

地熱発電技術研究開発/地熱エネルギーの
高度利用化に係る技術開発/
「IoT-AI適用による小規模地熱スマート発電
&熱供給の研究開発」

団体名 : (一財)エンジニアリング協会
(一財)電力中央研究所
(国)東京海洋大学
伊藤忠テクノソリューションズ(株)

問い合わせ先
(一財)エンジニアリング協会
E-mail : <https://www.ena.or.jp/>
TEL : 03-5405-7203

事業概要

1. 期間

開始 : 2018年7月

終了 : 2021年5月

2. 最終目標

既存井戸の評価・モニタリング、事業性評価・運営、運転管理に係るEMP (Energy Management Platform)を完成させて、発電所のトラブル発生率を20%低減し、利用率を10%向上させる。

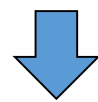
3. 成果・進捗概要

- 配管モニタリングデータに基づいて地熱流体輸送配管内におけるスケール成長の将来予測が可能であることを実証。
- 小規模地熱発電所の事業性評価支援ツールを開発して有用性を確認。
- 運転管理支援ツールを開発し、小規模地熱発電所2地点に適用して実用性、有用性を実証。
- エネルギーマネジメントプラットフォーム(EMP)プロトタイプを構築し、構築したEMPプロトタイプに収集した小規模地熱発電所のデータを整理登録して検証を実施。

1. 研究開発の内容・目標

研究開発の背景・課題

【背景】 (一社)火力原子力発電技術協会のデータ



(地熱発電の現状と動向 2017年:平成30年3月発行)

(地熱発電の現状と動向 2018年:平成31年3月発行)

既設小規模地熱発電所(100～1,000kW)

暦日利用率34.2～91.5%(中央値53.4%):2016年度

暦日利用率 5.9～100%(中央値60.9%):2017年度



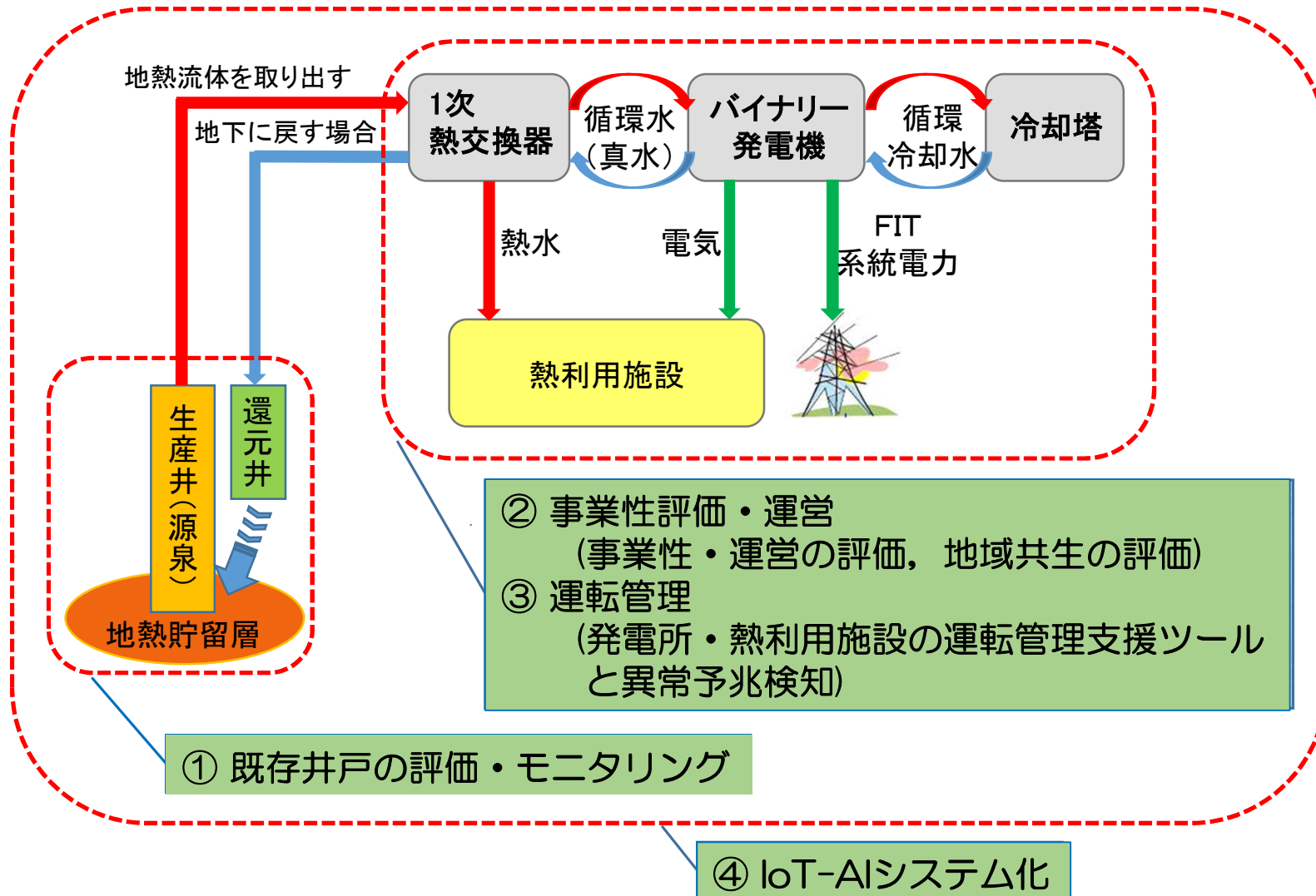
小規模地熱発電所の暦日利用率が小さいことは大きな問題であり、大幅な改善が望まれる。

