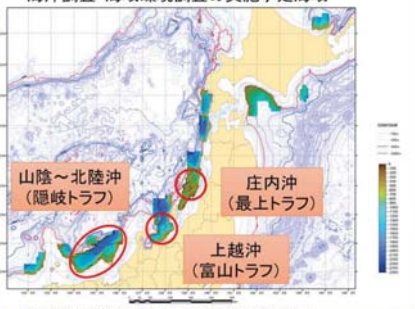
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/034\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/034_06_00.pdf)

## 生産技術の開発

賦存状況を把握するための海洋調査や開発技術の検討に必要な海底環境条件の提供等

## 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査

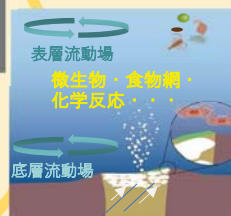
海洋調査・海域環境調査の実施予定海域



## 表層型MHの研究開発



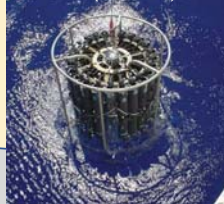
表層型MH回収・生産技術や生産システムの検討、生産技術に係る環境への影響等



## 環境影響評価

試験候補地の特定に向けた調査、環境パラメータ調査、環境ベースライン観測及び環境モニタリング手法の高度化・最適化等

海水サンプリング (CTD-RMS)



商業化を目指すために必要な技術開発の取組 (経済性の検討等)

## 実施スケジュール(実行計画より)

産総研		2019	2020	2021	2022
生産技術の開発	調査研究の評価、技術の特定に向けた検討	■			
	回収・生産技術の研究開発 (要素技術開発/生産システムの検討)		■		
海洋調査	賦存状況等の把握		■		
	・精密地下構造調査	■	■	■	■
	・熱流量調査		■	■	■
	海底の現場状況等の把握 (地盤強度調査/海底現場状況調査)		■	■	■
	海洋産出試験の実施場所に関する検討			■	■
環境影響評価	環境影響評価手法の検討		■		
	・技術・社会動向調査	■			
	・表層型メタンハイドレート賦存海域の特性解明		■	■	■
	海域環境調査		■	■	■
	・表層型メタンハイドレート賦存海域における環境パラメータ調査		■	■	■
	・環境ベース観測及び環境モデリング手法の高度化・最適化		■	■	■

↑ 実験データに基づく観測手法の高度化  
・実験・解析用の現場試料・パラメータの取得

年度	2019	2020	2021	2022
調査研究の評価、技術の特定に向けた検討	回収技術に関する調査研究(6提案)			
回収・生産技術の研究開発  (要素技術/共通基盤技術の開発・生産システムの検討)	調査研究の評価  有望技術の特定			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 要素技術では、2方式が提示されており、各方式の技術開発が<b>2020年度</b>より開始されている。</li> <li>➢ 要素技術との組合せや、生産システムの検討に必要な技術開発として、共通基盤技術も同様に進められている。</li> </ul>		

## 海洋調査・環境影響評価について

- 回収・生産技術の研究開発の最大化を図るために**必要不可欠な情報**(胚胎層の深度と連続性、地盤強度、環境影響等)を**海洋調査により取得**する。

### 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査

- 高分解能三次元地震探査(精密地下構造探査)、熱流量調査など、表層型メタンハイドレートの**賦存状況を把握するための海洋調査**を実施する。
- 回収・生産技術の研究開発に必要な**海底の状況**(地盤強度、底層流、塩分濃度、海底水温、圧力、海底下のメタンガスと硫化水素、メタンブルーム等)を**把握するための海洋調査**を実施する。
- これらの調査結果や海洋環境調査の結果を踏まえ、**海洋産出試験の実施場所に関する検討**を行う。



### 環境影響評価

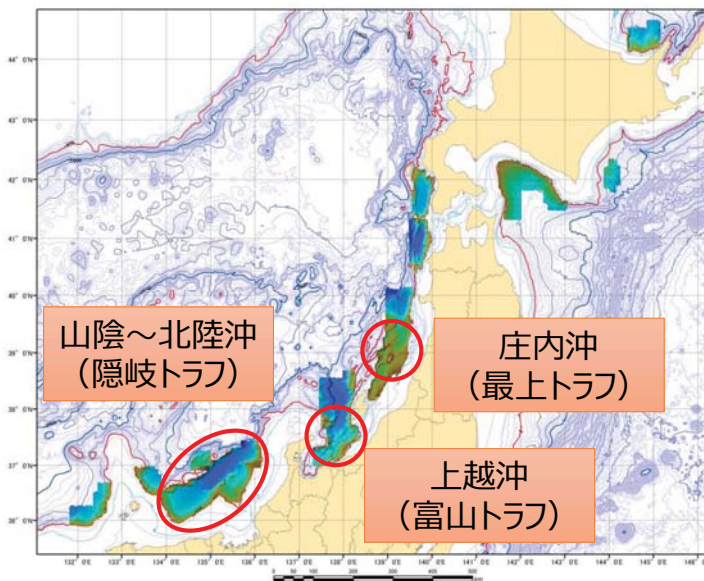
- 技術・社会動向調査、表層型MH賦存海域の特性解明(物質循環、生態系等)、疑似現場実験などを行い、表層型メタンハイドレート開発に係る**環境影響評価手法の高度化**に取り組む。
- 上記の研究の進捗を踏まえ、**海洋調査**と連携して**海域環境調査**を実施する。



環境ベースライン調査・曝露実験・影響予測シミュレーション・分析等

【出典】第36回開発実施検討会資料6 : [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/036\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/036_06_00.pdf)

## 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

※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き予定です。

## 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

- 高分解能三次元地震探査、熱流量調査、海底環境調査等を実施してきている。

<第36回メタンハイドレート開発実施検討会（2020.3.16）資料6を改訂>

## 本日の予定について

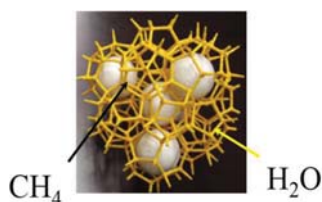
時間	講演タイトル	講演者
13:30～13:35	開催準備・事務連絡等	
13:35～13:40	ご挨拶	経済産業省 資源エネルギー庁 石油・天然ガス課 山田 哲也
13:40～13:50	表層型メタンハイドレートの研究開発 －2020年度の取組について－	産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門 天満 則夫
13:50～14:20	生産技術の開発 －要素技術・共通基盤技術の開発概要－	産業技術総合研究所 エネルギープロセス研究部門 天満 則夫
14:20～14:40	海洋調査の進捗状況と今後の計画	産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 佐藤 幹夫
14:40～15:00	高分解能三次元反射法地震探査の結果	産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 横田 俊之
15:00～15:30	環境影響評価研究の概要 －環境影響評価の進め方と調査の進捗状況－	産業技術総合研究所 環境創生研究部門 鈴木 昌弘
15:30～15:40	休憩	
15:40～15:50	質疑応答	
15:50	閉会	



# 表層型メタンハイドレートの研究開発 生産技術の開発

## 一要素技術・共通基盤技術の開発概要一

- ・表層型MHの研究開発における生産技術の開発
- ・有望技術の特定
- ・回収・生産技術の開発(要素技術・共通基盤技術)



国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
エネルギー・環境領域  
エネルギープロセス研究部門  
天満則夫

本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業(メタンハイドレートの研究開発)」の一環として実施した。関係各位に対し、謝意を表する次第である。

## 生産技術の開発

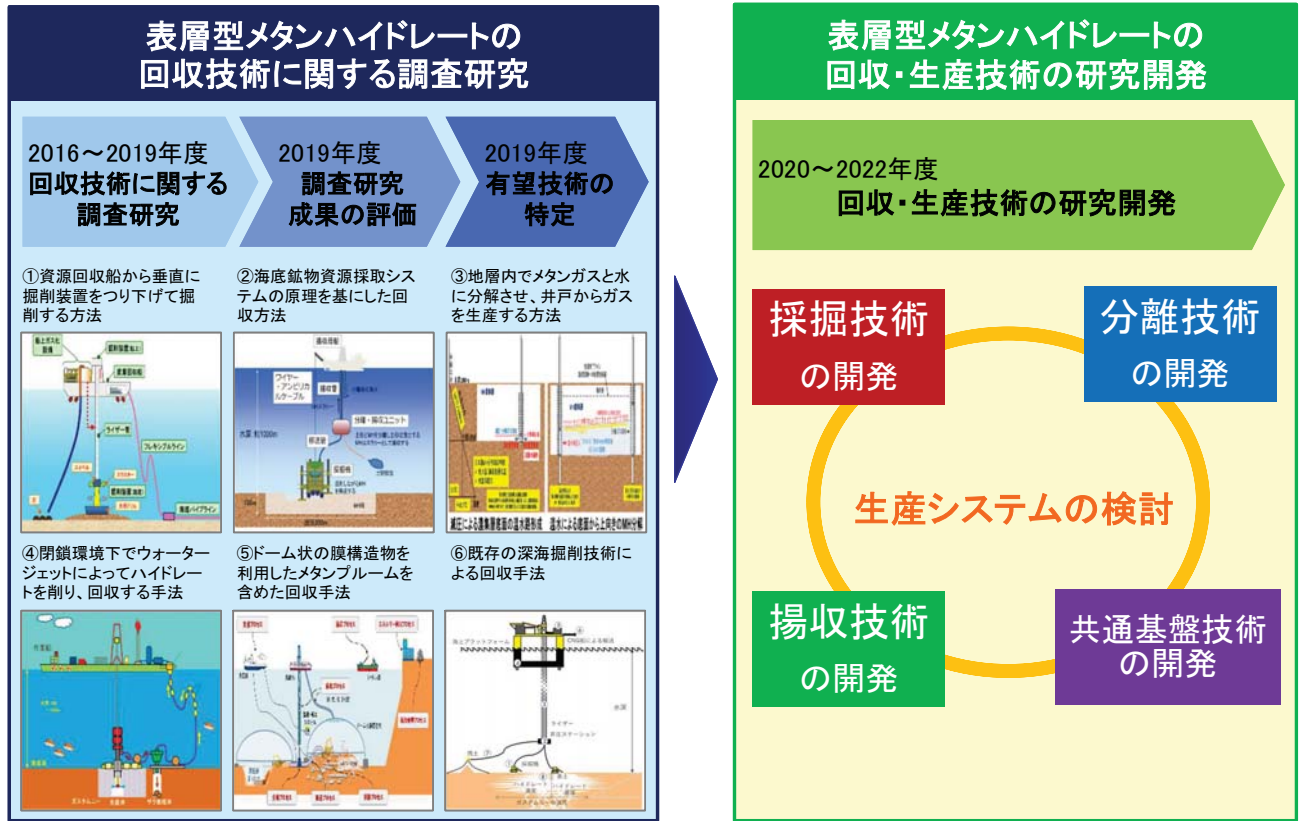


### 【目標】

- 表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究成果の取りまとめ、評価を行い、有望な回収・生産技術を特定する。
- 表層型メタンハイドレートの回収・生産に係る要素技術等の研究開発を行い、成果の評価や検証等を通じて、生産システムの具現化に向けた検討を行う。

### ＜実施スケジュール＞

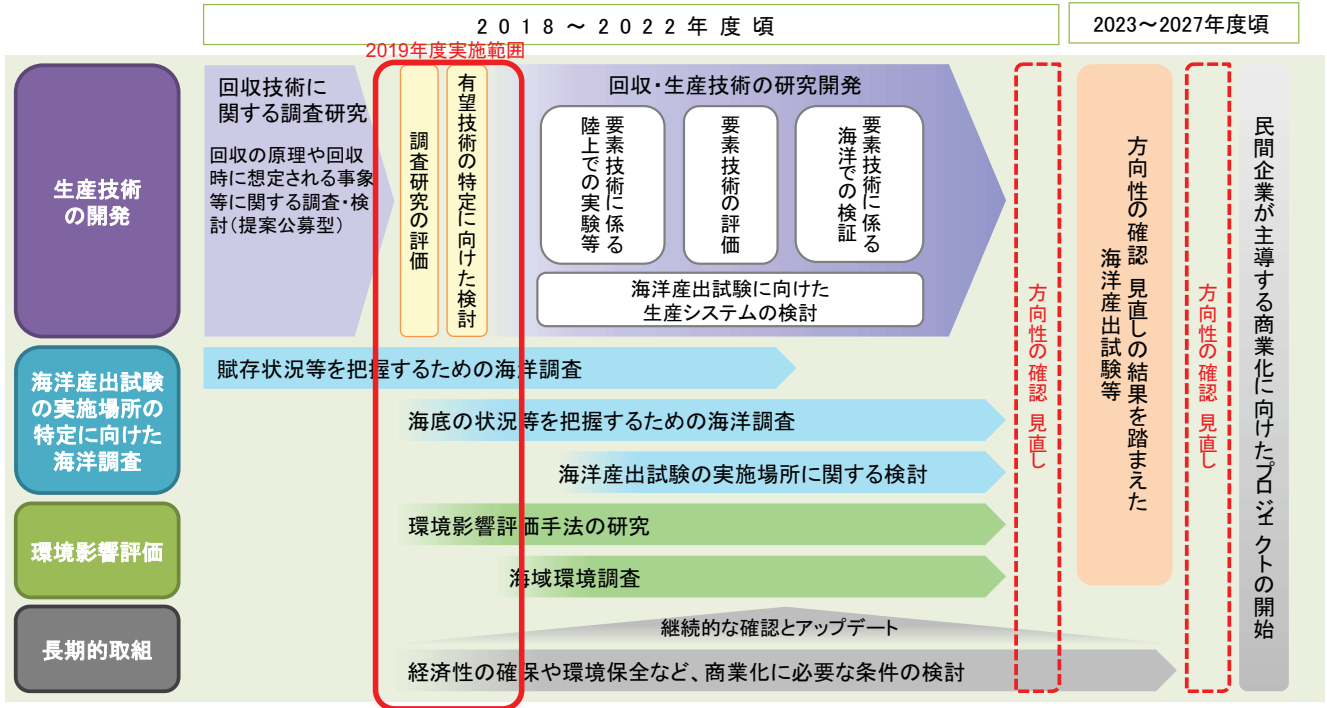
年度	2019	2020	2021	2022
調査研究の評価、技術の特定に向けた検討	→			
回収・生産技術の研究開発				
・要素技術開発			→	→
・生産システムの検討			→	→



- ・表層型MHの研究開発における生産技術の開発
- ・有望技術の特定
- ・回収・生産技術の開発(要素技術・共通基盤技術)

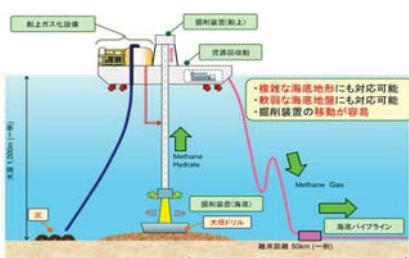
海洋基本計画(平成30年5月15日閣議決定)

- 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。

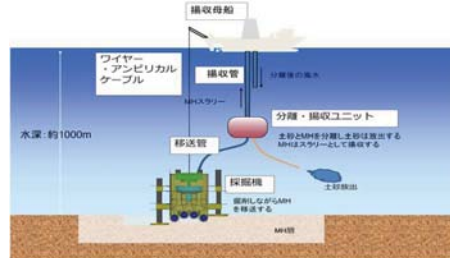


## 表層型メタンハイドレートにおける回収技術の調査研究

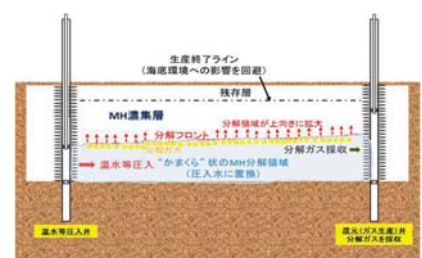
- 表層型メタンハイドレートの資源量把握に向けた調査の結果を踏まえ、平成28年度から、表層型メタンハイドレートの回収、利用方法の具体化に資するため、表層型メタンハイドレートにおける回収技術の調査研究を実施。
- 具体的には、①表層型メタンハイドレートを回収する原理等や、②回収に伴い想定される事象への対応等について、次の6提案の調査研究を実施。



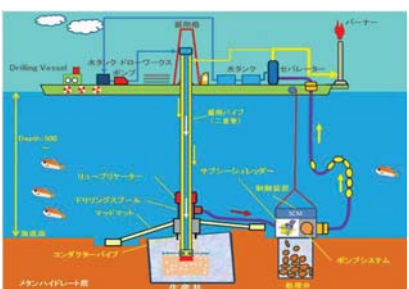
【(株)三井E&S造船・清水建設(株)・日本大学】



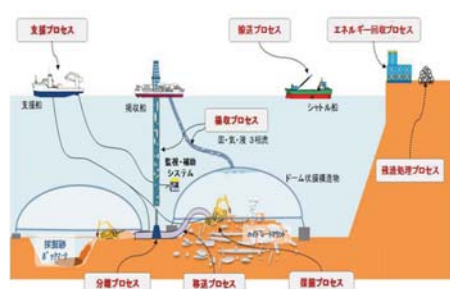
【三菱造船(株)・清水建設(株)・(国研)海上・港湾・航空技術研究所】



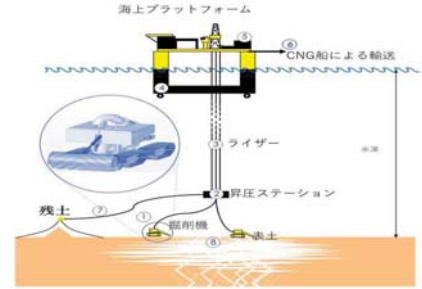
【鳥取大学・日本ミクニヤ(株)】



【石油資源開発(株)】



【東京海洋大学・新潟大学・九州大学・太陽工業(株)】



【(株)シエルジャパン(株)・三菱商事(株)】

## 回収技術に関する調査研究成果の評価及び有望技術の特定について

- 令和元年度（2019年度）、これまでに実施してきた「回収技術に関する調査研究」について、産総研内に設置した「表層型メタンハイドレート回収技術評価委員会」において、調査研究成果を評価し、調査研究実施機関との調整を経て、有望技術を特定。

