

# メタンハイドレートフォーラム 2016

## 表層型メタンハイドレート 資源量調査結果検討委員会の報告

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21)  
資源量評価グループ 森田澄人 (産総研・地圏資源環境研究部門)

2016年12月6日  
東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

# 表層型メタンハイドレート資源量調査結果検討委員会

第1回 平成28年3月16日(水) 経済産業省 別館

第2回 平成28年7月26日(火) 経済産業省 別館

第3回 平成28年8月31日(水) 経済産業省 別館

委員長 荒戸裕之 (国立大学法人 秋田大学)

委員 小野崎正樹 (一般財団法人 エネルギー総合工学研究所)

川本尚実 (JXリサーチ 株式会社)

木川栄一 (国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

山口隆志 (一般財団法人 エンジニアリング協会)

主催・事務局 産総研 地圏資源環境研究部門

## H25～H27年度 表層型メタンハイドレート資源量調査

平成16年以降の東京大学を中心とした調査により、上越沖などのガスチムニー構造（音響学的ブランキング）をともなうマウンドなどの特異点において、海底下ごく浅層部に塊状メタンハイドレートが確認されてきた。

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。

### 実施した調査項目：

- ①広域地質調査（船底音響機器探査） ……特異点の探索
- 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） ……ハイドレートなど堆積物採取
- 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

# 表層型メタンハイドレート資源量の推定

## 音響(超音波)探査

①広域および②詳細地質調査による特異点の分布と構造の把握

- ・ガスチムニー構造の探索とタイプ区分
- ・詳細地質構造と音響学的特徴の抽出

## 物理探査

③精密3D震探による構造探査

- ・ガスチムニー構造内部の構造を抽出
- ・音響学的特徴の抽出(速度異常の利用)

④海洋電磁探査による空間分布の推定

- ・高比抵抗部の抽出
- ・比抵抗値から濃集度の概算

## 掘削調査

⑤LWDによる資源量の推定

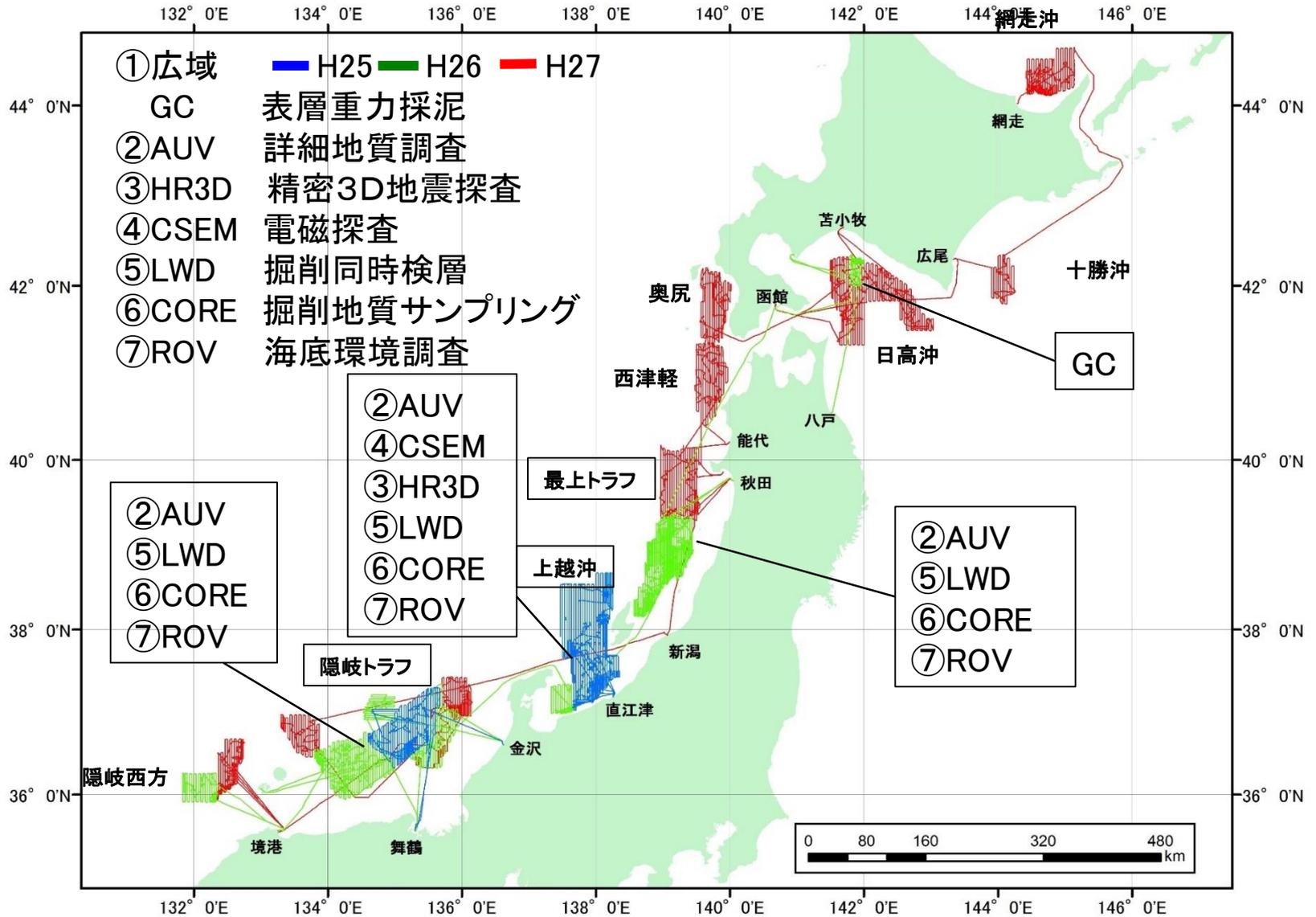
- ・各センサーによる坑井周辺地層の物理性状の把握からハイドレート部を抽出

⑥掘削地質サンプルを用いた推定

- ・塩素濃度異常からハイドレート量を推定
- ・保圧コアの全コア分解実験によるハイドレート量の推定

資源量の推定

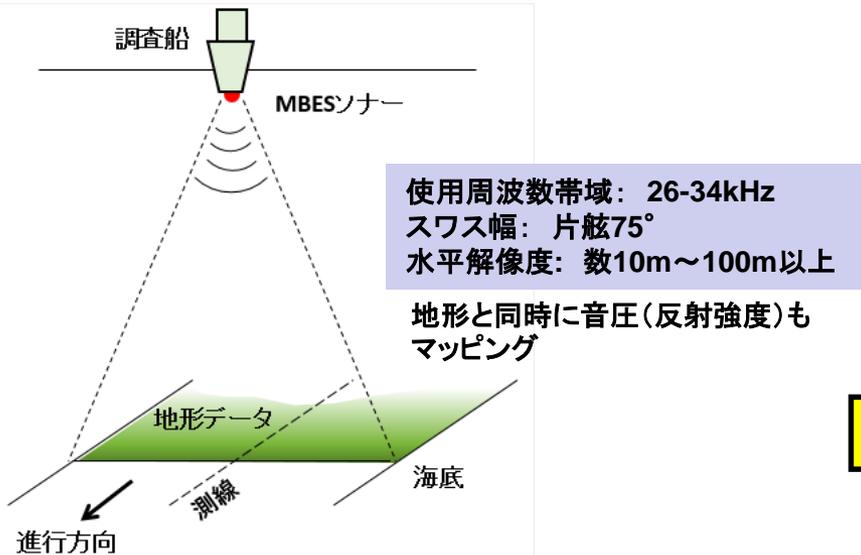
# H25～H27年度海洋調査： エリアと調査種目



# ①広域地質調査：調査の概念

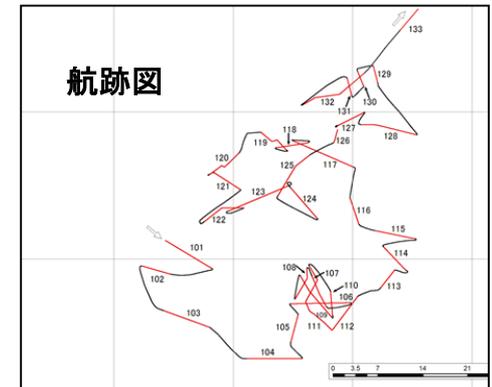
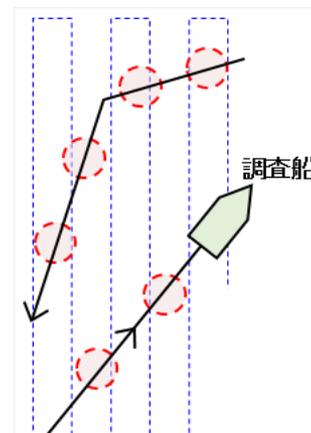
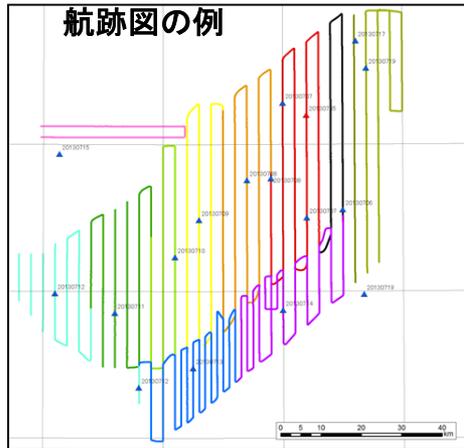
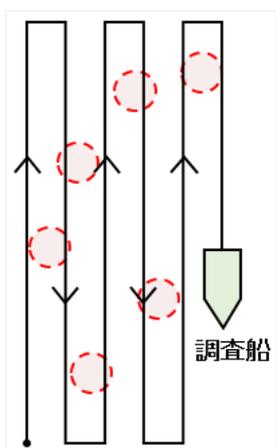
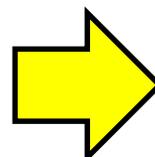
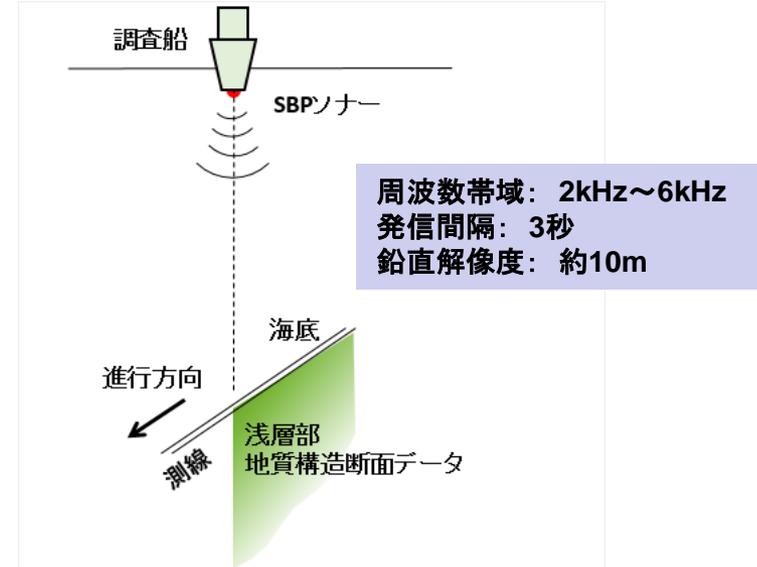
## <概査モード>

MBESによる地形特異点の搜索  
 測線間隔：約3.0km(水深による)

