

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2020

アラスカ陸上産出試験 ～コア分析結果～

MH21-S研究開発コンソーシアム (MH21-S)

貯留層評価チーム (AIST) 米田純

2020年12月16日 (水)

JOGMEC 技術センター

目次

- 研究背景：コア分析は何のため？
- コア分析で分かること
- アラスカでのコアリングと輸送
- 主な研究成果
- まとめ

Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)



研究背景: コア分析は何のため?

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?

⇒間隙率・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

水やガスの**流れ易さ**は?

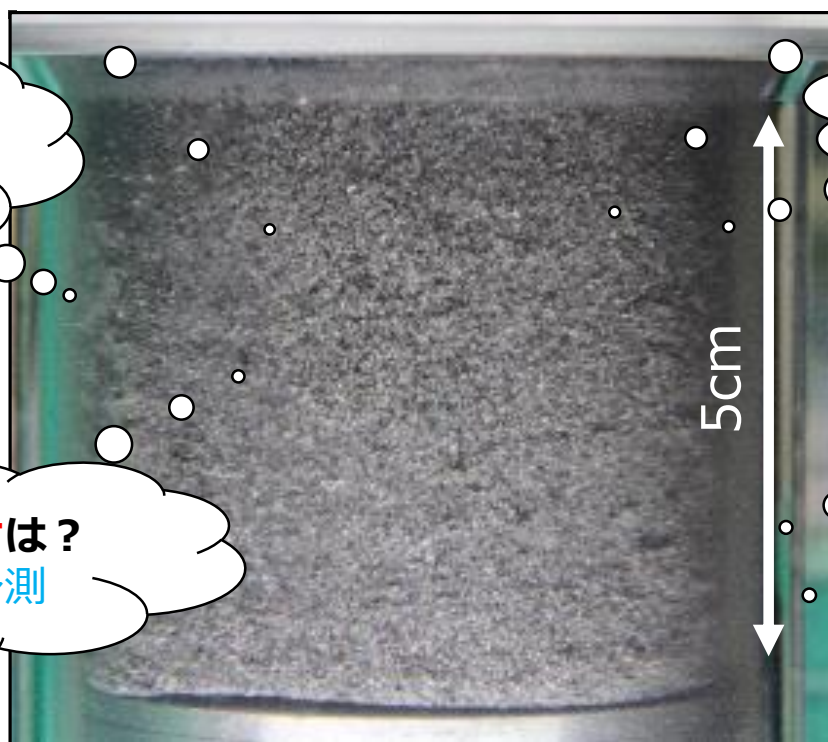
⇒浸透率、生産予測

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



5cm

メタンハイドレートを含むコア：水深約1000m、海底下約300mで採取

研究背景: コア分析で分かること①

- 地層の状態を理解する
- 直接的にハイドレートの量を推定できる。
- 各種シミュレーションの入力パラメータにする。

<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*】

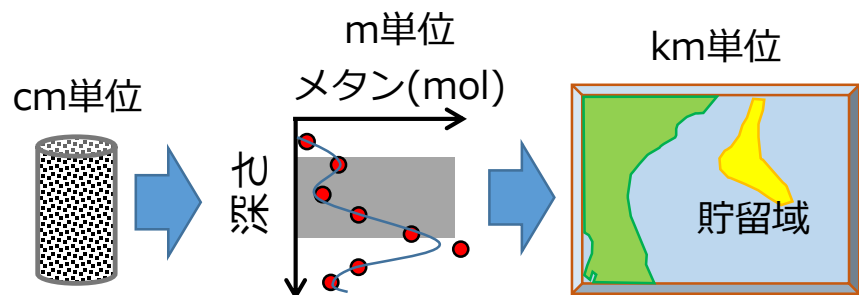
“Direct measurement of in situ methane quantities in a large gas-hydrate reservoir” (Ocean Drilling Program Leg 164)

The Pressure Core Sampler (PCS)