### 【表層型メタンハイドレート回収技術評価委員会 委員名簿】 (◎:委員長)

- ◎ 小野崎 正樹 (一財) エネルギー総合工学研究所 研究顧問
- 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 ナバイオ工学研究室 准教授
- 川本 尚実 JXリサーチ株式会社 執行役員 エネルギー経済調査部長
- 中田 喜三郎 名城大学大学院 総合学術研究科 特任教授
- 八久保 晶弘 北見工業大学 地球環境工学科 教授
- 山路 法宏 (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源技術部海洋資源技術課 担当調査役

### 【評価方針】

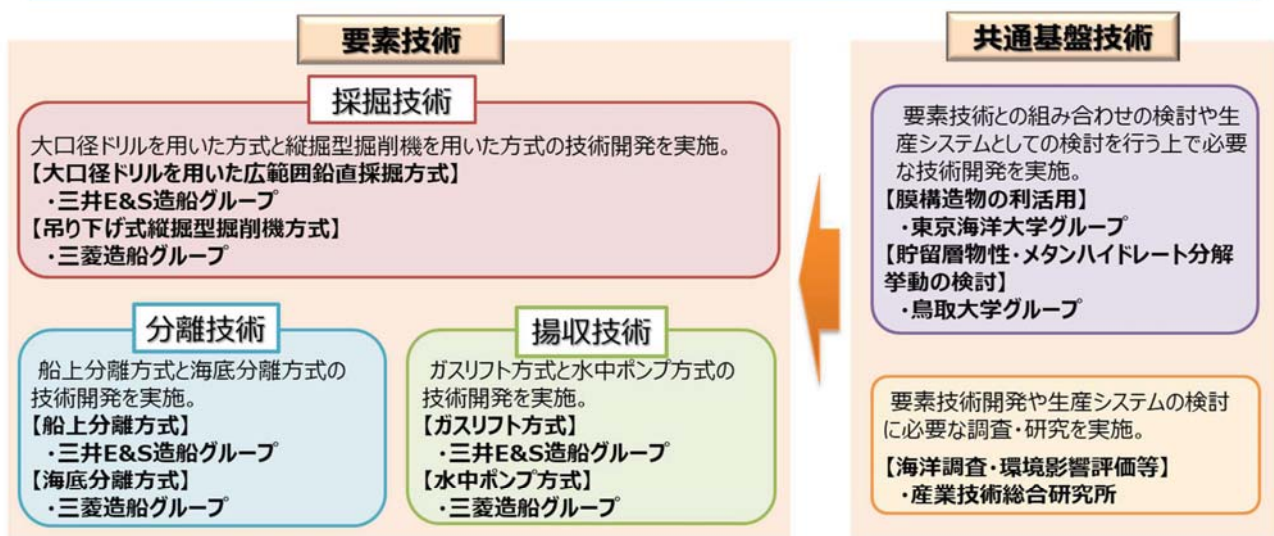
- 要素技術毎に、下記の観点の評価
- ① 研究開発を進める上で必要な技術であるか。
  - ② 要素技術に先進性や拡張性等はあるか。
  - ③ 要素技術の優位性や克服すべき課題は把握出来ているか。
  - ④ 要素技術の確立に向けた計画や費用は想定されてるか。
  - ⑤ 必要な事業実施能力や体制構築又は想定されてるか。
  - ⑥ 知財の状況等は把握出来ているか。

### 【有望技術の特定に関する過程】

- 令和元年10月7日: 委員会において、評価方針を策定
- 令和元年11月12～29日: 各実施機関から提出されたプレゼンテーション資料を基に事前評価を実施
- 令和元年12月5日、12日: 各実施機関によるプレゼンテーションを基に本評価を実施
- 令和2年2月28日: 委員会において、評価を最終決定するとともに、有望技術を特定

## 表層型メタンハイドレートの回収技術に係る有望技術の特定について

- 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。



**来年度以降、要素技術毎の研究開発を行うとともに、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。**

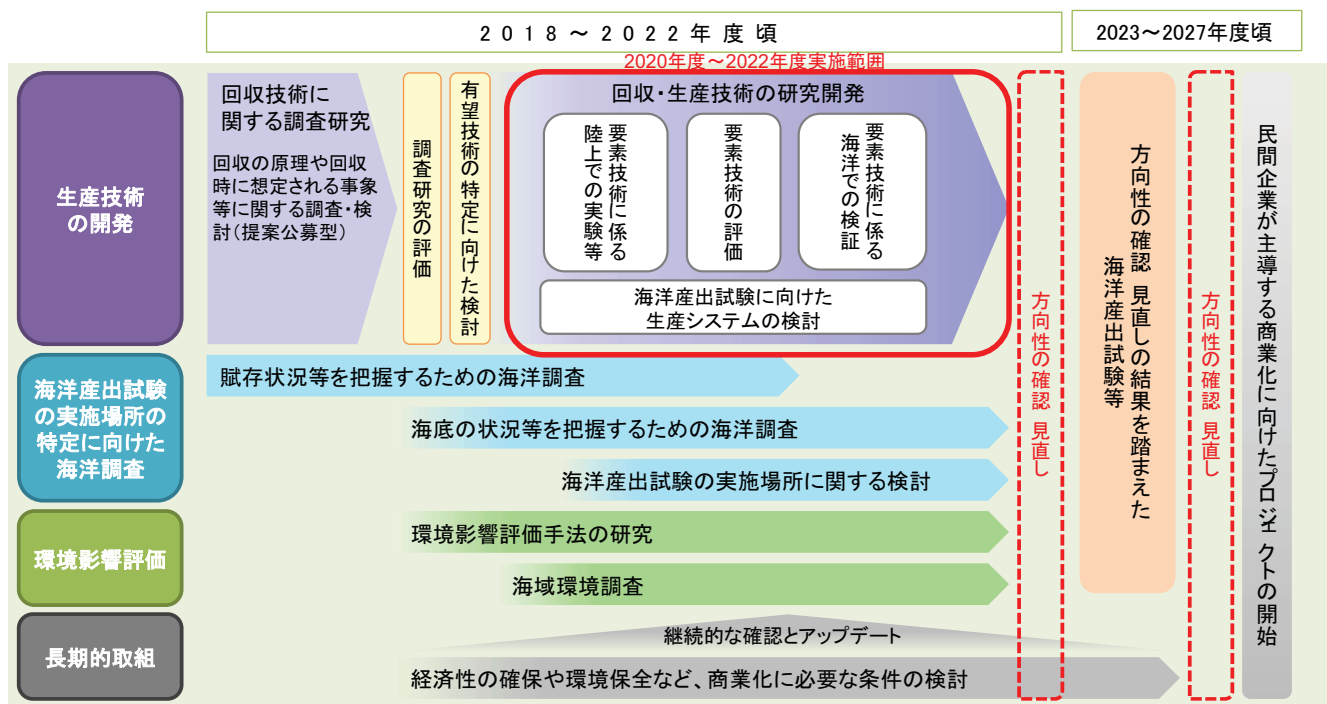
【出典】 第36回開発実施検討会 資料5 [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/036\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/036_05_00.pdf)

- ・表層型MHの研究開発における生産技術の開発
- ・有望技術の特定
- ・回収・生産技術の開発(要素技術・共通基盤技術)

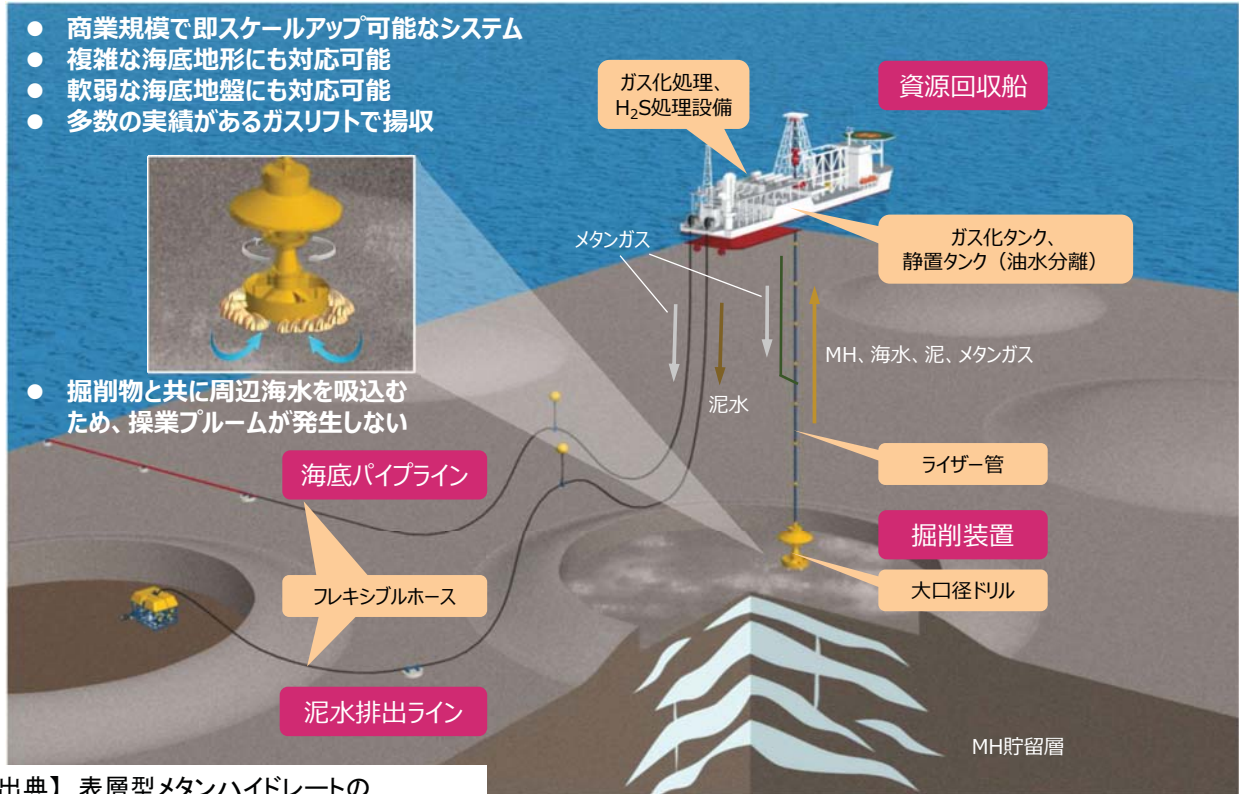
## 表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

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。



- 商業規模で即スケールアップ可能なシステム
- 複雑な海底地形にも対応可能
- 軟弱な海底地盤にも対応可能
- 多数の実績があるガスリフトで揚収



- 掘削物と共に周辺海水を吸込むため、操業プルームが発生しない

【出典】表層型メタンハイドレートの研究開発2019年度 一般成果報告会 より 広範囲鉛直掘削法



### 【掘削】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。



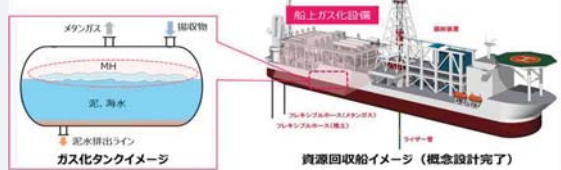
掘削装置 (出典: MHWirth) 大口径ドリル

【出典】第36回開発実施検討会 資料5 [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/036\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/036_05_00.pdf)

### 【分離】船上分離方式

#### 技術の概要

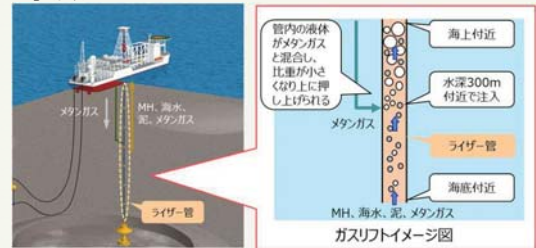
- メタンハイドレートと土砂を洋上（船上）で分離する手法。



### 【揚収】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。



# 広範囲鉛直掘削法による回収技術開発—要素技術開発の研究計画概要

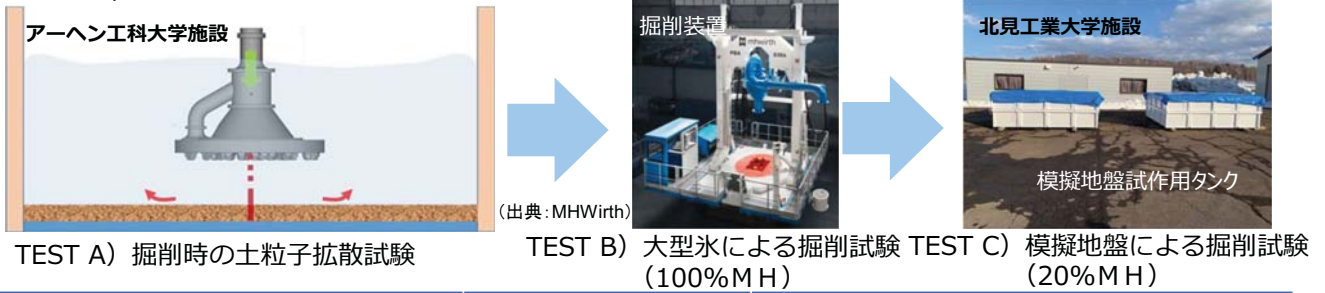
【三井海洋開発(株)・清水建設(株)・日本大学・北見工業大学・北海学園大学】

目的：海洋等での技術的な検証が可能となるように、陸上で事前検証を行う

## ◆【掘削】研究開発計画

→ 環境影響/掘削性能の確認及び実証(北海道)

試験時期/場所 2020年度/ドイツ



	2020年	2022年
TEST A)掘削時の土粒子拡散試験	製作 → ドイツ実験 → 結果まとめ	
TEST B)大型氷(100%MH)掘削試験	大型氷、装置製作	陸上実験・結果まとめ
TEST C)模擬地盤(20%MH)掘削試験	土の検討、装置製作	陸上実験・結果まとめ

## ◆【揚収】【分離】研究開発計画

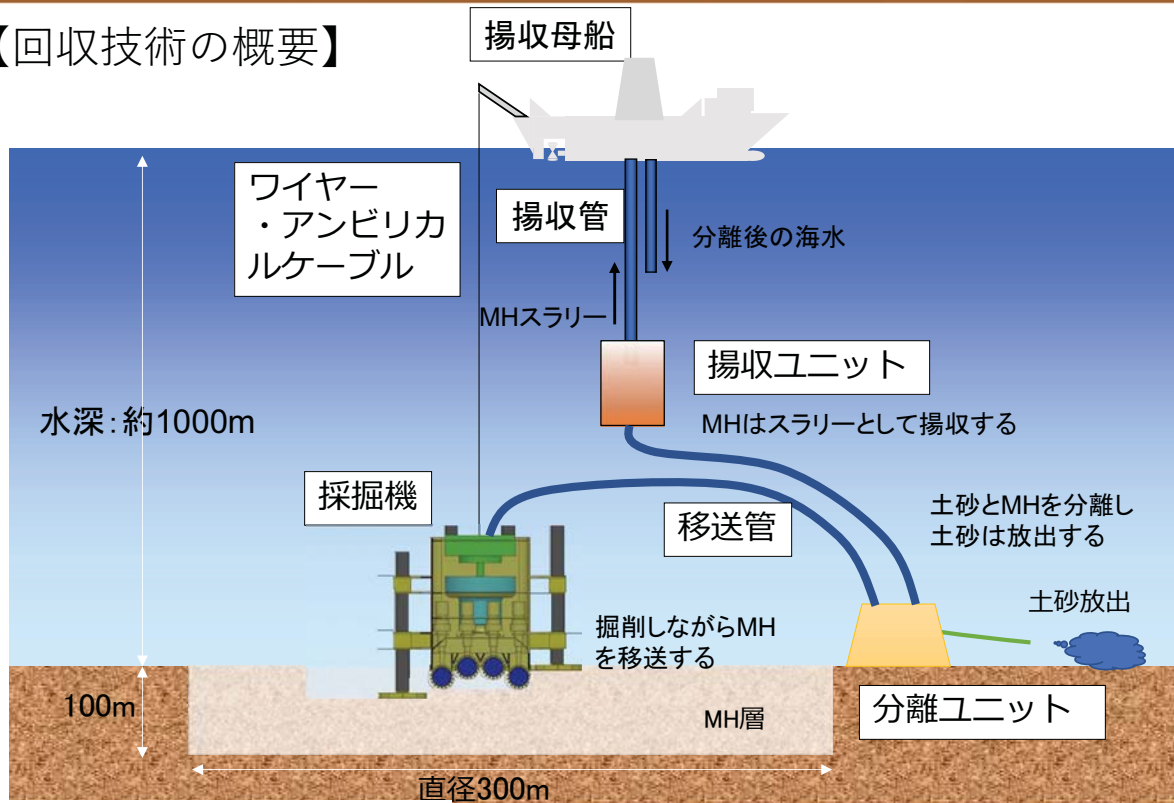
→ 揚収管内の三相流/揚収物分離の制御技術構築

	令和2年度	2022年
ガスリフト法による揚収制御技術の確立	制御技術調査	制御技術の検証、評価、予備検証
船上分離の制御技術の確立		

## 表層型MH回収技術開発に関わる調査研究

【三菱造船(株)・清水建設(株)・(国研)海上・港湾・航空技研】採掘機と分離装置を用いた回収システムの検討

### 【回収技術の概要】



【出典】表層型メタンハイドレートの研究開発2019年度 一般成果報告会 より

### 回収技術の概要

【掘削】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。
- 縦掘型掘削機とし、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とする予定。