【課題】

- ・ IoT-AIを有効に活用することによって、発電所のトラブル発生率を低減する等、暦日利用率の改善が課題。
- ・ 経済産業省は2030年までに地熱発電量を現在より約100万kW増加させる計画の達成が課題。

1. 研究開発の内容・目標

研究開発の内容 【研究開発項目の全体図】



※ IoT-AIシステム化 は、IoT-AIの適用区分を示す。

1. 研究開発の内容・目標

研究開発の内容 【研究開発項目の役割分担】

研究開発項目	エンジニアリング 協会	電力中央 研究所	東京海洋 大学 ^{注3)}	伊藤忠 テクノソリューションズ
① 既存井戸の評価・モニタリング 分析・評価	○		◎	△
モニタリング (スケール対策)			◎	△
② 事業性評価・運営 事業性運営の評価	○	◎		△
地域共生の評価	○	◎		△
③ 運転管理 発電所(井戸含む)				
a) 運転管理支援ツール	○	◎		△
b) 異常予兆検知	◎			△
熱利用施設(井戸含む)				
a) 運転管理支援ツール	○	◎		△
b) 異常予兆検知	◎			△
④ IoT-AIシステム化	○			◎

注 1) ◎は主担当, ○は副担当, △は各研究開発項目での成果とのインターフェース作成担当

2) 研究開発の流れ: データ収集・特定 → システムの適用性検証 → IoT-AIシステム効果の検証

3) 2018年度は熊本大学、2019年度に権利義務を承継

1. 研究開発の内容・目標

技術開発スケジュール

研究開発項目	担当※	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
①既存井戸の評価・ モニタリング ・評価、分析 ・モニタリング(スケール対策)	(1) (2)	データ収集・評価 既存井戸の計測	分析・EMPへの適用 既存井戸、スケール 厚さの計測	EMPへの組込み 実証試験 既存井戸、スケール 厚さの計測	
②事業性評価・運営 ・事業性・運営の評価 ・地域共生の評価	(1) (3)	データ収集・分析	事業性評価・運営のデータの 特定・EMPへの適用	EMPへの組込み 実証試験	
③運転管理 ・発電所・熱利用施設の 運転管理支援ツールと 異常予兆検知	(1) (3)	データ収集・分析 EnergyWin™の改良・EMPへの適用 (バイナリー発電所、熱利用施設、異常予兆)		改良したEnergyWin™ のEMPへの組込み 実証試験	
④IoT-AIシステム化	(1) (4)	下期 POC概念設計	E-PLSMをベースに EMPのプロトタイプ完成	EMPのプロトタイプを 改良し 基本ソフトの完成	

※ (1):(一財)エンジニアリング協会 (2):(国)熊本大学【2019年度以降は、(国)東京海洋大学】(3):(一財)電力中央研究所
(4):伊藤忠テクノソリューションズ(株)

注) EMP:Energy Management Platform POC:Proof of Concept (仮説検証)

2. バイナリー地熱発電所、熱利用施設の現状調査とデータ取得

バイナリー地熱発電所の発電停止分析結果

発電停止原因を分析した5か所の地熱発電所の発電停止時間は計15,225時間(約634日)で件数は計515件。原因を不調／検査／工事／停電／清掃／その他／原因不明の7種類の「原因種別」に分類した結果は下図の通り。

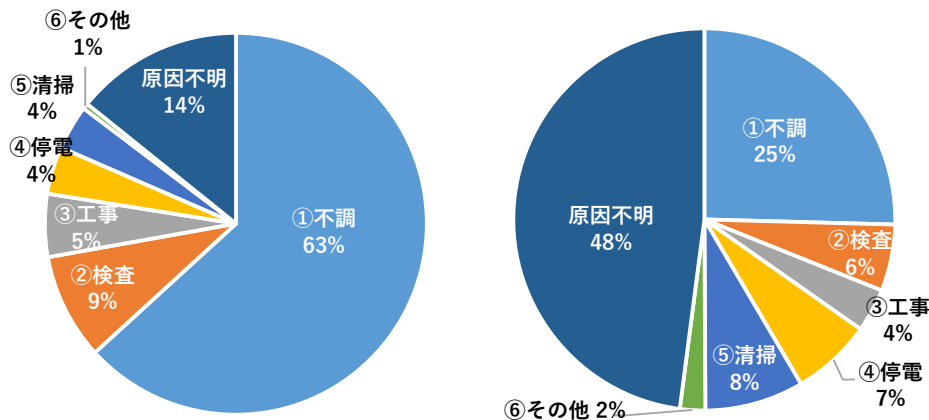


図-1 発電停止累計(時間)

図-2 発電停止累計(件数)