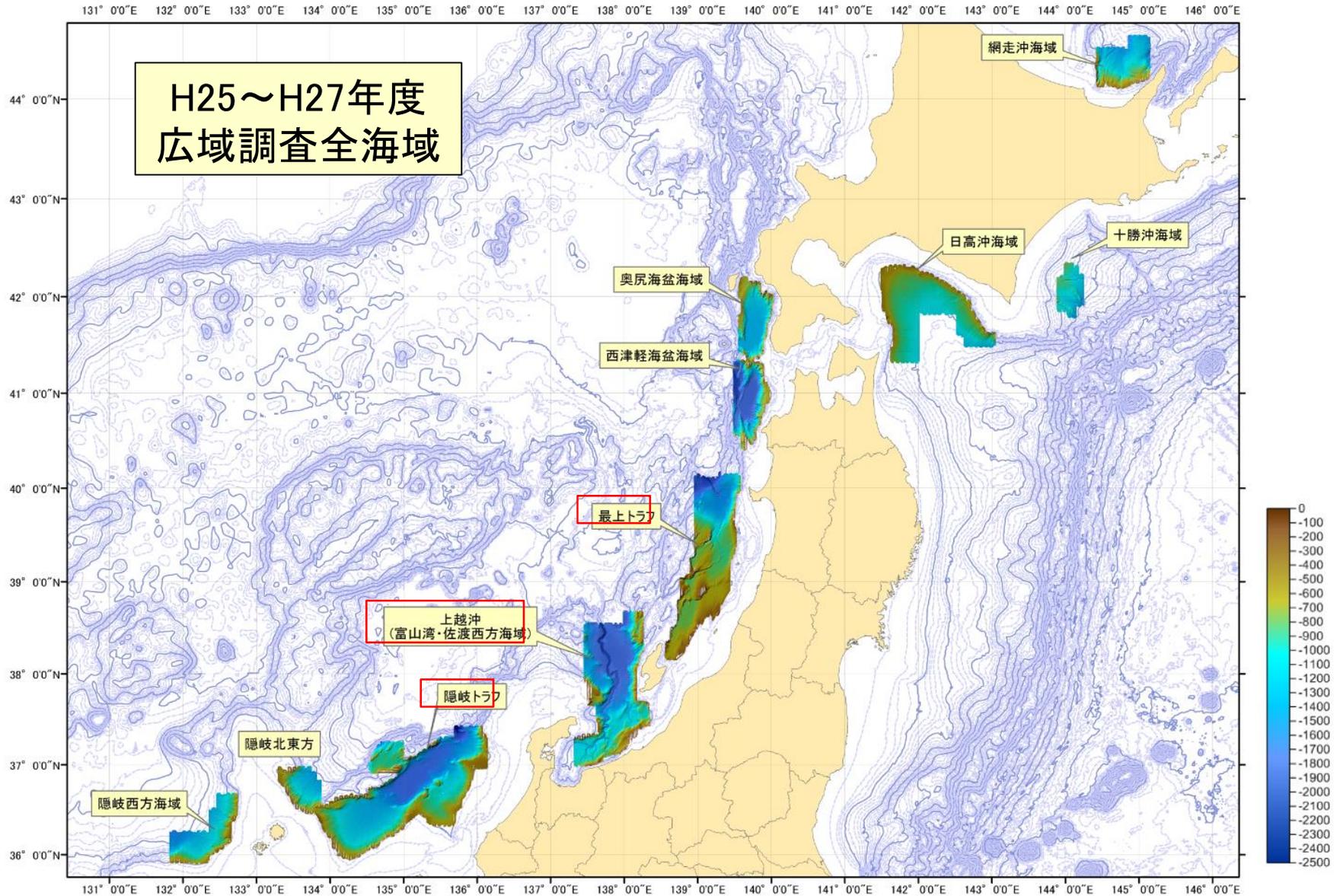


## <精査モード>

SBPによる地形特異点の構造把握  
 測線：地形特異点を通るように設定



# ①広域地質調査：調査海域



# ①広域地質調査：特異点の評価

## ＜特異点の評価基準＞

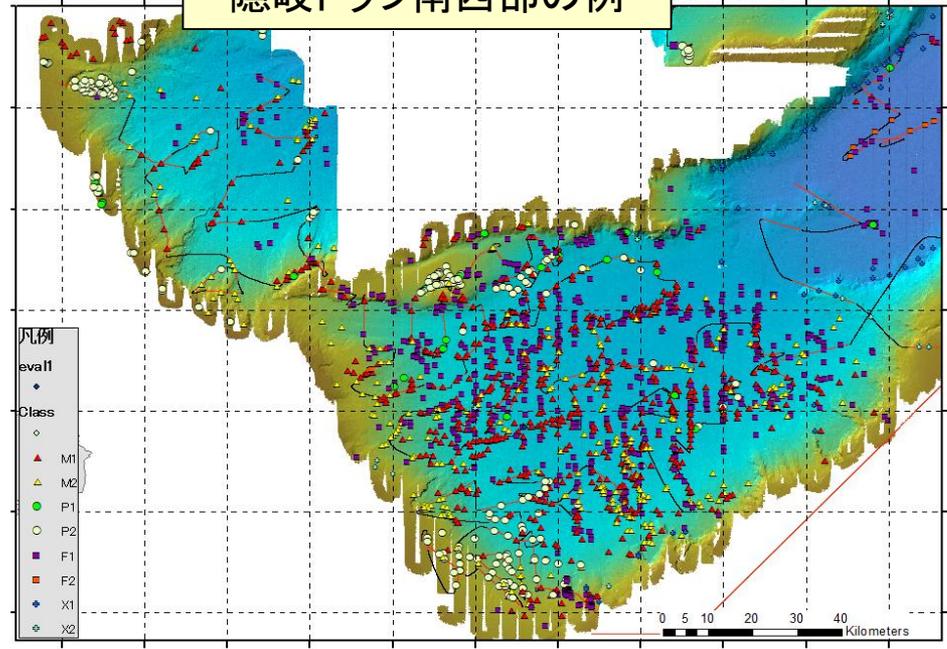
特異点を抽出

- ・マウンド(M)
- ・ポックマーク(P)
- ・平坦地(F)
- ・その他(X)

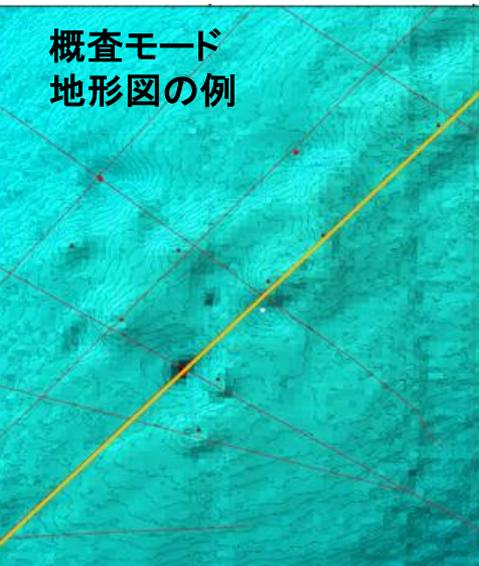
音響ブランキング(ガスチムニー構造)の有無

- ・有り(1)
- ・無し(2)

隠岐トラフ南西部の例



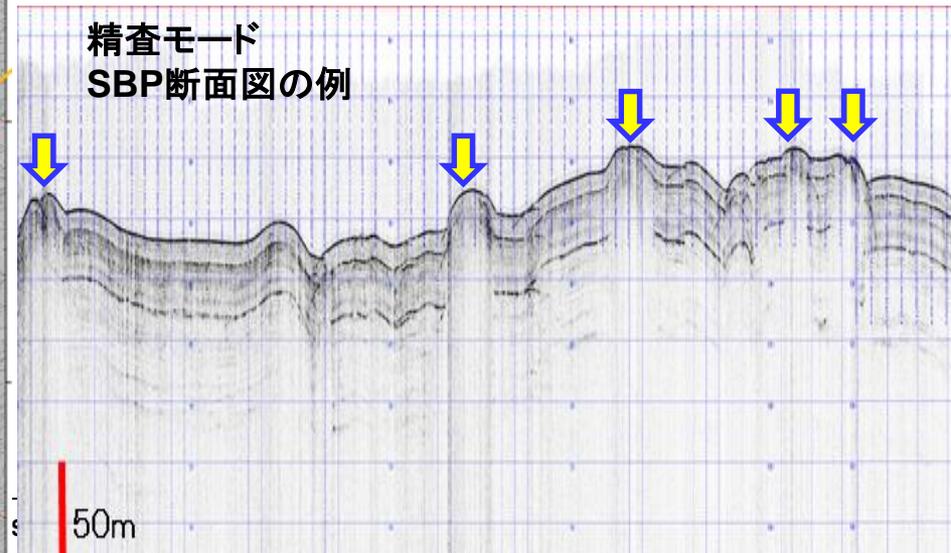
概査モード  
地形図の例



概査モード  
音圧(反射強度)図の例

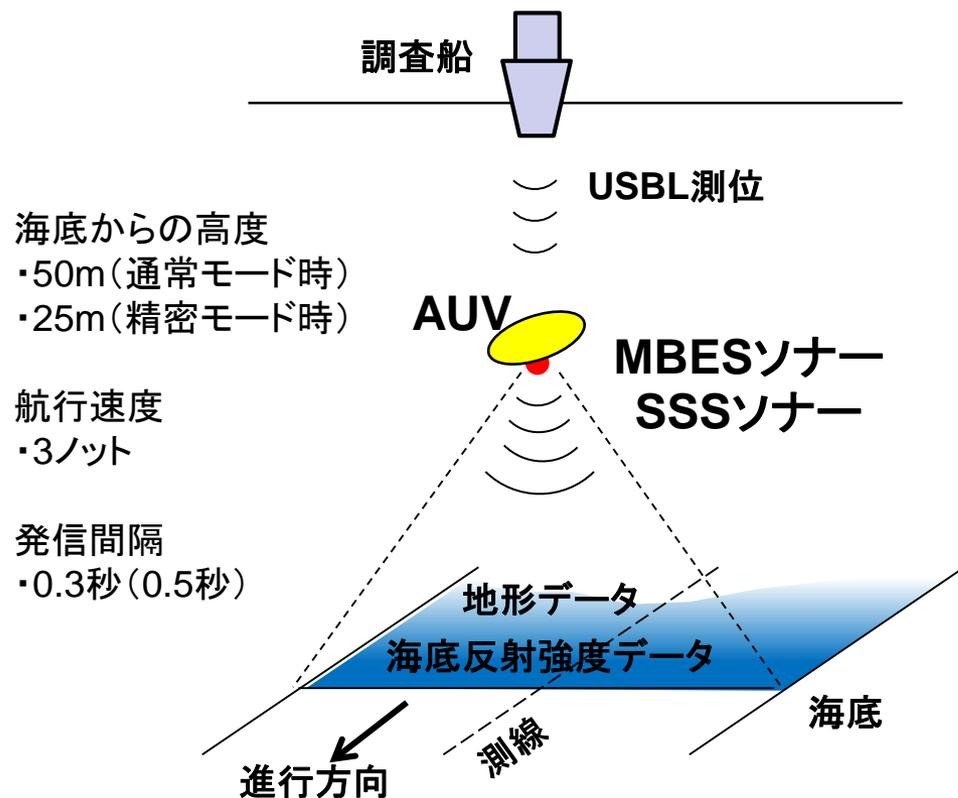


精査モード  
SBP断面図の例

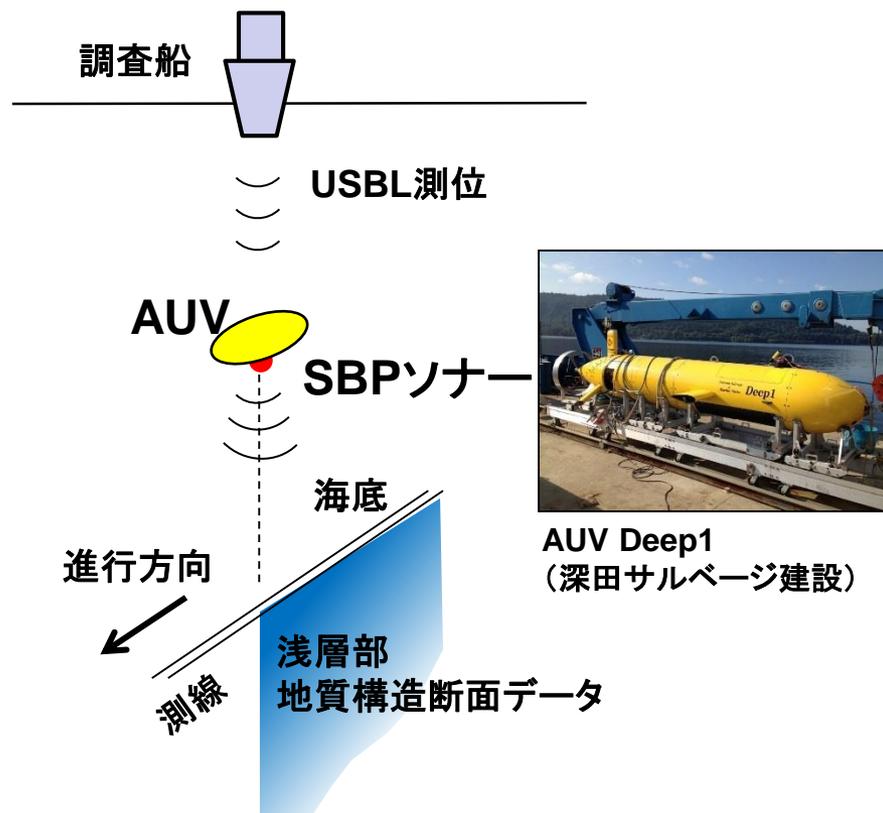


## ②詳細地質調査(AUV探査) : AUV探査の概念図

MBES地形調査 および  
SSS海底反射強度調査



SBP海底下浅層構造調査



AUV Deep1  
(深田サルベージ建設)