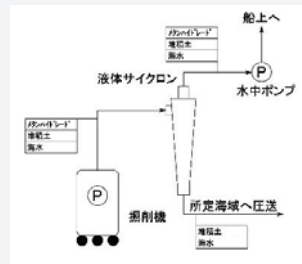


縦掘型採掘機の3D図

【分離】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。



【揚収】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。



海底熱水鉱床パイロット試験の水中ポンプ (JOGMEC提供)

【出典】 第36回開発実施検討会 資料5 [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/036\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/036_05_00.pdf)

採掘機と分離装置を用いた回収技術開発—要素技術開発(揚収技術等)の概要

【三菱造船(株)・清水建設(株)・(国研)海上・港湾・航空技研】

【揚収技術】揚収ポンプの開発

揚収方式の検討

- 揚収方式として、循環ポンプ方式と水中ポンプ方式を比較検討を実施。メタンハイドレートは水より比重が小さく、循環方式では払出しが難しいこと、またメタンハイドレートの固着防止に有利な水中ポンプ方式を選定した。

ポンプ仕様の検討

- メタンハイドレート揚液の船上揚収時に、温度上昇、圧力低下により爆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を採用。
- 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を検討した。(船上圧力6.0MPaを確保)
- 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、2,633m<sup>3</sup>/h x 1.4MPa x 1,200rpmを6台設置することと仮設定。

ポンプの概念設計

- 上記の通り、高圧のポンプ仕様となり、これを考慮した水力形状、構造、軸受、シール他の対応について検討を実施中。

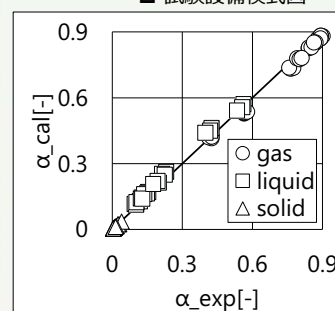
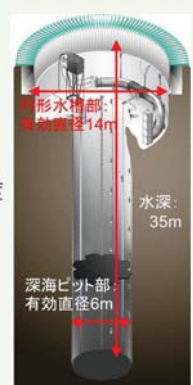
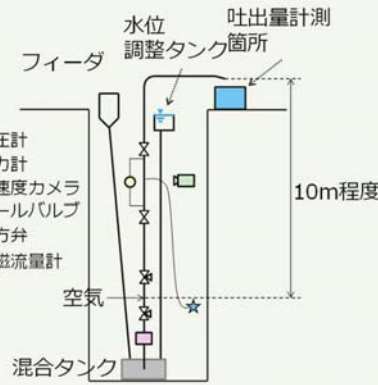


水中ポンプの参考図

(海底熱水鉱床パイロット試験の水中ポンプJOGMEC提供)

【共通技術】三相流移送試験

- 揚収中のMHのガス化により揚収管内が高ボイド率（気相のボイド率が0.8以上）の三相流となった状況を想定した移送試験を実施。



- 内径26mmの透明塩ビ管と樹脂球を用いて三相流移送試験を実施。
- 過年度までに検討していた各相の体積率の推定手法が、高ボイド率となった場合でも適用可能であることが示唆された。



【特徴1】

ドーム状の膜構造物を表層型メタンハイドレートが賦存する海底面に設置してその膜内で海底面を掘削することにより、取りこぼしが少なく、かつ膜外の環境への影響も少ない

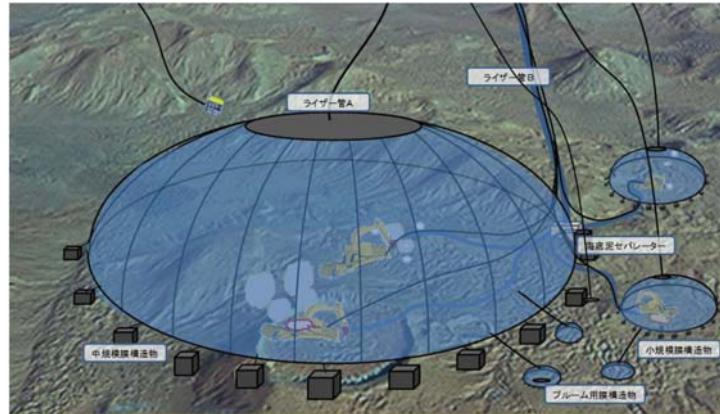
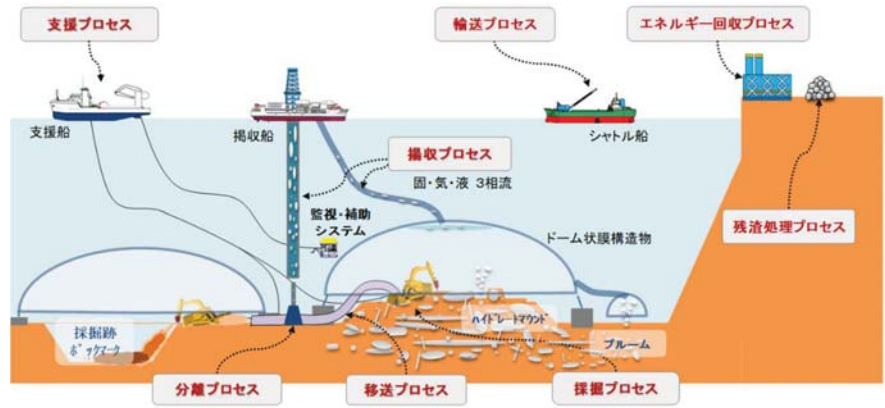
【特徴2】

膜内に自然湧出しているメタンも同時に回収可能

【特徴3】

本構造物はメタンハイドレート回収以外にも深海における鉱物資源などの回収に転用が可能

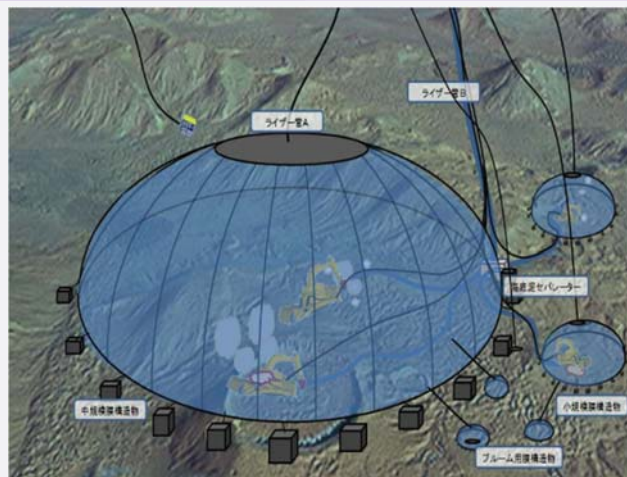
【出典】表層型メタンハイドレートの研究開発2019年度 一般成果報告会 より



【共通基盤技術】膜構造物の利活用に関する技術開発

技術の概要

- メタンハイドレートが賦存する海底面にドーム状の膜構造物を設置。
- メタンハイドレート回収時などに湧出するメタンガス（メタンブルーム）を回収するとともに、泥や砂などの拡散を低減させることが可能。



評価委員会における主な評価コメント

- 本技術は、他の実施機関が検討していない提案であり、メタンハイドレート回収時に付随するガスの処理技術として検討する価値が認められる。また、環境面においても、採掘時のガス回収や泥・砂等の拡散の防止を目的とした利活用が考えられる。

	2020年度	2022年度
<b>膜の設計方法の検討</b>	→	
1) 膜設計のための室内実験 担当：東京海洋大学 九州大学	●膜に捕集される際の粒状体の挙動や、膜材料の耐久性評価のための実験・データ取得・評価(東京海洋大学) 実験装置の設計製作・データ取得等	実験・データ取得・評価等
2) 膜設計のための解析 担当：九州大学	●膜設計指針作成のため、MH粒子の衝突・凝集・付着等に関するモデル化の実施や実験の解析・評価 モデルの検討やデータ解析等	モデル開発・実験評価等
3) 大型水槽実験 担当：太陽工業	●膜設計に必要なデータ取得・解析 実験・データ取得・解析等	実験・データ取得・解析等
<b>膜の施工方法の検討</b>	→	
1) 大型水槽実験 担当：太陽工業	●膜構造物の施工に必要なデータ取得・解析 実験・データ取得・解析等	実験・データ取得・解析等
2) 汚濁防止膜に作用する力および支持地盤の安定解析 担当：新潟大学	●膜の施工に必要な支持地盤条件の検討や、大型水槽実験の解析や考察等の解析・評価 データ取得・解析・評価等	データ取得・解析・評価等
 (c)東亜建設工業施設	 (c)東亜建設工業施設	 (出典: <a href="https://www.seika-di.com/measurement/combustion/piv/algorithm.html">https://www.seika-di.com/measurement/combustion/piv/algorithm.html</a> )
施工実験水槽	汚濁防止膜模型	小型造波水路

表層型MH回収技術開発に関わる調査研究

【鳥取大学・日本ミクニヤ(株)】表層型メタンハイドレートを対象とした減圧・加熱併用法に関する調査・検討

【提案手法の特徴】

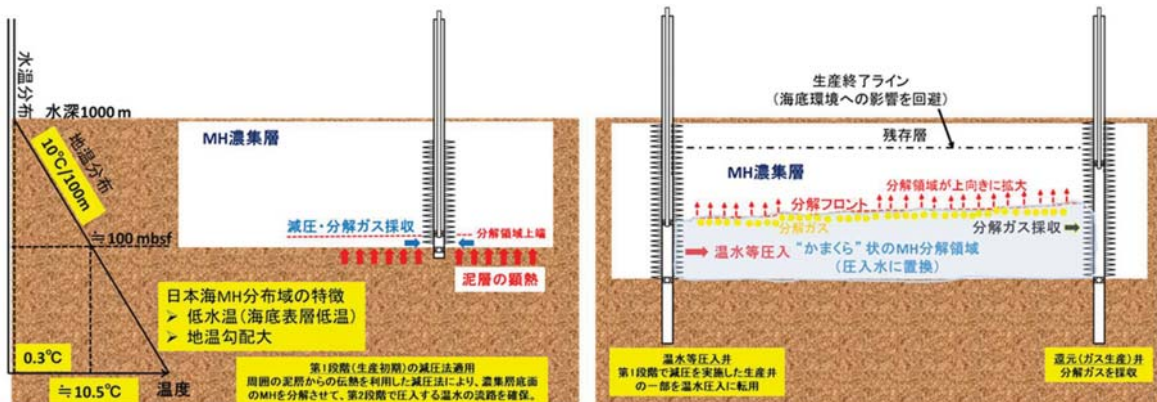
海底環境に配慮して、井戸を設置する以外に大規模な掘削工程を含まず、原位置(地層内)でMHをメタンガスと水に分解させて、井戸からメタンガスを生産。

【日本海の特徴】

日本海固有水(低温の水塊)のために、海底面の温度は0°Cに近い。しかしながら、海底堆積層の地温勾配は、他の海域と比較して3倍以上大きな値。

【ガス回収方法】

- まず、泥質層の熱を利用した減圧法により、MH濃集層の底面に沿って、MHの分解領域を形成。
- 第2段階では、MH分解領域に加熱した海水を流すことによって、底面から上向きにMHを分解。
- 海底の環境に対する影響を避けるために、濃集層の表層を残存させる可能性を検討。



減圧による濃集層底面の温水路形成

温水による底面から上向きのMH分解

【出典】第33回メタンハイドレート開発実施検討会資料 [https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/pdf/033\\_06\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004108/pdf/033_06_00.pdf)

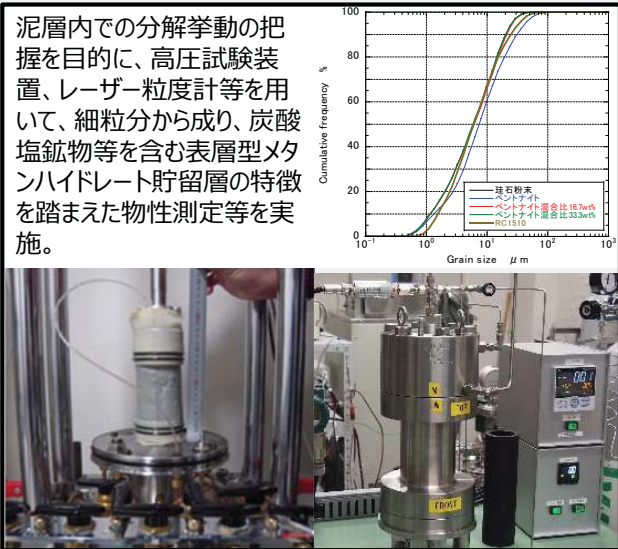
【共通基盤技術】貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討

技術の概要

- 泥層内でのガス化になるため、表層型メタンハイドレート分布域特有の粘土質シルト、酸性ガス等と共存するメタンハイドレートの分解挙動の基礎的検討を実施。
- 天然及び模擬コア試料による表層型メタンハイドレート貯留層の物性、強度等の基盤情報取得。

評価委員会における主な評価コメント

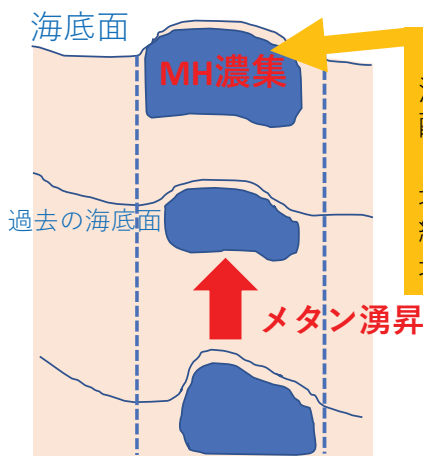
- 貯留層内での分解挙動に関する基礎的な検討が来ている。
- この分解挙動に関する知見は、分離・揚収技術における相変化の制御等に重要な知見を与えるため、今後の要素技術開発において必要な貯留層情報に関する寄与が期待される。



【出典】 第36回開発実施検討会 資料5 [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/036\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/036_05_00.pdf)

貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討-概要【鳥取大学】

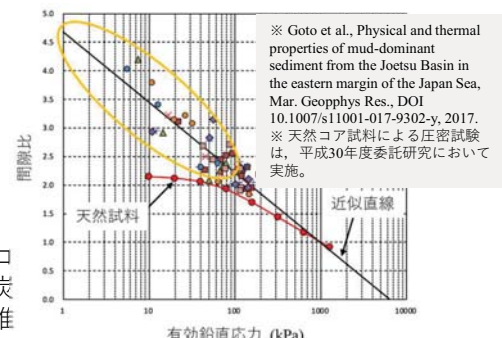
海底面下浅層に分布する表層型メタンハイドレートの特徴を踏まえて、メタンハイドレートの分解条件、海底地盤の変形・強度特性を含む地質及び土質的な特徴等、要素技術開発及び生産システム検討において必要となる共通基盤的な貯留層物性とメタンハイドレート分解挙動を検討。



ガスチムニー構造に存在する表層型MHの特徴

湧昇したメタンは、MHに加えて、微生物の働きにより海水の硫酸イオンと反応して、硫化水素とメタン由来の炭酸塩鉱物を生成。  

$$\text{CH}_4 + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$$
 堆積物中のMHの分解条件には、硫化水素を含むガスと間隙水の組成、堆積物の粒度等の物性が影響。また、炭酸塩鉱物は、海底地盤の圧密・強度特性に大きく影響する可能性（膠結作用等）。



表層型MHが存在するガスチムニー構造の模式図

松本他(2019)、日本海の表層型メタンハイドレート：基本概念の確立と新たな課題、表層型メタンハイドレート・フォーム（講演要旨）、明治大学グローバルロント（東京・駿河台）を参考に作成。

本委託研究で分析中のコア試料に含まれていた炭酸塩鉱物。周囲の泥質堆積物は、14wt%のCaCO<sub>3</sub>を含む。

圧密・強度特性の検討例  
有効鉛直応力と間隙比の関係

- 要素技術(採掘・分離・揚収)は、それぞれ2方式が提示されており、各方式に関する研究開発が今年度より開始されている。
- 要素技術との組合せや生産システムの検討に必要な技術開発として、膜構造物の利活用、貯留層物性・メタンハイドレート分解挙動の検討、海洋調査や環境影響評価等の共通基盤技術も同様に、進められている。
- 各技術開発の取組の概要について紹介しました。

