

砂層型メタンハイドレートの研究開発
フェーズ4（2019年～2022年度）

アラスカ長期陸上産出試験 進捗状況

MH21-S研究開発コンソーシアム

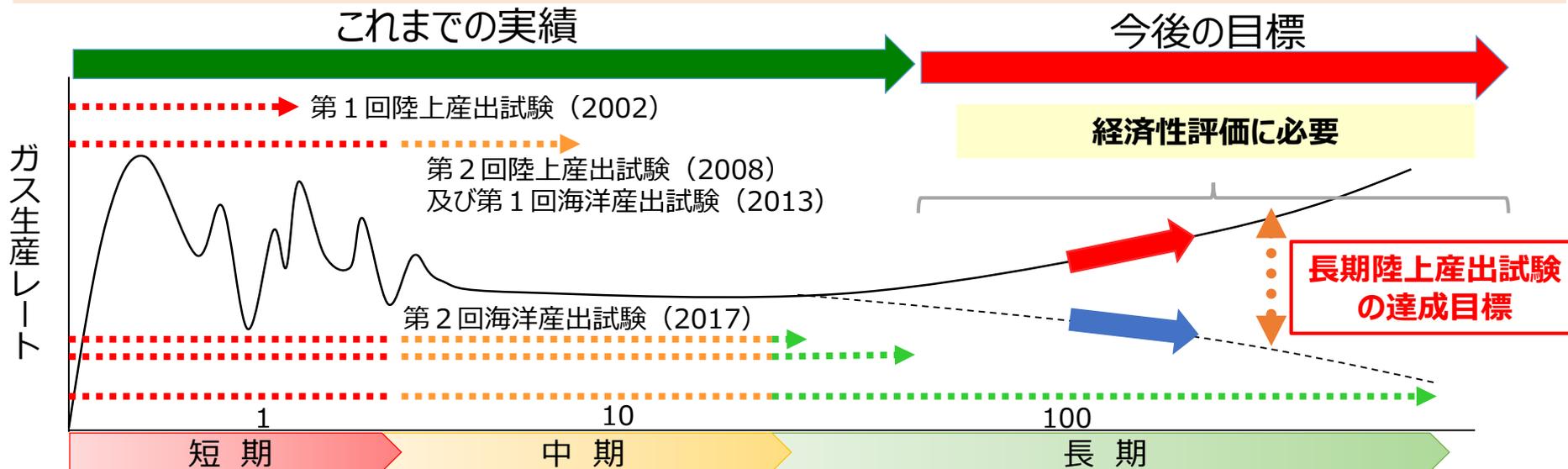
目次

1. アラスカ長期陸上産出試験の位置づけ
2. 背景及び経緯
3. 試験候補地点の選定と利点
4. 層序試錐井（STW）の掘削
5. 長期産出試験に向けて現在実施中の作業
6. 長期産出試験に向けた今後の作業
7. 試験の基本フロー

1. アラスカ陸産試験の位置づけ

現状：

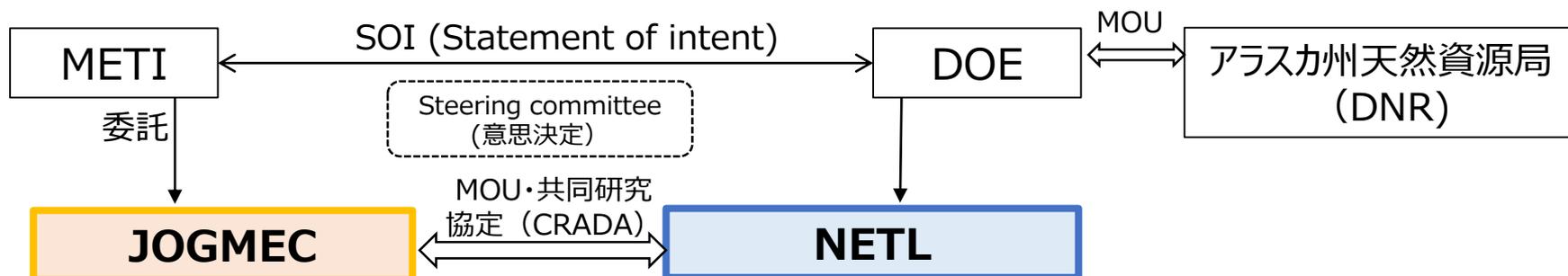
- 数週間程度の連続生産を実現したが、分解範囲は坑井周辺に限られ、**長期的な傾向は未確認**である。
- 商業化のためには、少なくとも**1年程度の生産で長期生産挙動を見極める**必要がある。



- ✓ なるべく単純で制御された条件下で長期産出試験を実現→生産予測技術の信頼性向上
- ✓ 安定生産阻害要因などの技術的課題の解決策の検証、長期生産に伴う課題の抽出を行うこと。
- ✓ 取得したデータの解析、長期産出試験にて見いだされた事象などを海洋産出試験と商業化に活かすべく検討する。

