

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

「海洋産出試験の実施場所の特定に向けた
海洋調査」

2019/11/29

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 燃料資源地質研究グループ
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。

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)

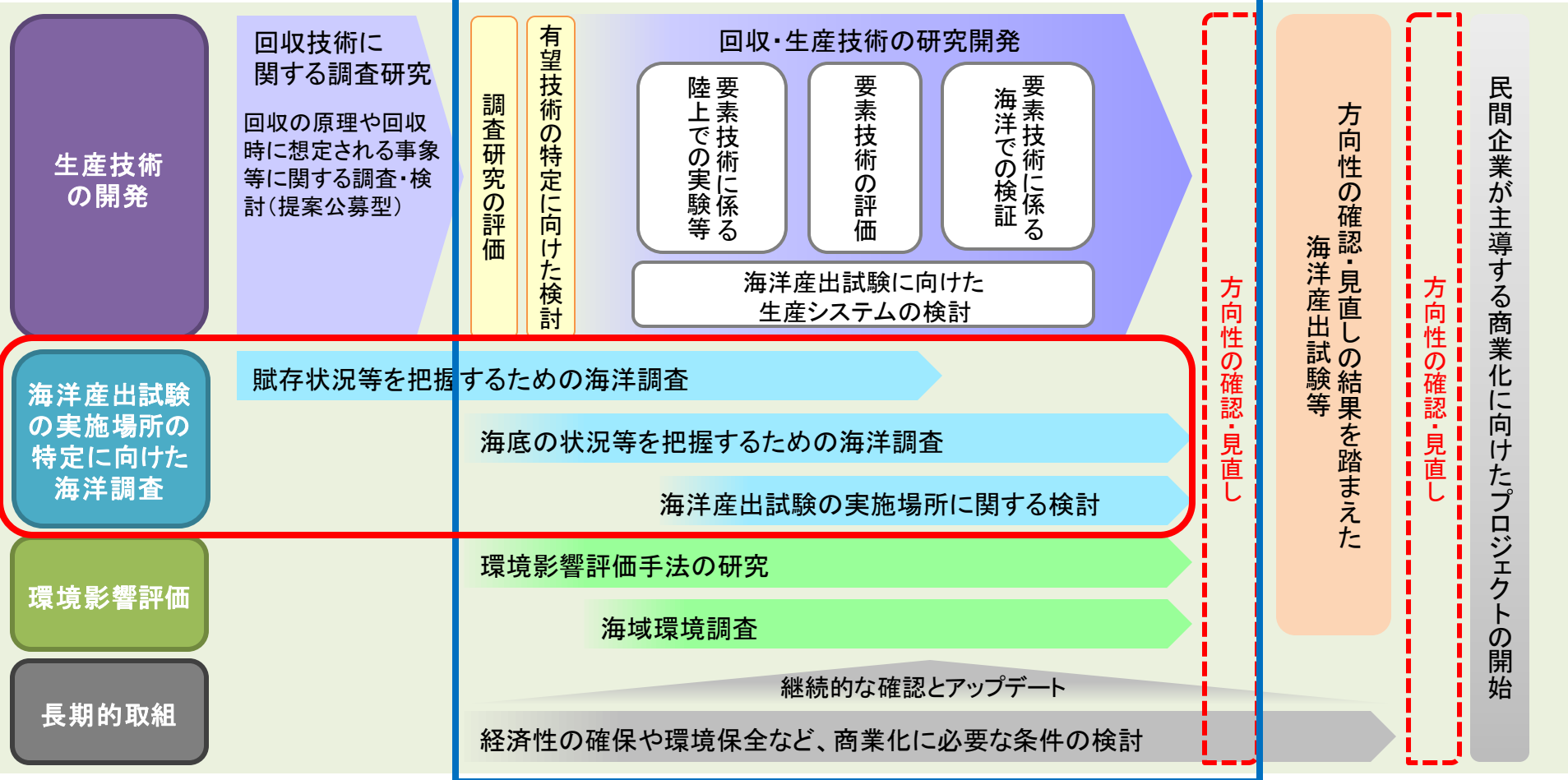
海洋基本計画(平成30年5月15日閣議決定)

- 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。

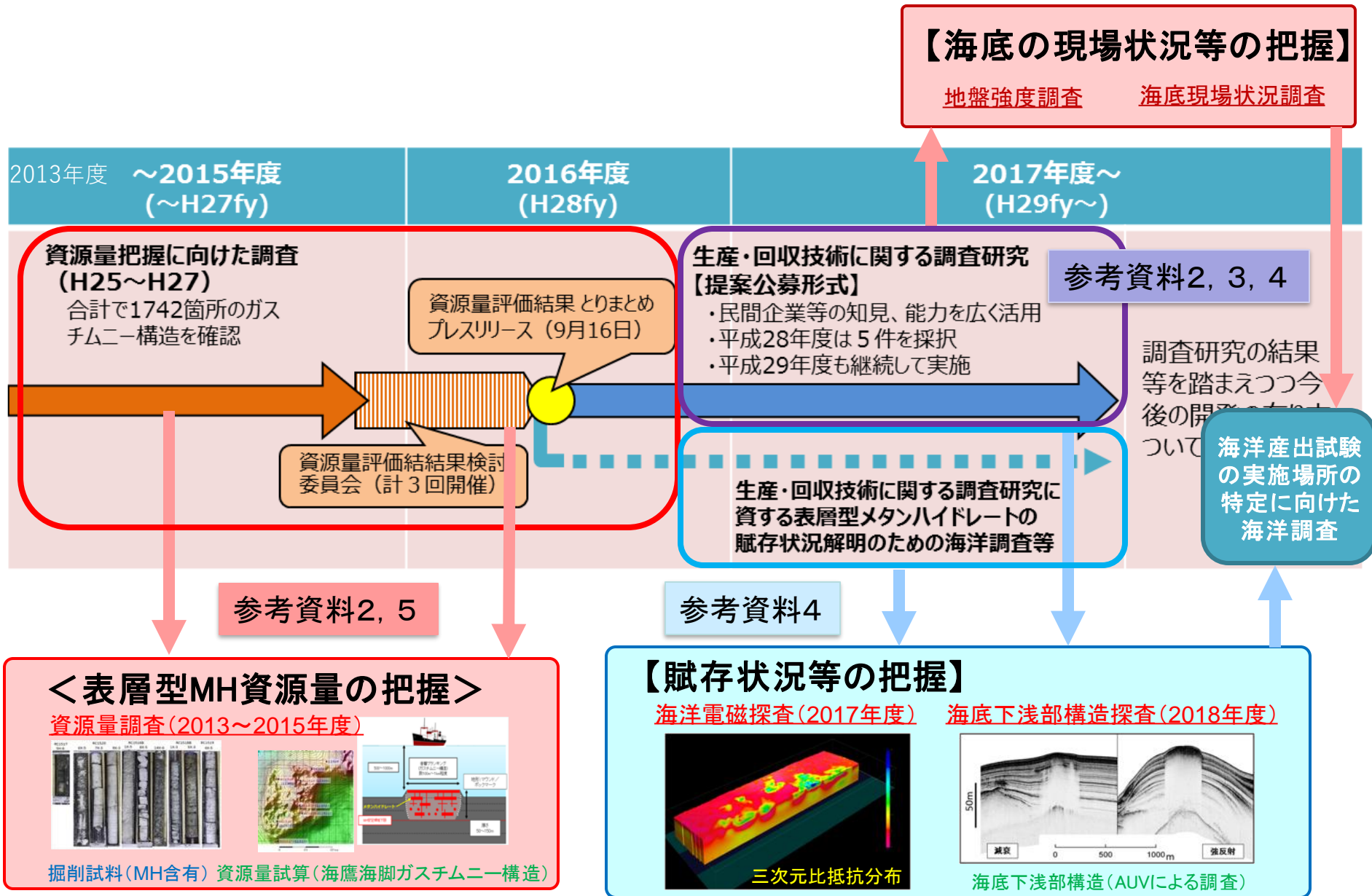
実行計画(2019~2022年度)

2018~2022年度頃

2023~2027年度頃



表層型メタンハイドレートの調査(2013~2018年度)



2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査①

【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

MH層そのものを対象

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、メタンブ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。

