

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2024

メタンハイドレート研究開発のための コア試料分析

MH21-S研究開発コンソーシアム（MH21-S）

探査チーム（JOGMEC） 今井 利矩

2024年12月4日（水）

研究背景: コア分析とは？

科学的・工学的問いへ答えるためのエビデンス

天然の地層サンプルを採取して、水理・力学・化学的特性等を把握すること

メタンハイドレートの**量**は？

⇒原始資源量、生産量

硬いの？脆いの？

⇒強度・変形・圧密

水やガスの**流れ易さ**は？

⇒浸透率、生産予測

隙間はどれくらいあるの？

⇒浸透率・力学強度

いつ頃堆積したの？

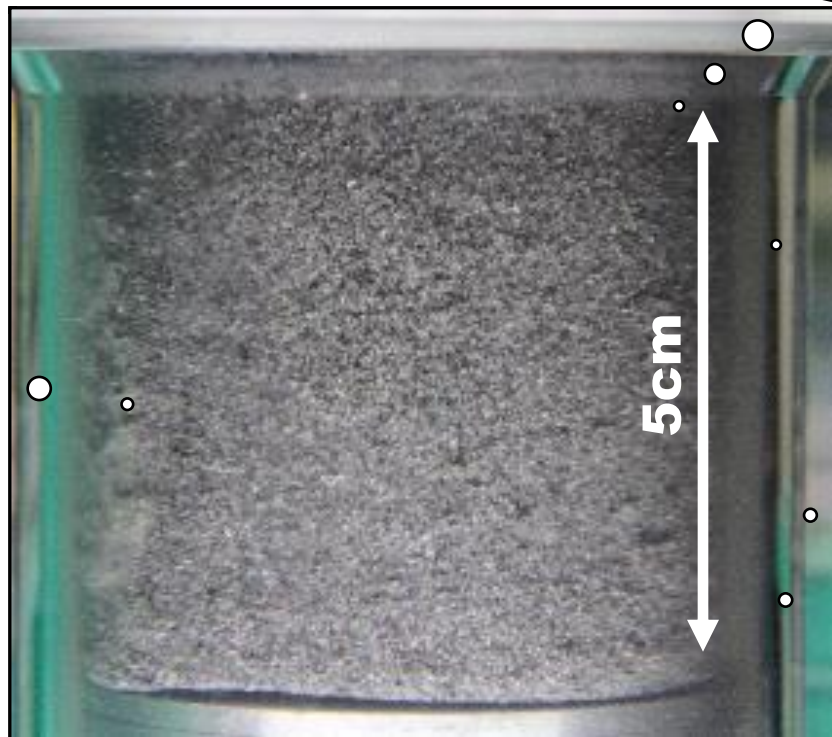
⇒MHシステム

間隙水の**成分**は？

⇒環境対策、水処理

粒子の**大きさ**は？

⇒出砂対策



メタンハイドレートを含むコア：海底面深度約1000m、海底下約300mで採取

(砂層型メタンハイドレートフォーラム2019資料)

研究背景: コア分析結果の利活用方法とは

- 地層の状態を理解する←採取方法の検討
- 直接的にハイドレートの量を推定できる。←原始資源量の把握へ
- 各種シミュレーションの入力パラメータにする。←信頼性の向上
(MH飽和率、水和数、浸透率、熱伝導率、力学強度・剛性、密度 等々)

＜様々な利用例＞

例①：メタンハイドレートの量の推定

【Dickens et al., 1997, *Nature*】

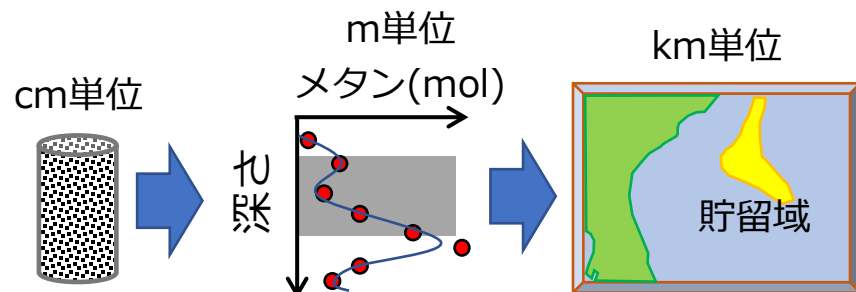
“Direct measurement of in situ methane quantities in a large gas-hydrate reservoir”

(Ocean Drilling Program Leg 164)

The Pressure Core Sampler (PCS)

