

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2024

アラスカ長期陸上産出試験で適用したモニタリング技術

MH21-S研究開発コンソーシアム (MH21-S)

長期陸上産出試験チーム (東洋エンジニアリング株式会社)

河口 恭二郎

2024年12月4日 (水)

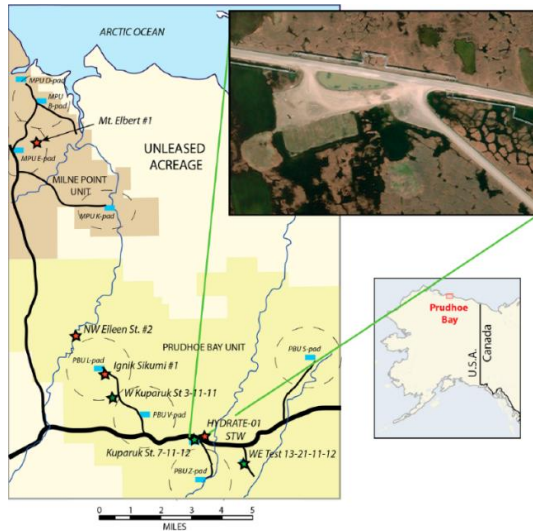
はじめに

■ メタンハイドレート長期陸上産出試験の目的

- 長期生産データの取得。
- 生産技術の実証。

■ 適用したモニタリング技術

- 試験目的の達成に向けて必要なセンシング技術。
- 各地に点在するステークホルダに向けた遠隔監視技術。



試験サイトの場所

(出典: Cullen Young et al., Energy Fuels, 36, 7, 3481-3495 (2022))

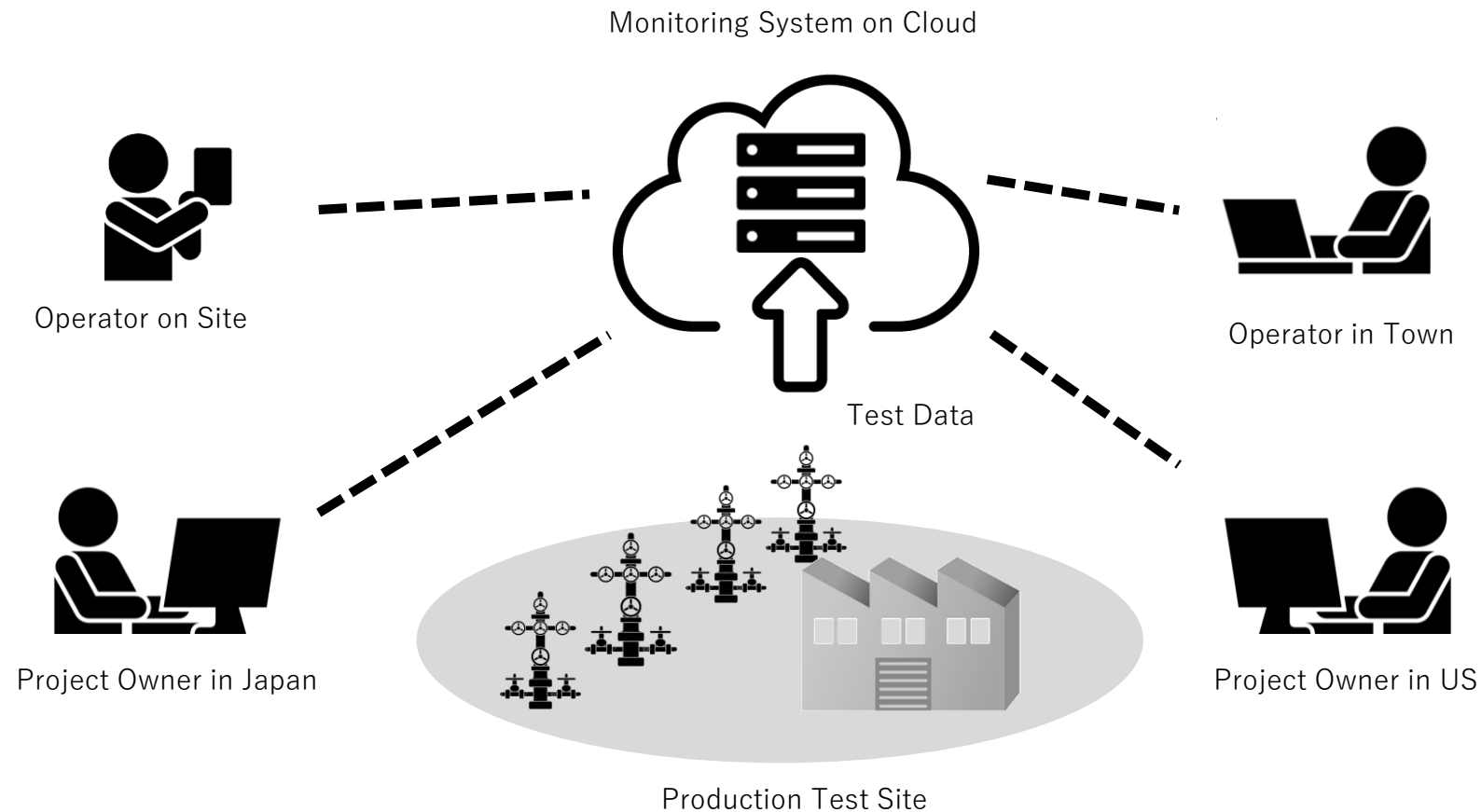


試験サイト全景

(出典: MH21-S HP https://www.mh21japan.gr.jp/mh21s_rikusan.html)

