

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.2-5

地熱発電導入拡大研究開発／地熱発電高度利用化技術開発／

蒸気生産データのAI処理による坑内および 貯留層での早期異常検知技術の開発

発表日：2025年7月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 (国研)産業技術総合研究所 浅沼 宏

団体名 (国研)産業技術総合研究所, (公大)会津大学, 奥会津地熱(株)

問合せ先 E-mail: h.asanuma@aist.go.jp TEL:050-3522-8715

1. 背景・目的

適切な貯留層管理により持続的な地熱発電が可能であることが実証されているが、国内の多くの地熱発電所では、「蒸気生産量が不安定な坑井への対応」が操業上の課題となっている。本事業では、生産異常の早期検知と原因および対策を提示可能なAIシステムを開発し、安定生産と管理コスト低減を実現可能にする。

2. 実施期間

開始： 2021年6月

終了： 2026年3月

3. 実施内容・目標（最終）

I. AIによる異常検出法の開発, II. 実証試験, III. 汎用化を通じて以下を達成する。

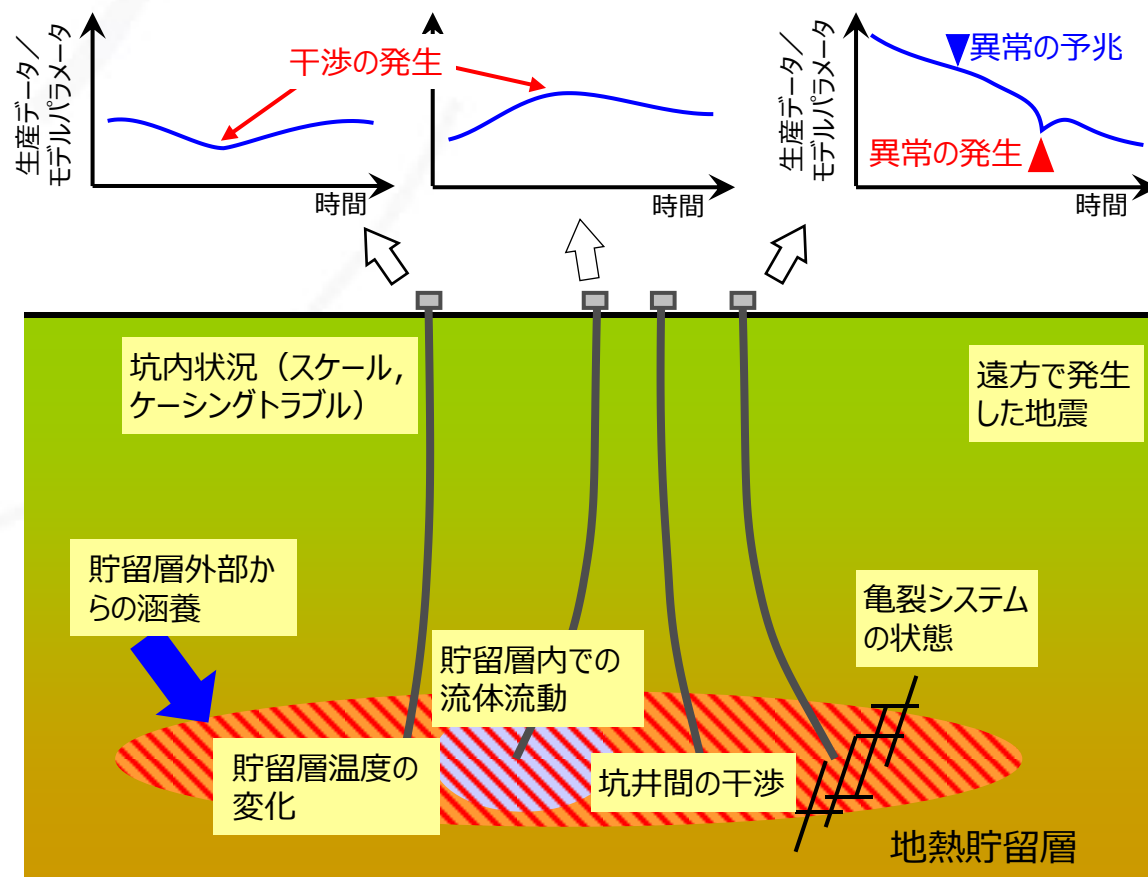
- (a) 過去の生産記録, トラブル記録, 貯留層データのDB化
- (b) 蒸気生産量異常検出, 原因推定AIの開発, 坑井データ監視・記録システムとの接続
- (c) 蒸気生産量増大, および坑井管理にかかる業務もしくは維持管理コストの削減
- (d) マニュアル化, コードの整備, PRコンテンツの作成

4. 成果・進捗概要（FY2024末まで）

- (a) 過去の生産記録, トラブル記録, 貯留層データをDB化し, AIで利用可能にした
- (b) 蒸気生産量異常検出, 原因推定支援AI等を開発し, AIに実装し実証試験を開始した

事業概要 (背景)

蒸気生産量は坑内や貯留層の状況等により変化する。生産データやそこから抽出したパラメータには異常の予兆・発生等に関する何らかの情報が含まれていると考えるのが妥当であり、それらを最新のAI技術・統計数理的手法により抽出可能にするとともに、安定した生産のために現場で広く使用可能にする