を使って、MHを含む地層サンプルを採取。

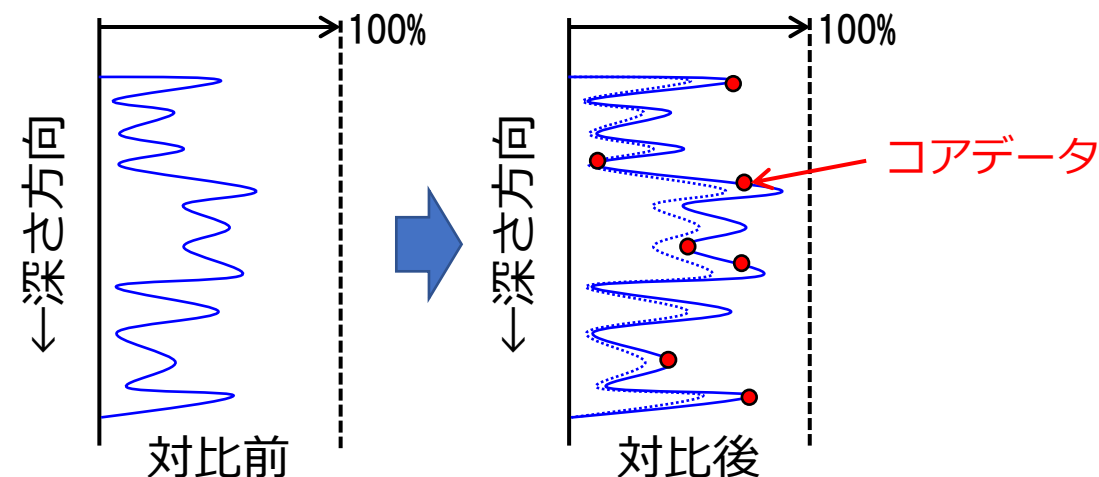
コア分析結果を利用して、**貯留域のメタン量を推定した。**



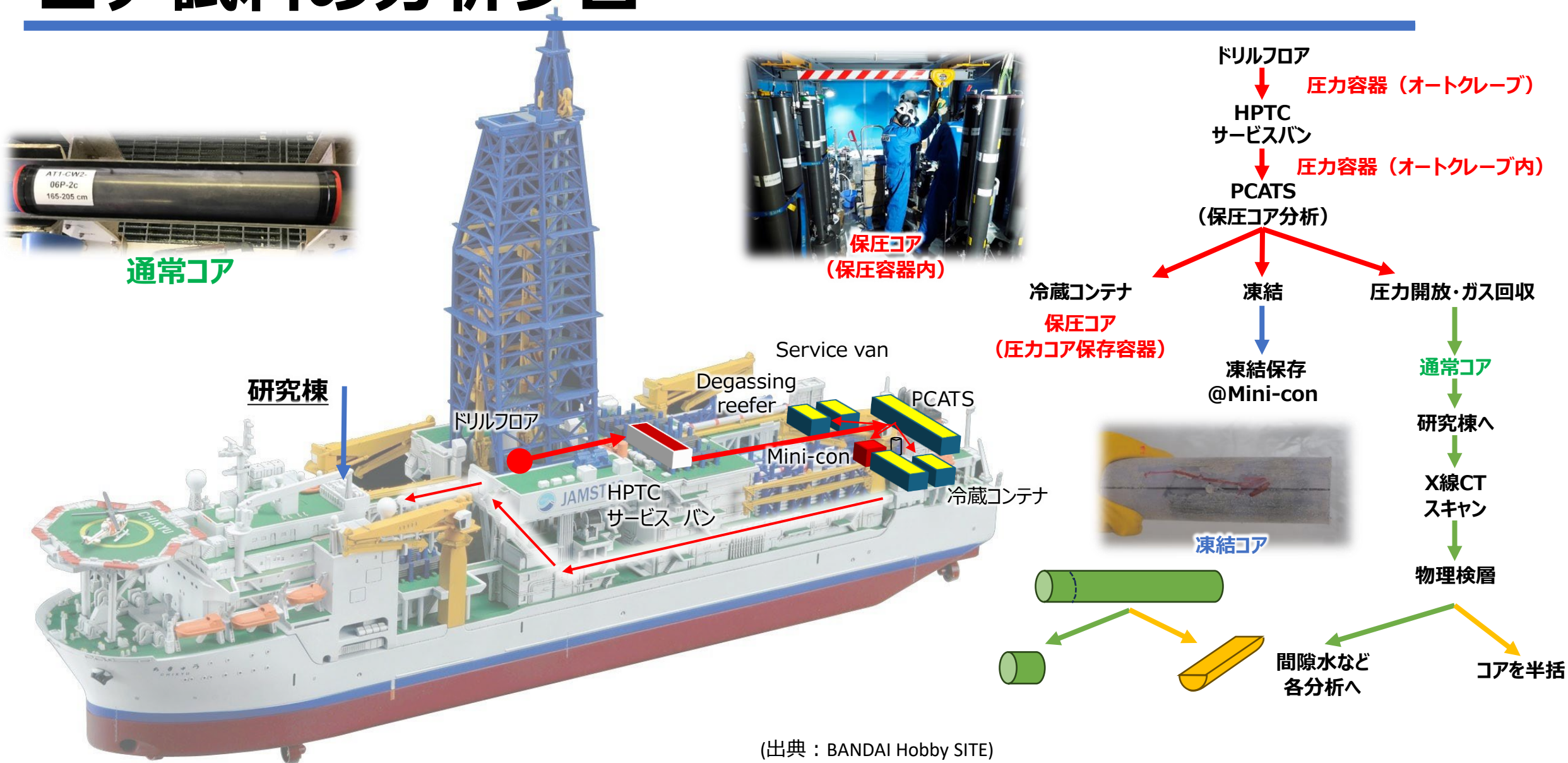
例②：検層対比

検層では、電気抵抗、密度、PS波速度、自然ガンマ線、NMR等の深度方向分布が出力される。

MH飽和率(イメージ図)



コア試料の分析フロー

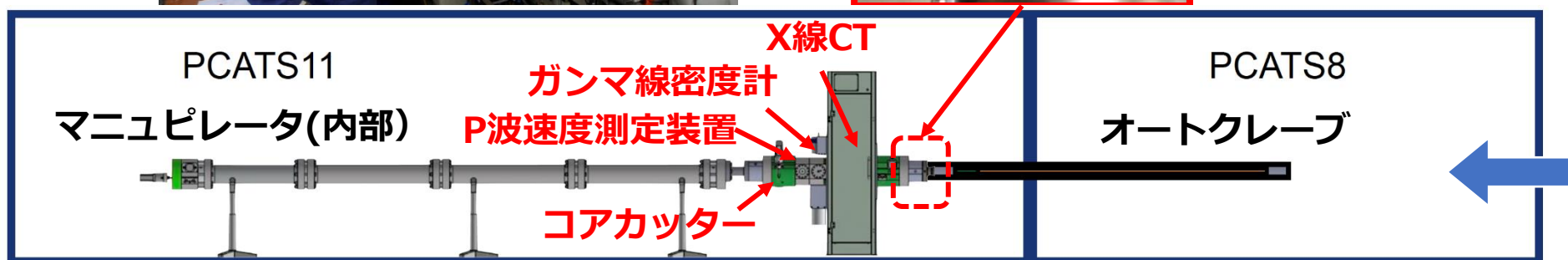
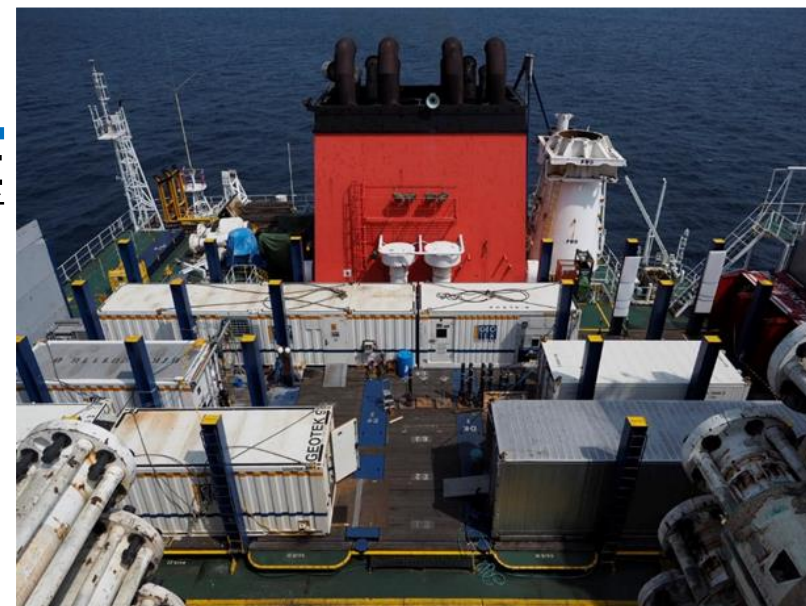


