

「ASEAN地域電力会社向けIoT活用による発電事業 資産効率化・高度化のための技術実証事業(タイ)」 (事後評価)

(2019年度～2022年度 3年間)

実証テーマ概要 (公開)

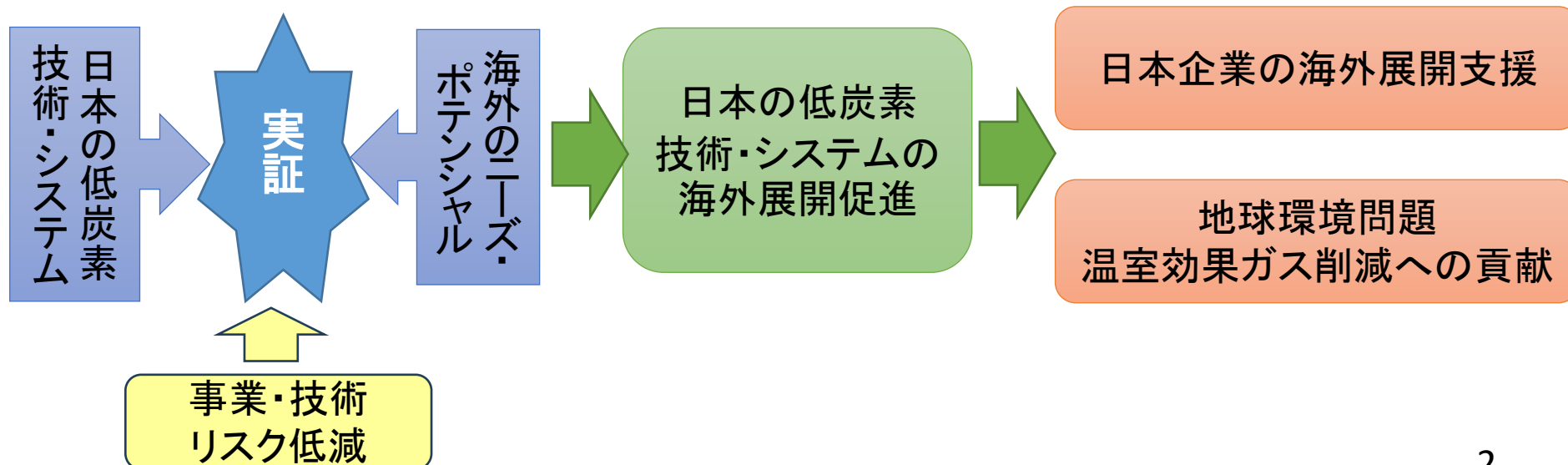
丸紅株式会社
NEDOプロジェクトチーム(国際部 地球環境対策推進室)

2024年1月

1. 事業の位置付け・必要性 【NEDO】
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント 【NEDO】
 - (1) 相手国との関係構築の妥当性
 - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
 - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果 【丸紅株式会社】
 - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 【丸紅株式会社】
 - (1) 事業成果の競争力
 - (2) 普及体制
 - (3) ビジネスモデル
 - (4) 波及効果

民間主導による低炭素技術普及促進事業

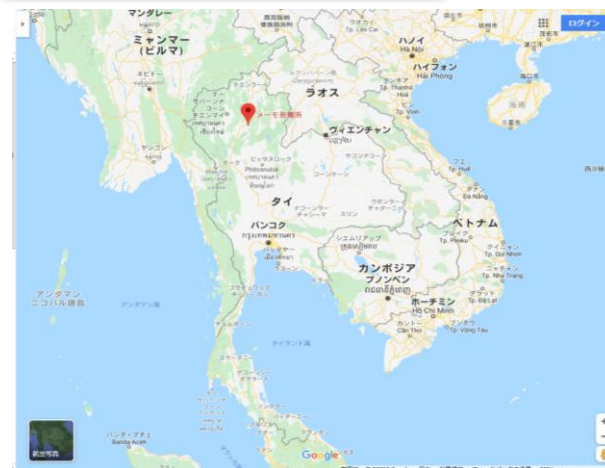
先駆性があり高付加価値化・最適化を図ることのできる **I C T 等の先端技術等**を利用して、**費用対効果が高く、排出削減と定量化を同時に達成出来る事業を実施し**、並行して相手国における当該技術・システムの普及促進に資する政策との連携や制度整備支援を国とN E D Oが連携して取り組むことで、**我が国の低炭素技術・システムの普及拡大を図る**こととする（出所：基本計画（平成30年））