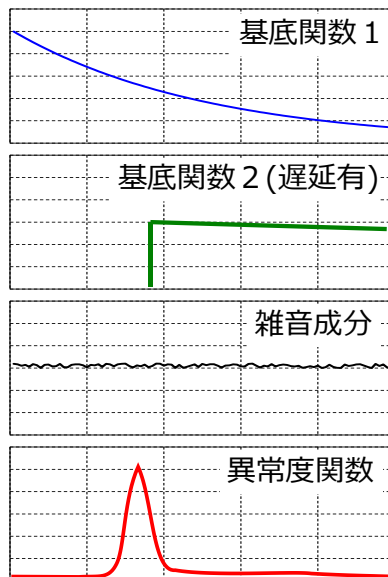
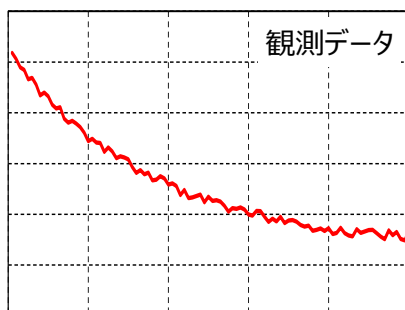


事業概要（研究開発の概念）



AI・統計数理的手法による時
系列データの分解・特徴抽出

AIによる変動原因
推定・将来予測



- * 生産量変動の事前・早期検知・将来予測
- * 生産量変動原因の把握

- * 過去の生産データ・トラブルDB
- * 貯留層に関するデータ（トレーサー試験，シミュレーション，微小地震等）

AI用基礎データ



- * 早期かつ適切なトラブル対応による蒸気生産量低下防止，維持管理コストの低減
- * 貯留層に関する理解の深化
- * 持続的・安定な発電所の運用

主な研究開発項目

I. AIによる異常検出法の開発

- * 回帰学習型AI・統計数理的手法によるデータの分解・異常検出・将来変動予測手法の開発
- * AI・統計数理的手法による変動原因推定技術の開発

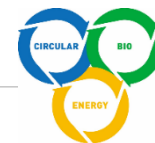
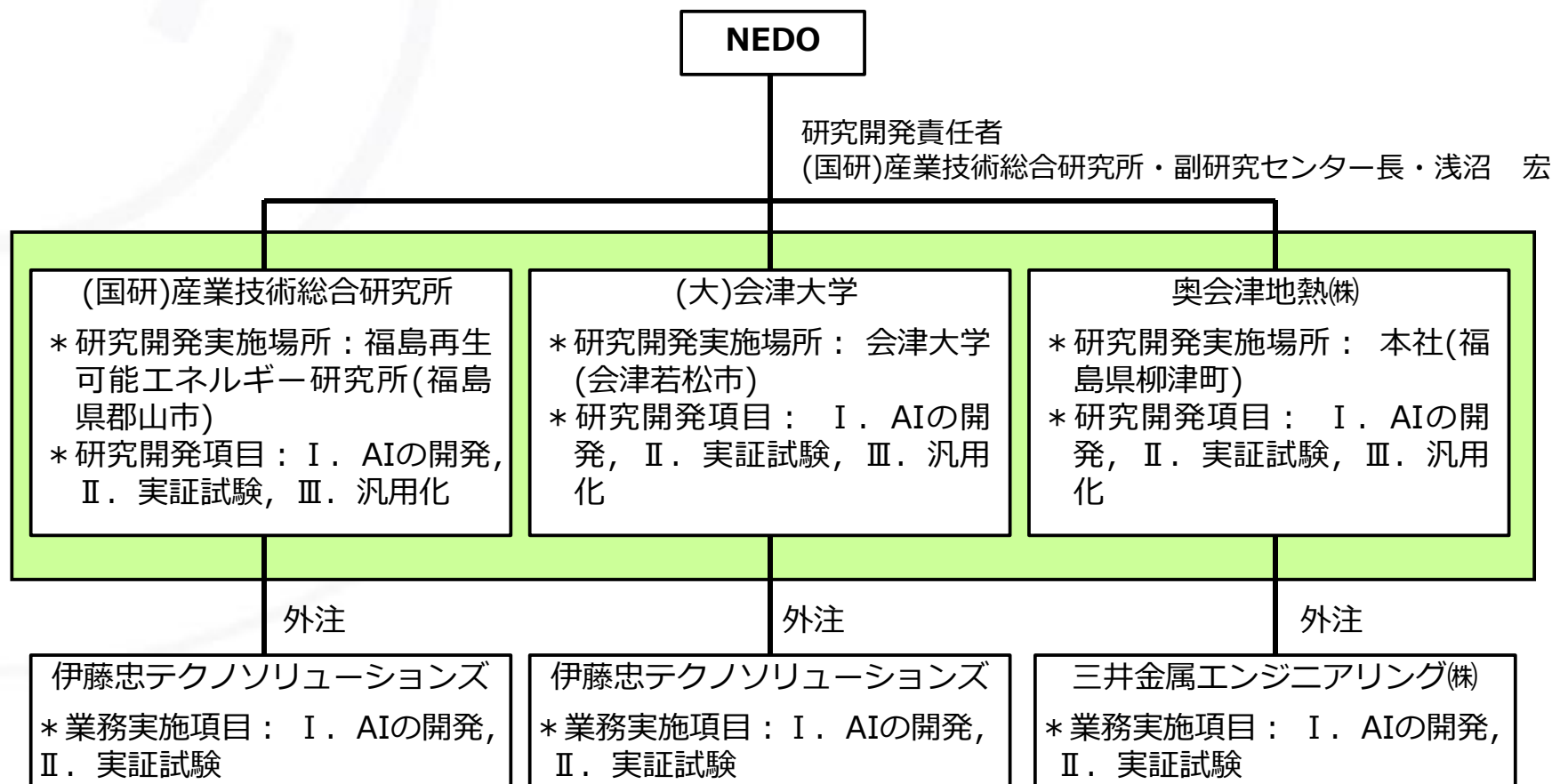
II. 実証試験