**MBES (Multi-beam Echo Sounder)**  
— 海底地形 —  
周波数帯域: 数10kHz  
解像度: 数10m~100m以上

マウンドやポックマークなど特異点周辺の  
微細な地形の特徴を捉える

**SSS (Side-scan Sonar)**  
— 海底反射強度 —  
周波数帯域: 120kHz, 410kHz  
解像度: 数10m~100m以上

海底の反射強度の変化をマッピングし、  
底質の硬さや微細な地形の変化を明ら  
かにする。

**SBP (Sub-bottom Profiler)**  
— 海底下浅層部断面 —  
周波数帯域: 数kHz~数10kHz  
解像度: 数cm以上

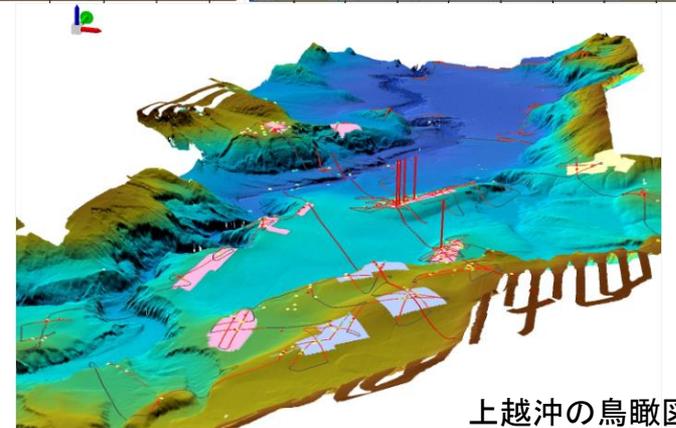
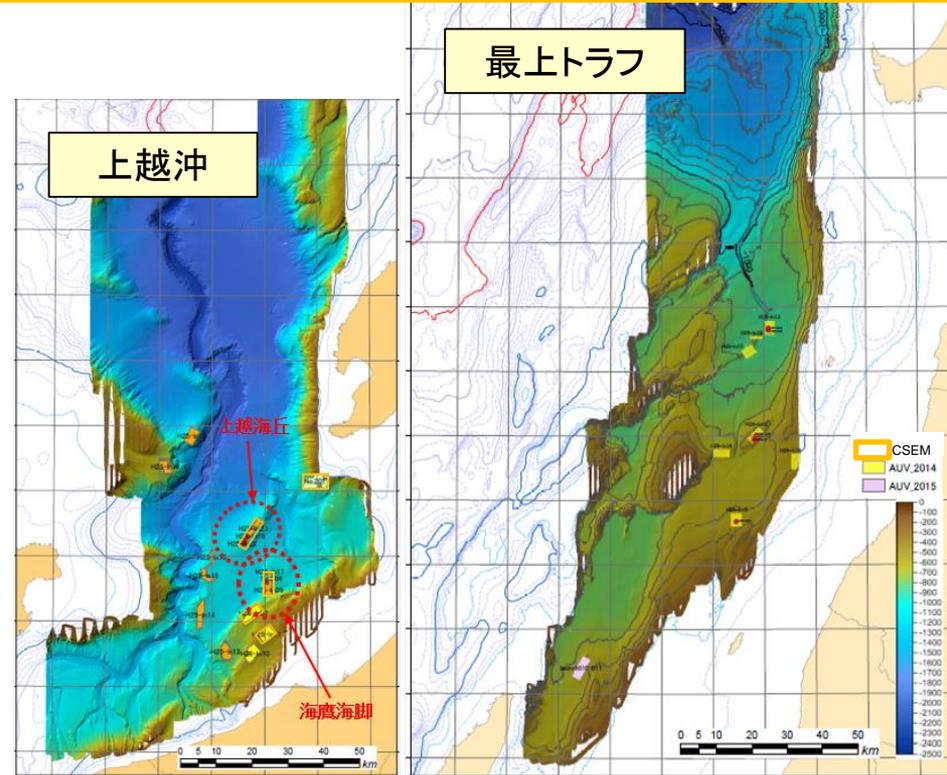
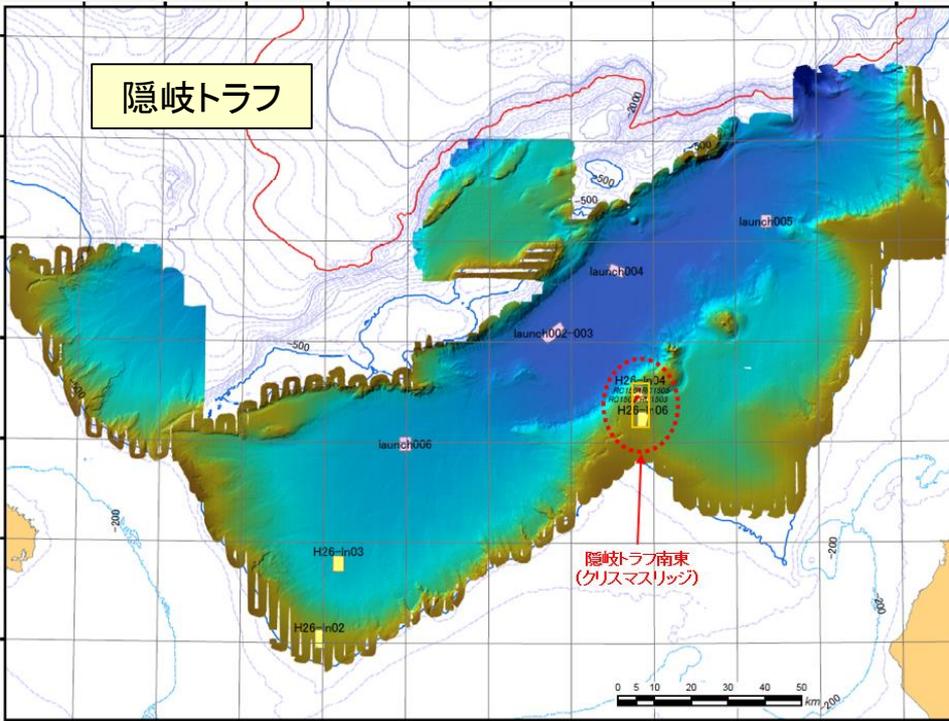
海底下浅層部の地質構造を明らかにする。  
地震探査よりも2~3桁周波数が高いため  
より高解像度な構造が解析可能となる。

## ②詳細地質調査(AUV探査) : AUV探査の実績と広域調査との比較

### AUV探査の実績

	隠岐トラフ		上越沖		最上トラフ		ダイブ数
	通常	精密	通常	精密	通常	精密	
H25年度	-	-	7	4	-	-	11
H26年度	4	-	3	2	7	-	16
H27年度	4	-	2	1	2	-	9

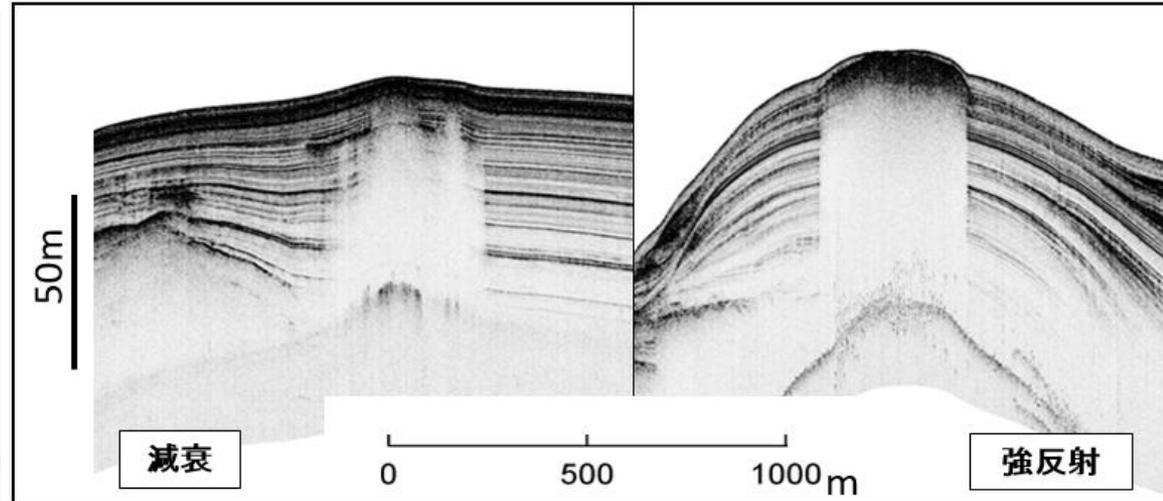
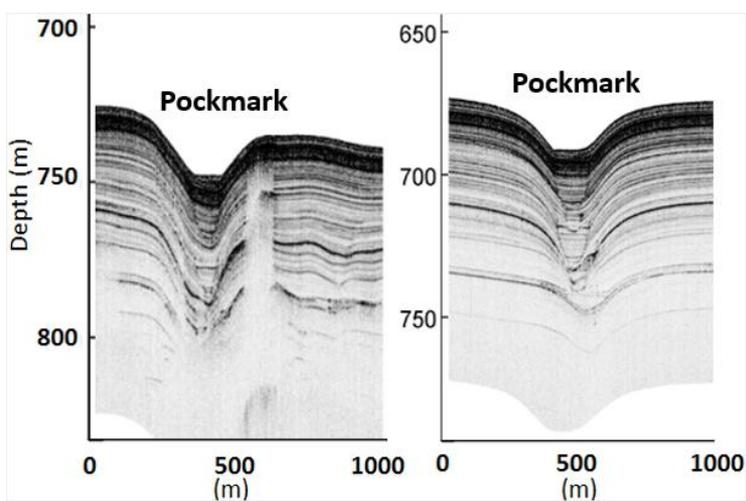
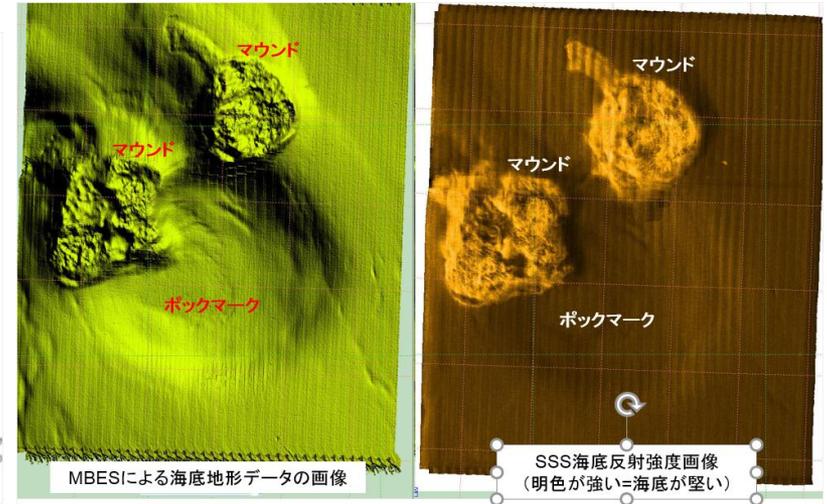
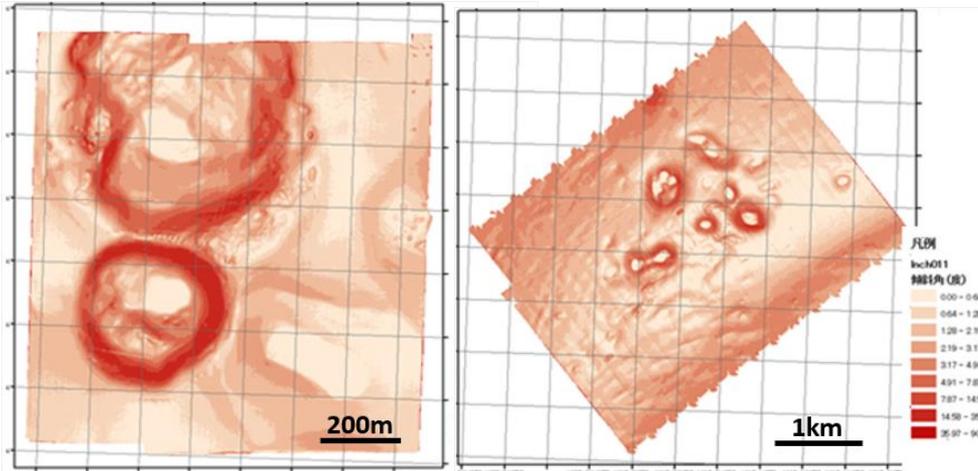
計36ダイブで 303.7 km<sup>2</sup> を探査(①広域調査の0.5%)