<地球温暖化政策に係る両国の背景>

- タイでは2005年を基準年として、2030年までにBAUレベルと比較し30%から40%のGHG排出量の削減、また2050年までにカーボンニュートラルの達成、2065年までにGHG排出のネットゼロを実現するため、様々な努力を継続する。
- 我が国では、NDC（国が決定する貢献）において、二国間クレジット制度（JCM）により官民連携で2030年度までの累積で1億t- CO_2 の国際的な排出削減を目指す。

タイおよび周辺国



<タイのエネルギー部門の課題>

- エネルギー経済効率を2036年までに2021年度比で30%削減する。
- エネルギー多様化、安全保障の観点から自国産石炭の有効活用を期待（参考：2018年4月のEnergy Forumにおけるタイ国エネルギー省発表）

<事業の意義>

- IoT技術を活用したソリューション提供により発電設備の効率化、GHG排出削減
- 実証運転効果の検証を元に、日本企業有する低炭素技術・システムの海外展開を後押し

● 「日本の約束草案」(2015年7月)

- 「途上国への温室効果ガス削減技術、製品、システム、サービス、インフラ等の普及や対策実施を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への我が国の貢献を定量的に評価するとともに、我が国の削減目標の達成に活用するため、JCMを構築・実施していく。」

● 「地球温暖化対策計画」(2016年5月)

- 「地球温暖化対策と経済成長を両立させる鍵は、革新的技術の開発である。「エネルギー・環境イノベーション戦略」に基づき、有望分野に関する革新的技術の研究開発を強化していく。加えて、JCM等を通じて、優れた低炭素技術等の普及や地球温暖化緩和活動の実施を推進する。」

● 「未来投資戦略」(2018年6月)

- 「各国のニーズに応じ、低炭素技術の幅広い選択肢を提案し、世界のエネルギー転換・脱炭素化と気候変動対策を牽引する。…(中略)…民間活力を最大限活用した 二国間クレジット制度(JCM)等を通じ、日本の脱炭素技術等の国際展開を進める。」

● 「エネルギー基本計画」(2018年7月)

- 「省エネルギーや環境負荷のより低いエネルギー源の利用・用途の拡大等に資する技術やノウハウの蓄積が進んでおり、こうした優れた技術等を有する我が国は、技術力で地球温暖化問題の解決に大きく貢献できる立場にある。このため… (中略) …日本国内で地球温暖化対策を進めることはもとより、世界全体の温室効果ガス排出削減への貢献を進めていくことが重要である。例えば、我が国の優れたエネルギー技術を活かして、二国間オフセット・クレジット制度 (J C M) の活用や低炭素型インフラ輸出なども含めた海外貢献の拡大が有効であり、こうした取組を積極的に展開すべきである。」

● 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(2019年6月)

- 「… (中略) … 二国間クレジット制度 (JCM) 等を通じ、我が国の脱炭素技術の導入と合わせて、普及に向けた政策・制度構築等を進めることで相手国の温室効果ガス排出を大幅に削減する脱炭素技術の普及をもたらす。さらに、他国への横展開を促進することで、更なるビジネス主導の国際展開と同時に、世界全体の温室効果ガス削減を進めていく。」



- 日本の脱炭素化技術の国際展開を推進しつつ、地球規模での温室効果ガス排出削減に貢献するためにJCM等のツールを活用していくことが明記されている。
- 実証事業にて導入する設備・システムのGHG排出量削減効果を定量化し、我が国の削減目標の達成に貢献する。

<課題>

- ① 先端的な低炭素技術の海外での実証事業は、技術リスクを有し、事業者単独では実施に踏み込みづらい。
- ② 実証技術・システムの実施や普及に際して、相手国の政策・制度との連携が有効であり、相手国側の関与を引き出す必要がある。
- ③ JCM等のクレジット取得に際して、相手国・日本国政府関係機関等との交渉・調整業務が求められる。
- ④ 実証設備導入工事、実証運転等の実証事業項目をスケジュール遅延なく実行するため、進捗管理と不測の事態への対応が必要とされる。



