

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2019

生産挙動予測
圧力コアリング
～天然サンプルを採取し分析する技術～

MH21-S研究開発コンソーシアム(MH21-S)
貯留層評価チーム 米田純 (AIST)

2019年12月3日(火)
東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール

目次

- 研究背景:なぜ圧力コアリングか？
- 圧力コアリングの歴史
- 分析装置の紹介
- 主な研究成果
- まとめと今後の予定

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

隙間はどれくらいあるの？
⇒ 浸透率・力学強度

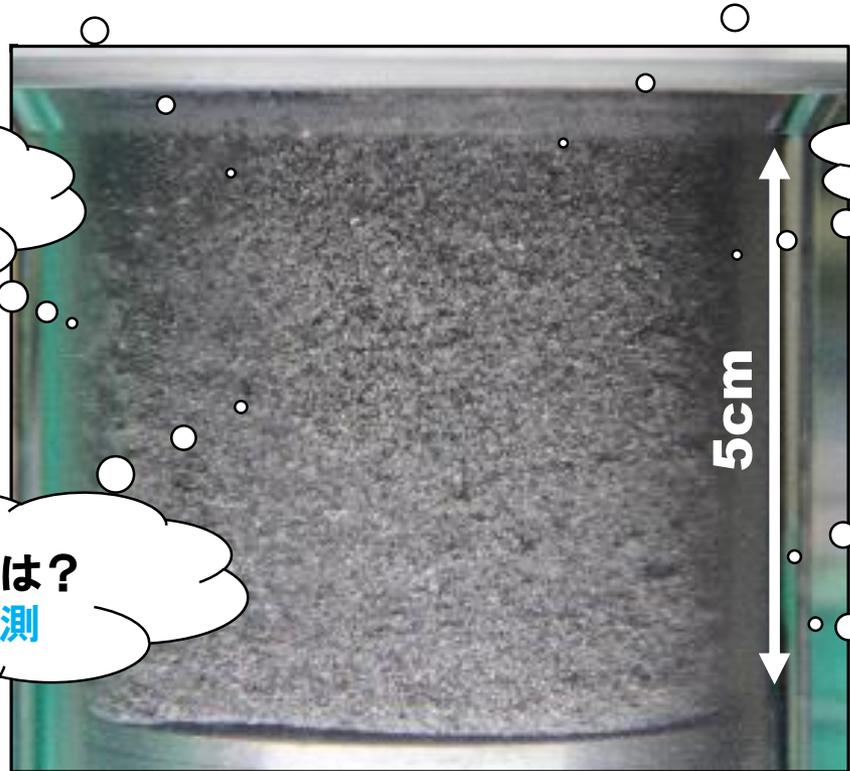
硬いの？脆いの？
⇒ 強度・変形・圧密

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

水やガスの流れ易さは？
⇒ 浸透率、生産予測

