

## ＜表層型メタンハイドレートの研究開発＞

# 進捗状況報告

2023年11月6日  
産業技術総合研究所

# 回収・生産技術に係る要素技術開発の進捗状況

# 表層型メタンハイドレートの回収技術に係る要素技術評価

- 表層型メタンハイドレートの生産技術に係る「要素技術」（採掘技術・分離技術・揚収技術）の評価を踏まえ、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。



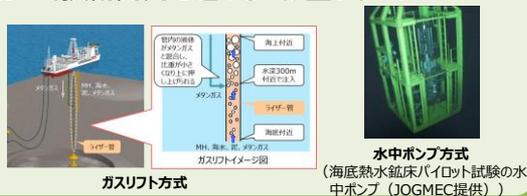
### 分離技術

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

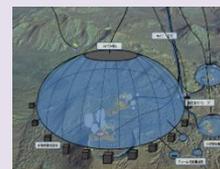
要素技術との組み合わせの検討や生産システムとしての検討を行う上で必要な技術開発を実施。

【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

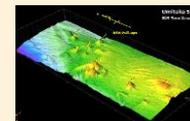


泥層内の分解挙動の把握のための物性測定

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



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。**

【出典】 第38回開発実施検討会 資料5 [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/methane\\_hydrate/pdf/038\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methane_hydrate/pdf/038_05_00.pdf)

# 大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式のための陸上試験

【三井海洋開発(株)・日本大学・北見工業大学・北海学園大学】

- ✓ 海底下数10mにおける軟泥地盤を想定した模擬地盤にて掘削機能を確認する陸上試験を10月20日に実施。
- ✓ また、大型氷を用いた掘削性能試験を2023年2月に実施。



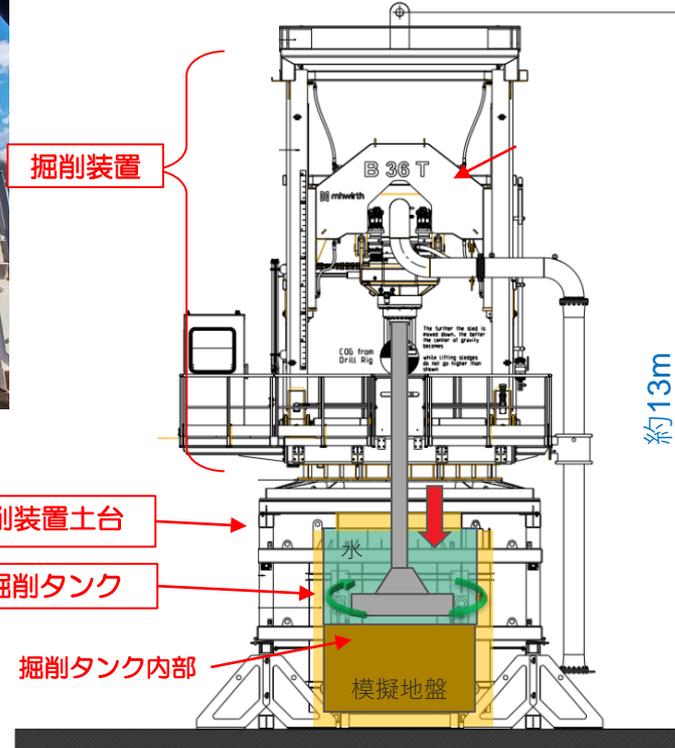
三井海洋開発(株)提供

掘削装置外観



三井海洋開発(株)提供

掘削試験設備全景



掘削装置土台

掘削タンク

掘削タンク内部

模擬地盤

約13m

掘削試験に用いる掘削ドリルは、  
商業化時における掘削ドリル (Φ7.2m) の  
約1/2.7 スケール (Φ2.65m) とした

MHWirth

掘削装置 正面図

# 大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式のための陸上試験

【三井海洋開発(株)・日本大学・北見工業大学・北海学園大学】

掘削刃の違いによる掘削性能の差異の把握を目的に、3種類の掘削刃を用いて、模擬MHとなる大型氷を掘削し、実験データ取得を行った。

※ドリルおよびカッターは、MHWirth製



ドリル全貌

試験用の掘削ドリル：Φ2.65m  
(商業化時の掘削ドリルΦ7.3mの  
約1/2.7スケール)



ラウンドシャンクスクレーパ  
& リッパ



ボタンカッター



ツースカッター



ソフトな地盤に対応

地盤強度 (一軸圧縮強さ)

