

## 物理探査データの再解析および統合処理 －山形県酒田沖 酒田海丘（仮称）海域－

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  
横田 俊之

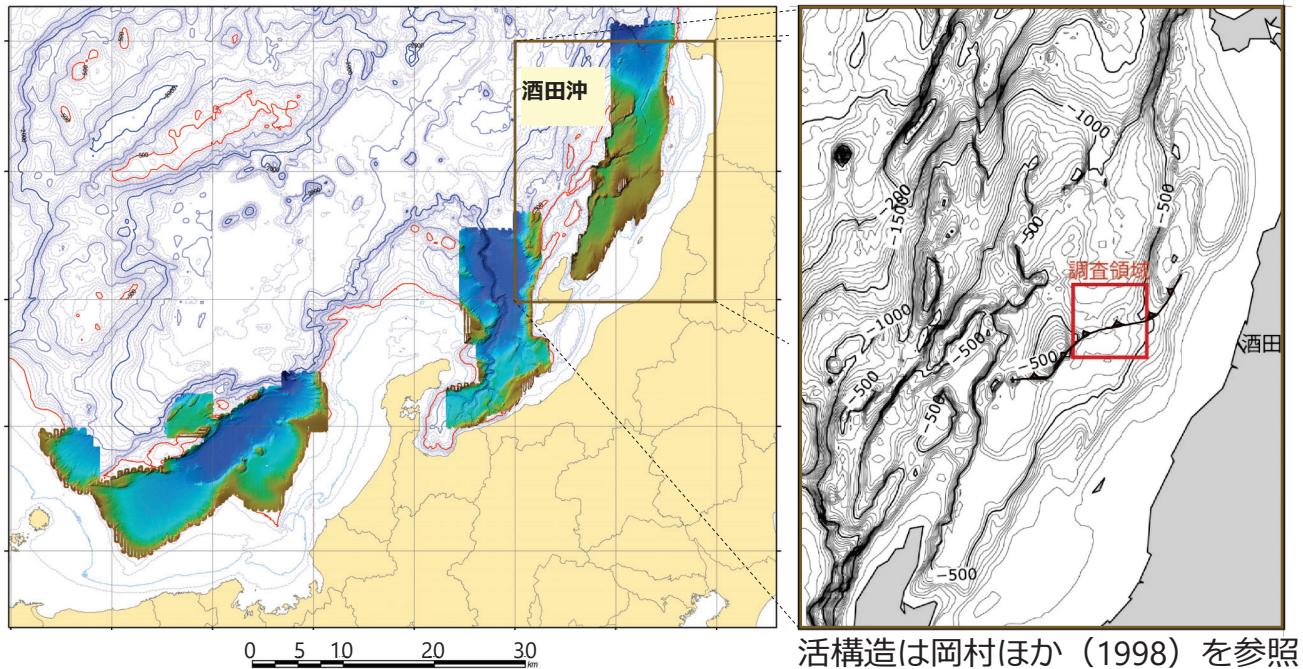
本研究は、経済産業省「国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」の一環として実施されました。関係各位に対し、謝意を表します。

2022/12/09

### 目次

1. はじめに  
研究目的、動機など  
**電磁探査データ再解析（信頼性の高い比抵抗構造）**
2. 技術課題  
Controlled-source EM(CSEM)海洋電磁探査データ  
① **異方性**を考慮した逆解析手法の適用  
② **・初期モデル依存性**の検討：  
高分解能海上3次元地震探査（HR3D）・  
掘削同時検層（LWD）データ等統合処理  
による**先駆モデル**の付与
3. 解析結果
4. 考察
5. おわりに

## はじめに 調査海域 最上トラフ(山形県酒田沖)

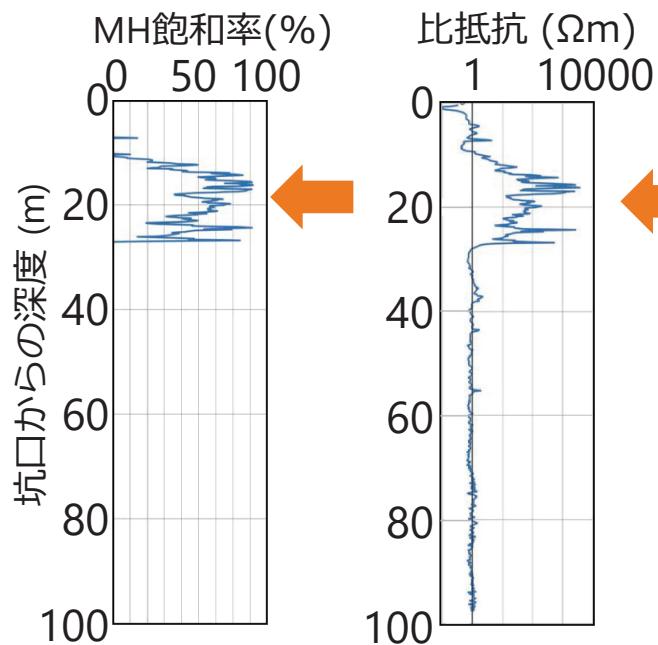


活構造は岡村ほか (1998) を参照

3

## はじめに 動機

掘削同時検層結果  
比抵抗(ラテロ)検層 (Schlumberger製geovision)