2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査①

【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

MH層そのものを対象

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

MH層そのものではなく、周辺の状況を対象

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、メタンブ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。

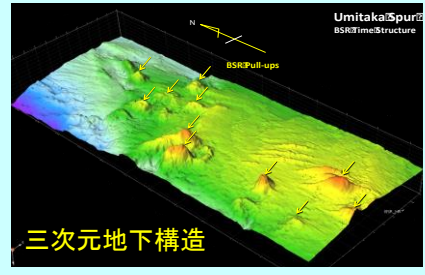
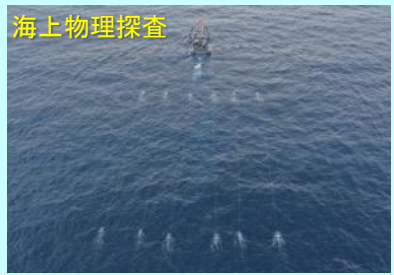
3. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた検討

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。

2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)

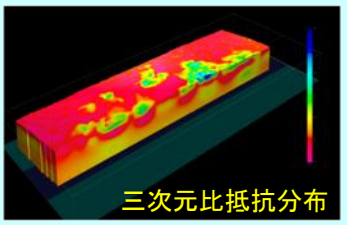


熱流量探査

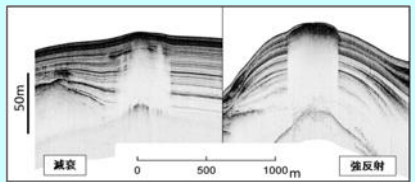


海底熱流量測定装置 (SAHF)

海洋電磁探査(2017年度)



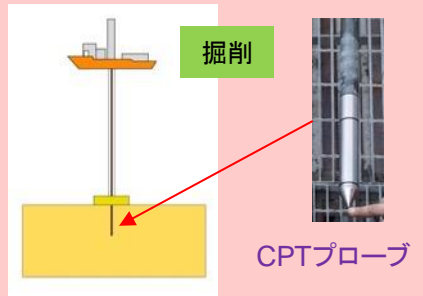
海底下浅部構造探査(2018年度)



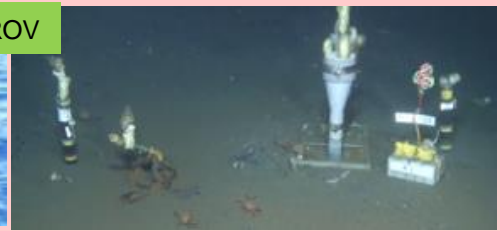
海底下浅部構造 (AUVによる調査)

【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



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

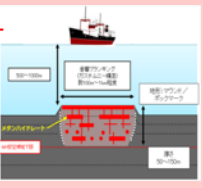
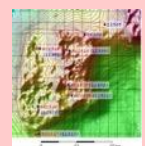
【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

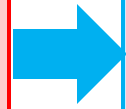
【海域環境調査】

<表層型MH資源量の把握>

資源量調査(2013~2015年度)



掘削試料(MH含有) 資源量試算(海鷹海脚ガスチムニー構造)



【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査③

<実施スケジュール>

年度	2019	2020	2021	2022
賦存状況等の把握	[Progress bar]			
・精密地下構造調査	[Progress bar]			
・熱流量調査	準備	[Progress bar]		
海底の現場状況等の把握	[Progress bar]			
・地盤強度調査	準備 ・機材調達 ・船舶検討 ・現地調整	[Progress bar]		
・海底現場状況調査	[Progress bar]			[Progress bar]
海洋産出試験の実施場所に関する検討	[Progress bar]		[Progress bar]	

<表層型MH資源量の把握>
 資源量調査(2013~2015年度)

掘削試料(MH含有) 資源量試算(海鷹海脚ガスチムニー構造)

【海域環境調査】

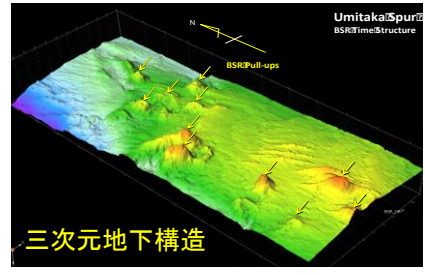
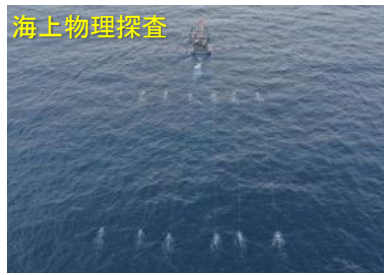
【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

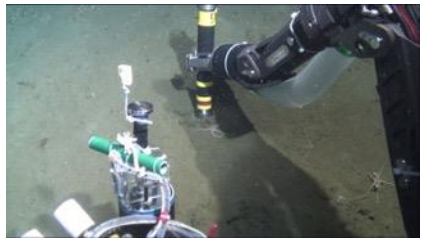
2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)



熱流量探査

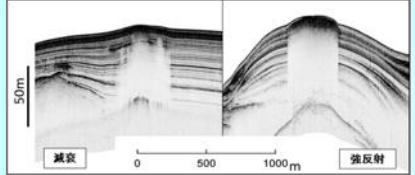
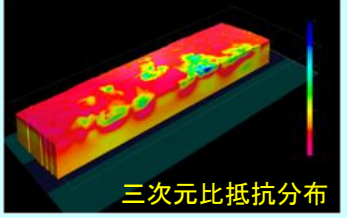


海底熱流量測定装置 (SAHF)

参考資料4

海洋電磁探査(2017年度)

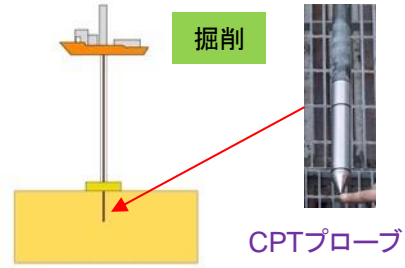
海底下浅部構造探査(2018年度)



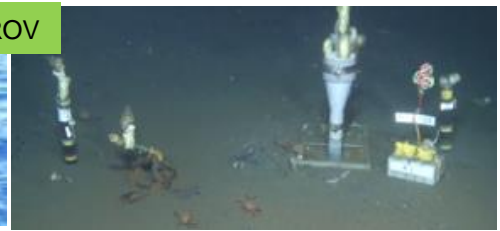
海底下浅部構造 (AUVによる調査)

【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



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

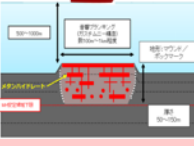
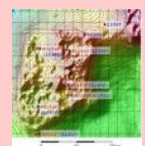
【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

【海域環境調査】

<表層型MH資源量の把握> 参考資料2, 5

資源量調査(2013~2015年度)



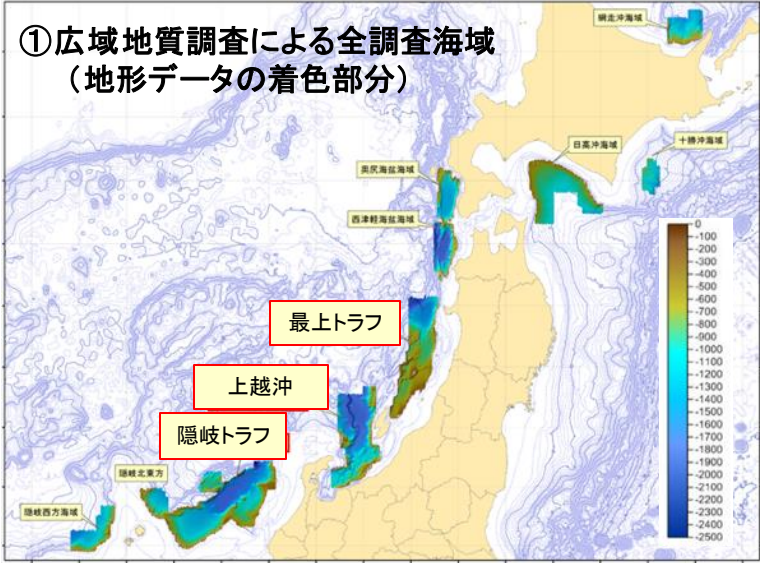
掘削試料(MH含有) 資源量試算 (海鷹海脚ガスチムニー構造)