2. 背景及び経緯

- 2008年、経済産業省（METI）-米国エネルギー省（DOE）の覚書（SOI）：政府間でメタハイドの共同研究実施を取り決め
- 2013年、DOEとアラスカ州天然資源局（DNR）がアラスカ州におけるメタンハイドレート研究に関する覚書（MOU）を締結
- 2014年、JOGMECとDOE傘下の国立エネルギー技術研究所（NETL）が長期陸上産出試験を目指したMOUを締結
 - 日米双方協力して、試験実施適地検討のための地震探査データ解析などを実施。



JOGMECとNETLのMOUの調印式



日米共同の技術会議

3. 試験候補地点の選定と利点（1）

JOGMECとNETL, USGS（米国地質調査所）は、これまでアラスカ州ノーススロープにおいて長期産出試験適地の検討を行っており、以下の地点などを候補として、震探データの解析等を共同で実施。

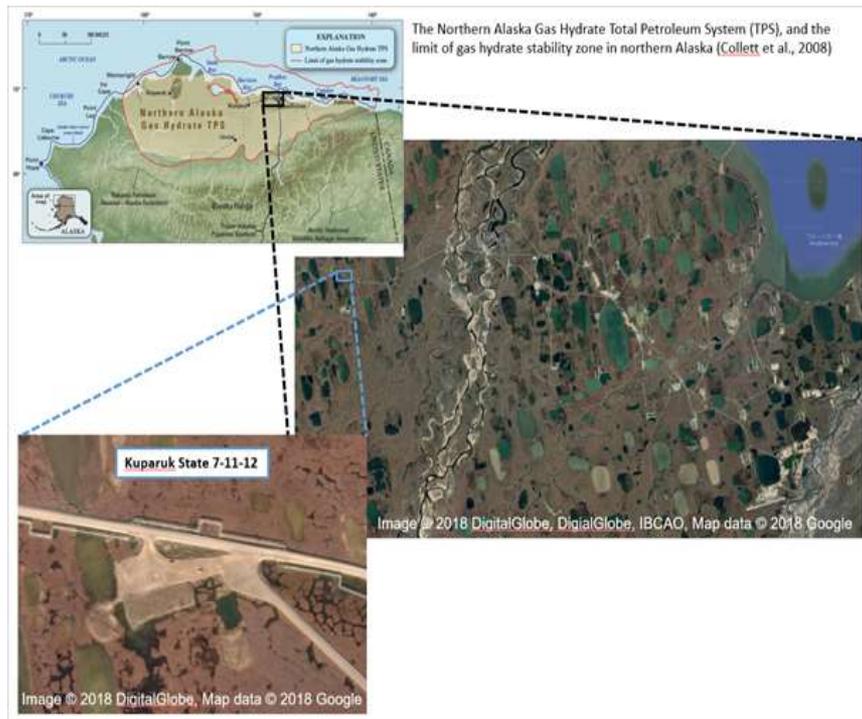
- 2008年にNETL・BPが掘削調査を行った、MPU(Milne Point Unit)鉦区の**Mt. Elbert**付近
- 2012年にConoco Phillips・DOE・JOGMECがCH₄-CO₂置換実験を行ったIgnik Sikumi 1坑井のあるPBU(Prudhoe Bay Unit)鉦区の**PBU-L pad**
- DOE-アラスカ州の間で結ばれたMOUによって、アラスカ州がメタンハイドレート産出試験のために**取り置いていた鉦区の一部**