# 表層型メタンハイドレートの研究開発 2020年度 一般成果報告会

## 「海洋調査の進捗状況と今後の計画について」

2020/12/17

国立研究開発法人産業技術総合研究所

地圏資源環境研究部門

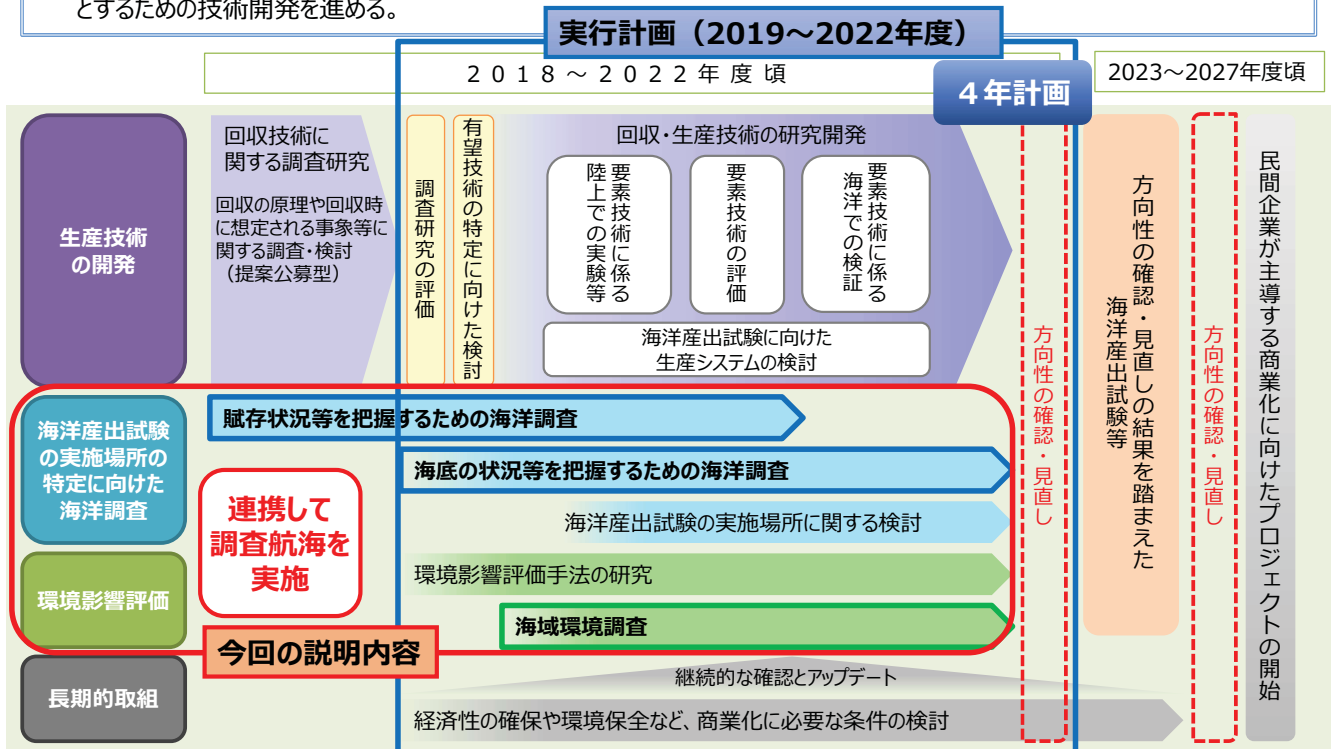
佐藤 幹夫

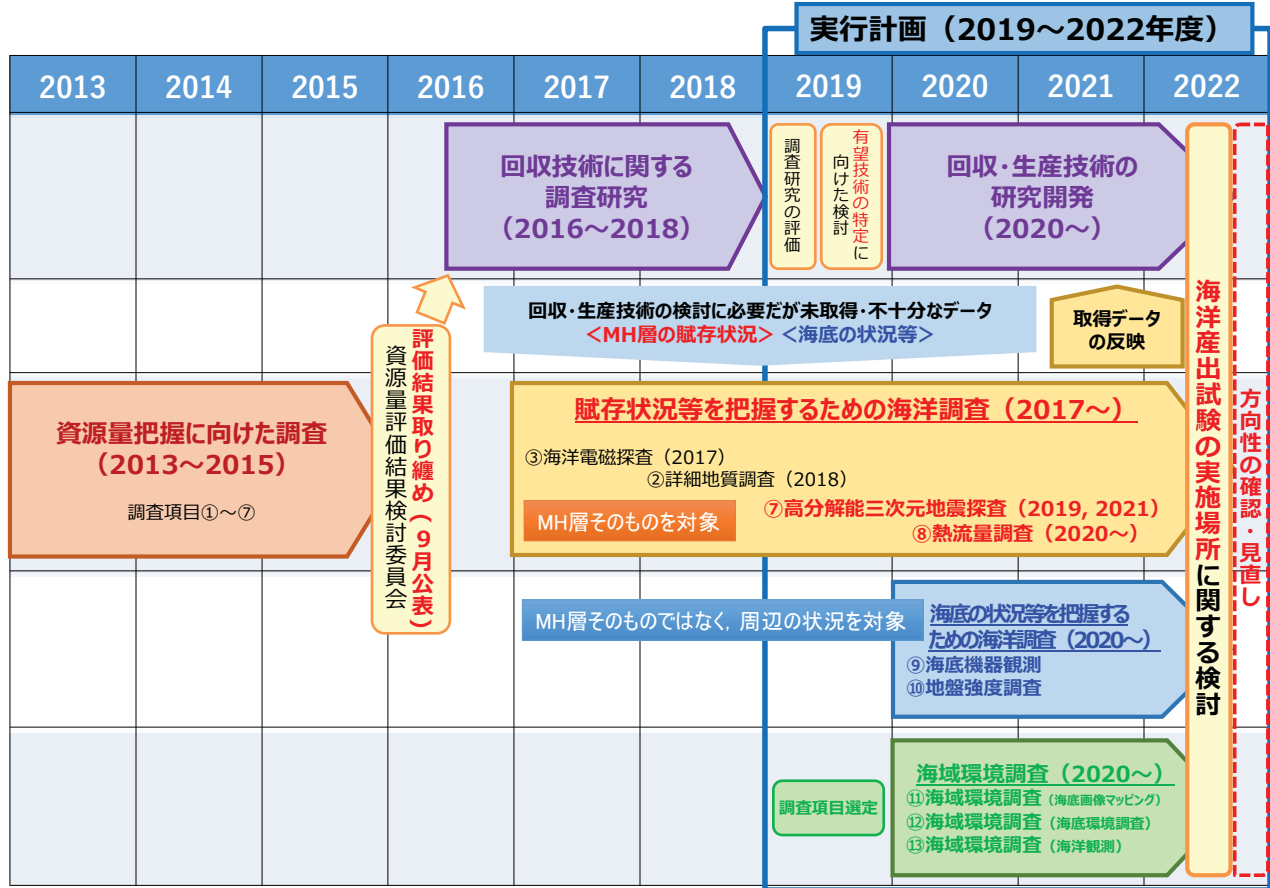
本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施した。関係各位に対し、謝意を表します。

### 産総研 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。





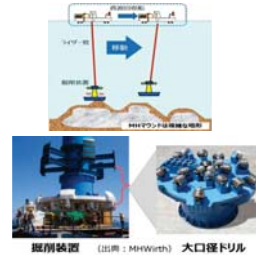
### 特定された有望技術 <要素技術のうち採掘技術>

採掘技術 <第36回メタンハイドレート開発実施検討会 (2020.3.16) 資料5>

#### 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、濁度等が発生しない。



##### 評価委員会における主な評価コメント

- 本技術は、海底ダイアモンド掘削で実績のある手法を応用したものであり、開発対象の物理特性は異なるが、有望な手法と考えられる。
- 採掘によって発生した掘削物を吸入するため、環境影響の観点からも優位性が低い。

#### 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、陸上ホース等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装置 (しゃくせつ) 装置は、海底熱水鉱床/バクテリア採掘の技術を応用。
- 縦掘型掘削機とし、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とする予定。



##### 評価委員会における主な評価コメント

- 本技術は、他の海底鉱物資源でも研究されており、メタンハイドレートへの応用にも期待される技術である。
- 表層型メタンハイドレート賦存域で想定される、軟弱な地盤に特化した掘削機の開発につながるが、新規に技術開発するよりも確実との印象を受ける。

回収・生産技術の検討に必要な未取得・不十分なデータ  
<MH層の賦存状況> <海底の状況等>

<MH層の賦存状況>

精密地下構造, ハイドレート安定領域下限深度

MH層そのもののデータ

<海底の状況等>

海底地盤強度, 海底現場状況

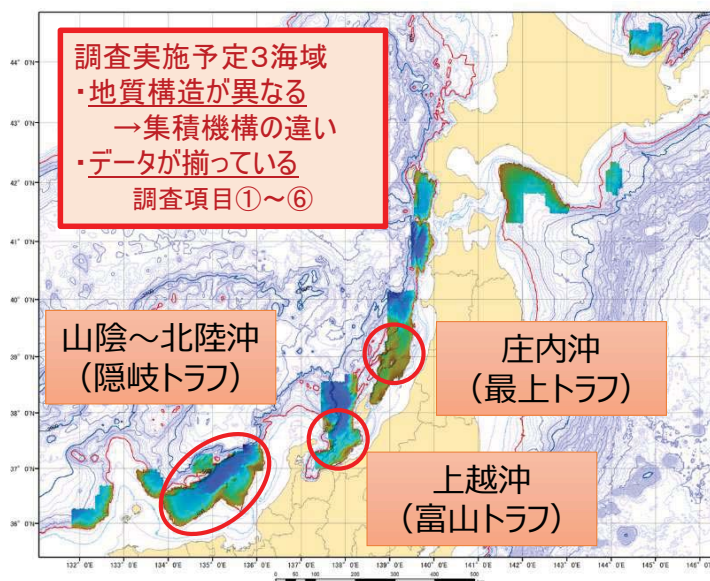
MH層そのものではなく、周辺の状況のデータ

年度	2019	2020	2021	2022
<b>MH層そのものを対象</b>				
<b>賦存状況等の把握</b>				
・⑦精密地下構造調査				
・⑧熱流量調査				
<p>表層型メタンハイドレートの存在が確認されている海域において、<b>高分解能海上三次元地震探査</b>を実施し、表層型メタンハイドレート賦存域の<b>精密地下構造データ</b>の取得に取り組む。</p> <p>熱流量データを取得し、高分解能海上三次元地震探査データに観察されるBSR分布と併せて解釈することで<b>ハイドレート安定領域下限深度</b>の評価に取り組む。</p>				
<b>MH層そのものではなく、周辺の状態を対象</b>				
<b>海底の状況等の把握</b>				
・⑩地盤強度調査				
・⑨海底現場状況調査				
<p>表層型メタンハイドレートの存在が確認されている海域を対象に、海底及びメタンハイドレート賦存深度付近までの<b>胚胎層の地盤強度調査</b>を行う。</p> <p>底層流、塩分濃度、海底水温、圧力、海底下のメタンガス、メタンブルーム等の<b>海底の現場状況を把握するための海洋調査</b>を実施する。</p>				
<b>海洋産出試験の実施場所に関する検討</b>				
<p>上述の調査結果等を踏まえ、海洋産出試験の実施場所を特定するための検討を行う。</p>				

## 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(使用船舶毎)

- 物理探査<物理探査船>
    - ⑦高分解能三次元地震探査
  - 海底機器観測<ROV>
    - 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<掘削船>
    - ⑩地盤強度調査
    - ⑫海底環境調査
  - 海域環境調査<ROV, 海洋観測船>
    - 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	山陰～北陸沖 (隠岐トラフ)	上越沖 (富山トラフ)	庄内沖 (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・地質構造探索)	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掘削地質コア採取 (ハイドレート及非燃性炭素採取)	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	計画中	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	計画中	2020-2021
⑩地盤強度調査 (コーン貫入試験) <+環境>	計画中	計画中	2021
⑪海域環境調査 (A) (海底画像マッピング) <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑫海域環境調査 (B) (海底環境調査) <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑬海域環境調査 (C) (海洋観測)	計画中	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。

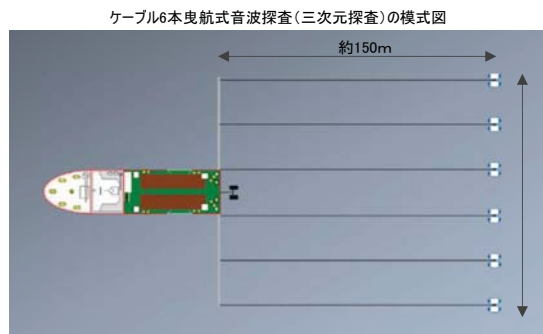
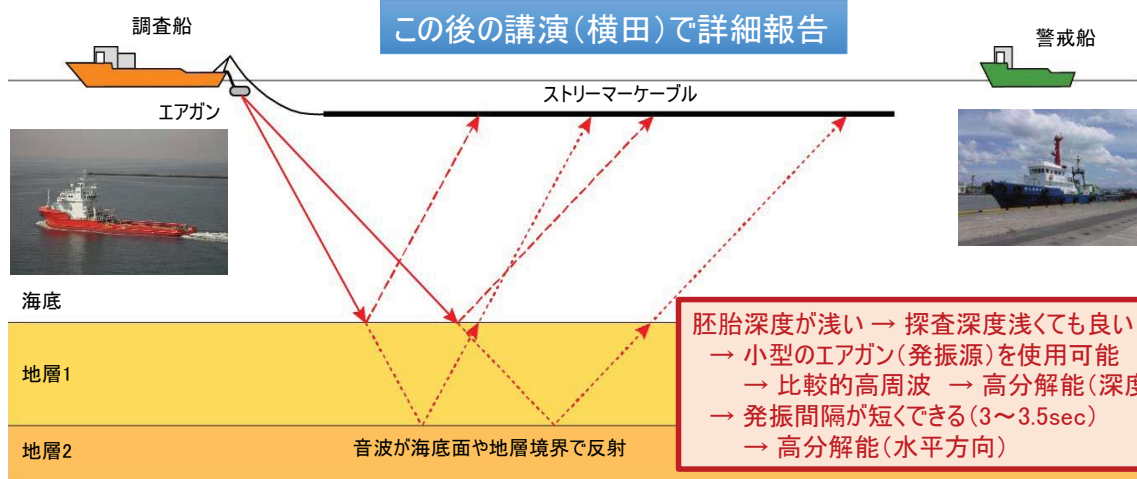
## 海洋調査・海域環境調査 2019年度実施状況

	5月	2019年 6月	2019年 7月	2019年 8月	9月
庄内沖	(漁期)			・高分解能三次元地震探査 (HR3D) <u>7/29～8/28 (31日)</u> (2D) <u>8/20～8/23 (4日)</u>	(漁期)
上越沖					
山陰～北陸沖	(漁期)		<2D> かいゆう (1,292t)	<HR3D> つしま (295t)	(漁期)

	山陰～北陸沖 (隠岐トラフ)	上越沖 (富山トラフ)	庄内沖 (最上トラフ)
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	計画中	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	計画中	2020-2021
⑩地盤強度調査 (コーン貫入試験) <+環境>	計画中	計画中	2021
⑪海域環境調査 (A) (海底画像マッピング) <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑫海域環境調査 (B) (海底環境調査) <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑬海域環境調査 (C) (海洋観測)	計画中	2021	2020



# 調査項目⑦ 高分解能三次元地震探査



	ケーブル本数	ケーブル長	ケーブル曳航幅	曳航速度
三次元探査	6本	約 150 m	約 60 m	約 3 ノット
二次元探査	1本	約 2,000 m	(1本のみ)	約 3 ノット

ケーブルが短い  
 ・小回りが効くため小型船でも調査可能だが、速度情報が得られない  
 →ケーブル長の長い(二次元)探査を実施して、速度情報を取得

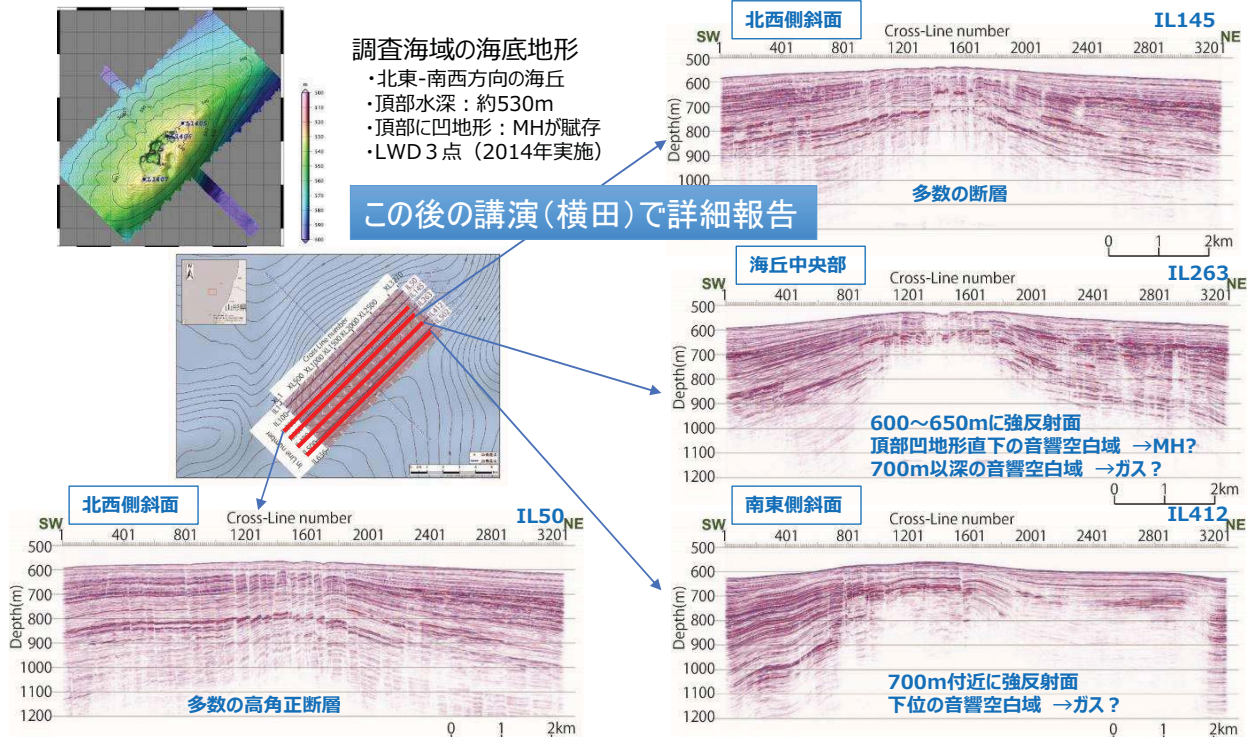
2019年度 庄内沖(最上トラフ) 実施済

2021年度 山陰~北陸沖(隠岐トラフ) 実施予定

<第37回メタンハイドレート開発実施検討会(2020.12.8)資料5>

## 高分解能三次元地震探査(2019年庄内沖)の結果

目的: 精密地下構造探査 → 賦存状況の把握



断層・BSRの抽出・解析、掘削同時検層(LWD)や海洋電磁探査との統合解析  
 → 表層型MHの賦存状況・形状の精密把握

## 賦存状況等の把握 物理探査データ取得・解析の実績と今後の実施計画

凡例

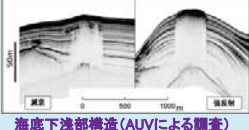
データ取得（海洋調査）  
2018年度まで

データ取得（海洋調査）  
2019～2022年度

データ解析（陸上）  
2017, 2019～2022年度

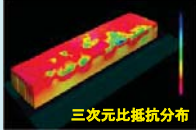
	山陰～北陸中 (隠岐トーフ)	上越中 (富山トーフ)	庄内沖 (最上トーフ)
<b>&lt;精密地下構造の把握&gt;</b>			
②詳細地質調査（特異点周辺の詳細地形・地質構造探査）	2014	2013	2014
③海洋電磁探査（比抵抗分布の把握）	2015	2014	2017
④掘削同時検層（坑井の物性測定）	2015	2014-2015	2014
⑦高分解能三次元地震探査（精密地下構造探査）	2021	2015	2019
⑦'地震探査データ詳細解析（BSR・断層等の抽出・解析）	2022	2019	2020
統合処理・解析（三次元地震探査, 海洋電磁探査, 掘削同時検層）	2022	2017,2020	2020
<b>&lt;地下温度構造の把握&gt;</b>			
⑧熱流量調査（賦存領域下限深度の把握）	計画中	計画中	2020-2021