- * 実用上の課題抽出とブラッシュアップ

III. 汎用化

- * 汎用コード化
- * マニュアル作成
- * サポート体制構築

事業概要（研究開発体制）

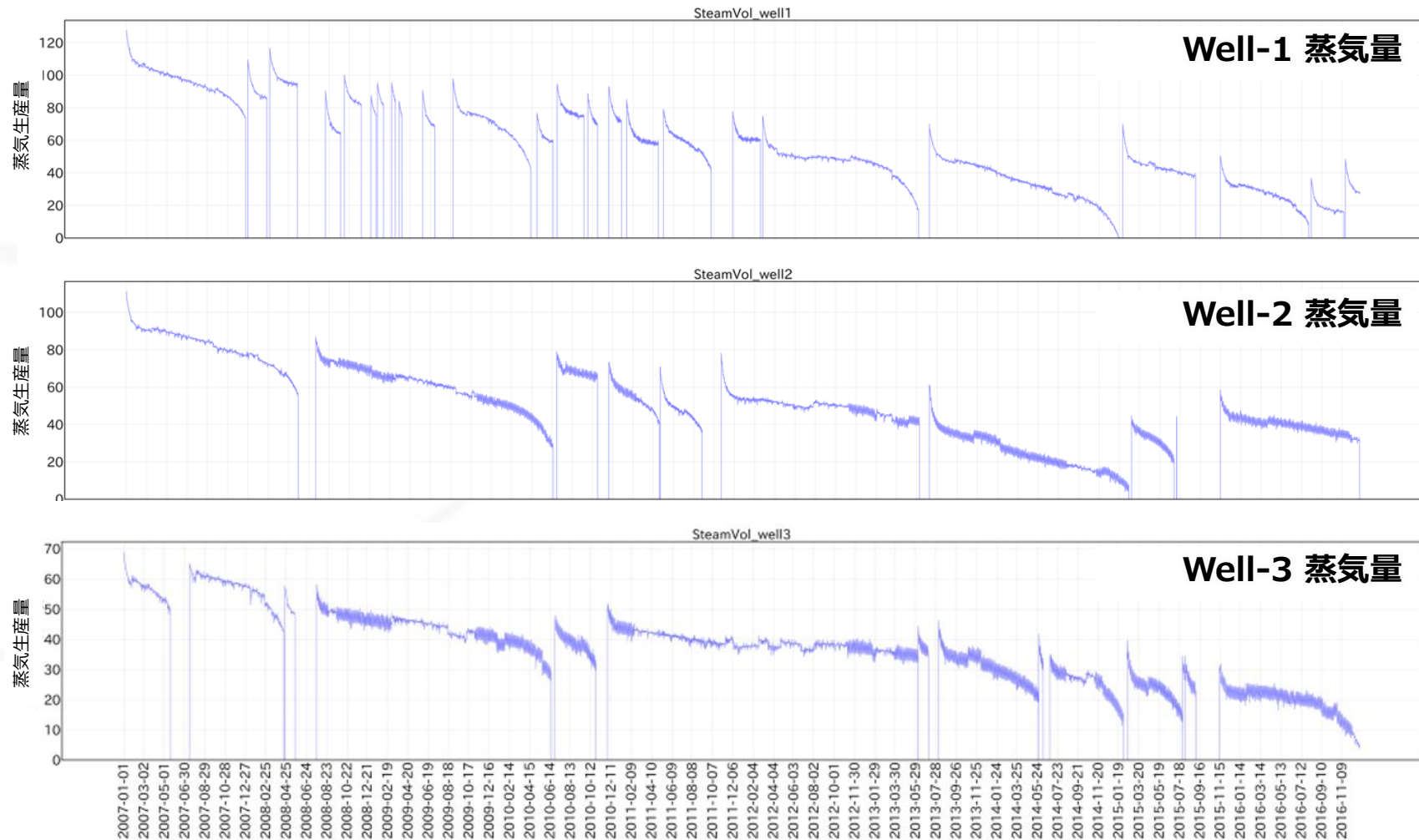


事業概要（研究開発スケジュール）

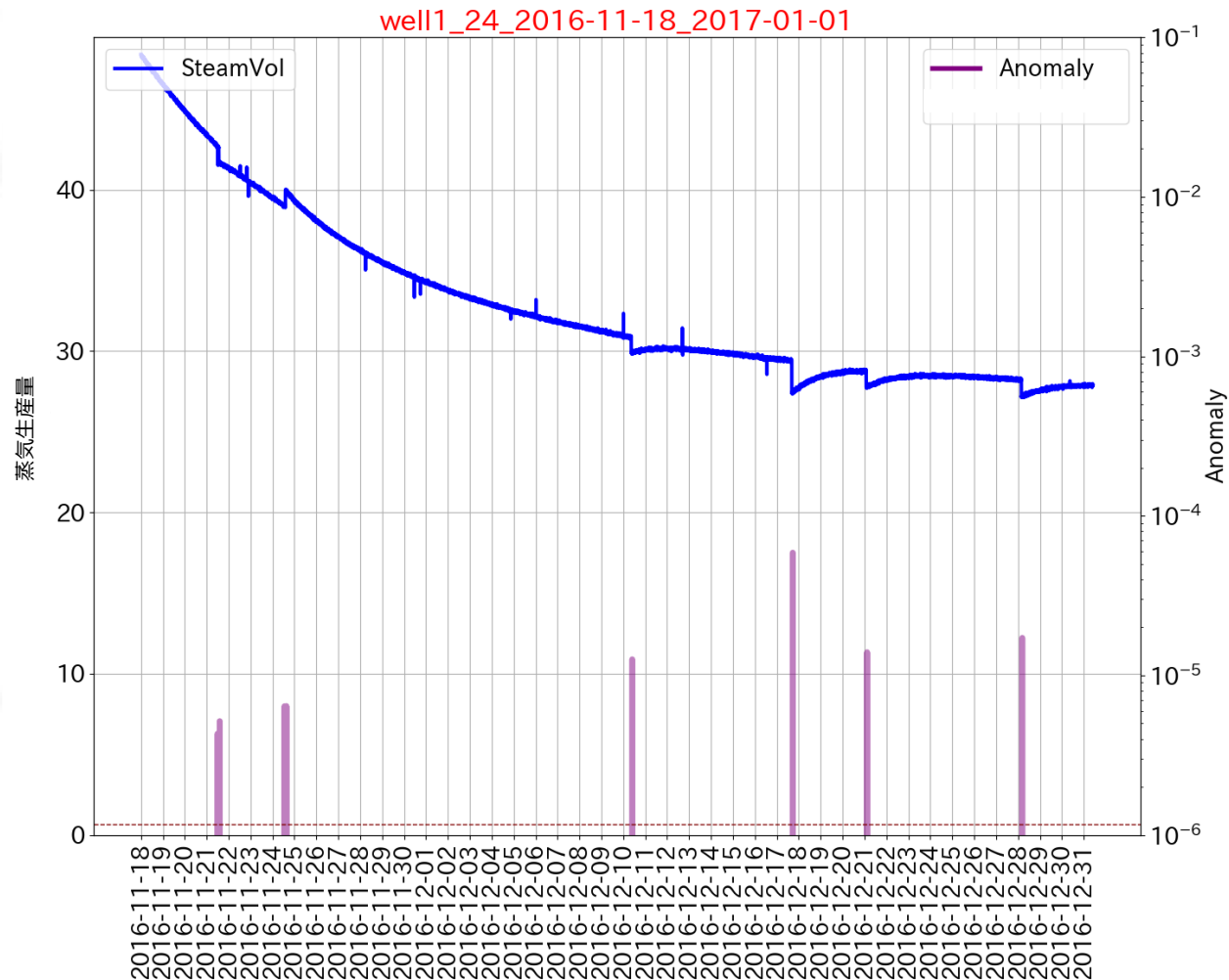


研究開発項目	担当 (○：責任者)	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025
I. AIによる異常 検出法の開発 (a)基礎データ収 集	○奥会津地 熱，産総研， 会津大	生産データ・ トラブル記録収集				
		検層・微小地震データ等収集				
(b)AIの開発	○産総研， 会津大，奥 会津地熱	仕様 策定	単一坑井データ用AIの開発			
			多変量データ用AIの開発			
II. 実証試験	○産総研， ○奥会津地 熱，会津大			実証試験用ソフト・ハード 開発		
					実証試験	
III. 汎用化	○産総研， 会津大，奥 会津地熱					マニュアル化・ コード整備

