



ともに挑む。つぎを創る。

# 表層型MHの研究開発

「海洋産出試験に向けた海洋調査」の進捗状況概要

産業技術総合研究所

地圏資源環境研究部門 佐藤 幹夫

2026年2月18日

「表層型メタンハイドレートの研究開発」2025年度研究成果報告会

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。

NATIONAL INSTITUTE OF  
ADVANCED  
INDUSTRIAL  
SCIENCE &  
TECHNOLOGY

## 【目標】

- 海洋調査を通じて、表層型メタンハイドレートの賦存状況や、生産技術の開発に必要な海底状況を把握する。
- 上記の調査結果等を踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う。

## 【実施内容】

### 1. 賦存状況等を把握するための海洋調査

#### ① 精密地下構造調査

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、高分解能海上三次元地震探査を実施し、表層型メタンハイドレート賦存域の精密地下構造データの取得に取り組む。

#### ② 熱流量調査

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ハイドレート安定領域下限深度の評価に取り組む。

### 2. 海底の状況等を把握するための海洋調査

#### ① 地盤強度調査

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胚胎層の地盤強度調査を行う。

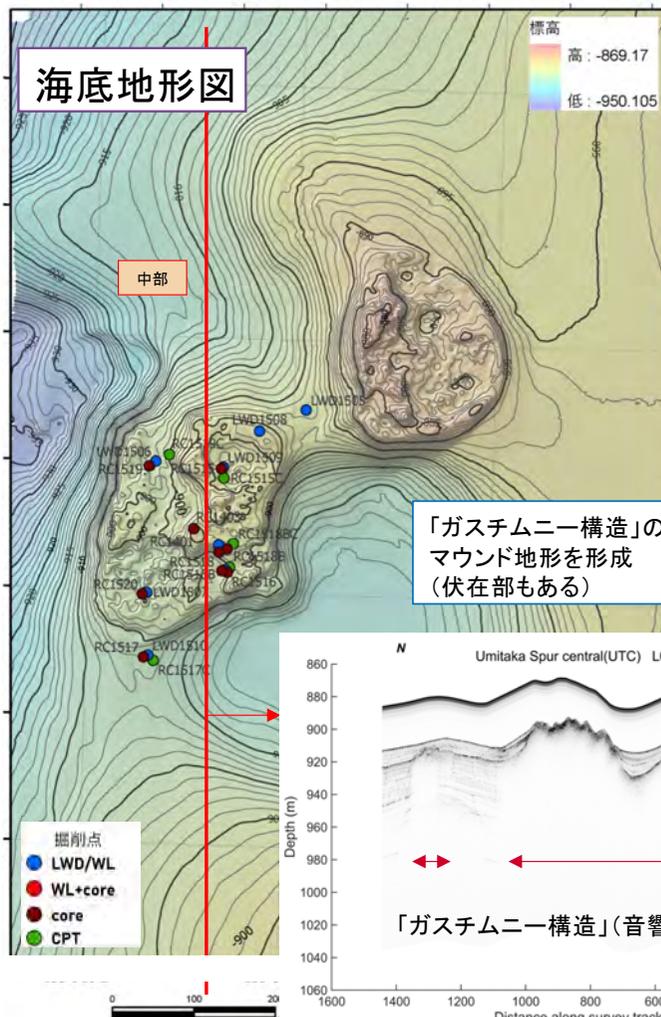
#### ② 海底現場状況調査

底層流、塩分濃度、海底水温、圧力、海底下のメタンガス、メタンプルーム等の海底の現場状況を把握するための海洋調査を実施する。

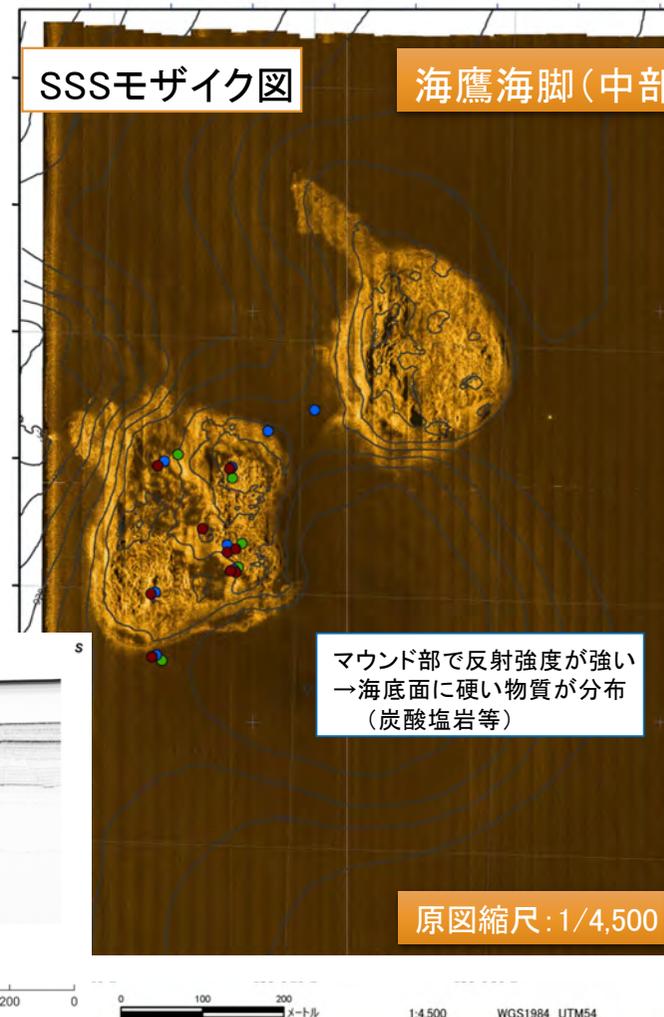
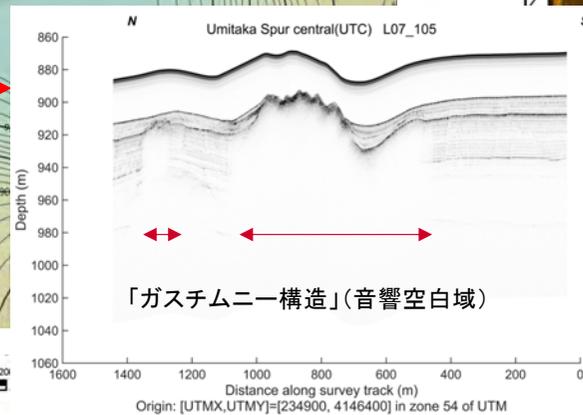
### 3. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた検討

