

環境影響評価の概要と進捗

産業技術総合研究所
環境創生研究部門
塚崎 あゆみ

本研究は、経済産業省のメタンハイドレート研究開発事業の一部として実施しました。

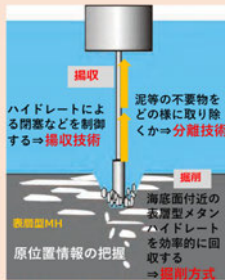
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

1

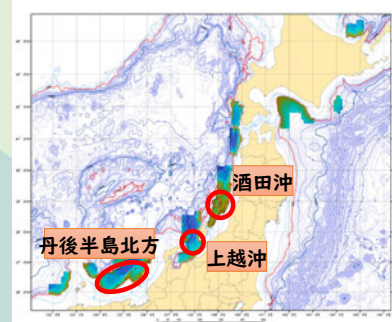
表層型メタンハイドレートの開発に向けた取組



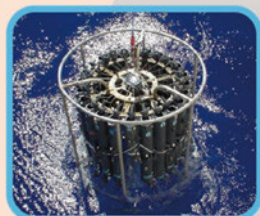
生産技術の開発



海洋産出試験実施場所の特定に向けた海洋調査



海底地形(着色部)は、広域地質調査(2013~2015)実施海域



表層流動場

微生物・食物網・
化学反応

底層流動場

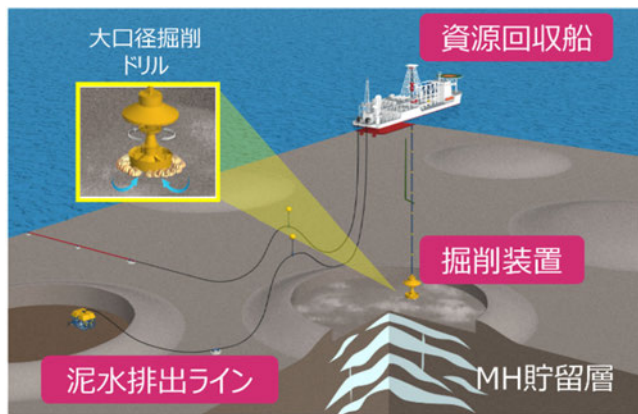


生産技術に係る環境への影響
当該海域の環境特性の解明
環境ベースライン調査・モニタリング
環境計測手法の高度化・最適化

環境影響評価

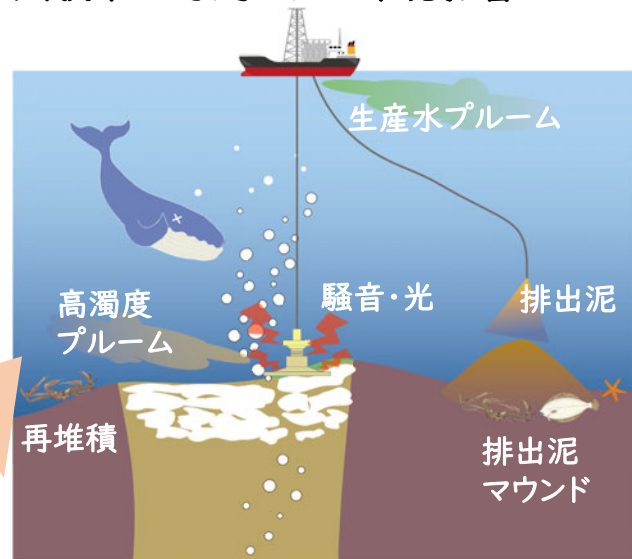
本研究開発事業の環境影響評価の特徴

海底環境を直接攪乱

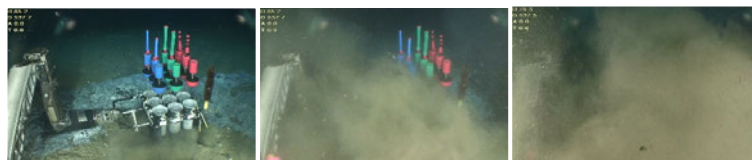
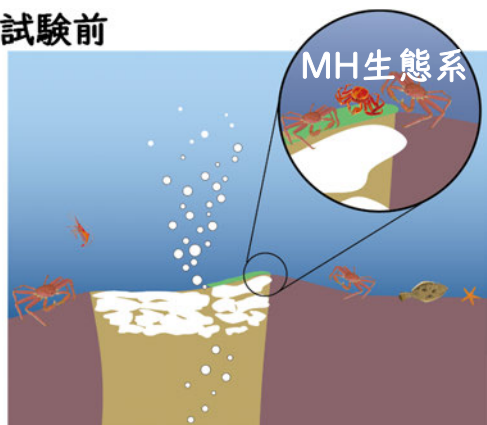