高MH飽和率、  
高比抵抗

比抵抗値は  
MH賦存を示す  
良い指標

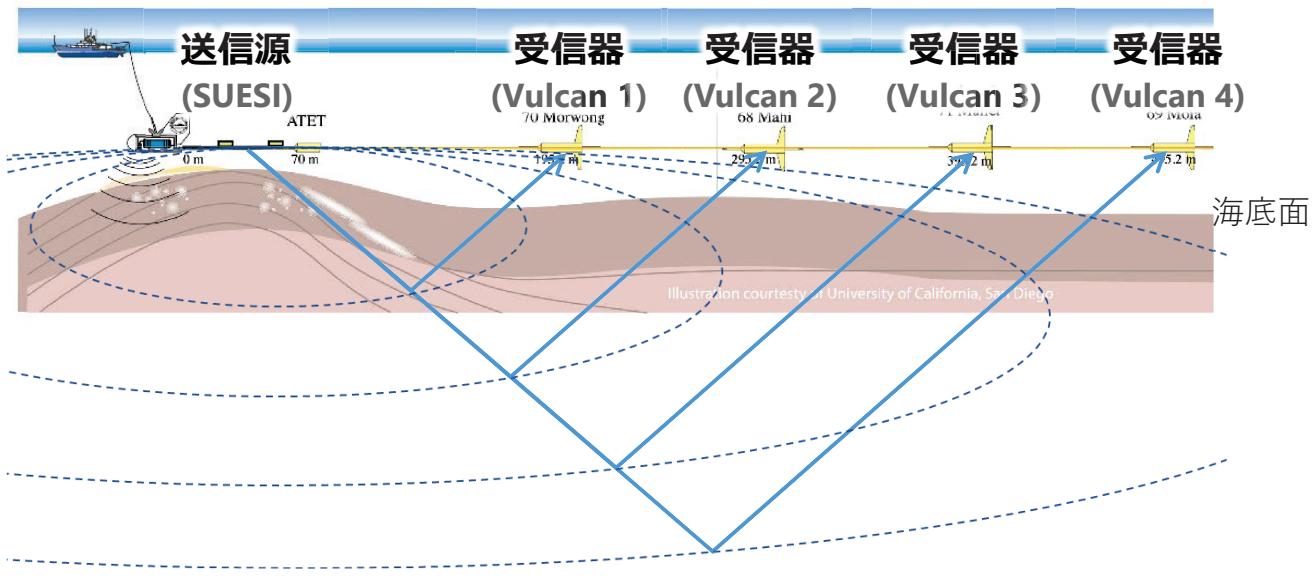
4

## 海洋電磁 (CSEM: Controlled-source Electromagnetic)

SUESI-Vulcanシステム(米国スクリプス海洋研究所)

電流送信源・受信機を海底面近くで曳航(深海曳航方式)