【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

表層型MHの資源量把握に向けた調査(2013~2015年度)①

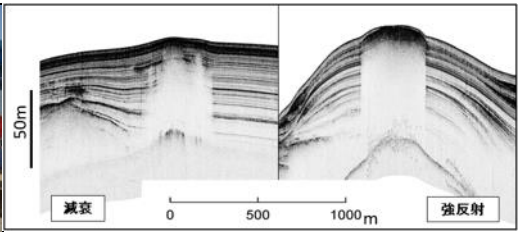
平成25年4月の海洋基本計画を受け、平成25年度~27年度において経産省の委託により日本海を中心に資源量把握に向けた広域的な海洋調査を実施した。

参考資料2, 5

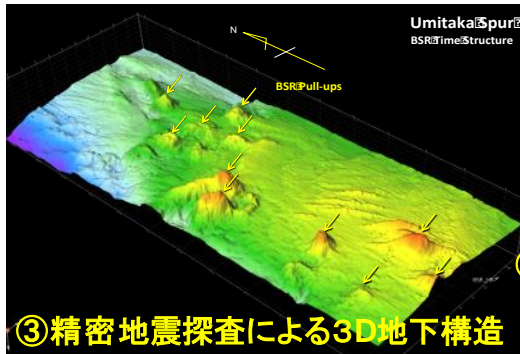


① 広域地質調査による全調査海域 (地形データの着色部分)

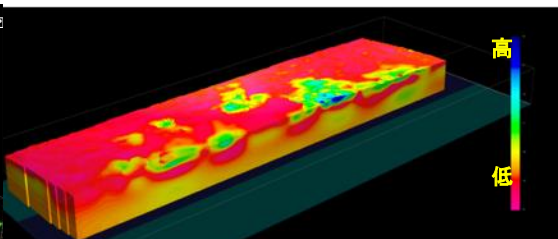
- ＜実施した調査種目＞
- ① 広域地質調査 (船底音響機器探査) ... 特異点(ガスチムニー構造) 探索
 - ② 詳細地質調査 (AUV音響探査) ... 特異点周辺の超音波構造探査
 - ③ 精密地震探査 (3D地震探査) ... エアガン構造探査
 - ④ 海洋電磁探査 (CSEM探査) ... 比抵抗分布の曳航式探査
 - ⑤ 掘削同時検層 (LWD: Logging While Drilling) ... 坑井の物性測定
 - ⑥ 掘削地質サンプル採取 (コアリング+CPT) ... ハイドレート等堆積物採取
 - ⑦ 環境調査 (ROV潜航調査+長期モニタリング) ... 環境ベースライン調査



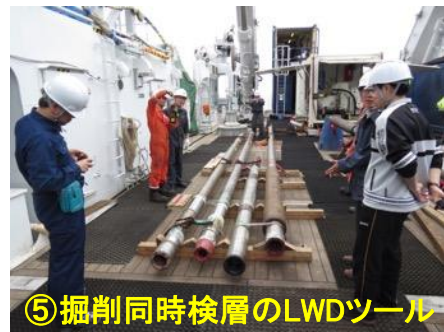
② 詳細地質調査で使用したAUVと海底下浅層部構造



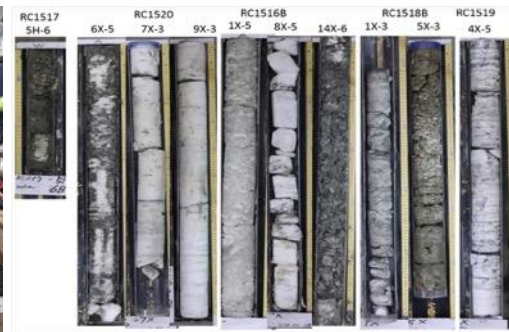
③ 精密地震探査による3D地下構造



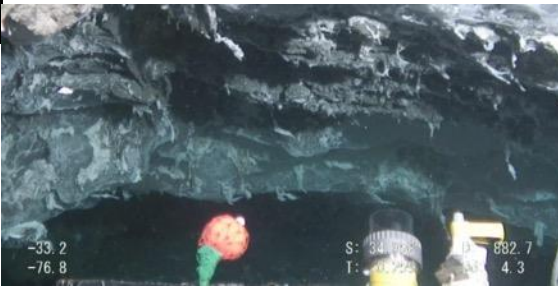
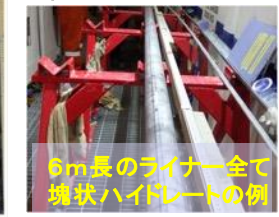
④ 海洋電磁探査による高比抵抗部の分布