研究成果（模擬データによる性能評価）

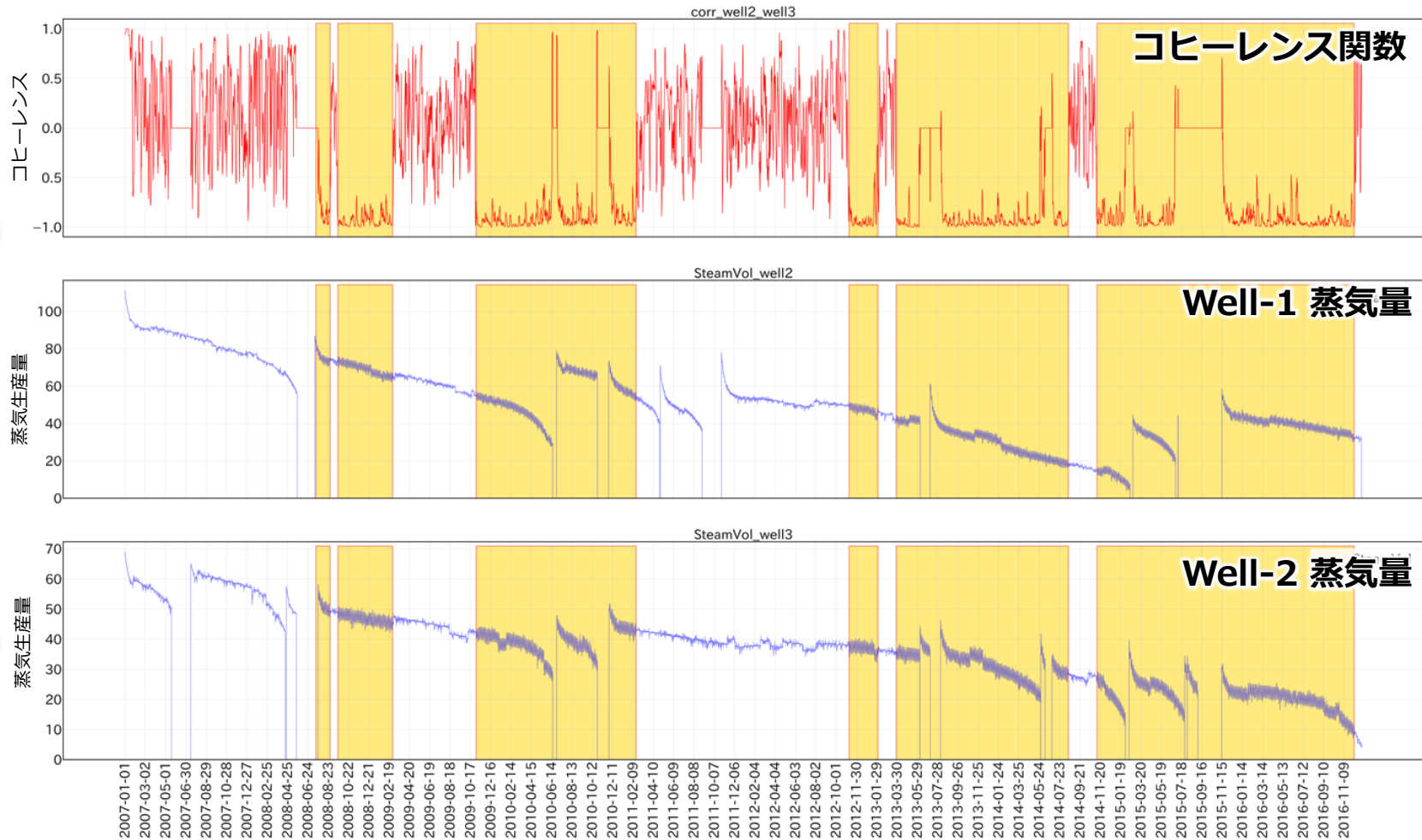


研究成果（模擬データによる性能評価）



F1スコア（適合率と再現率の相乗平均）：約0.82

研究成果（模擬データによる性能評価）



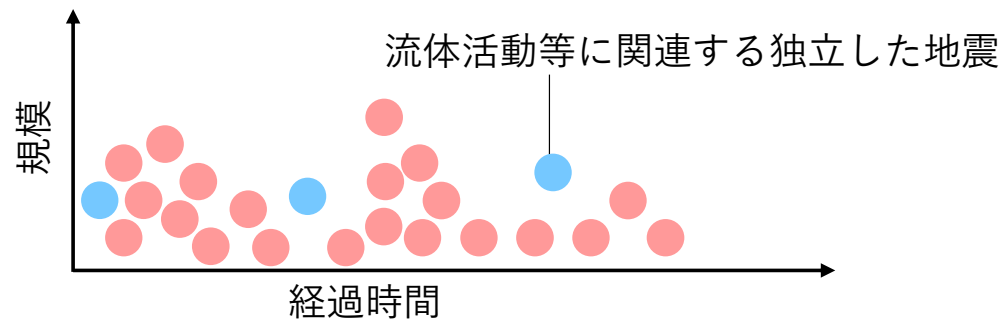
ETAS: Epidemic Type Aftershock Sequence model (Ogata 1988)

ある時間帯の
地震発生数