(出典：BANDAI Hobby SITE)

圧力コアの船上分析 (PCATS)

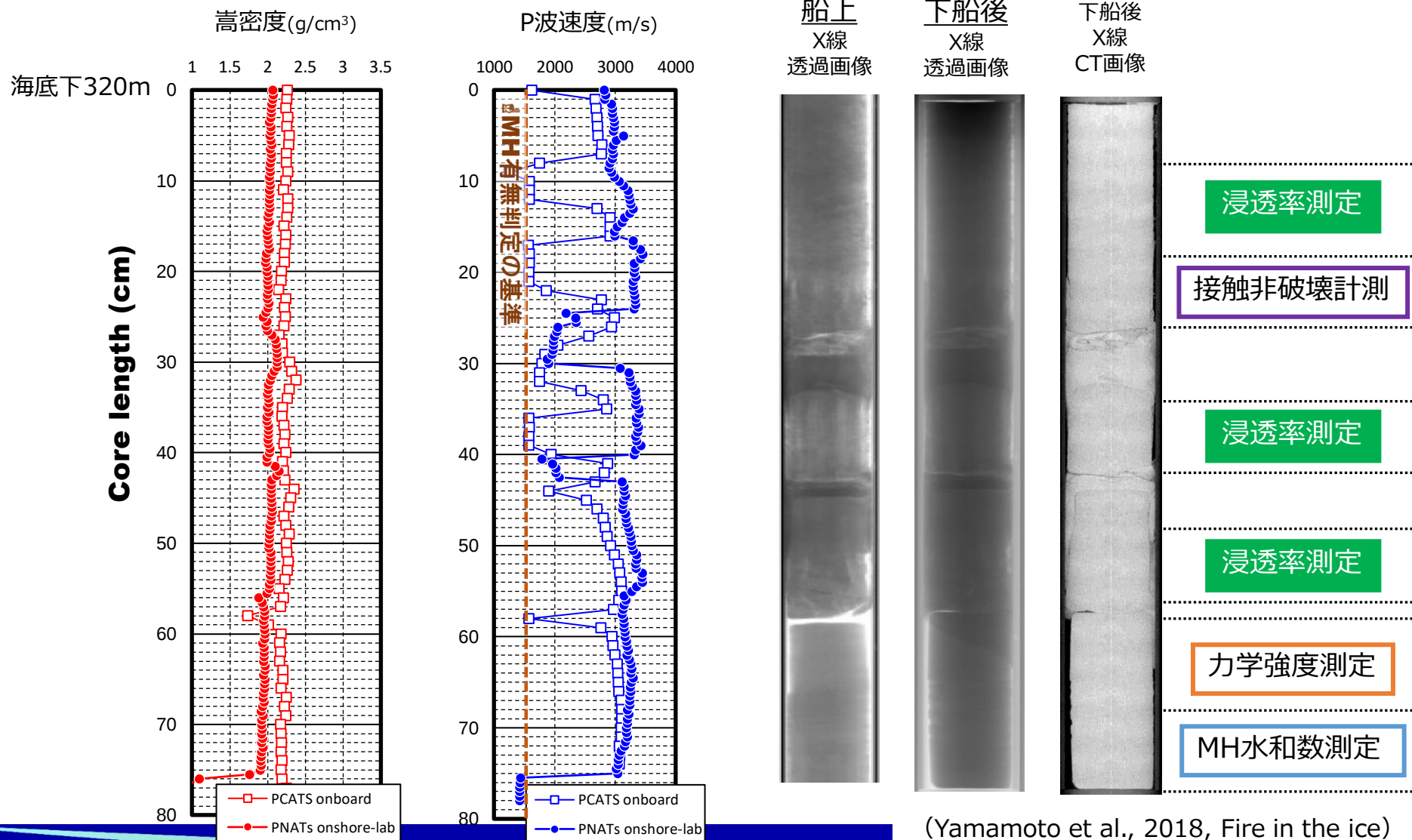
PCATS (Pressure Core Analysis and Transfer System) 概要

- 圧力コアラー等と接続できる接続口を有し、被圧状態のままHybrid PCSやHPTC等のインナーバレル（オートクレーブ）を接続し、オートクレーブ内のコアをPCATSのチャンバーに移動することができる
- 被圧状態のまま、コアの非破壊分析ができる
- 被圧状態のまま、コアの切断と保管用チャンバーへの移送ができる

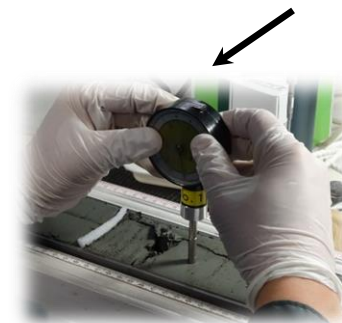
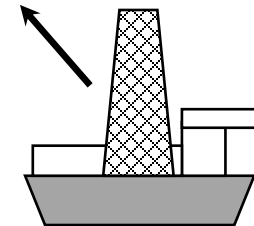


分析例：圧力コアの分析計画

☑P波速度からMH含有量を推定 ☑X線画像で品質をチェック ☑カットプランを策定

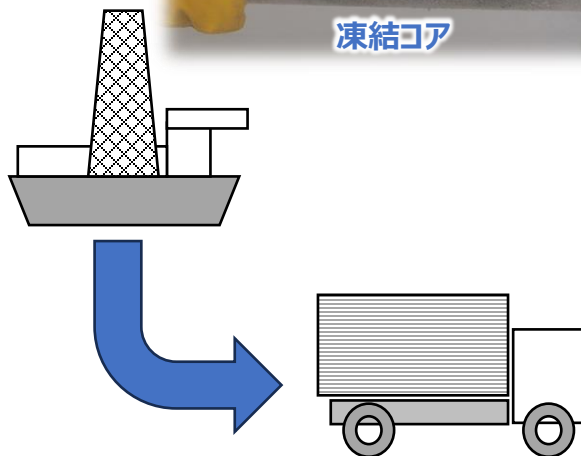
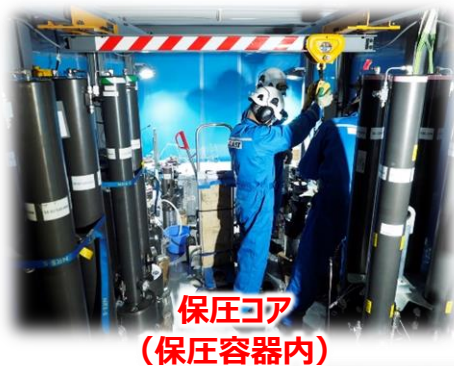