ハードな地盤に対応

# 大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式のための陸上試験

【三井海洋開発(株)・日本大学・北見工業大学・北海学園大学】

※ドリルおよびカッターは、MHWirth製

ラウンドシャンクスクレーパ&リップ での試験結果例



ラウンドシャンクスクレーパ  
&リップ



ボタンカッタ



ツースカッタ



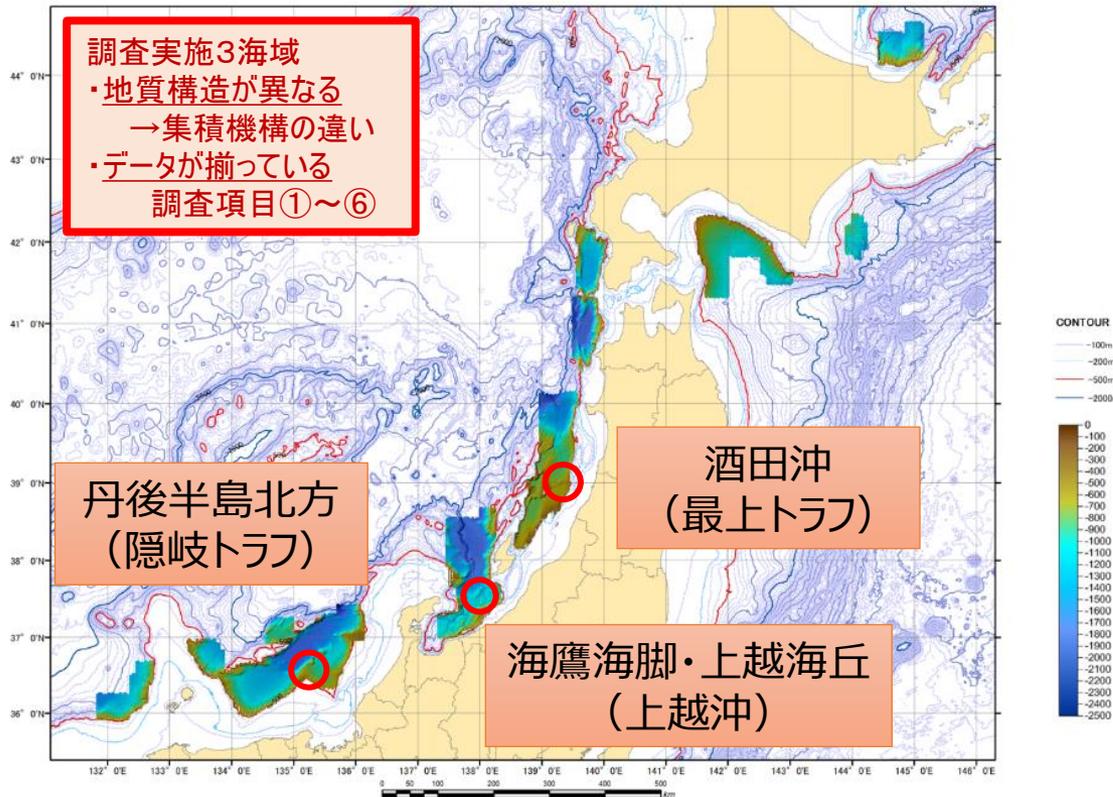
掘削刃により掘削物の形状に違いが見られた

# 海洋調査・海域環境調査の進捗状況

# 海洋調査・海域環境調査の実施海域と調査項目

- 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。

## 海洋調査・海域環境調査の実施海域



海底地形（着色部）は、広域地質調査(2013～2015)実施海域

## 調査項目（使用船舶別）

- 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<掘削調査船>
  - ⑩地盤強度調査
  - ⑫海底環境調査
- 海域環境調査<ROV/AUV>
  - ⑪海底画像マッピング
  - ⑫海底環境調査・掘削影響調査
- 海域環境調査<海洋観測船>
  - ⑬海洋観測

番号（丸数字）は次ページの表に対応

※実施時期や調査項目については、地元関係者等と調整した上で実施しています。

# 海洋調査・海域環境調査の進捗状況

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 (隠岐トフ)	海鷹海脚・上越海丘 (上越沖)	酒田沖 (最上トフ)
①広域地質調査 (ガスチムニー構造の探索)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2013)	実施済 (2014)
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 (2014)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2014)
③海洋電磁探査 (比抵抗分布の把握)	実施済 (2015)	実施済 (2014)	実施済 (2017)
④掘削同時検層 (坑井の物性測定)	実施済 (2015)	実施済 (2014, 2015)	実施済 (2014)
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 (2015)	実施済 (2014, 2015)	2021, 2023
⑥ROV潜航調査 (簡易環境把握調査)	実施済 (2015)	実施済 (2013-2015)	実施済 (2014)
⑦高分解能三次元地震探査 (精密地下構造探査)	2021	実施済 (2015)	2019
⑧熱流量調査 (賦存領域下限深度の把握)	-	2022-2023	2020-2021
⑨海底機器観測 (底層流等のモニタリング) <+環境>	-	2022-2023	2020-2021
⑩地盤強度調査 (検層・室内土質試験) <+環境>	-	2022, 2023	2021, 2023
⑪海域環境調査 (A) (海底画像マッピング) <+海底状況>	-	2021, 2022, 2023	2020, 2023
⑫海域環境調査 (B) (海底環境調査+掘削影響調査)	(実施中)	2021, 2022, 2023	2020, 2023
⑬海域環境調査 (C) (海洋観測)	(実施中)	2021, 2022	2020, 2023