上越沖の鳥瞰図

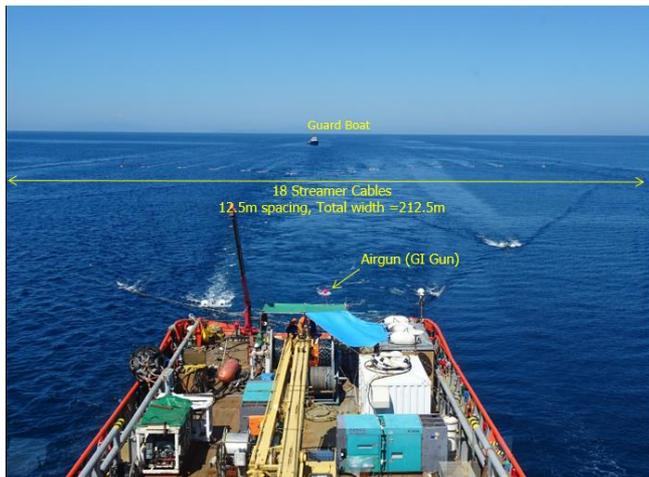
## ②詳細地質調査(AUV探査) : 特異点の特徴

- ・マウンドには表層の凹凸が顕著なものがあり、これらはSSSで強反射を示す場合がしばしばである。
- ・ポックマークは陥没構造を示し、地形的に明瞭だが、海底はスムーズ。
- ・ガストムニー構造は強反射タイプと減衰タイプに分けられ、塊状ハイドレートは強反射タイプに期待される。

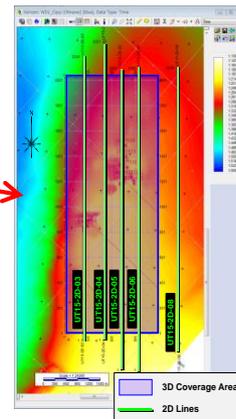
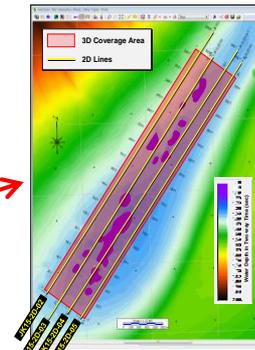
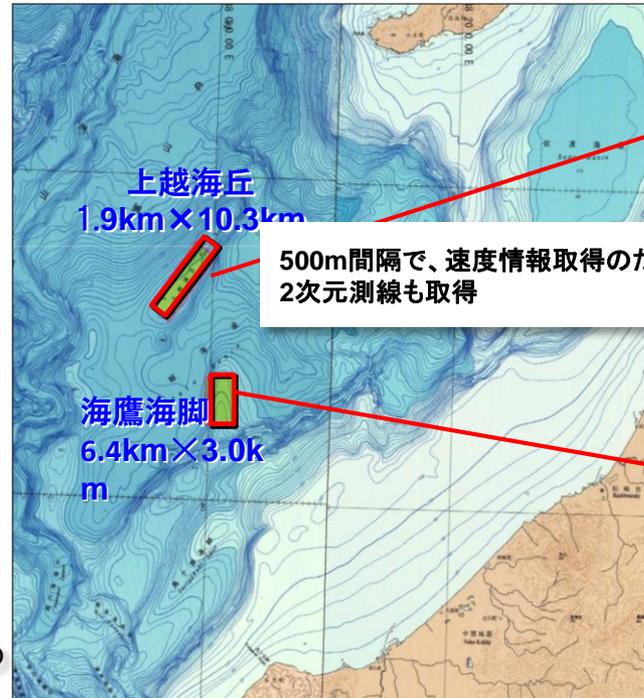


### ③精密地震探査(3D地震探査) : 精密三次元地震探査の概要

上越沖の表層メタンハイドレートエリアにおいて、高分解能三次元反射法地震探査を実施し、三次元的イメージングを行い、SBPでは不明瞭だったガステムニー構造内部の地質構造を明らかにする。



実施は平成27年度のみ



#### 探査仕様

- ・ストリーマケーブル 約150m を18本 (浅層部を対象に非常に短い)
- ・チャンネル数 24ch x 18 = 計192ch
- ・測線間隔 12.5m
- ・エアガン 高周波数GIガン



ストリーマケーブル

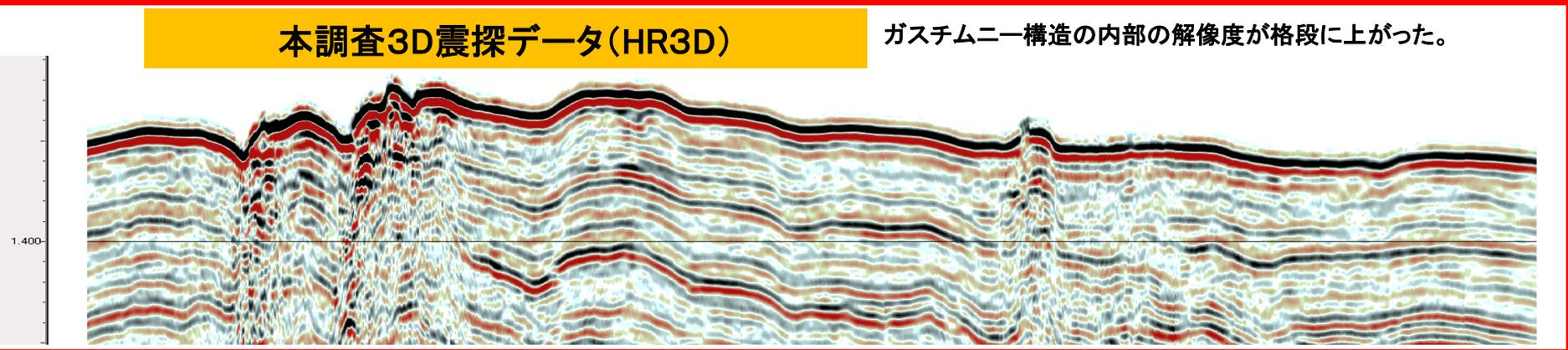
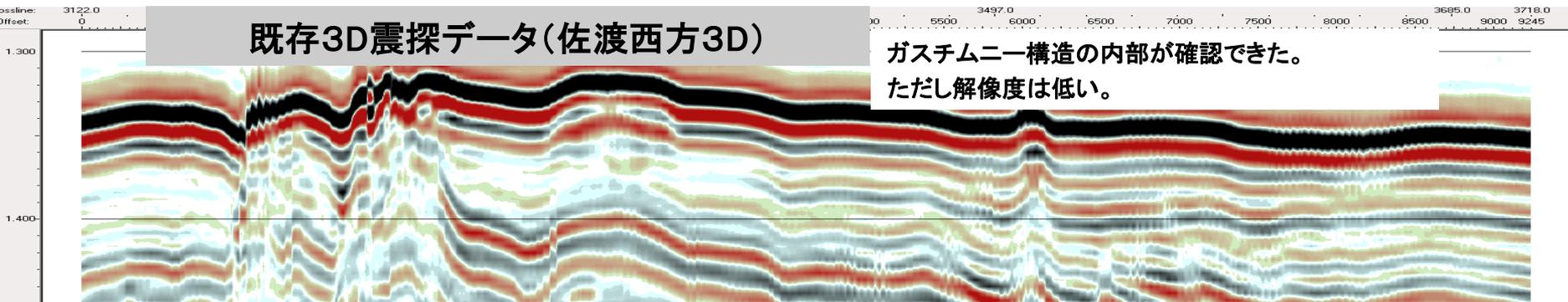
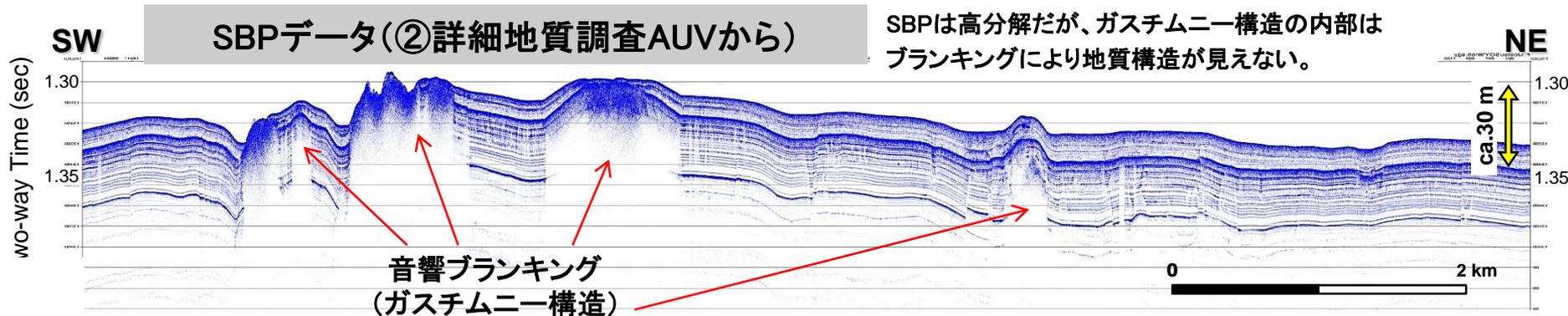


エアガン (GIガン)