今回、試験候補地点に選ばれたPBU 7-11-12の利点は、以下のとおり。

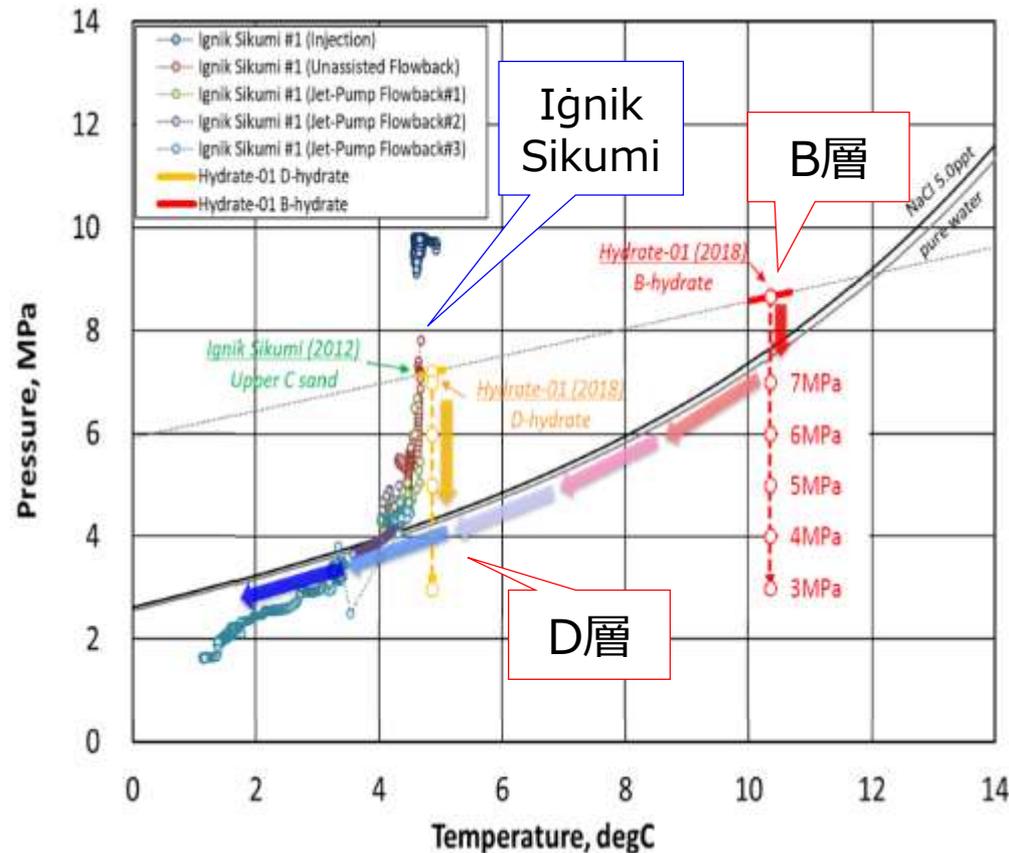
- 1970年代に掘削された坑井の**検層データにメタンハイドレートの存在を示唆**するデータがある。
- メタンハイドレートを胚胎する砂層の深度と地温勾配の関係から、**比較的高温**（10℃程度）の深度にメタンハイドレートが存在する可能性がある。
- 恒久的な道路と砂利のパッドがあり、あらたな建設工事を行わなくても**通年の作業が可能**である。
- 当該地点では原油生産が行われておらず、**既存の活動に影響を与えず**、鉦業権者の同意を得やすい。

同地点のメタンハイドレートの存在の確認と、貯留層性状の把握のため、層序試錐井（Stratigraphic test well; STW）の掘削を実施。

3. 試験候補地点の選定と利点（2）



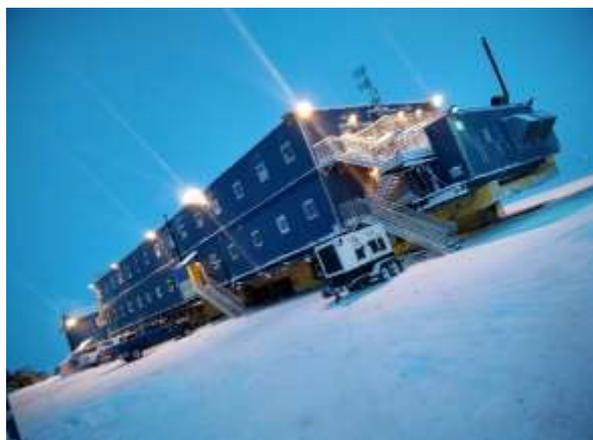
当該地域はプルドーベイ油田の中にあり、砂利の道路とパッドが整備されていて、新たな建設工事（費用と許認可取得を要する）なく、通年で作業が可能。



当該地域深部のB層は比較的温度が高く (>10℃)、減圧法を適用して使用できる熱量が多いため、ある程度高い生産レートが期待される。（第二渥美海丘では12.5-14℃）

4. 層序試錐井（STW）の掘削

- PBU 7-11-12での将来の試験実施を目指して、メタンハイドレートの存在確認のため2018年12月に掘削。
- 米国がオペレータ（BP）と契約して現場作業実施、日本側は主として研究活動（モニタリング、データ・サンプル分析等）を担当。
- 掘削作業中は、現場にJOGMEC職員が立会い、またアンカレッジにてJOGMEC・AIST職員が作業進捗管理、検層・コア関係作業実施。