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。

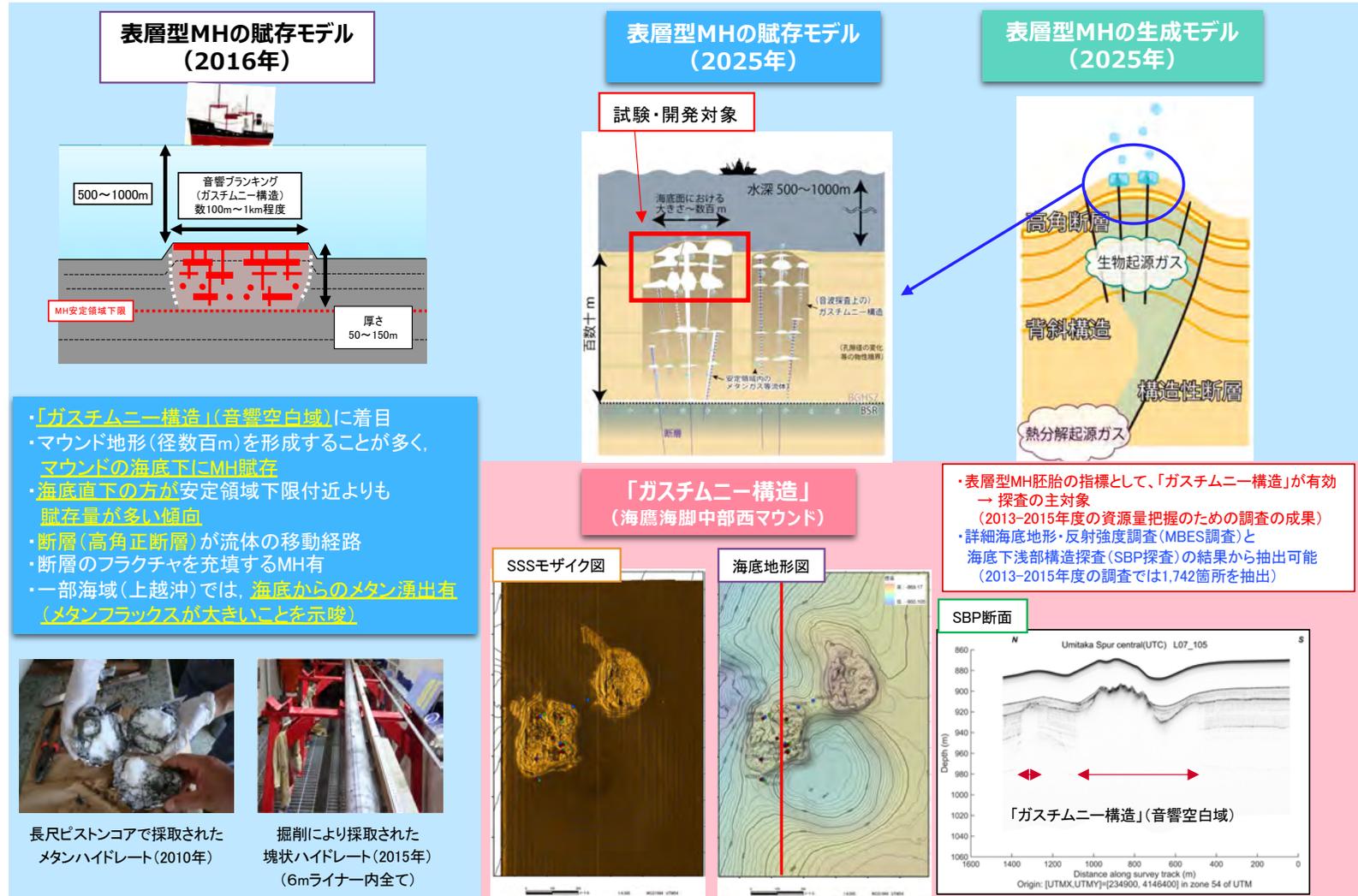
# 表層型MHの探査の対象：「ガストムニー構造」のマウンド（海鷹海脚中部）



「ガストムニー構造」の上部でマウンド地形を形成（伏在部もある）



# 表層型MHの賦存モデルと生成モデル、探査の対象と「ガストムニー構造」



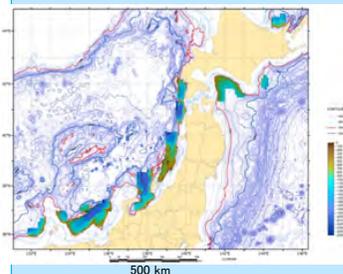
# 海洋産出試験に向けた海洋調査 海洋調査の進め方

概査

(他の資源探査 (陸域及び海洋) と基本は共通)

精査

広域地形地質調査(測量船)  
(MBES, SBP)



詳細地形地質調査(AUV)  
(MBES, SSS, SBP)



高分解能三次元(HR3D)反射法地震探査  
マルチスケール反射法地震探査  
(精密地下構造探査)



海洋電磁探査(CSEM法)  
(比抵抗分布)



長尺ピストンコア  
(コア試料採取)



掘削調査  
(検層:LWD/WL)  
(コア試料採取)  
(地盤強度調査)



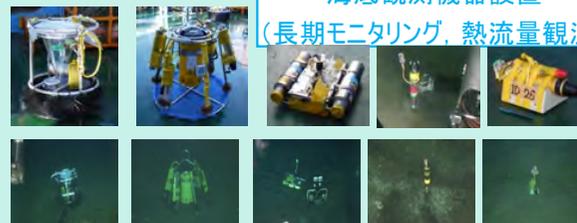
ROV潜航調査  
(海底観察, 試料採取)



海底画像マッピング  
(ROV/AUV)



海底観測機器設置  
(長期モニタリング, 熱流量観測等)



セジメントトラップ ADCP、CTD、シーベージメーター、濁度計、溶存酸素計 オスマンブロー 海中温度計 水温計



要素技術に係る海洋での技術検証

方向性の確認・見直しの結果を踏まえた海洋産出試験等



# 海洋調査・海域環境調査 使用船舶 (2019~2025)

## 掘削調査



## ROV潜航調査



- \*1：深田サルベージ建設（株）
- \*2：海洋研究開発機構（JAMSTEC）
- \*3：海洋エンジニアリング（株）
- \*4：（株）オフショア・オペレーション
- \*5：洞海マリンシステムズ（株）
- \*6：いであ（株）