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

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

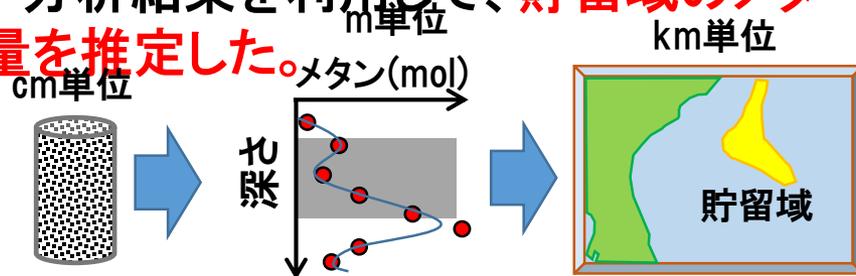
【Dickens et al., 1997, *Nature*】

“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。

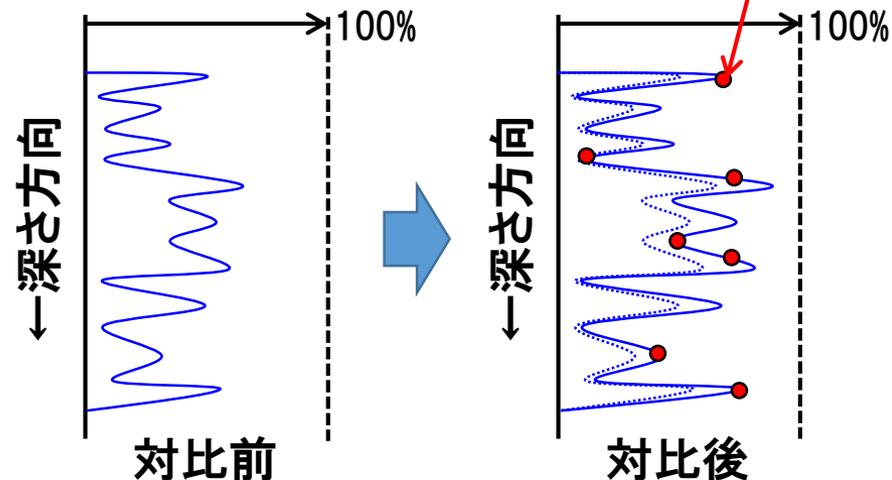
コア分析結果を利用して、**貯留域のメタン量を推定した。**



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) **コアデータ**



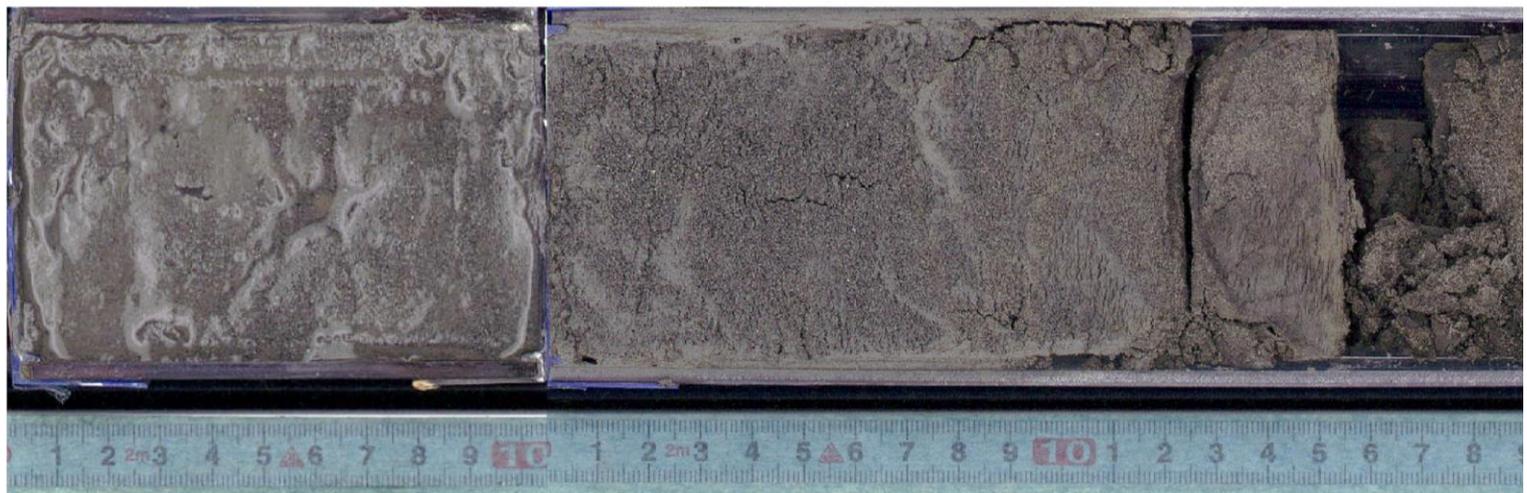
研究背景: コア分析 メタンハイドレート分解の様子



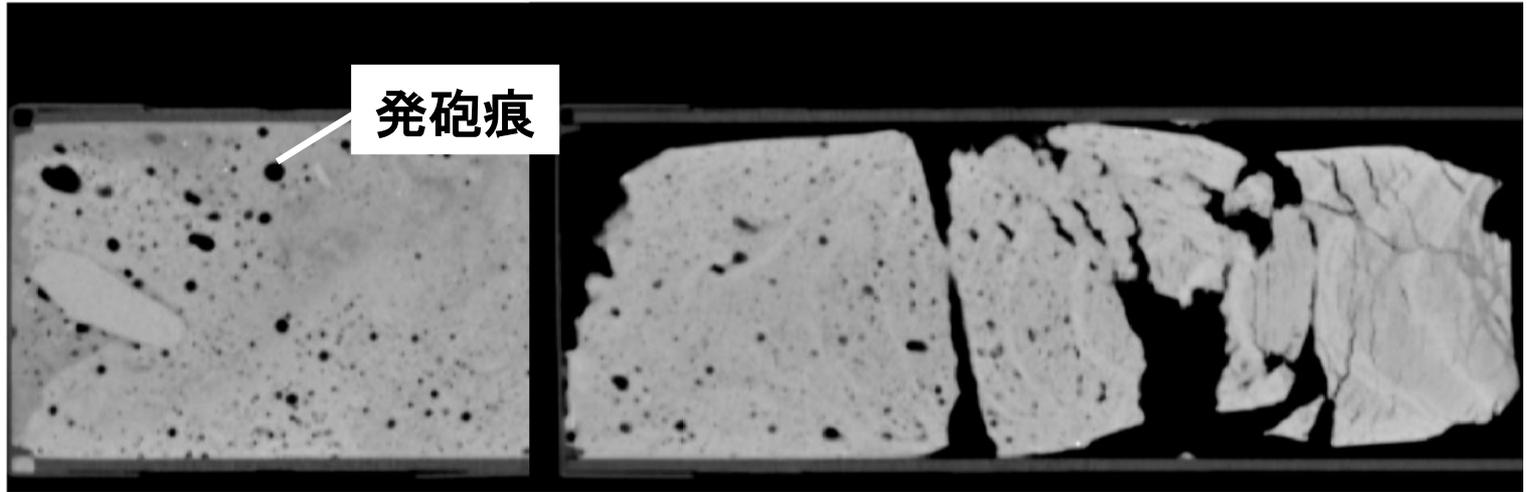
(直径5cmの圧力コア、温度5°C、減圧法、境界条件:拘束無)
安定領域から出ると分解が始まる。