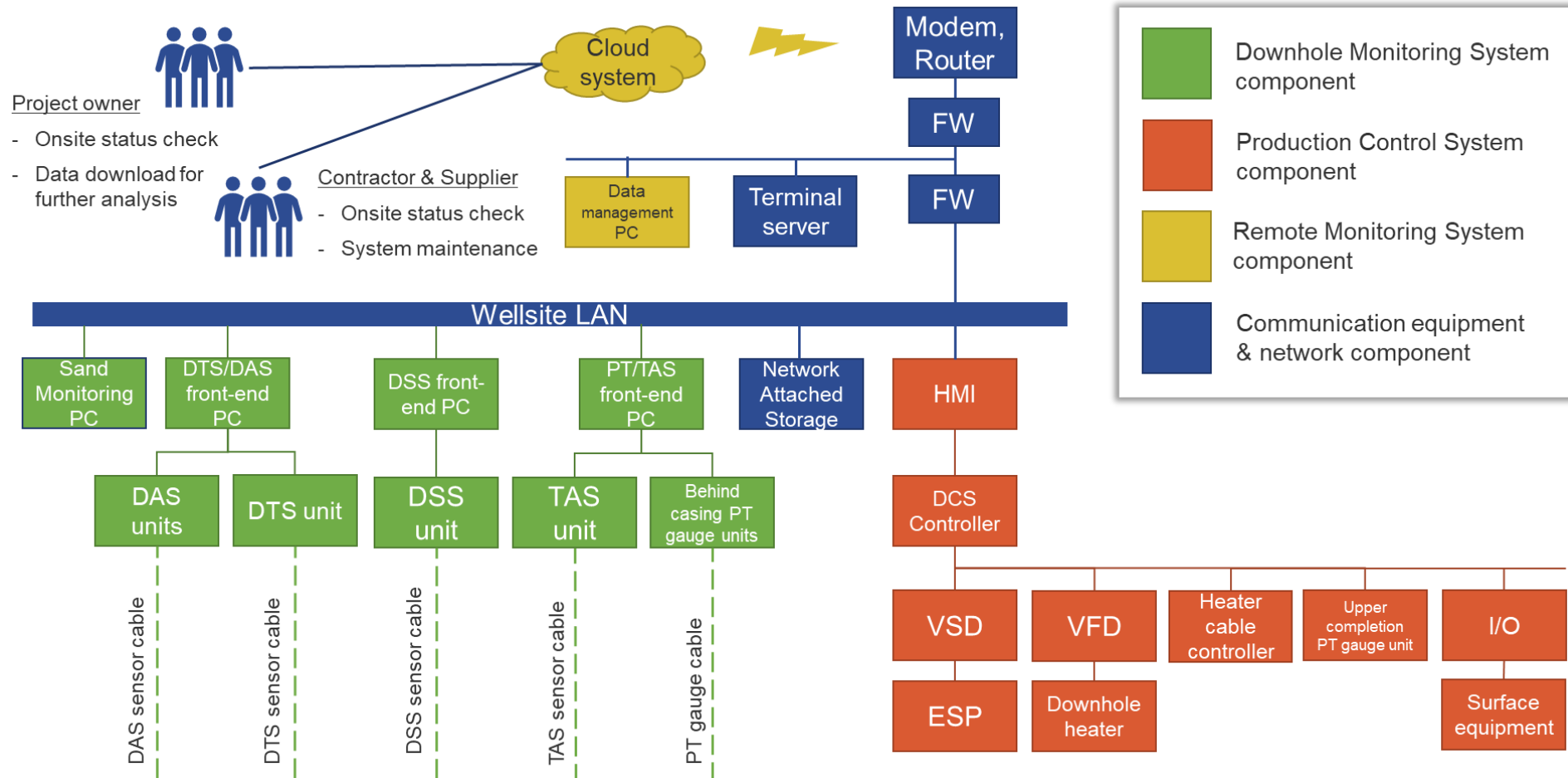
システムコンセプト

- アラスカ現地サイトにある各坑井、生産設備から収集されるデータを、クラウド環境にアップロードしプロジェクトオーナーに配信する。



システム構成

- 安全な産出試験の実施に向けた適切な制御、加えてメタハイの生産挙動を把握する為に必要なデータを取得し、滞りなく配信するシステムを検討・構築した。



Downhole Monitoring System

- 各種センサ(P/T Gauge, RTD, DTS, DAS, DSS)で、圧力、温度、音響、歪みを測定。

計測量	計測手法	STW	GDW	PTW-1	PTW-2
圧力・温度	P/T Gauges(クォーツ振動式センサ)		✓	✓	✓
温度	RTD(測温抵抗体アレー)		✓		
	DTS(光ファイバ分布型温度センサ)	✓	✓	✓	✓
音響	DAS(光ファイバ分布型音響センサ)	✓	✓	✓	✓
歪み	DSS(光ファイバFBGセンサ)		✓	✓	✓