三井E&S造船(株)、清水建設(株)、日本大学

試験中に想定される環境影響



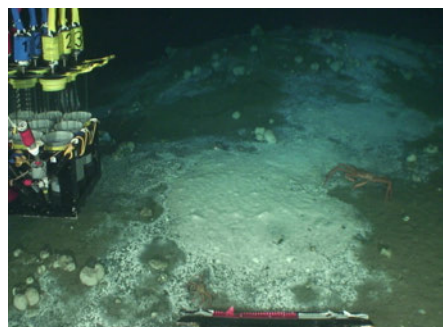
試験前



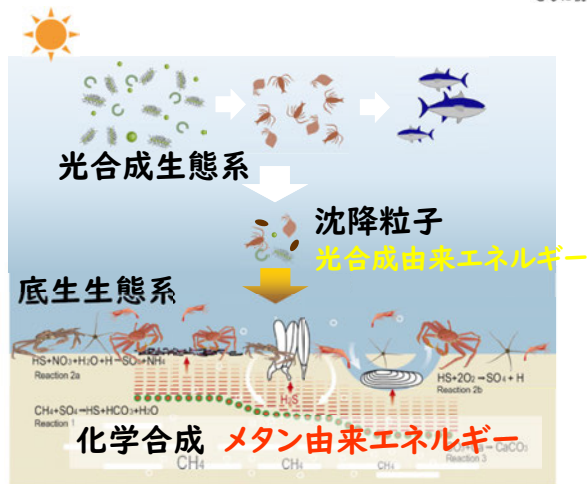
ROV採泥で発生した小規模の高濁度プルーム

本研究開発事業の環境影響評価の特徴

特異的な環境・化学合成生態系



パッチ状に発達した微生物マット



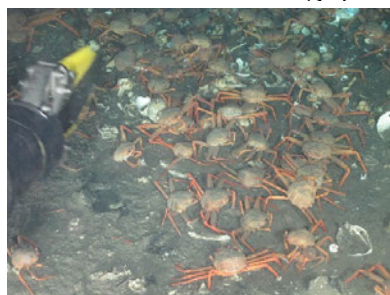
Suess (2014) に加筆

他の産業との近接・競合



メタンシープ

ベニズワイガニの蛸集



1. 表層型MH賦存海域の特性解明

環境影響評価に必要なプロセス・パラメータ抽出
⇒物理・化学・生物・生態学的特性

2. 調査手法・解析手法の検討

- ・既存のBAT (Best Available Techniques)
- ・新規に開発

3. 環境ベースライン調査

- ・上記1と2を元に、適切な調査手法を構築・実施
- ・データ集積

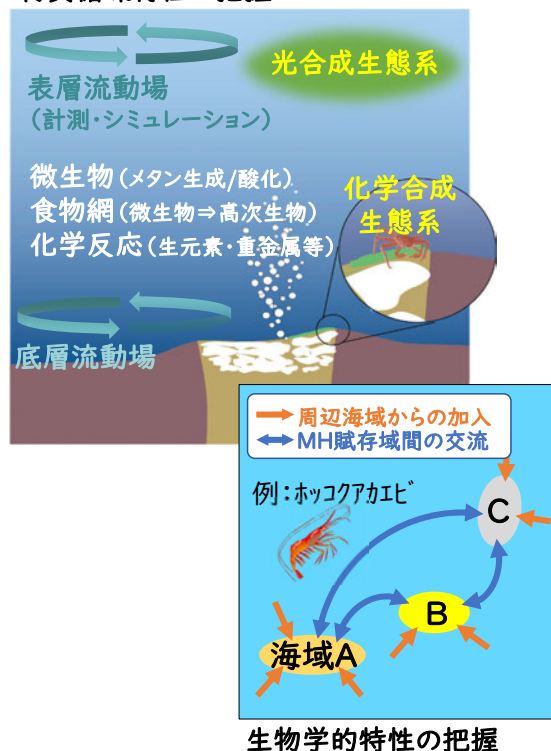
4. 環境モニタリング (監視)

事中: 懸念された影響が生じていないか?