研究背景: コア分析 分解後のサンプルの様子

半割
断面写真



X線CT画像
断面

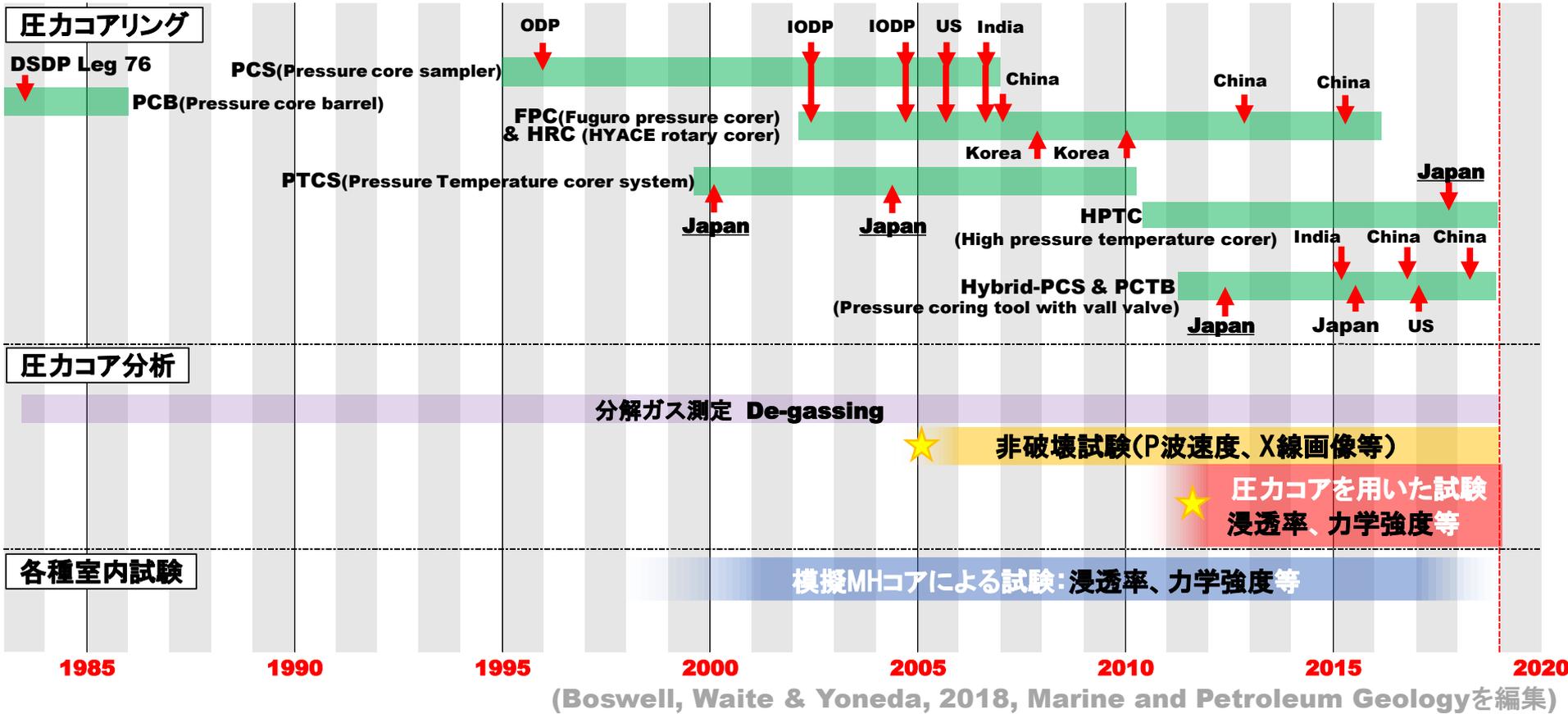


AT1-C-16C, 302.0 m~

減圧後のコアはMHの分解による発砲痕が多数存在。試験種目は限られる。

圧力コアリングと分析装置の歴史

最初の実施は1983年。これまで20回近く実施されている。
コアラーも改良や新規開発が繰り返され、圧力保持率やコア回収率が向上している。



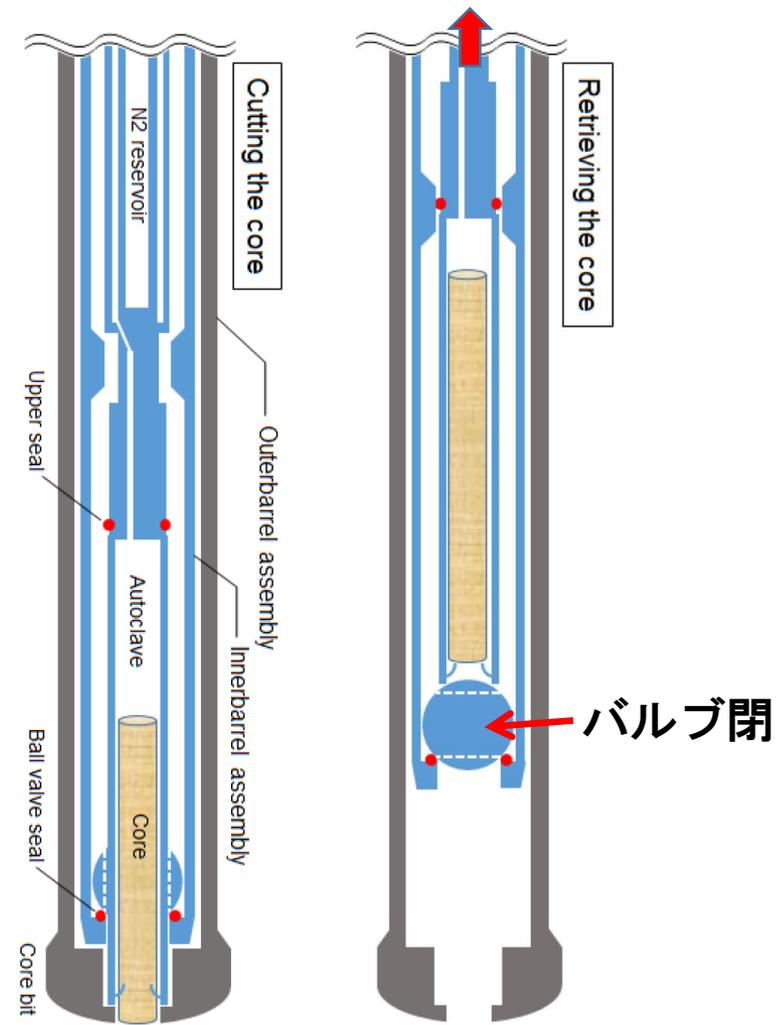
2005年、2011年に技術的ブレイクスルーが有り、圧力コアを用いた試験が可能に。
以後、天然サンプルを用いた原位置のパラメータ取得が進められている。