## 物理探査 (地震探査)

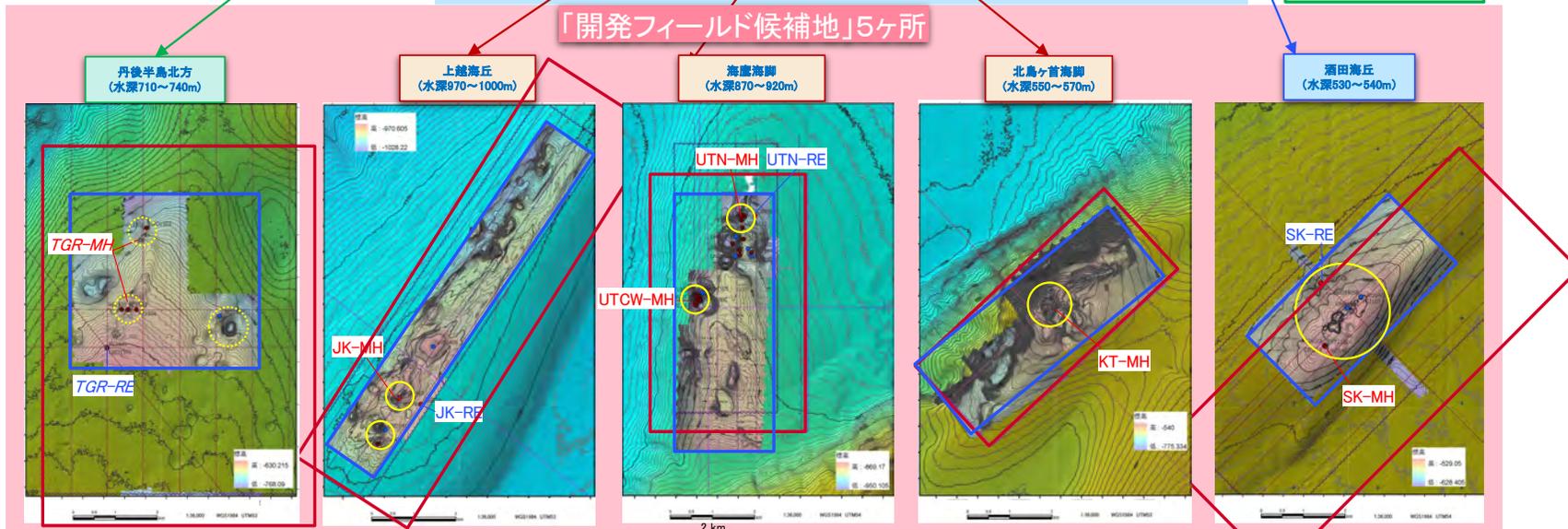
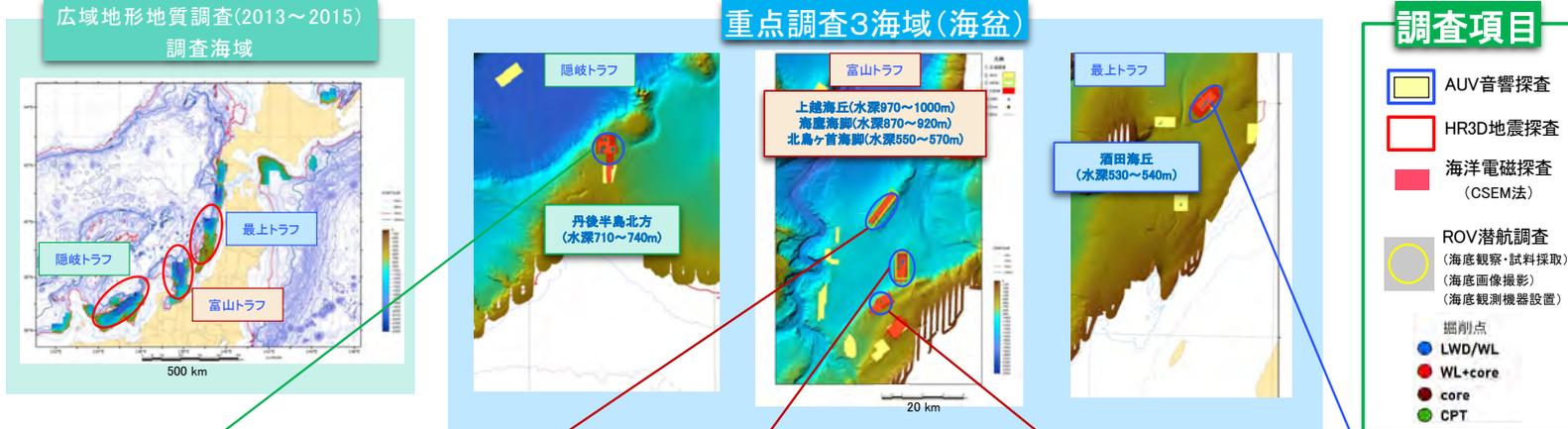


## AUV潜航調査



# 海洋産出試験に向けた海洋調査 調査海域

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



# 1. 賦存状況等を把握するための海洋調査／① 精密地下構造調査

## 高分解能三次元 (HR3D) 反射法地震探査

- ・小型エアガン (150~210ci) と短いストリーマーケーブル (150m)
- ・高周波帯の弾性波を使用した反射法地震探査
- ・海底下浅部 (数百m) の高分解能イメージを取得

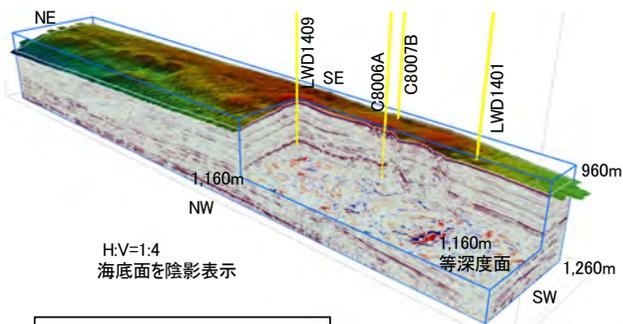


(株)地球科学総合研究所が  
下記作業を担当  
・データ取得 (現場調査)  
・データ処理

HR3D: 高分解能三次元地震探査  
2D: 二次元反射法地震探査  
OBN: Ocean Bottom Node方式反射法地震探査  
DT-GI: 深海曳航方式反射法地震探査 (海上震源: GI-Gun)  
DT-SBP: 深海曳航方式反射法地震探査 (深海曳航震源: SBP)