②詳細地質調査



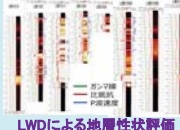
海底下浅部構造(AUVIによる調査)

③海洋電磁探査



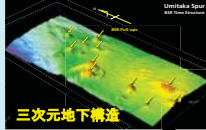
三次元比抵抗分布

④掘削同時検層




LWDによる地層性状評価

⑦高分解能三次元地震探査






三次元地下構造

⑧熱流量調査



海底熱流量測定装置(SAHF)

## 海洋調査・海域環境調査 2020年度実施状況

	5月	2020年 6月	2020年 7月	8月	9月	10月	2020年 11月
庄内沖	漁期	・海域環境調査(A) (ROV海底画像マッピング) 6/17～30 (14日)	・海域環境調査(B)(C) (ROV観測/試料採取) (海洋観測) 7/6～23 (18日)			(漁期)	・海底現場状況調査 (ROV機器設置) 11/2～23 (22日)
	上越中	 <p>第一開洋丸(1,390t) ROV seaeye Leopard</p>		 <p>新世丸(697t)</p>			 <p>ROV はくよう3000</p>
山陰～北陸沖	漁期						

	山陰～北陸中 (隠岐トーフ)	上越中 (富山トーフ)	庄内沖 (最上トーフ)
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	計画中	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	計画中	2020-2021
⑩地盤強度調査（コーン貫入試験） <+環境>	計画中	計画中	2021
⑪海域環境調査（A）（海底画像マッピング） <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑫海域環境調査（B）（海底環境調査） <+海底状況>	計画中	2021	2020
⑬海域環境調査（C）（海洋観測）	計画中	2021	2020

## 調査項目⑪⑫⑬ 海域環境調査

### (A) 海底画像マッピング

面的調査

三次元解析用  
水中高詳細カメラ

ROV

凹地形

バイオマット

### (B) 海底環境調査

ピンポイントでの調査

海底設置  
観測機器

ROV

コアサンプラー

ペイトラップ

コアサンプラー

ペイトラップ

### (C) 海洋観測

CTD-多筒採水器

プランクトンネット

周辺を含む調査

CTD観測

プランクトンネット

2020年度 庄内沖(最上トラフ) 実施済

2021年度 上越沖(富山トラフ) 実施予定  
(未定) 山陰~北陸沖(隠岐トラフ) 計画中

この後の講演(鈴村)で詳細報告

## 調査項目⑧ 熱流量調査 / 調査項目⑨ 海底機器観測

セジメントトラップ

沈降粒子を採取

流速計は海底面から数十mまでの高さの流向・流速を計測

CTD

濁度計

流速計

海底湧出量計

海中温度計

水温計

無人潜水機 (ROV) で設置

ROV

CTD: 塩分濃度、水温、圧力を計測  
濁度計: 底層水の濁りを計測

海底面から湧出する流体の流速を計測

海底下温度を計測

水温を計測

ROV母船(新世丸)

ROV(はくよう3000)

2020年度 庄内沖(最上トラフ) 設置済、2021年度 回収予定

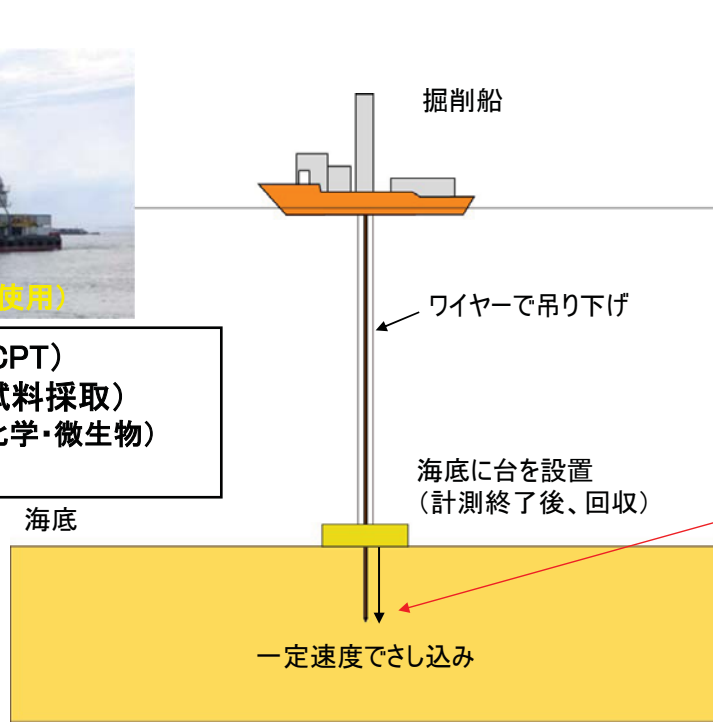
(未定) 上越沖(富山トラフ) 設置・回収 計画中  
(未定) 山陰~北陸沖(隠岐トラフ) 設置・回収 計画中

## 調査項目⑩ 地盤強度調査（掘削調査）



掘削船(2015年度使用)

- ・コーン貫入試験(CPT)
  - ・三軸圧縮試験(試料採取)
  - ・コア分析(地質・地化学・微生物)
- 環境影響評価



CPTプローブ

**2021年度 庄内沖(最上トラフ) 実施予定**  
 (未定) 上越沖(富山トラフ) 計画中  
 (未定) 山陰～北陸沖(隠岐トラフ) 計画中

表層型メタンハイドレートの研究開発  
2020年度 一般成果報告会

# 「高分解能三次元反射法地震探査の結果 —山形県庄内沖 最上トラフ海域—」

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
地圏資源環境研究部門  
横田 俊之

本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施されました。関係各位に対し、謝意を表します。

技術を社会へ—Integration for Innovation

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

## はじめに

### 本日の内容

表層型メタンハイドレート賦存域での反射法物理探査

目的：精密地下構造探査

→MH賦存状況の把握

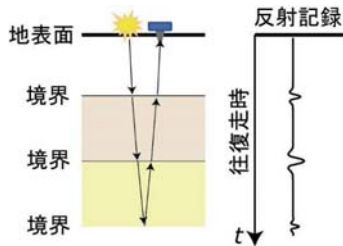
高分解能3次元反射法（HR3D、浅部詳細）  
2次元反射法（2D、補助的、速度構造決定）



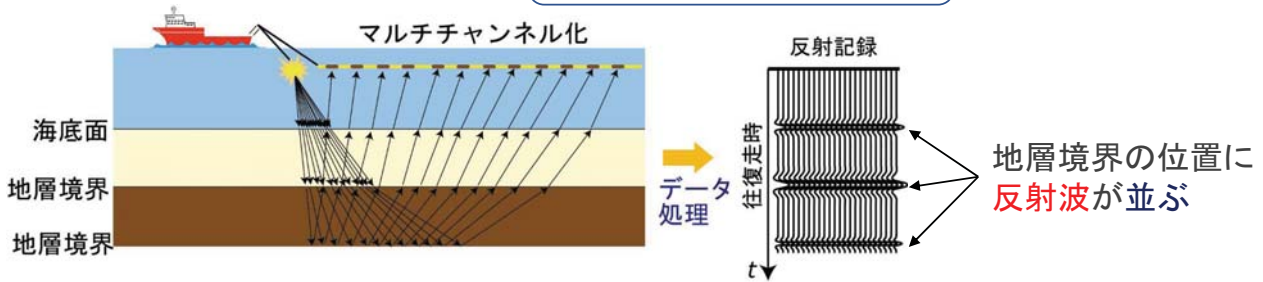
反射法とは？

人工震源から出た波が地下で反射してきたもの(反射波)を用いて  
地下を可視化(イメージング)する手法

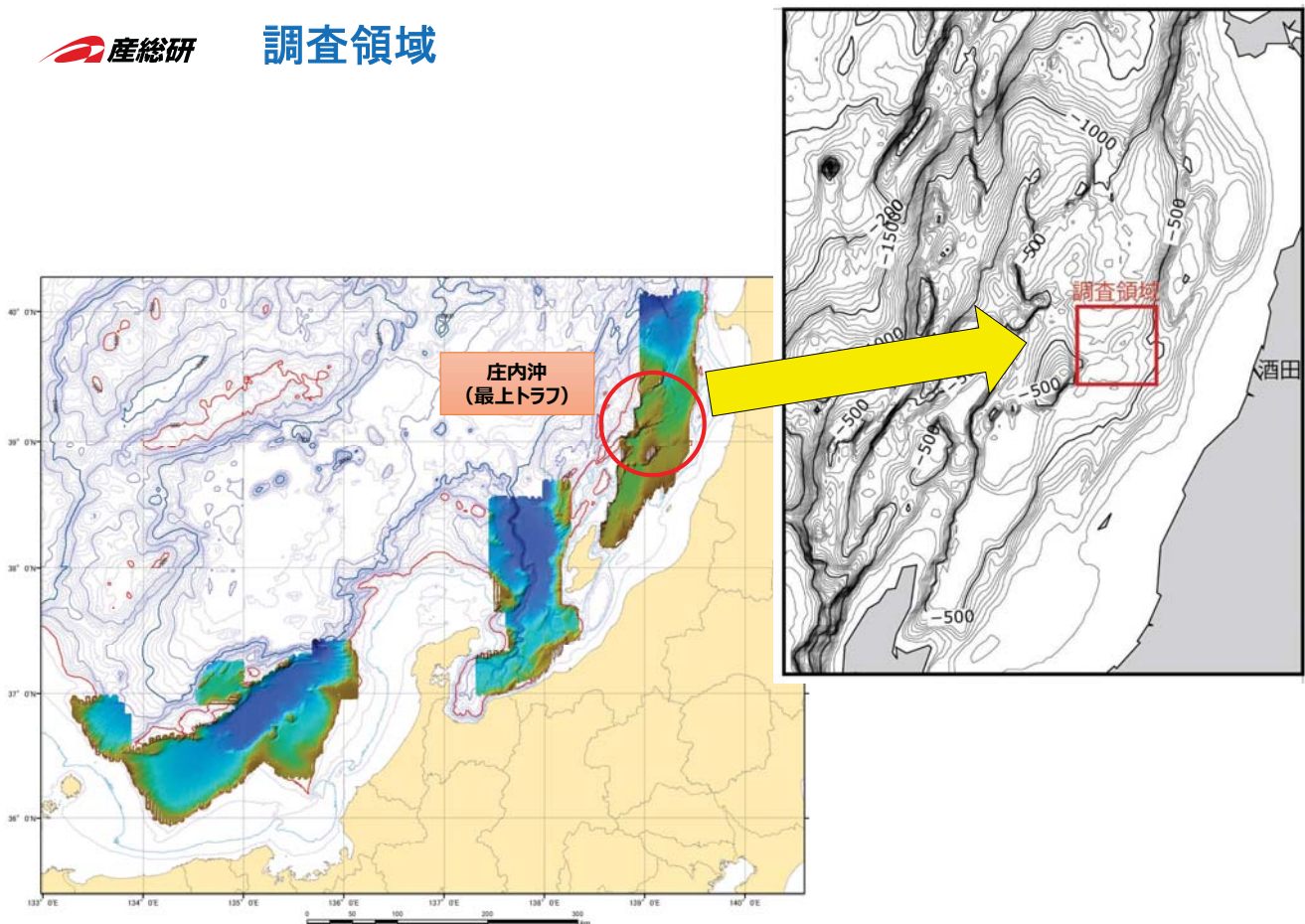
- ・直感的に理解しやすい
- ・物理探査手法の中では、高分解能



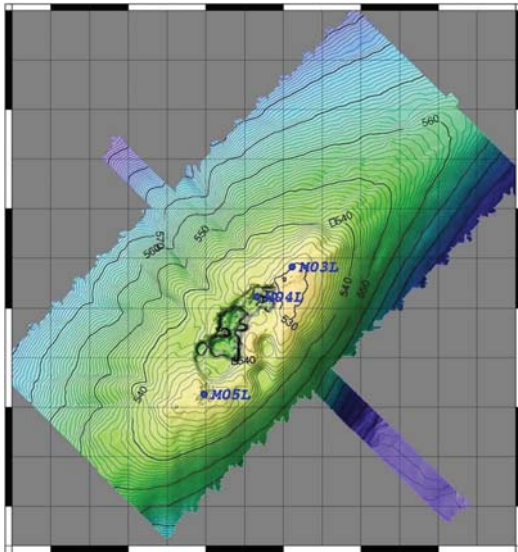
地下構造と似た、  
直感的に理解しやすい結果



調査領域



調査海域の海底地形



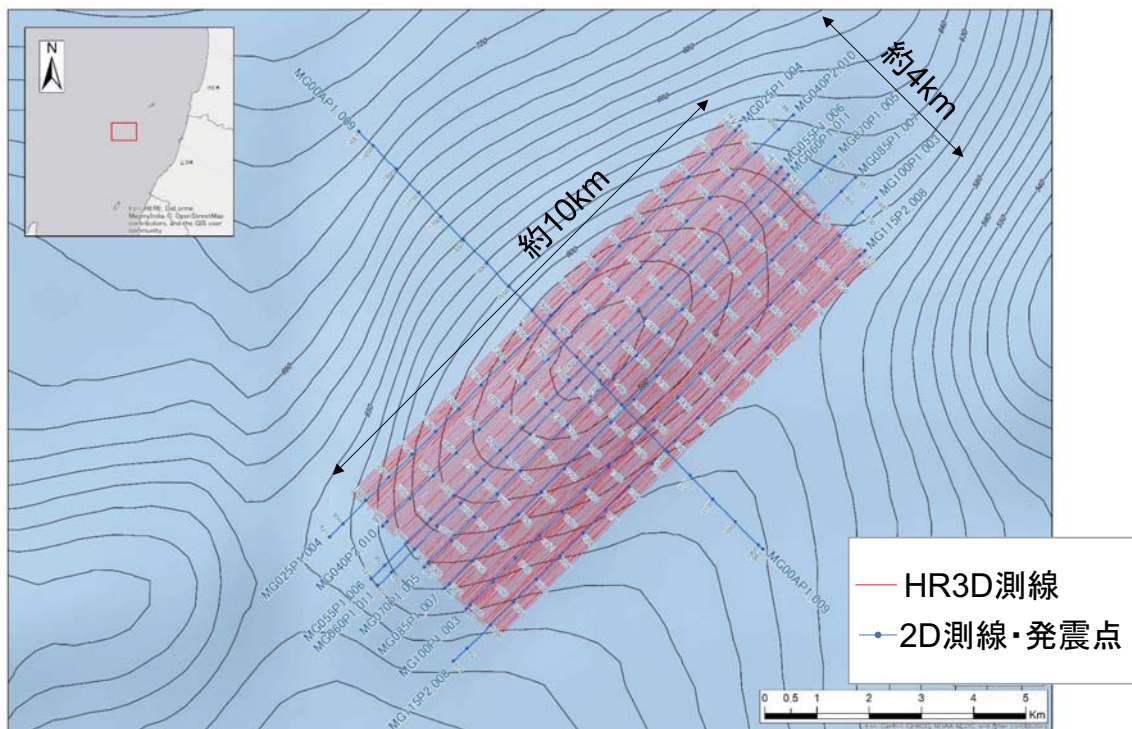
- ・ 北東-南西方向の海丘
- ・ 頂部水深：約530m

調査海域の特徴・  
既存データなど

- ・ 頂部に凹地形  
MHの賦存確認
- ・ LWD 3 地点
- ・ CSEM（電磁探査）



統合解析による、  
MH賦存状況の把握

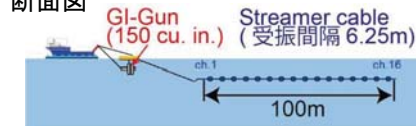


## 産総研 データ取得 (HR3D)

平面図



断面図



調査船「つしま」

総トン数: 188トン

船体寸法: 38m × 8.5m × 3.65m

- ・小型船でのオペレーションが可能  
浅海での調査が可能
- ・短いストリーマケーブル使用  
小回りが利く→船舶往来が多い場所でも調査可能  
速度解析ができない(データ解析に必須の速度が決定できない)

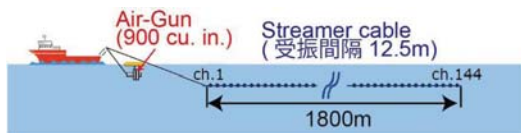
## データ取得仕様

Recording	
レコード長(s)	3
サンプル間隔(ms)	0.25
チャンネル数	96 (16 × 6)
Low cut filter	12Hz
High cut filter	out

震源	
ガン種類	GI-Gun
発震間隔 (m)	6.25
チャンパーサイズ (cu. in.)	150 (=45+105)
ガン圧力 (psi)	2000
ガン深度 (m)	2