＝予測される自然変動を超えていないか?

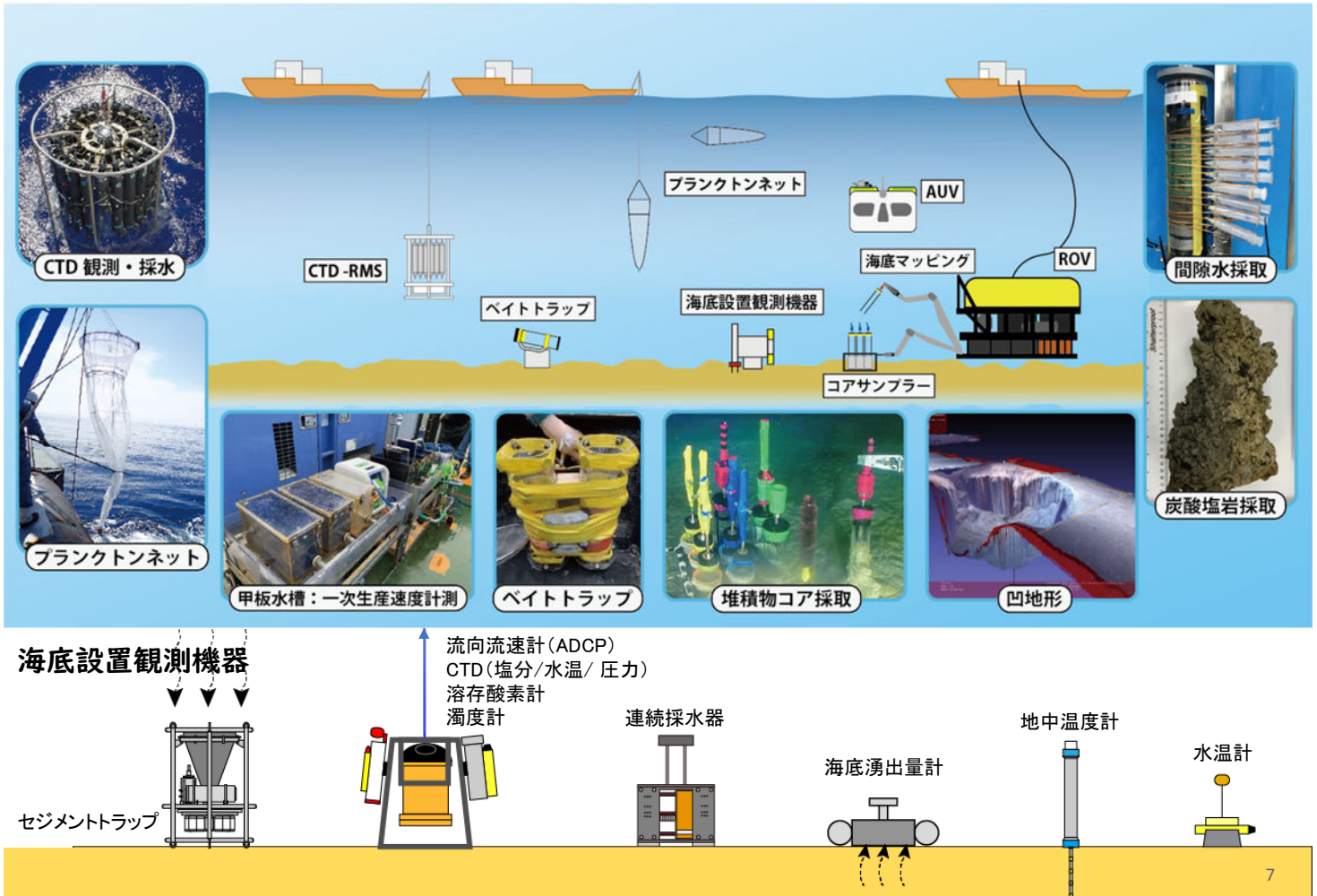
事後: 長期的な影響評価と生態系等の回復をモニタリング

物質循環特性の把握



環境影響評価に関わる海洋調査の実績

	2020	2021	2022	2023	2024
海洋観測 (水柱)	酒田沖	上越沖	上越沖	酒田沖	
ROV調査	酒田沖	上越沖	上越沖	上越沖 酒田沖	上越沖 酒田沖
長期モニタリング	酒田沖		上越沖		
地盤強度評価 (掘削)		酒田沖	上越沖	酒田沖	
ホバリング型 AUV調査				上越沖 酒田沖	上越沖 酒田沖