⑤ 掘削同時検層のLWDツール



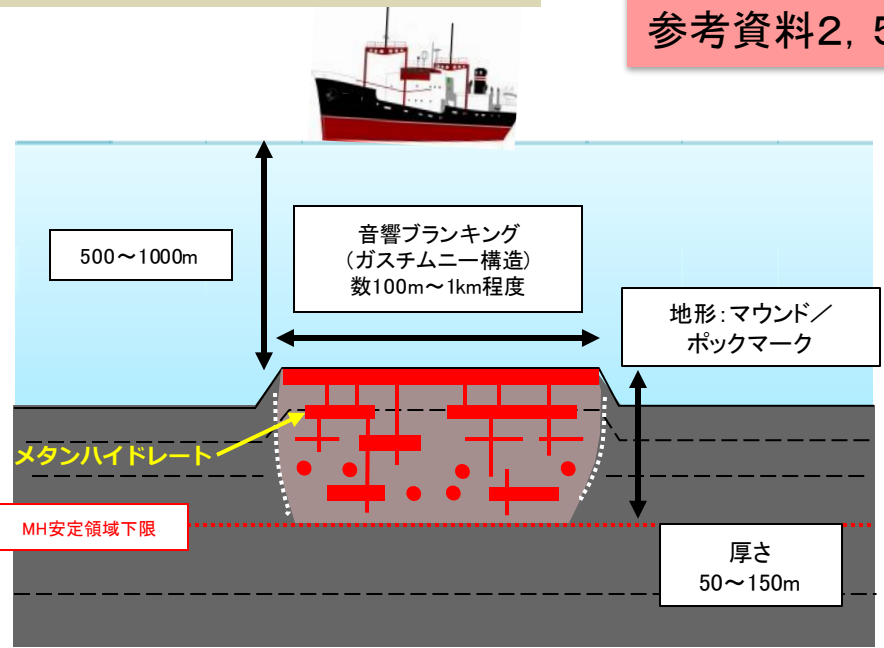
⑥ 掘削地質サンプル採取で取得したハイドレート試料



⑦ 環境調査によるROV潜航調査で発見した塊状メタンハイドレートの壁

ガスチムニー構造の特徴

参考資料2, 5



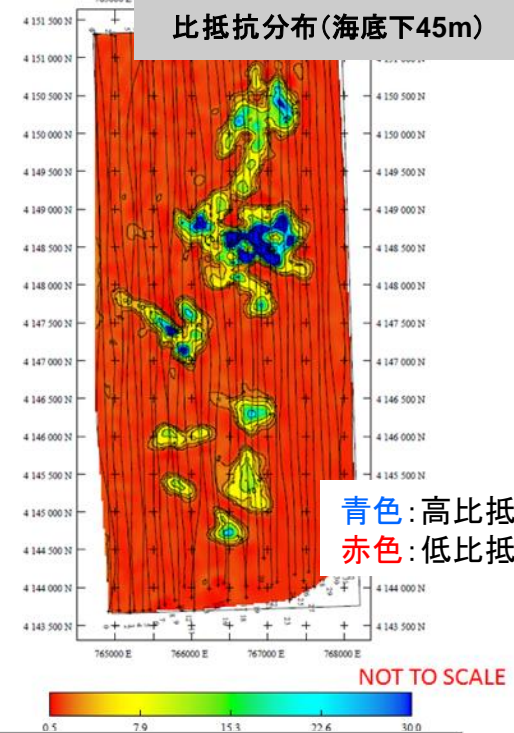
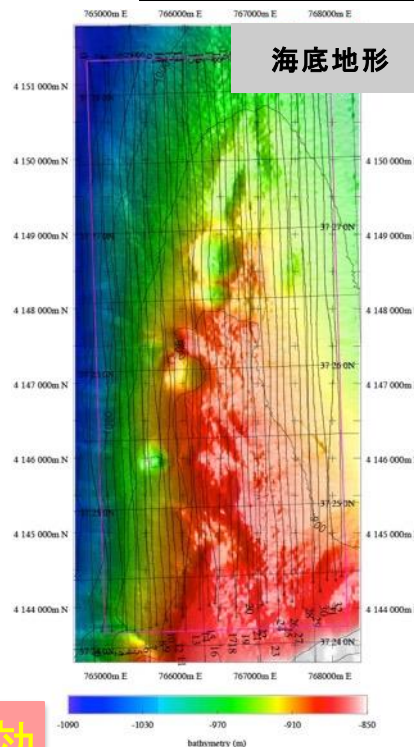
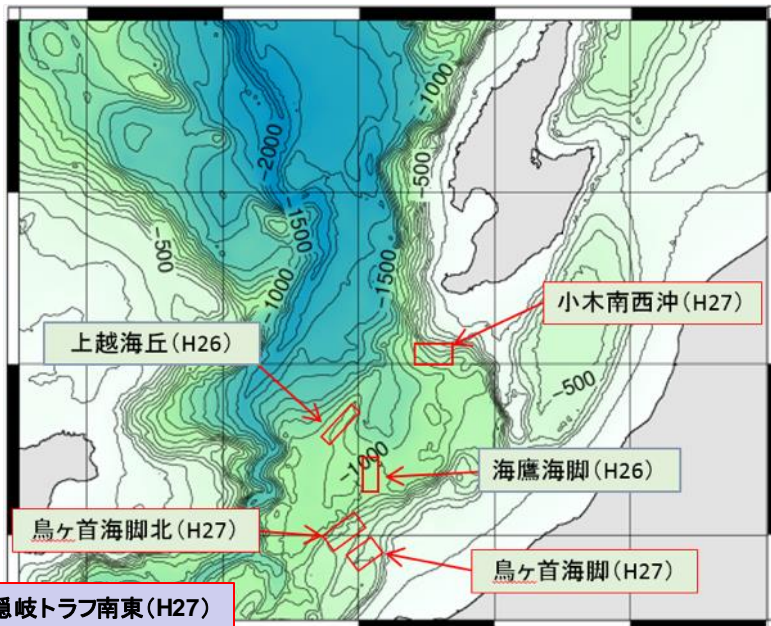
- ・ガスチムニー構造は音響探査のシャドーのため、内部構造は分からなかった。
- ・掘削調査などを通して、メタンハイドレートが、塊状、板状、脈状、粒状など様々な形態で存在し、その分布は連続的でないことが分かった。
- ・調査海域全体の資源量評価を断念し、一部に集中した。

主な成果内容

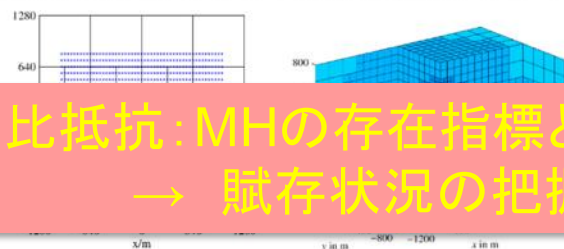
- ・国の要請に基づき、主に日本海で表層型メタンハイドレート調査を広域(63,700km²)で実施。
- ・音響ブランキングを示す特異点(ガスチムニー構造)を合計1,742箇所を確認。
- ・ガスチムニー構造内のメタンハイドレートの分布は不連続で一貫性がないことを確認。
- ・上越沖、海鷹海脚CWマウンド構造で、ガス換算6億m³ (0.02TCF) のハイドレートと推定。



解析結果の例(上越沖海鷹海脚から)



有限体積法: 粗分割メッシュ+移動詳細分割メッシュ



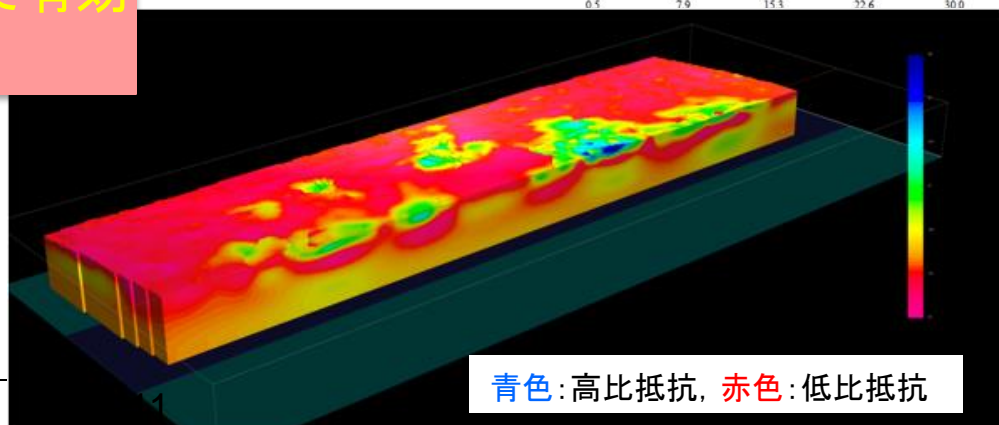
高比抵抗: MHの存在指標として有効
→ 賦存状況の把握

平滑化条件付き最小自乗法: 上限・下限値 (0.5~2000Ωm)

要素分割: Δ25m×Δ25m×Δ10mメッシュ

逆解析用データ

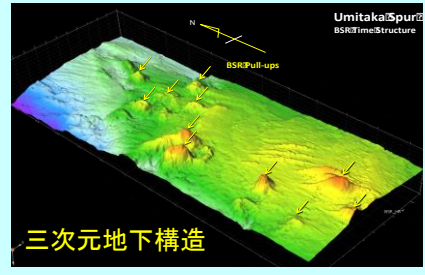
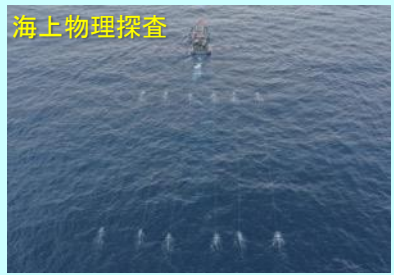
- 周波数: 1, 3, 5, 7, 9, 13Hz
- Vulcans(Rx): N=2, 3, 4 と N=1(重みを低減)
- 電場の全振幅: $(\text{Re}(\mathbf{E})^2 + \text{Im}(\mathbf{E})^2)^{1/2}$



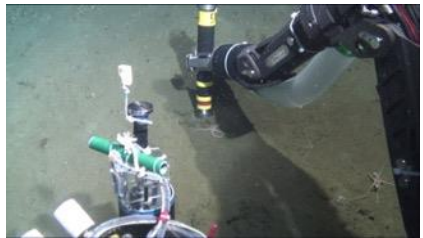
2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)

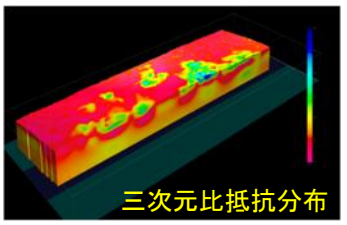


熱流量探査 (Heat flow survey)

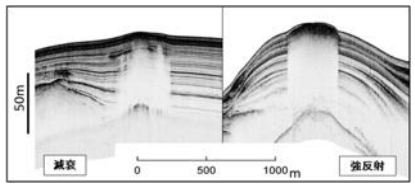


海底熱流量測定装置 (SAHF)

海洋電磁探査(2017年度) (Marine electromagnetic survey)



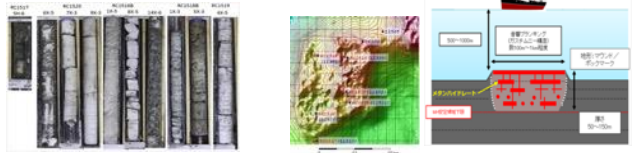
海底下浅部構造探査(2018年度) (Seafloor shallow structure survey)



