

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

研究開発責任者 浅沼 宏

(国研) 産業技術総合研究所

2023年2月2日

【委託先】

(国研)産業技術総合研究所
(公)会津大学
奥会津地熱(株)

問い合わせ先
(国研)産業技術総合研究所
浅沼 宏
E-mail: h.asanuma@aist.go.jp
TEL: 029-861-6204

事業概要

1. 背景・目的

適切な貯留層管理を行えば、地熱発電を持続的に行うことが可能であることは幾つかの発電所で実証されているが、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。蒸気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・統計数理学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のが本研究開発の目的である。

2. 実施期間

開始： 2021年7月

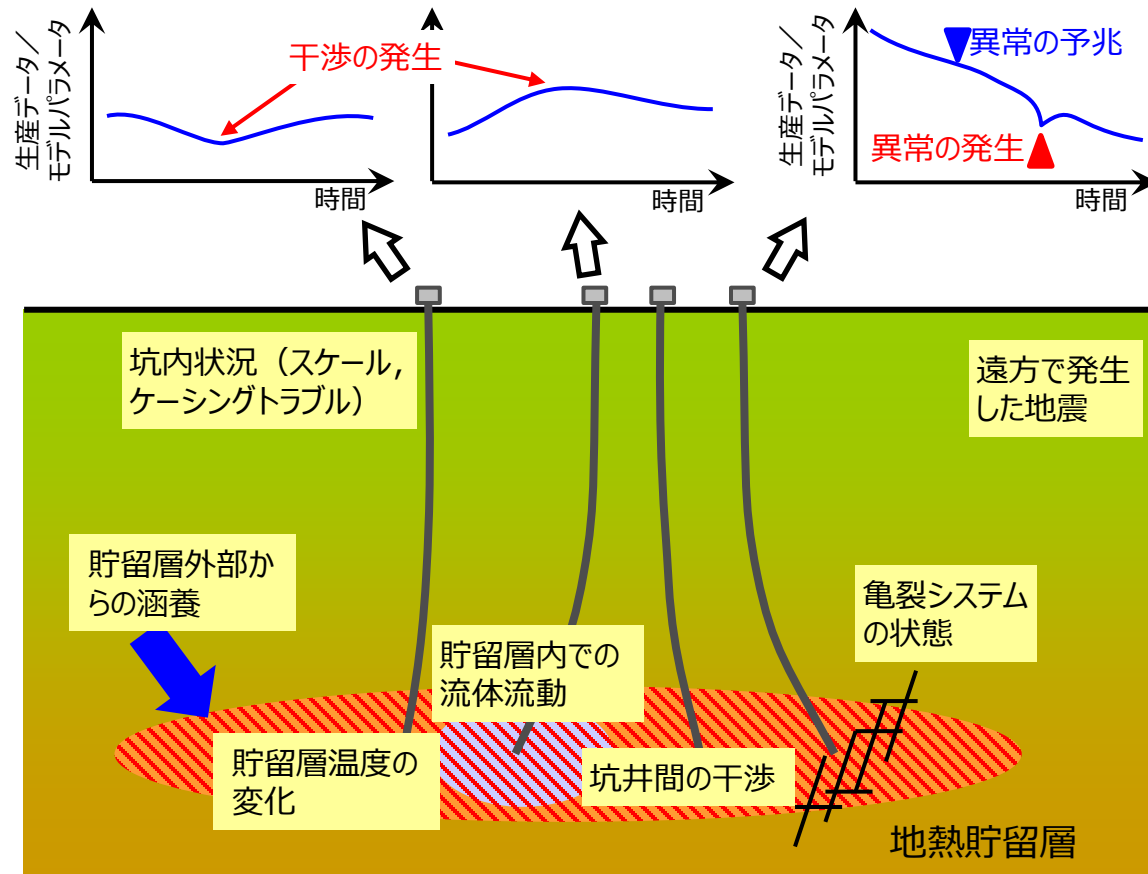
終了（予定）： 2026年3月

3. 実施内容・最終目標

本研究開発では、奥会津地熱(株)蒸気生産設備で取得した蒸気生産データを対象として、Ⅰ. AIによる異常検出法の開発、Ⅱ. 実証試験、Ⅲ. 汎用化を実施し、主として以下を達成する。