(Yamamoto et al., 2018, Fire in the ice)



船上の研究室へ

圧力コア分析



産総研へ

分析装置群：PNATs (Pressure-core Nondestructive Analysis Tools)



圧力容器内のコアを取出し、X線CT・P波速度・嵩密度の測定を実施⇔船上データと比較

(砂層型メタンハイドレートフォーラム2019資料)

メタンハイドレート分解ガスの採取

メタンガス
160-170m³
(Standard Condition)

水
0.8 m³



1 m³

メタンハイドレート

米国アラスカ州での長期陸上産出試験時、
保圧コアからのガス採取風景



Copyright © MH21-S



Copyright © MH21-S

堆積物に含まれるガス採取



Copyright © MH21-S

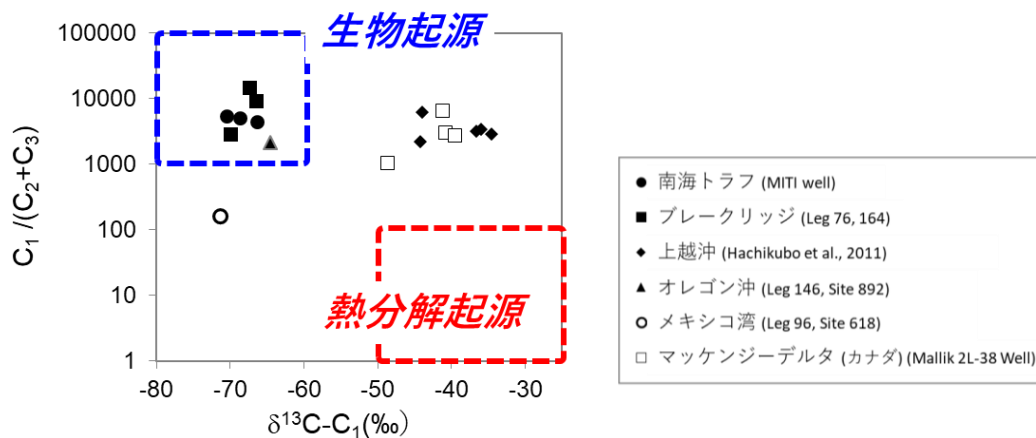


堆積物から出てきたガス採取

メタンハイドレート分解ガスの分析

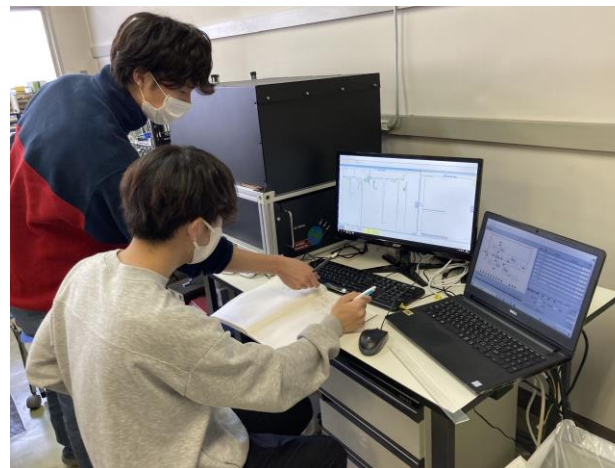


ガスクロマトグラフ質量分析計@産総研



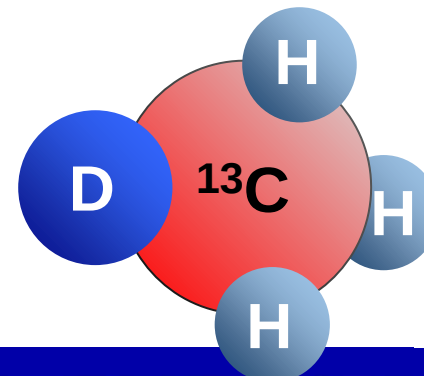
メタンランプトアイソトープ (メタン生成温度指標)