## 上越海丘

HR3D+2D+OBN+DT-SBP (2025実施中)

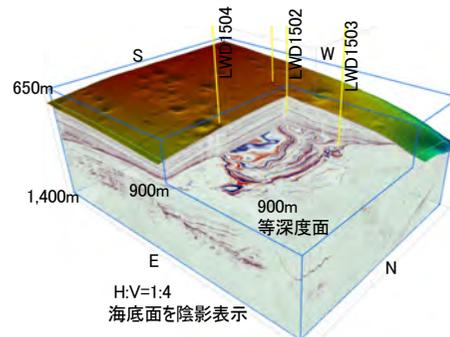


HR3D 西から東を見た3Dチェア表示

## 精密地下構造イメージ (3Dチェア表示)

### 丹後半島北方

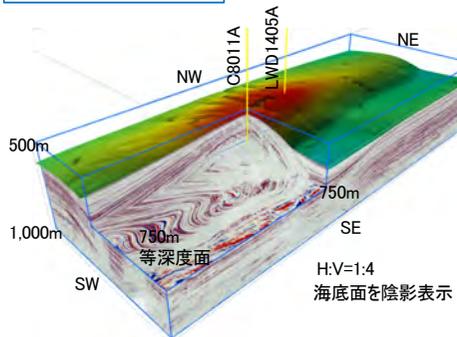
HR3D+2D (2021)



HR3D 北東から南西を見た3Dチェア表示

### 酒田海丘

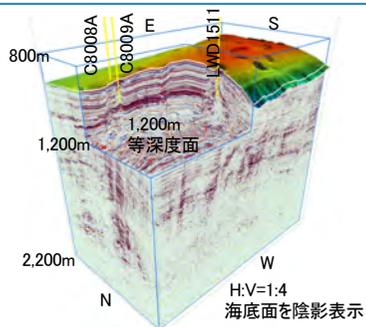
HR3D+2D (2019)



HR3D 南から北を見た3Dチェア表示

### 海鷹海脚

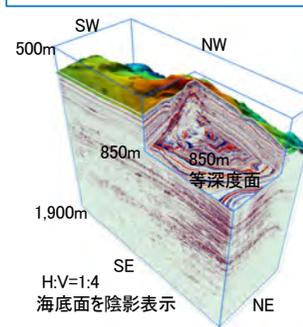
HR3D+2D+OBN+DT-GI+DT-SBP (2024)



HR3D 北西から南東を見た3Dチェア表示

### 北鳥ヶ首海脚

HR3D+2D+OBN+DT-GI+DT-SBP (2024)



HR3D 東から西を見た3Dチェア表示

# 1. 賦存状況等を把握するための海洋調査／② 熱流量調査

## 熱流量調査

- 上越沖（海鷹海脚、上越海丘、上越海盆）及び酒田海丘で熱流量調査を実施
- 地下温度分布、海水温変動、堆積物の熱物性から、熱流量を計算
- 熱流量を制約条件に、海底下温度構造を推定
- 反射法地震探査断面に観察される海底擬似反射面（BSR）とは独立に、メタンハイドレート安定領域下限の推定が可能



海中温度計の設置

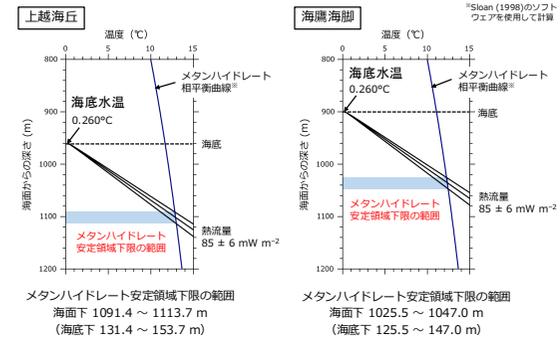


海底に設置した海底水温計



熱物性計測のための堆積物採取

## メタンハイドレート安定領域下限の推定

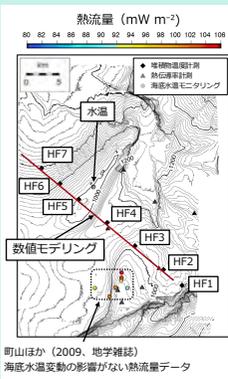


後藤(2022, 表層型MH研究成果報告会資料)に加筆

## 長尺温度プローブを使用した熱流量計測と、メタンハイドレート胚胎域の地下温度構造の推定(上越沖)



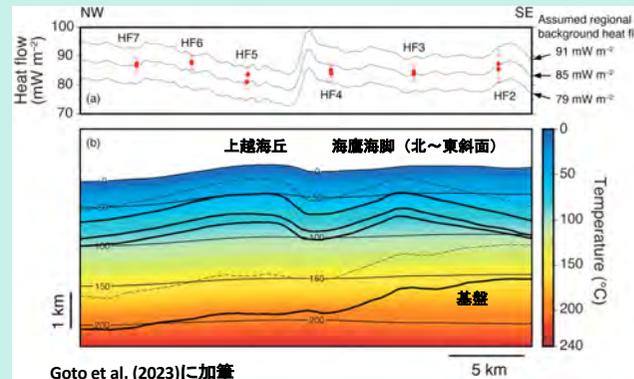
長尺温度プローブ (2010年度)



町山ほか(2009, 地学雑誌)  
海底水温変動の影響がない熱流量データ

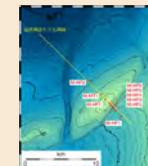
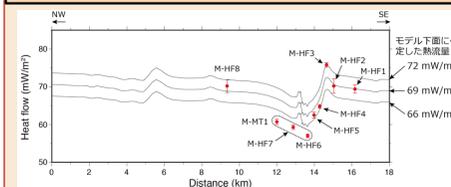
後藤(2022, 表層型MH研究成果報告会資料)

- 海底で計測された熱流量を制約条件に海底下温度構造を推定
- BSRとは独立にメタンハイドレート安定領域下限の範囲を推定
- 反射法地震探査断面上にBSRが観察されないエリアでメタンハイドレート安定領域下限を推定することが可能
- 微生物メタンおよび熱分解起源メタンの生成深度やCO<sub>2</sub>が超臨界になる上限深度等の推定に適用可能