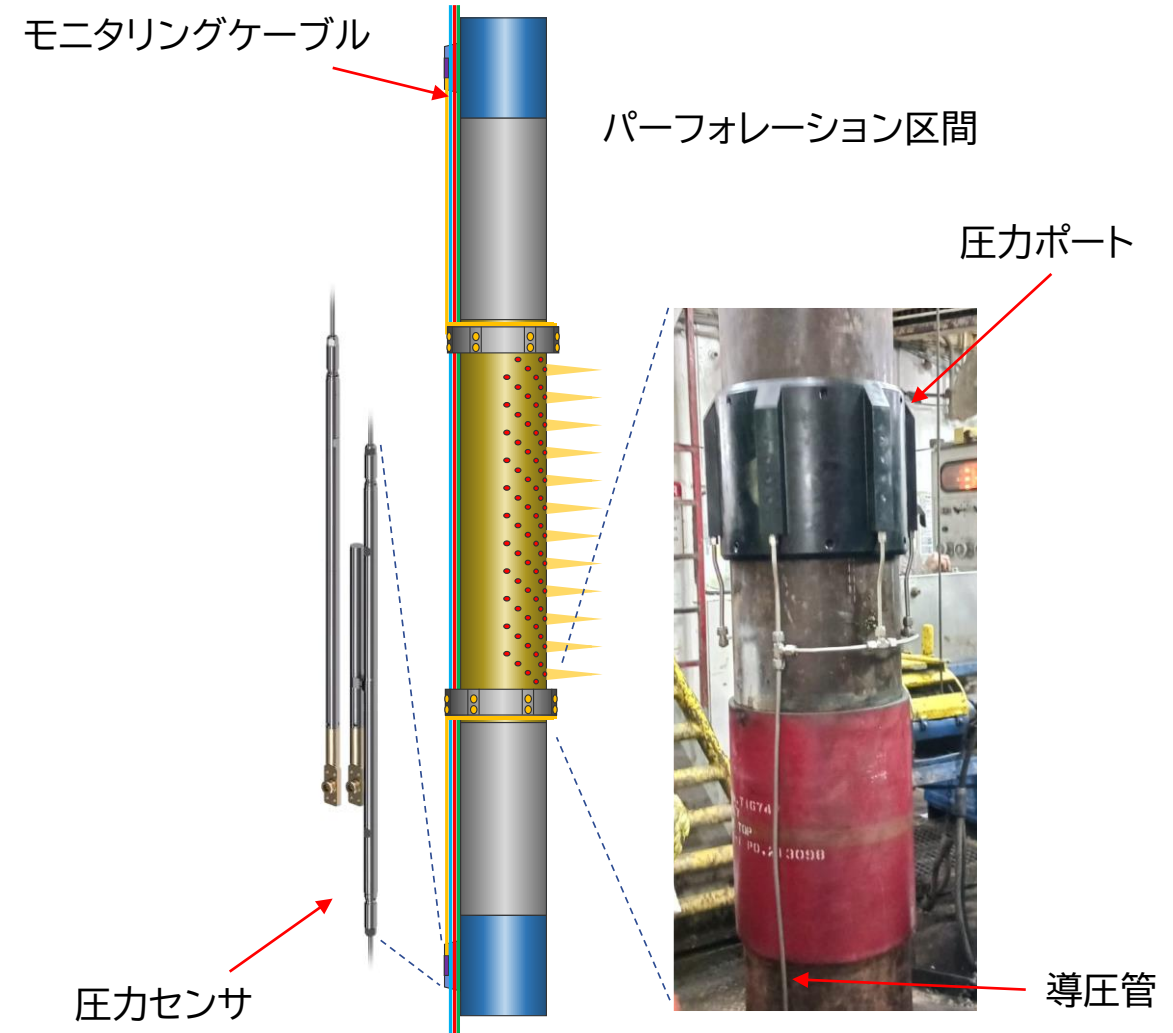
圧力・温度ポイントセンサ

■ 地層圧力直接測定

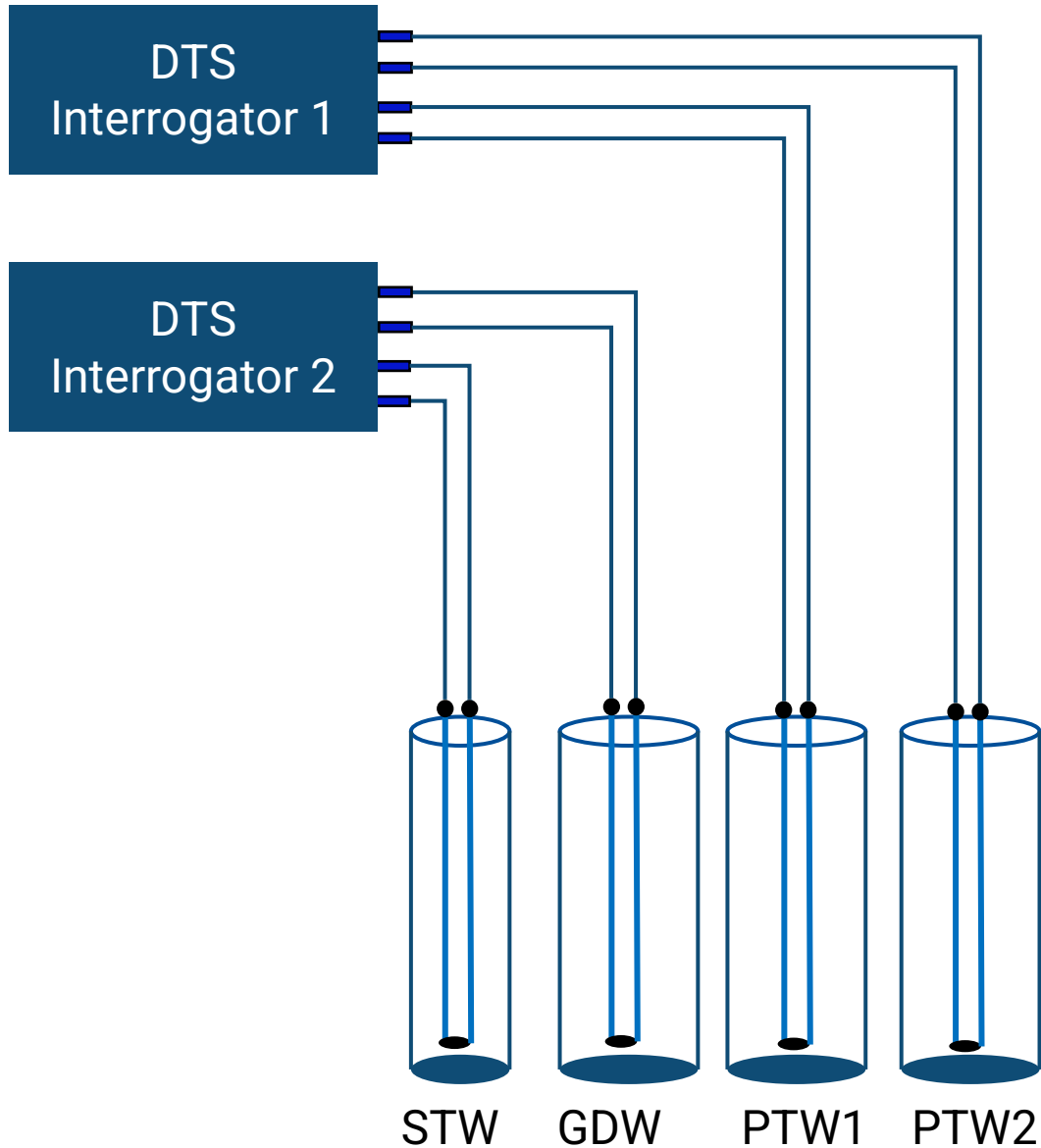
- ・ モニタリングケーブルへの損傷を避ける目的で、オリエンテッドパーフォレーションを実施。
- ・ パーフォレーション時の衝撃による圧力センサへの損傷を避ける目的で、圧力センサから距離を持たせて圧力ポートを設置。

■ RTD(測温抵抗体アレー)

- ・ 高い温度分解能・精度で、DTSの計測値の検証に利用。