記録システム

### ③精密地震探査(3D地震探査) : 精密三次元地震探査の概要



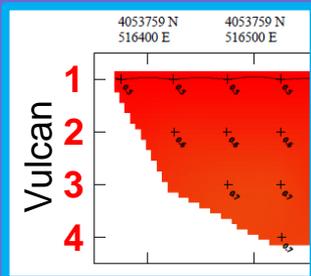
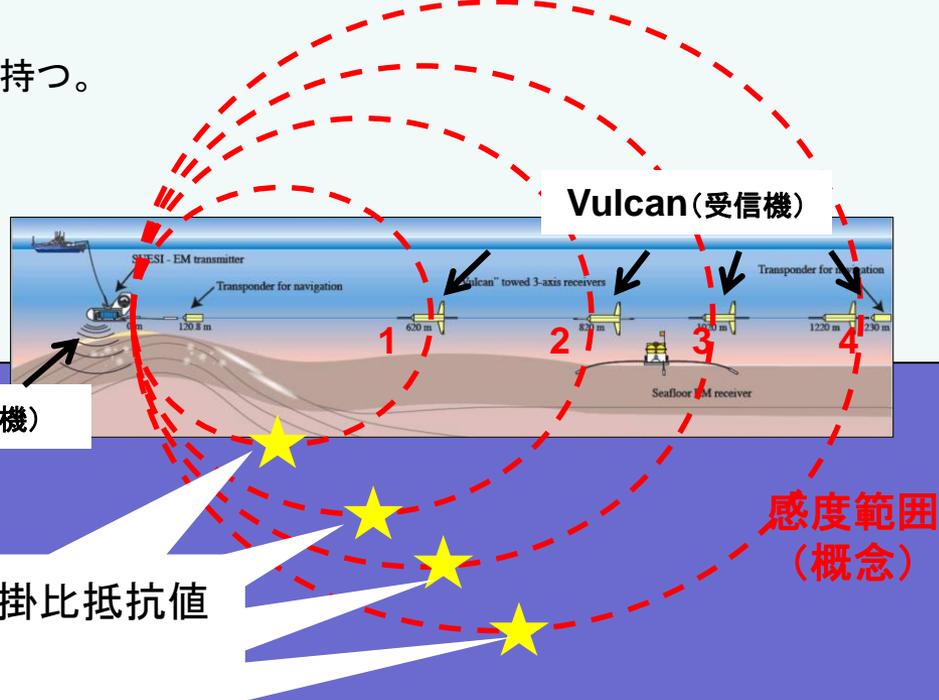
# ④海洋電磁探査(CSEM探査) : CSEM探査の概念

上越沖海域5エリアと隠岐トラフ海域1エリアで実施。  
異なる受信機がその位置により異なる感度範囲(深度)を持つ。

- ・測線間隔150m
- ・海底から高度50m

取得データを基に三次元解析(最小自乗法)により  
三次元的比抵抗分布を得る。

← 進行方向  
海 底



計測した見掛比抵抗値  
をプロット

The Marine EM laboratory at Scripps Institution of Oceanography  
<http://marineemlab.ucsd.edu/>



ケーブルウインチ

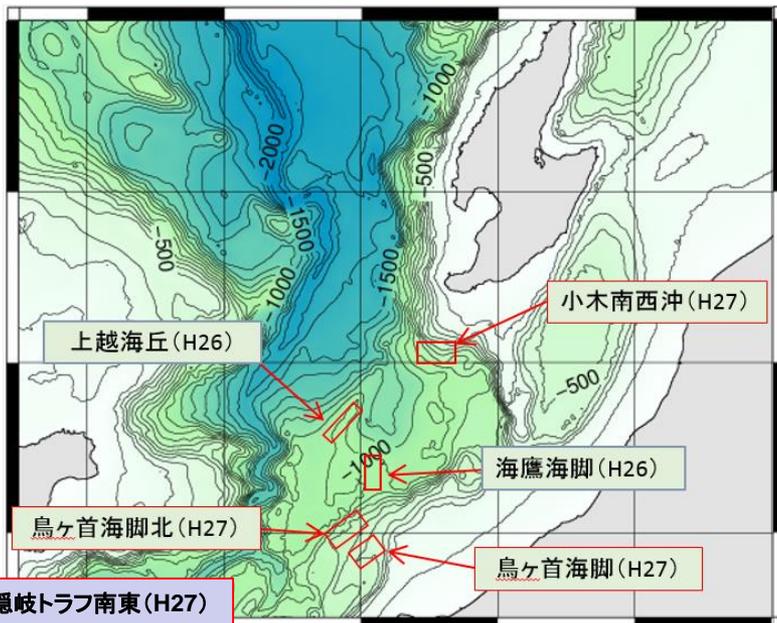


送信機(Suesi)

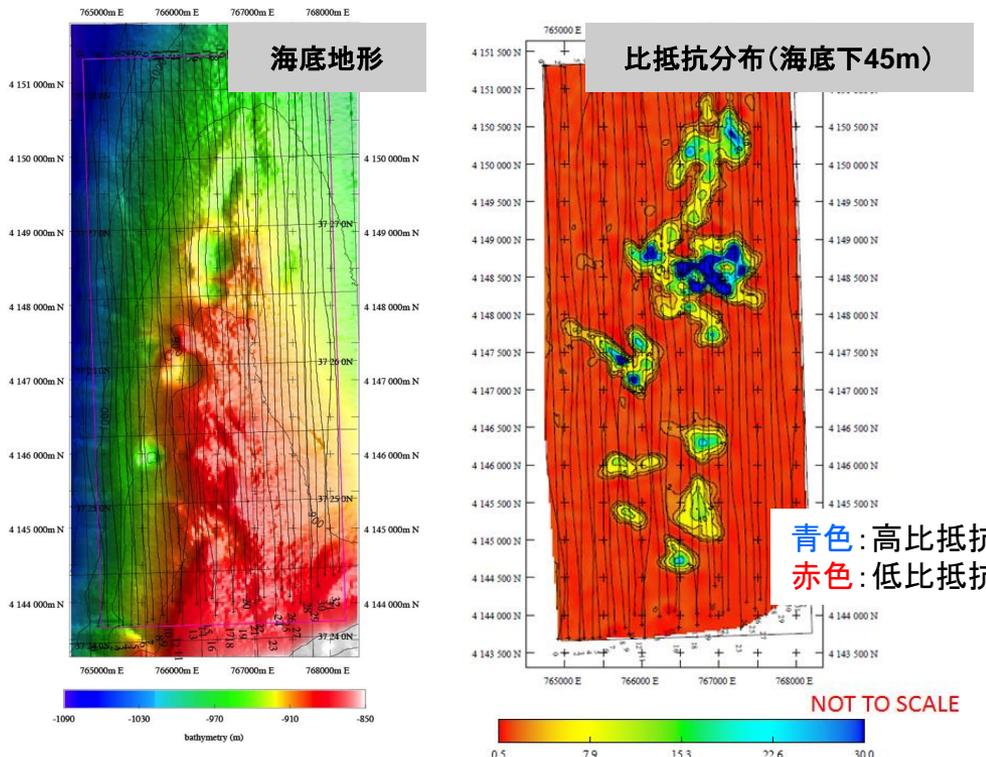


受信機(Vulcan)

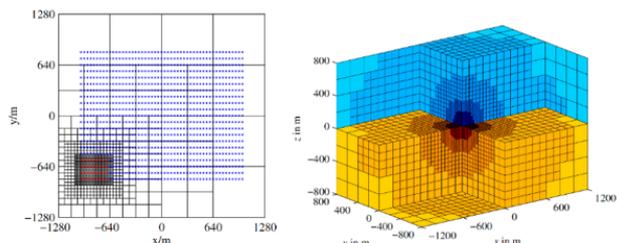
# ④海洋電磁探査(CSEM探査) : CSEM探査の適用エリアと解析結果



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

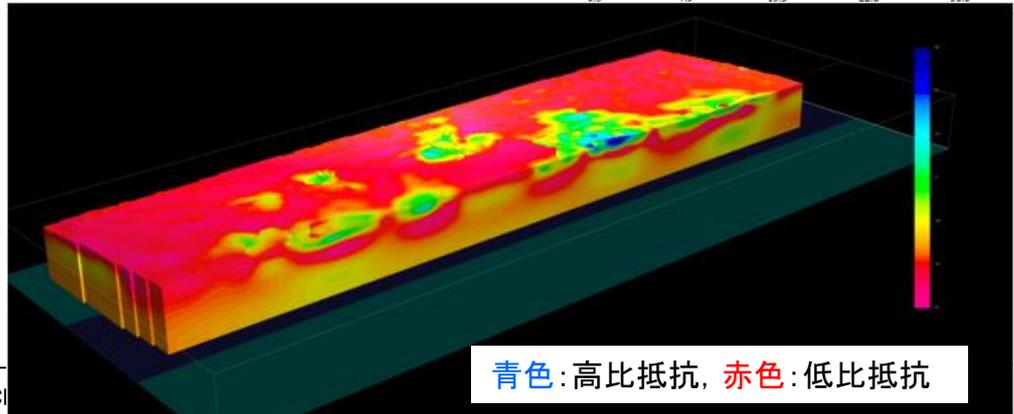


平滑化条件付き最小自乗法：上限・下限値 (0.5~2000Ωm)

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:  $(\text{Re}(E)^2 + \text{Im}(E)^2)^{1/2}$



青色：高比抵抗, 赤色：低比抵抗

## ⑤掘削同時検層(LWD) : 調査の概要

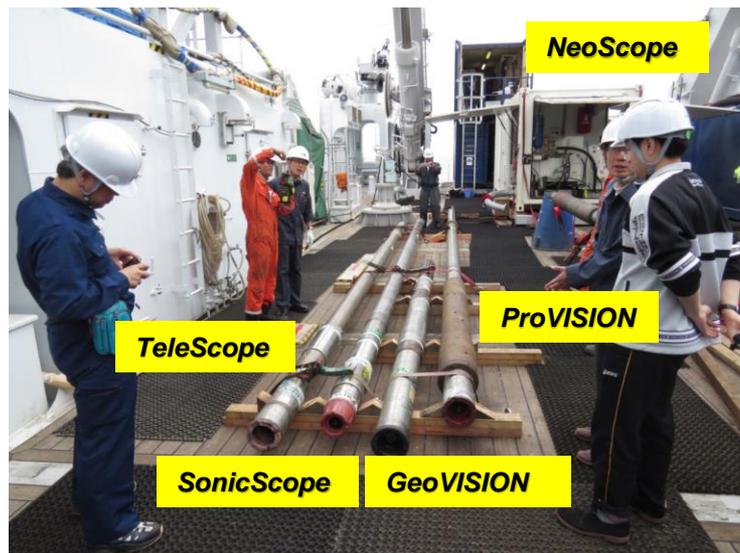
平成26年度(GreatRagini)および27年度(白嶺)に実施

調査海域

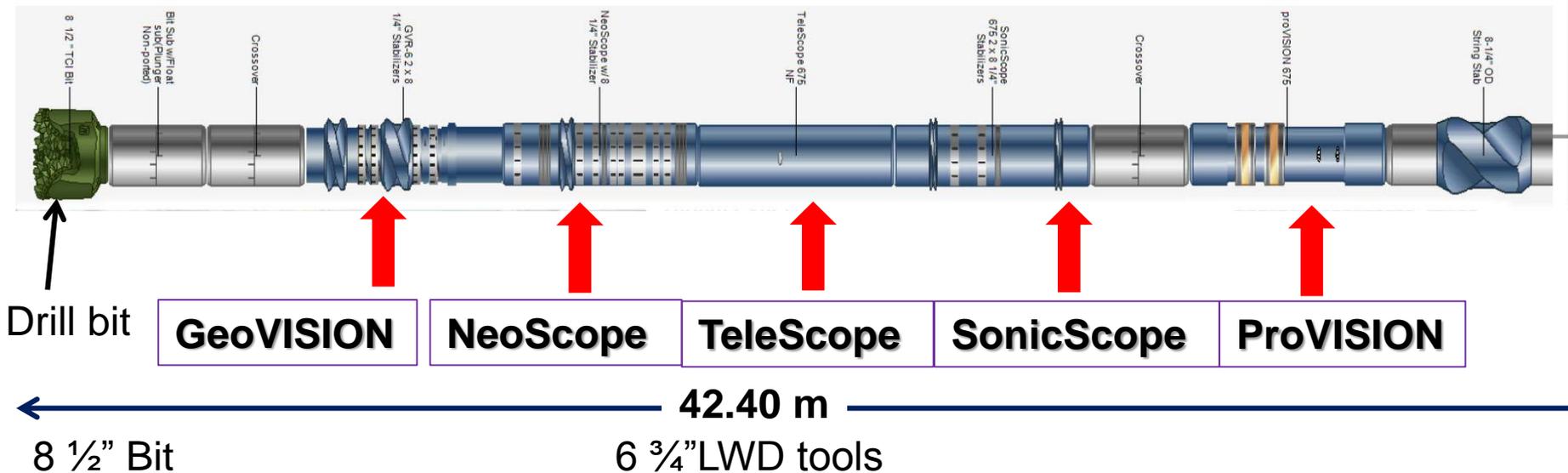
上越沖、最上トラフ、隠岐トラフ

調査種目

- GeoVISION: 比抵抗、比抵抗イメージ
- NeoScope: 密度、中性子孔隙率、 $\gamma$ 線スペクトル、シグマ、自然 $\gamma$ 線(平成27年度のみ)
- TeleScope: MWD、伝送、発電
- SonicVISION: 音波速度(平成26年度のみ)
- SonicScope: S波を含む音波速度(平成27年度のみ)
- ProVISION: NMR