受振	
受振器	ストリーマケーブル
受振間隔 (m)	6.25
ケーブル間隔 (m)	12.5
最も近いチャンネルまでの距離 (m)	43
ケーブル長 (m)	100
ケーブル深度 (m)	1.5

## 産総研 データ取得 (2D)



調査船「かいゆう」

総トン数: 1292トン

船体寸法: 62.4m × 14m × 6m

- ・HR3Dで求めることができない、速度情報の取得
- ・深部までのイメージング

## データ取得仕様

Recording	
レコード長(s)	3
サンプル間隔(ms)	1
チャンネル数	144
Low cut filter	3Hz
High cut filter	400Hz

震源	
ガン種類	Bolt 1500LL Tri-Gun
発震間隔 (m)	12.5
チャンパーサイズ (cu. in.)	900 (=300 × 3)
ガン圧力 (psi)	2000
ガン深度 (m)	6

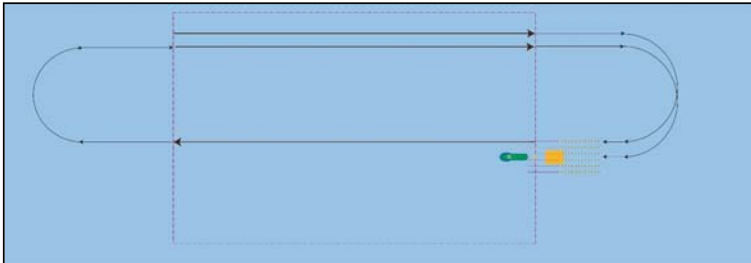
受振	
受振器	ストリーマケーブル
受振間隔 (m)	12.5
最も近いチャンネルまでの距離 (m)	110
ケーブル長 (m)	1800
ケーブル深度 (m)	8



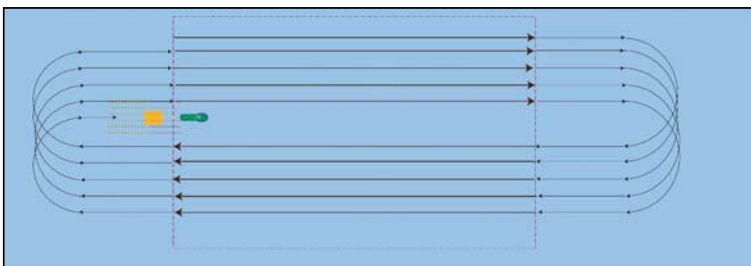
**産総研** データ取得  
HR3Dデータ取得概要



測線観測終了後回頭。  
回頭半径がある程度  
必要なので、  
調査領域の反対側へ



測線観測終了後回頭。  
調査領域の反対側へ移動  
最初の測線の  
隣の測線での観測



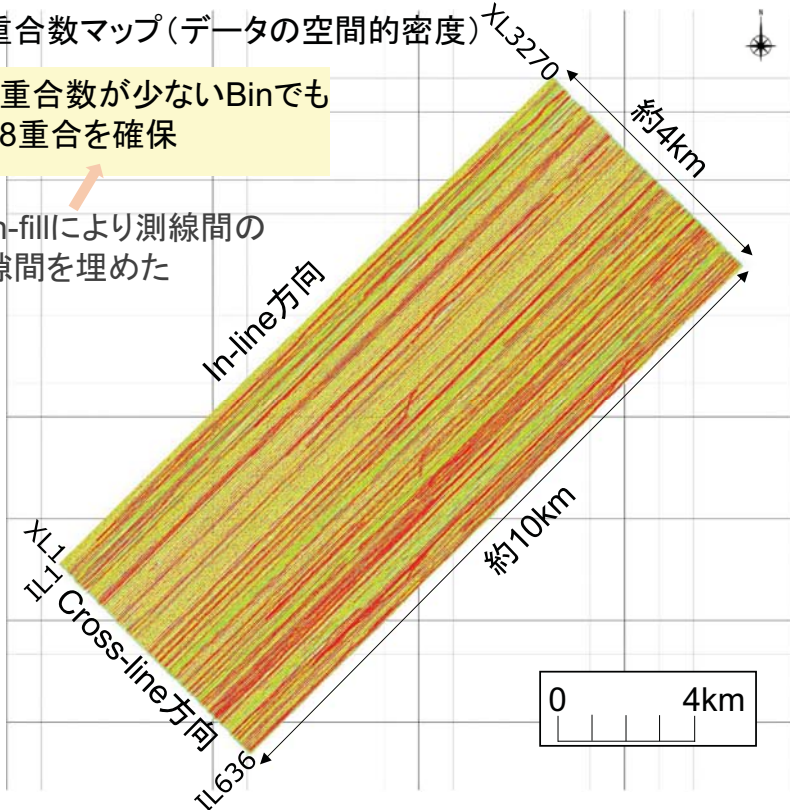
同一手順を繰り返し、  
調査領域を埋める

**産総研** データ処理

重合数マップ(データの空間的密度)

重合数が少ないBinでも  
8重合を確保

In-fillにより測線間の  
隙間を埋めた



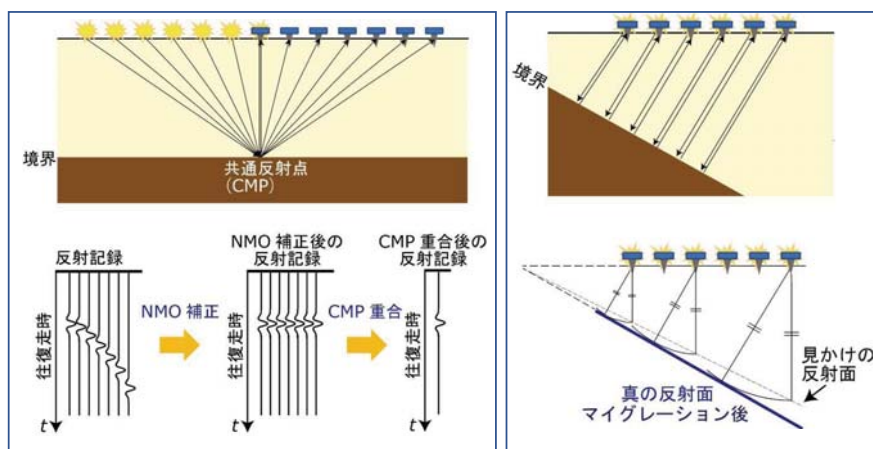
発震測線数:160  
(うちinfill : 42)

解析に用いる  
グリッドのサイズ

Bin Size : 3.125×6.25m<sup>2</sup>  
Cross-line方向  
Bin数 : 636  
In-line方向Bin数 : 3,270  
総CMP数 : 2,079,720

速度解析、NMO補正、CMP重合  
重合後時間マイグレーション、深度変換

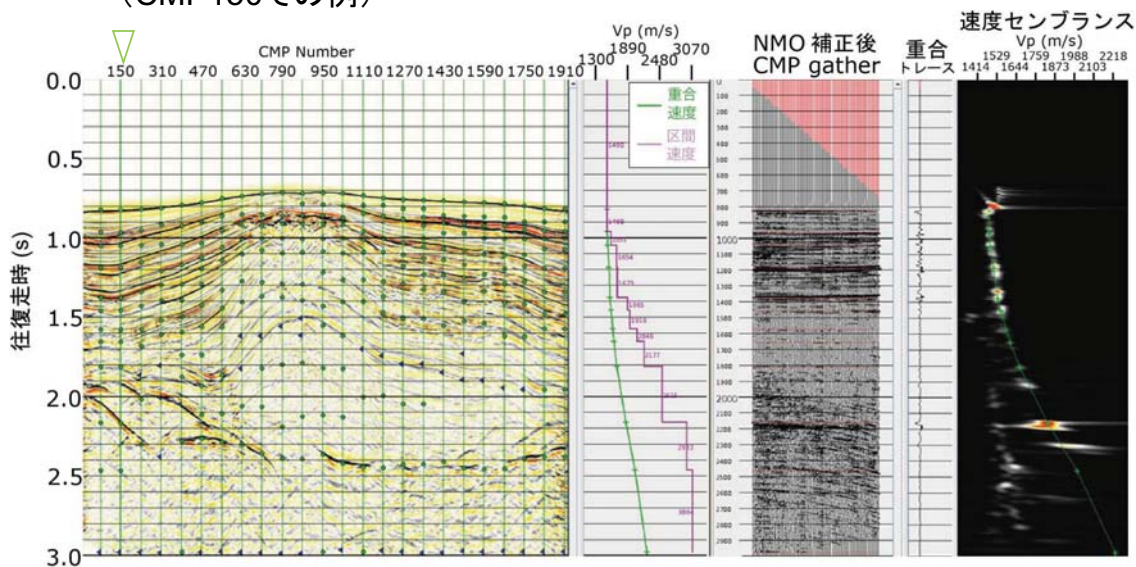
を中心とした、従来型のデータ処理を実施



NMO+CMP重合  
の概念図

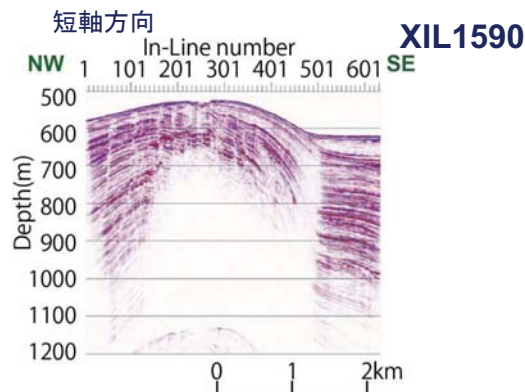
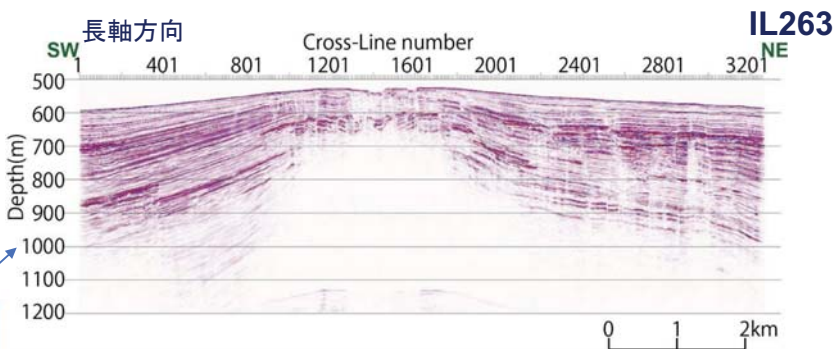
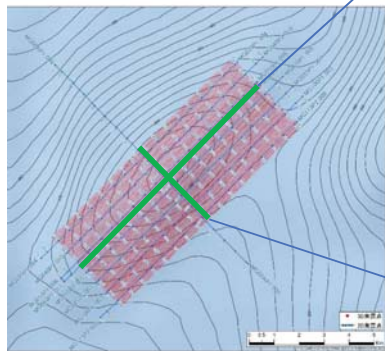
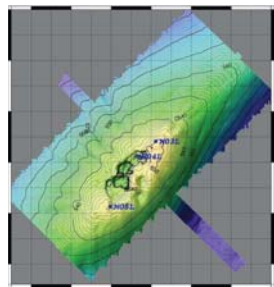
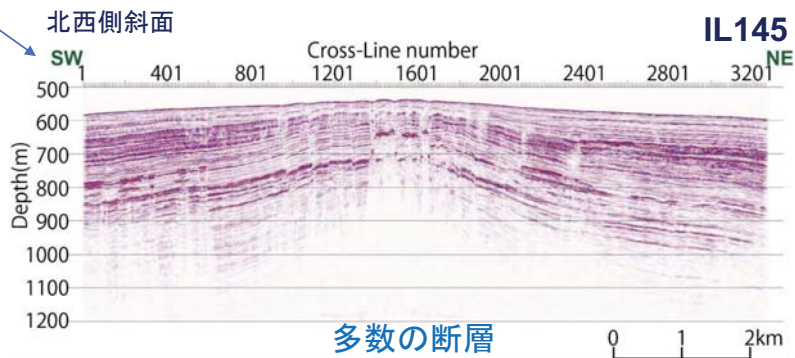
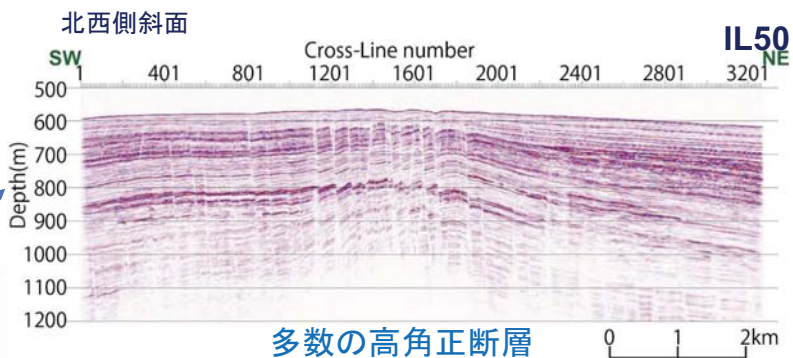
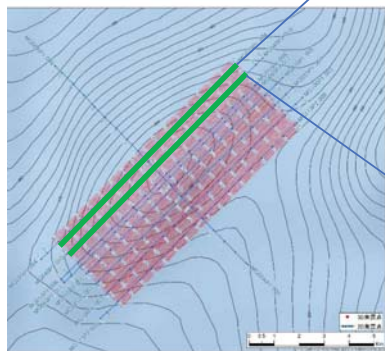
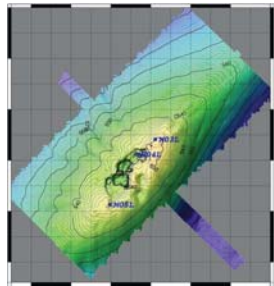
重合マイグレーション  
の概念図

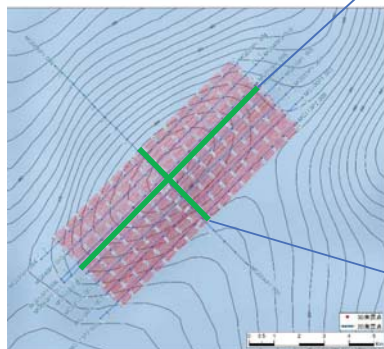
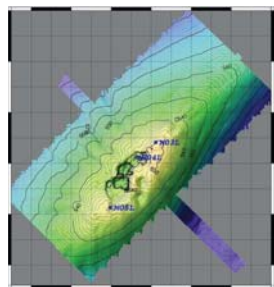
2D探査結果を用いた速度解析  
(CMP150での例)



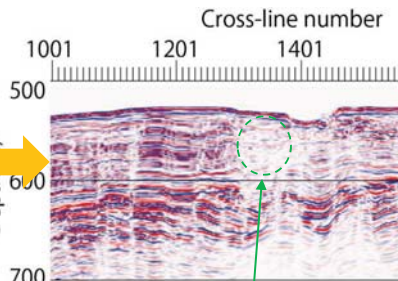
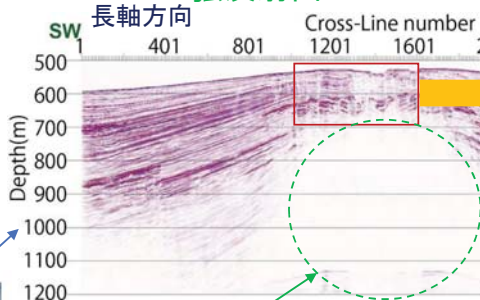
解析結果をHR3Dの解析に用いる

2D測線上で求められた速度を空間的に補間して用いた



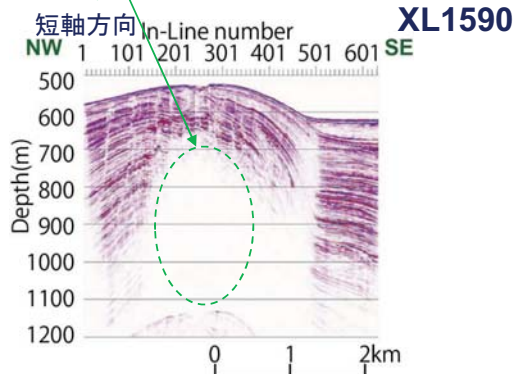


マイグレーション深度断面  
600~650mに強反射面



700m以深の  
音響空白域  
→ガス?

頂部凹地形直下の  
音響空白域  
→MHとの関係?