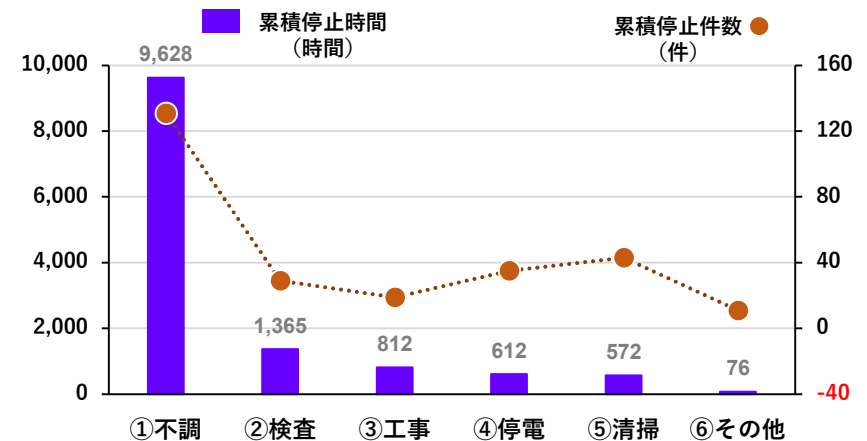
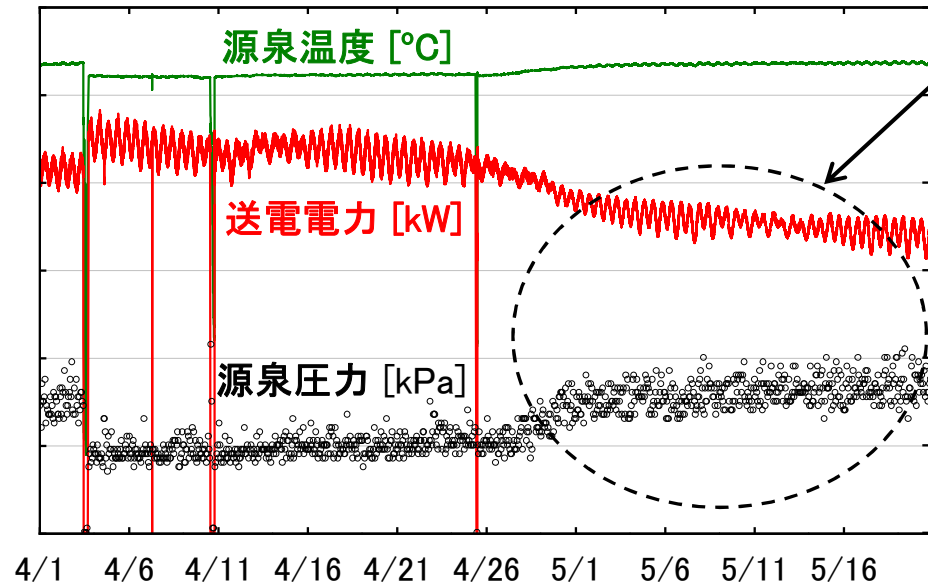


図-3 発電停止原因別の停止時間と停止件数
(原因不明を除く)

- 発電停止の最たる原因は「設備(主に発電機)の不調」。
①不調による発電停止時間が63%で突出して長い。発生件数は全体の25%で、1件あたりのトラブル復旧に要した時間も他に比べて非常に長い。(73.5時間(3.1日)／件)
- 検査・工事・清掃の頻度・時間を増やし、それに勝るだけ設備不調の時間が抑えられる可能性があれば、積極的に検討すべき。
②検査、③工事、④停電および⑤清掃の4つの原因による発電停止時間合計値は、①不調の63%に対して22%に過ぎない。個々の時間短縮による期待効果は比較的少ない。
- 原因不明の発電停止が多く、その究明が必要。

3. 既存井戸の評価・モニタリング(研究開発項目①)

スケールモニタリング: 源泉起因トラブル対策に向けた検討

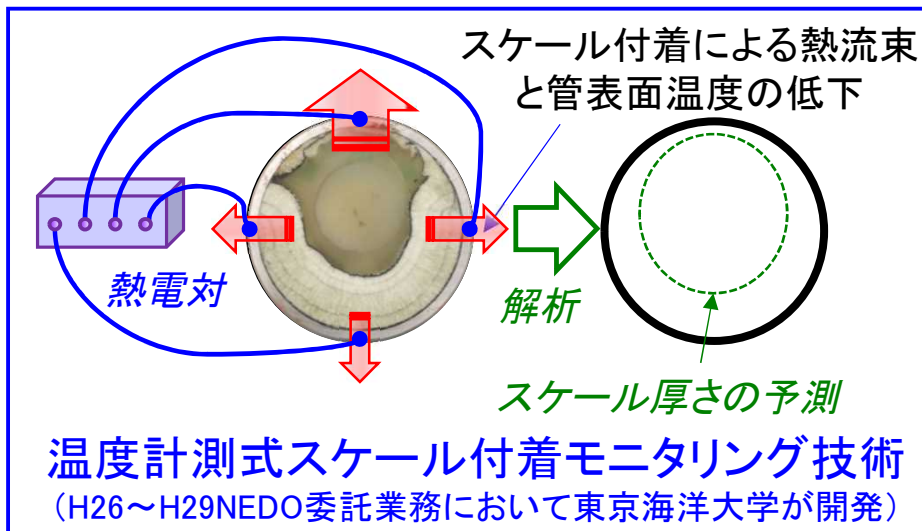


電力の低下 ⇔ 源泉圧力の上昇
スケール付着の影響?