既現地海底調査が困難なためデータ利用や別ルートでの試料入手を検討

青：昨年度までに実施済 赤：本年度（2023年度）実施 紫：来年度以降の実施検討中

※実施時期や調査項目については、地元関係者等と調整した上で実施しています。

# 地盤強度調査（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 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**）を取得するために**海洋調査**や**海域環境調査**を実施。地盤強度調査はその一環。



大口径ドリルの設計



掘削システムの設計

（出典：MHWirth）

大口径ドリル等による  
機械的な掘削を検討

↓  
掘削機器の設計のために  
MHが含まれる地層の  
強度等の情報が必要

不均質な地層で起こりうる  
法面崩壊と埋設（掘進障害）

MHを安定に回収するため  
には、掘削坑の壁面や法面  
の安定性についての検討が  
必要

↓  
不均質な地層の地盤強度  
についての情報が必要

理想的な施工

## ■ 地盤強度調査の目的

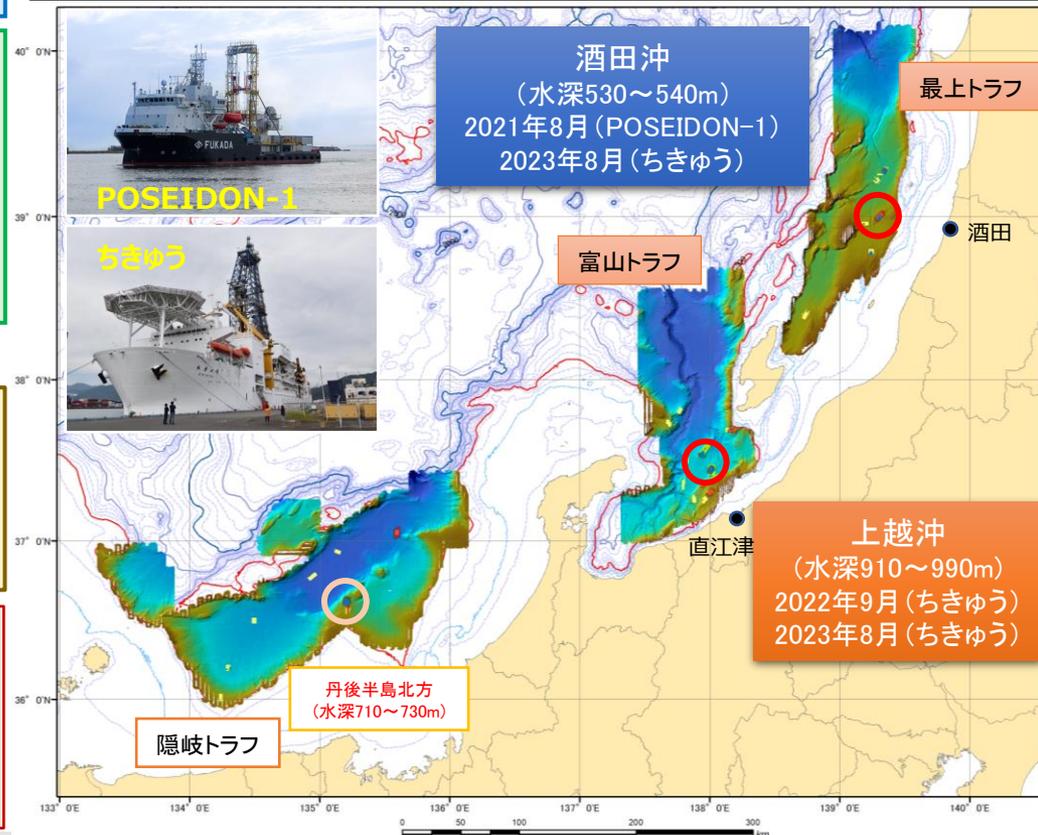
表層型MH胚胎地域における、海底面からBGHS（MH安定領域下限深度）付近までの**表層型MH貯留層を構成する地層（堆積層）の地盤強度の把握**