Goto et al. (2023)に加筆

## 長期温度モニタリングによる熱流量計測と、バックグラウンド熱流量の推定(酒田沖)

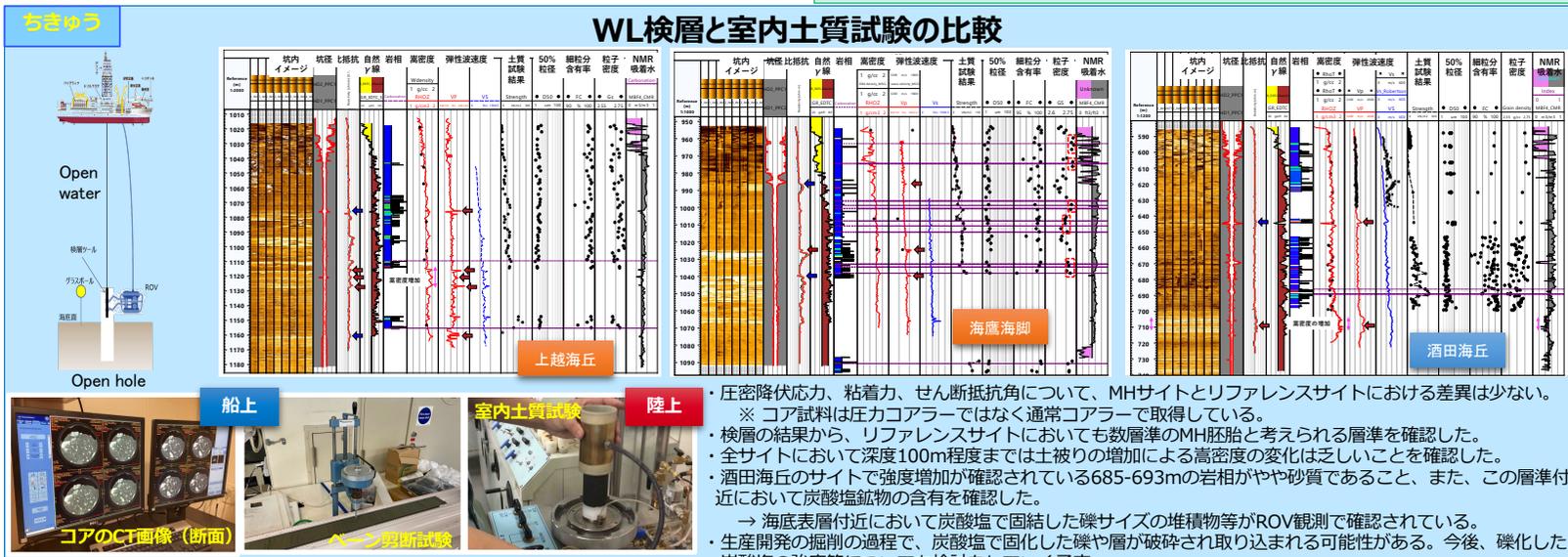
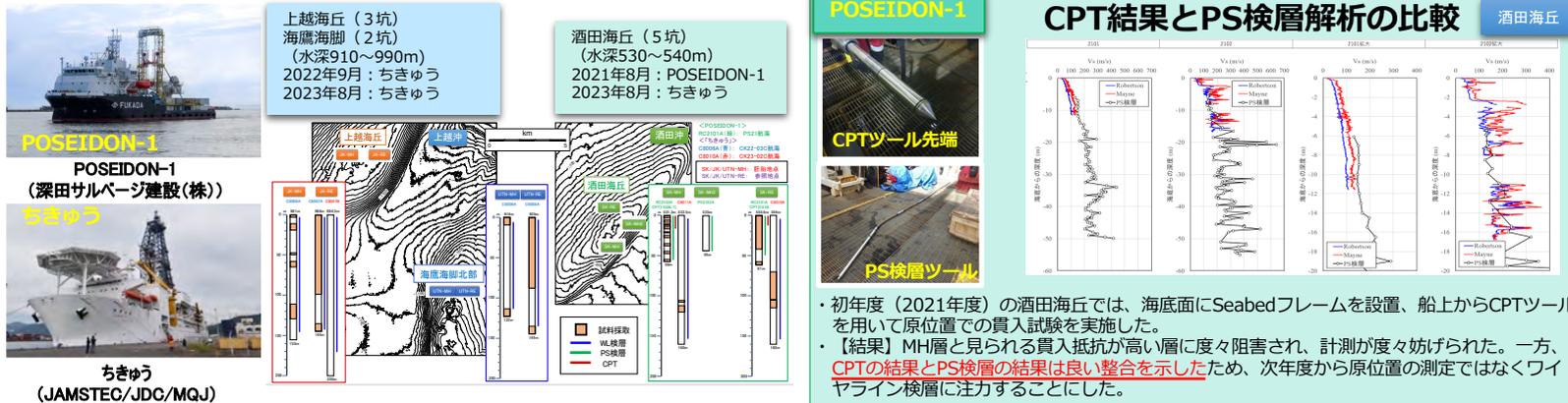


後藤(JpGU2022)

- 酒田海丘横断測線で2020～2021年度に観測
- 酒田沖海域のバックグラウンド熱流量:  $69 \pm 3 \text{ mW/m}^2$
- M-HF3では上向きの流体移動が存在する可能性
- 詳細解析実施中(地形の影響、安定領域下限、等)
- 海鷹海脚及び上越海丘(2022～2023年度観測)も解析中

## 2. 海底の状況等を把握するための海洋調査／① 地盤強度調査

### 上越沖（海鷹海脚北部，上越海丘）及び酒田海丘の地盤強度調査（掘削調査）



## 2. 海底の状況等を把握するための海洋調査／② 海底現場状況調査

### (1) 詳細地形地質調査 (Deep1)

- ・航走型AUV「Deep1」を使用して、高分解能音響探査を実施
- ・海底及び海底下構造の高精度把握
- ・海底環境調査のための基礎データ(海底地形、底質等)取得
- ・通常調査から精密調査へ  
(高度:50m→25m, 測線間隔:110m→10m)