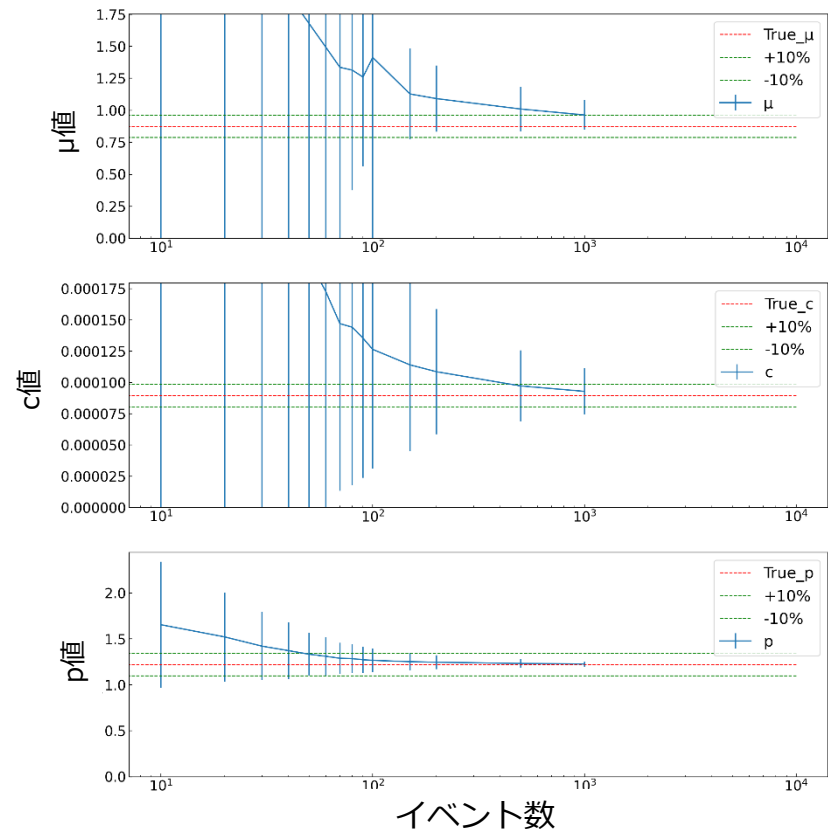
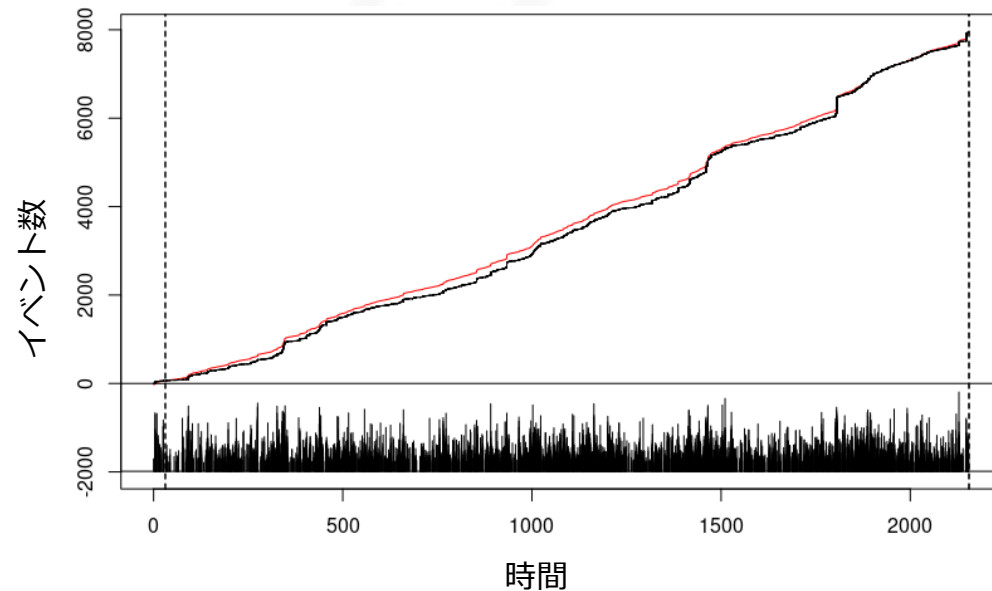
独立した地震数

$$\lambda_{\theta}(t \mid \mu, K, c, \alpha, p) = \underbrace{\mu}_{\text{独立した地震数}} + \underbrace{\sum_{t_i < t} \frac{K e^{\alpha(M_i - M_z)}}{(t - t_i + c)^p}}_{\text{余震の生産性 地震活動の減衰}}$$