⇒ スケールモニタリングが必要

圧力計測によるスケール付着の予測

- **設置難度: 高** 発電停止・配管の切断が必要 ⇒ 施工費用が高い
- **費用: 高** センサー単体費用が高く、多点計測不可 ⇒ 付着箇所の特徴困難
- **接触式** センサー部にスケール付着 ⇒ 計装トラブルが多い

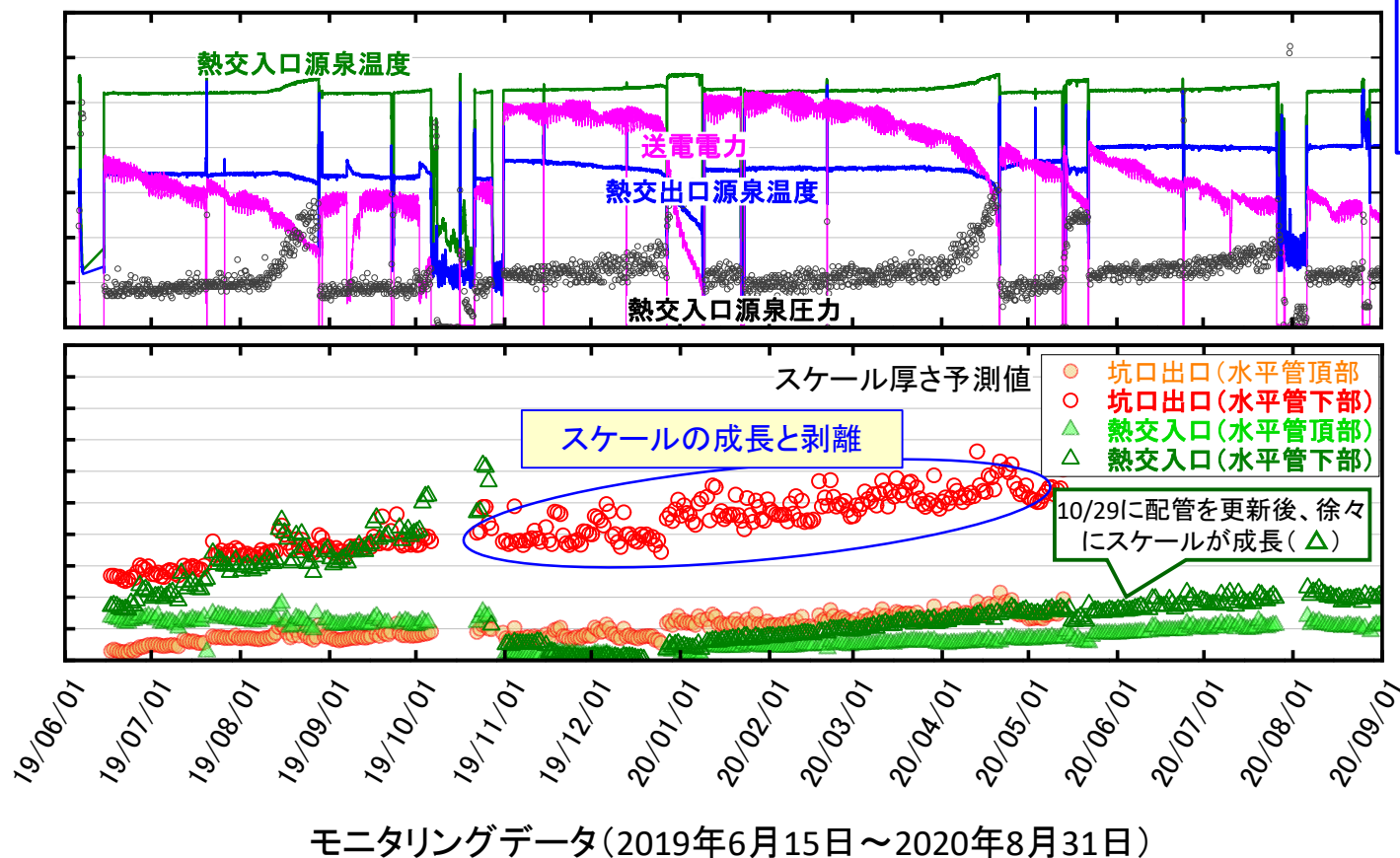


温度計測式スケールモニタリング

- **設置難度: 低** センサーを貼るだけのため非破壊 ⇒ 施工費用が安い
- **費用: 安** センサー単体費用が安く、多点計測可能 ⇒ 付着分布の計測可能
- **非接触** センサーの劣化が少ない ⇒ 計装トラブルの低減

3. 既存井戸の評価・モニタリング(研究開発項目①)

源泉状態と配管内スケールの関係



- 源泉配管内圧力・温度の上昇と送電電力の低下。
- 熱交換器への剥離スケールの堆積が主要因。



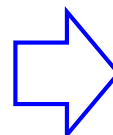
熱交換器入口に堆積した剥離スケール



スケールが付着した配管断面

スケールモニタリングの活用と期待される効果

- モニタリングによりスケールの成長・剥離が著しい配管を特定。



- メンテナンス対象配管・場所の特定、メンテナンス時期の最適化

4. 事業性評価・運営(研究開発項目②)

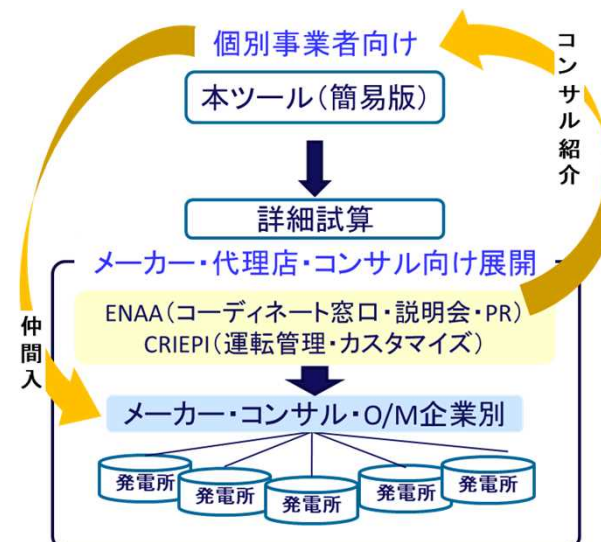
事業性評価支援ツールの開発

- ❑ 売電収入や工事費支出など事業収支の確認(キャッシュフローの見える化)、点検・修理時期など運営計画のシミュレーション機能、点検情報・トラブル事例などのデータベース管理機能を搭載
- ❑ 季節変動を考慮した発電電力量予測式(「GeoShink™」による分析結果の一部)を計算モデルに搭載し、実運転データがない場合でも売電収入の近似値を算出可能
- ❑ 発電設備の製造元・発電規模・発電方式に関係なく汎用性が高い
- ❑ Microsoft® Excel®ファイルで操作