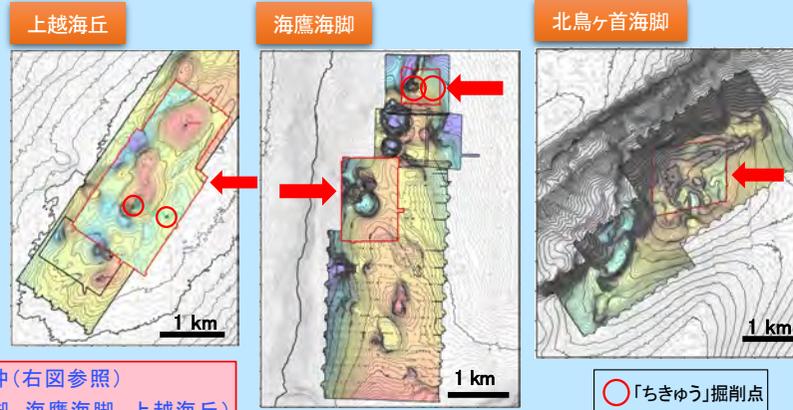


航走型AUV「Deep1」  
(深田サルベージ建設(株))

搭載観測機器

- ・MBES(海底地形)
- ・SSS(反射強度)
- ・SBP(浅部地質構造)

2024年度:上越沖(右図参照)  
(北鳥ヶ首海脚, 海鷹海脚, 上越海丘)  
2025年度:酒田海丘(処理中)

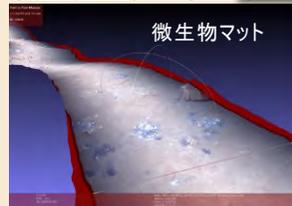
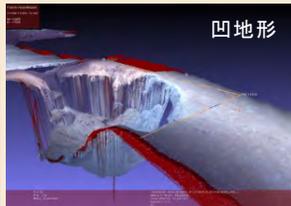


### (2) 海底観察, 海底画像マッピング (SeaXerocks, YOUZAN)

- ・「SeaXerocks1」を用いて海底画像マッピングを実施
- ・ROV底部に装着し、高度約4mを航走
- ・高分解能海底画像を取得

2020年度:酒田海丘  
2021-2022年度:上越沖  
(北鳥ヶ首海脚, 海鷹海脚, 上越海丘)

SeaXerocks1:海洋エンジニアリング(株)所有  
(東大生産研が開発)



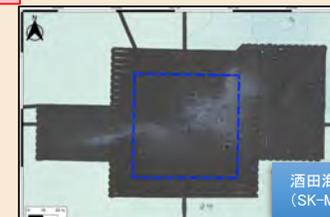
海鷹海脚  
(UTN-MH)

- ・ホバリング型AUV「YOUZAN」を用いて海底画像マッピングを実施
- ・高度約4mを航走
- ・高分解能海底画像を取得(100m×100m)
- ・掘削影響調査と同時に実施
- ・「ちきゅう」掘削点の近傍を調査

2023年度:上越海丘, 海鷹海脚, 酒田海丘  
2024年度:上越海丘, 酒田海丘  
2025年度:酒田海丘



YOUZAN:いであ(株)所有  
(東大生産研が開発したTUNA-SAND4号機)



## 2. 海底の状況等を把握するための海洋調査／② 海底現場状況調査

### (3) 海底設置機器による観測 (長期モニタリング)

ROVを用いて海底に観測機器を設置し、長期観測を実施

- ・酒田海丘: 2020年11月～2021年6月(約7ヶ月)
- ・海鷹海脚・上越海丘: 2022年6月～2023年6月(約12ヶ月)

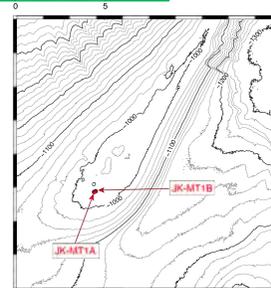


ROV母船(新世丸)  
(深田サルベージ建設(株))

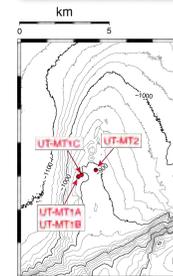


ROV(はくよう3000)  
(深田サルベージ建設(株))

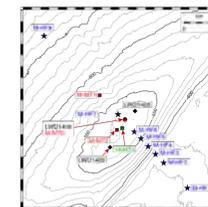
#### 海底観測機器設置位置



上越海丘(2022～2023)

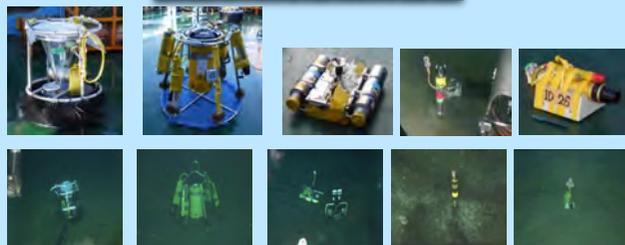


海鷹海脚(2022～2023)

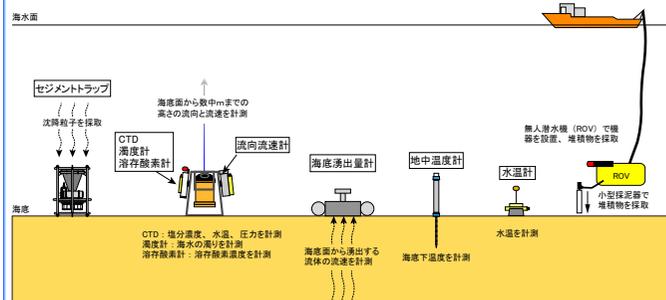


酒田海丘(2020～2021)

#### 設置した海底観測機器



セジメントトラップ    ADCP、CTD、濁度計、溶存酸素計    シーページメーター、オスモサンプリャ    海中温度計    水温計

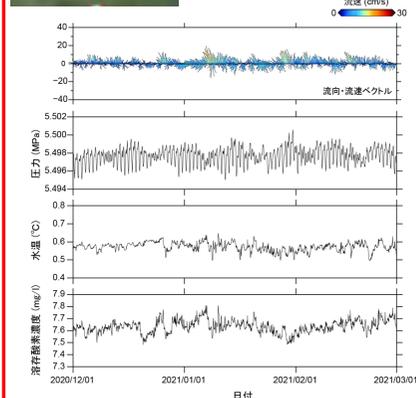


#### 観測結果の解析例

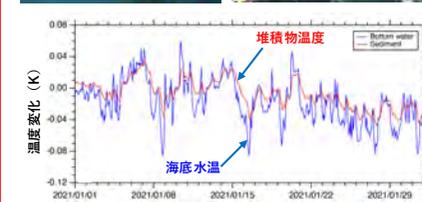
##### 海底状況の把握



- ・表層型メタンハイドレート賦存域及びその周辺の底層水の流向・流速、圧力、温度、溶存酸素濃度に関する長期変動特性を把握
- ・調査地点及び水深で流向・流速や水温等は異なることが判明