海底下浅部構造 (AUUによる調査)

<表層型MH資源量の把握>

資源量調査(2013~2015年度) (Resource survey)



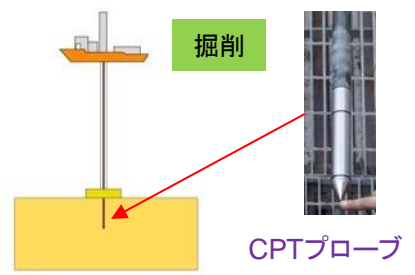
掘削試料 (MH含有) 資源量試算 (海鷹海脚ガストムニー構造)

【海底の現場状況等の把握】

地盤強度調査 (Seabed strength survey)



掘削船 (2015年度使用)



CPTプローブ

海底現場状況調査 (Seabed site condition survey)



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

【海域環境調査】

【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

2019年度実施：調査船

高分解能三次元反射法地震探査



調査船「つしま」 全長: 40 m、総トン数: 295トン

二次元反射法地震探査



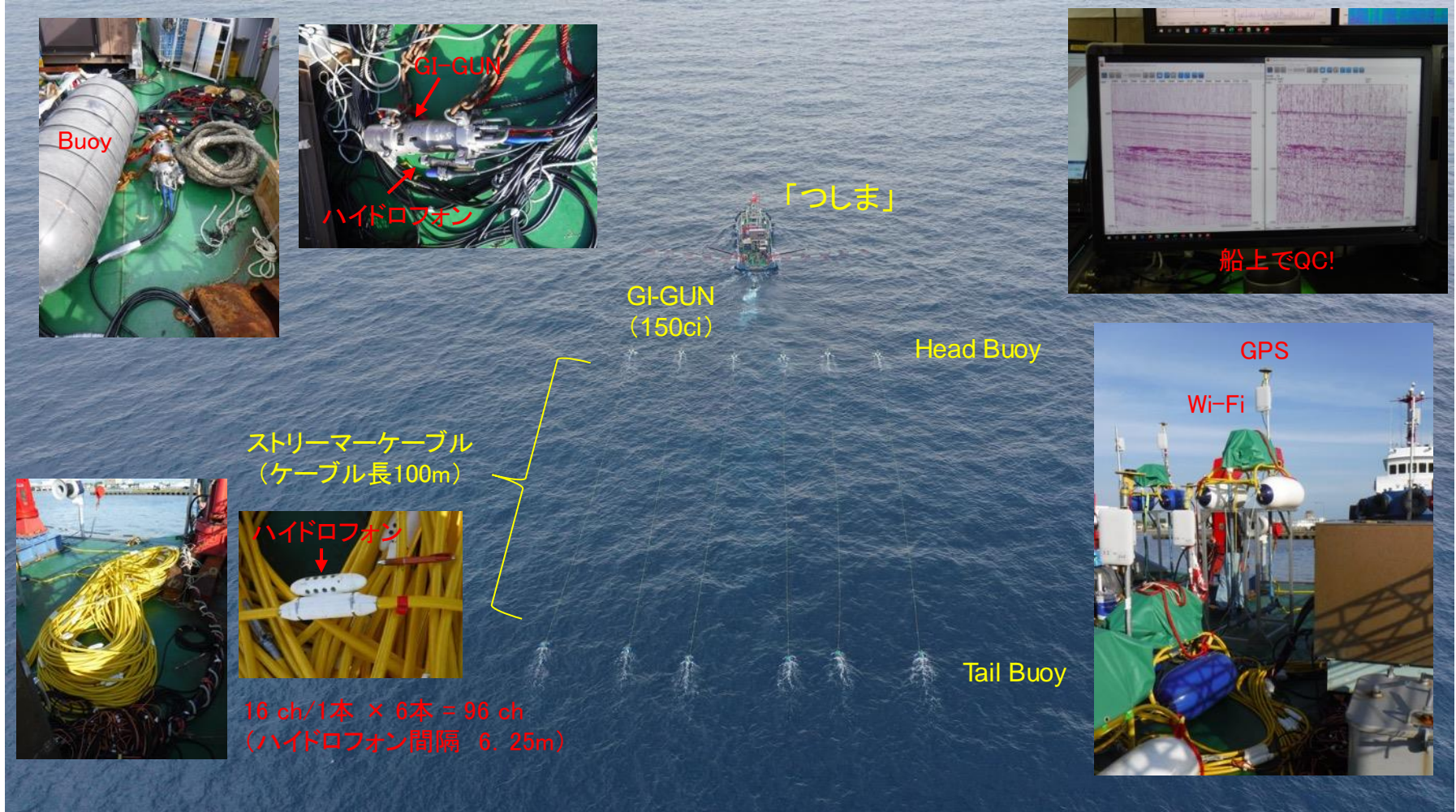
調査船「かいゆう」 全長: 62.4 m、総トン数: 1,292トン

(株)地球科学総合研究所への外注により実施



警戒作業
第八英祥丸
全長: 31.0 m、総トン数167トン

2019年度実施: 調査の様子



(株)地球科学総合研究所への外注により実施

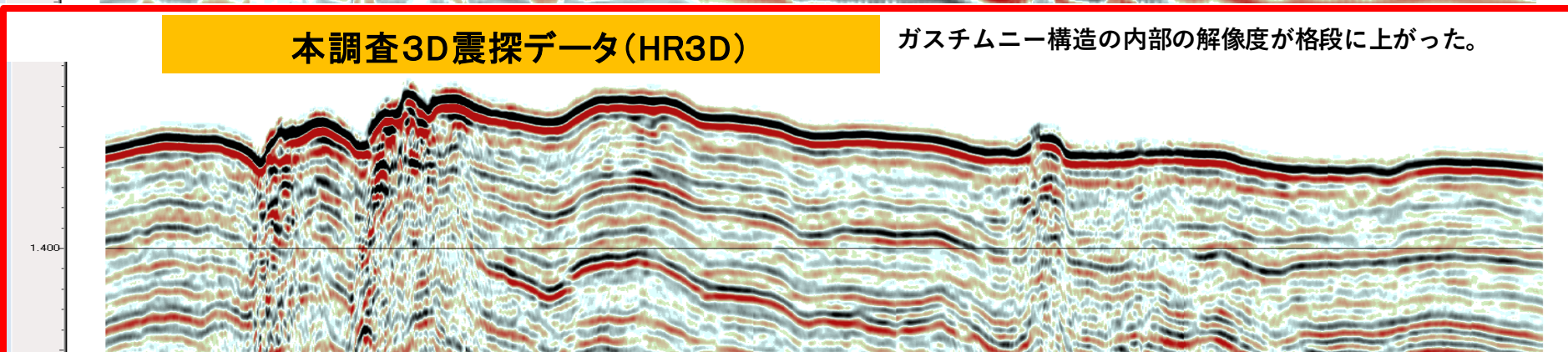
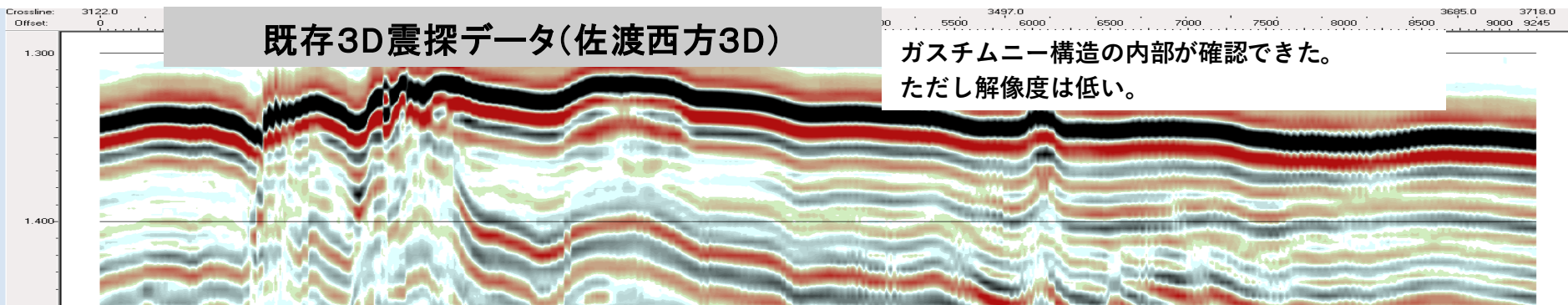
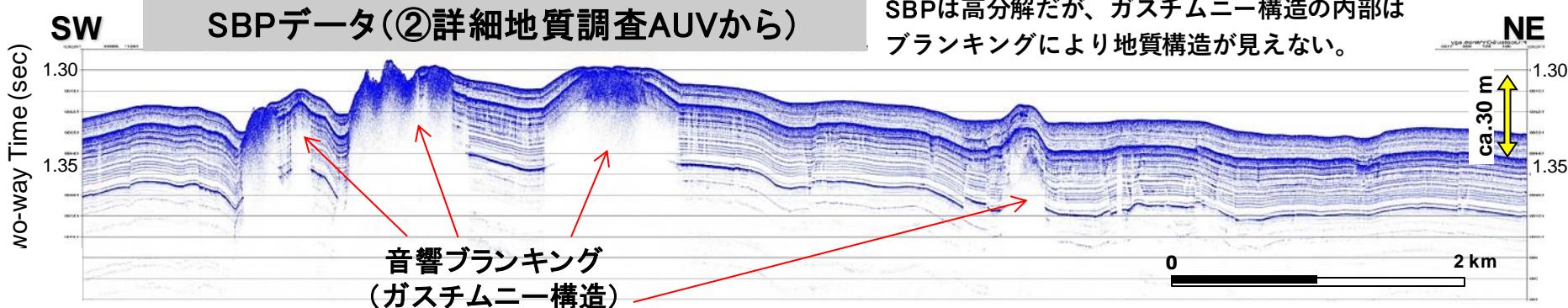
2019年度実施：調査の様子