神戸大学、MIT、JAMSTECとの共同研究

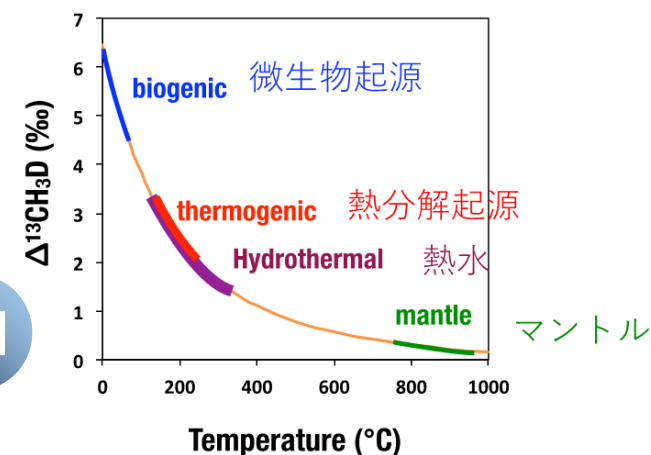


波長可変赤外レーザー差分
吸収分光法による
メタン凝集同位体分子種測定

新指標
 $\Delta^{13}\text{CH}_3\text{D}$



メタン精製・濃縮装置装置

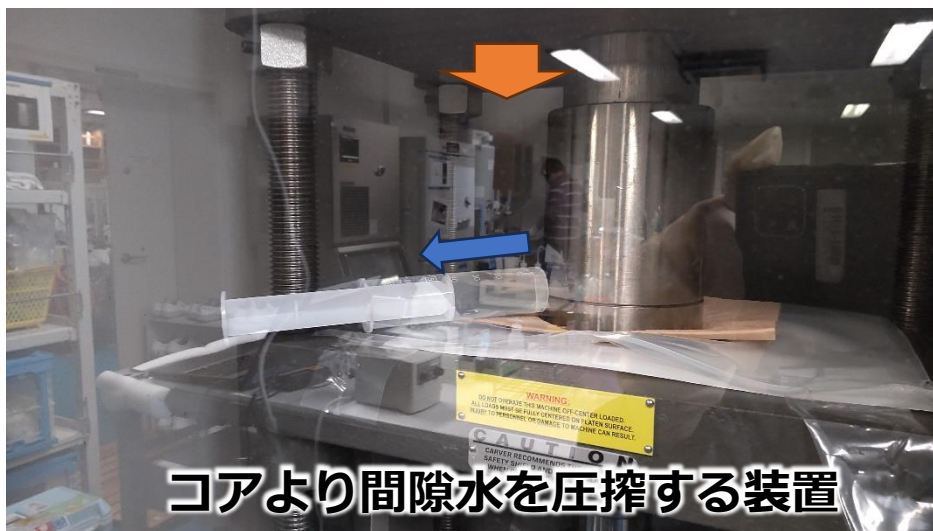


地層中に含まれる水（間隙水）の分析



嫌気環境にて、
コア試料を成形

成形したコア試料
を装置にいれ、
圧搾し、堆積物中
の水を採取



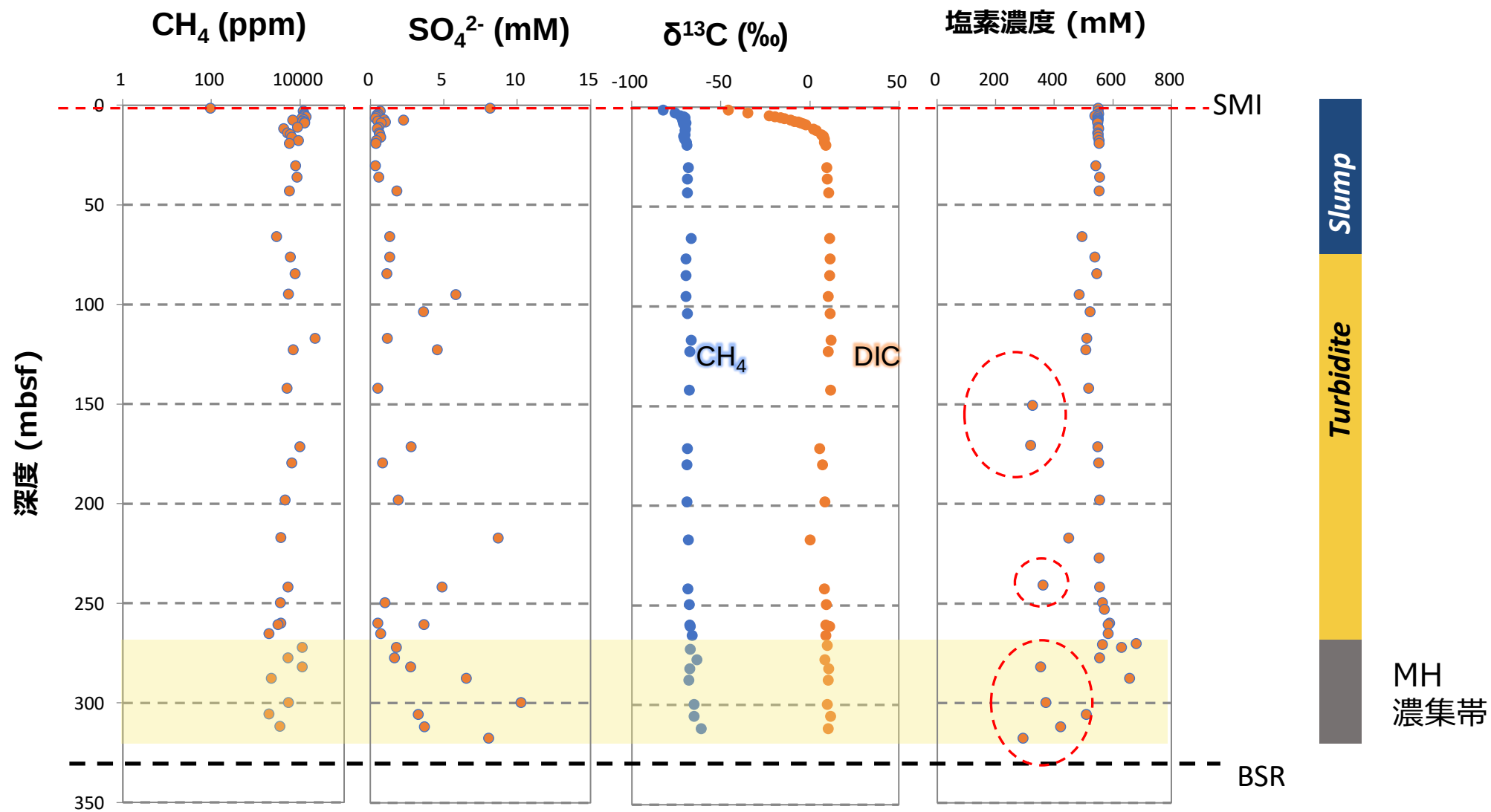
コアより間隙水を圧搾する装置

水に含まれる成分や塩分濃度、pHなどを
各装置にて分析



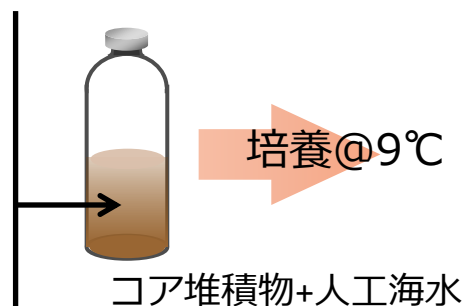
液体クロマトグラフィー@産総研

間隙水、ガスの分析結果例

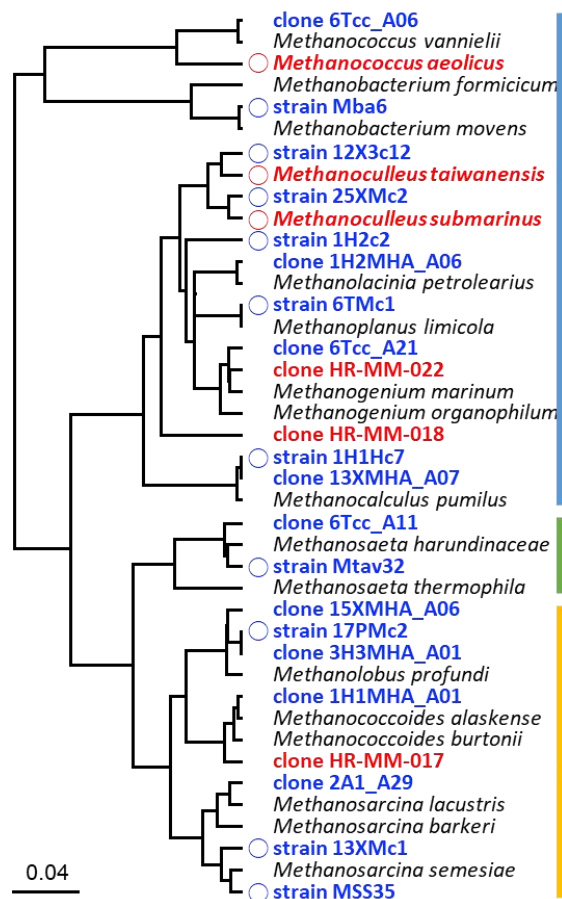
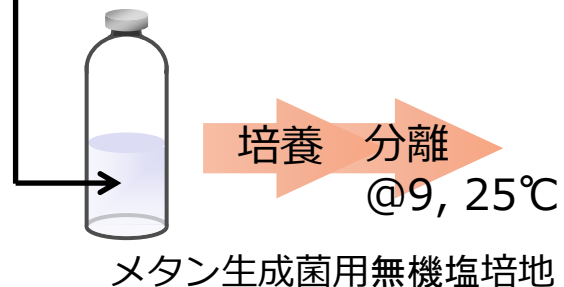