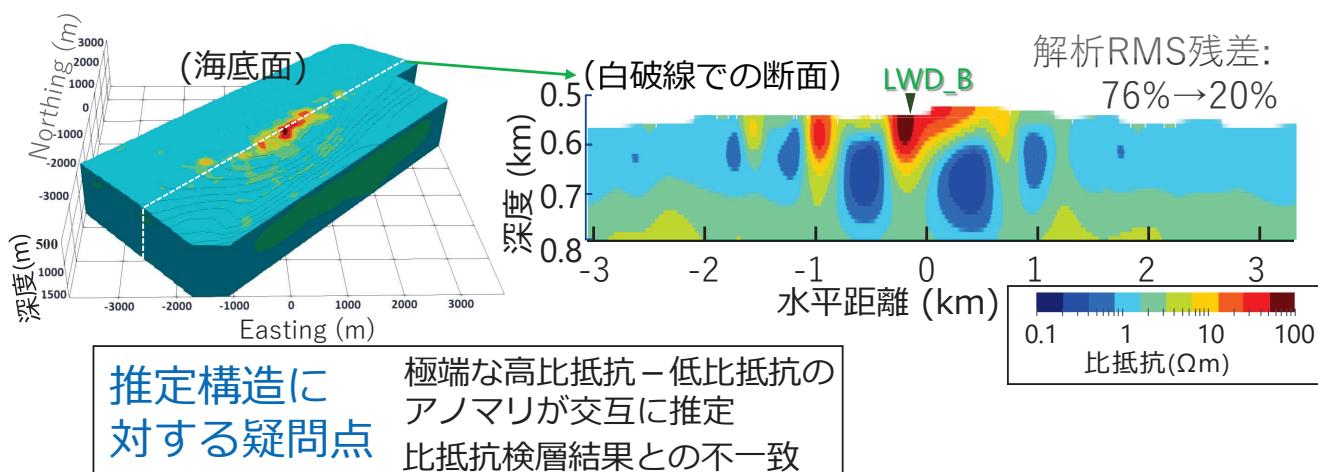
複数の受信機・周波数帯域: 浅部(近・高周波数)~深部(遠・低周波数)調査



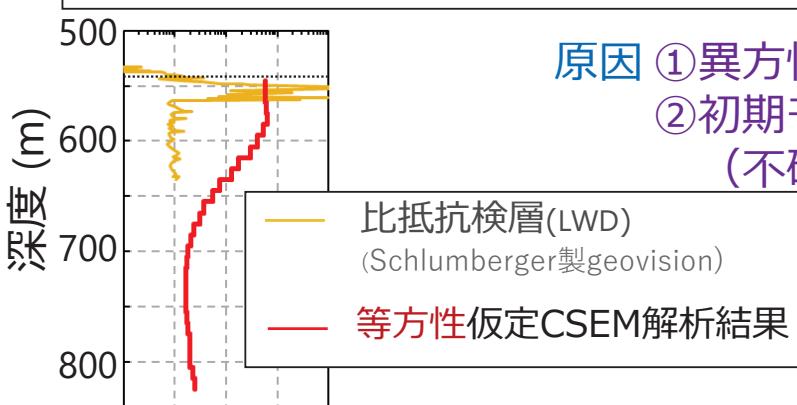
5

## CSEM逆解析結果(等方性仮定)

2017年度実施

推定構造に  
対する疑問点

極端な高比抵抗–低比抵抗の  
アノマリが交互に推定  
比抵抗検層結果との不一致



6

## プロジェクトにおける物理探査適用の目的

### 表層型MH海洋産出試験の実施場所決定

- メタンハイドレート賦存領域
- メタンハイドレートの海底面下での賦存形態

↑  
信頼性の高い物理探査モデル（比抵抗構造）の構築



#### 技術課題①

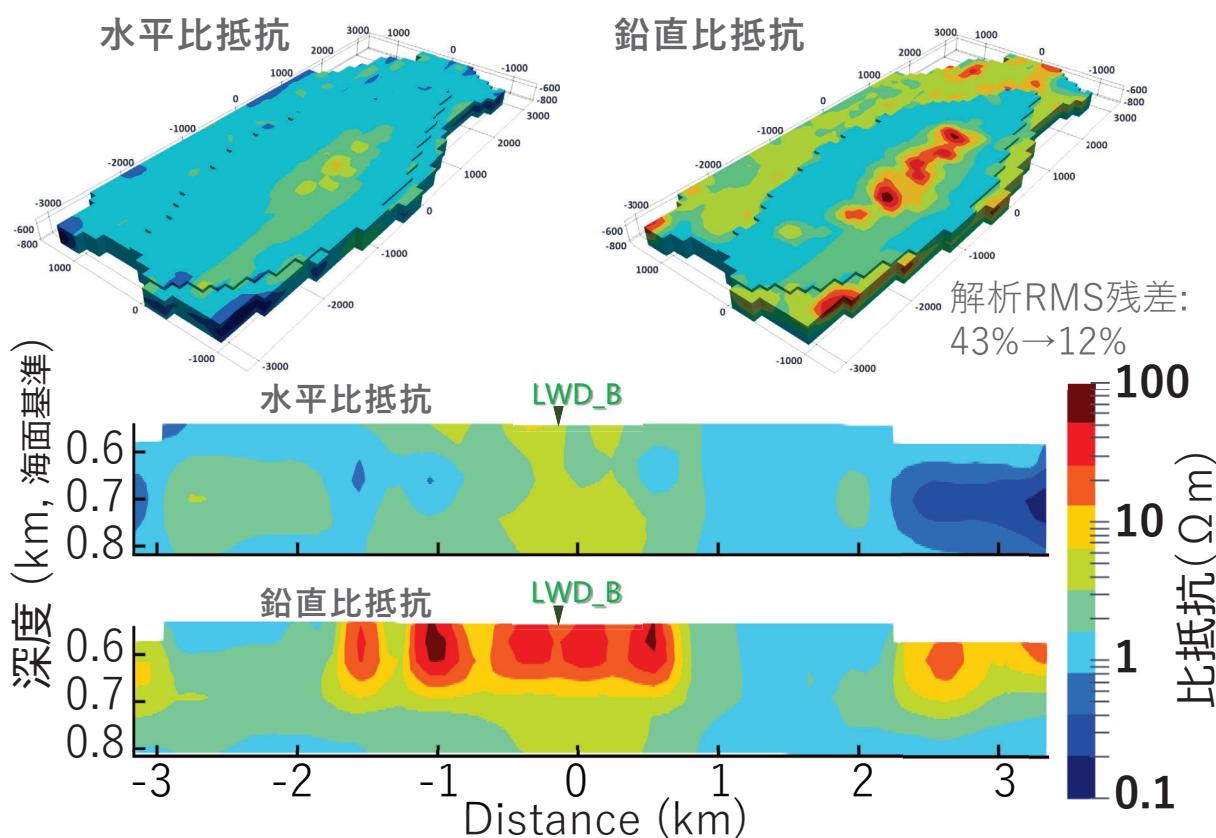
- 異方性**を考慮した逆解析手法の適用

#### 技術課題②

- 初期モデル依存性**の検討：  
高分解能海上3次元地震探査・検層データ等統合処理による先駆モデルの付与

7

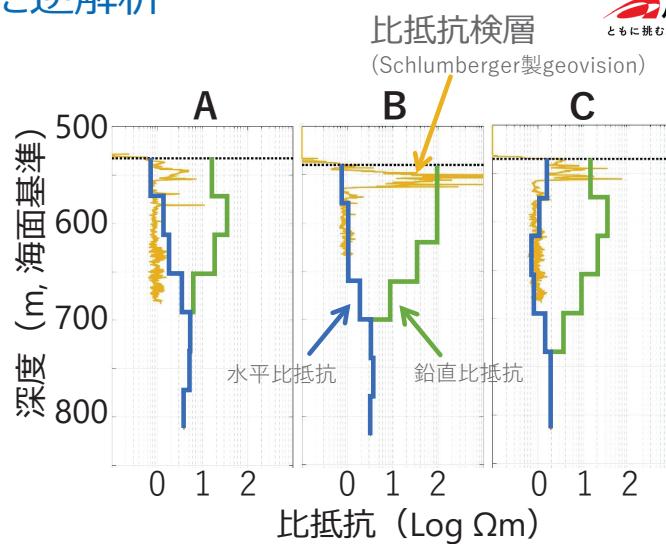
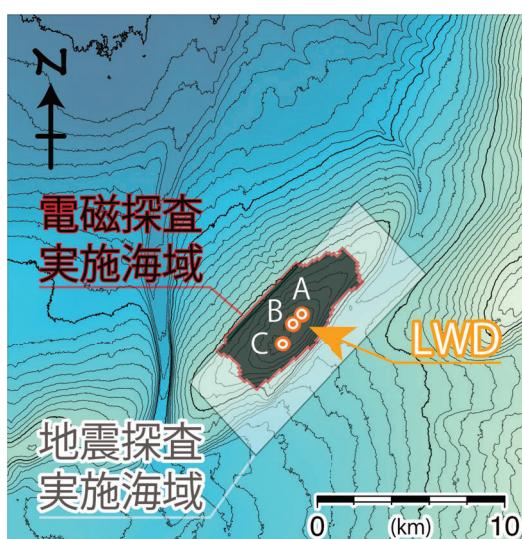
## 技術課題①・異方性を考慮した逆解析手法の適用