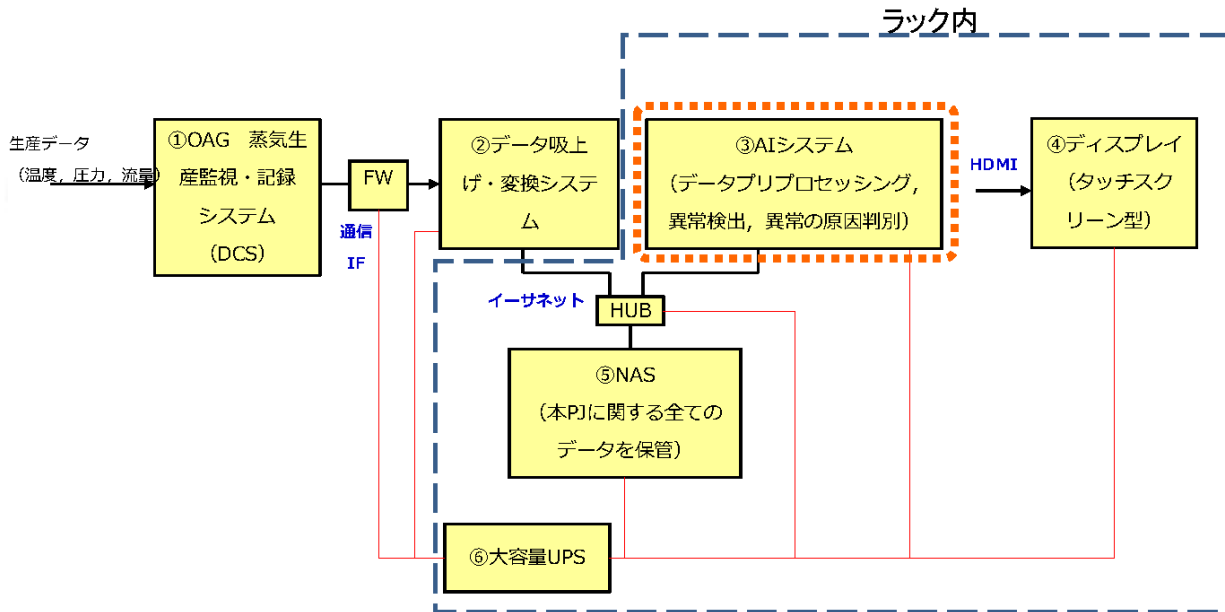
地下流体開発時の地震発生時系列



研究成果（微小地震の統計モデル化）



研究成果（AIのハードウェア構成図）



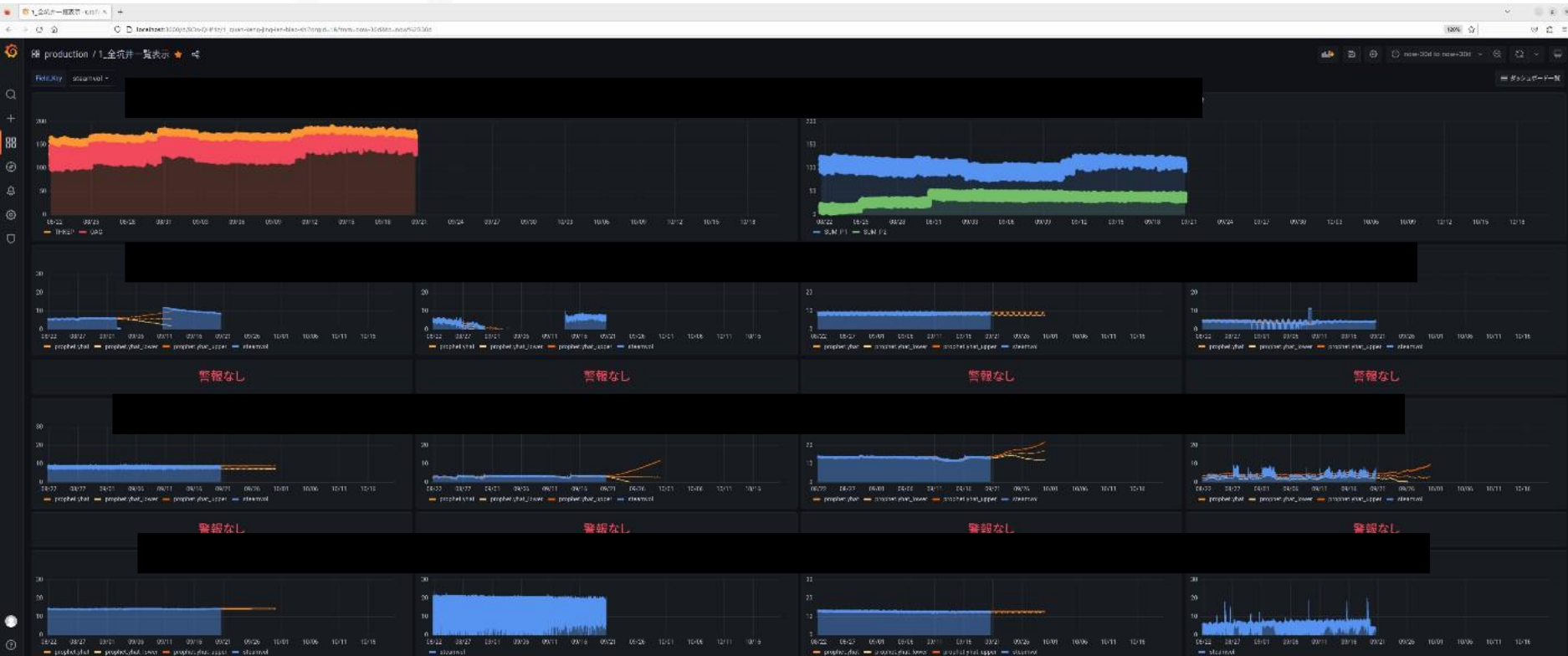
AIシステム サーバスペック

CPU	3.9GHz 16core=8core×2cpu
Memory	512GB
ストレージ	HDD64TB SSD8TB