## ■ 調査項目

- ・ **現位置試験（CPT：コーン貫入試験）**：酒田沖のみ
- ・ **室内土質試験（地質試料採取）**
- ・ **ワイヤライン（WL）検層**：酒田沖はPS検層のみから**地盤強度情報を取得**

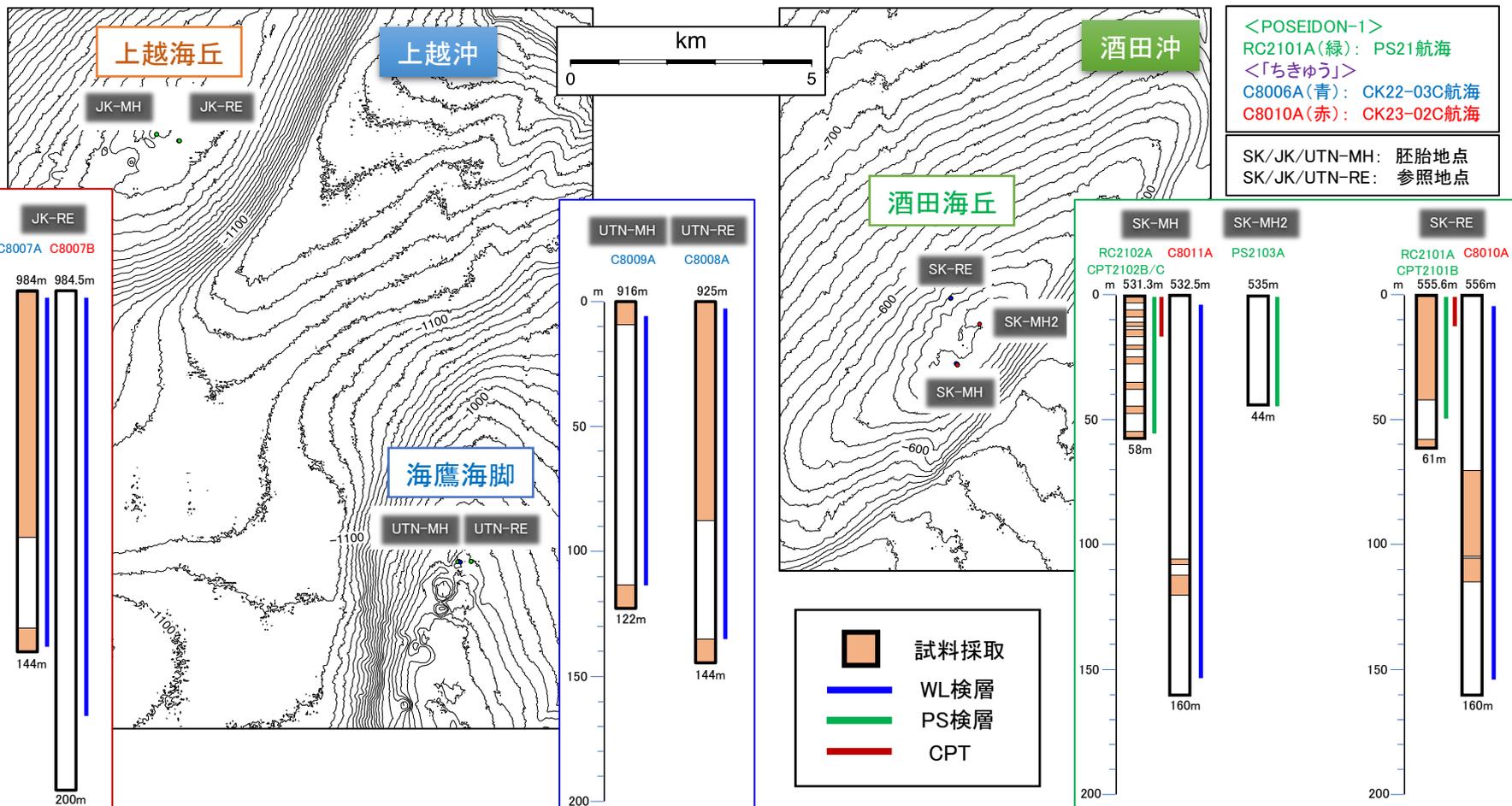
## ■ 海底地盤強度調査の実施海域

- **酒田沖（酒田海丘）**：「POSEIDON-1」PS21航海（CPT，試料採取，PS検層）
- **酒田沖（酒田海丘）**：「ちきゅう」CK23-02C航海（試料採取，WL検層）  
胚胎地点（2地点）+参照地点（1地点）
- **上越沖（上越海丘，海鷹海脚）**：「ちきゅう」CK22-03C航海（試料採取，WL検層）
- **上越沖（上越海丘）**：「ちきゅう」CK23-02C航海（WL検層）  
胚胎地点（2地点）+参照地点（2地点）