キャンプの様子

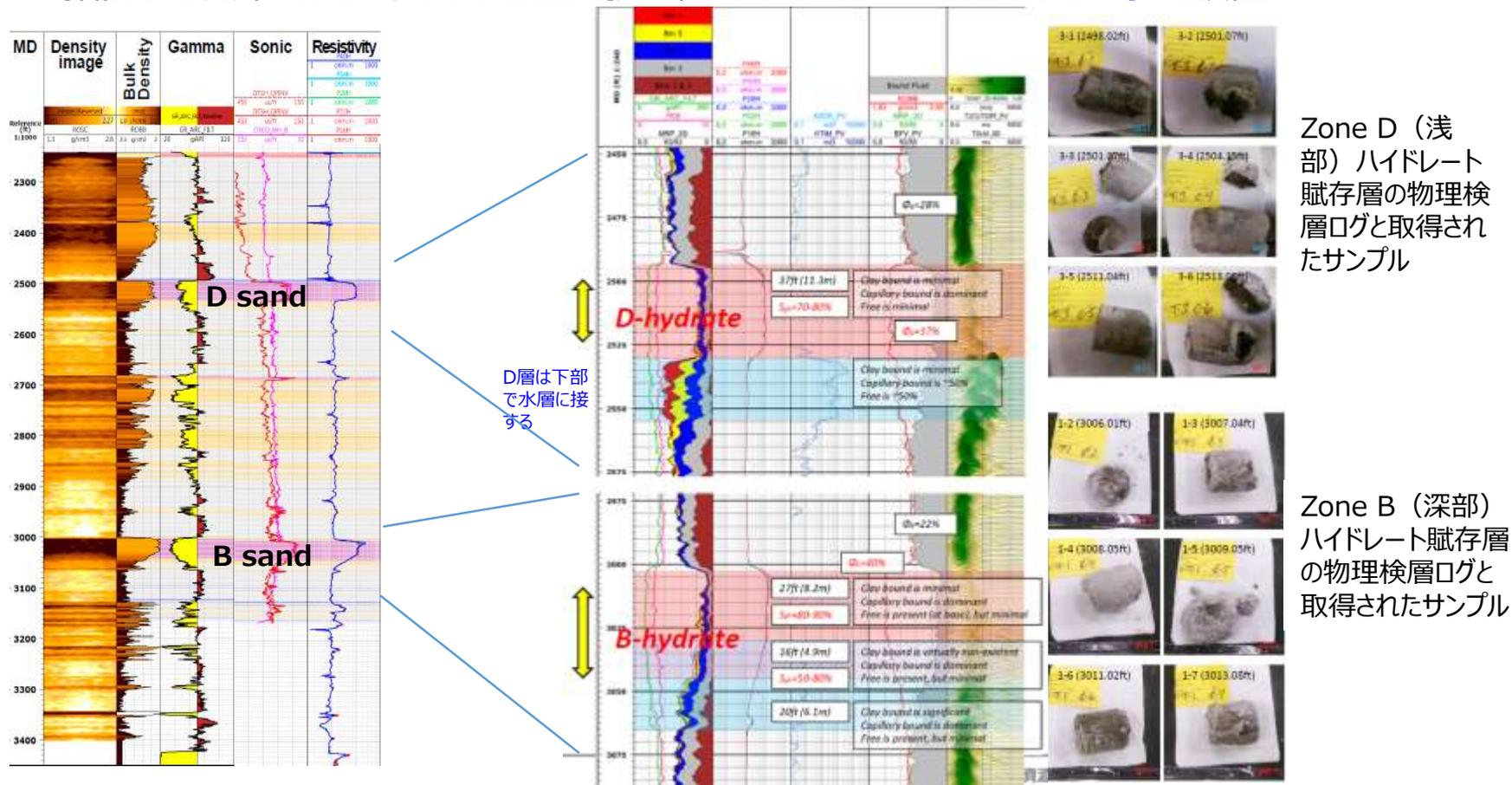


掘削リグ

4-1. 層序試錐井掘削の成果

■ 永久凍土層下の2層においてハイドレートの胚胎を確認

- 物理検層とコアリングに加えて、三次元坑井内地震探査によりハイドレートの存在と貯留層物性、及びその広がり的情報を取得
- D層（約750m）とB層（約900m）。特にB層（厚さ約10mの砂層）は温度も高く理想的な貯留層と判断。
- 掘削した坑井には**モニタリング装置（光ファイバー温度計・音響センサー）**を設置

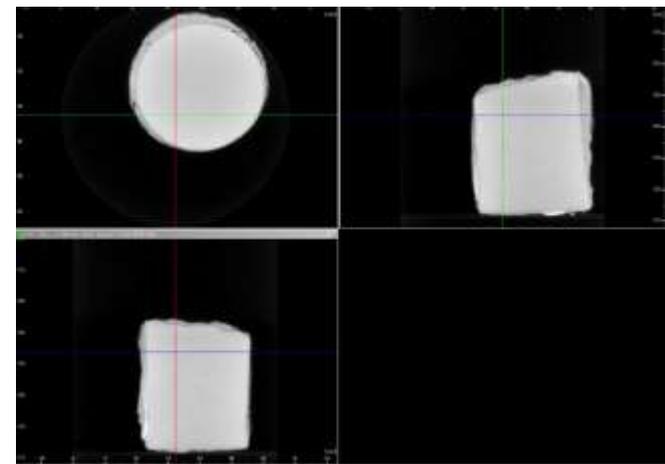


4-2. 層序試錐井掘削の成果（コア分析）

- 圧力を保持したままで、坑壁を横向きに掘削してコアを取得する「サイドウォールコア」を取得できるツール（ハリバートン社のCore Vault）でハイドレートを含むサンプルを取得。
- 取得したサンプルはアンカレッジで液体窒素に浸けて冷凍した上、一部を日本に空輸。
- 産総研北海道センターにて、ハイドレートが入った状態での浸透率計測などを実施中。