を使って、MHを含む地層サンプルを採取。

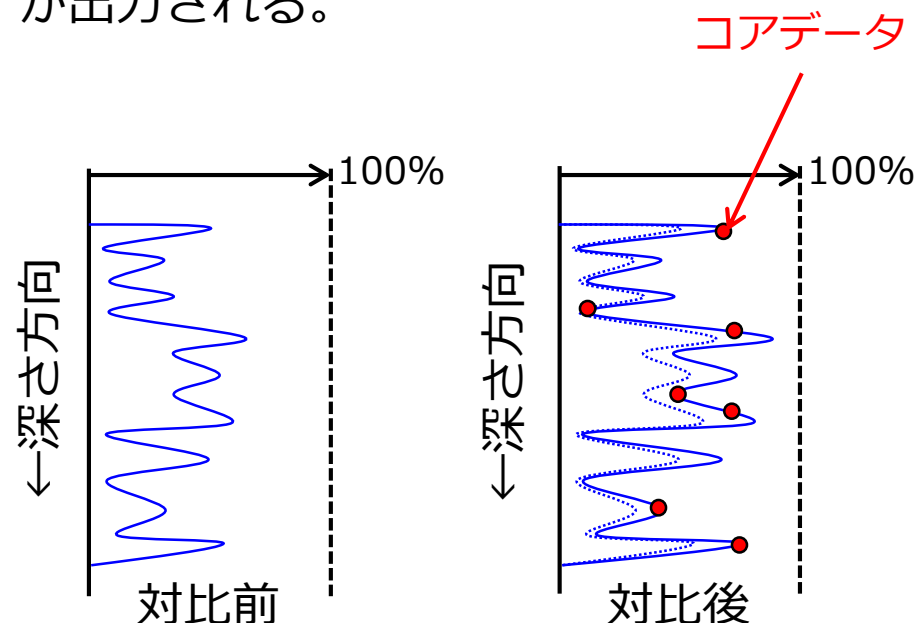
コア分析結果を利用して、

貯留域のメタン量を推定した。



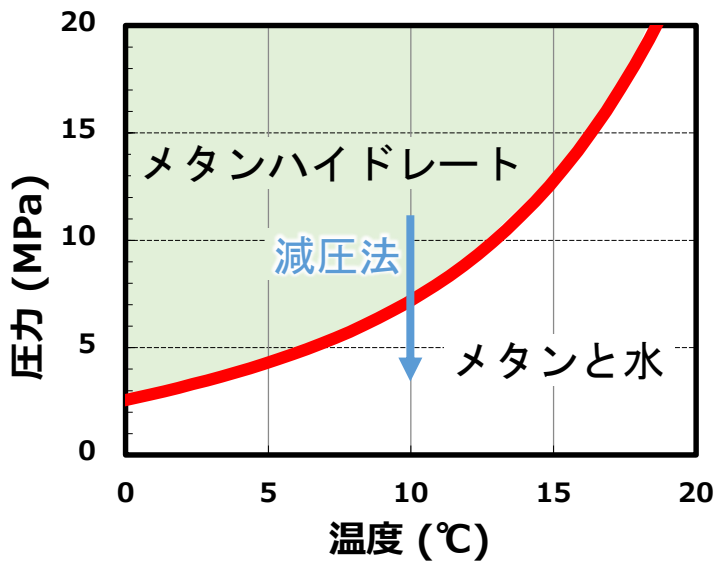
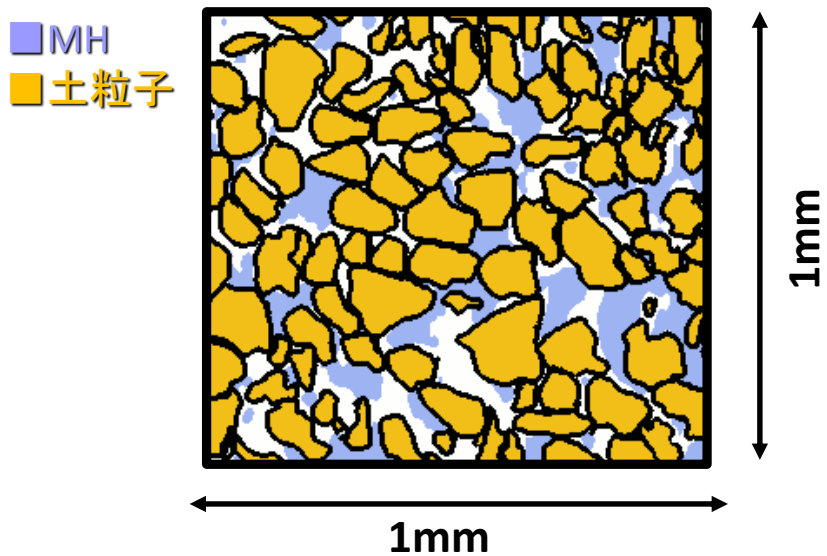
例②: 検層対比

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。



研究背景: コア分析で分かること②

メタンハイドレートの存在イメージ



サンプルの品質を保つ

※天然サンプルは、大気圧下でMHが分解してしまう

脱圧コア 脱圧凍結コア 圧力コア

内部にバブル クラック 高品質

5cm

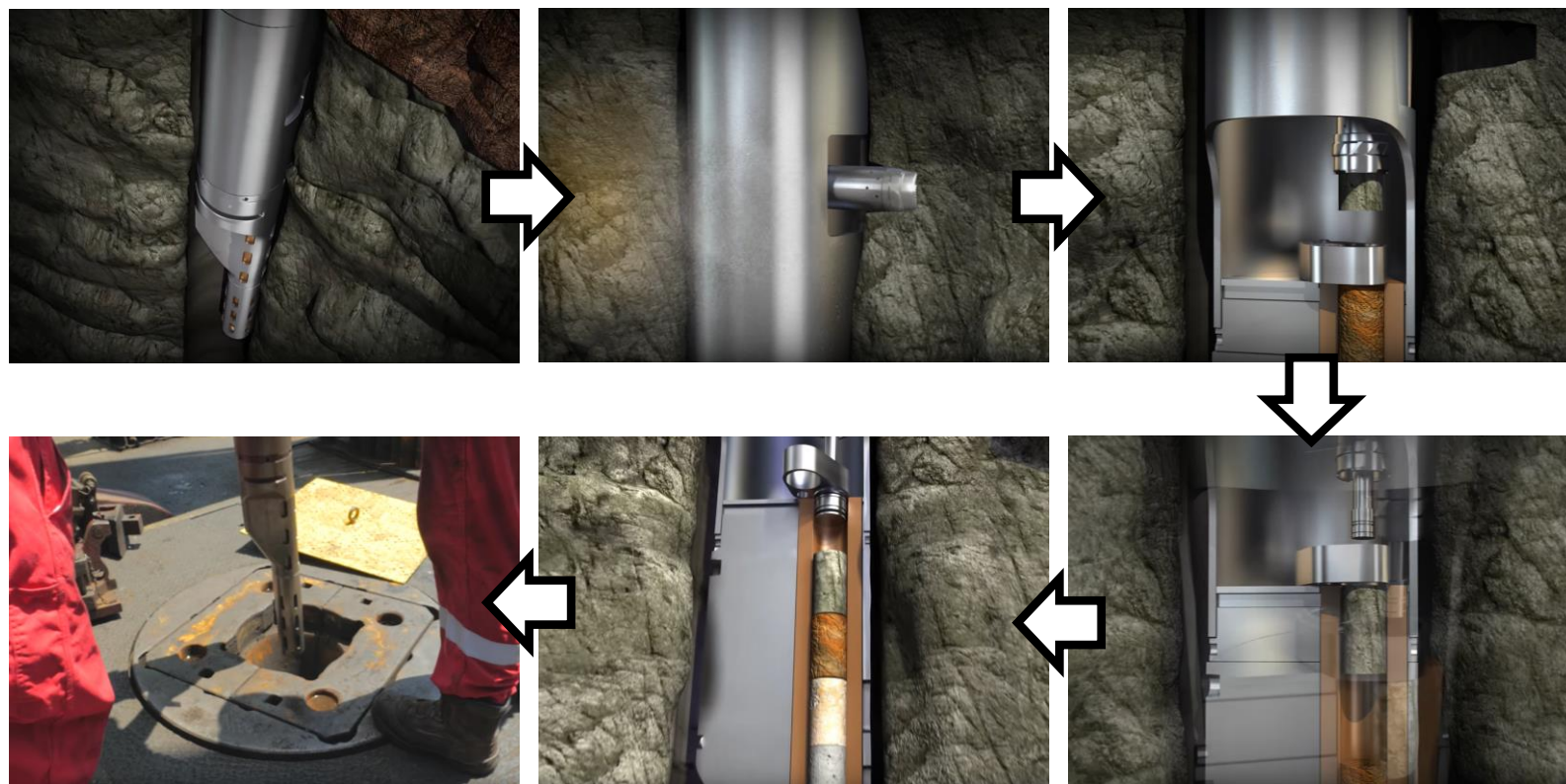
構造が乱されている

原位置の水圧を保持
⇒最も乱れが少ない

アラスカでのコアリングと輸送①

層序試錐井の役割

⇒長期陸上産出試験の施設設計に必要な情報を得ること。
特に、検層からの判断が難しいとされる浸透率、粒度分布。
出来るだけ安価に、且つ正確に実施する必要がある。



<https://www.halliburton.com/en-US/ps/wireline-perforating/wireline-and-perforating/open-hole-logging/sidewall-coring/corevault.html>