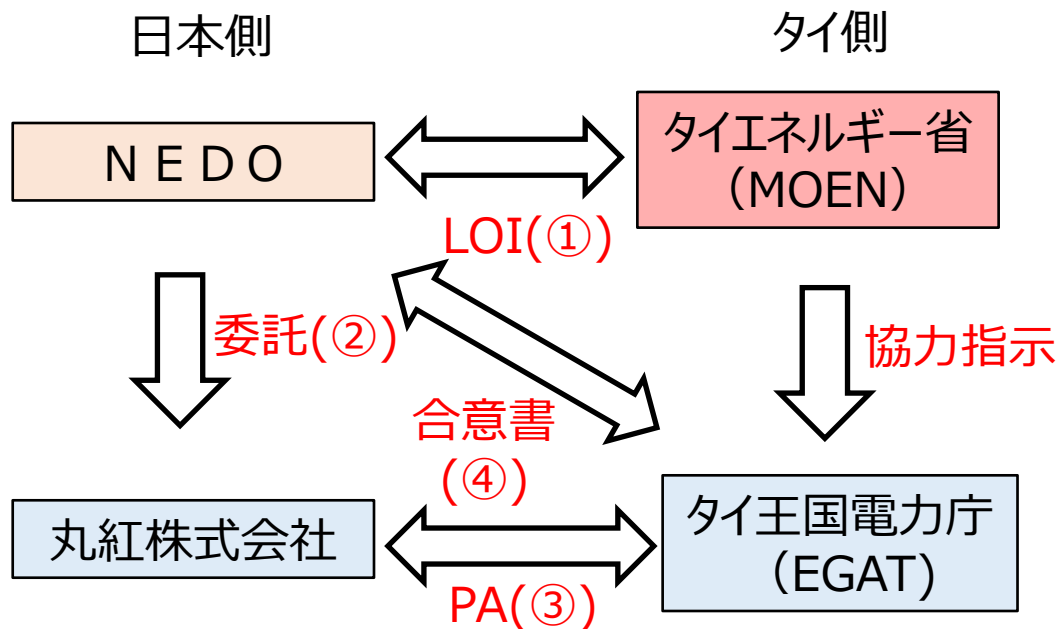
<NEDOの関与>

- ① 予算的措置により実証事業の技術リスクを低減させる。
- ② 相手国政府機関等との合意文書締結等を通じて、相手国の関与の確保する。
- ③ 京都メカニズムクレジット取得事業の経験をもとに、JCM手続きをサポートする。
- ④ 事業進捗確認、JCM制度の啓蒙のため、タイ側関係省庁およびカウンターパート、日本側事業者（丸紅）を含めたステアリングコミッティーを定期的開催する等、コミュニケーションを形成する。