8

## 技術課題①異方性を考慮した逆解析

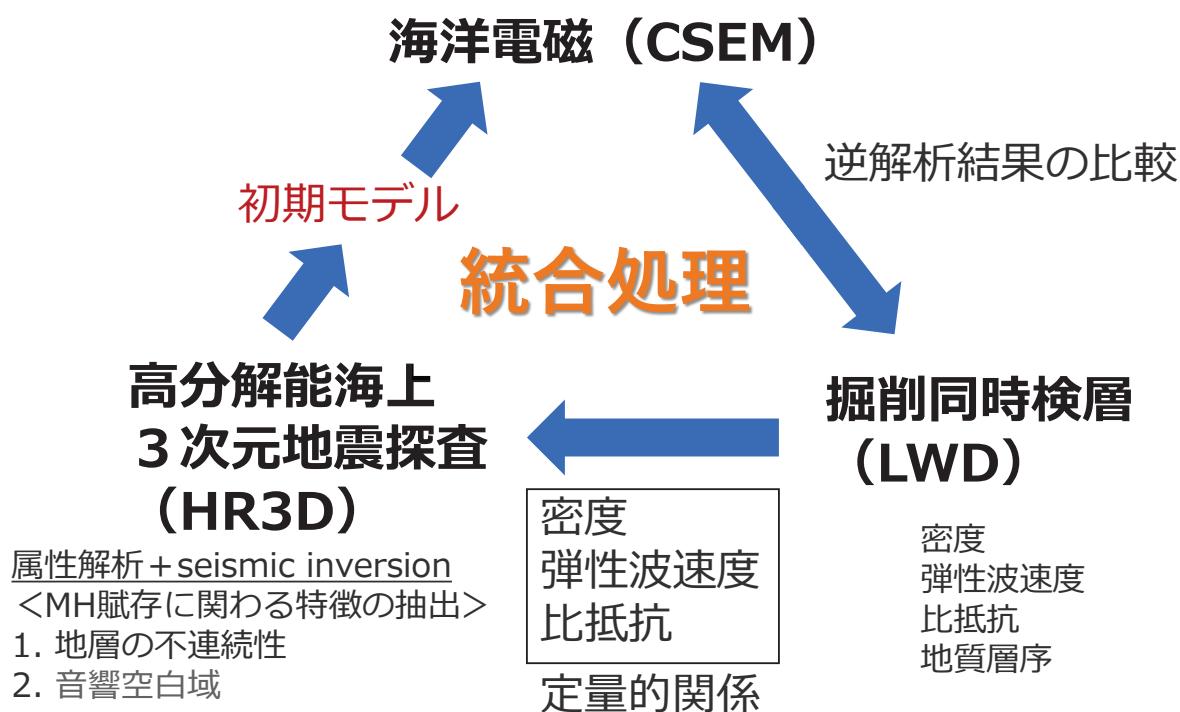
### 比抵抗検層との比較



- **異方性**の考慮が重要
- 比抵抗検層の高比抵抗部  
→ **鉛直比抵抗**に反映
- 比抵抗検層の背景（低比抵抗）部  
→ **水平比抵抗**に反映

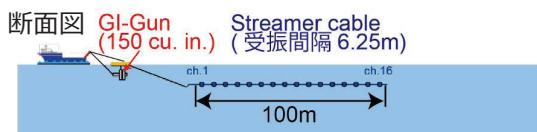
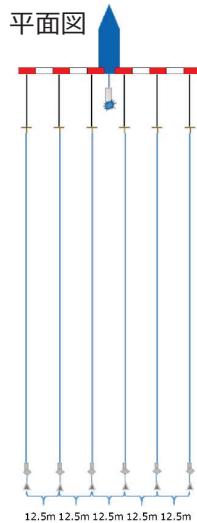
9

## 技術課題② 初期モデル依存性の検討



## 【参考】

# 高分解能海上3次元地震探査 (HR3D: High Resolution 3D)



調査船「つしま」  
総トン数： 188トン  
船体寸法： 38m×8.5m×3.65m

### Recording

レコード長(s)	3
サンプル間隔(ms)	0.25
チャンネル数	96 (16 × 6)
Low cut filter	12Hz
High cut filter	out

### 震源

ガン種類	GI-Gun
発震間隔 (m)	6.25
チャンバーサイズ (cu. in.)	150 (=45+105)
ガン圧力 (psi)	2000
ガン深度 (m)	2

### 受振

受振器	ストリーマケーブル
受振間隔 (m)	6.25
ケーブル間隔 (m)	12.5
最も近いチャンネルまでの距離 (m)	43
ケーブル長 (m)	100
ケーブル深度 (m)	1.5

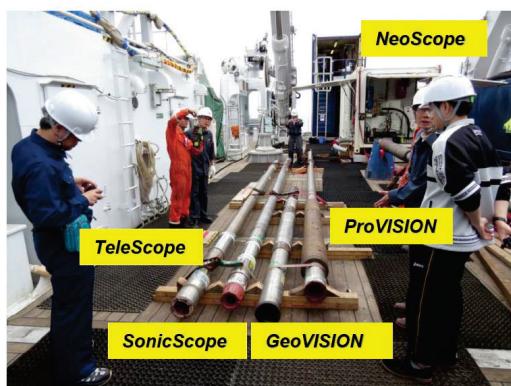
11

## 【参考】

# 掘削同時検層: (LWD: Logging while Drilling)

### 調査項目

- ・比抵抗、比抵抗イメージ: GeoVISION
- ・音波速度: SonicScope, SonicVISION
- ・NMR: ProVISION
- ・密度、中性子孔隙率、シグマ、 $\gamma$ 線スペクトル、自然 $\gamma$ 線: NeoScope



LWDツール (Schlumberger社製) 森田 (2016)