# 地盤強度調査（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 地盤強度調査として、2021年に酒田沖でコーン貫入試験（CPT）、地質試料採取（室内土質試験用）及びPS検層を、2022年に上越沖、2023年に酒田沖及び上越沖で地質試料採取（室内土質試験用）及びワイヤライン（WL）検層を実施し、これらのデータの解析を進めている。
- 2022年の上越沖（上越海丘）及び2023年の酒田沖（酒田海丘）での掘削調査の前後で、ROV及びAUV（2023年のみ）を用いた掘削影響事前・事後調査を実施



# 地盤強度調査（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 地盤強度調査として、2021年に酒田沖でコーン貫入試験（CPT）、地質試料採取（室内土質試験用）及びPS検層を、2022年に上越沖、2023年に酒田沖及び上越沖で地質試料採取（室内土質試験用）及びワイヤライン（WL）検層を実施し、これらのデータの解析を進めている。
- 2022年の上越沖（上越海丘）及び2023年の酒田沖（酒田海丘）での掘削調査の前後で、ROV及びAUV（2023年のみ）を用いた掘削影響事前・事後調査を実施

## ◆ 酒田沖（「POSEIDON-1」PS21航海）：2021年実施

- 原位置におけるCPT計測を実施
- 室内土質試験用の地質試料（堆積物コア）を採取  
⇒ 航海終了後に室内土質試験を実施
- コア取得後に同じ坑井でWL検層（PS検層）を実施
- 音波検層（PS検層）結果とCPT及び室内土質試験の結果は**良い相関**を示す
- CPTツールはMHや炭酸塩岩など硬い岩石の多い地層では、**リスクが大きい** → WL検層で代替可能



CPTツール先端



PS検層ツール



コアのCT画像（断面）



コア処理

## ◆ 上越沖（「ちきゅう」CK22-03C航海）：2022年実施

## ◆ 酒田沖及び上越沖（同CK23-02C航海）：2023年実施

- 室内土質試験用の地質試料（堆積物コア）を採取  
⇒ 航海終了後に室内土質試験を実施
- 採取した堆積物コアのうち室内土質試験に供しないコアの半割断面で、**貫入抵抗試験、ベーン剪断試験**を船上で実施
- コア取得後に同じ坑井で**各種WL検層**を実施（原位置CPTの代替）
- **室内土質試験**（解析中）と**各種WL検層**（解析中）の結果を**対比予定**