山形県庄内沖最上トラフ海域で  
高分解能三次元地震探査を実施

海底(深度約500m)～深度約900mまでの  
地下構造を、精度良く三次元的に求めることができた。

海丘の北西側斜面に多数存在する断層の  
走向・傾斜などの地質的特徴が良くとらえられている。

今後、LWDや電磁探査の結果との統合解析を進め、  
表層型MH賦存という観点からの解析を進めていく予  
定である。

令和元年度の  
日本海最上トラフ海域における  
表層型メタンハイドレート胚胎域での  
高分解能三次元反射法探査の実施にあたっては、

山形県（農林水産部、環境エネルギー一部、産業経済部）、  
海上保安庁（海洋情報部、第二、第九管区海上保安本部）、  
山形県漁業協同組合、  
の関係者の皆様にご協力をいただきました。

反射法データ取得は株式会社地球科学総合研究所  
に担当いただきました。

ここに記して感謝の意を表します。

## 表層型メタンハイドレートの研究開発 2020年度 一般成果報告会

# 環境影響評価研究の概要

## 環境影響評価の進め方と調査の進捗状況

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
環境創生研究部門 環境生理生態研究グループ  
鈴木 昌弘

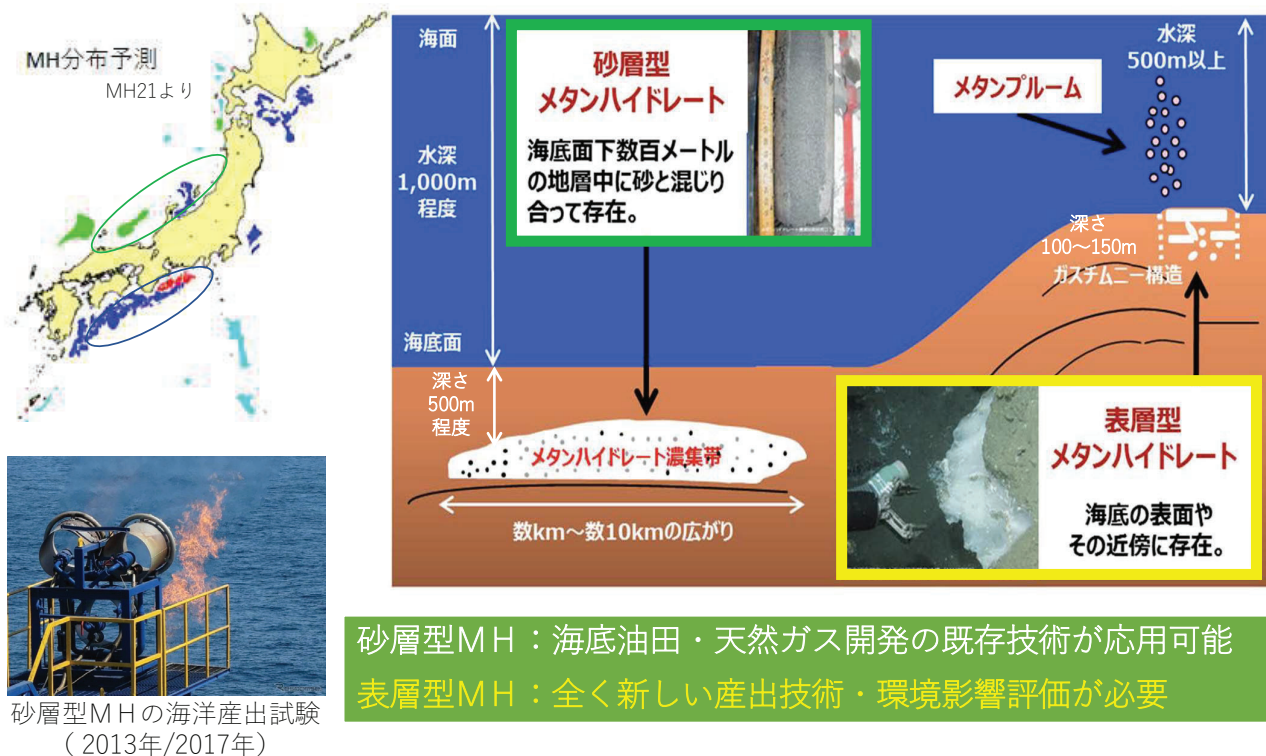
本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施した。

## 表層型MH「環境影響評価」に係る工程表

年度	2019	2020	2021	2022
イ) 環境影響評価手法の研究				
① 技術・社会動向調査				
② 表層型メタンハイドレート賦存海域の特性解明				
ロ) 海域環境調査				
① 表層型メタンハイドレート賦存海域における環境パラメータ調査				
② 環境ベースライン観測及び環境モニタリング手法の高度化・標準化				

国立研究開発法人産業技術総合研究所「表層型メタンハイドレートの研究開発（2019-2022年度）実行計画」より

# 砂層型MHと表層型MH



## 環境影響評価における表層型MHの特異性

### ★ 自然環境に直接手を加える海洋の大規模な産業利用技術

**海底環境を直接攪乱**

大口径ドリル掘削・海上分離方式

大口径掘削ドリル  
資源回収船  
掘削装置  
泥水排出ライン  
MH貯留層

三井E&S造船㈱、清水建設㈱、日本大学

縦堀掘削・海底分離方式

資源回収船  
揚収装置  
土砂放出  
分離装置

三菱造船・清水建設・(国研) 海上・港湾・航空技研

**他の産業・社会に近接**

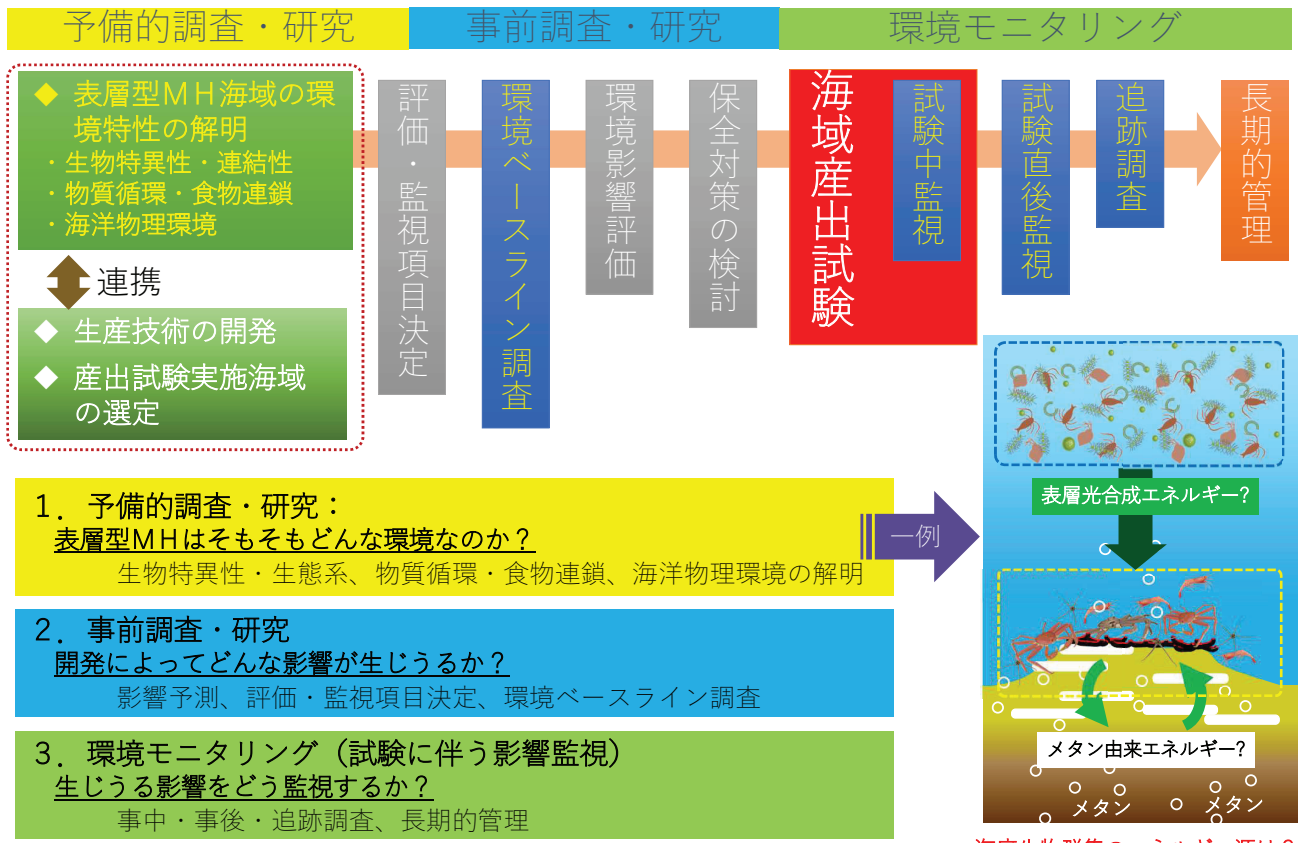
山陰～北陸沖 (隠岐トラフ)  
庄内沖 (最上トラフ)  
上越沖 (富山トラフ)

**希少な化学合成生態系**

メタンシーブ

バクテリアマット

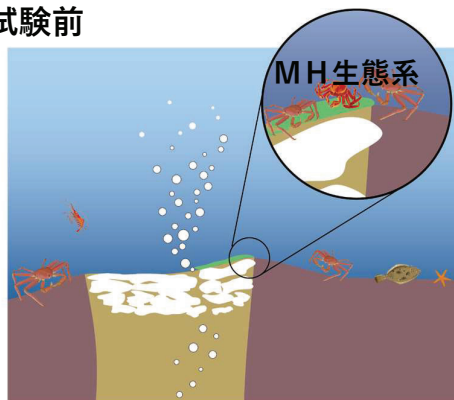
ヘニズワイガニの甥集



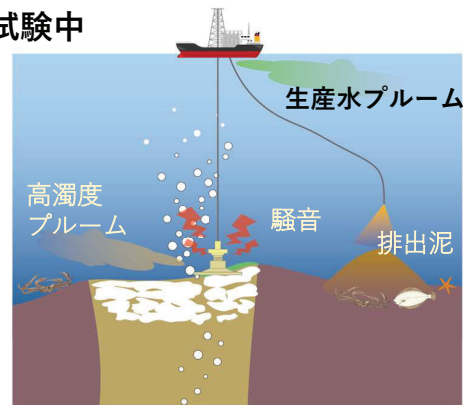
海底生物群集のエネルギー源は？

## 環境影響シナリオ

試験前



試験中



試験終了後—1



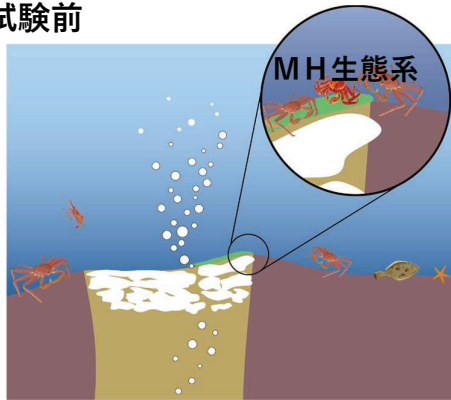
試験終了後—2



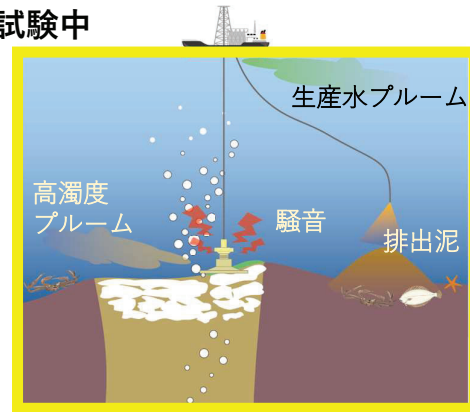


# 産出試験における短期的懸念事項

試験前

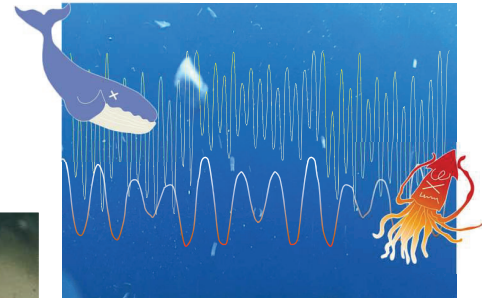


試験中



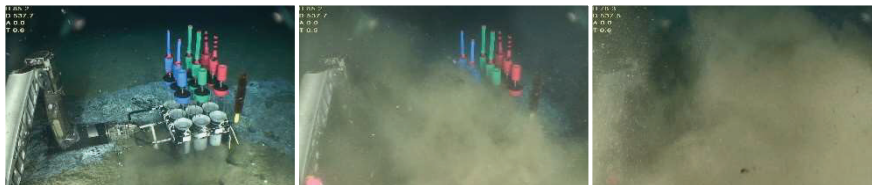
生産試験中の懸念事項

- 高濁度プルーム・生産水プルーム曝露  
海底攪乱による泥の巻き上がり  
ハイドレートの分解で生じる生産水（硫化水素・金属など）
- 海中騒音（・海中光害）  
海洋生物の生理生態・摂餌行動等に未知の影響



Ocean noise pollution  
(海中騒音)

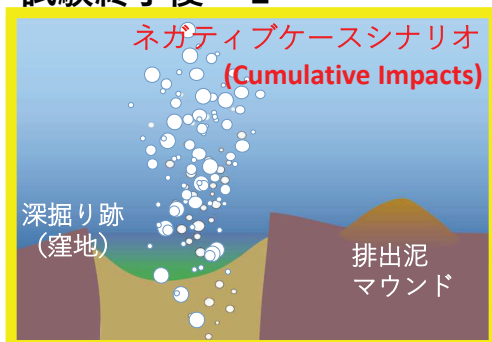
近年、海底鉱物資源開発における重要な環境影響評価項目として注目されている



ROV採泥で発生した小規模の高濁度プルーム

# 産出試験における長期的懸念事項

試験終了後—1

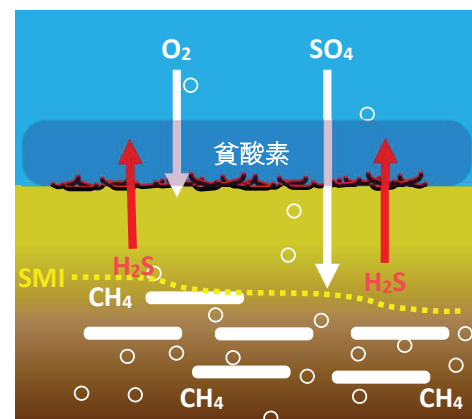


試験終了後—2



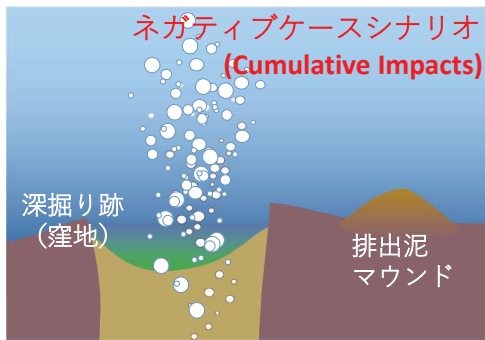
ネガティブケースシナリオ

- メタンフラックスの著しい増大  
中深層の生物に影響を及ぼす可能性  
大気へのメタン放出の増大（地球温暖化係数がCO<sub>2</sub>の25倍）
- 排出泥マウンドの形成  
底質の性状変化に伴う生息場所の消失
- 深掘り跡（窪地）の形成  
流動場の変化に伴う海水の滞留  
メタンの酸化（溶存酸素の消費と硫化水素の生成）による貧酸素化と青潮（硫化水素）発生



窪地内での貧酸素水塊と硫化水素の発生

## 試験終了後－1

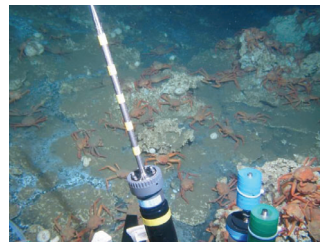
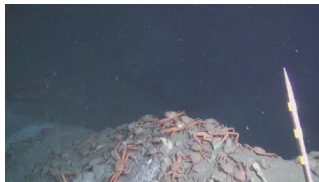


## 試験終了後－2

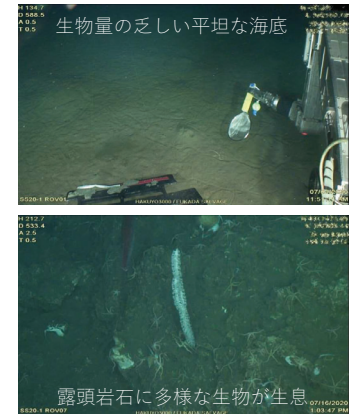


### ポジティブケースシナリオ

- 海底地形の多様化  
傾斜地（窪地・マウンド）や岩石露頭による生息場所の拡大
- ハイドレートの再形成  
メタンハイドレート生態系の再生



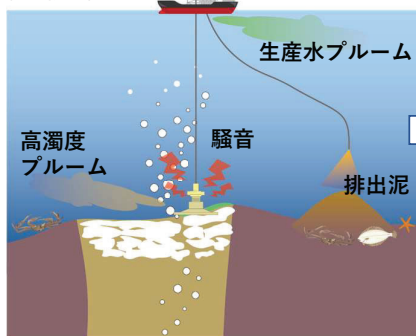
上越沖ROV観測写真



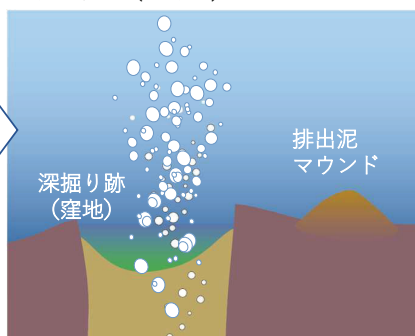
最上トラフROV観測写真

# 環境影響評価研究の目標

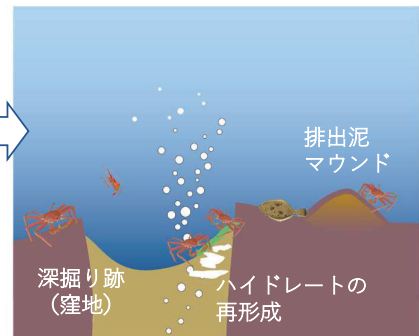
## 試験中



## 終了後（短期）



## 終了後（長期）



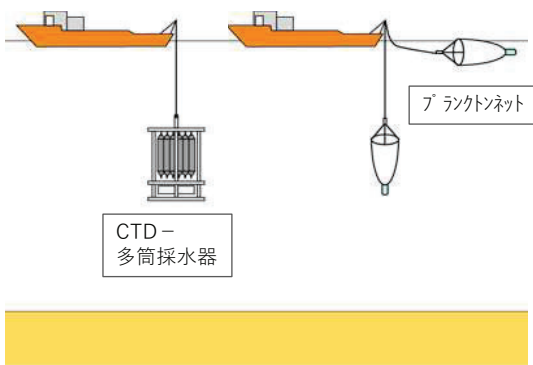
1. 産出試験によって生じうる影響を予測し、影響を最小限に抑える方策を検討する（**生産技術の検討・試験海域の選定と連携**）
2. 試験中に生じる環境影響を**監視（モニタリング）**する適切な手法を構築する
3. 生じた環境変動が試験の影響であるのか自然変動であるのかを評価し、前者の場合に適切な**緩和策・修復策**を検討する
4. 事業終了後もモニタリングを継続し、**短期から長期的な環境変動**を把握する
5. 懸念の回避だけでなく**ポジティブケースの実現を目指す**評価・長期的管理の方策を検討する