- (a) 生産異常変動の早期・事前検知、および将来予測の実現
- (b) 生産異常の原因特定手法の構築
- (c) 貯留層理解の深化
- (d) 長期実証試験による実用性の向上
- (e) 汎用かつ運用に際し専門的知識を要さない蒸気生産監視AIシステムの実現

研究開発概要



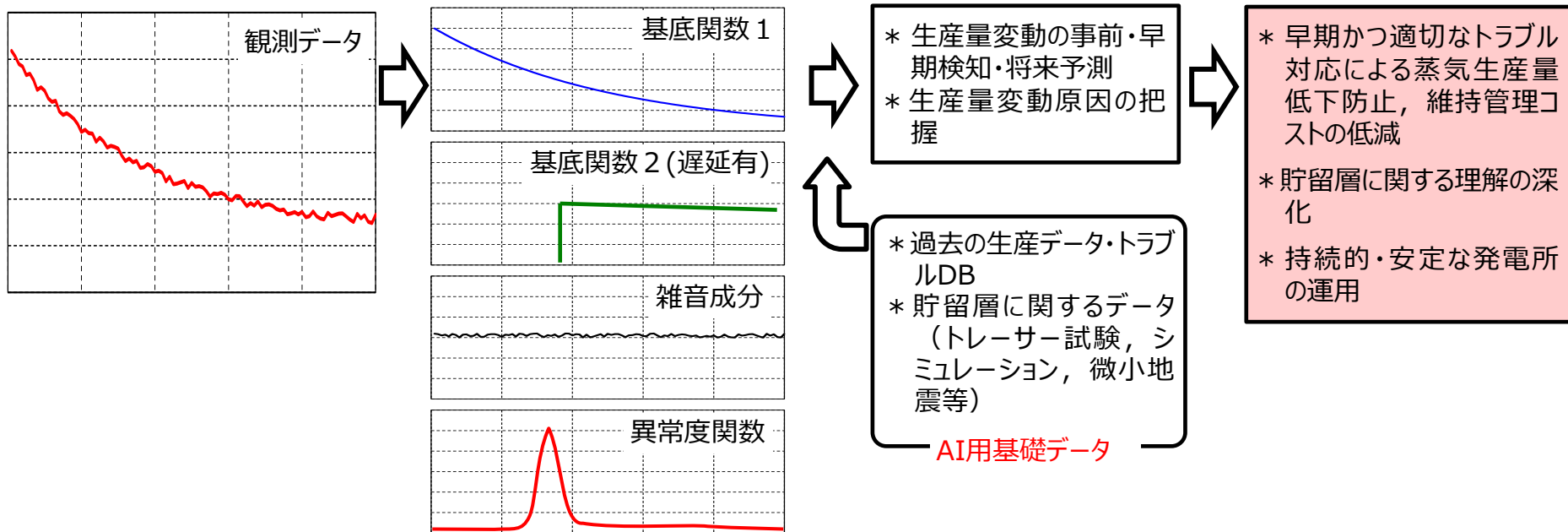
蒸気生産量は坑内や貯留層の状況等により変化する。生産データやそこから抽出したパラメータには異常の予兆・発生等に関する何らかの情報が含まれていると考えるのが妥当であり、それらを最新のAI技術・統計数理学的手法により抽出可能にするとともに、安定した生産のために現場で広く使用可能にするのが本研究開発の趣旨である。

研究開発概要

【開発するAIシステム概念と研究開発要素】

AI・統計数学的手法による時
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



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・統計数学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・統計数学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