- ・ GDW井に2m間隔、60ch設置。

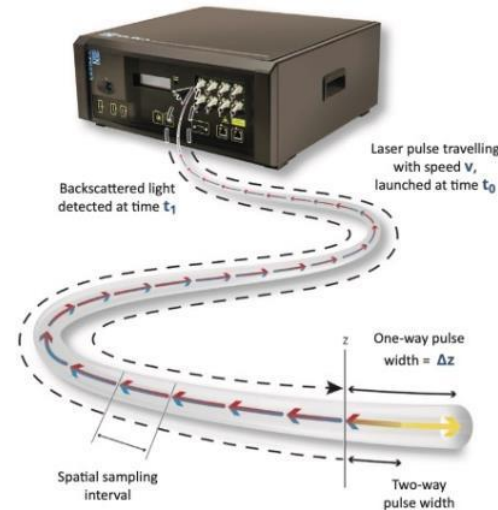


DTS

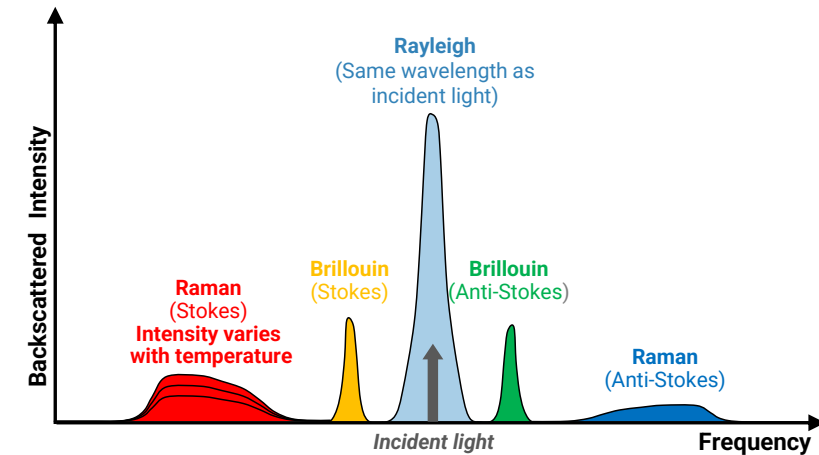


■ 適用技術

- Raman 後方散乱光分析
 - 坑内ダブルエンドファイバ(双方向測定と平均化)
- ## ■ 各坑井の温度プロファイルの時間変化を計測。
- ## ■ 産出試験期間に渡ったメタンハイドレート分解挙動の把握に寄与。