(株)地球科学総合研究所への外注により実施(動画提供も同社)

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)④

2015年度実施の取得データ例

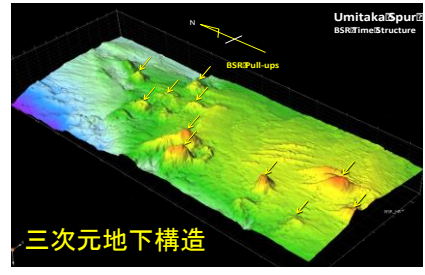
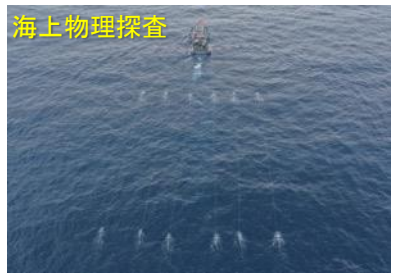
参考資料5



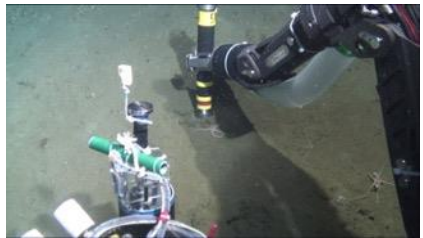
2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)

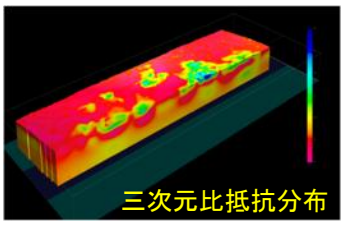


熱流量探査

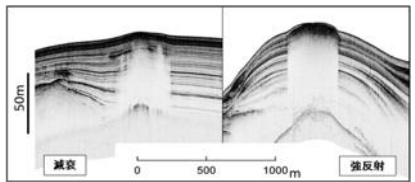


海底熱流量測定装置 (SAHF)

海洋電磁探査(2017年度)



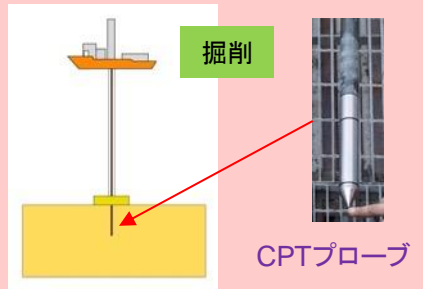
海底下浅部構造探査(2018年度)



海底下浅部構造 (AUVによる調査)

【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



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

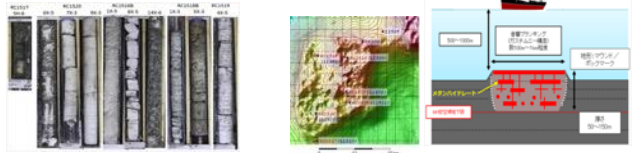
【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

【海域環境調査】

＜表層型MH資源量の把握＞

資源量調査(2013~2015年度)



掘削試料(MH含有) 資源量試算 (海鷹海脚ガスチムニー構造)

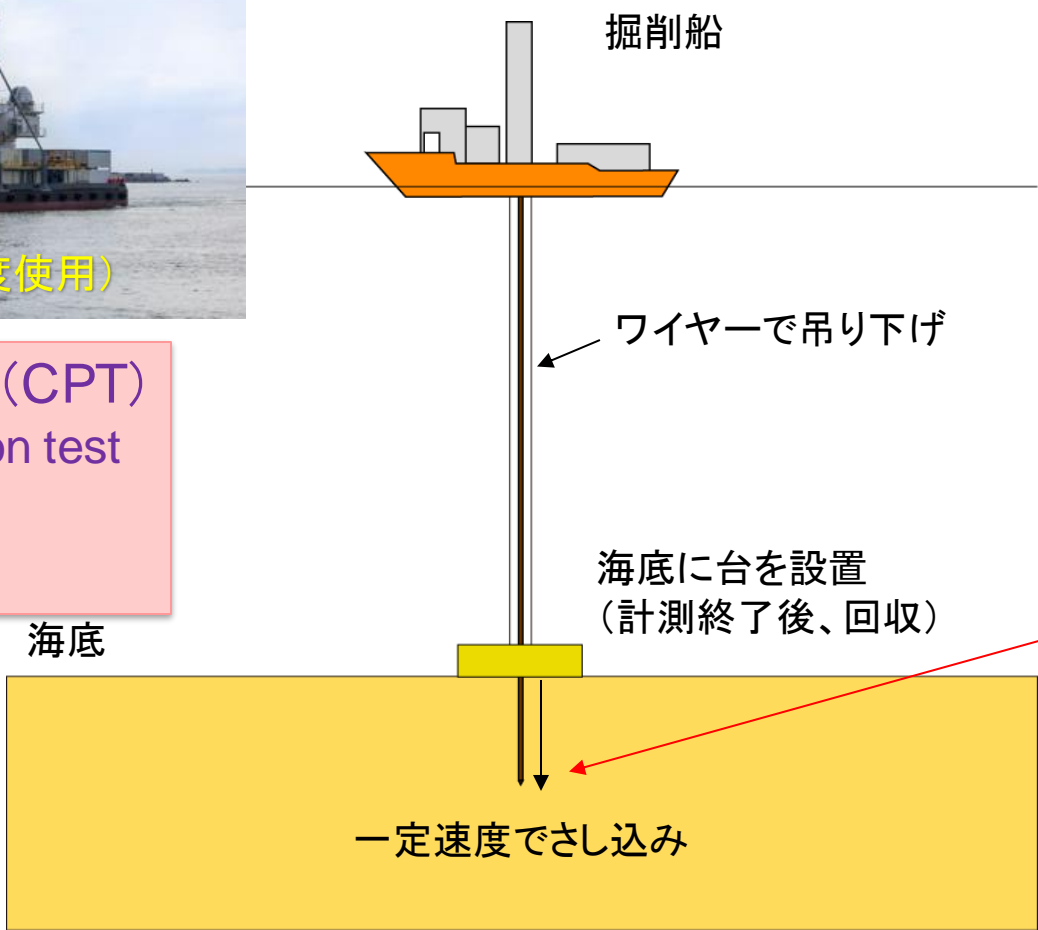
【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

【海底の現場状況等の把握】地盤強度調査①



掘削船(2015年度使用)