アラスカでのコアリングと輸送①

層序試錐井の役割

⇒長期陸上産出試験の施設設計に必要な情報を得ること。
特に、検層からの判断が難しいとされる浸透率、粒度分布。
且つ、出来るだけ安価に、且つ正確に実施する必要がある。

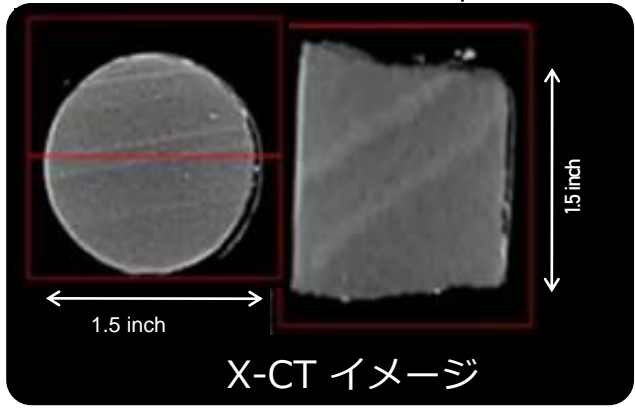
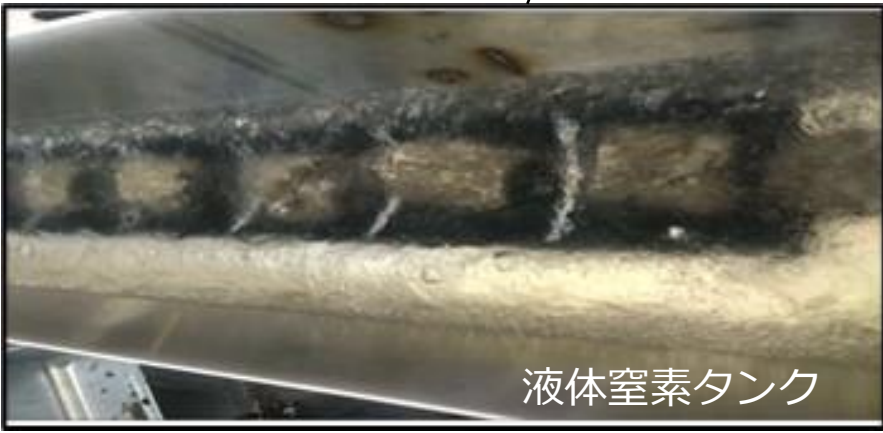
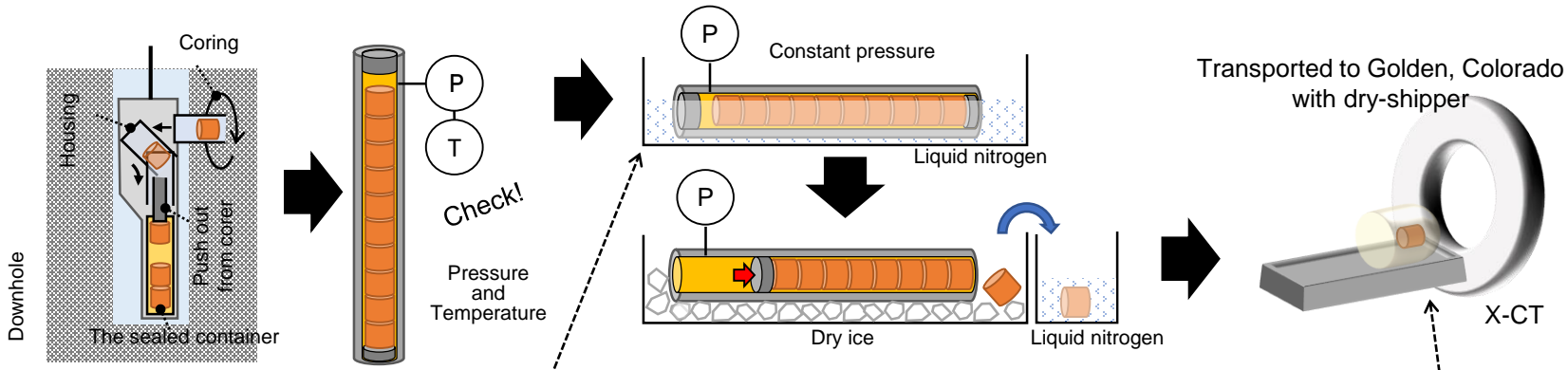


<https://www.halliburton.com/en-US/ps/wireline-perforating/wireline-and-perforating/open-hole-logging/sidewall-coring/corevault.html>