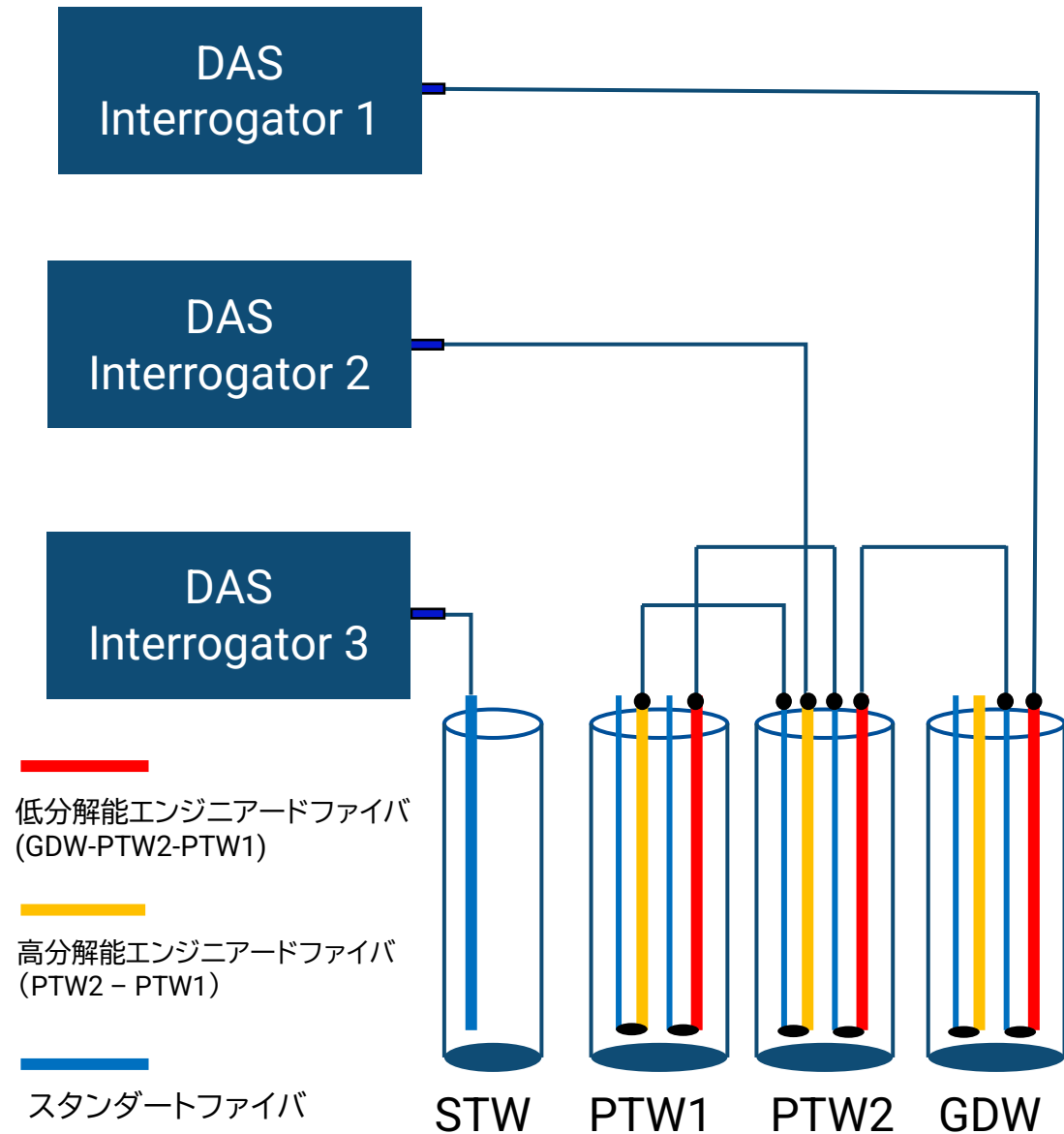
光ファイバセンサ測定原理



光ファイバ内の後方散乱光のスペクトル

(出典: Silixa Ltd., "What is distributed sensing?", 2024)

DAS

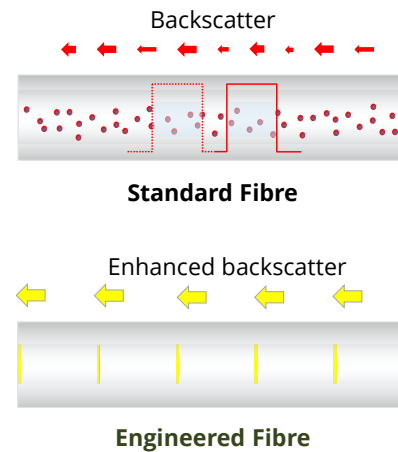


■ 適用技術

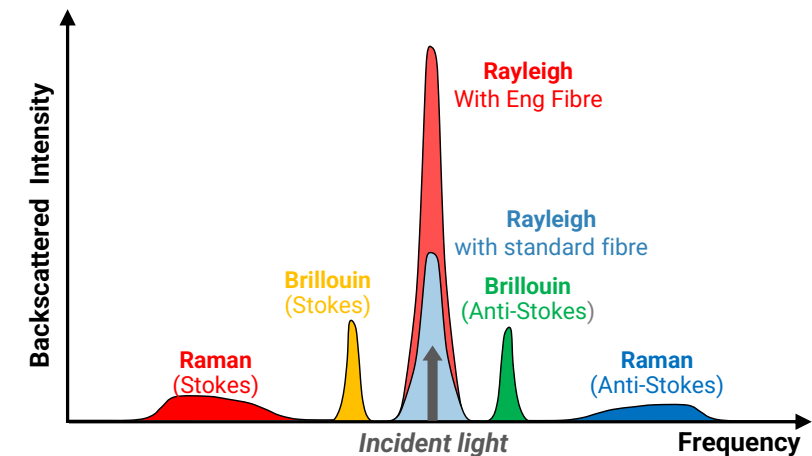
- Rayleigh後方散乱光分析
- 高S/N散乱光を得るエンジニアードファイバを利用
- DAS信号処理としてSlow Strain 処理(低周波成分)を適用