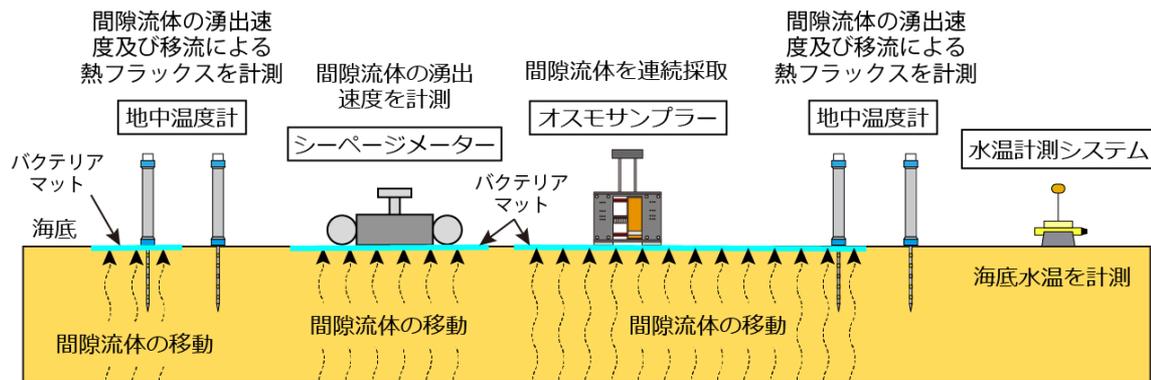
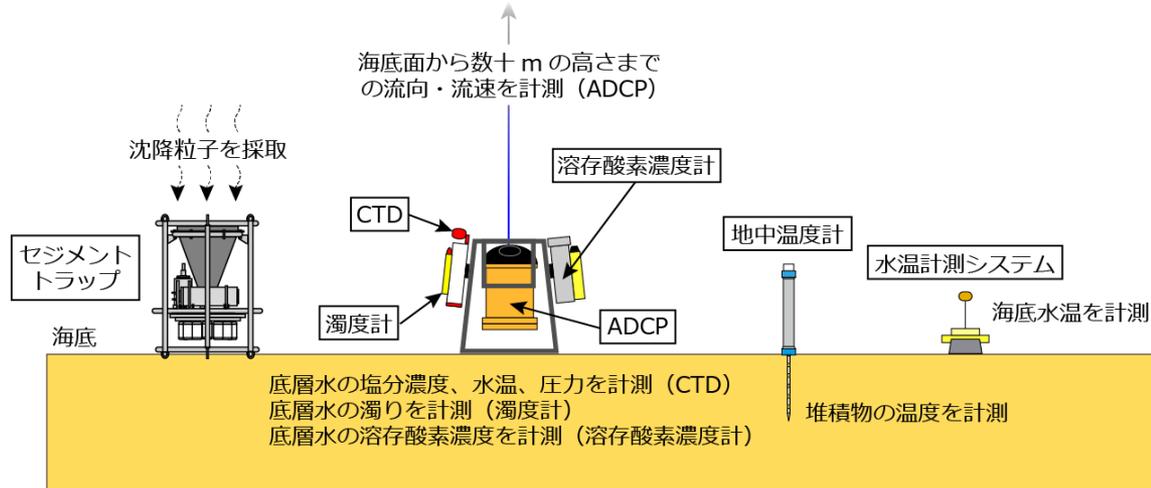
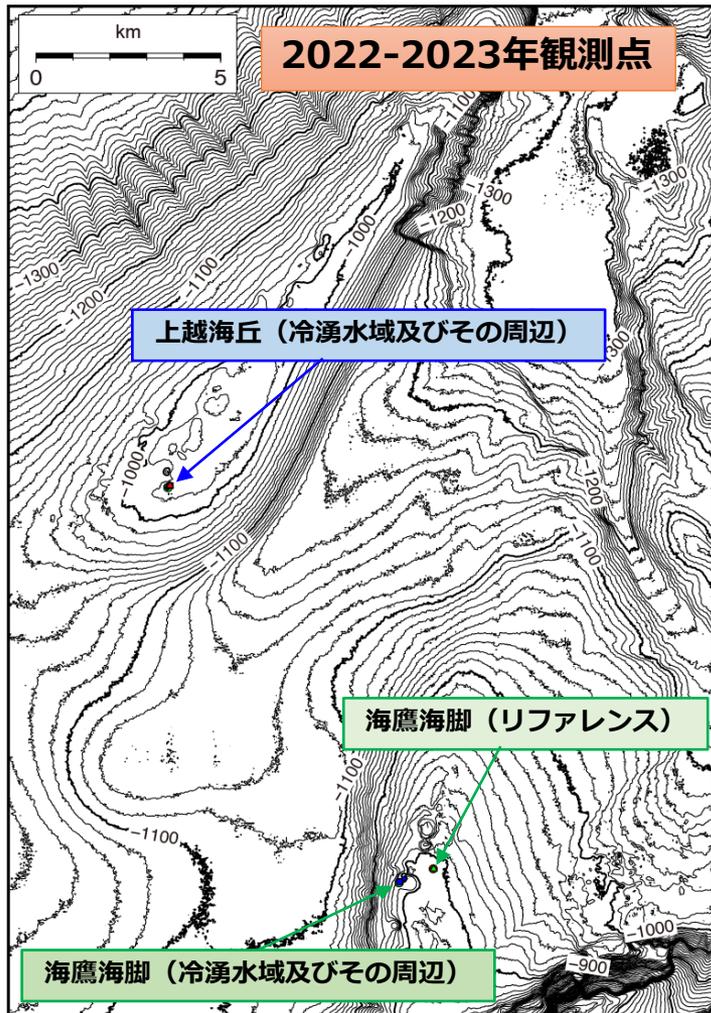
ベーン剪断試験



室内土質試験

# 海底機器観測（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 海底の現場状況を把握するための調査として、2022年から2023年にかけて 上越沖（上越海丘及び海鷹海脚） で、海底に機器を設置して長期モニタリング観測を実施し、これらのデータの解析を進めている。



# 海底機器観測（海底の状況等を把握するための海洋調査）

- 海底の現場状況を把握するための調査として、2022年から2023年にかけて上越沖（上越海丘及び海鷹海脚）で、海底に機器を設置して長期モニタリング観測を実施し、これらのデータの解析を進めている。