水柱～堆積物の化学的特性及び物質動態解明

【海域環境調査】
 海洋観測
 実験・解析用の試料・パラメータの取得

【環境影響評価手法の検討・高度化】
 キーワード：メタン、栄養塩、有機物、炭酸系、酸素、硫黄、金属元素、陰イオン、年代測定、フラックス、群集構造、生物の連結性、同位体解析、流動場

実験データに基づく観測手法の高度化

フローサイトメトリー
 プランクトン・微生物群集
 出典：ベックマン・コールター

DNAシーケンサー

共焦点反射顕微鏡
 微生物マット3D観察

安定同位体比分析
 バルク・分子レベルの食物網解析

超高感度・広ダイナミックレンジ栄養塩計測

FlowCAM
 メイオセントス画像網羅的取得

流動予測

衛星データ解析
 基礎生産速度
 表面水温
 濁度

堆積物マイクロプロファイリングシステム

【MH生態系モデルの検討】

水槽による曝露実験等

研究成果：海底のメタン動態の評価

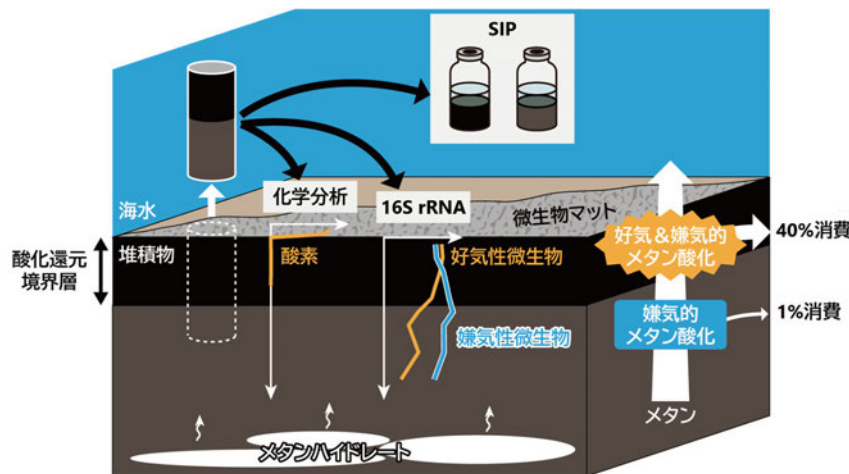
高感度安定同位体プローブ (SIP) 法・RNA分析



+ 化学分析、遺伝子・脂質バイオマーカー分析

- ✓ 堆積物中の微生物の鉛直分布と活性を解明
- ✓ 好気性・嫌気性微生物の共存領域を発見
- ✓ 微生物の現場活性・分布を考慮したメタン消費率が明らかに

Miyajima et al. (2024)



産総研プレスリリース (2024. 03)



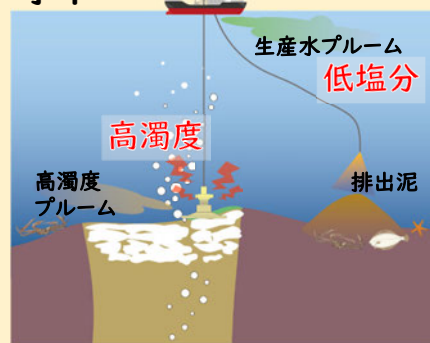
発表・掲載日：2024/03/11
メタンハイドレートが分布する海底のメタン動態を評価
～好気性・嫌気性微生物の共存がメタン消費のカギ～