地層中のメタン生成菌

- ・ 水素・酢酸
- ・ メチル化合物 (メタノール・トリメチルアミン)
- ・ 無添加

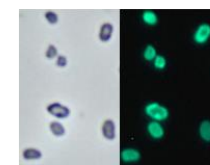


継代培養

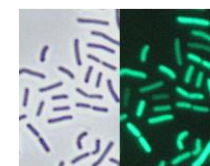


水素利用性

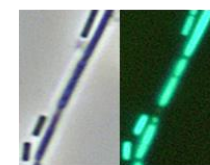
青：本件で培養された株
赤：他研究(MH堆積物)で培養された株



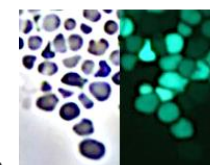
水素利用性
1H1Hc7株



水素利用性
Mba6株



酢酸利用性
Mtav32株



メチル化合物・
酢酸利用性
MSS35株

(5 μm)

酢酸利用性

メチル化合物利用性

酢酸利用性

(Katayama et al., 2022)

メタン生成菌の高圧培養



クリーンベンチ内にて
培養実験

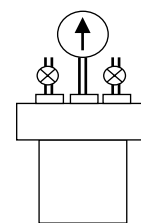


ステンレス製高圧培養容器

○ 原位置にてどの程度の活性？

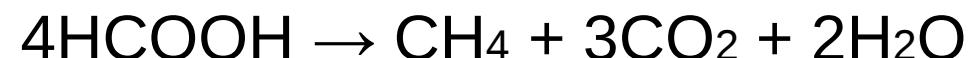
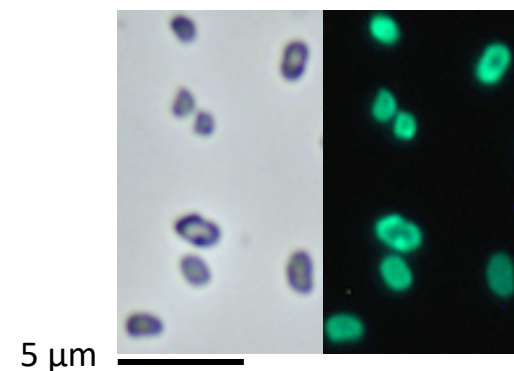
→ 環境因子（圧力）によるメタン生成活性の制御

→ 高圧培養装置を用いた高圧条件下での評価



培地 + **ギ酸** @ 25℃ & **0.1, 13, 25 MPa**

+ *Methanocalculus* sp. 1H1Hc7



地層中に含まれる微化石

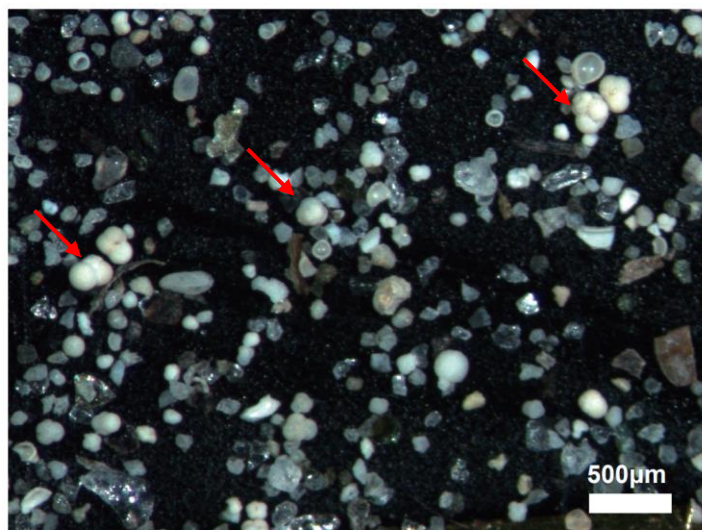
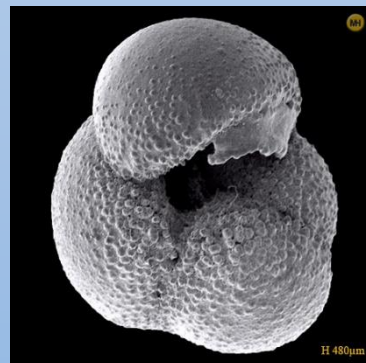


図 2. 比較的大型の浮遊性有孔虫化石が産出する層準の残渣

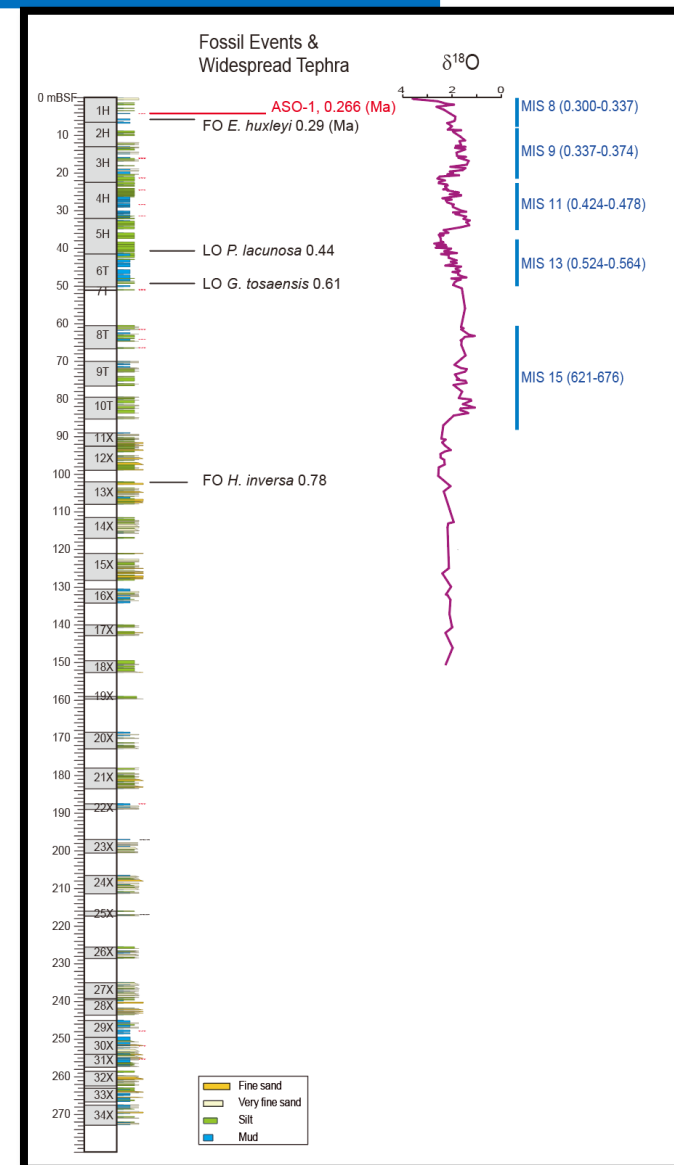
酸素同位体比分析のために抽出



Globorotalia inflata



- 1: *Gephyrocapsa oceanica*
 2: *Gephyrocapsa parallela*
 3: *Pseudoemiliania lacunosa*