## 長期モニタリング観測機器の海底設置状況（写真）



ADCP、CTD、濁度計、溶存酸素計



セジメントトラップ



シーページメーター、オスモサンプラー



地中温度計（バクテリアマット内）



地中温度計（バクテリアマット近傍）



水温計測システム

# 「環境影響評価」に関わる海洋調査の実績：2022～2023年度詳細

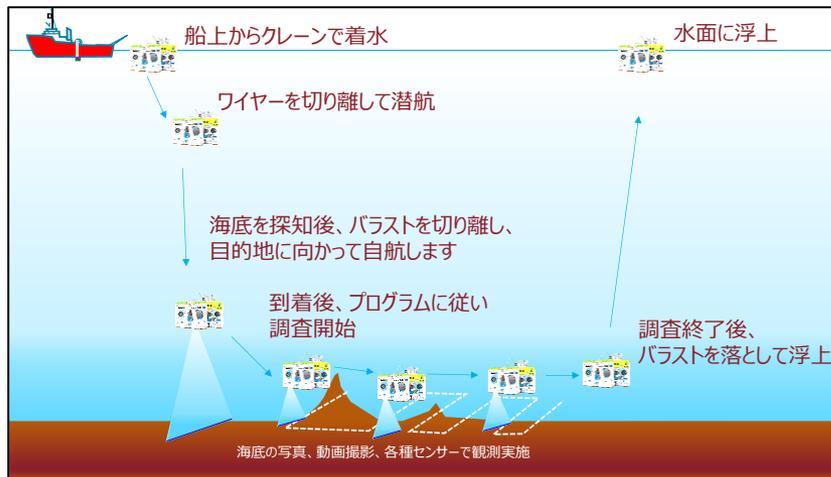
	2022	2023
海洋観測（洋上）	上越沖CTD観測	1K23-1航海 酒田沖CTD観測 7/7～7/17
海底環境調査		
海底画像マッピング (AUV YOUZAN)		8K23航海 上越沖 掘削影響 長期事後調査 4/21～5/1
ROV観測	上越沖 掘削影響 事前調査 上越沖 掘削影響 事後調査	SS23-2航海 上越沖 掘削影響 長期事後調査 7/22～7/11 1K23-3航海Lag 1 酒田沖 掘削影響 事前調査 8/11～8/20 1K23-3航海Lag 2 酒田沖 掘削影響 事前調査 8/24～8/31
地盤強度評価 (掘削)	「ちきゅう」 上越沖	「ちきゅう」 酒田沖
長期モニタリング	機器設置 上越沖	SS23-1航海 設置機器回収 6/7～7/19