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240311/pr20240311.html

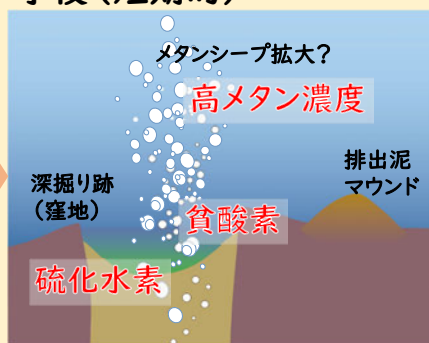
研究成果：生物への影響評価

懸念されるストレス要因

事中

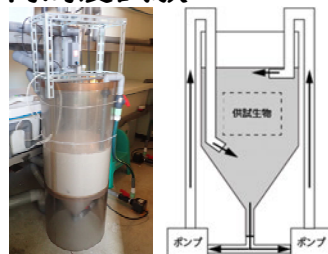


事後 (短期的)

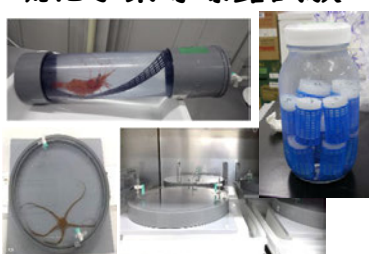


各生物・各ストレス因子に最適化した実験系を構築

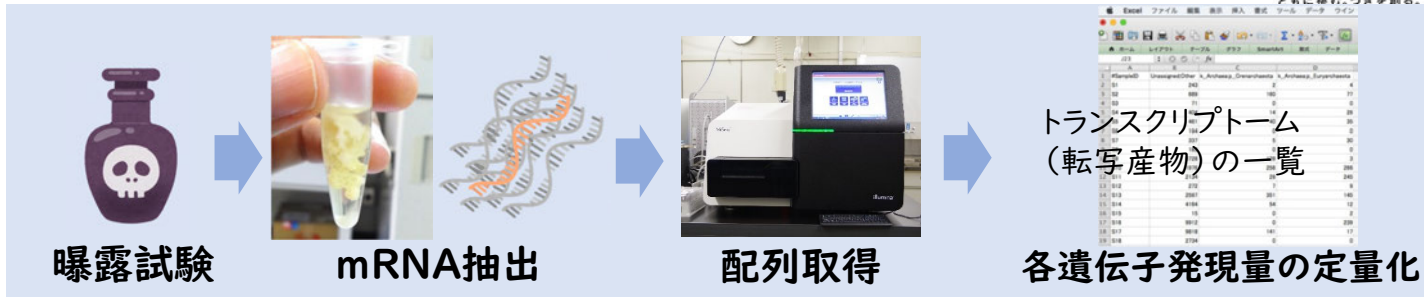
高濁度試験



硫化水素等曝露試験



- ✓ 生残率
- ✓ 異常行動発生率
- ✓ 急性致死影響濃度の閾値



致死影響や異常行動のみられなかった個体にも傷害応答反応が始まっている可能性を示唆

ホッコクアカエビ曝露試験

溶存酸素

- 飽和度 25% 下の生残率 75%、生残個体は 33% で遊泳鈍化
- RNA-seq 供試個体と曝露条件
- 対照区 (C): 100% (n=3)
- 実験区 (E): 25% (n=3)

遺伝子発現全体の比較

トランスクリプトームと遺伝子発現量を推定し、各個体で比較したヒートマップ

推定・フィルタ後のトランスクリプトーム数 18093

遺伝子発現変動遺伝子の抽出と比較

遺伝子発現を調整済 p 値 (Benjamini-Hochberg FDR 法) 順に並べた発現変動遺伝子 (実験区内の発現変動が大きいものは除外)

調整済 p 値	対照	実験	遺伝子発現変動遺伝子
4.8E-08	48.0	0.0	XP_047498261.1 cytosolic F ₁ domain assembly factor NBP2 homolog (Paraus chinensis)
4.8E-07	88.0	6.0	XP_047497781.1 cytochrome b-558-like cytochrome b-558 (Paraus chinensis)
5.8E-06	1.0	118.0	XP_047499860.1 cytochrome oxidase subunit II (Paraus chinensis)
5.8E-06	1.0	7.0	XP_047499861.1 cytochrome oxidase subunit I (Paraus chinensis)
5.8E-06	1.0	137.0	XP_047498113.1 cytochrome oxidase subunit I (Paraus chinensis)