2. 事業マネジメント (1) 相手国との関係構築の妥当性

<実証体制>

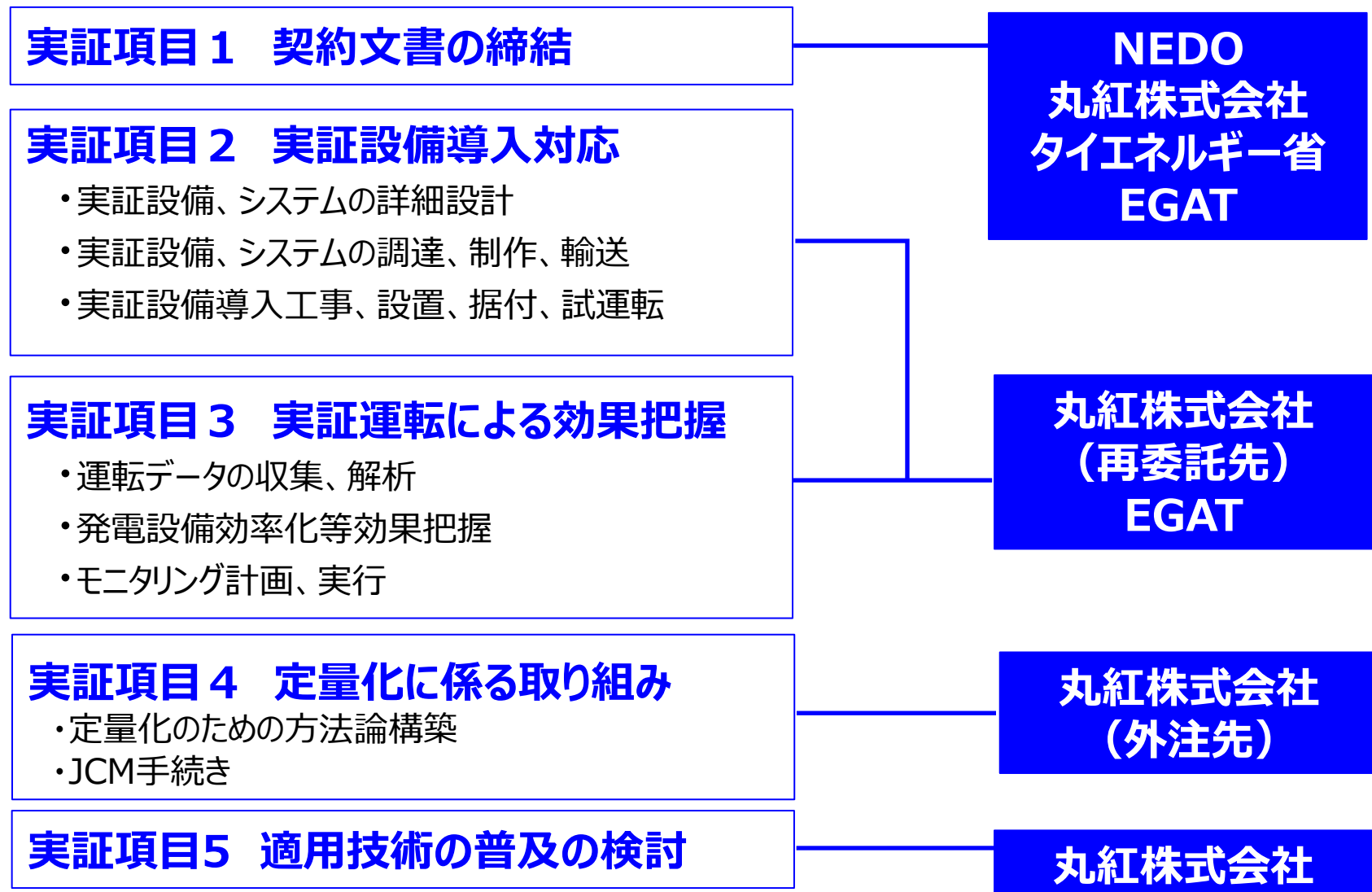
- ① NEDO/タイ・エネルギー省間にて、LOIを締結し、主に実証事業の実施に必要な国政府機関の協力事項を規定した。
- ② NEDO/事業者丸紅株式会社間にて、実証事業委託契約(約款)を締結にて規定した。
- ③ 事業者丸紅株式会社/タイ電力公社間にて、プロジェクトに係るPAを締結し、実証事業に係る詳細や権利義務関係を規定した。
- ④ NEDO/タイ電力公社間にて、事業終了後の実証資産の活用について合意書を締結した。



図：実証事業の実施体制



図：実施協定書の署名式
(2020/2/5)



図：実証事業の役割分担

事業内容・目標

- EGATが保有するマエモ発電所11・13号機（各300MW）を対象に、AI・ビッグデータ解析等を用いた効率改善・信頼性向上を実現する高度なデジタル・ソリューションを導入し、発電所全体の最適化を通して、温室効果ガス（GHG）排出量の削減を図る。
- 効果の検証を元に、当該システムの相手国、ASEAN地域での普及活動を促進する。

実証概要

3つのデジタル技術を用い、発電所の熱効率改善およびボイラ燃焼効率の最適化によって発電効率の向上を図り、燃料消費量を低減、信頼性の向上を図る。

1. 熱効率最適化デジタルソリューション
2. ボイラ効率化ソリューション
3. 予兆検知ソリューション

カウンターパート	タイ国エネルギー省
委託先企業	丸紅株式会社
事業実施サイト	EGAT（タイ発電公社） マエモ火力発電所11号機・13号機（*）
想定CO2 排出削減量	14,000ton CO2/year