取得したサンプル



サンプルのCTイメージ



産総研でのコア整形と処理後のサンプル

4-3. 層序試錐井掘削の成果（モニタリング）

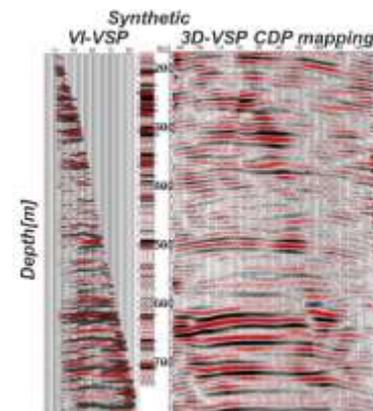
- 坑内（ケーシング外側）に、温度計および音響センサーとして、光ファイバーケーブルを設置
- 温度に関しては継続的にモニタリング中
 - セメント発熱の影響と温度低下
 - ベースラインの地層温度
 - 産出試験中のメタンハイドレートの分解による温度低下と終了後の温度回復のモニタリングによるメタンハイドレートの分解の広がりや熱収支の把握などに利用
- 音響センサーについては、3次元坑井内地震探査等に利用
 - 第一回のデータ取得を2019年3月に実施、メタンハイドレートの広がりの情報取得や、地表面からの地震探査データでは捉えられなかった断層の検知などに利用～坑井位置決定やモデリングに利用
 - 今後、試験前後の変化のデータを取得予定
 - この技術は、アコースティックエミッション（AE）の検知や出砂検知などにも用いることができる可能性