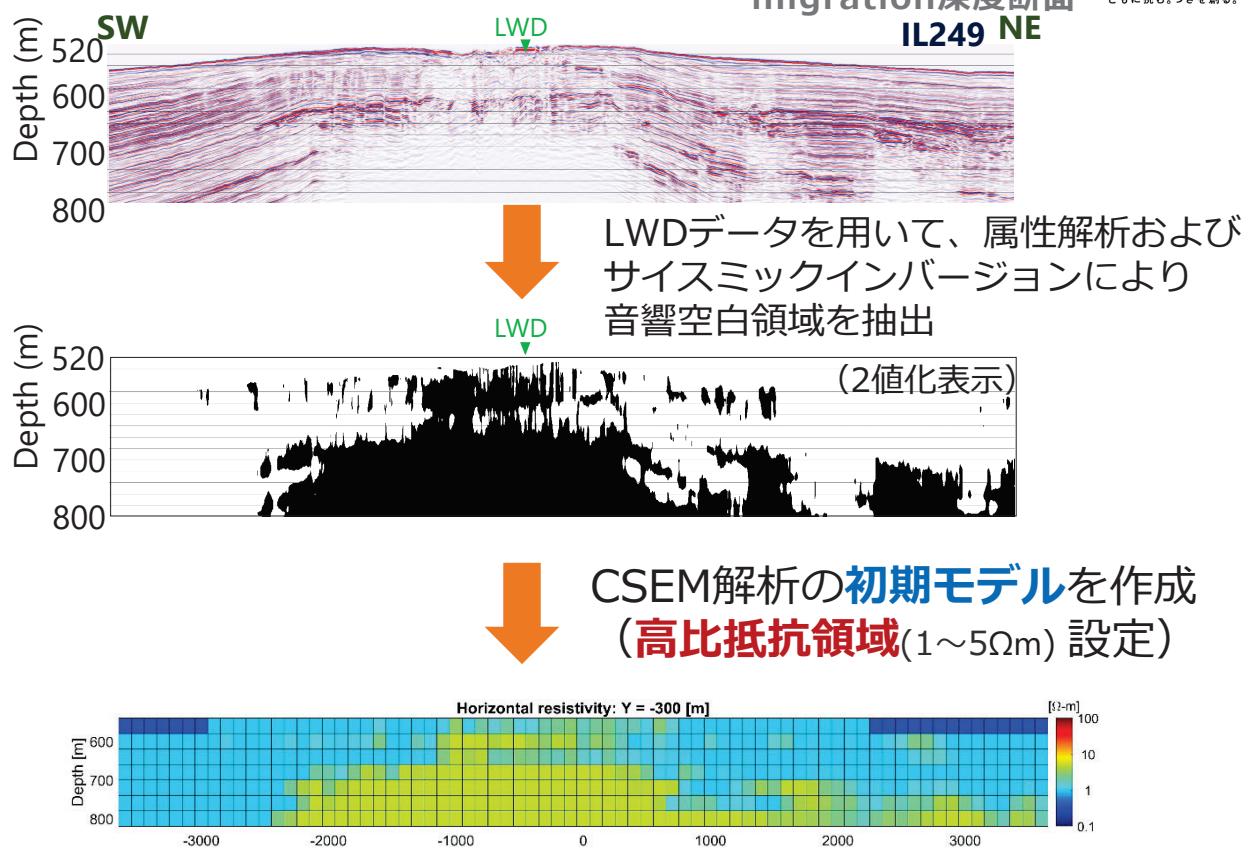
12

## 技術課題②

### ・初期モデル依存性の検討

migration深度断面  
IL249 NE

 産総研  
ともに挑む。つなぎを創る。



13

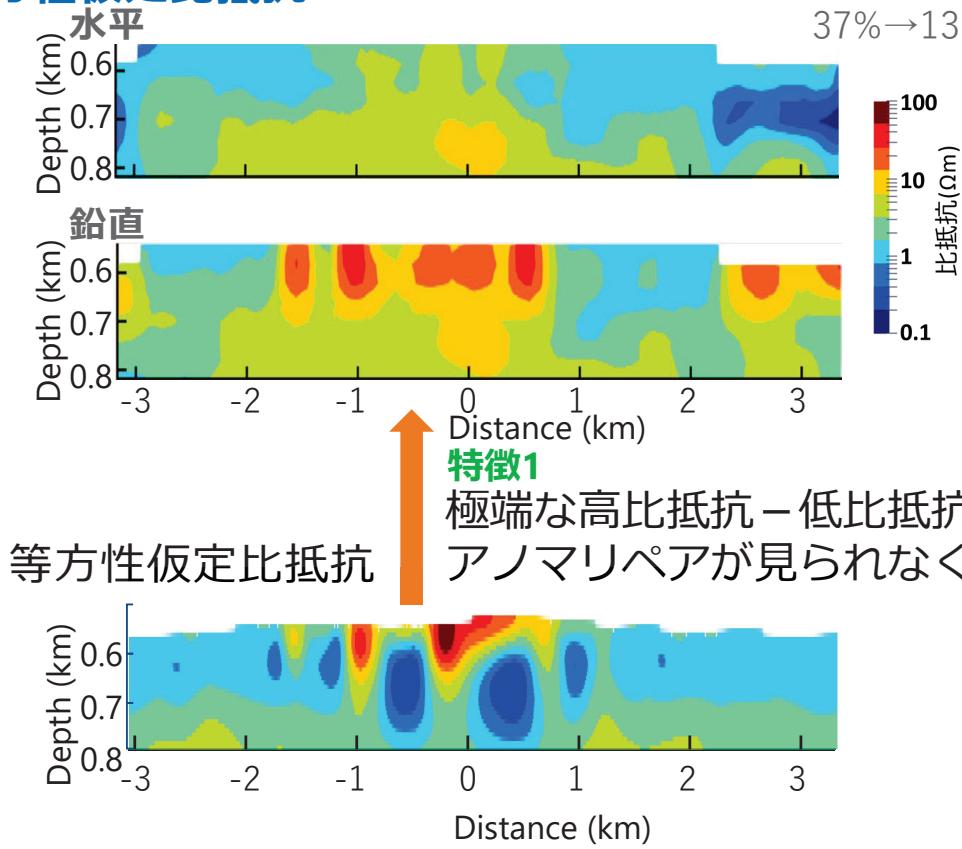
## 統合処理結果

### 異方性仮定比抵抗

解析RMS残差:

37%→13%

 産総研  
ともに挑む。つなぎを創る。



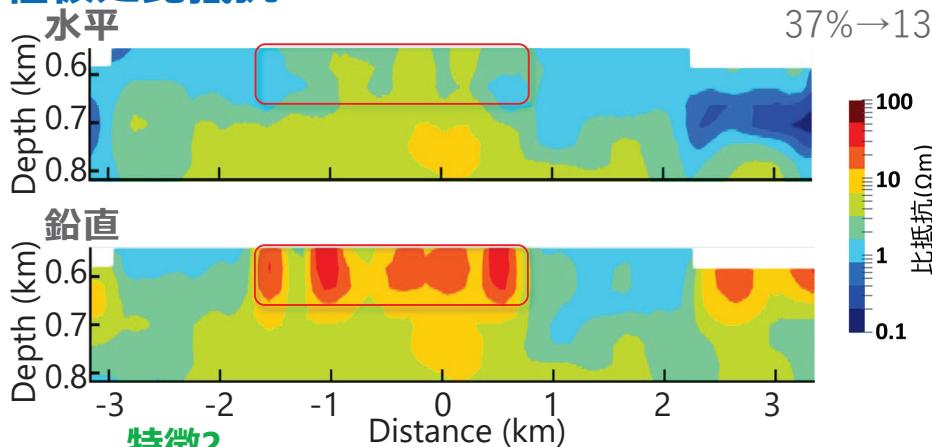
14

# 統合処理結果

## 異方性仮定比抵抗

解析RMS残差:

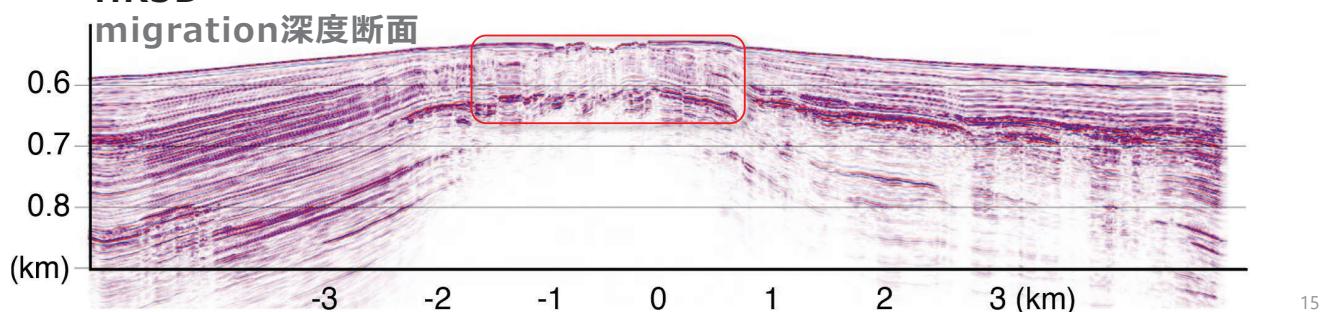
37%→13%



**特徴2**

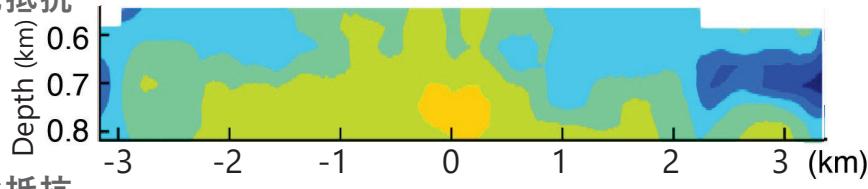
海丘頂部～海底面下約100mに  
高比抵抗異常が集中

HR3D

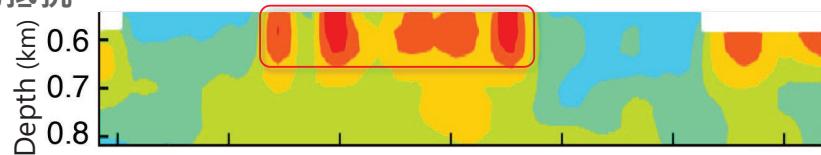


## 考察

水平比抵抗



鉛直比抵抗

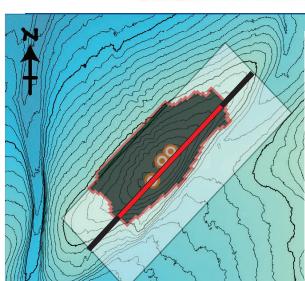
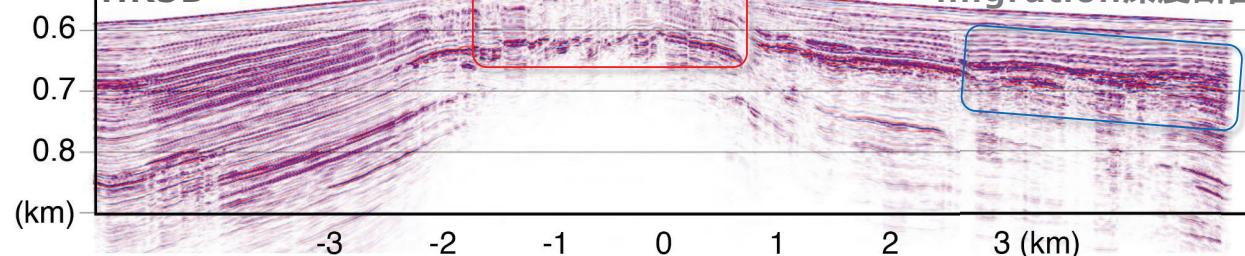