（*）：2025年退役予定

導入ソリューション

1. 熱効率最適化デジタル・ソリューション

- 熱効率評価モデルを作成し、発電所からの運転データをもとにリアルタイムにプラントの劣化情報を計算し可視化。
- 全体最適を達成するための包括的な効率解析を行い、熱効率改善策の立案とマエモ発電所への説明、対応時期などを調整。

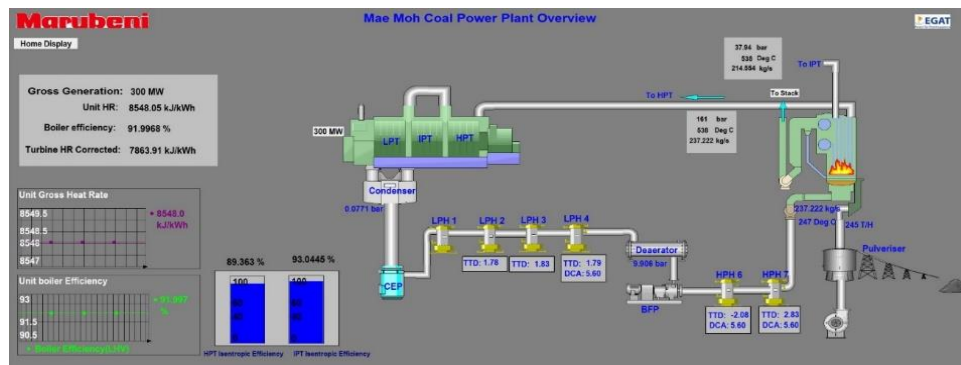


図 熱効率最適化デジタルソリューションによるマエモ火力発電所の遠隔監視画面

2. ボイラ効率化ソリューション

- AIアルゴリズムが運転員に対しボイラ操作端の一部の操作に対する指示を与えることにより、ボイラの燃焼及び運転の最適化を図る。
- 発電所で使用される燃料の特性を考慮した炉内クリーニング（スツブロウ）の最適化による収熱改善と信頼性向上を実現。

3. 予兆検知

- 発電資産管理・モニタリング等のノウハウを活用し、独自に開発したアルゴリズムを用いて、発電所の各種機器から取得したビッグデータを分析し、正常状態を把握。この結果と現況データをリアルタイムで比較することで機器異常を故障に至る前に検知し事故を防止。

計画

実証前調査によるシミュレーションの結果、

- 1. 熱効率改善診断による熱効率改善を11号機0.2%、13号機0.11%、2. ボイラ効率改善ソリューションによる発電効率改善率を11号機0.25%、13号機0.48%、3. 予兆検知による発電効率改善率を11号機、13号機各1%向上。
- JCMプロジェクト化を目指しており、実証によるGHG排出削減量は11号機、13号機合わせて年間14,000tCO₂の効果 10

- COVID-19により、タイ国内に緊急事態宣言が発令され、現地発電所への入所が制限される中、リモート会議ツール等を活用することで、設計、必要仕様等の調査、および据え付け工事を円滑に実施、予定通り2021年3月より実証運転を開始した。
- 実証運転開始後も、渡航制限や入所制限が継続する中、オンライン会議等でコミュニケーションを図り、情報の共有化により諸問題の早期解決と是正に努めた。

表：実証事業のスケジュール（計画/実績）

費用：百万円

年度	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022
計画	実証前調査	実証事業		
	★ MOU締結	輸出準備 輸送 組立て・試運転	実証運転	
実行	実証前調査	実証事業		
	★ MOU締結	輸出準備 輸送 組立て・試運転	実証運転	
費用	50	435	167	235
総額	887			