アラスカでのコアリングと輸送②

圧力を保った状態で急速冷凍。品質を保つ！

- ①コアリング
- ②圧力チェック！
- ③液体窒素凍結処理
- ④品質確認



アラスカでのコアリングと輸送②

日米でコア分析を分担

メタンハイドレート分解後のコアサンプル



21 samples

- X線CTスキャン
- 水理特性・・・絶対浸透率、相対浸透率
- 水分特性曲線
- NMR T_2 分布
- 比抵抗
- 鉱物組成
- 粒度分析、土粒子密度

メタンハイドレート含有コアサンプル

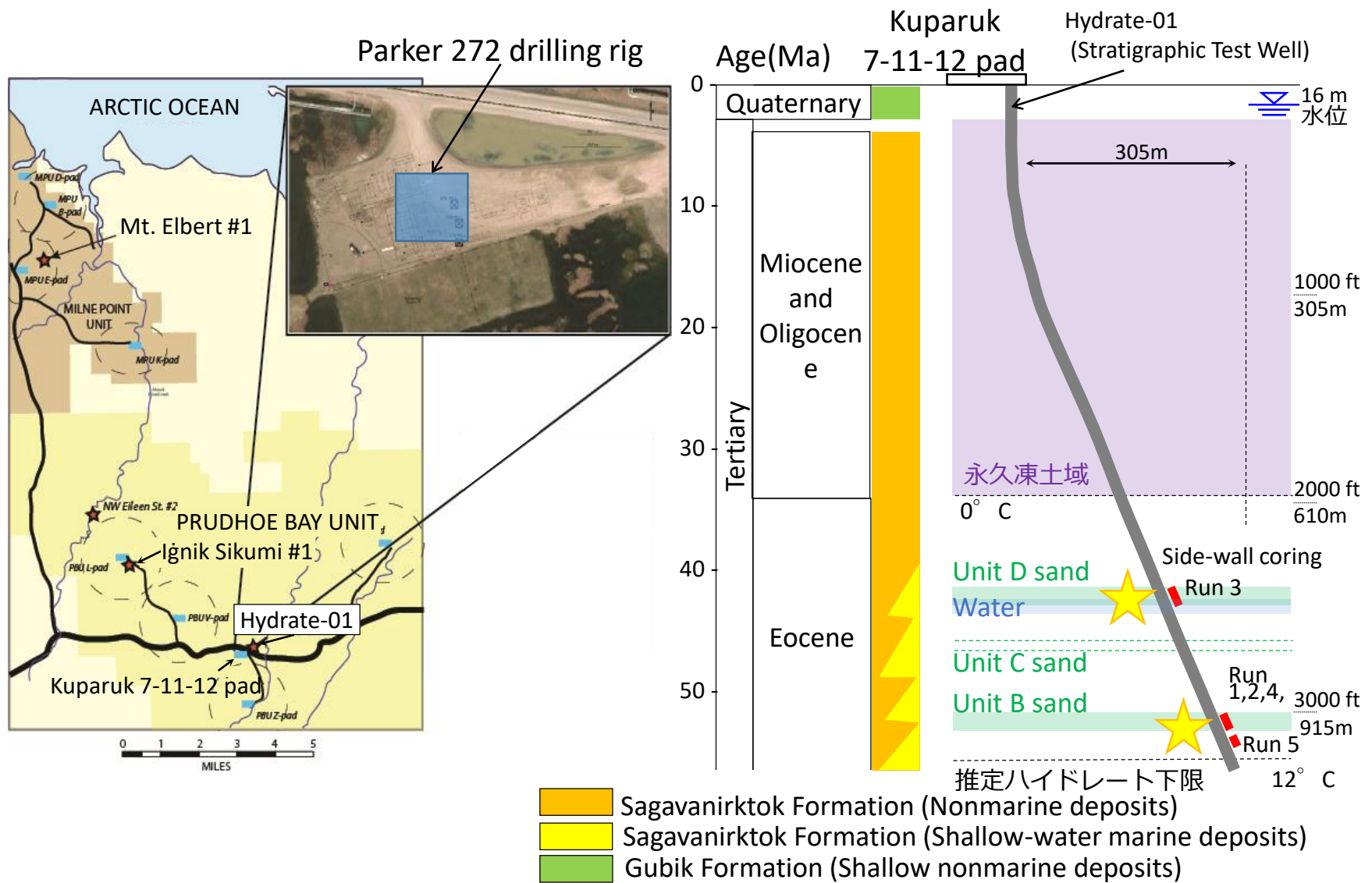


13 samples

- X線CTスキャン
- 水理特性・・・初期・絶対浸透率
- 力学的強度・・・圧縮強度、剛性
- 熱物性・・・熱伝導率、熱拡散率、比熱
- 粉末X線回折・・・結晶構造、密度
- ラマンスペクトル・・・水和数
- 分解ガス量測定・・・ハイドレート飽和率
- ガス組成
- 粒度分析、土粒子密度

主な分析結果

コアリングロケーションと深度



主な分析結果

From Unit D
3-8

直径約40mm



From Unit B
4-5

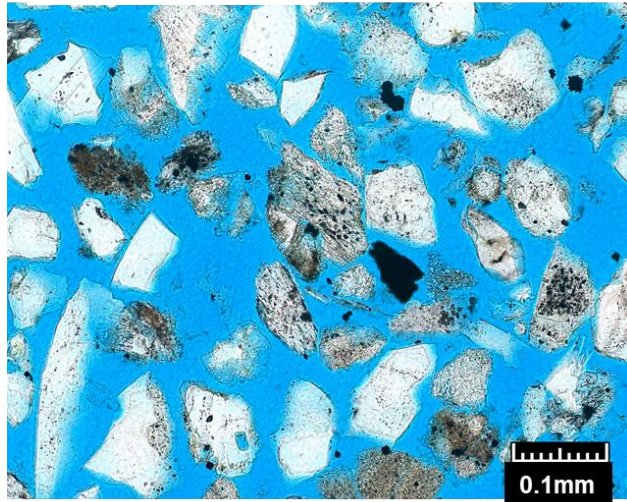
直径約25mm



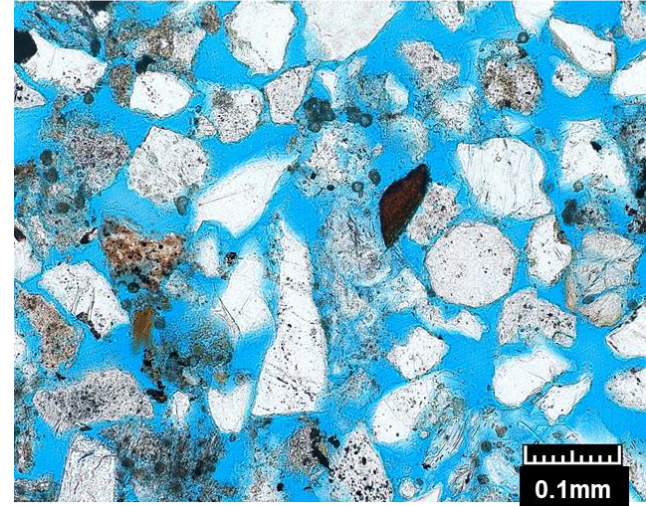
液体窒素噴霧環境下で整形加工されたコアサンプル。
乱れは観察されず、良質。
原位置における堆積物の状況に限りなく近いと考えられる。

主な分析結果：堆積物粒度

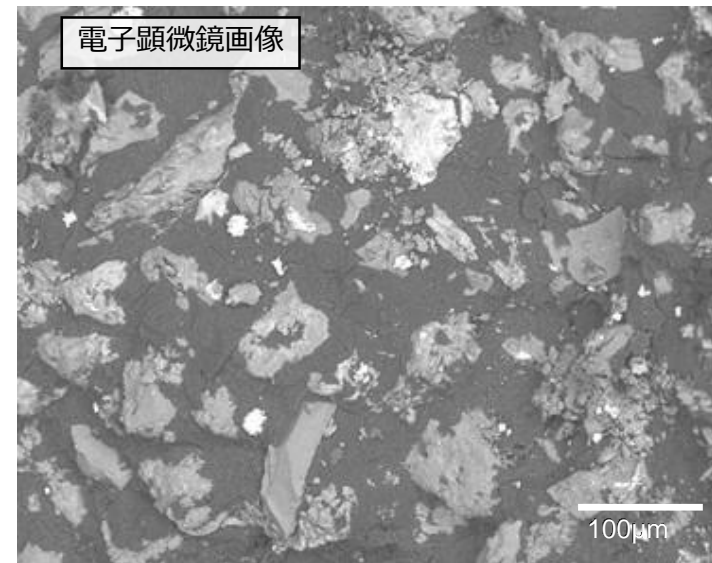
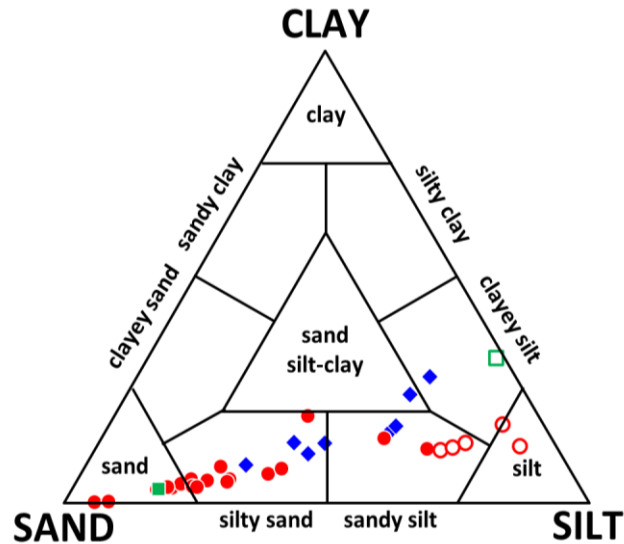
薄片画像 Unit D 3-9