ツールのホームページ



ツールの今後の展開



4. 事業性評価・運営(研究開発項目②)

事業性評価支援ツールの開発: 日々の情報記録と事業性の確認

基本情報

施設名称 発電所

運転開始日

発電機メーカー

形式

定格出力 kW

機数 1

所内率 25 % (中央値) kW
(変動幅) kW

認定出力 kW (季節補正) 23 °

稼働率 %

売電価格 40 円/kWh (税抜)

維持管理者

初期投資費用 円 ☐ 初期コストに含める

添付画像の有無 ☐ 無し

運転データのインポート 登録 画像取り込み 画像表示 閉じる

定期点検情報

点検開始日

点検期間 日間(準備・復旧含)

運転停止期間 ~

費用 円 第一種压力容器性能検査
 円 内容
 円 内容

合計 円

添付画像の有無 ☐ 無し

新規 履歴を参照 保存 画像取り込み 画像表示 閉じる

維持管理情報

作業発生日

運転停止期間 ~

頻度 日毎に一回

維持管理費 円 内容
 円 内容
 円 内容

合計 円

添付画像の有無 ☐ 無し

新規 履歴を参照 保存 画像取り込み 画像表示 閉じる

描画するグラフの種類と、シミュレーション年数を選択して下さい。

年

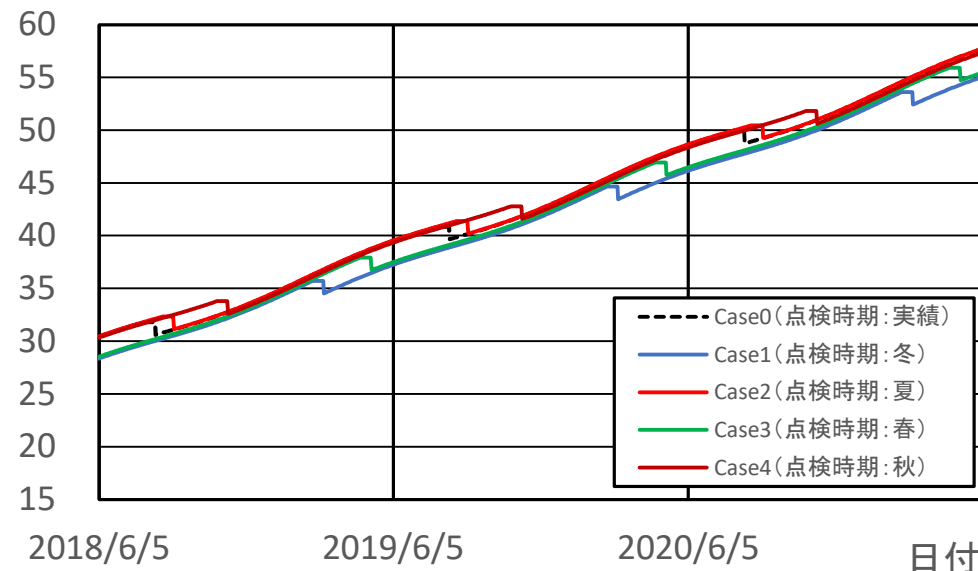
事業性の確認

描画 定期点検時期比較

グラフ描画 閉じる

アウトプット例: 定期点検時期による事業収支の比較

事業収支(百万円)



- ・定期点検・維持管理情報をデータベース化(記録をつける習慣づけ)
- ・実測データもインポート可能
- ・初期投資額も含めた収支計算も可
→ 日常の運営PDCAを支援

4. 事業性評価・運営(研究開発項目②)

事業性評価支援ツールの開発:トラブル対応検討シミュレーション

トラブル対応検討

事象名

発生日

内容

シミュレーション開始 シミュレーション期間 年

シナリオ1 (直ちに停止して修理)
停止(修理)期間 日 修理コスト 円

シナリオ2 (次の定期点検時まで運転継続)
出力低下率 % 次の定期点検日(シナリオ3共通)
縮退時出力 kW 停止(修理)期間 日 修理コスト 円

シナリオ3 (次の定期点検時まで運転継続:出力段階的に低下)
出力低下率 % ~ 出力低下率 %
縮退時出力 kW 縮退時出力 kW
停止(修理)期間 日 修理コスト 円

シナリオ4 (ユーザー設定)
出力低下1:日付 ~ 出力低下率 % 縮退時出力 kW
出力低下2:日付 ~ 出力低下率 % 縮退時出力 kW
出力低下3:日付 ~ 出力低下率 % 縮退時出力 kW
出力低下4:日付 ~ 出力低下率 % 縮退時出力 kW
停止(修理)期間 日 修理コスト 円