圧力コアリング



HPTC III: 圧力容器Autoclave

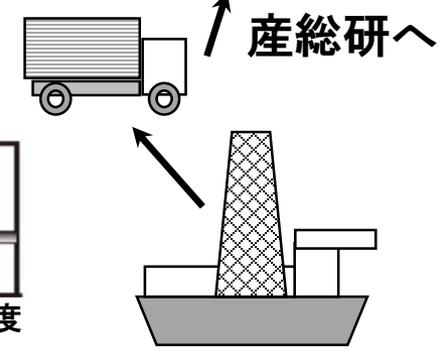
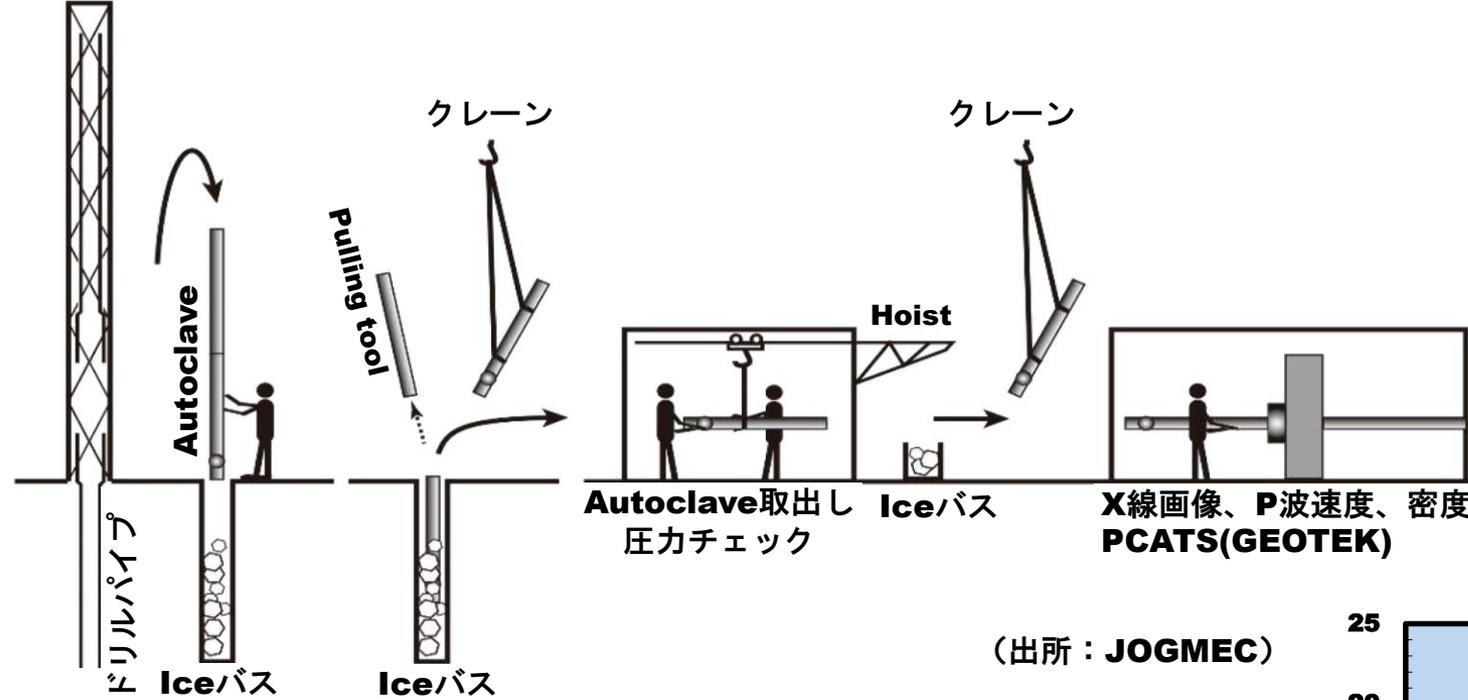
引揚げると保圧される



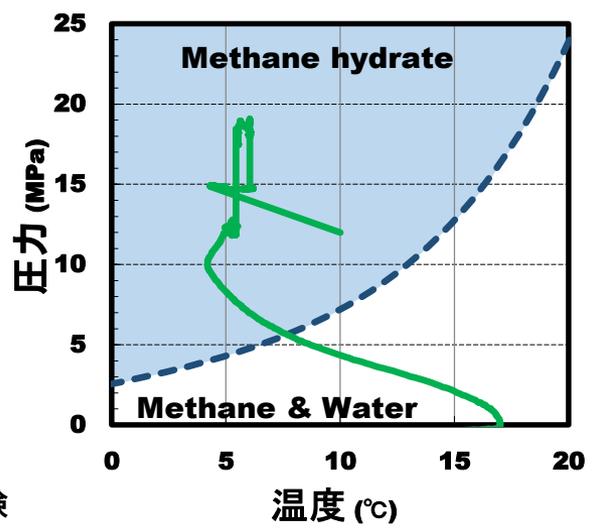
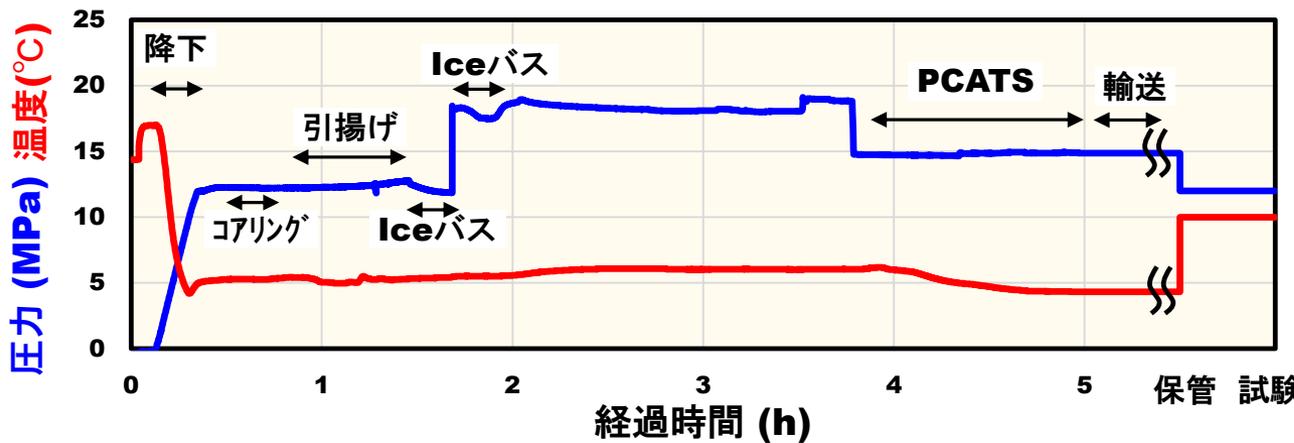
出所：JOGMEC

圧力コアリング

掘削リグ



(出所: JOGMEC)