SW

NE

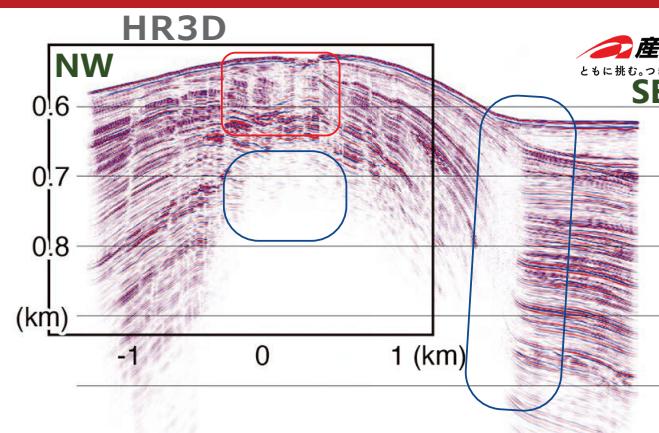
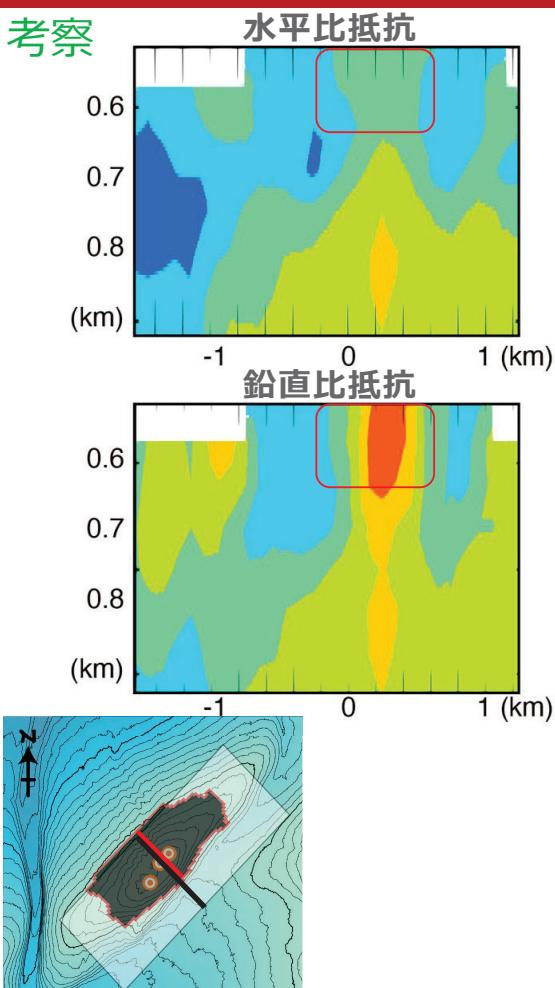
HR3D

migration深度断面



- 海丘頂部～海底下100mに高比抵抗異常  
断層卓越領域・深度にほぼ一致、  
かつ下底付近に強振幅異常  
→ 賦存域の下限の空間分布に言及可能
- 同様の強振幅が、海丘の北東側にも見られるが、  
比抵抗値の信頼度低く検討必要

## 考察



- 海丘頂部～海底下約100m

水平比抵 : 高比抵抗異常

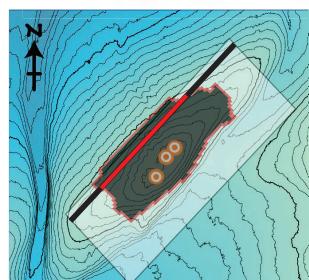
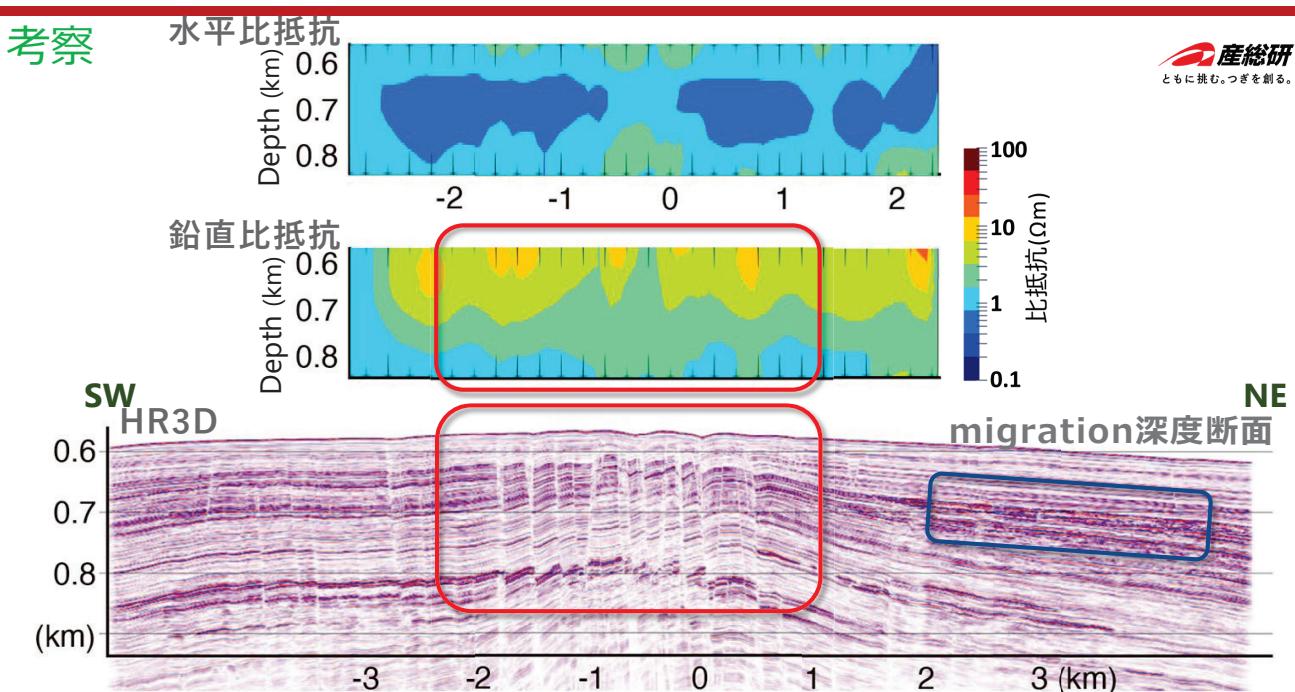
HR3D: 強振幅領域