新規条件 履歴を参照 条件を保存 シミュレーション 閉じる

トラブル情報記録

発生日

復旧日

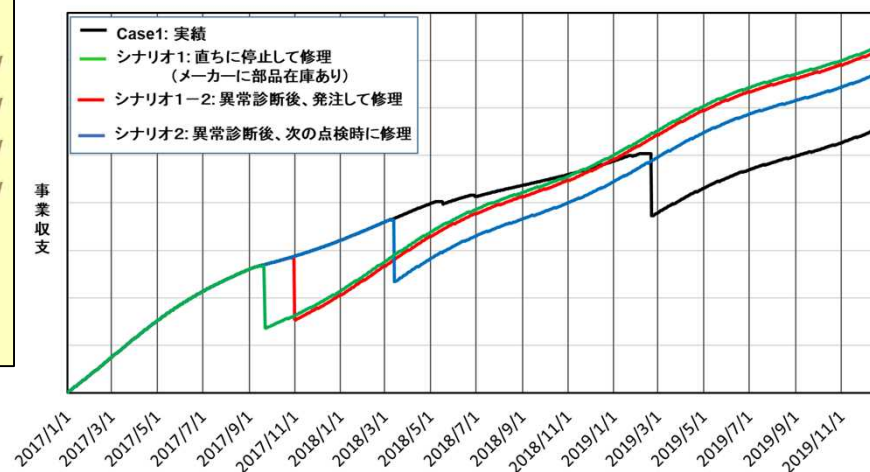
停止期間 日

トラブル内容

修理費 円
内訳:部品代 円
工賃 円
修理内容

過去の記録 登録 閉じる

アウトプット例:停止時期による事業収支の比較



・トラブル時の対応(停止時期等)を複数シナリオ・期間で事業性の検討可能

5. 運転管理(研究開発項目③)

発電管理施設向けに運転管理支援ツール「GeoShink™」を開発

- 発電関連設備および熱利用施設の各機器性能や各配管部の状態量を遠隔監視(見える化)するツール
- 運転データに基づく設備全体の性能解析・評価をリアルタイムに実施
- 小規模地熱発電所2 地点を対象に実証試験を実施

- 発電機出力の異常低下を検知
- 蒸発器の性能低下を検知
- 本事例では、管理ツールの適用によって暦日利用率が10%以上改善しうることを確認

管理ツールの設備異常診断への有用性を確認

- ✓ 井戸や大気条件の影響を加味した上で、対象設備の健全性を要素機器や各配管単位で診断することが可能
- ✓ 設備性能の解析にかかる労力を大幅に削減
- ✓ 比較的安価に導入することが可能



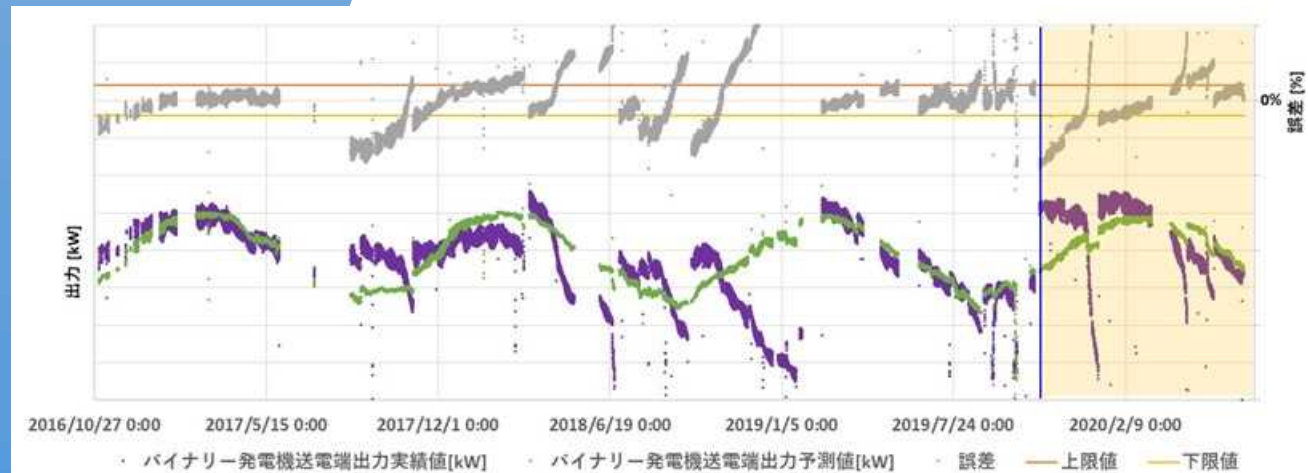
5. 運転管理(研究開発項目③)