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



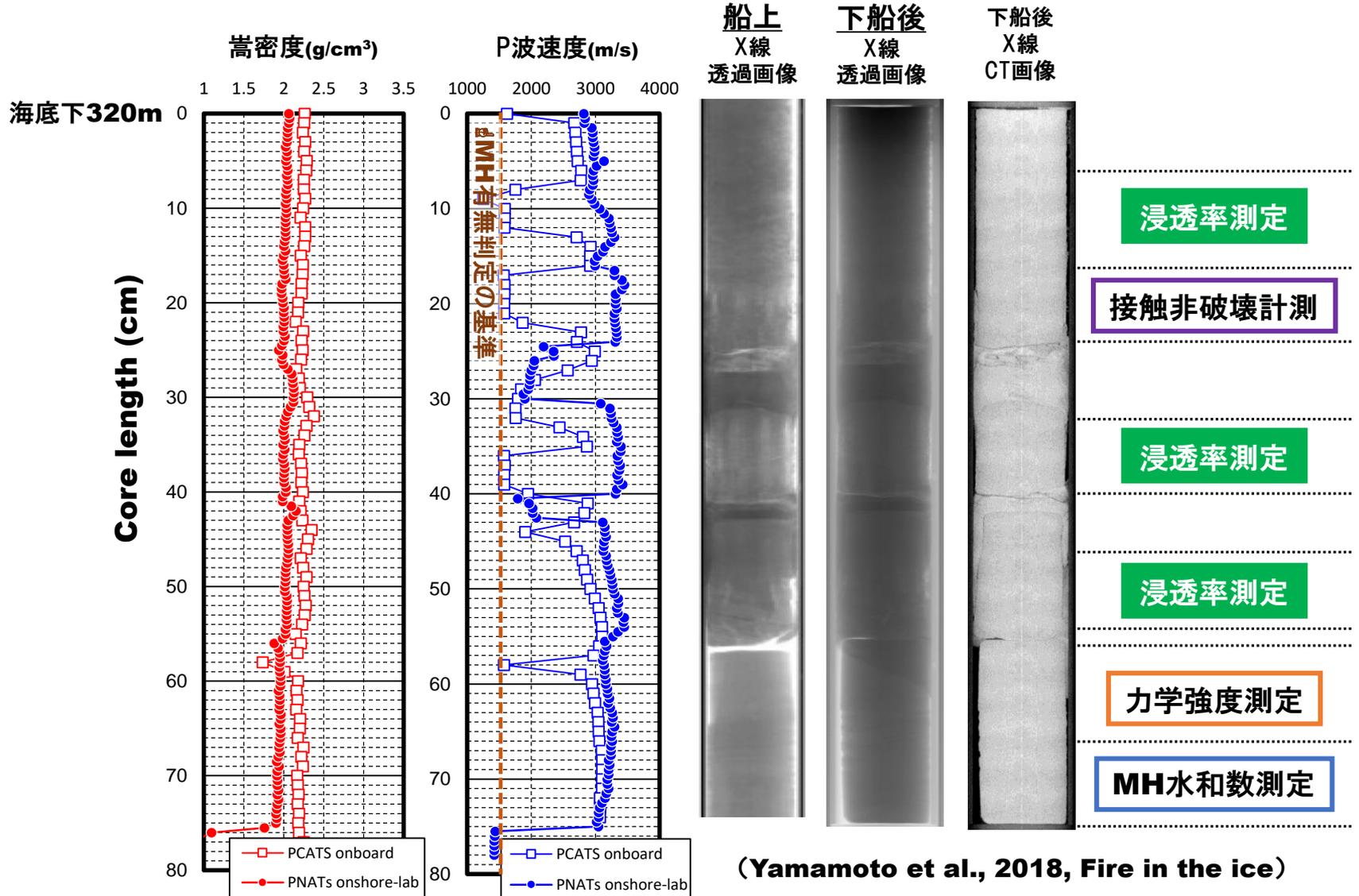
圧力容器内のコアを取出し、X線CT・P波速度・嵩密度の測定を実施⇔船上データと比較

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)

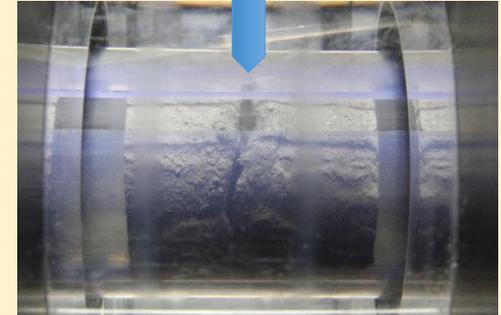
各種試験結果の紹介:基礎物性評価

MH含有堆積物の基礎物性評価: IPTC (Instrumented pressure testing chamber) コーン

非接触計測では様々なノイズが入るため、直接コアに触れて、信頼性の高いデータを得る。加えて、コーン貫入抵抗値より、地層のせん断強度を測定することができる。



PS波速度及びコーン貫入抵抗



コーン貫入試験後のコアの様子【10MPa水圧環境】

ガスハイドレートの基礎物性評価 【ラマン分光分析・XRD結晶構造解析】

Natural gas hydrate crystal in NGHP-02 sediment



50 micron

例えば、MHの理論化学式



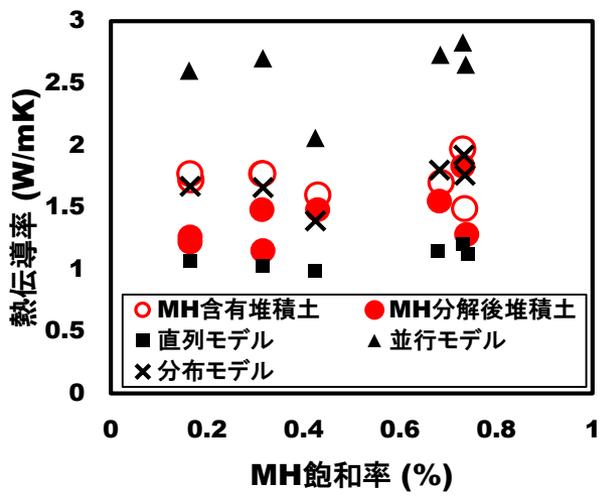
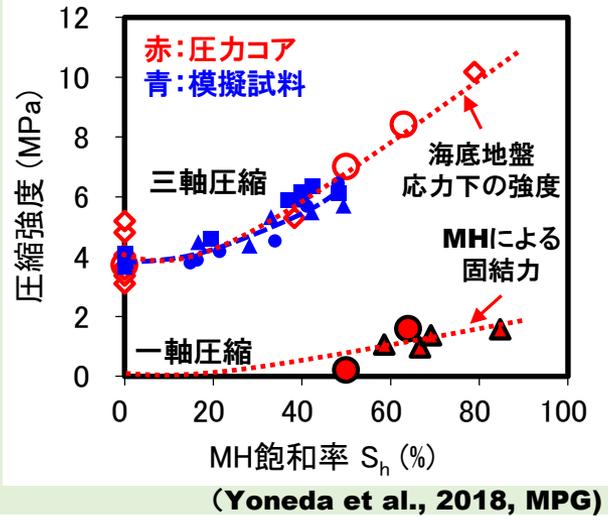
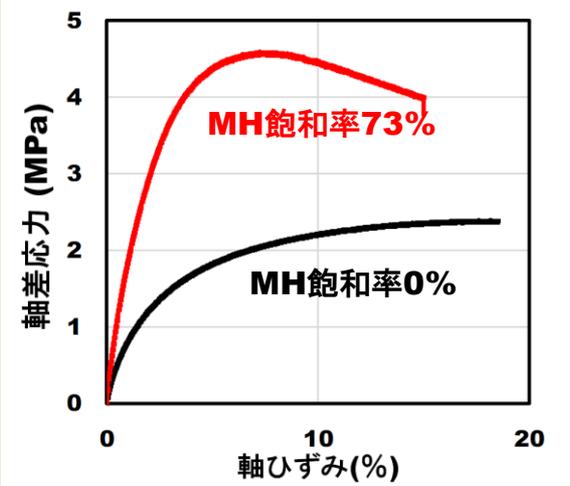
水和数5.75は包摂率100%の場合
実際は6~6.2程度。