OS	Windows 11 Pro for Workstations Ubuntu 22.04 LTS (デュアルブートまたはHyper-V)

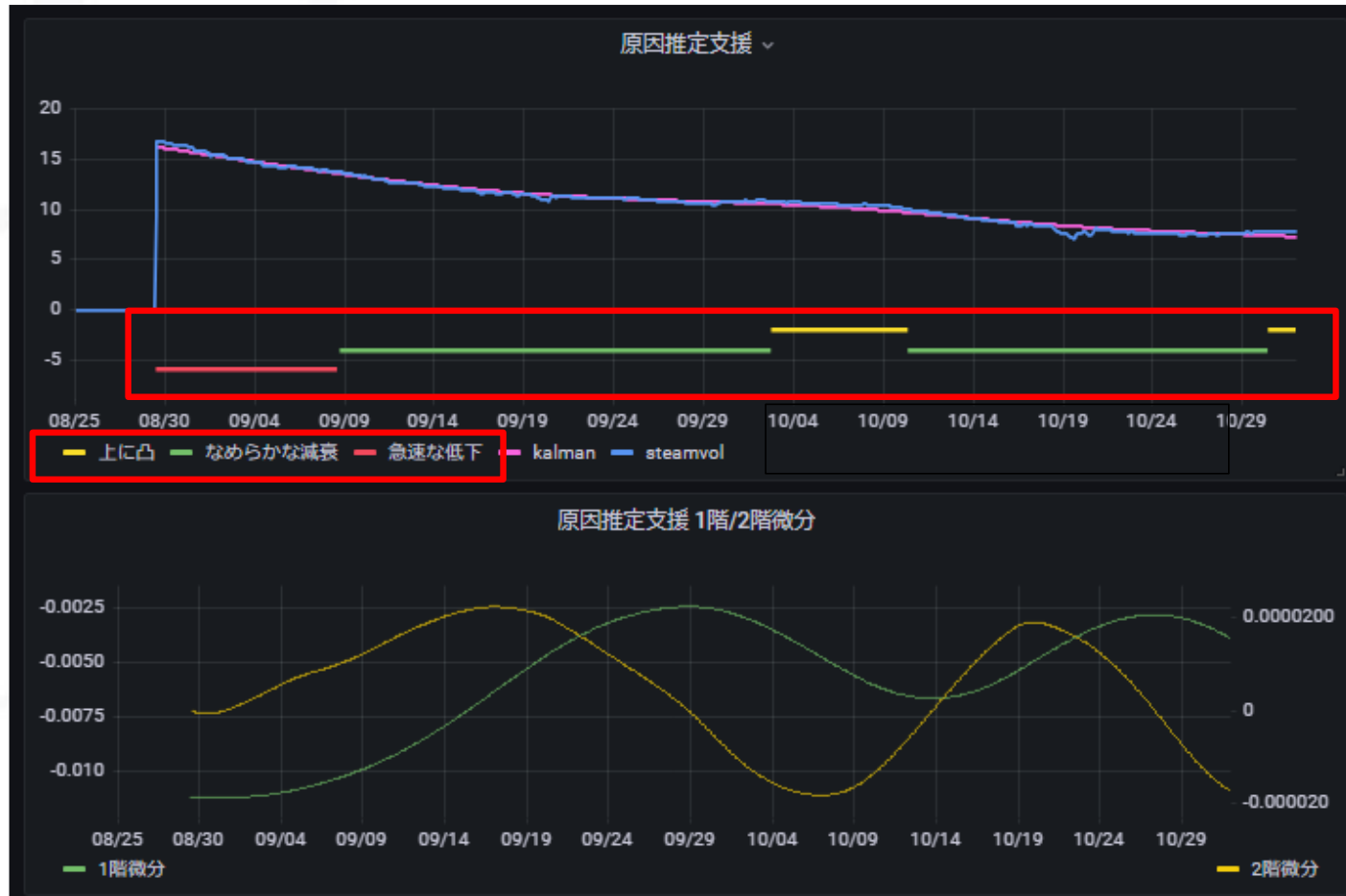
AIシステム ソフトウェア

時系列データベース	InfluxDB v1.8.10
リレーショナルデータベース	PostgreSQL 14.x
Webアプリケーション	Grafana v8.4.6
Webサーバ	Apache 2.4.x
ブラウザ	Chrome
開発言語	Fortran90 R 4.1.x~4.2.x Python 3.9.x~3.10.x