■ 坑井全体の音響信号を測定し、Slow Strain 処理を通じて、坑内でのイベントやその伝搬を把握。

■ メタンハイドレートのガス生産中でDASのSlow Strainデータ取得を実施したのは世界初。



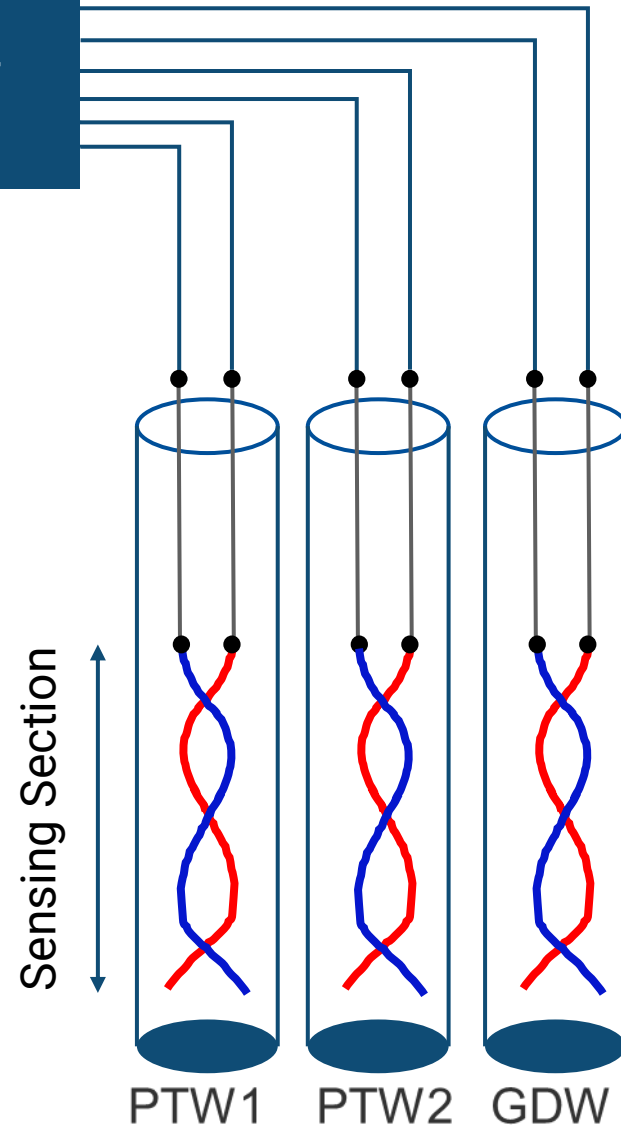
エンジニアードファイバ



エンジニアードファイバによる後方散乱光の変化

(出典: Silixa Ltd., "What is distributed sensing?", 2024)

DSS Interrogator

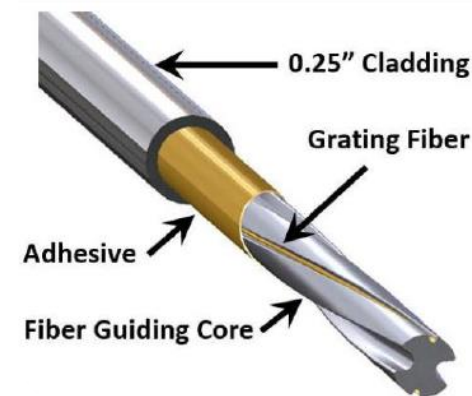


■ 適用技術

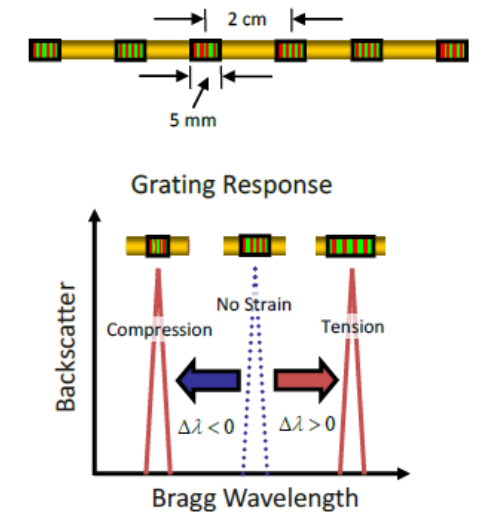
- 2cm 間隔のFiber Bragg Grating アレー
- 二重螺旋状のファイバにより、歪みと合わせて曲げを測定