コア試料に挟在する凝灰岩層

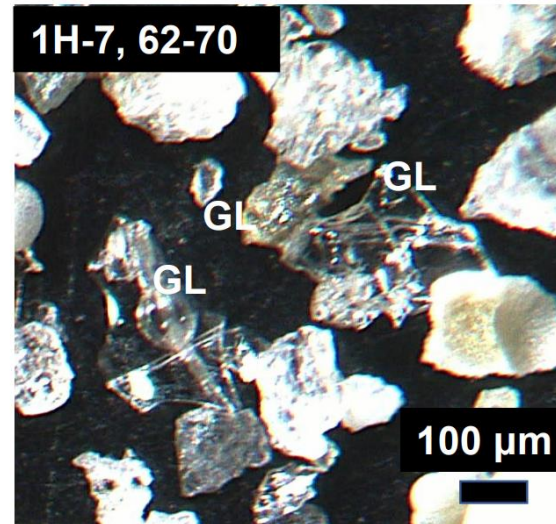
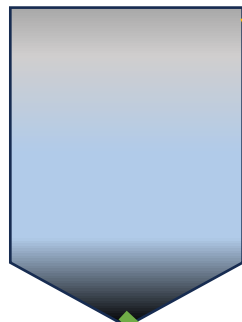


軽石凝灰岩

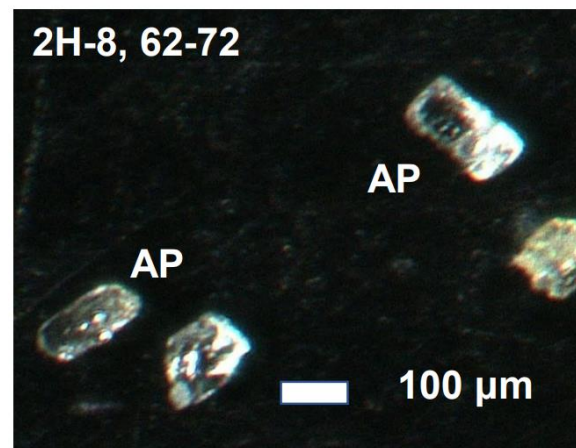


細粒凝灰岩

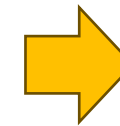
重液分離



バブル型火山ガラス



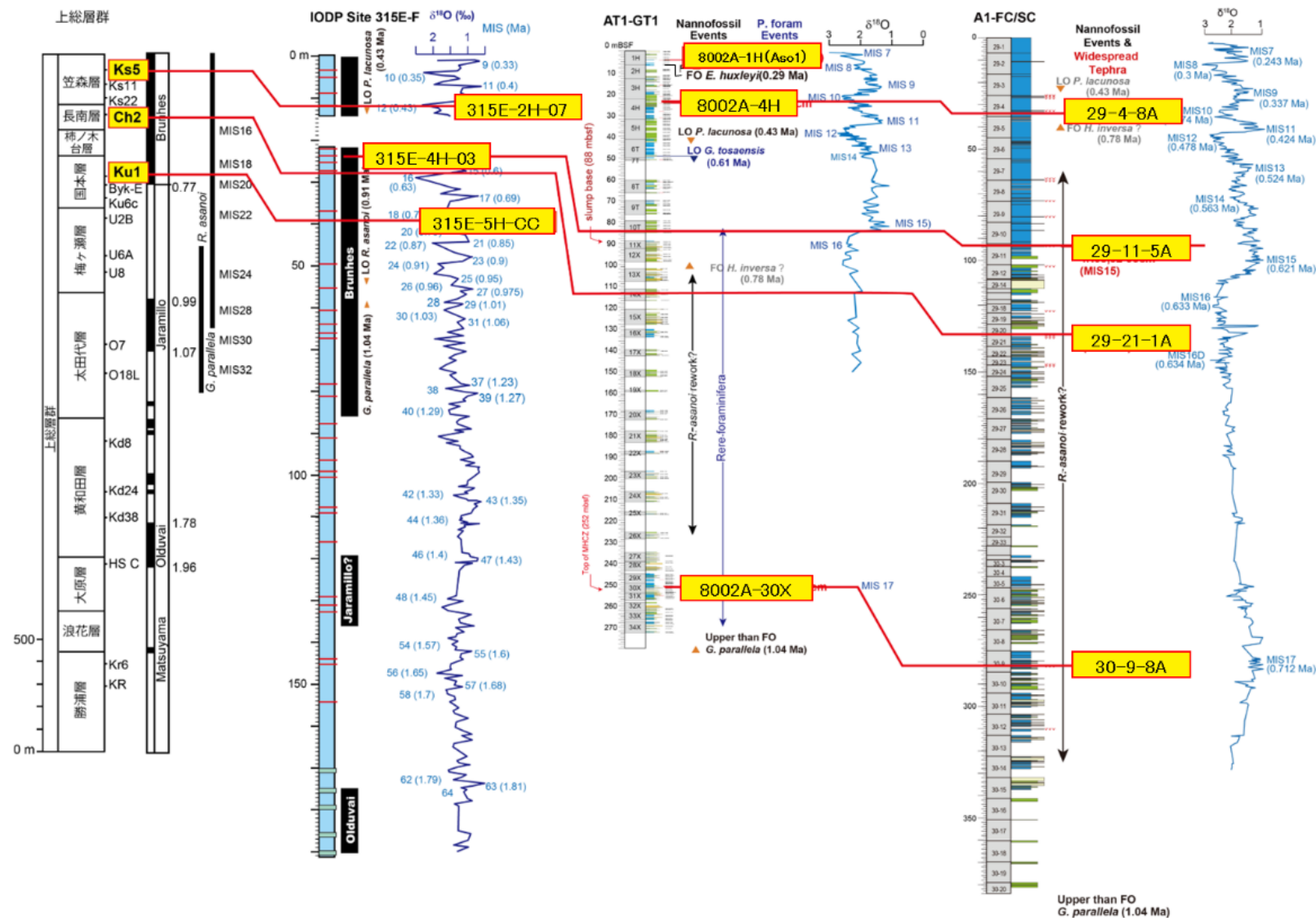
アパタイト



A:エネルギー分散型EPMA

B:波長分散型EPMA

微化石および凝灰岩を用いた地質年代評価



(出典：JOGMECエネルギー事業本部技術年報2024)