MHの密度の計算には、単位結晶構造の大きさも重要

☞ MH飽和率の確度を高める。

各種試験結果の紹介: 力学特性、熱物性

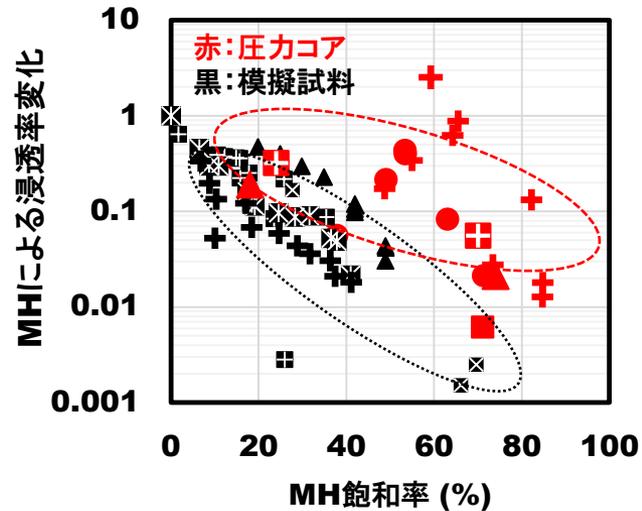
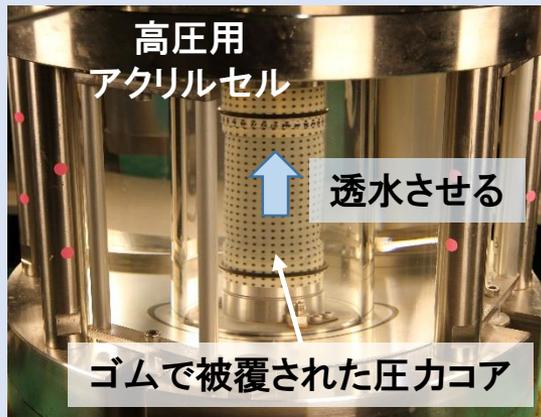
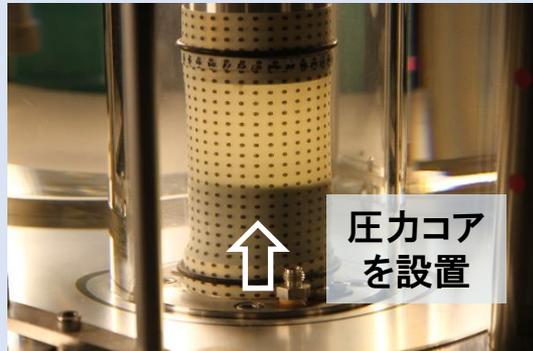
- ☑ MHの分解による強度低下を定量化
- ☑ 模擬試料では実現が難しかった高MH飽和率の強度を取得
- ☑ 貯留層強度を評価



- ☑ 幅広いMH飽和率を持つコアの熱物性を取得
 - ☑ 熱伝導率の予測には分布モデルが有効
 - ☑ 熱伝導率はMH飽和率から独立している
- (Muraoka et al., 2018, MPG)