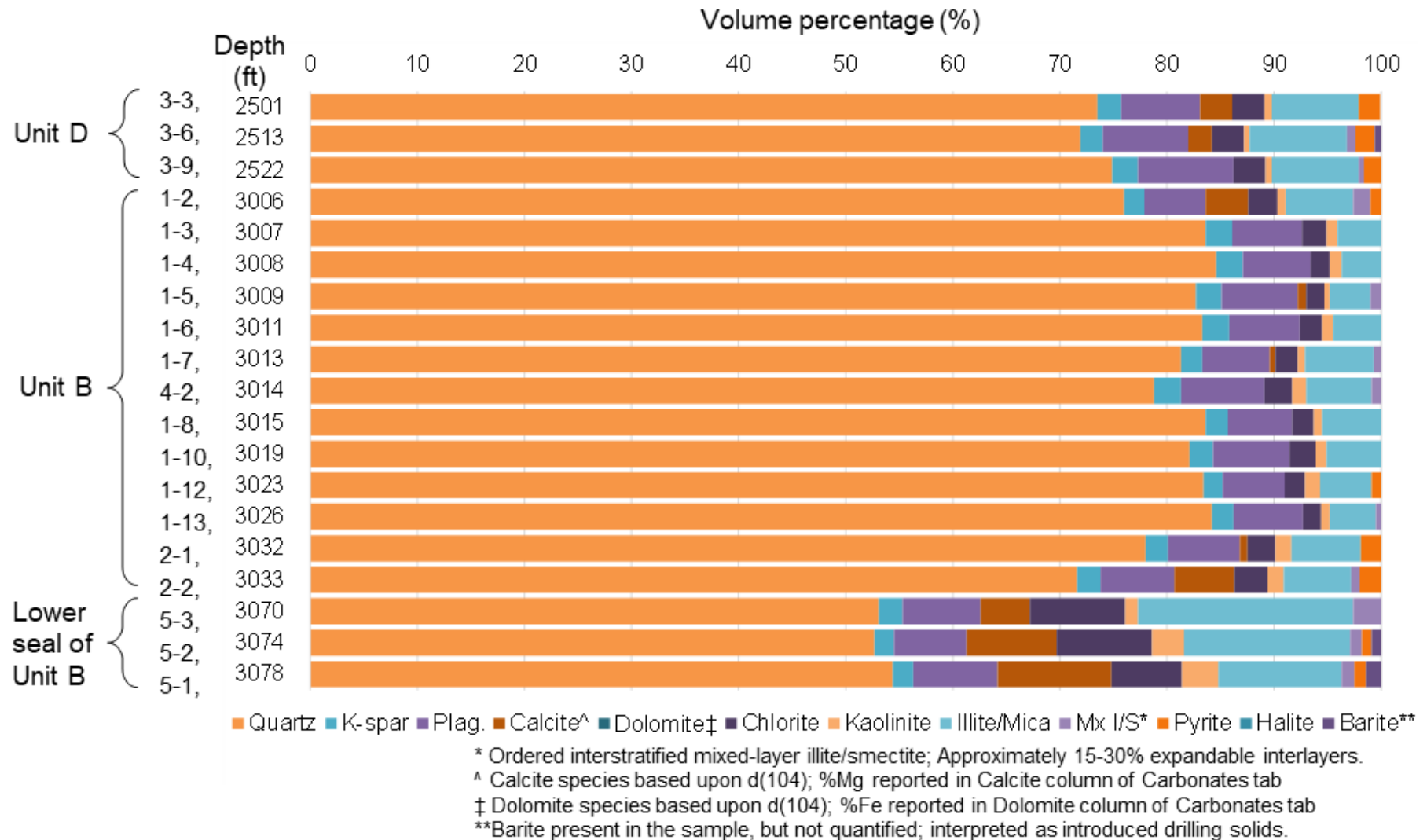
Unit B 4-2



- ◆ Unit D
- Unit B
- Within unit D (Winters et al., 2011)
- Unit B lower seal
- Above unit D (Winters et al., 2011)



主な分析結果：鉱物組成



石英含有率が高いことが特徴として挙げられる。

主な分析結果：ハイドレート水和数

Raman spectrum

#3-2 spot 1

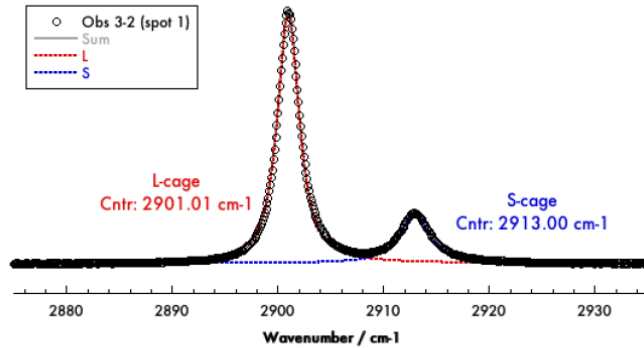


Fig Raman spectrum measured at 83 K.