= 物性値の境界を示唆

→ 賦存深度に言及可能

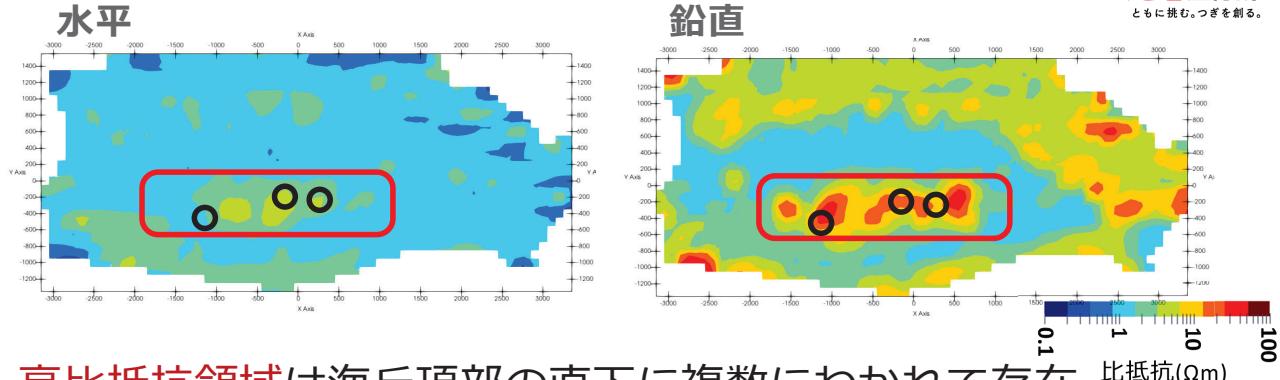
17

## 考察



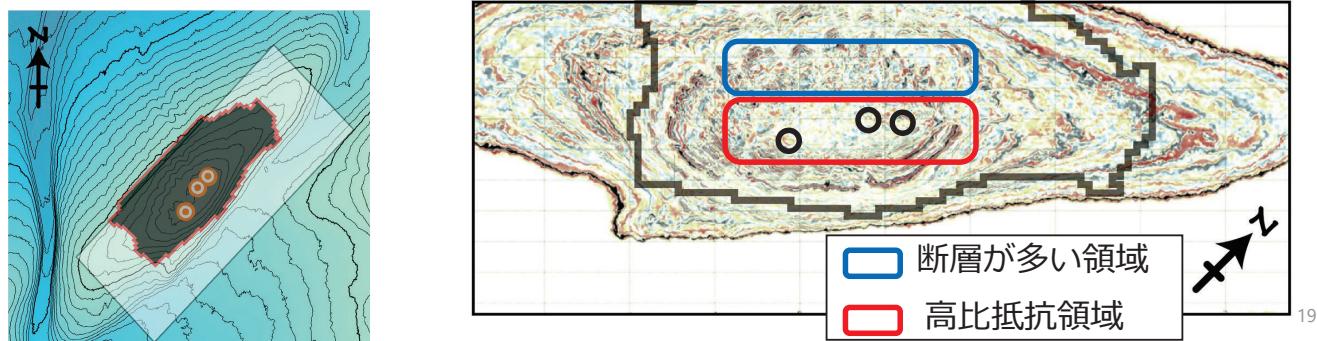
- 海丘頂部から北西側へずれる測線は、軸部直下と比較して、高比抵抗異常が顕著に減少
  - 断層卓越領域には比抵抗異常がほとんど見られない
  - 海丘頂部から南北に外れた領域に強振幅領域存在  
その部分での比抵抗値の信頼度は低く要検討
- 表層型メタンハイドレート賦存可能性がある領域の絞り込み

18



- 高比抵抗領域は海丘頂部の直下に複数にわかれて存在  
一方、地下構造はわかっているように見えない
- 高比抵抗領域は断層密度が高い領域より南東側に位置

HR3D等深度スライス深度600m（海底下約60m）



## 考察

### 海洋電磁 (CSEM)

#### 1. 異方性を考慮した解析

水平・鉛直比抵抗値に大きな差  
= 異方性仮定の妥当性

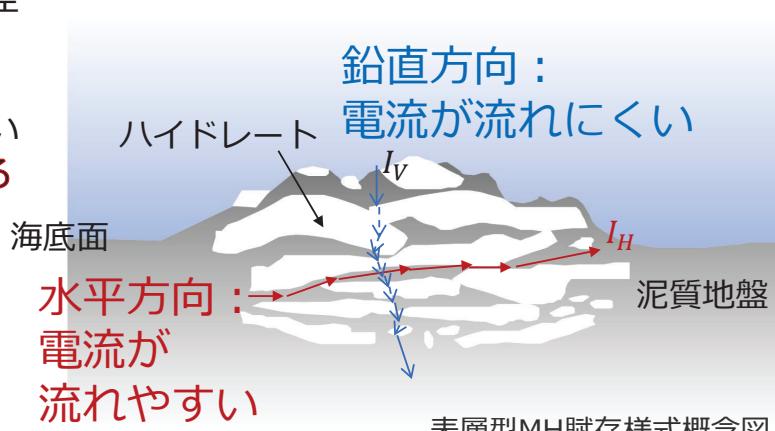
電流が鉛直方向に流れにくい  
→ 賦存形態に制限を与える

#### 2. 初期モデルの設定

HR3Dおよび  
LWDデータから  
情報を抽出

HR3Dによる構造的特徴など他の情報と  
矛盾の少ない比抵抗構造を提示

MH賦存域を高比抵抗で捉える利点を強化



表層型MH賦存様式概念図  
比抵抗異方性（電流の流れやすい向き）イメージ

日本海東縁酒田沖 酒田海丘（仮称）海域で取得された  
物理探査データ（**CSEM**,HR3D, LWD）の  
再解析および統合処理を実施

**CSEM逆解析**において、

- ・**異方性**を考慮した解析
- ・HR3D・LWDより作成した初期モデルを用いた解析を実施

他の情報と矛盾の少ない解析結果が得られた

当該海域においては、MHの賦存が考えられる領域では、  
**比抵抗の異方性が大きい**  
MH賦存領域や賦存形態に関する理解が進んだ

## 謝辞

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  
一部として実施いたしました。

山形県（農林水産部、環境エネルギー部、産業経済部）、  
海上保安庁（海洋情報部、第二、第九管区海上保安本部）、  
山形県漁業協同組合、の関係者の皆様にご協力いただきました。

海洋電磁探査データは、深田サルベージ建設株式会社に、  
高分解能反射法データ取得は株式会社地球科学総合研究所に  
それぞれ担当いただきました。