運転管理支援ツール「GeoShink™」による異常検知手法

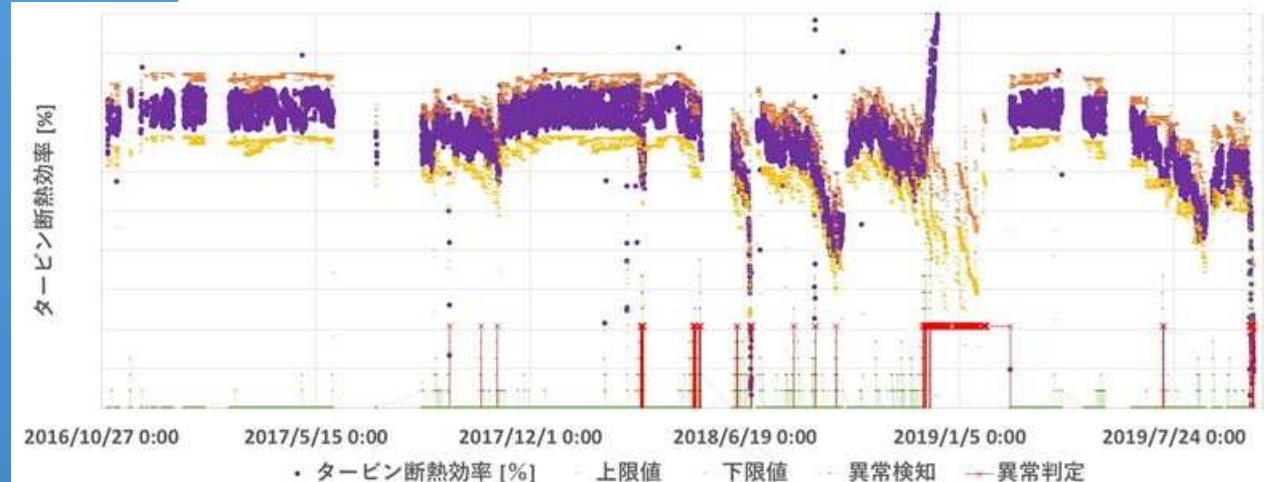
ジオシンク



- バイナリー発電機の発電出力を予測
- 実測値との誤差から発電関連設備の異常を検知



- 運転データに基づき、タービン断熱効率を算出
- 安定運転時のタービン断熱効率との比較から、性能値の異常を検知



5. 運転管理(研究開発項目③)

運転管理支援ツール「GeoShink™」の概要



- 井戸下から一次熱交換器、バイナリー発電設備に至る地熱発電設備全体を一元的に状態監視
- 電中研が開発した発電プラント向け熱効率解析ソフト「EnergyWin®」と連携することで、機器などの性能値を解析して異常予兆を検知
- 「GeoShink™」は、地熱発電設備のみならず、バイナリー発電方式を採用している
 - ▶ バイオマス発電設備
 - ▶ 廃熱発電設備などにも適用可能

「GeoShink™」は対象設備全体の熱効率を解析することにより、要素機器から各配管に至る各設備の状態を容易に把握し、遠隔監視(見える化)することができる。

また、「GeoShink™」を活用することにより、設備状態の解析にかかる労力を大幅に削減できるだけでなく、井戸や大気条件の影響を加味した上で、機器や配管単位で対象設備の健全性を診断することが可能となる。

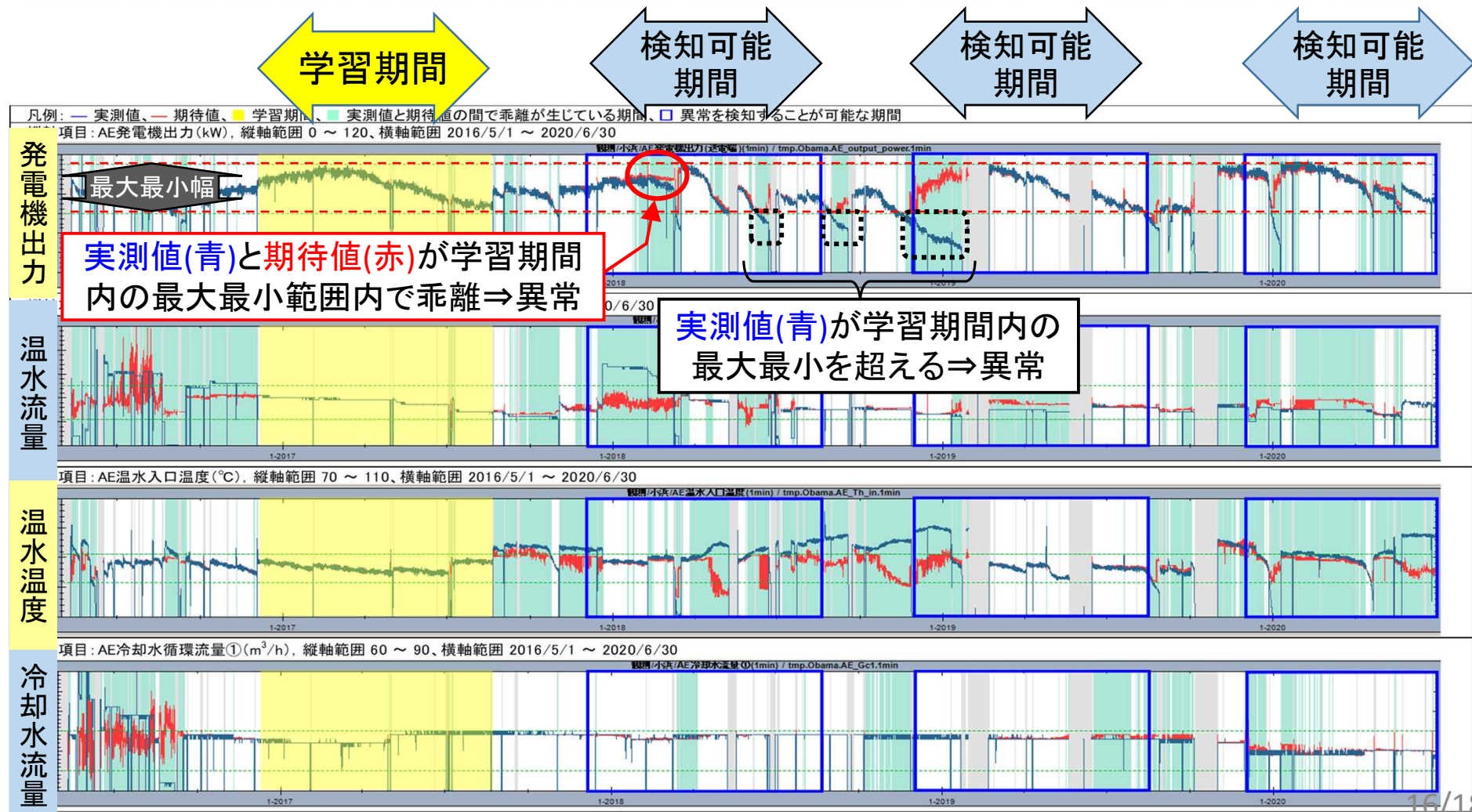


「GeoShink™」の設置イメージ(左)、活用イメージ(右)