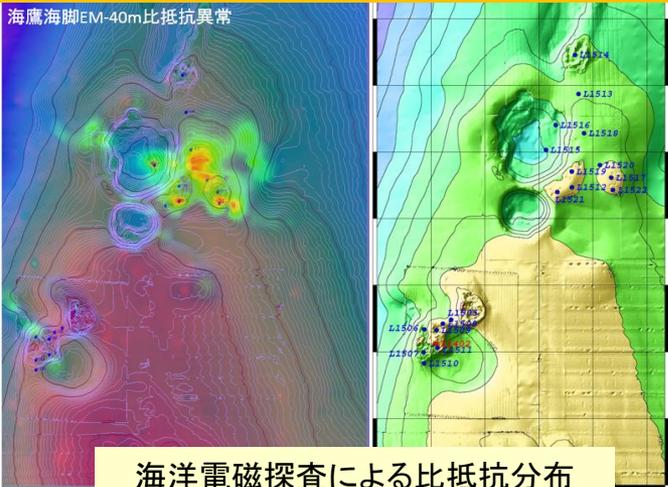


平成27年度のLWDツール(シュルンベルジェ)



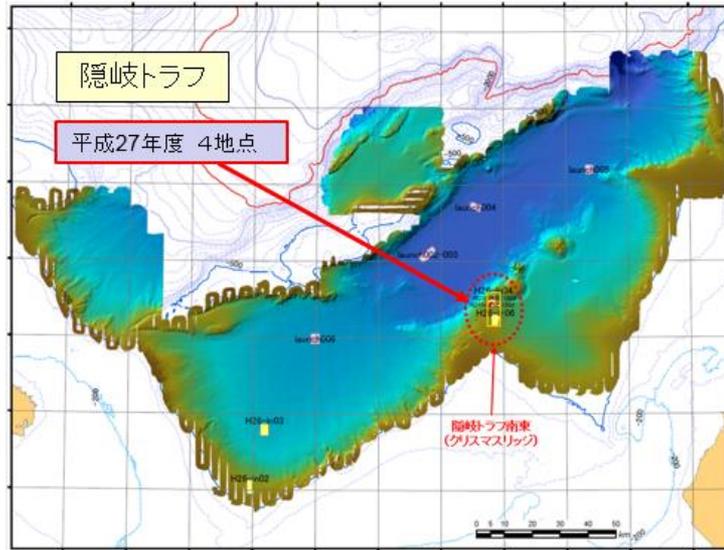
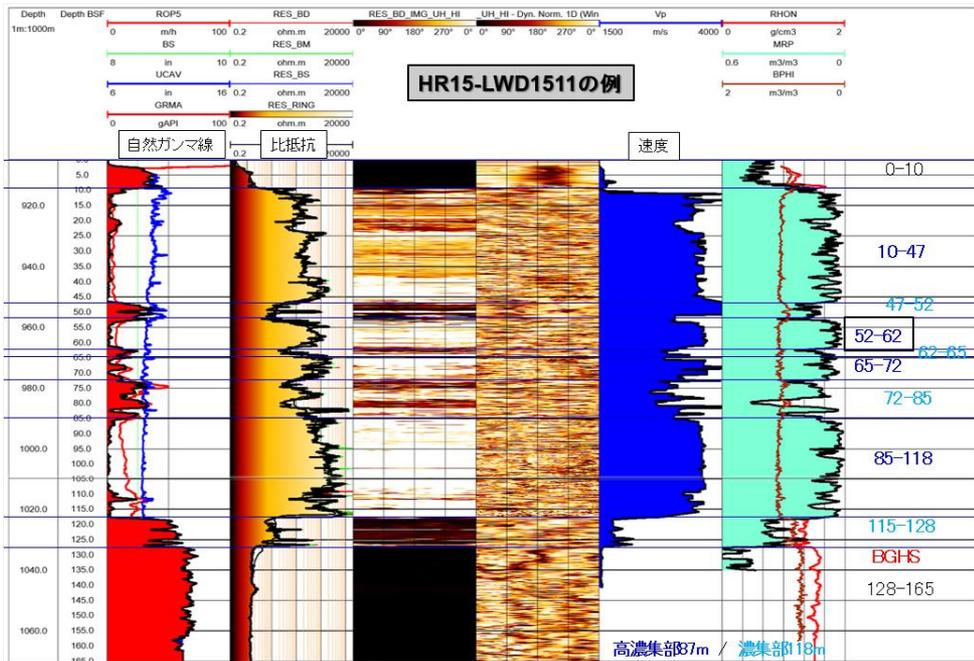
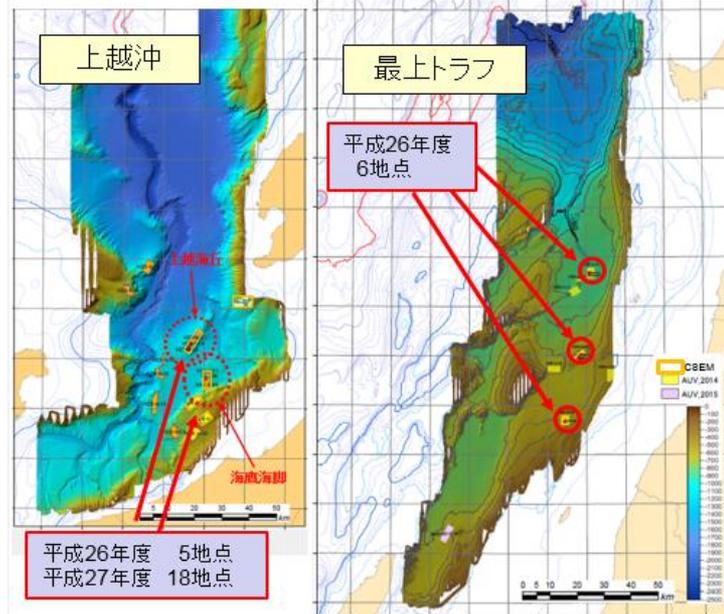
# ⑤掘削同時検層(LWD) : 調査の概要

海鷹海脚EM-40m比抵抗異常



平成26年度の掘削結果により、単一のガステムニー構造内で安定したハイドレート分布の連続性が認められないことから、平成27年度は集中した掘削を実施することに方針を変更した。

海洋電磁探査による比抵抗分布



## ⑥掘削地質サンプル採取(コアリング) : 調査の概要

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

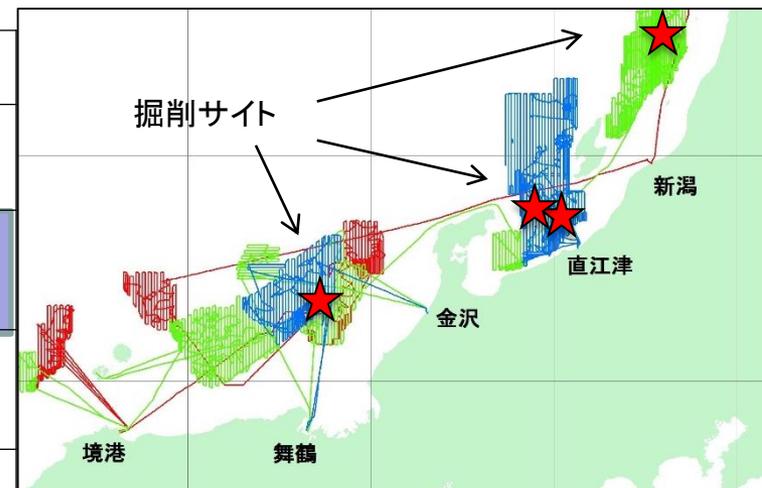
コーン貫入抵抗(CPT)の実施

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)



		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	

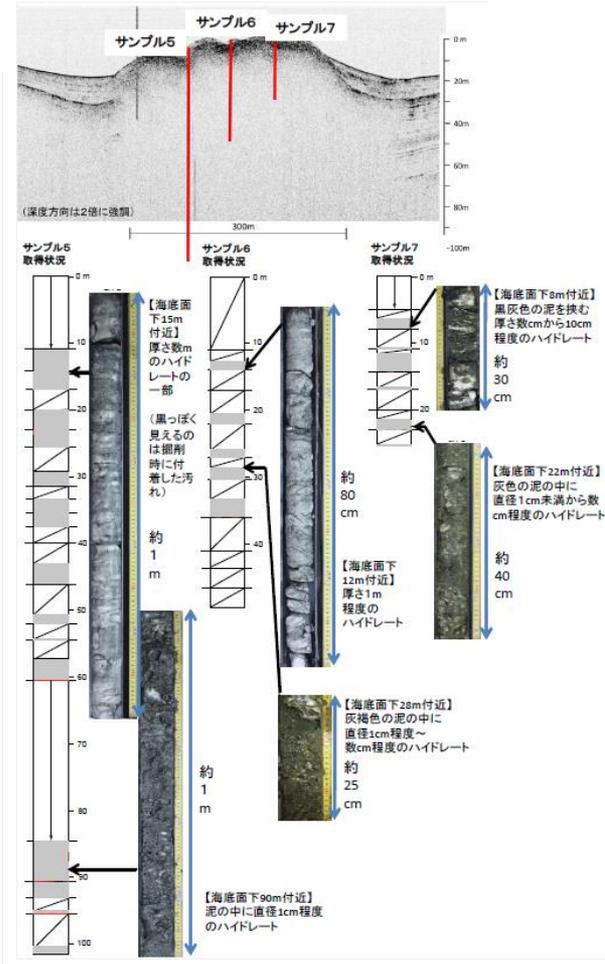
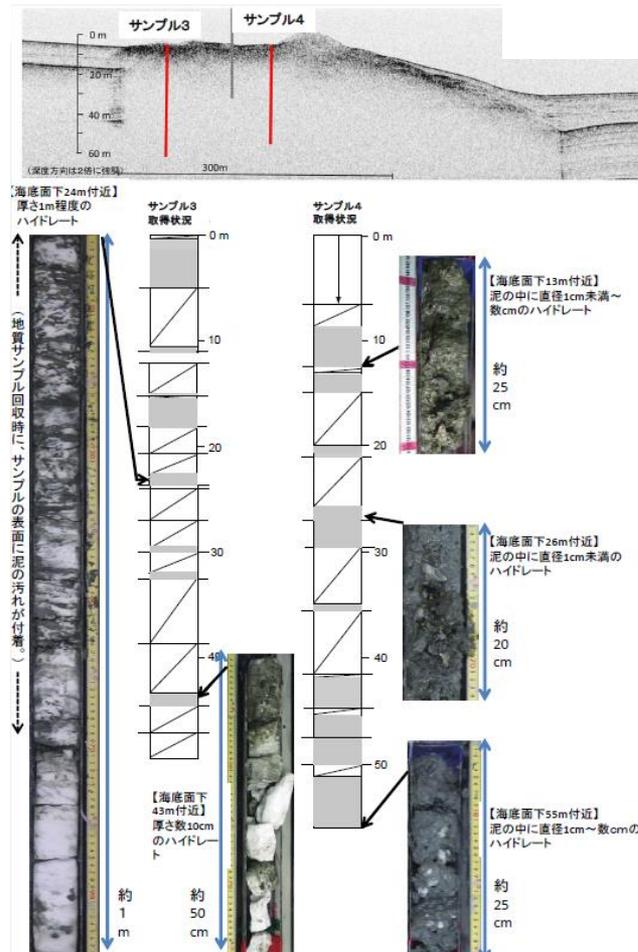
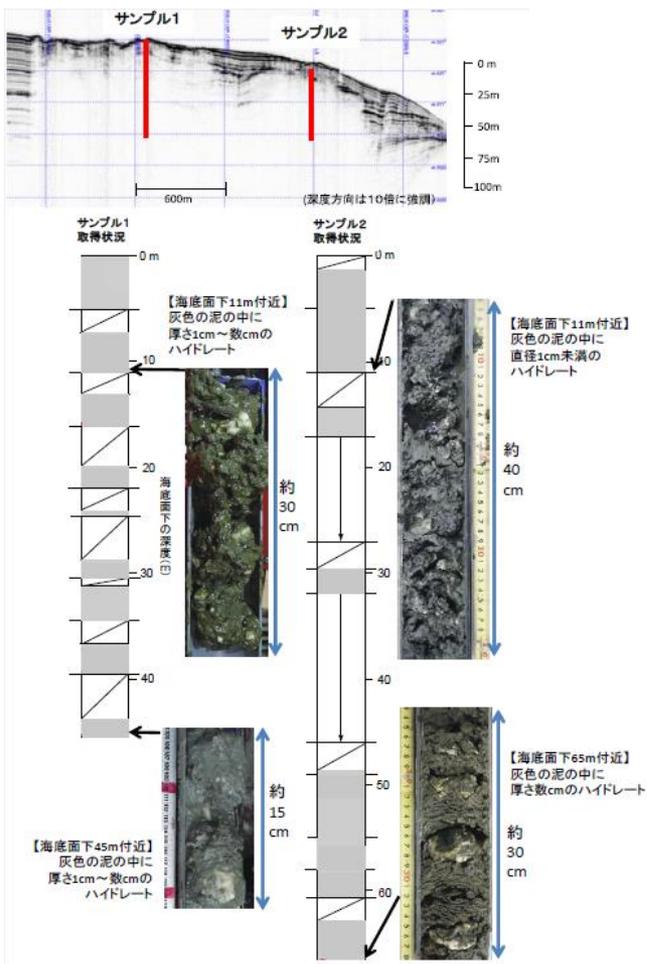