# 海域環境調査の内容と実施状況

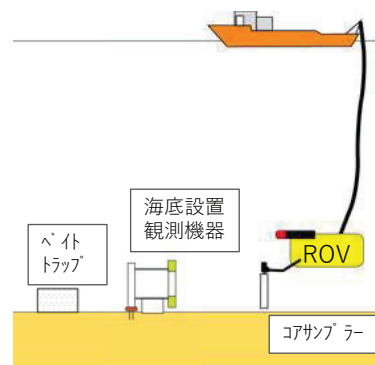
(A) 海底画像マッピング



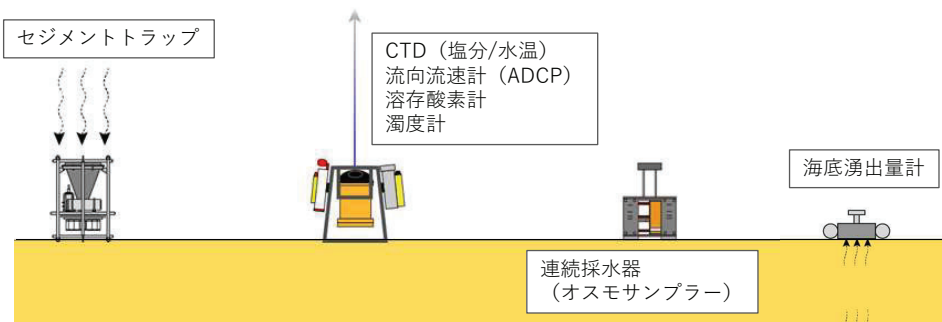
(B) 海洋観測



(C) 海底環境調査

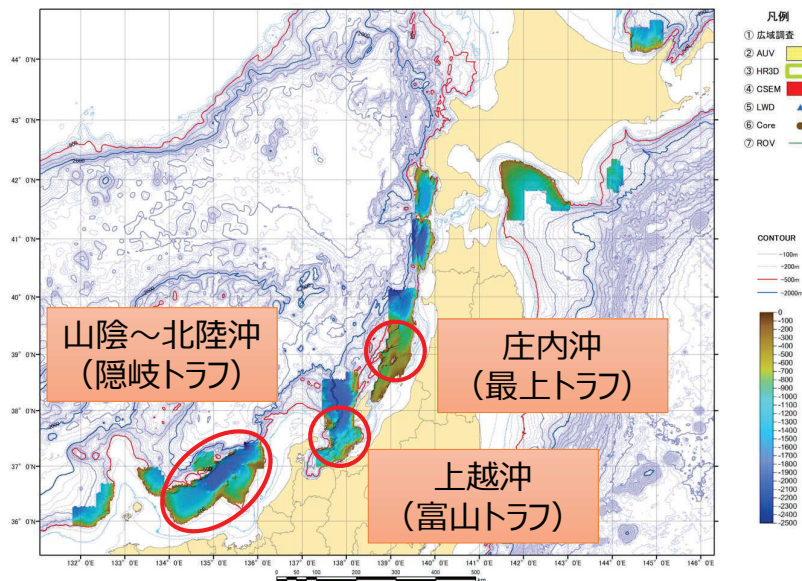


(D) 海底環境の長期モニタリング



# 海域環境調査の内容と実施状況

## 海洋調査・海域環境調査の実施予定海域

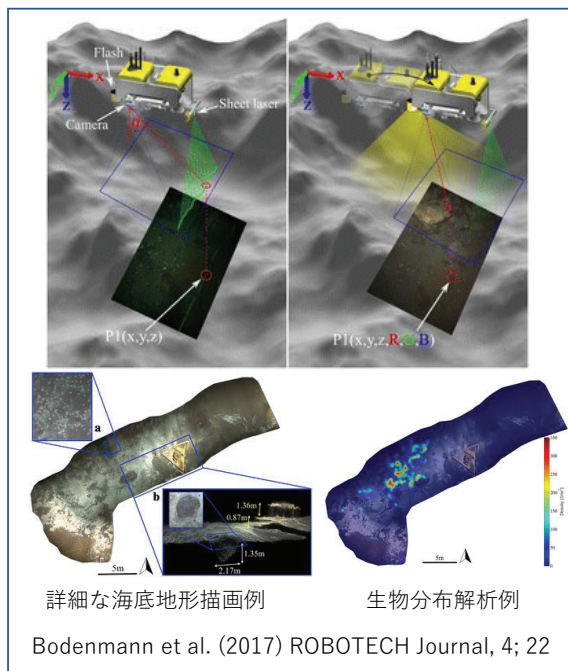
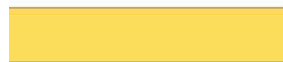
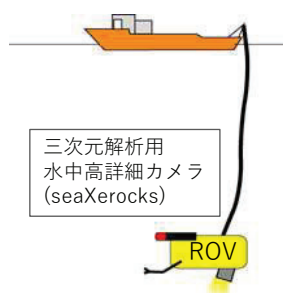


2020年度 庄内沖(最上トラフ) 実施済・実施中

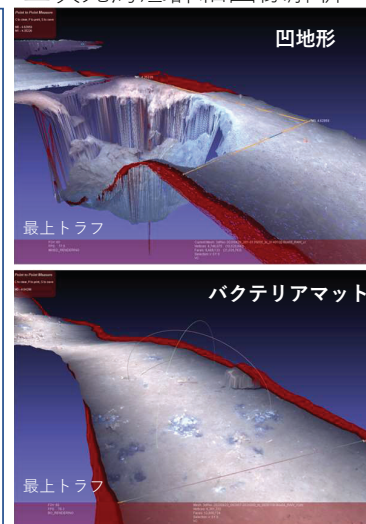
上越沖(富山トラフ) 計画中  
山陰～北陸沖(隠岐トラフ) 計画中

# 産総研 海域環境調査の内容と目的 – 海底画像マッピング

## (A) 海底画像マッピング



## 三次元海底詳細画像解析

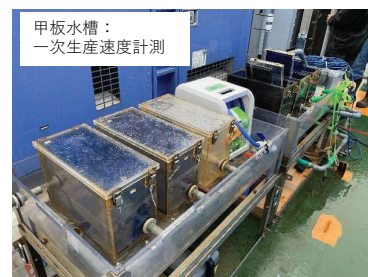
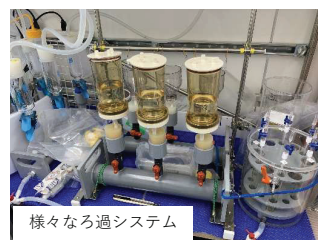
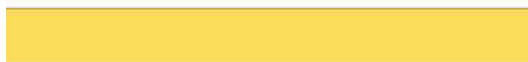
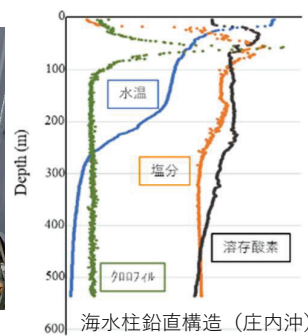
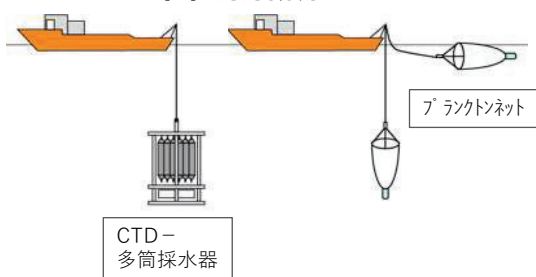


- 詳細地形データの取得 → 底層流動・プルーム動態予測
- 面的調査によるバクテリアマットなど特異点の探索 → 海底環境調査の効率化
- 底生生物の定量化 (AI判定) → 生息生物の広域・詳細分布把握



# 海域環境調査の内容と目的 – 海洋観測

## (B) 海洋観測



- 海水柱の物理場計測 → 生産水プルーム動態予測
- 採水：化学・生化学分析 → 環境ベースライン (水質)
- プランクトンネット・一次生産速度計測 → 環境ベースライン (生物群集動態解析)

# 産総研 海域環境調査の内容と目的 – 海底環境 (物質循環)

## (C) 海底環境調査

ペイト  
トラップ

海底設置  
観測機器

ROV

コアサンプラ

MBARI式コアサンプリング

バクテリアマット  
= 冷湧水域

炭酸塩岩採取

間隙水絞り出し

ROV  
はくよう3000

マイクロ電極計測

コア分取

• 冷湧水域の堆積物の化学・微生物学的な性状を評価  
⇒ MHに関連する物質動態 (炭素・硫黄・重金属) や微生物の  
役割を詳細に解明

# 産総研 海域環境調査の内容と目的 – 海底環境：生物

端脚類 (ヨコエビ)

エタノールに固定

庄内沖  
最上トラフ

上越沖  
富山トラフ

山陰~北陸沖  
隠岐トラフ

周辺海域からの加入

MH賦存域間の交流

クモヒトデ

カイメン

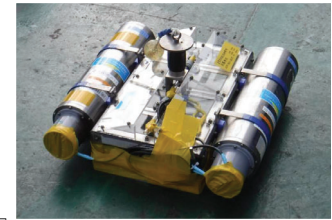
ベイトトラップ

今回サンプリングした96個体 (既存のデータベースには登録されていない種)

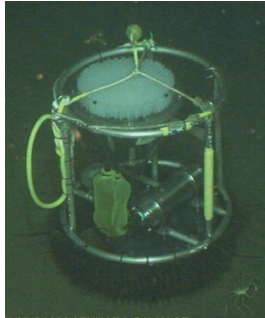
非公開データ

• 遺伝子解析 (ミトコンドリアCOI、SNPs)  
⇒ MH賦存域の生物特異性・多様性・連結性を評価

## (D) 海底環境の長期モニタリング



海底湧出量計



セジメントトラップ

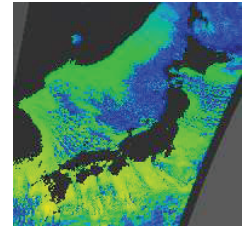


CTD/流向流速計/溶存酸素計/濁度計



オスモサンプラー

## リモートセンシングによる長期モニタリング

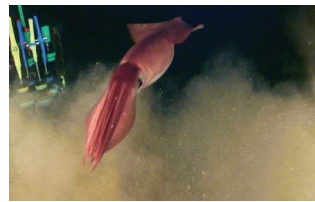
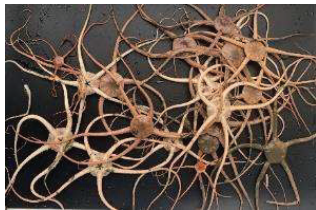


GCOM-C (しきさい) の海面光合成有効放射 (2019/11/20 1:42UTC  
[https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/jasmes/sli\\_nrt/index.cgi/](https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/jasmes/sli_nrt/index.cgi/))

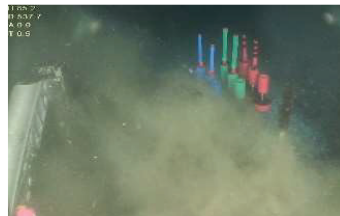
・海底環境の状態を通年で把握する ⇒ 季節変動・長期変動

## SS20-1(2020年7月) 航海速報

MH賦存域に多様で豊富な生物 ⇒ 遺伝子解析中 (特異性・多様性・連結性)

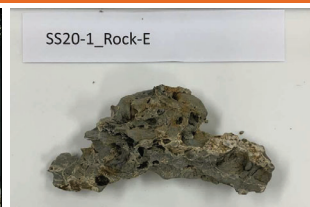
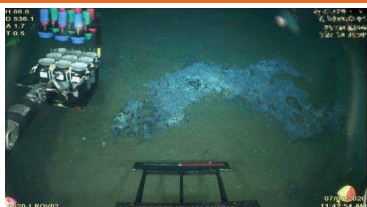


複雑な海底の流れ ⇒ 長期モニタリング (CTD・流速計・濁度計) に期待



バクテリアマットは微生物/化学反応のホットスポット

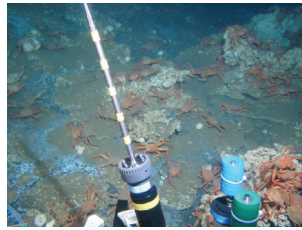
⇒ 環境影響評価にもインパクトのある科学的新知見創出! ?



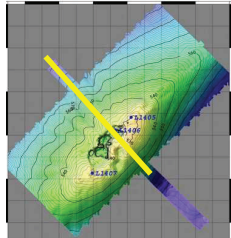
# 見えてきた課題：表層型MH生態系 ①

従来研究@上越沖  
 ハイドレートにベニズワイ  
 ガニが大量に蛸集！

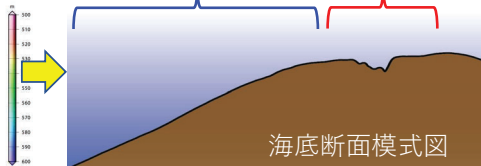
⇒ 表層型MH生態系？



最上トラフの観測では？

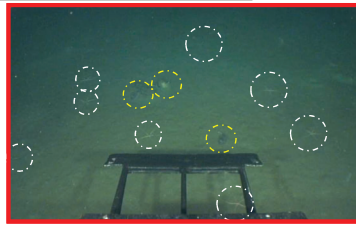


平坦でなだらかな斜面 MH賦存域の窪地



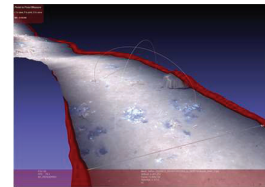
海底断面模式図

クモヒトデ、バイガイ生息密度 斜面 << 窪地



- 周辺の海底に比べてMH賦存域近傍で生物量が圧倒的に多い！？
- 多いとしたらなぜか？

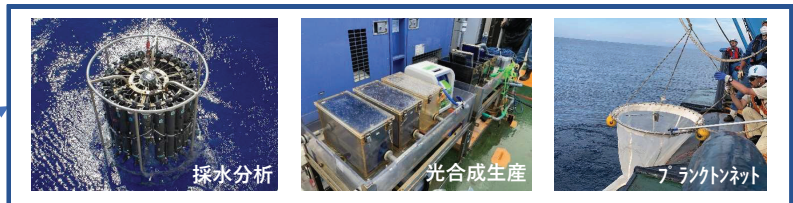
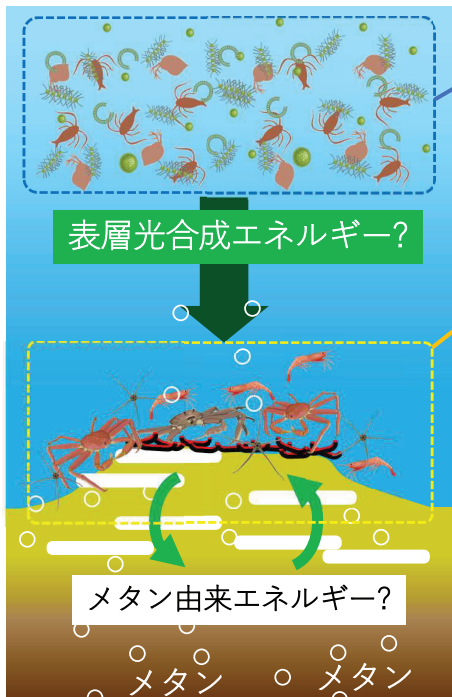
効率的な広域生物量分布を把握するためのベースライン調査手法の高度化



三次元海底詳細画像解析 (seaXerocks + AI解析など)

# 見えてきた課題：表層型MH生態系 ②

MH賦存域の生態系と物質循環



各種の化学/生化学分析・解析

- 有機物の安定同位体：食物網解析
- 種々の化学分析：鍵となる反応・物質を抽出
- 網羅的遺伝子解析：鍵となる微生物群集を抽出

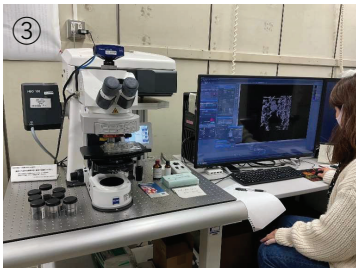
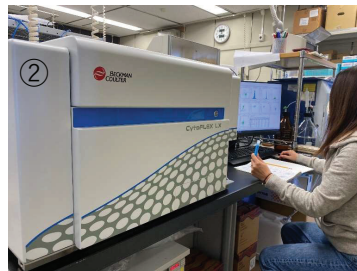
堆積物コアの細菌・古細菌群集構造解析結果 (MH賦存域)



バクテリアマット内

バクテリアマット外

# その他の調査・研究手法の高度化



マイクロ電極を用いた堆積物表面の微細化学性状の分析（ラボ及び現場）



- ① HPLC-ICP-MS（形態別微量金属分析）
- ② フローサイトメーター（群集組成）
- ③ 共焦点反射顕微鏡（バイオマツト）
- ④ 次世代シーケンサー（遺伝子解析）
- ⑤ GC-IR-質量分析計（エネルギー・食物網）



大型水槽による曝露試験：濁度・メタン・貧酸素・など



本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施しました。

調査航海にご協力いただいた船舶乗組員、調査員の方々並びに関係各位に感謝申し上げます。

ご清聴、ありがとうございました。



---

■ 発行日	2020年12月17日(木)
■ 主催・発行	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 エネルギープロセス研究部門・環境創生研究部門 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門・地質情報研究部門
■ お問い合わせ	表層型メタンハイドレート事務局 M-smh.office-ml@aist.go.jp

---