電子伝達・酸化還元反応・触媒反応に関わる遺伝子の発現減
構造タンパク質合成に関わる遺伝子の発現増

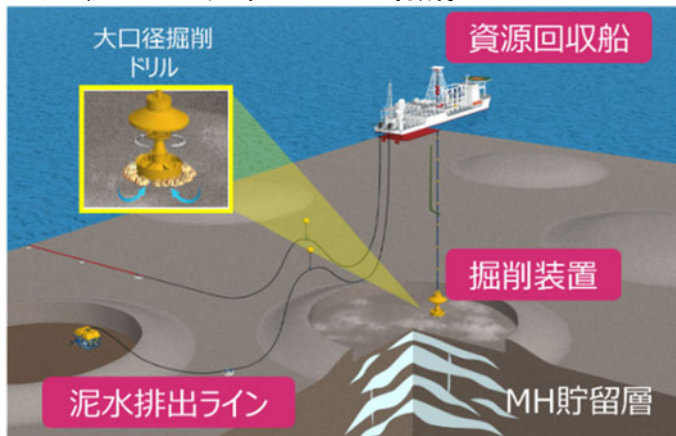
ヨコエビ高温曝露試験



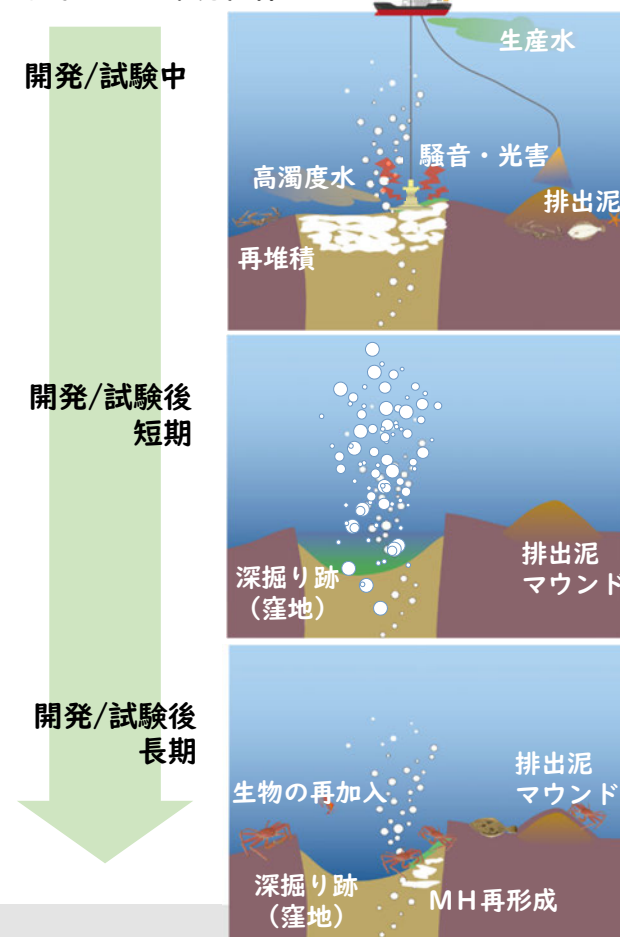
依藤他 (2024) 11

掘削調査を利用した環境影響評価手法の検討

大口径ドリル方式によるMH掘削のイメージ



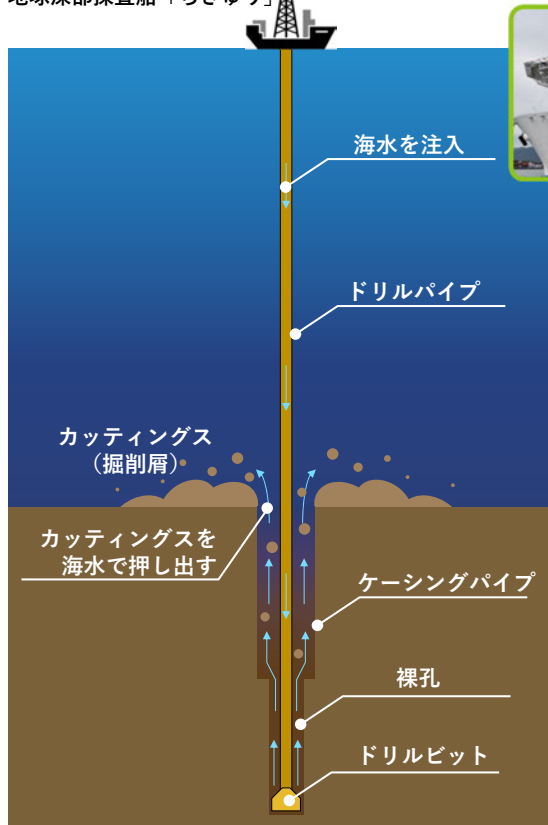
想定される環境影響シナリオ



海底地盤強度調査の掘削を
表層型MH開発/海洋産出試験に伴う
海底攪乱とみなして周辺環境への影響
評価手法を検討

掘削調査を利用した環境影響評価手法の検討

地球深部探査船「ちきゅう」



掘削屑
 性状: 堆積物・炭酸塩岩・MH等
 排出量: 5~7 m³/100 m (掘削長当たり)
 ※ ビット径などからの推定値 (~10 ton程度)

掘削影響評価

再堆積の範囲・度合い

地形・底質・生物マッピング

水質・底質

流況・濁度・海中音

レーザーレス掘削の概要

JAMSTEC「ちきゅう」のサイトを参考に作図
 ※当該掘削調査ではケーシングパイプは使用しない

掘削調査 (地盤強度調査) と掘削影響調査

酒田沖 (酒田海丘)	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025
掘削調査 (コア採取, WL検層) (地盤強度調査)	PS21 Poseidon-1		CK23-02C ちきゅう		
詳細地形地質調査 (音響探査) 航行型AUV「Deep1」					2年後 (船舶未定)
掘削影響調査 (海底画像撮影) ホバリング型AUV「YOUZAN」			直前 直後 1K23-3 第一開洋丸	1年後 SS24-1 新世丸	2年後 (船舶未定)
掘削影響調査 (試料採取, 海底観察) ROV「はくよう3000」/「KAIYO3000」					
掘削影響調査 (音響探査) ROV「KAIYO3000」					

SK-MH

上越沖 (上越海丘, 海鷹海脚北部)	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025