■ メタンハイドレート層前後を中心に計測を実施。

■ メタンハイドレートのガス生産中で実施したのは世界初。



DSSケーブルの構造

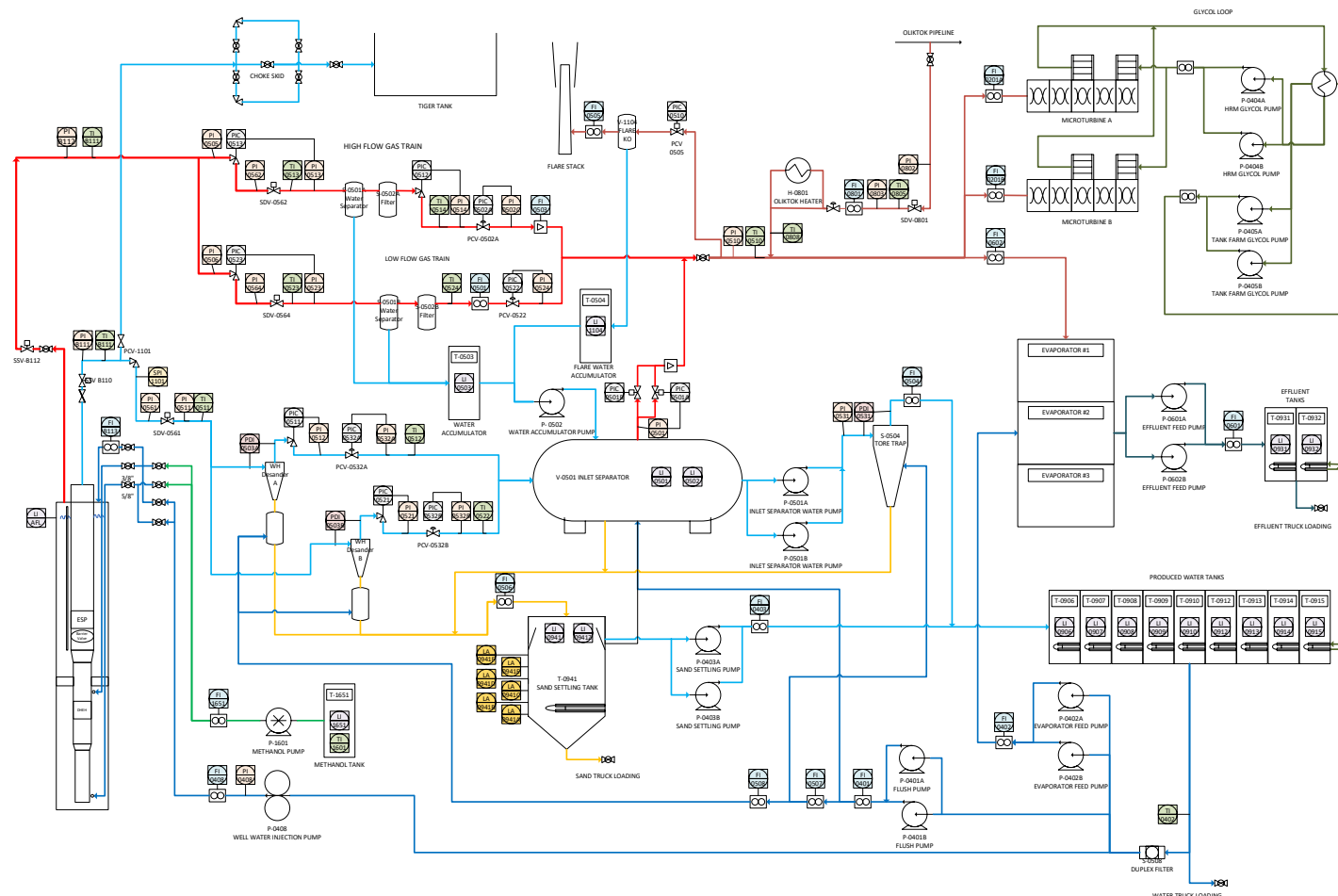


FBG測定の実理

(出典: Baker Hughes, 2019)