#4-3 spot 1

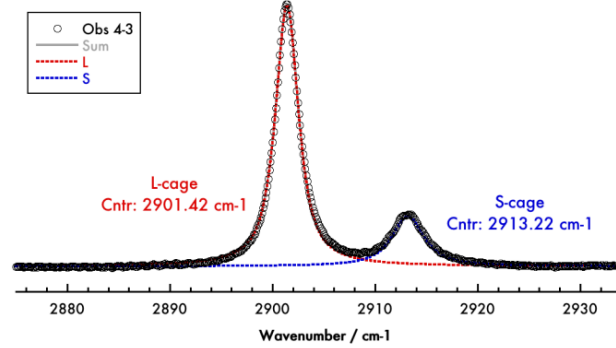


Fig Raman spectrum measured at 83 K.

core number	Cage occupancy (average of four spots)		Hydration number (average of four spots)
	q_L	q_S	n
3-2	0.976 ± 0.000	0.803 ± 0.008	6.164 ± 0.011
4-3	0.974 ± 0.001	0.815 ± 0.020	6.157 ± 0.117

Powder X-Ray Diffraction

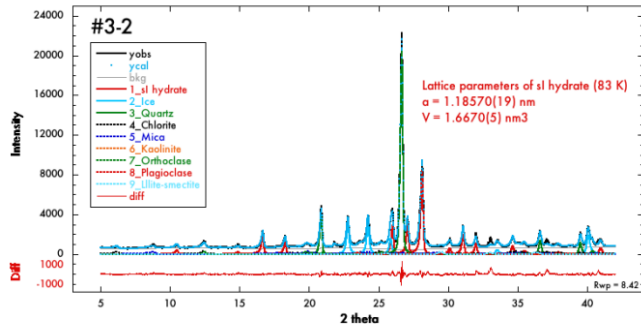


Fig PXRD profile measured at 83 K.

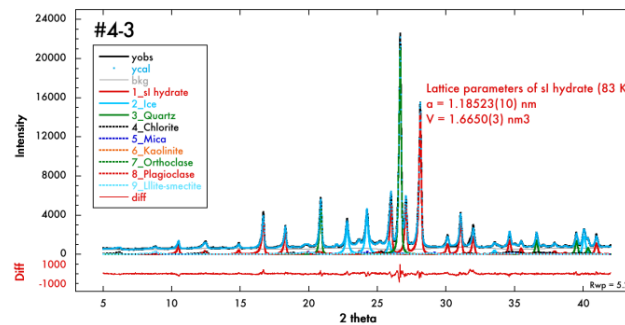


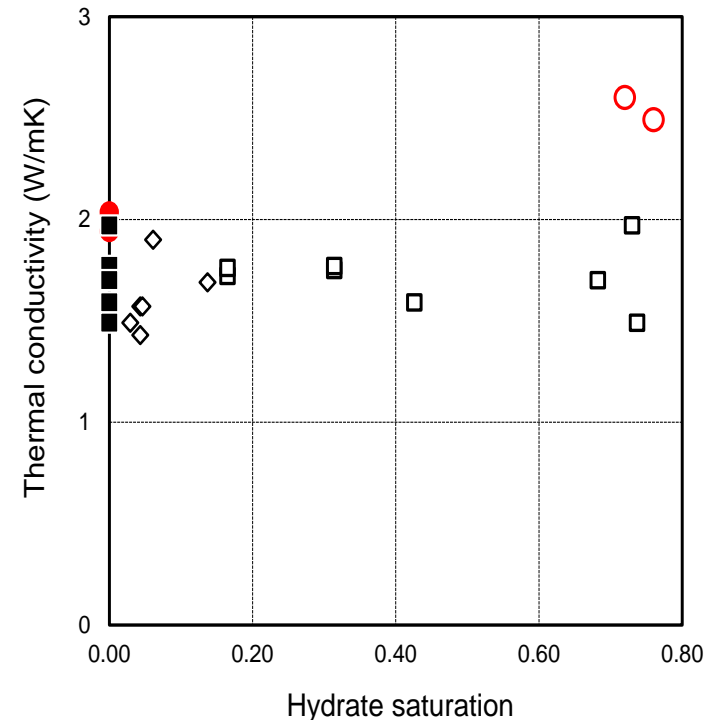
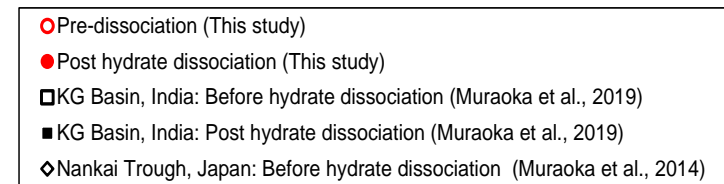
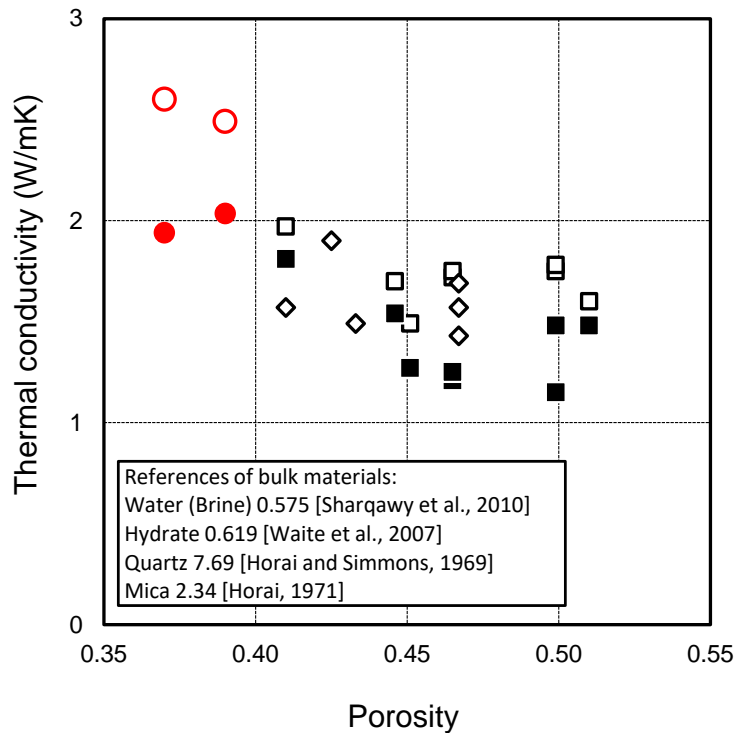
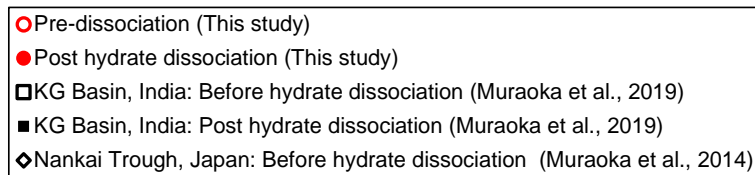
Fig PXRD profile measured at 83 K.

core number	Lattice parameter	
	a (nm)	V (nm ³)
3-2	1.18570(19)	1.6670(5)
4-3	1.18523(10)	1.6650(3)