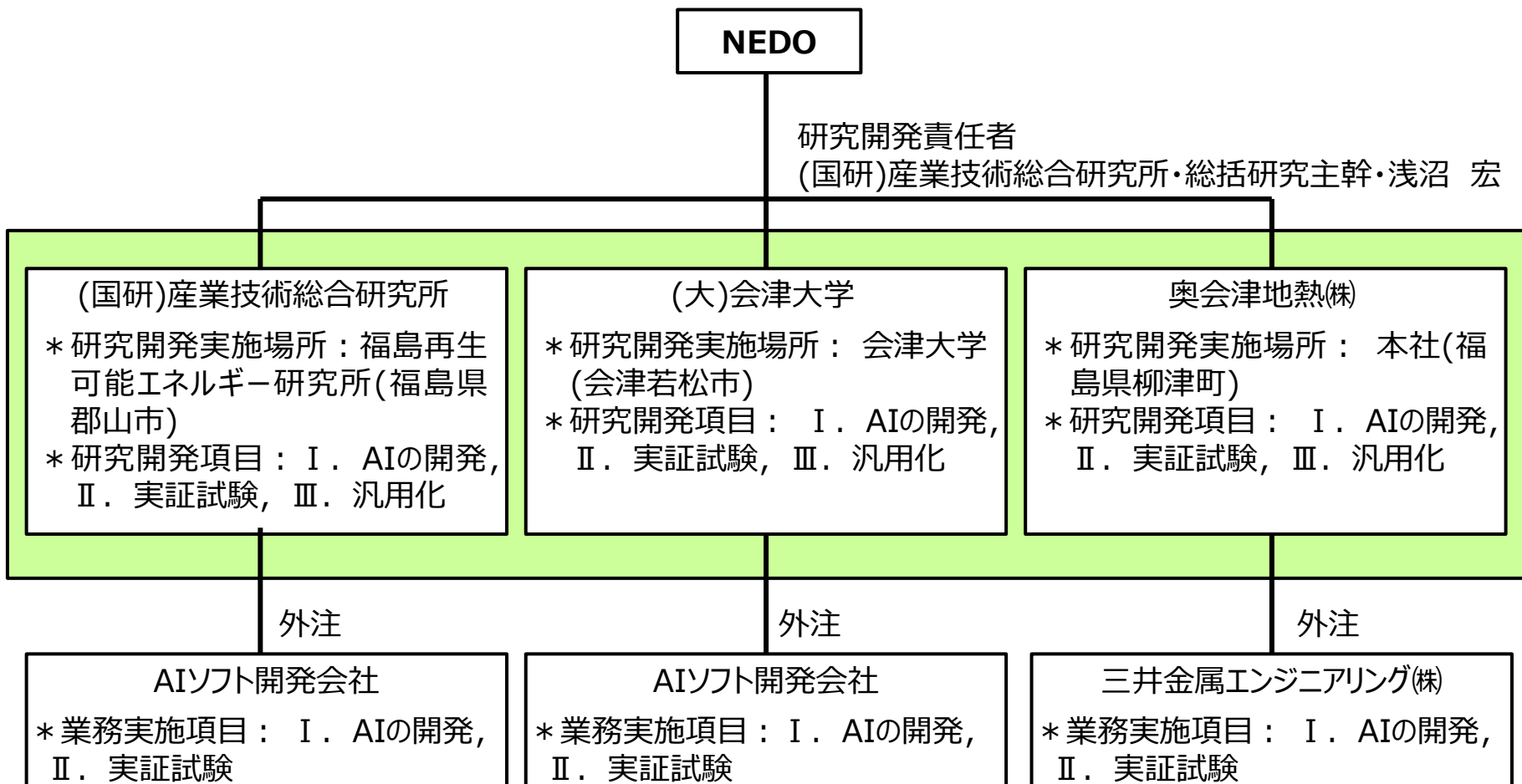
- * 汎用コード化
- * マニュアル作成
- * サポート体制構築

研究開発概要

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	○奥会津地熱, 産総研, 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

中間評価

研究開発概要



研究開発概要

実施項目	FY2023未達成目標	FY2025末
I. AIによる異常検出法の開発 (a)基礎データ収集	＊過去の生産記録,トラブル記録,貯留層データの収集,フォーマット変換を終了する。	
(b)AIの開発	＊蒸気生産量異常検出,原因推定AIの開発を終了する。 ＊シミュレーションを通じて,生産異常の50%程度を事前・もしくは早期検知可能であり,事前・早期検知した異常の60%以上について原因を提示できることを示す。	
II. 実証試験	＊奥会津地熱(株)が運用している坑井データ監視・記録システムで運用可能にするためのコーディングおよび必要なハードウェアのコア部分の設計・開発を終了する。	＊奥会津地熱地域において生産異常の50%程度を事前,もしくは早期検知可能であり,事前・早期検知した異常の60%以上について原因を提示できることを示す。 ＊本AIシステムにより,10%の蒸気生産量増大,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20%以上を削減できることを示す。
III. 汎用化		＊マニュアル化,コードの整備,PRコンテンツの作成を終了する。