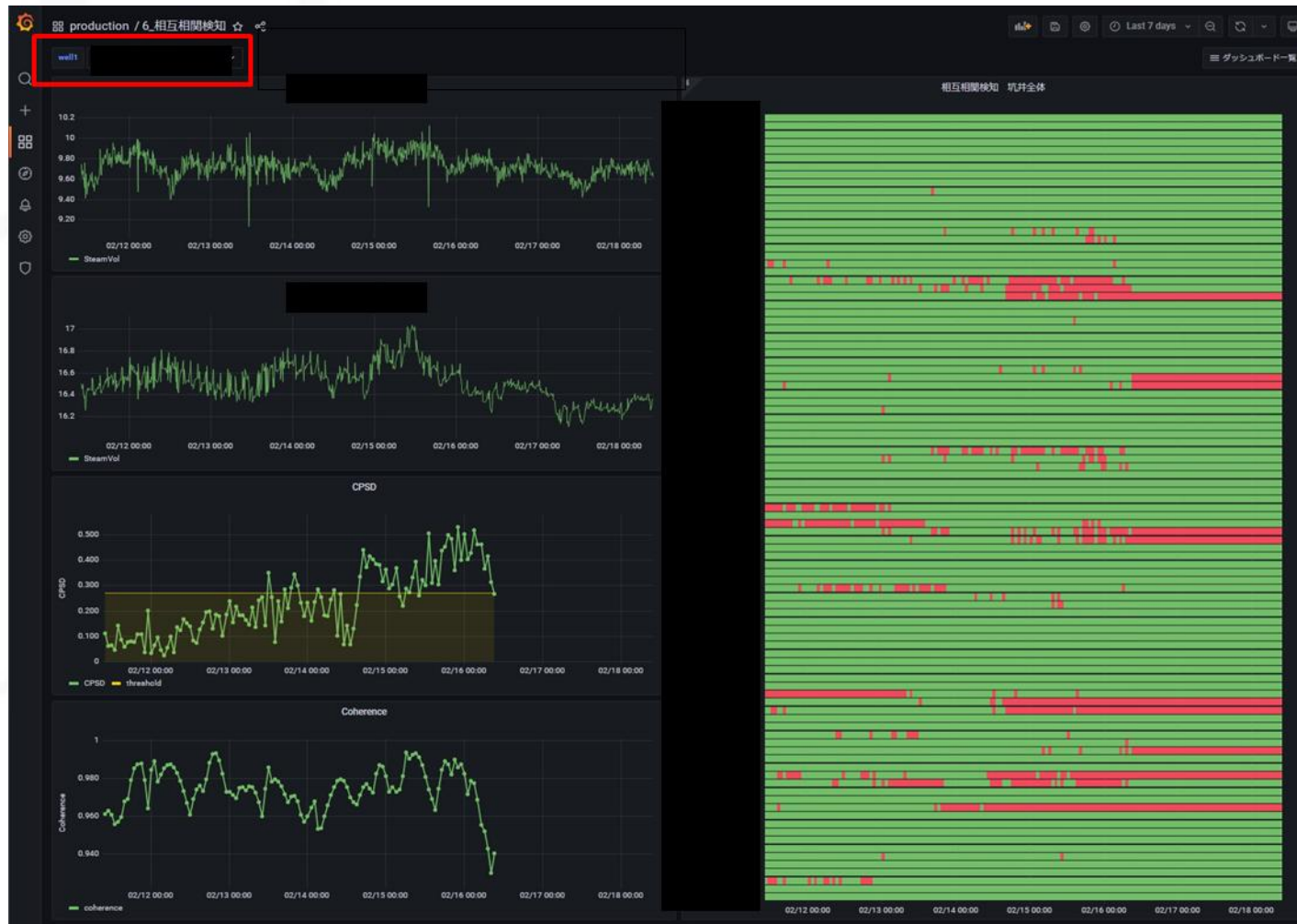
研究成果 (AIのホーム画面)



研究成果 (原因推定支援機能)



研究成果（相関性評価画面）



研究成果（その他の成果）

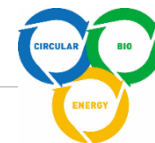


(a)基礎データの収集

- * 奥会津地熱(株)が奥会津地熱地域で蒸気生産設備に付属する専用システムにより取得してきた生産データを本研究開発で使用可能なフォーマットへ変換した。また、生産トラブル記録をデータベース化し、AIシステムで使用可能にした。
- * 奥会津地熱(株)等が奥会津地熱地域で取得した検層データ、地球化学データ、微小地震データ等を集約し、各種パラメータを算出するとともに、本研究開発で使用可能な時系列データ、空間データとして整理しAIで使用可能にした。

(b)AIの開発

- * これまで単発的に実施してきた各種解析の結果を整備し、標準化した学習データベースとして構築することにより、解析のシステム化を実現した。
- * 基本統計量の算出とそれを利用した短期変動検出ソフトウェアを開発しAIに実装した。
- * 坑井間の干渉評価ソフトを開発し、AIに実装した。
- * 蒸気量データをそのふるまいに応じて適当な時間粒度に加工し、将来予測・異常検知に関する、数日先までの予測、特異スペクトル法による短期異常検出、生産停止早期判断支援機能の3つの機能をAIに実装した。
- * 実証試験（FY2024～FY2025）を開始した。



I. AIによる異常検出法の開発：

- * 追加データ（検層データ、スケールデータ等）の取得とAIへの組み込み
- * 原因推定支援機能の高度化とAIシステムへの組み込み
- * 蒸気生産データと微小地震活動の関連性評価

II. 実証試験：

- * AIシステムの運用メンテナンス、トラブルシューティング
- * システムの性能評価とブラッシュアップ

III. 汎用化：

- * 蒸気生産監視システムに関する情報収集
- * 汎用化・普及のための方法論策定

まとめ (FY2024の成果)



I. AIによる異常検出法の開発：

- * 奥会津地熱(株)が奥会津地熱地域で取得してきた一連の生産データ・トラブル記録をデータベース化し、AIで使用可能にした。
- * 異常検出，トレンド変化検出，将来予測等AIに必要なソフトウェアの基本部分を開発しAIに実装した。また、シミュレーションによる性能評価を実施した。
- * 実証試験用AIを整備した。

II. 実証試験：

- * 実証試験用AIシステムを開発し，奥会津地熱(株)本社にて試験運用を開始した。

III. 汎用化：

- * FY2025に実施予定