■ プロジェクト当初に設定した定量目標をほぼ達成し、期待される効果を確認出来た。

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達

ソリューション	期待される効果	定量目標	達成状況	
熱効率最適化 デジタルソリューション	熱効率改善	熱効率改善診断による熱効率改善 11号機0.2%、13号機0.11%	◎	11号機：0.48%
	発電設備 全体最適化			
ボイラー効率化 ソリューション	AIアルゴリズムにより最適運転 条件指示	熱効率改善率 11号機：0.25% 13号機：0.48%	◎	11号機：0.57% 13号機：0.33%
危険予知 ソリューション	ビックデータ解析 による設備把握	設備稼働率 11号機：1% 13号機：1%	△	11号機：0.13% 13号機：0.13%
	リアルタイム監視 により機器異常 把握、事故防止			

(1) 実証コンセプト

● 実証システム構成

以下の点を考慮してクラウド上に必要機能を構築

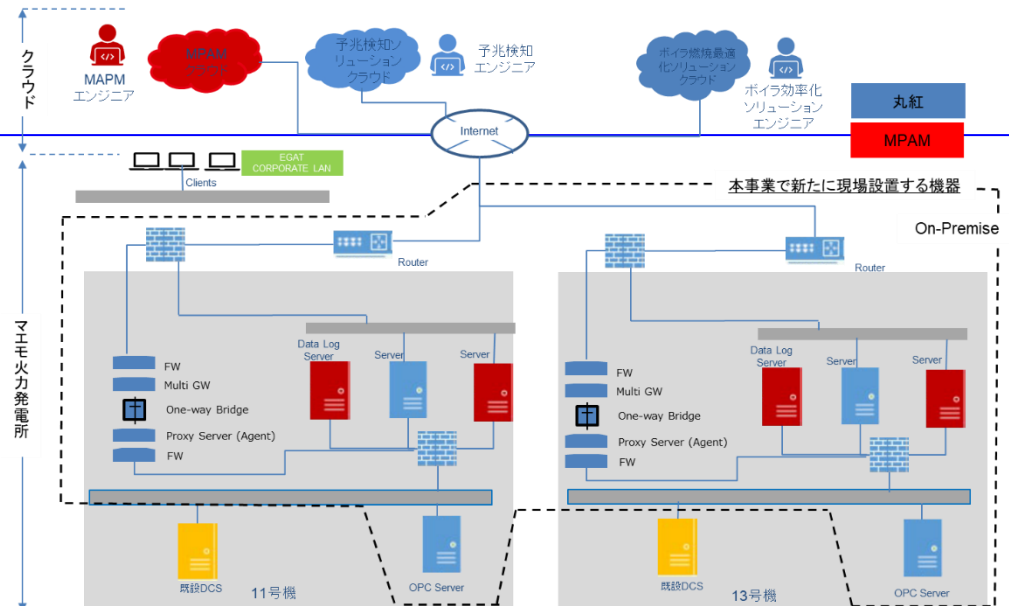
- ◆ 専門技術者による遠隔サポートが可能
 - ◆ EGAT本社、マエモ発電所間の常時情報共有体制の有用性
- 発電所の運転データをリアルタイムにクラウドへ送信。