# ⑥掘削地質サンプル採取(コアリング) : 調査の概要

## 隠岐トラフ海域

## 上越沖海域 1

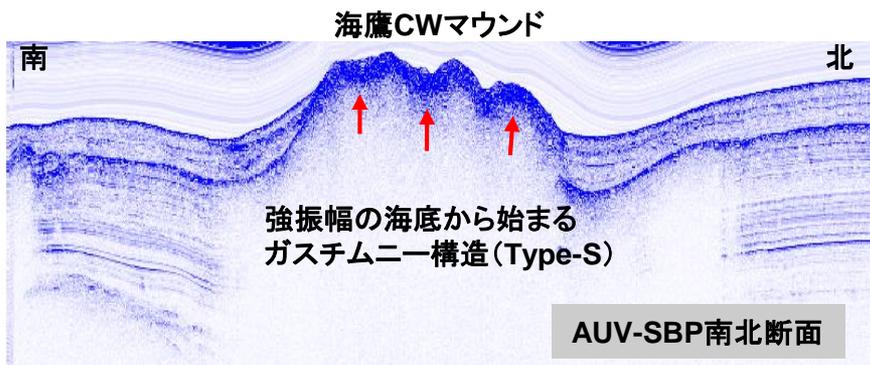
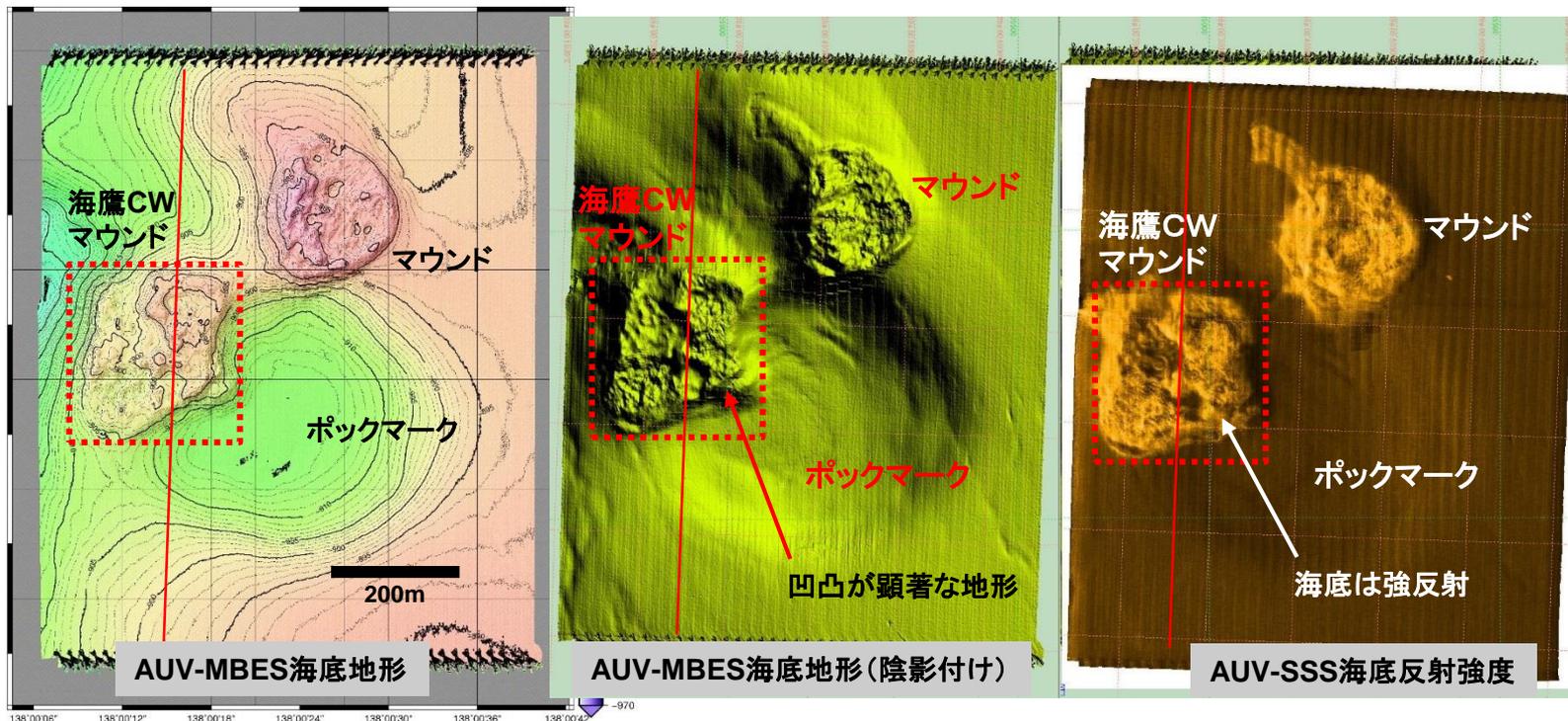
## 上越沖海域 2



資源エネルギー庁プレス発表(2016/1/22)より

# 表層型メタンハイドレート資源量の推定(対象の絞り込み)

資源量評価対象の絞り込み ⇒ 「海鷹海脚中西部(CW)マウンド構造」



・2年目調査の掘削により、ガスチムニー構造内部のハイドレートの分布は不均質であることが分かった。対象を絞り込んで掘削し、詳細な資源量評価の対象とした。

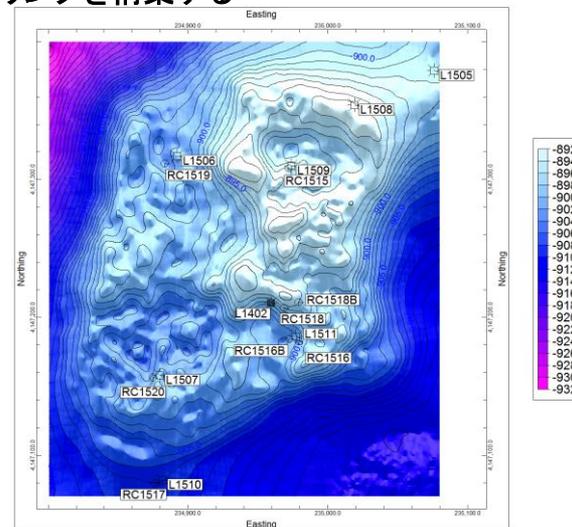
・これまでに最もデータが集まり塊状ハイドレートも確認されている箇所の一つである「海鷹海脚中西部(CW)マウンド構造」を対象に選定した。  
(後に紹介するType-Sのガスチムニー構造)

# ① 掘削同時検層(LWD)による資源量推定

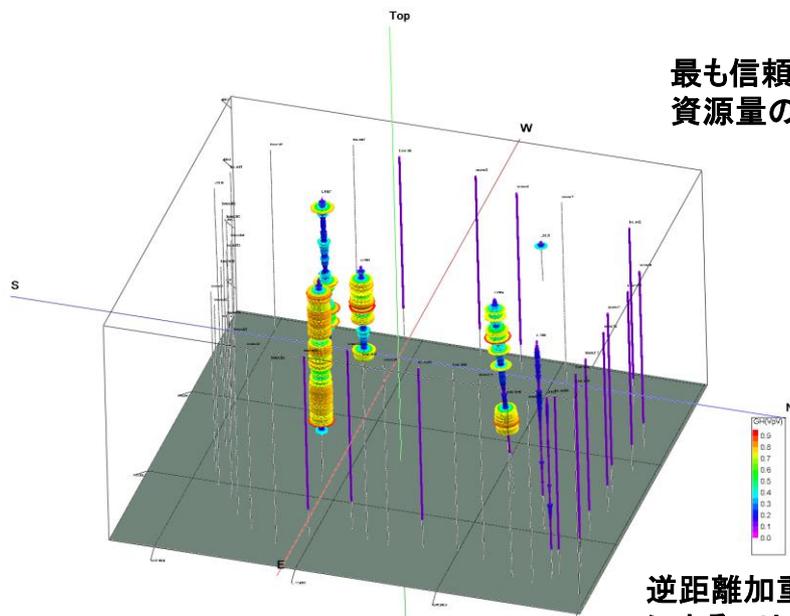
## ガストムニー構造内での3次元的な資源量の推定 (海鷹海脚CWマウンド構造)

- ・LWD坑井において水平なハイドレートによる音波速度Vpの高速異常を基に推定したハイドレート体積分率推定結果をデータとして、3次元空間内で内挿・外挿による補間により3次元ソリッドモデルを構築し、ハイドレート量を試算。
- ・ハイドレート高濃集部から離れるほど濃集度が下がる、水平方向により連続性が高いと仮定。
- ・地形、比抵抗、地震探査から北西－南東方向の地質トレンドが存在。ハイドレートの分布にも方向性が存在すると仮定した場合についても推定。