ケーブル設置作業



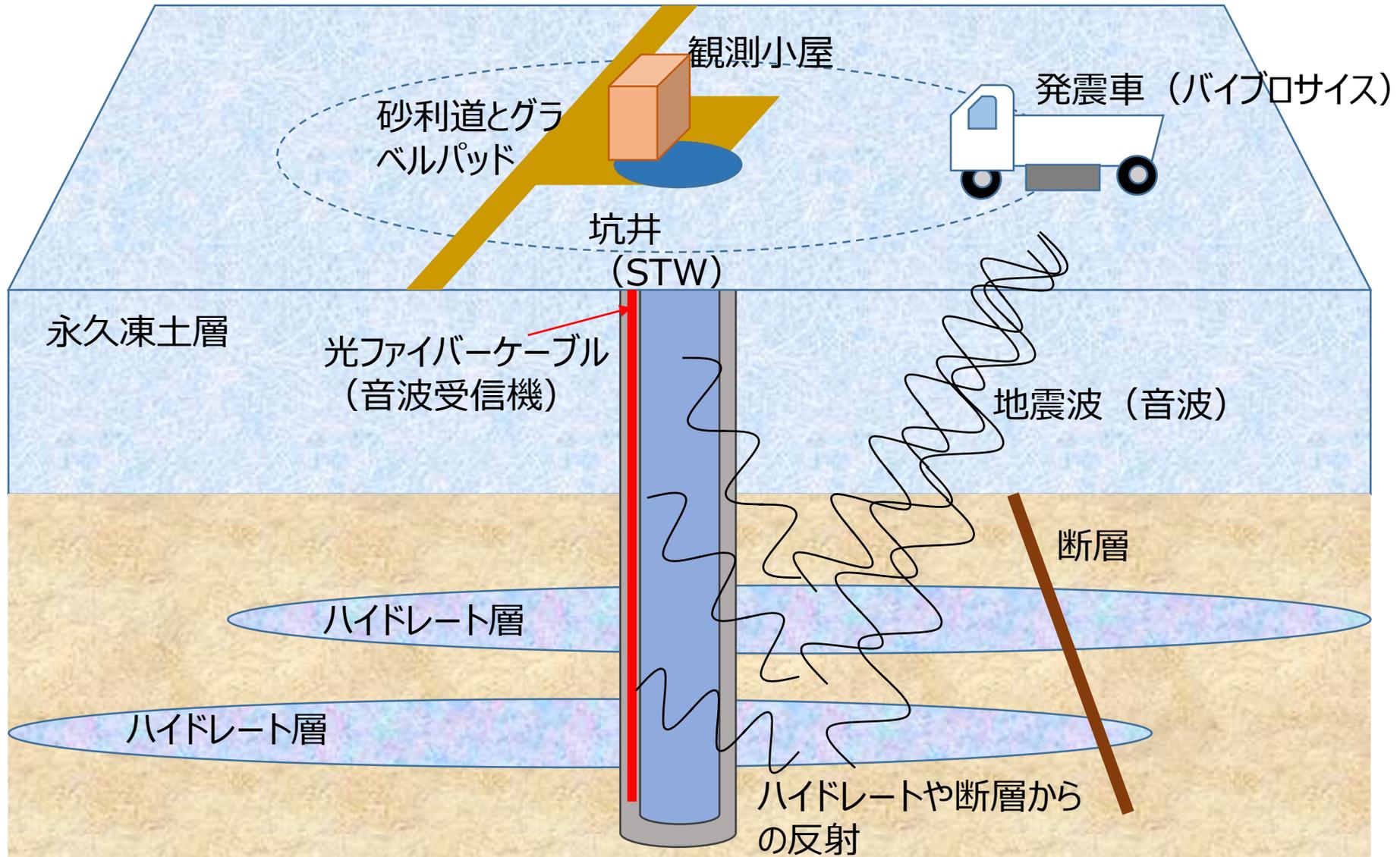
起震車（バイブロサイズ）



メタンハイドレート層の広がりや断層の検出例
（解析作業中） Lim et al, 2019

坑井内地震探査作業：2019年冬に実施

半径600mほどの範囲の中で
千か所以上で発震作業を行う



5. 長期産出試験に向けて現在実施中の作業

■ データの解析と生産挙動予測実施

- 坑井内地震探査データの解析と掘削技術の検討による坑井位置の決定
- 断層・水層などの地質リスク検討→対策検討・坑井位置へ反映
- 最新のコア・検層データによる坑井地質モデルの作成
- 数値シミュレーションによる生産挙動予測（水・ガス生産レート）と、その結果の試験設備仕様への反映（日米双方で実施、結果を比較中）

■ 生産システムの技術検討

■ 人工採油機器の検討

- 電動水中ポンプとジェットポンプで得失を比較、流動確保（ハイドレート再生成リスク）の検討などを実施
- 生産レートの変動に対応できること、事後の安定生産阻害要因対策の適用性などを考慮して、交換可能なシステムを検討

■ 出砂対策装置の検討

- 出砂防止能力、目詰まり対策、水層との隔離の確実性などを考慮して、複数案を検討中、室内実験等で評価して決定

■ モニタリングシステム

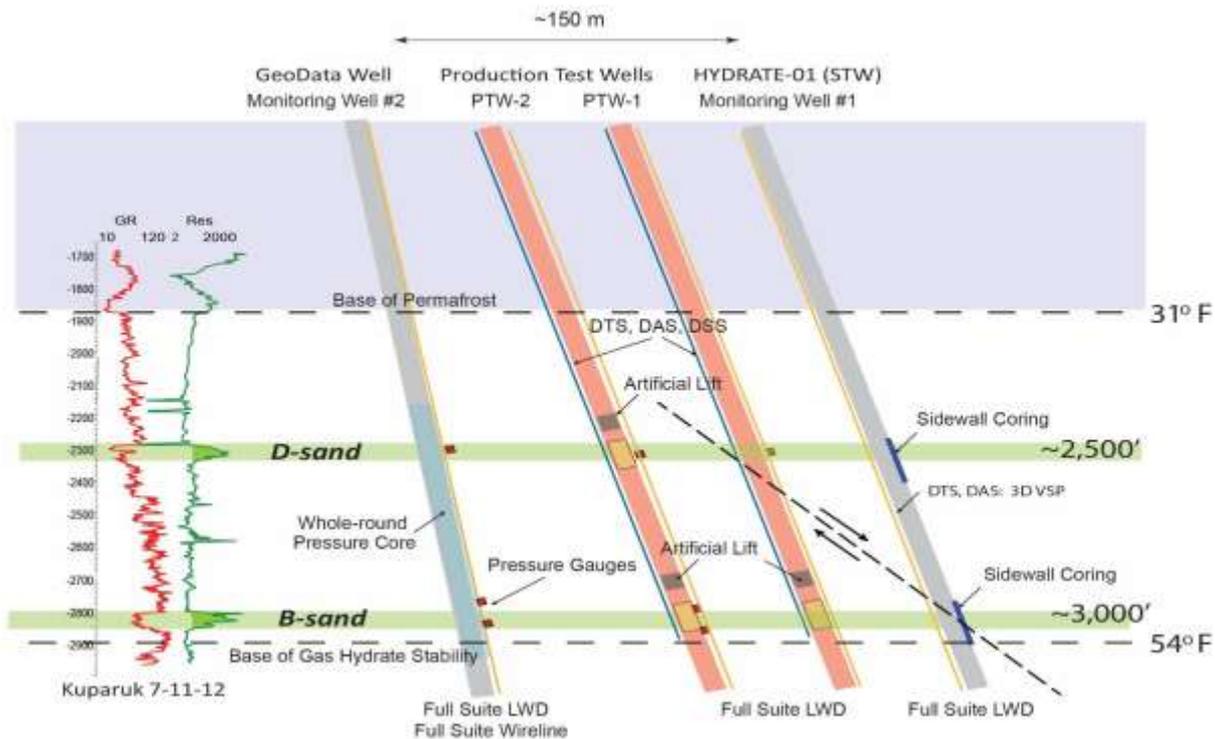
- モニタリング装置（温度・圧力・音響・力学（ひずみ））開発・製造・調達を開始
- 生産井のケーシング外側での圧力・温度計測を検討中