クラウド上に構築したデジタルアルゴリズムがリアルタイムで自動解析を行い結果を表示。

● 運用体制

EGAT人員がクラウドに自らアクセスし、解析結果を確認。必要なアクションを取る。

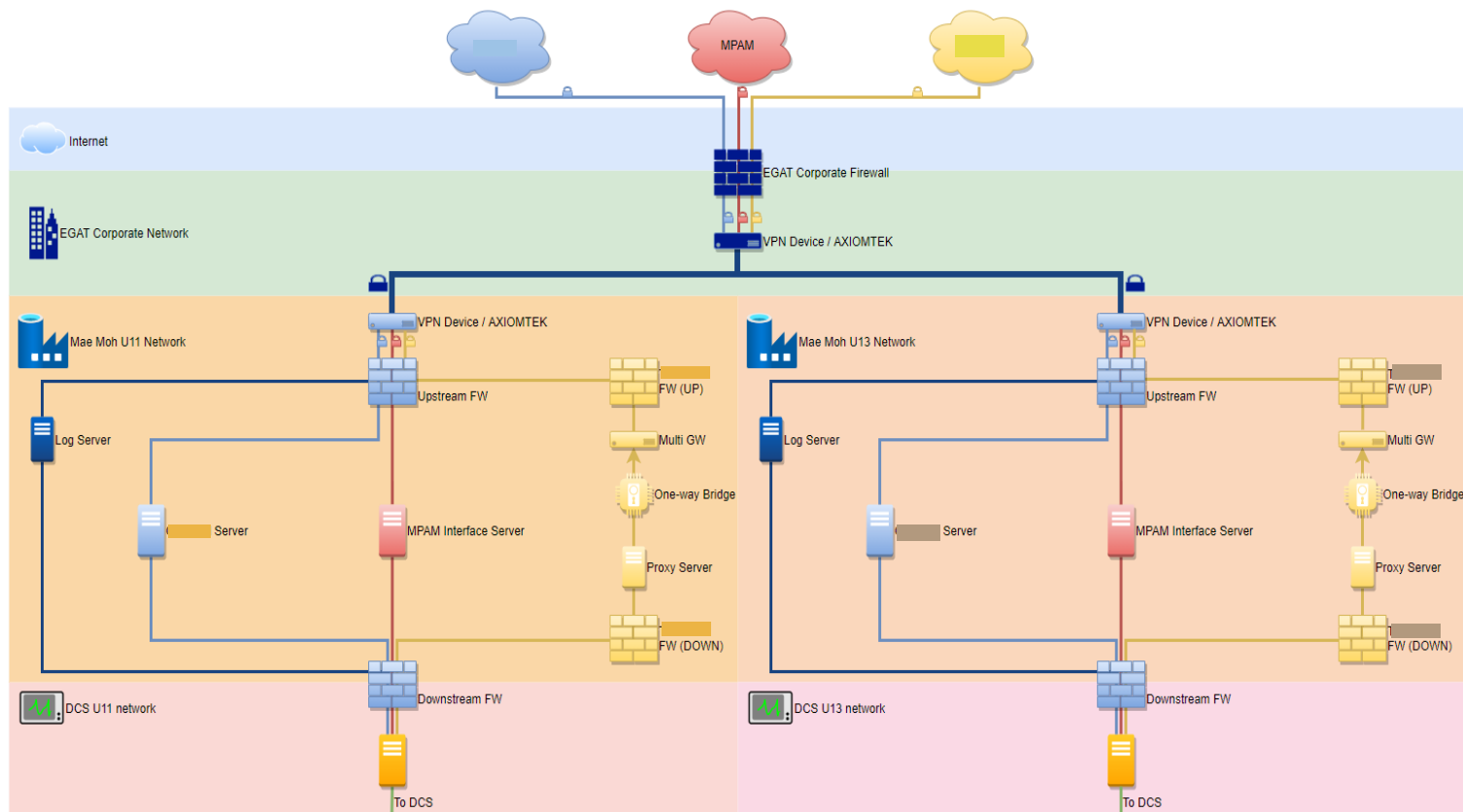
専門技術者は各々クラウドにアクセスしてEGATにアドバイスをを行う。



(2) システム構築

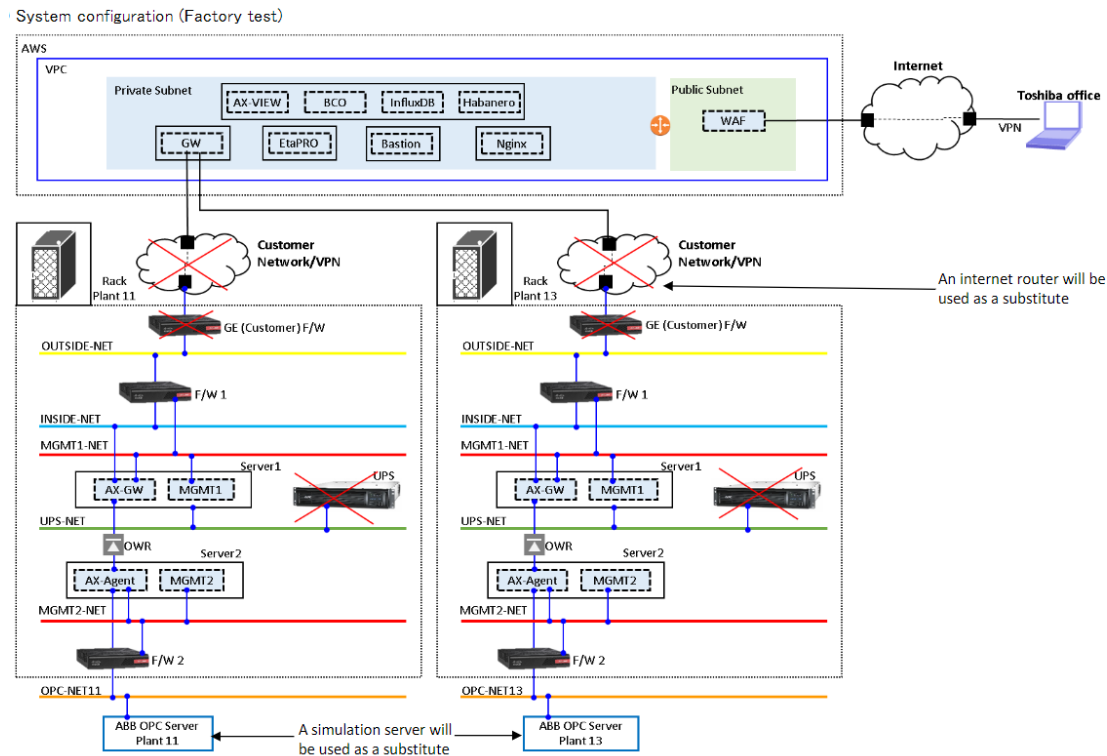
クラウドソリューションであるためサイバーセキュリティ対策を慎重に実施

- ◆ ハードウェア：DMZ（De-Militarized Zone、外部ネットワークとの接続ポイントにファイヤーウォールで囲われたサーバーを設置して緩衝地帯とするネットワーク構成）
- ◆ 評価：システム構築後に外部専門家によるサイバーセキュリティ実査を実施。
- ◆ 教育：EGAT所員に対するサイバーセキュリティトレーニングを実施。



(3) 実証設備・システムの調達、制作、輸送