# AUVによる生物モニタリング手法高度化の可能性

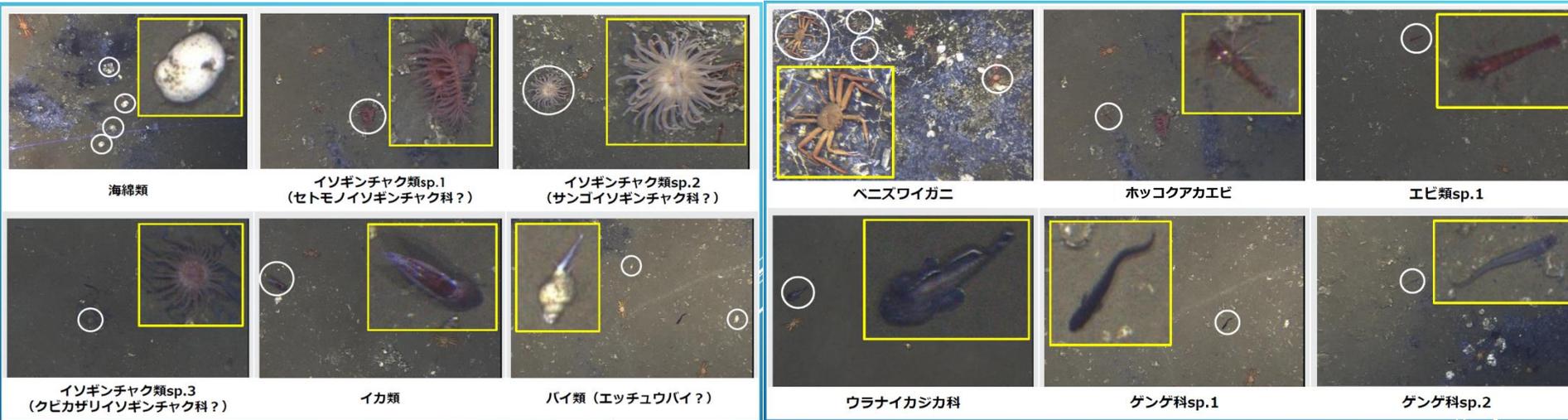
## 「TUNA-SAND」級ホバリング型AUV「YOUZAN」



ようざん  
YOUZAN



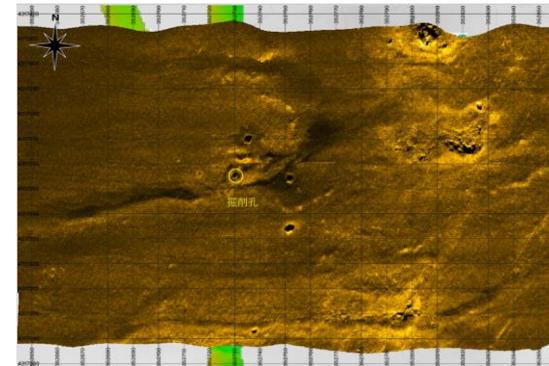
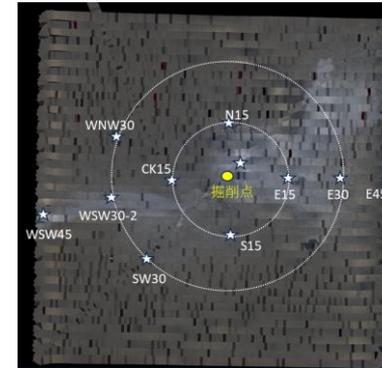
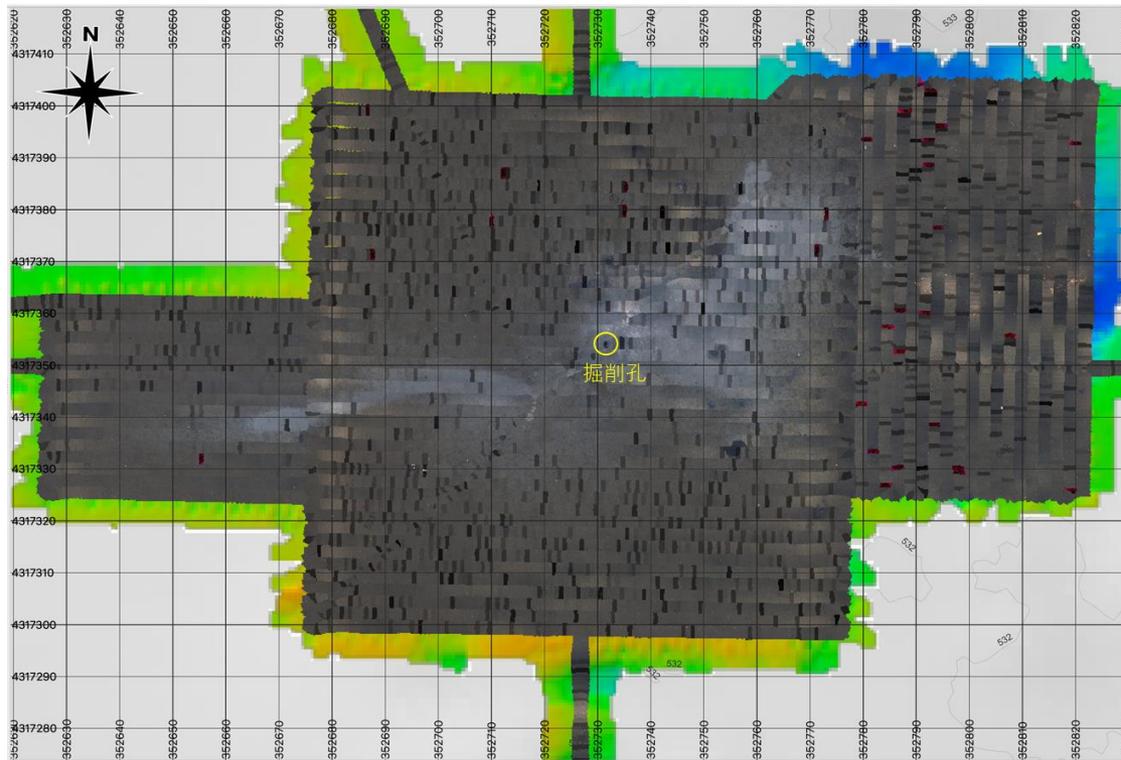
試験/開発実施海域における環境ベースライン調査及び影響モニタリング調査において、広範な海域の生物の種組成や分布をAUV観測及びAI解析等の応用により効率的に実施可能とする事が期待される。



スチルカメラ映像により確認された生物の例

# AUV、ROVを用いた掘削による影響評価検討

対象：2023年「ちきゅう」掘削調査（酒田沖）



## AUV、ROVを用いた掘削による影響評価検討

左：AUVによる海底広域写真。掘削屑の広がり（白い帯）が確認できる。

右上：ROVによる掘削孔周辺のコアサンプリング地点。AUV取得画像をもとにサンプリング地点を決定。

右下：ROVによるサイドスキャンソナー取得データ。地形・反射強度のデータをAUVの画像データと組み合わせることで掘削屑の分布や再堆積プロセスの評価に貢献