研究開発概要

① 実用化・事業化を行う製品・サービス

実用化・事業化の対象：蒸気生産早期異常検出・原因判別AIシステム

② 実用化・事業化への取組

奥会津地熱(株)：本事業終了直後から同社蒸気生産設備に組み込んだシステムを稼働させ、発電量の10%増大と坑井・貯留層維持管理費用の20%以上削減を目指す。

蒸気生産事業者：日本地熱協会等を通じてPRを行い、導入希望する企業へAIシステムのコア部分を無償提供し、利用拡大を図る。本事業の成果物が国内の地熱発電所の50%に導入され、各発電所の出力が10%増大すれば、約130GWh/年の発電量増大（約34億円程度の売電収入に相当）が見込める。

産総研、会津大：システムのブラッシュアップによる機能性の向上、解析技術・ノウハウが十分でない事業者への支援等により導入促進へ寄与する。

実施項目	FY2026～2030	FY2031～FY2040
奥会津地熱(株)での導入	システム運用・ブラッシュアップ	
蒸気生産事業者での導入	システム導入・ブラッシュアップ	
奥会津地熱(株), 産総研, 会津大によるPR	協会・学会等でのPR活動	
産総研・会津大による導入支援	蒸気生産事業者・発電事業者等への技術指導	各社で実施
	定期的バージョンアップ	各社で実施

研究成果

I. AIによる異常検出法の開発 (a)基礎データ収集

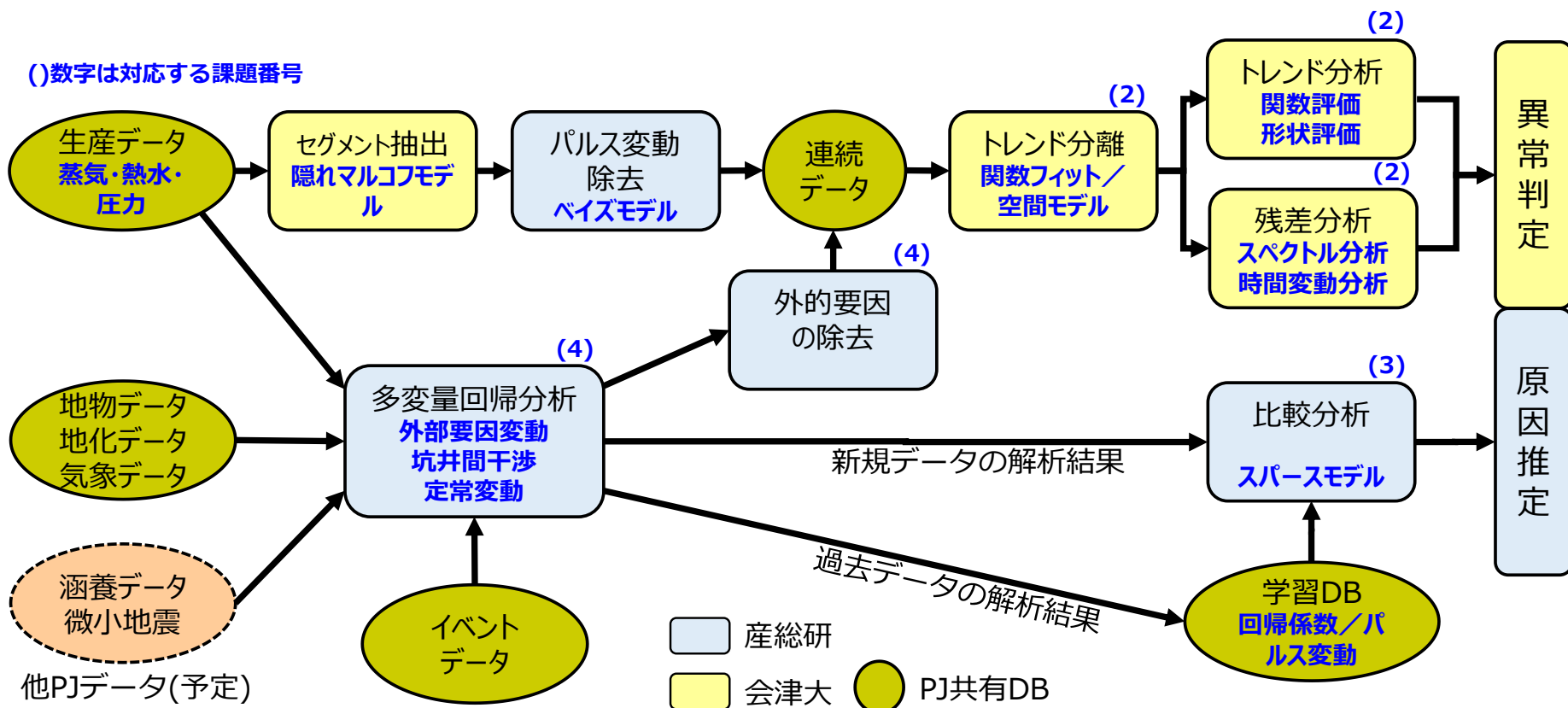
- * 奥会津地熱(株)が奥会津地熱地域で蒸気生産設備に付属する専用システムにより取得してきた生産データを本研究開発で使用可能なフォーマットへ変換した。
- * 過去の生産トラブル記録をデータベース化し、本研究開発で使用可能にした。
- * 奥会津地熱(株)における異常判断フロー図を作成し、異常判断アルゴリズム作成に使用した。
- * 約15年間の生産データの目視観察を通じて、異常の検出及び類型化を実施した。
- * 新規に検層を行い、坑内情報データを取得した。