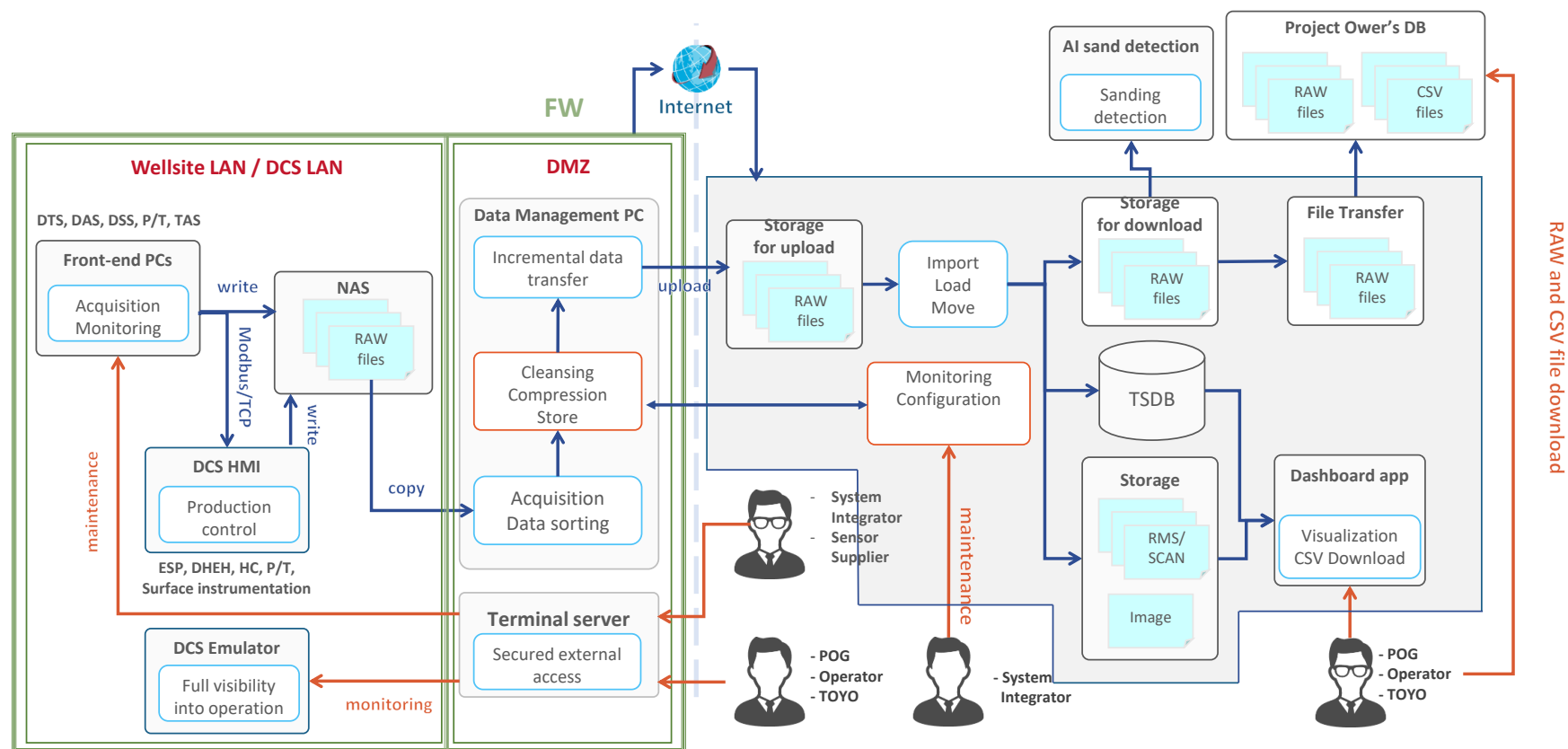
Production Control System

- 産出試験に用いる地上設備や坑内機器をDCS(生産制御システム)で制御を実施。
- 生産ガス・水量と主要な運転パラメータの測定値をクラウド環境に配信。



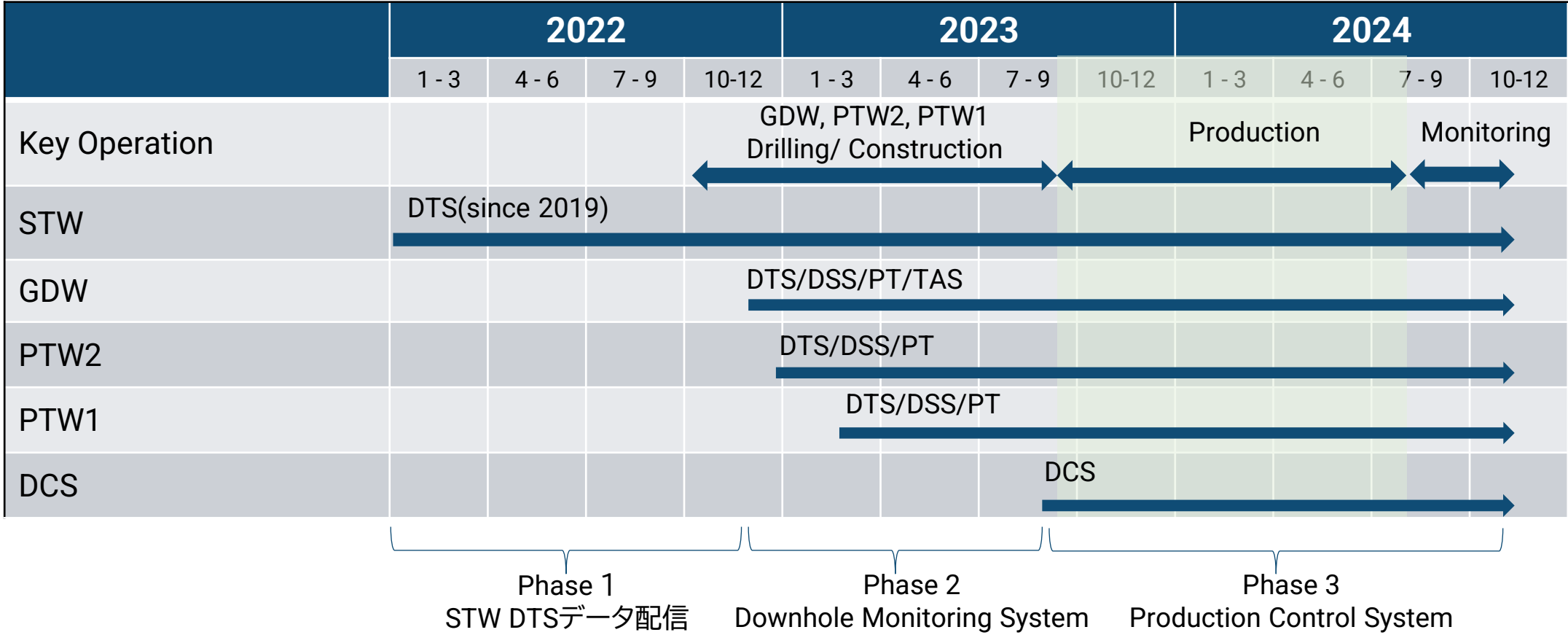
Remote Monitoring System

- 測定データは現地NASに集積し、セリアルタイムでクラウドにアップロード。
- クラウド上のダッシュボードアプリを通じたデータ可視化・ダウンロード機能を実装。
- 現地運転状況の詳細把握のため、DCS監視画面への外部アクセスも実装。



モニタリング実施期間

- STW井掘削後の2019年5月から、フェーズ毎に機能を拡張し運用。
- 2024年10月31日(現地時間)を以て、データ取得を完了。



おわりに

- 世界初となる音響や歪を始めとした、メタンハイドレートの長期生産挙動の把握に向けたデータが取得された。
- 遠隔モニタリングシステムを通じて、セミリアルタイムでの現地状況把握と即時データ解析が実現された。

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。