##### 海底下の流体移動の把握



海底水温及び堆積物温度の時系列データの振幅と位相差から堆積物の間隙流体の鉛直方向の移動速度を推定

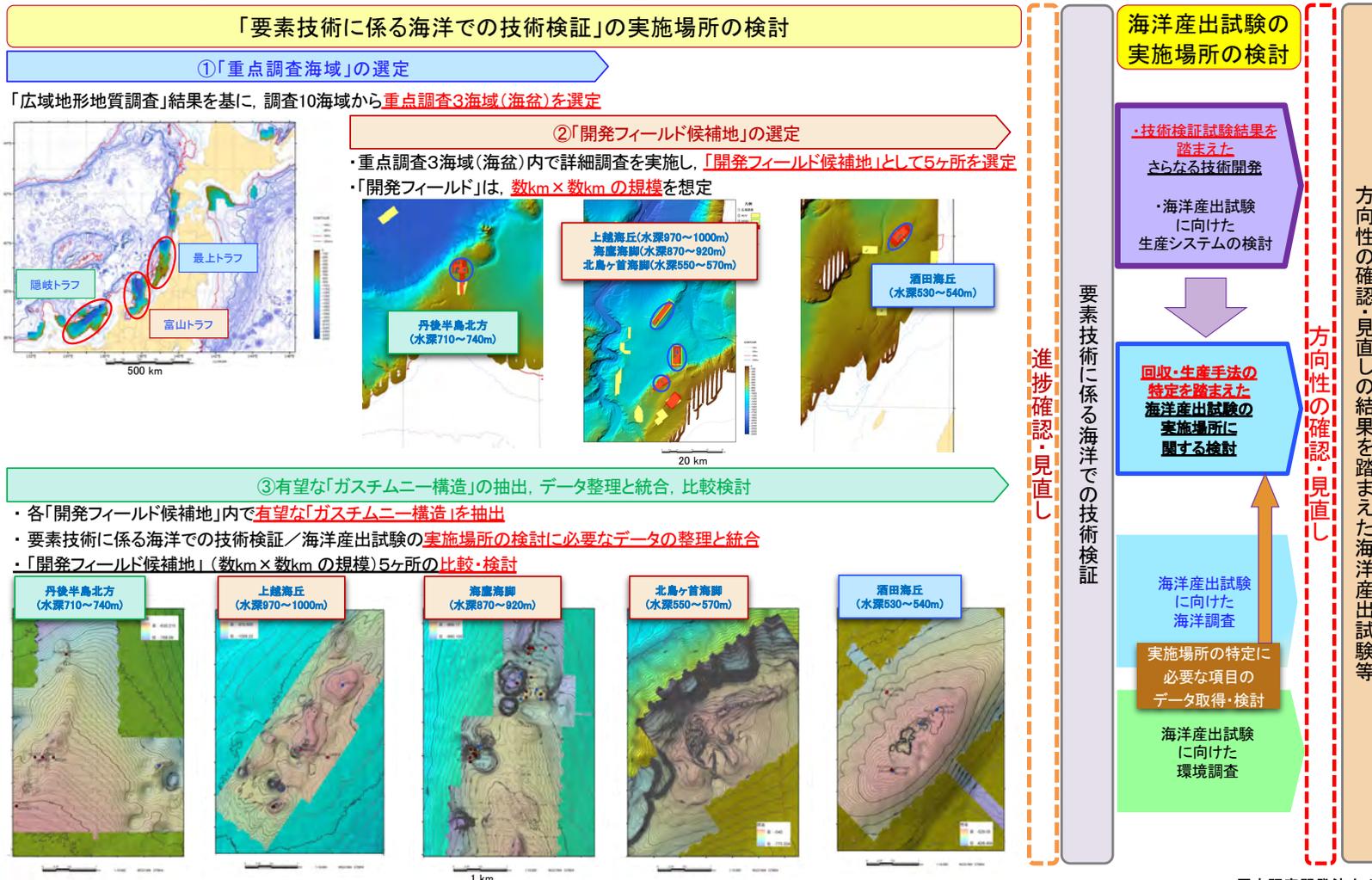
流体移動速度 (上向き):  $7.98 \pm 1.60 \times 10^{-8}$  m/s  
( $2.52 \pm 0.50$  m/yr)

移流によるメタン供給を直接確認することに成功

Miyajima et al. (2024) を修正・加筆

### 3. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた検討

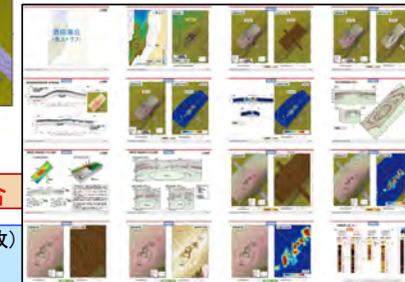
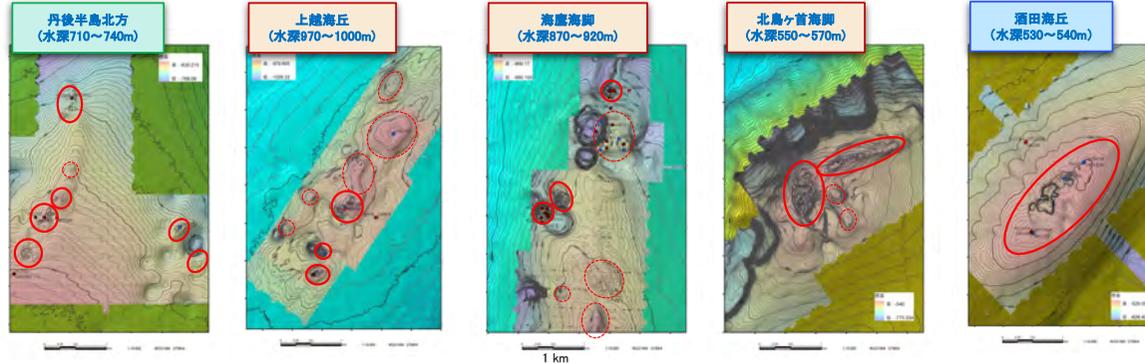
#### 表層型MH「重点調査海域」及び「開発フィールド候補地」選定