研究開発項目	FY2021				FY2022				FY2023				FY2024 (予定)				FY2025 (予定)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
I. AIの開発 (a)基礎データの収集	生産トラブル記録集作成																			
	異常判断フロー図作成																			
	過去の生産データ集約				生産データの目視異常抽出															
					新規生産データ収集(自動取得/1ヶ月毎手動入力)															
					新規検層データ取得															
					新規スケール解析データ取得															
					各データのフォーマット変換															

研究成果

I. AIによる異常検出法の開発 (b)AIの開発

()数字は対応する課題番号



研究成果

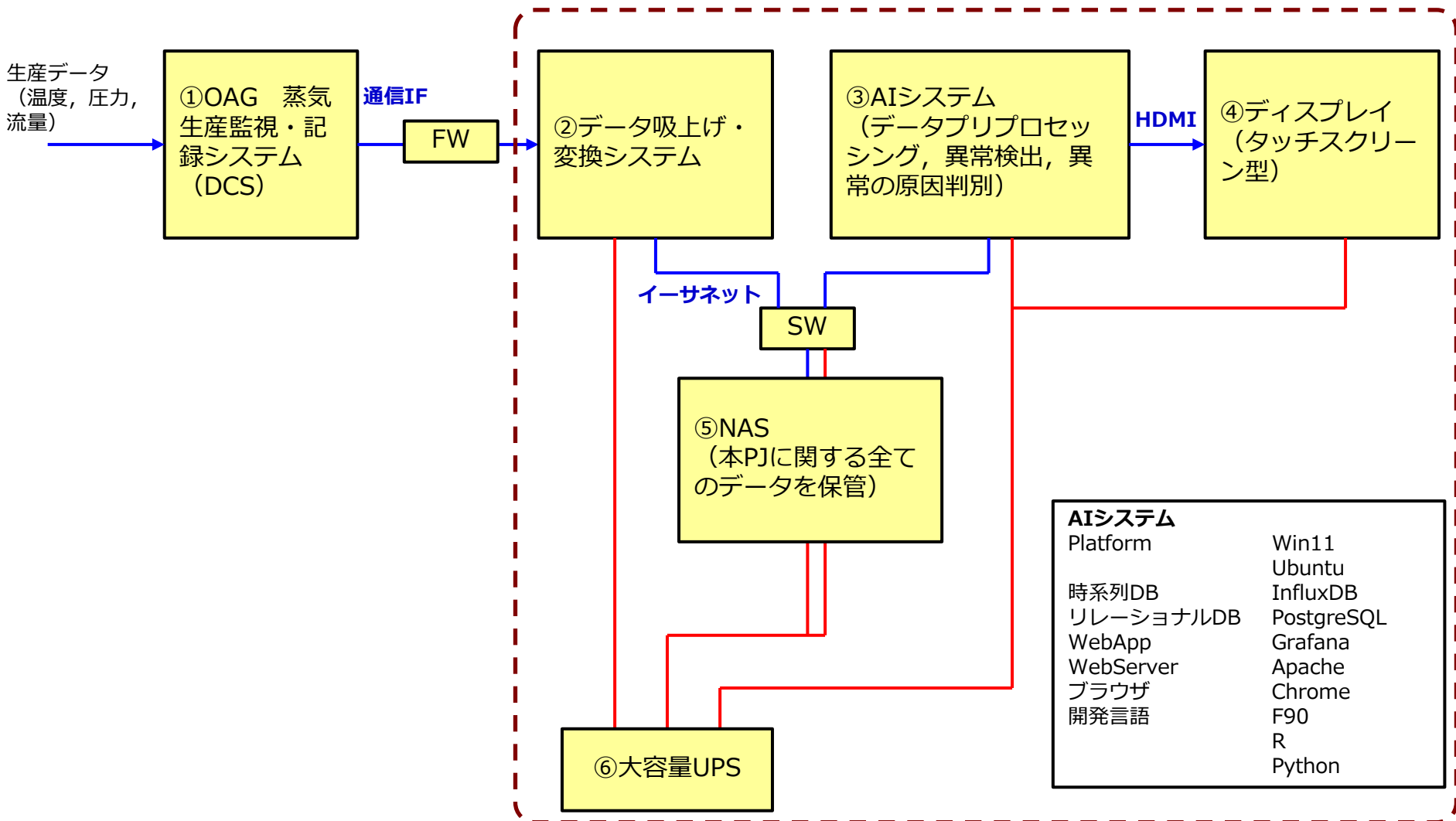
I. AIによる異常検出法の開発 (b)AIの開発

- * マルコフ過程を用いたセグメンテーション分割法を導出した。
- * 時変係数多変量解析により気水比の変化を検出可能であることを見出した。
- * 蒸気流量の坑井間相関性を評価し、多くの坑井で干渉現象が観測されていることを明らかにした。
- * 予測アルゴリズムProphetを使用して生産データの将来予測を行った結果、10日間先までの80%信頼区間内に、約88%のデータを予測できた。
- * 特異スペクトル法により、異常の発生を検知できる可能性が高いことを見出した。
- * 蒸気生産データのトレンドとカルマンフィルタを用いて、84%の事例でトレンドの変化発生から2日以内に変化を検知可能であることを見出した。