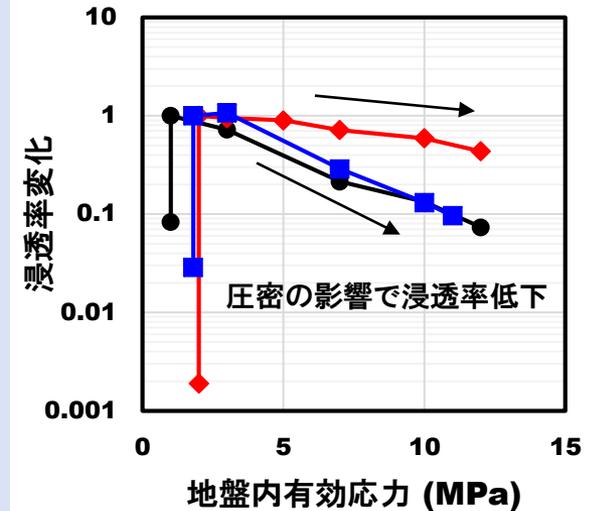
各種試験結果の紹介: 浸透率

MH飽和率の影響評価



- ☑ 圧力コアの透水試験を実施し、浸透率を測定
- ☑ MH分解前後の浸透率を評価
- ☑ 高浸透率であることが判明

圧密の影響評価



- ☑ 減圧に伴う応力変化を再現
- ☑ 堆積層によって低下具合は異なる
- ☑ 圧密の影響による浸透率低下を定量評価

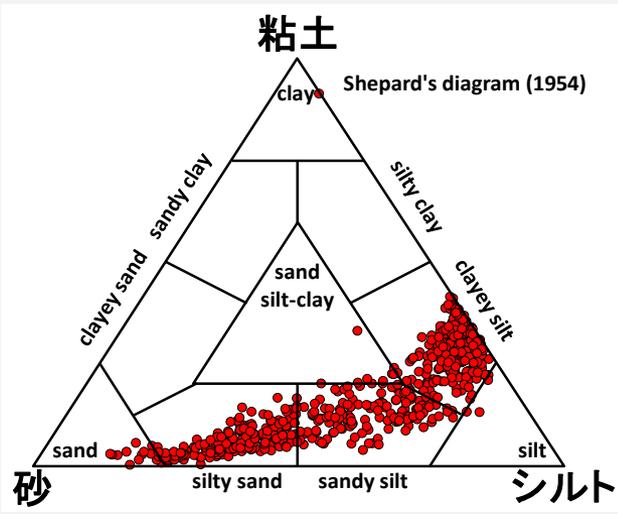
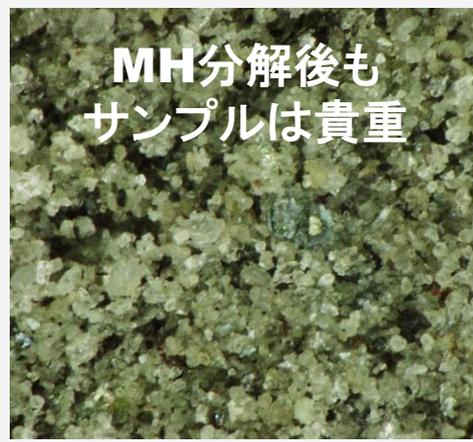
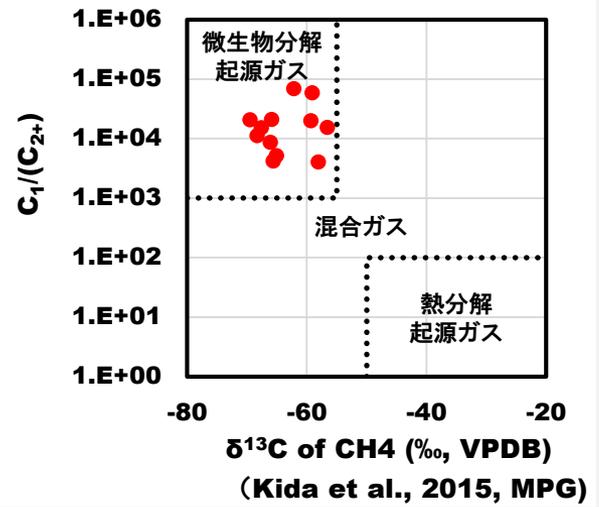
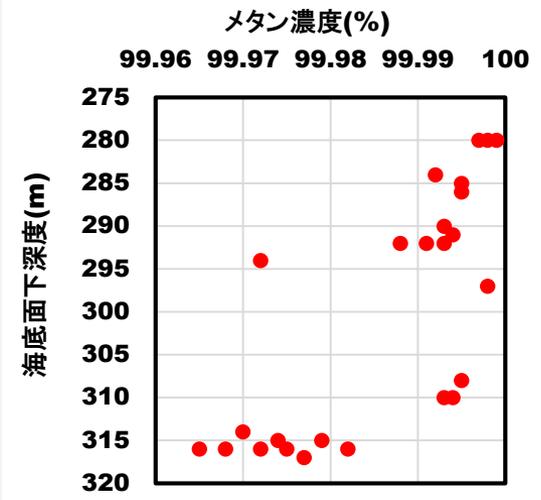
(Yoneda et al., 2018, MPG)

MH分解後のコア分析：貯留層の初期状態を把握

☑ ガス組成を分析

☑ 深度による差異を確認

☑ メタンの発生起源を把握



☑ 浸透率予測へ活用

☑ 貯留層モデルの作成に貢献

☑ 出砂対策装置選定の基礎データ

(Ito et al., 2015, MPG)