6. 長期産出試験に向けた今後の作業

- 掘削・試験にむけた準備作業を継続
 - 公募により第三者オペレータを選定
 - 試験設備の製造等を継続
- データ取得井（Geo data well ; GDW）掘削
 - 来冬実施を目指す
 - 物理検層とJOGMECのツールによるフルサイズ圧力コア取得予定
 - モニタリング装置（温度・圧力・音響・力学（ひずみ））設置
- 生産井（Production test well, PTW）掘削
 - 来冬～春実施を目指す
 - 不均質性への対処などのため、坑井数を1から2に変更
 - 柔軟なオペレーションを可能とする
 - モニタリング装置（温度・圧力・音響・力学（ひずみ））設置
- 産出試験の実施
 - 2021年度中開始を目指す
 - 生産したガスの有効利用（発電・水蒸気処理）も検討

6-1.坑井の計画（4坑井案）

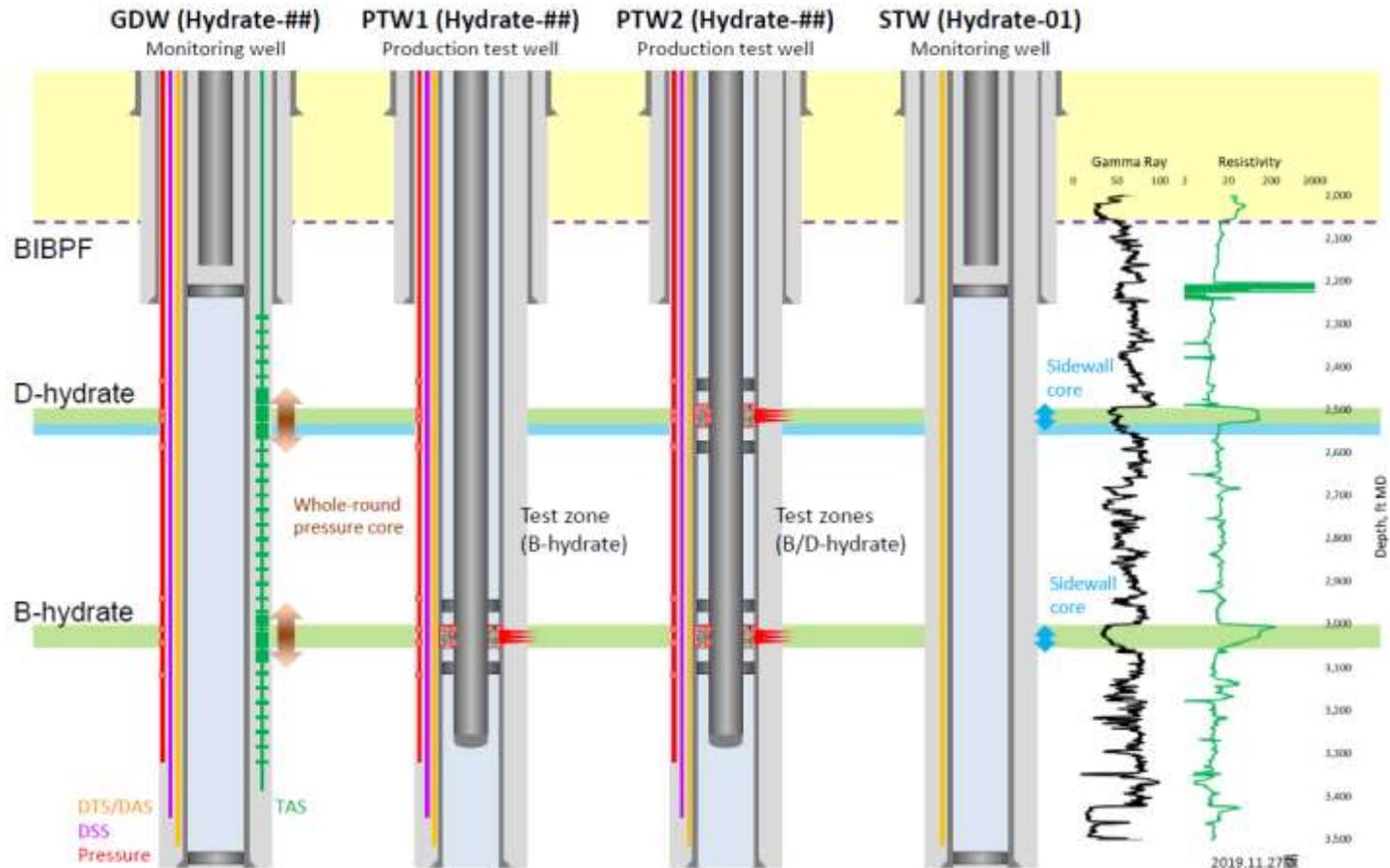
- PTW 2 坑井は別々に生産（同時生産はしない）
- STW, GDWによる分解モニタリング（温度・圧力・ひずみ）を実施
- それぞれの坑井は、既存の砂利パッドから傾斜井で掘削
- メタンハイドレート濃集状況と断層位置等を考慮して坑井を配置