地化学分析とコア分析結果の利用例



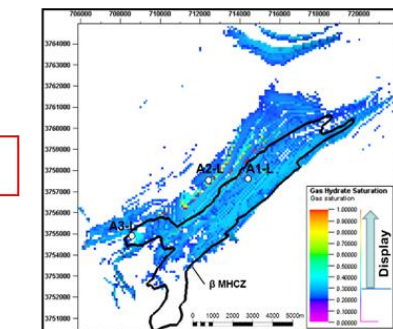
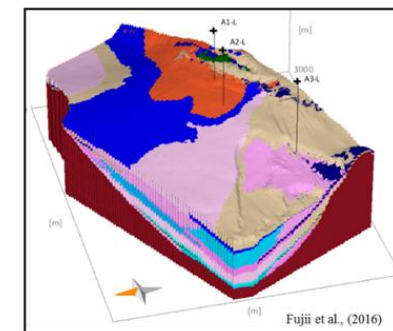
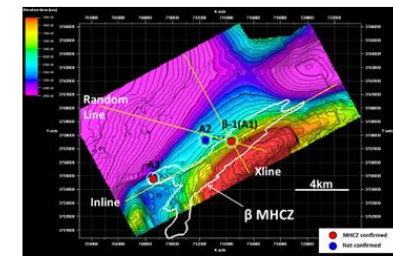
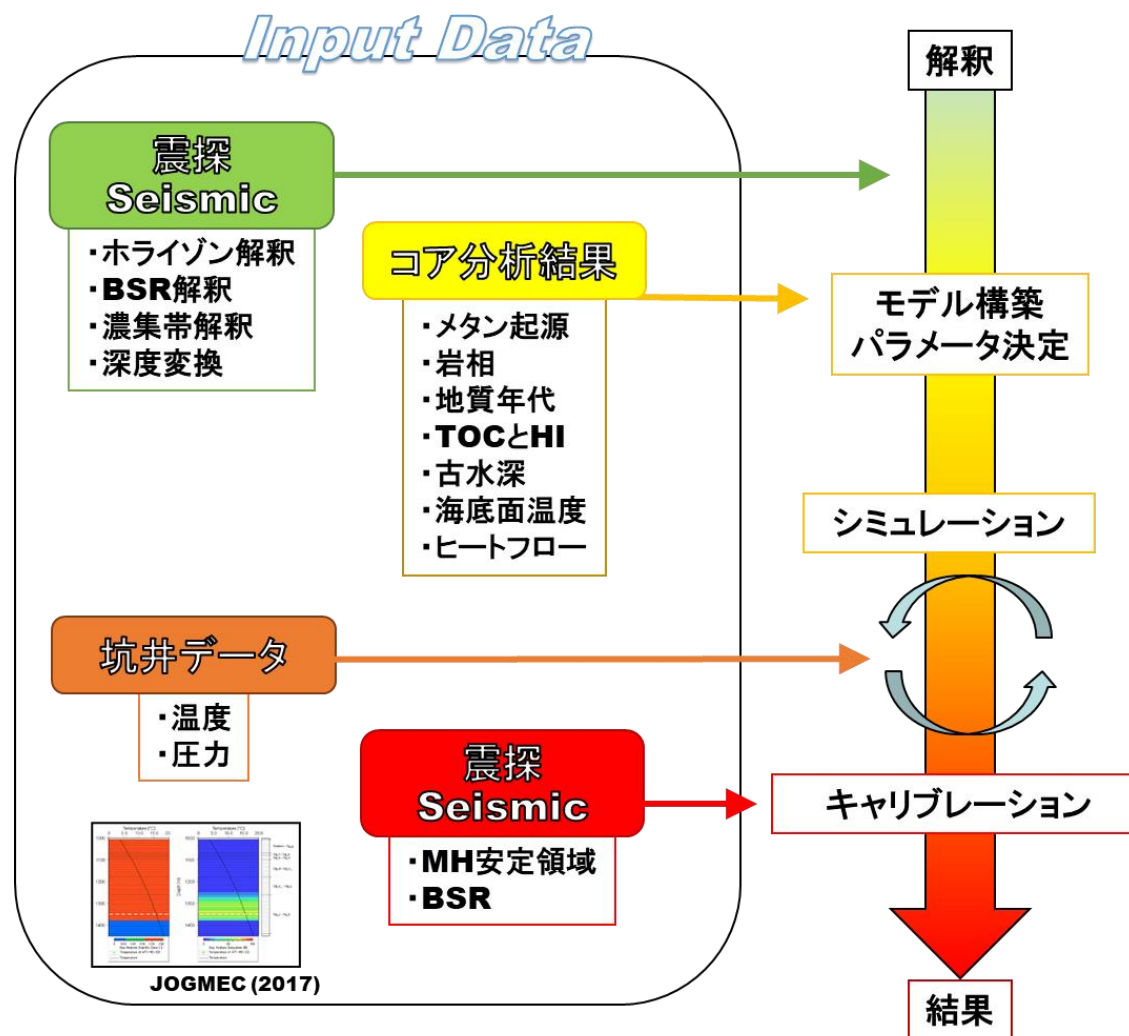
熱分解分析装置

根源岩有機物のタイプ及び炭素量の測定



CHNS元素分析装置

有機炭素、水素、窒素、硫黄量の測定



Fujii et al. (Interpretation, 2016)
doi.org/10.1190/INT-2015-0022.1

まとめ

- コア試料を分析することによって、メタンハイドレート濃集帯に関して様々なことがわかってきた。
 - ＞ いつ、胚胎層が堆積したのか
 - ＞ メタンはどうやって作られたのか
 - ＞ 微生物は、どこでメタンを作っているのか
 - ＞ 堆積物中には、どのような元素が含まれているのか
- 得られた情報は、メタンハイドレート胚胎層の初期状態把握やメタンハイドレートの集積メカニズムへの活用、探鉱活動に用いる。

今後

- 志摩半島沖において、新規にコアを取得予定
- 第二渥美海丘と同じメカニズムなのか、検討予定

謝辞

本資料は経済産業省の委託により実施しているメタンハイドレート研究開発事業において得られた成果に基づいています。

ご清聴ありがとうございました。