MH分解後のコア分析：貯留層の初期状態を把握

磁化異方性

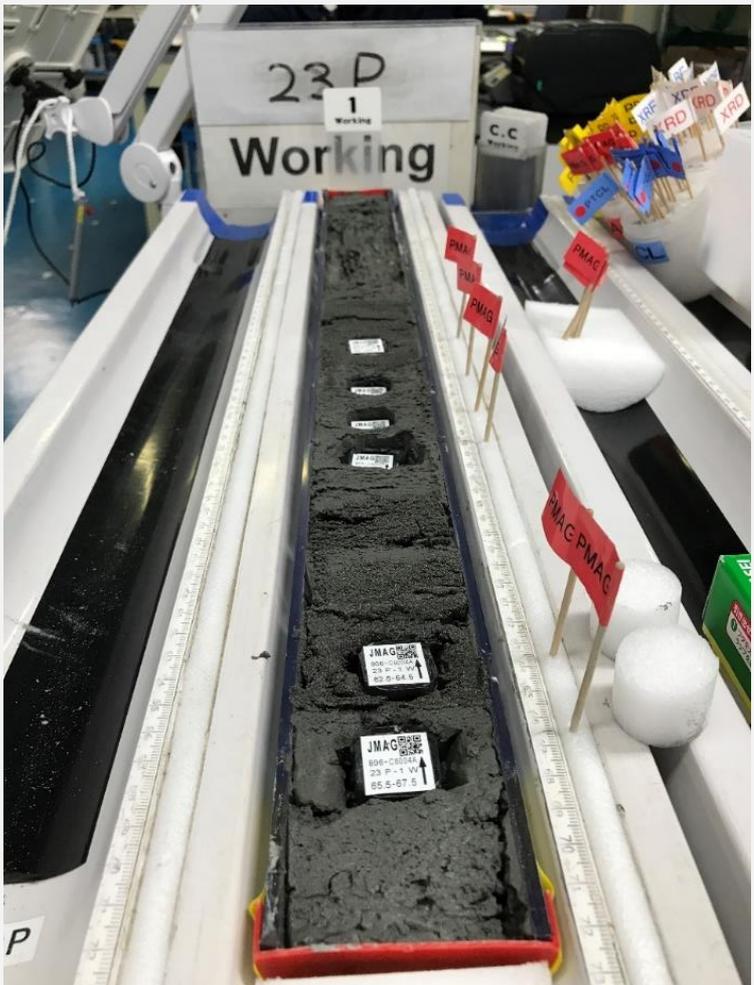
古流向解析及び浸透性の異方性を分析し、地層性状評価に利用

古地磁気

酸素同位体比層序と比較し、堆積年代の推定に利用

微化石分析

堆積年代や堆積環境の推定、酸素同位体比層序に利用



粒度/鉱物分析

粒子の大きさや鉱物の種類を分析し、層序柱状図の作成

微生物分析

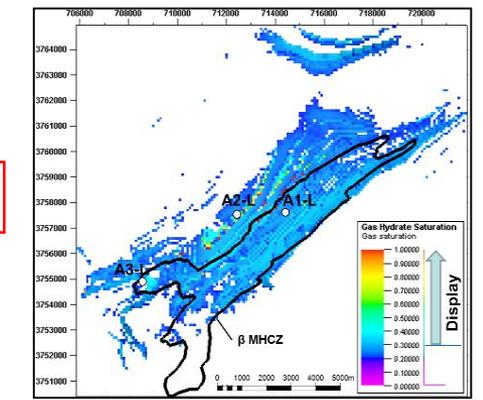
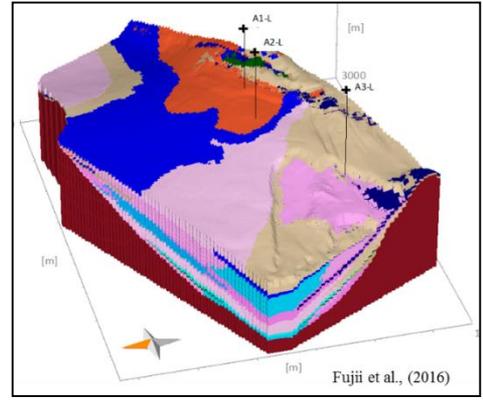
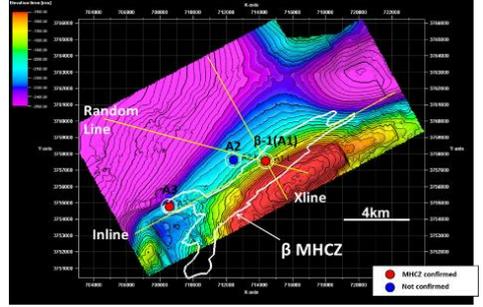
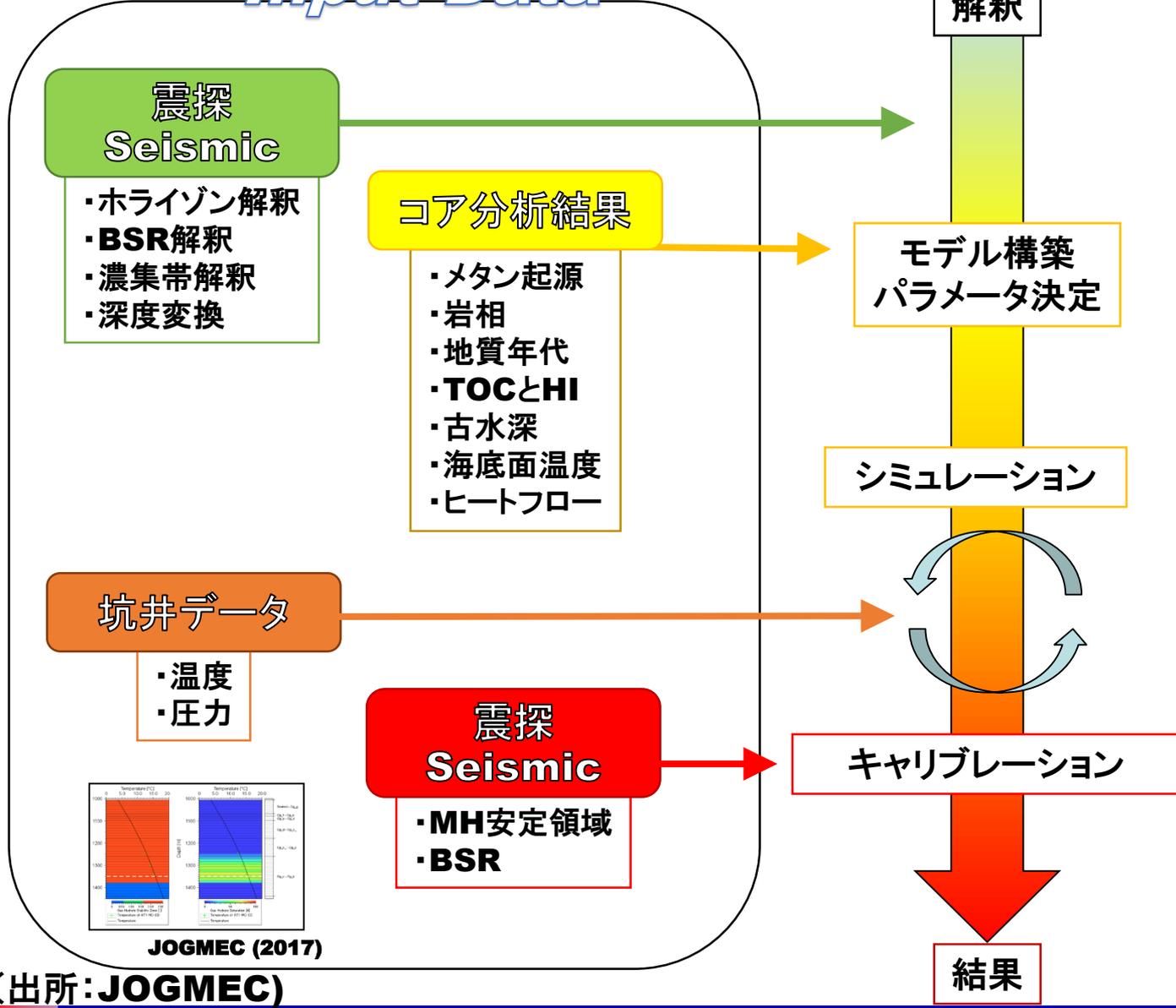
脂質バイオマーカーの分析、培養実験によるメタン生成活性評価、堆積物の遺伝子解析

(出所: JOGMEC)

減圧後のコアから、各種分析用のサンプルを採取、分析

コア分析結果の利用: MH集積メカニズムの解明へ

Input Data



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

(出所: JOGMEC)

まとめ

- 圧力コア分析技術は過去10年の間に成熟し、**MH貯留層が持つ物理特性の把握が可能**となってきた。
- 生産シミュレータによる予測が信頼性の高いものとなるよう、**データの蓄積と理解、活用**が重要。
- 長期陸上産出試験地のコア分析にも本技術が基礎となる各種分析が実施されており、生産設備設計及び長期生産挙動予測に資するデータの蓄積を進めている。

今後

- 2018年に第2回海洋産出試験地で採取した圧力コアサンプルの分析を継続し、**試験結果の検証作業**を実施
- 長期陸上産出試験地の詳細な貯留層評価へ貢献
- 試掘におけるコア取得・分析を検討

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。

以下の関係先に謝意を表します。

経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課

MH21-S研究開発コンソーシアムの委託業務先各社

地元関係者他、作業・研究等に協力いただいた皆様

ご清聴ありがとうございました。