ラマンスペクトル分析の結果、対象のハイドレートはs I型である。

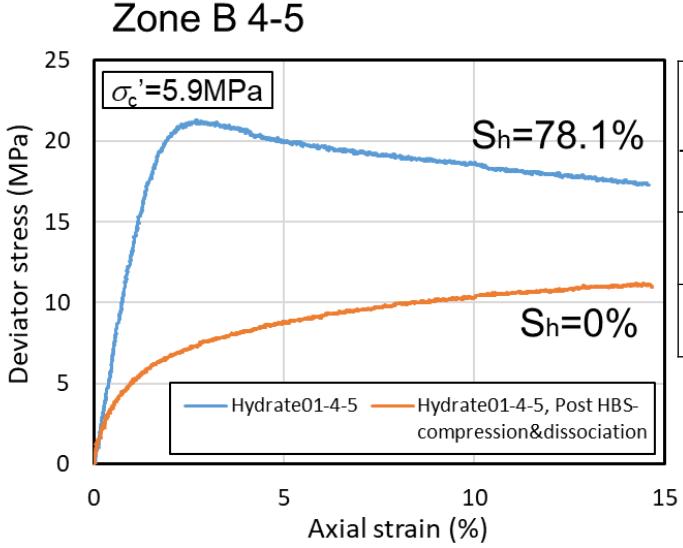
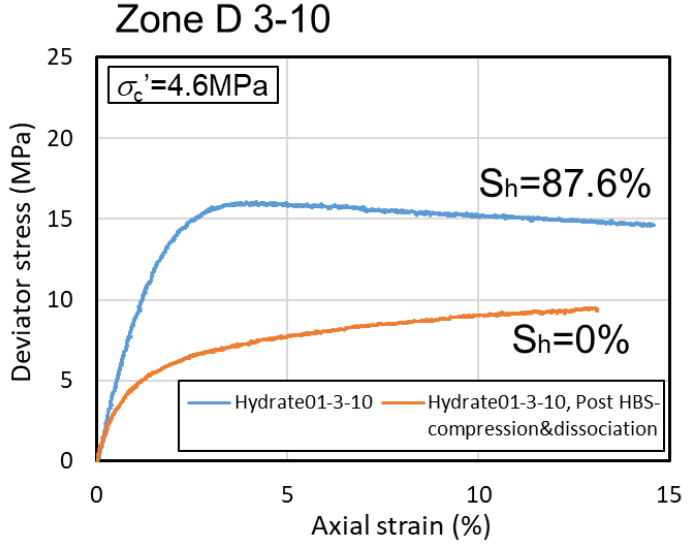
メタンハイドレート ($\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$) の水和数の理論値は5.75
測定値はおよそ6.1であり、既往の研究や他地域のハイドレートと同程度。

主な分析結果：熱物性

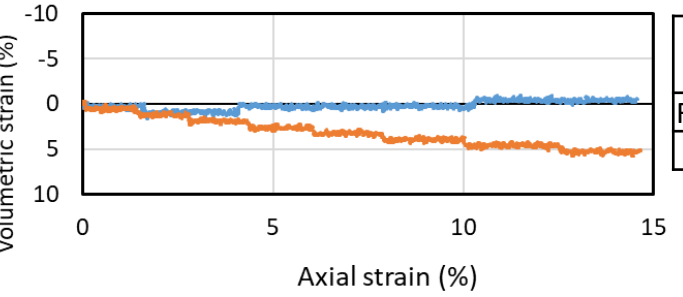
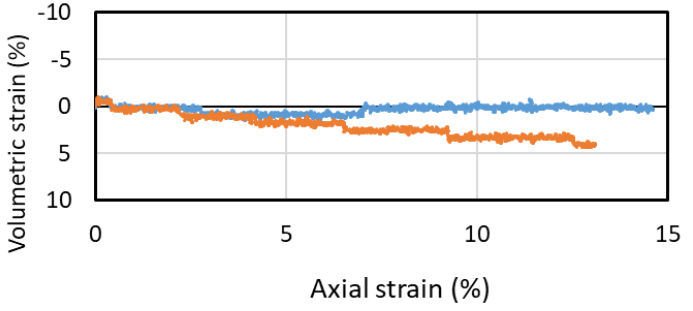


比較的高い熱伝導率が計測された。
 これは、低い間隙率によるものと考えられる。
 さらに、高い石英含有率も高い熱伝導率の要因と推察された。

主な分析結果：力学特性（三軸圧縮試験）



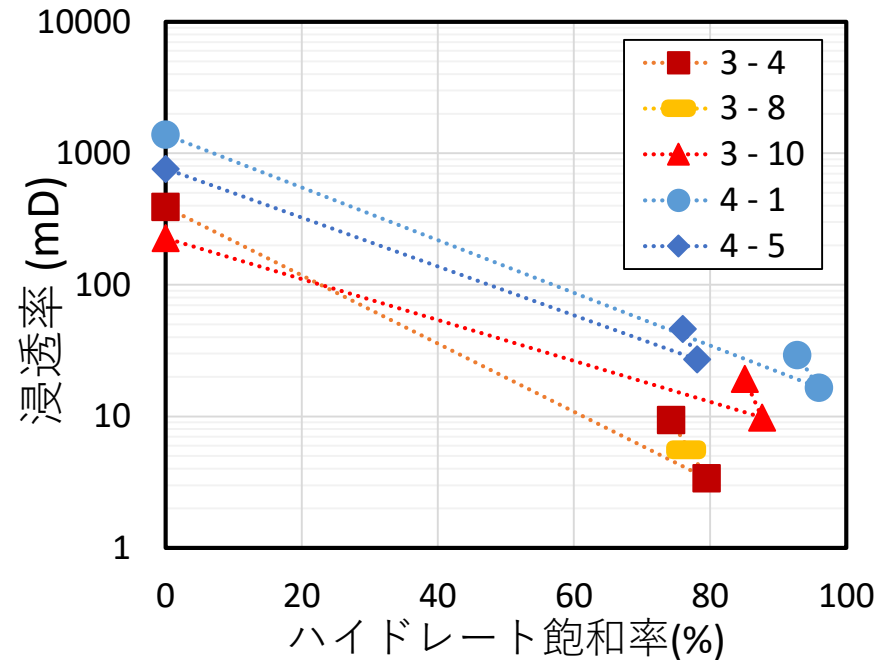
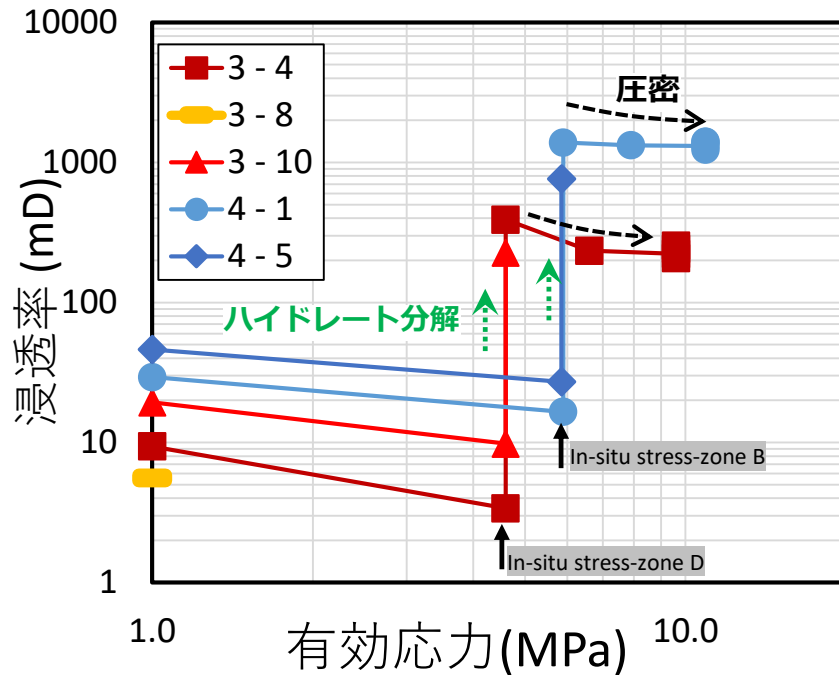
Tube & Core Number	Hydrate saturation (%)	Maximum strength (MPa)	Deformation Modulus E50 (MPa)
3 - 10	87.6	16.1	901
	0	9.5	444
4 - 5	78.1	21.3	1367
	0	11.2	445