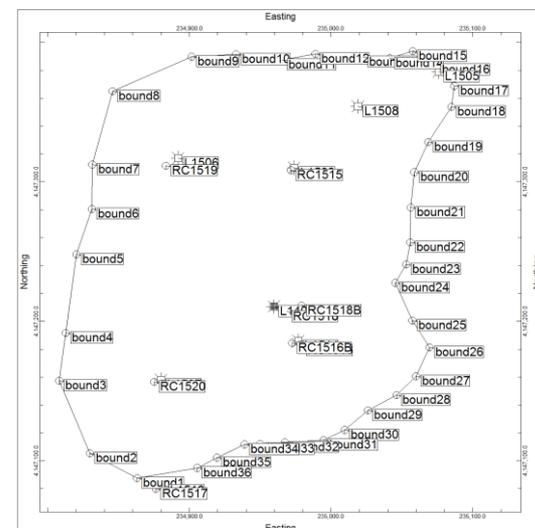
海鷹海脚CWマウンド構造を仮想(ダミー)坑井で囲んでモデリングを構築する



最も信頼度が高い音波検層を用いて  
資源量の推定を実施。



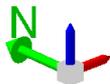
逆距離加重法(距離の二乗に反比例)  
によるソリッドモデリング



ガストムニー構造の体積は 約860万m<sup>3</sup>

② 海洋電磁探査による高比抵抗部の体積概算

海鷹海脚



NE

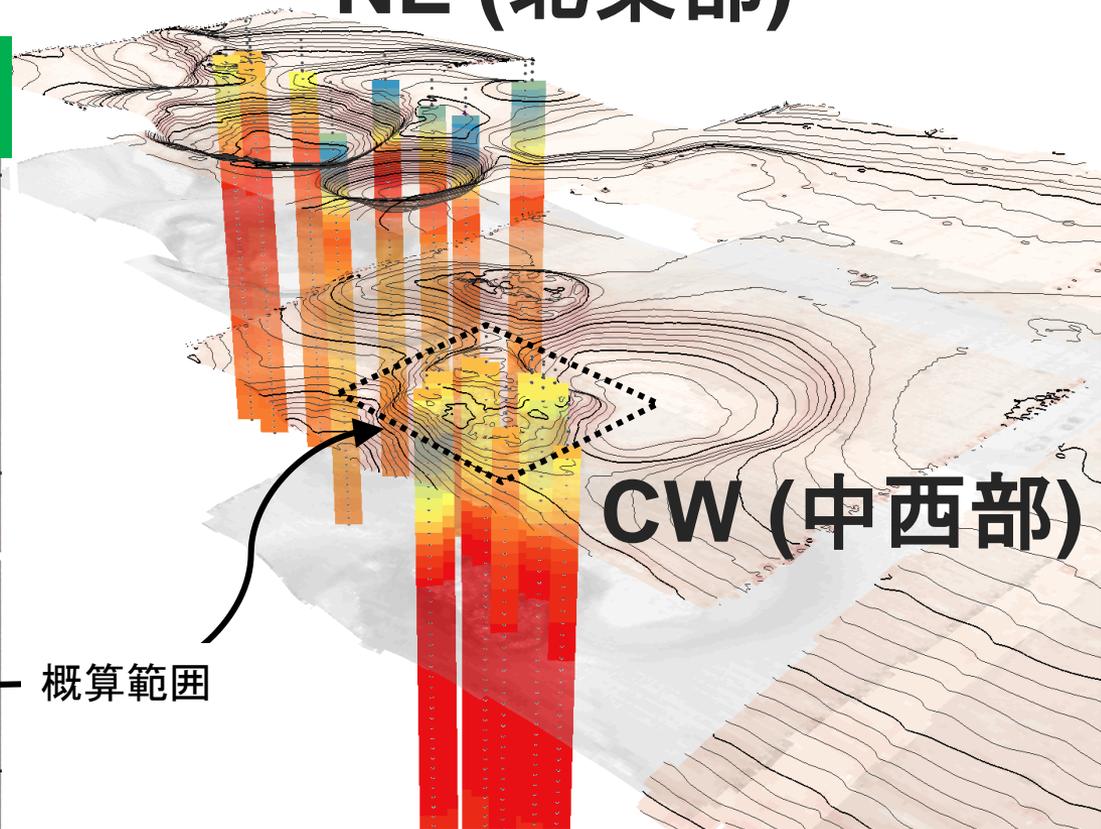
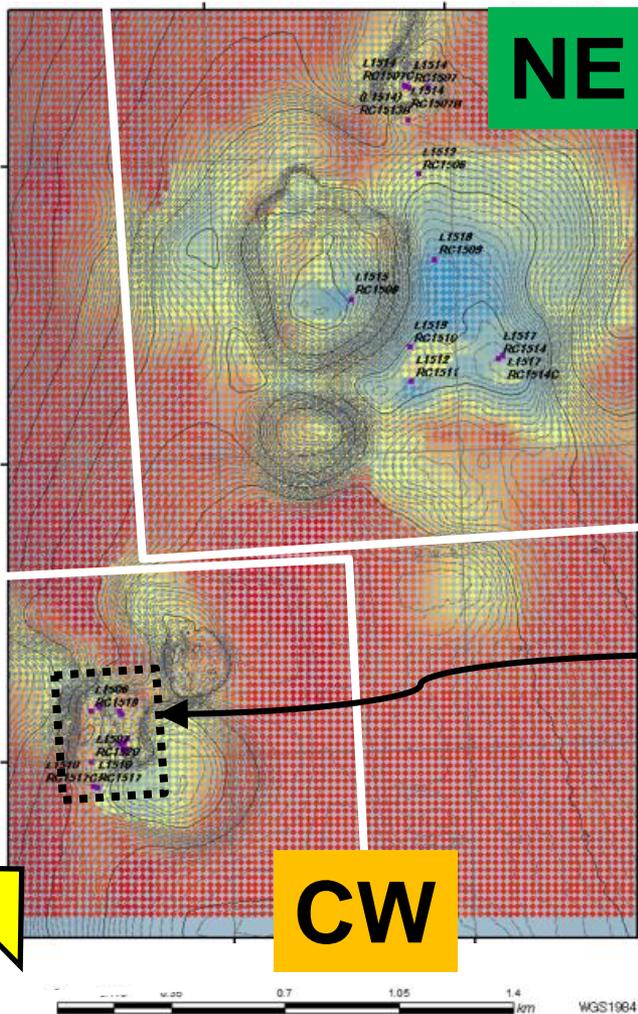
NE (北東部)

CW (中西部)

概算範囲

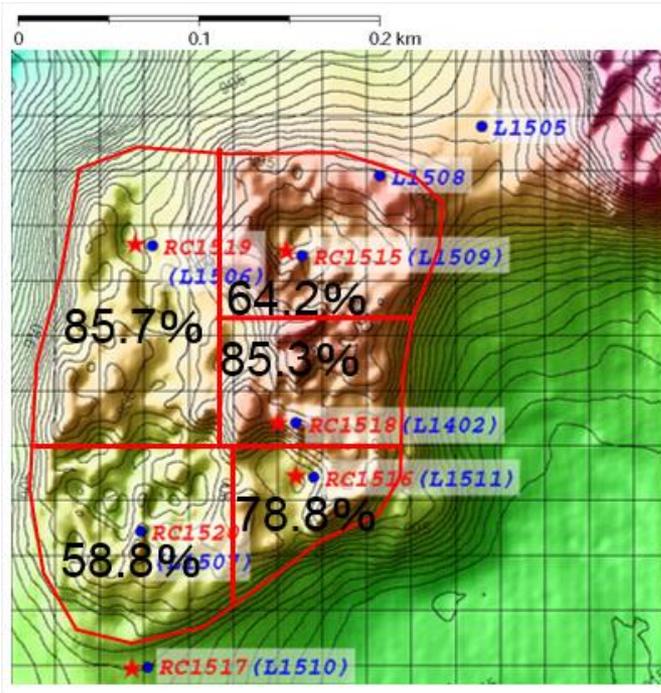
LWDサイトにおける  
CSEM比抵抗分布

青色: 高比抵抗, 赤色: 低比抵抗



# © 掘削コアによる資源量推定

## 海鷹海脚CWマウンド構造における試算方法

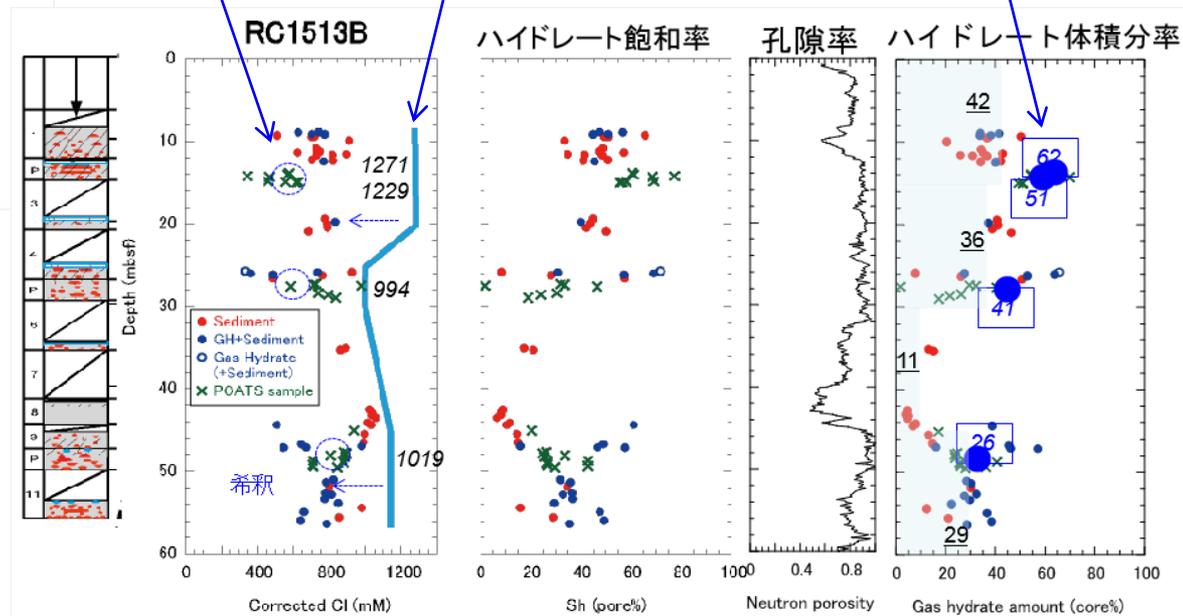


- ・5カ所の掘削サイトを中心に5つの領域に分割。
- ・各サイトにおけるBGHS深度までの平均含有量(%)から各領域のハイドレート量を計算。

全分解試験後の堆積物の“間隙水”組成

PCATS全分解試験から見積もった原位置での間隙水の塩素濃度

PCATS全量分解試験より



# 表層型メタンハイドレート資源量の推定(海鷹海脚CWマウンド構造)

## 掘削坑井を基準にした推定

### ①LWDによる資源量の推定

(4種推定法の試み)

- ・比抵抗検層 ・音波検層
- ・岩相推定法 ・孔隙率法

音波検層法によるボリュームの推定(金属鉋床の手法の適用)

ハイドレートの体積

約370万 m<sup>3</sup>

ガスに換算した総量

約6.12億 m<sup>3</sup>

約0.021Tcf

### ③掘削コアによる推定(1)

(非圧コアの利用)

- ・間隙水の塩素濃度異常から分解前のハイドレート量を推定

海鷹CWマウンドを5領域に区分して、平均含有量から算出  
ハイドレートの体積

約415万 m<sup>3</sup>

ガスに換算した総量

約6.81億 m<sup>3</sup>

約0.024Tcf

### ●掘削コアによる推定(2)

(圧力コアの利用)

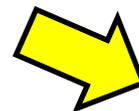
- ・全量分解実験による全ガス量(ハイドレート換算)の推定

## 曳航探査を基にした推定

### ②海洋電磁探査による高比抵抗体の概算

ハイドレートを含む高比抵抗体の体積

数100万 m<sup>3</sup> のオーダー



海鷹海脚CWマウンド構造における  
ガス換算したメタンハイドレート量

約6億 m<sup>3</sup>

約0.02 Tcf