DOE-NETL Methane Hydrate Federal Advisory Committee (Feb 26, 2020)

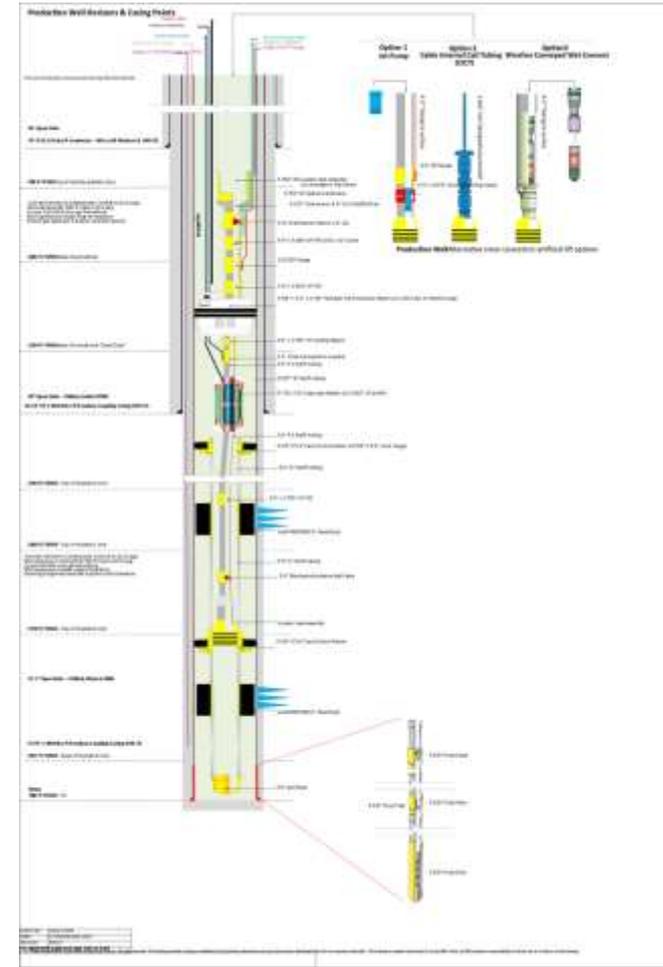
6-2. PTW×2の仕上げプラン（案）

- 坑井設計をできるだけ単純にするために、最初に生産するPTW1は主要ターゲットのB層のみ仕上げ、PTW2はB層及びD層両方で試験できるように設計する
- PTWにおいても、坑内ではなくて地層側で圧力・温度の取得をめざす



6-3.陸上産出試験の基本方針（生産井×2案）

- 長期産出挙動の確認のため、一つの地層でなるべく長期間、一定の減圧度でガス生産を続けることを最優先事項とする。
- 生産挙動がモデルの予測と大きく異なり、安定生産阻害要因が存在すると考えられる場合には、次の対策を取る。
 - 問題が起きた区間で対策技術を適用して解決を図る。
 - 解決できない場合には、別の坑井、あるいは別の仕上げ区間に移行する。
- 考えられる問題の具体例
 - ガス生産レートが増えない、あるいは低下する
 - 水生産レートが増大する
 - 出砂が起きる。
- 対策技術の適用を考慮した坑井仕上げとする。
 - 出砂対策装置は、複数案を検討中。
 - 目詰まり対策として、主に超音波、水圧パルス、出砂対策装置の取り換え、化学物質による出砂対策装置の溶解等を検討中。
- 試験の最終段階では、生産レート最大化を試行する
 - 減圧度を最大化するなど、同一仕上げ区間でできる作業
 - 坑井・仕上げの変更を伴う作業
 - それぞれについて適用可能な技術を検討中。



交換可能なポンプを用いるなど、対策技術適用を考慮した生産井の仕上げ案（検討中）

7. 試験の基本フロー

【長期連続生産】

目標：長期産出挙動データの取得

- 生産井・モニタリング井のデータを継続的に計測、解析
- 安定生産阻害要因が存在するかどうか検討

坑井周辺の安定生産阻害要因など、当該仕上げ区間で対処可能と判断した場合

対策技術を適用

対策技術を施しても解決せず

貯留層の性質に起因する安定生産阻害要因があると判断した場合

【層・坑井を変えて生産】

目標：

- 技術課題の解決策の検証
- 貯留層特性の違いによる生産挙動の違いの評価

【層・坑井を変えて生産】

目標：貯留層特性の違いによる生産挙動の違いの評価

【生産レート最大化のための取組】

目標：生産量増大技術のトライアル