- ・コーン貫入試験(CPT)
cone penetration test
- ・三軸圧縮試験
試料採取



CPTプローブ

- ・ 掘削船を用いて、ボーリングロッドを堆積物にさし込むことで堆積物の強度を計測します
- ・ 陸上で堆積物の強度を計測するため、堆積物を採取します

【海底の現場状況等の把握】地盤強度調査②

2015年度に一部海域で実施→まだ不十分

平成26年度(白嶺)および27年度(Poseidon1)に実施

調査海域

上越沖、最上トラフ、隠岐トラフ

使用したコアリングツール

平成26年度(Fugroシステム)

- ・非圧コアラー

平成27年度(GeoTekシステム)

- ・非圧コアラー

- ・圧力コアラー

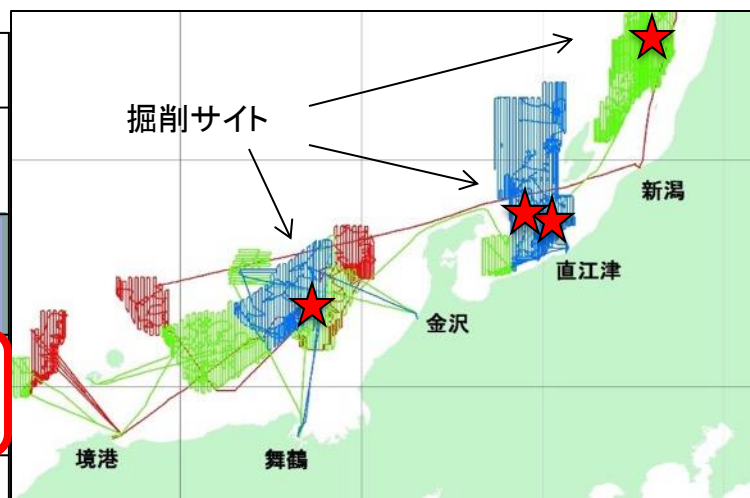
実施した解析項目など

- ・保圧コアによる全量分解実験
- ・柱状図作成・コア写真
- ・ハイドレート量
- ・年代層序
- ・ガス組成・間隙水組成
- ・コーン貫入抵抗試験(CPT)

コーン貫入抵抗(CPT)の実施



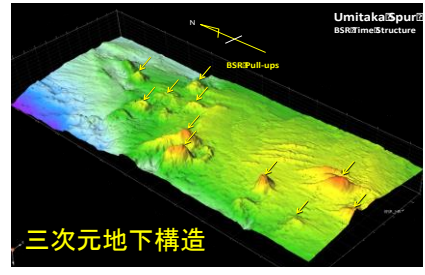
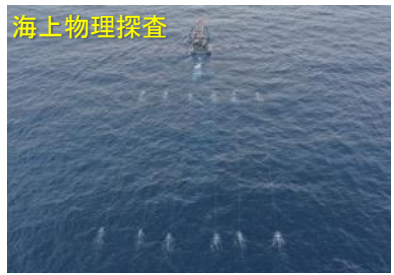
		隠岐トラフ	上越沖	最上トラフ	合計
LWD掘削	H26	0	5	6	33
	H27	4	18	0	
コアリング掘削	H26	0	3	2	28
	H27	5	18	0	
CPT地盤強度試験	H26	0	0	0	8
	H27	0	8	0	
合計		9	52	8	



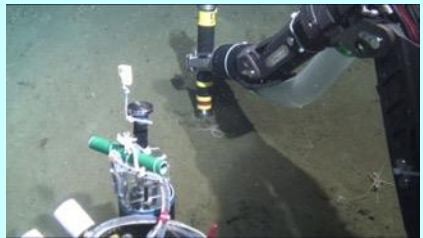
2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)

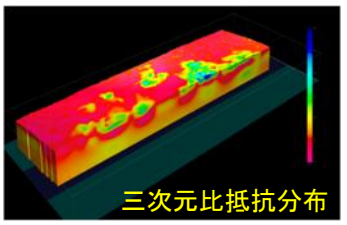


熱流量探査

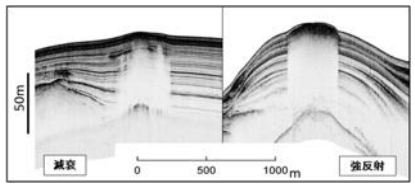


海底熱流量測定装置 (SAHF)

海洋電磁探査(2017年度)



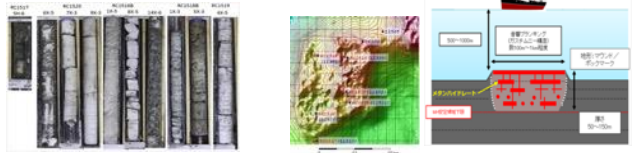
海底下浅部構造探査(2018年度)



海底下浅部構造 (AUVによる調査)

<表層型MH資源量の把握>

資源量調査(2013~2015年度)



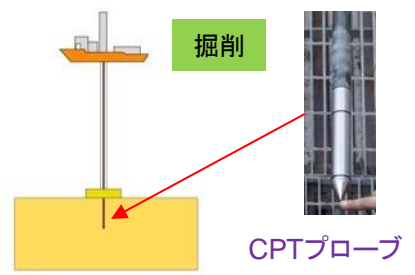
掘削試料 (MH含有) 資源量試算 (海鷹海脚ガストムニー構造)

【海底の現場状況等の把握】

地盤強度調査

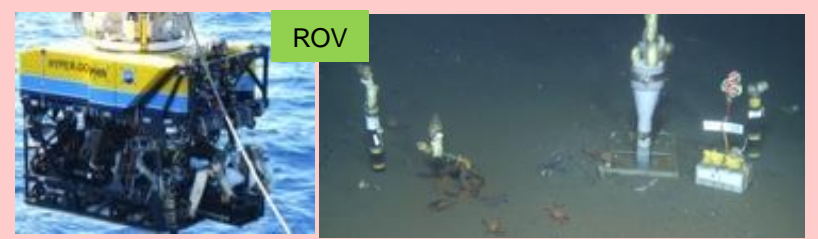


掘削船(2015年度使用)