### 3. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた検討

#### 「開発フィールド候補地」のデータ整理と統合、比較・検討

各「開発フィールド候補地」内で有望な「ガストムニー構造」を抽出



要素技術に係る海洋での技術検証／海洋産出試験の実施場所の検討に必要なデータの整理と統合

#### ● 実施場所の特定に必要な項目の選定

##### ➢ 「要素技術に係る海洋での技術検証」の実施場所の特定に必要な項目

- ✓ 水深、海底地形(マウンド等)、傾斜角
- ✓ 底質(海底反射強度、海底観察・試料採取、炭酸塩岩、微生物マット)、気泡湧出
- ✓ 「ガストムニー構造」(マウンド等)の大きさ(径)、比高、数、分布形態
- ✓ 地質構造(濃集機構)、比抵抗分布、胚胎域の海底下深度、広がり、連続性
- ✓ MH賦存深度(最浅深度)・賦存区間・含有量(検層から推定)、産状
- ✓ メタンの起源(ガス組成・同位体比)

##### ➢ 「海洋産出試験」の実施場所の特定に必要な項目

- ✓ MH賦存量、賦存形態(産状)の高分解能情報
- ✓ 地盤強度
- ✓ 海底及び直上海水の状況(水温、底層流、化学組成、流体湧出)
- ✓ 環境影響評価: 海水柱の物理・生物・化学特性
- ✓ 環境影響評価: 海底環境(流体湧出・フラックス、微生物マット、化学合成生態系)
- ✓ 環境影響評価: 底生生物(分布/特異性/多様性/連結性)、保護区の必要性
- ✓ 開発可能性(離岸距離、既存インフラ、気象・海象、海上交通、漁業及び地元自治体・産業との調整、等)

#### ● データ集の作成(Powerpoint スライド234枚)

##### ➢ 各種図面を作成

- ✓ 海底地形図、SSSモザイク図、傾斜角分布図、比抵抗分布図、海底画像マッピング図
- ✓ 調査範囲・測線位置図(AUV音響探査、HR3D探査、海洋電磁探査等)
- ✓ 断面図(HR3D、AUV-SBP、比抵抗分布等)
- ✓ 掘削点位置、検層記録

##### ➢ 平面図、断面図は、海域間の比較検討が可能なように同縮尺で作成

#### 「開発フィールド候補地」5ヶ所の比較・検討

- データ集を基に比較表を作成(次ページスライド)
- 「要素技術に係る海洋での技術検証」の実施場所特定に向けた総合評価を実施
- 「海洋産出試験」の実施場所特定は次の段階(現時点では時期尚早)

### 3. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた検討

#### 「要素技術に係る海洋での技術検証」の実施場所特定に向けた「開発フィールド候補地」5ヶ所の比較・検討

海域(海盆名)		隠岐トラフ	富山トラフ			最上トラフ
海域(海底地形名)		丹後半島北方	上越海丘	海鷹海脚	北鳥ヶ首海脚	酒田海丘
基礎データ	地形の拡がり	海脚(南北) 15 km × 10 km	海丘(南西-北東) 20 km × 10 km	海脚(南北) 15 km × 10 km	海脚(西南西-東北東) 9 km × 3 km	海丘(南西-北東) 16.5 km × 9 km
	水深(胚胎域)	720-740 m (リッジ北) 710-720 m (リッジ南) 720-730 m (斜面東)	980-1000 m (中部) 970-990 m (南部)	890-920 m (北部) 880-910 m (中部) 870-890 m (南部)	550-570 m	530-540 m
	離岸距離	92 km(経ヶ岬) 127 km(舞鶴) 96 km(福井)	48 km(直江津) 42 km(鳥ヶ首岬)	35 km(直江津) 32 km(鳥ヶ首岬)	32 km(直江津) 24 km(鳥ヶ首岬)	37 km(酒田)
海底の状況	海底地形・起伏	マウンド部の起伏小	マウンド上の起伏大	マウンド上の起伏大	マウンド上の起伏大	凹地縁部以外は平坦
	底質分布 (SSS反射強度, 海底観察)	反射強度大(硬岩) 泥, 炭酸塩岩 微生物マット	反射強度大(硬岩) 泥, 炭酸塩岩 微生物マット	反射強度大(硬岩) 泥, 炭酸塩岩 微生物マット	反射強度大(硬岩) 泥, 炭酸塩岩 微生物マット	反射強度大(硬岩) 泥, 炭酸塩岩 微生物マット
	特徴的な小地形(PM: ポックマーク)	マウンド(&一部PM)	マウンド & PM	マウンド & PM	マウンド	海丘頂部に凹地
	気泡湧出	未確認	シーブ(海底観察) ブルーム(音響探査)	シーブ(海底観察) ブルーム(音響探査)	シーブ(海底観察) ブルーム(音響探査)	未確認
石油地質	石油地質	山陰-北陸沖堆積盆	新潟~秋田油ガス田地帯(陸上・海底) 盆地反転(構造反転)による非対称背斜構造形成			
	濃集機構	背斜(南北軸)	背斜(南東縁に断層) 「プリ構造」	背斜(西縁に断層) 「アロヒ構造」	背斜(ドーム状)	背斜(南東縁に断層)
	メタンの起源(同位体分析)	微生物	熱分解+微生物	熱分解+微生物	熱分解+微生物	微生物
賦存状況	胚胎域(電磁探査)	3 km × 1 km 2列に分かれて分布	8 km × 1 km 複数の島状に分布	6 km × 2 km 複数の島状に分布	3 km × 1.2 km 連続して分布	4.5 km × 1.2 km 連続して分布
	比抵抗値(電磁探査) (MH or gasの指標)	低	中(南部) 低(中部)	中(北部, 中部) 低(南部)	高	高
	賦存深度(海底下最浅値)	11 m	数 m (PCで採取)	数 m (PCで採取)	不明(未掘削のため)	3 m
	賦存区間長(最長確認値)	10 m	40 m	48 m	不明(未掘削のため)	20 m
備考	海底状況調査が不十分 離岸距離が最大	5ヶ所中で水深が最大	多数の掘削データ有	水深が比較的浅い 掘削・検層の実施が必須	水深が比較的浅い 胚胎域の規模が大きい	