	HBS Sh≈82%	HFS Sh=0%
Friction angle (deg.)	40.0	29.8
Cohesion (MPa)	0	0

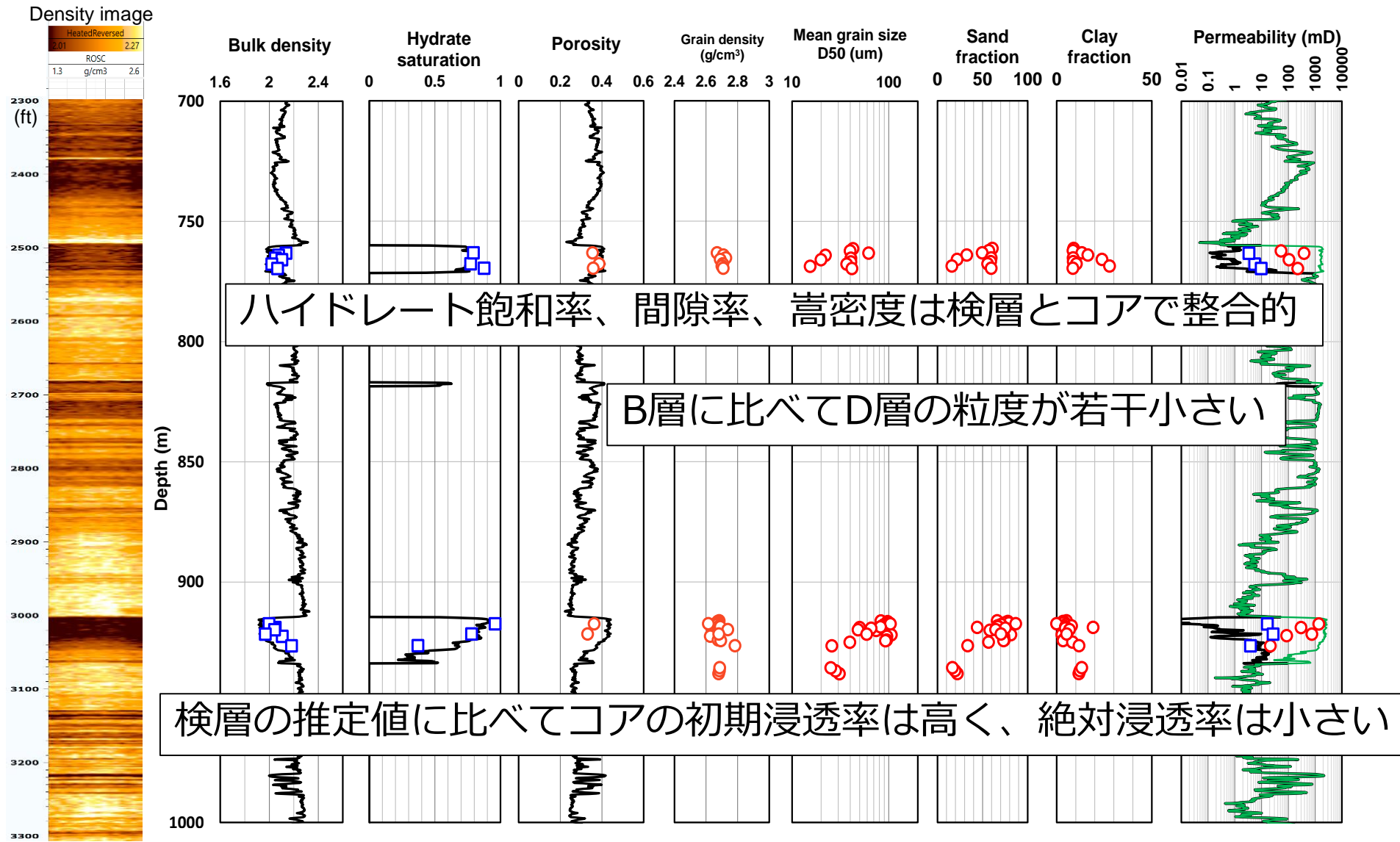
ハイドレートの存在による初期剛性及び強度の増加と体積膨張傾向を確認。
 変形解析に必要な各種パラメータを取得。
 比較的高い有効応力下の結果が得られたことが特徴。

主な分析結果：水理特性



ハイドレートを含有した初期水浸透率は、数mD～数十mD。
 比較的高い透水性を有していると言える。
 分解後の絶対浸透率は約100倍になる。
 土骨格粒子の圧密に伴う間隙率の変化による透水性低下は小さい。
 これは高い石英含有率によるものと推察される。

主な分析結果：まとめ



検層結果と合わせて、貯留層モデル構築に資する高精度なパラメータを提供

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。

本日発表した研究成果の詳細は、下記の論文からご確認いただけます。

Yoneda, J., Jin, Y., Muraoka, M., Oshima, M., Suzuki, K., Walker, M., Otsuki, S., Kumagai, K., Collett, T.S. and Boswell, R. 2020,
Multiple physical properties of gas hydrate-bearing sediments recovered from Alaska North Slope 2018 Hydrate-01 Stratigraphic Test Well,
Marine and Petroleum Geology, 123, 104748,
<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104748>

ご清聴ありがとうございました。