CPTプローブ

海底現場状況調査



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

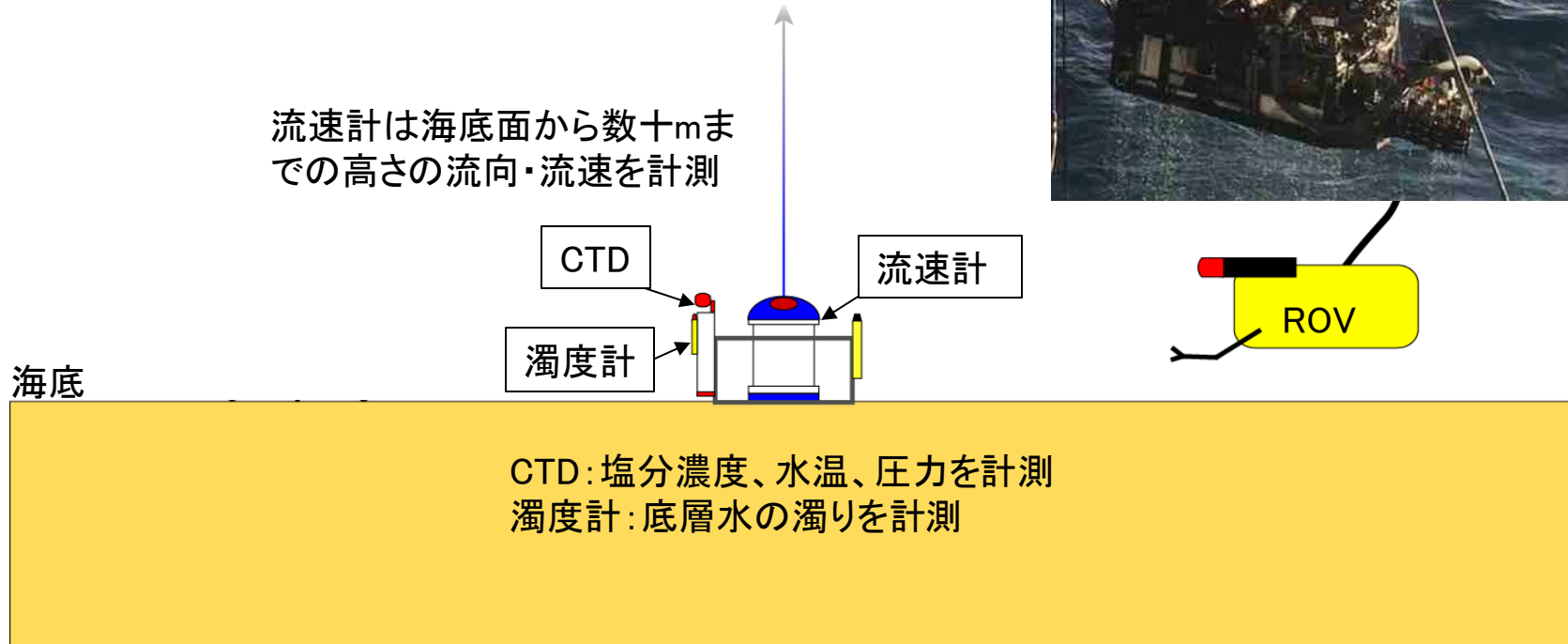
【海域環境調査】

【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

無人潜水機 (ROV) で設置・回収



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



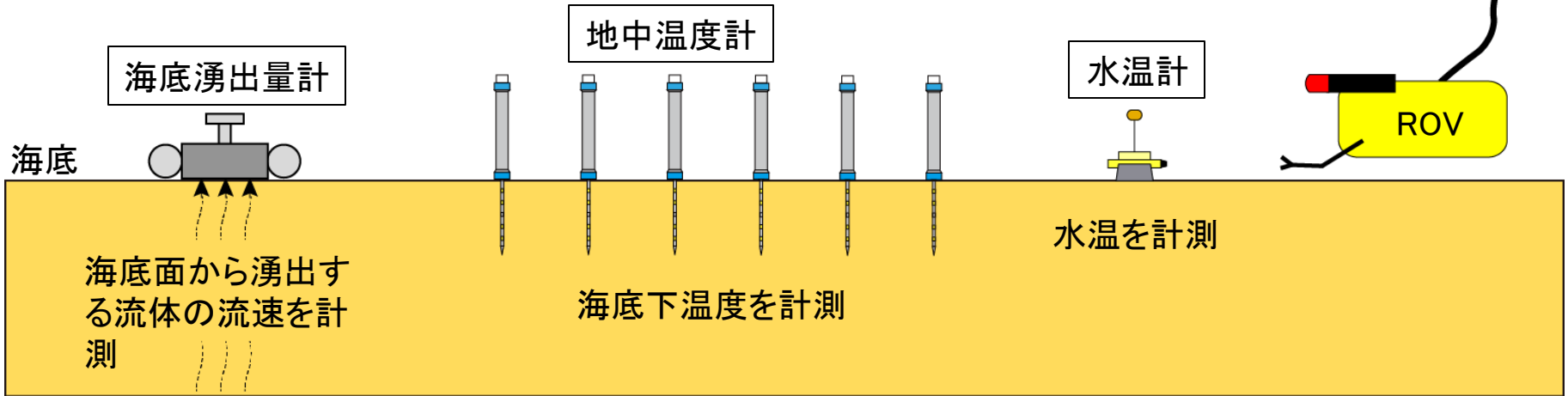
- 海底面から数十mの高さまでの流速、海底面直上の塩分濃度、水温、水圧、濁度を計測します
- 設置と回収は無人潜水機 (ROV) で行います
- 回収後は海底に機材を残しません

【海底の現場状況等の把握】 海底現場状況調査②

【賦存状況等の把握】 熱流量探査



無人潜水機 (ROV)
で設置・回収

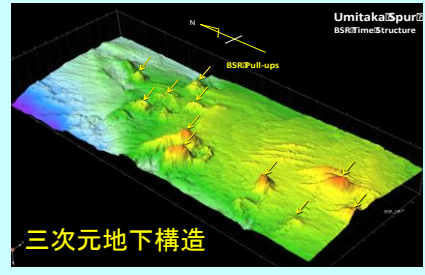
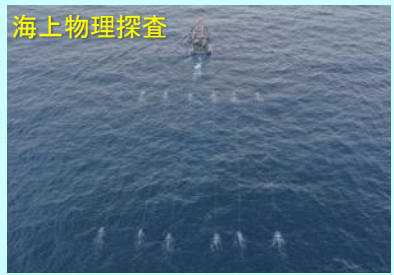


- 水温、海底下温度、海底面から湧出する流体の速度を計測します
- 設置と回収は無人潜水機 (ROV) で行います
- 回収後は海底に機材を残しません

2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査②

【賦存状況等の把握】

精密地下構造探査(高分解能三次元地震探査)

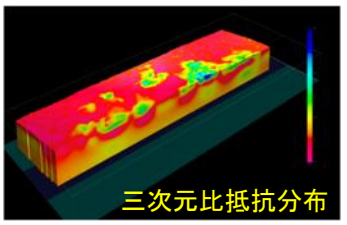


熱流量探査

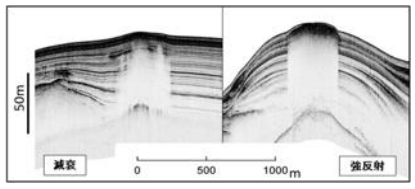


海底熱流量測定装置 (SAHF)

海洋電磁探査(2017年度)



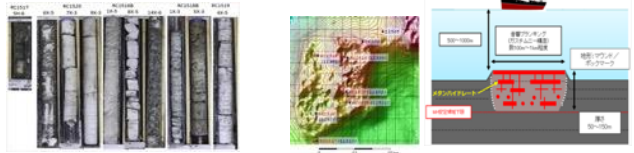
海底下浅部構造探査(2018年度)



海底下浅部構造 (AUVによる調査)

<表層型MH資源量の把握>

資源量調査(2013~2015年度)



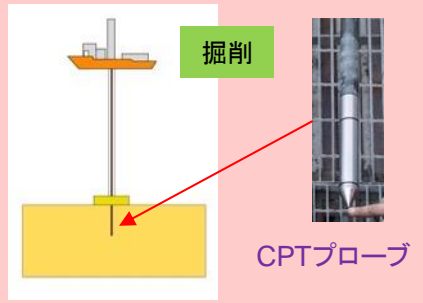
掘削試料 (MH含有) 資源量試算 (海鷹海脚ガストムニー構造)

【海底の現場状況等の把握】

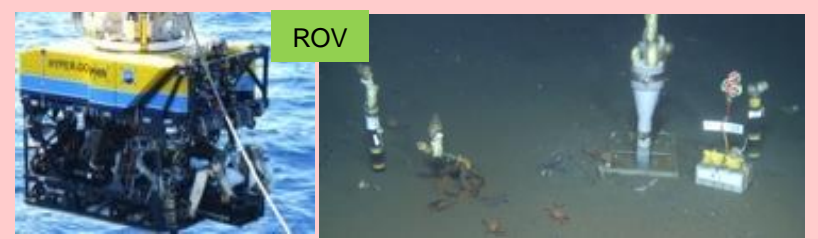
地盤強度調査



掘削船(2015年度使用)



海底現場状況調査



ROVと海底設置観測装置 (2014~2015年度)

【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム

【海域環境調査】

【海洋産出試験の実施場所に関する検討】

2. 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査③

＜実施スケジュール＞

年度	2019	2020	2021	2022
賦存状況等の把握	[Progress bar]			
・精密地下構造調査	[Progress bar]			
・熱流量調査	準備	[Progress bar]		
海底の現場状況等の把握	[Progress bar]			
・地盤強度調査	準備 ・機材調達 ・船舶検討 ・現地調整	[Progress bar]		
・海底現場状況調査	[Progress bar]			
海洋産出試験の実施場所に関する検討	[Progress bar]		[Progress bar]	

＜表層型MH資源量の把握＞
 資源量調査(2013～2015年度)

掘削試料(MH含有) 資源量試算(海鷹海脚ガスチムニー構造)

【海域環境調査】

【回収・生産技術の研究開発】

- ・要素技術
- ・生産システム