- * 実証試験用AIの仕様を決定し、開発に着手した。

研究成果

I. AIによる異常検出法の開発 (b)AIの開発

【開発するAIシステムの概念設計結果】



今後の主な科学的・技術的課題

I. AIによる異常検出法の開発 (a)基礎データ収集

- * 必要に応じて検層データ, スケールデータの取得
- * 項目 I .(b)からのフィードバックを受けた異常事例DBの更新

I. AIによる異常検出法の開発 (b)AIの開発

- * 開発した一連のソフトウェアの性能評価および実証試験用AIシステムへの実装

II. 実証試験

- * 実証試験用AIシステムの開発・機能向上 (～FY2023末)
- * 2年間の実証試験の実施 (FY2024～, 2年間)。実用上の課題をもとにしたAIの機能向上

III. 汎用化

- * AIソフトウェアの汎用化
- * マニュアル類の整備
- * サポート体制の構築

まとめと今後の展開

AIによる蒸気生産異常検出法に関して，2022.1末までに以下を達成した（一部はFY2022末までに完了予定）。

- (a) AIに必要な基礎データの収集がほぼ終了した（含：JOGMECプロジェクトデータ）
- (b) 統計数理学的手法によるセグメント分割法を導出した
- (c) 生産異常の早期検知の見込みを得た
- (d) 生産異常の将来予測手法のコア部分を開発した
- (e) 坑井間の干渉を評価した

研究開発項目	担当	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	○奥会津地熱， 産総研，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

中間評価