5. 運転管理(研究開発項目③)

異常予兆検知ソフト(Predict-It)による検知事例

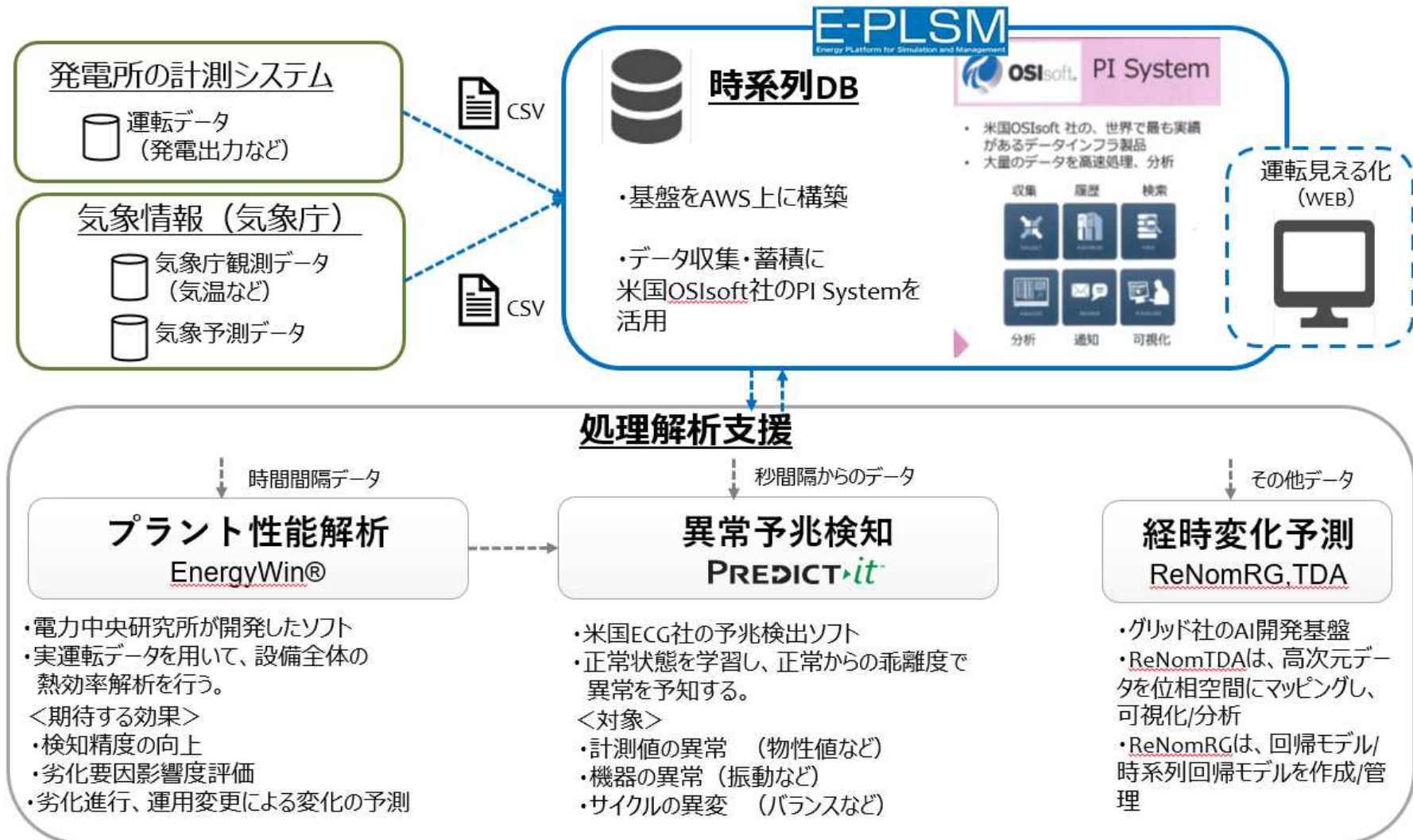
- ・異常予兆検知のための学習期間を適切に設定する必要がある。
- ・年度別のデータの重ね合わせや事業者へのヒアリングを通じて、どの期間が正常データであるかを見極めることが重要。以下は、学習期間と同じ季節のデータを解析した例である。



6. IoT-AIシステム化(研究開発項目④)

クラウド環境(AWS)を用いた可用性の高いプロトタイプを構築

- ・運転見える化は、Webで利用可能(発電事業者が容易に利用できる)
- ・運転管理特性分析は、リモートデスクトップで利用可能(必要に応じてコンピュータリソースを増設できる)



6. IoT-AIシステム化(研究開発項目④)

エネルギーマネジメントプラットフォーム(EMP)のあるべき姿について

個別事業者ごとに専用基盤を構築するプライベート基盤では、スケールメリットが出ない。様々な再エネ事業者のシステムと統合したパブリック基盤を構築し、その中で地熱発電事業者がEMPを共有利用する仕組みづくりが必要である。知識ベース化することにより、国内小規模地熱全体の効率改善に寄与できる。