掘削調査 (コア採取, WL検層) (地盤強度調査)		CK22-03C ちきゅう	CK23-02C ちきゅう		
詳細地形地質調査 (音響探査) 航行型AUV「Deep1」				2年後, 1年後 SR24 新竜丸	
掘削影響調査 (海底画像撮影) ホバリング型AUV「YOUZAN」		UTN-RE	7ヶ月後 8K23 第八海工丸	JK-RE2	
掘削影響調査 (試料採取, 海底観察) ROV「はくよう3000」/「はくよう」		直前 SS22 新世丸	1ヶ月後 SN22 新日丸	2年後 SS24-1 新世丸	
掘削影響調査 (音響探査) ROV「KAIYO3000」			10ヶ月後		

JK-MH

◆ 詳細海底地形と再堆積層分布(及び底質分布)の把握

- 海底画像 (AUV「YOUZAN」, ROV「SeaXerocks」)
- 音響探査 (ROV_SSS, AUV_MBES/SSS/SBP)
- 堆積物試料(コア): プッシュコア, 「ちきゅう」2mコア
- GISマッピング

共通基盤データ

◆ 堆積層及び直上海水の地球化学

- 採泥試料 (ROV): プッシュコア(+ちきゅうコア), エクマン採泥試料
- 採水試料 (ROV)
- センサー観測 (ROV, 海底設置機器)

◆ 掘削孔周辺海水の海洋物理

- 海底設置機器 (ADCP等)
- シミュレーション ← 詳細海底地形データ

◆ 掘削孔周辺海底の生物環境(マクロ, ミクロ)

- 海底画像 (AUV「YOUZAN」)
- 生物試料 (ROV)
- 遺伝子解析 (採水, マスポンプ)

◆ 総合解釈

- 上記全データ, 経年変化

環境影響評価

生産手法開発(機器設計)

・上越沖及び酒田沖MH胚胎域での掘削影響調査(1)

音響探査、海底画像、表層堆積物から推定した再堆積層分布

産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

浅田 美穂

・上越沖及び酒田沖MH胚胎域での掘削影響調査(2)

ホバリング型AUV「YOUZAN」を用いた海底画像撮影と生物への影響

いであ株式会社

加藤 正悟

・上越沖及び酒田沖MH胚胎域の特徴的な元素動態と底生生物群集

産業技術総合研究所 環境創生研究部門

太田 雄貴