- ◆ 本実証におけるネットワーク機器は2020年7月から順次調達を開始し、マエモ発電所へ輸送
- ◆ ボイラ効率化ソリューション関連機器は、そのネットワーク構成が複雑であることから、2020年9月に制作メーカー工場に試験環境を構築しての通信確認試験を実施し機器の初期設定を工場内で完了させた。



ボイラ効率化ソリューション工場試験ネットワーク構成図

(5) 熱効率最適化デジタル・ソリューション

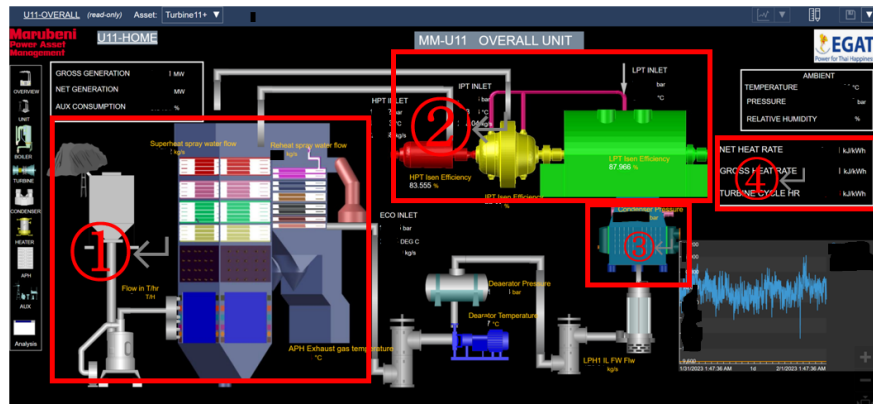
- ◆ ボイラ、タービン、復水器等発電所の効率に関わる主要なセンサーの運転データを遠隔監視し、発電所の熱サイクルを構成する各機器の効率及び劣化の度合いをリアルタイムで把握
- ◆ 再委託先であるMarubeni Power Asset Management（以下MPAM）は、過去の豊富な運転保守に関する専門知識と蓄積されたデータベースを基に、これらの運転データの解析を行い、発電効率改善値の試算を行うと共に各機器の性能最適化に必要な技術指導を行った。

1. モデル構築

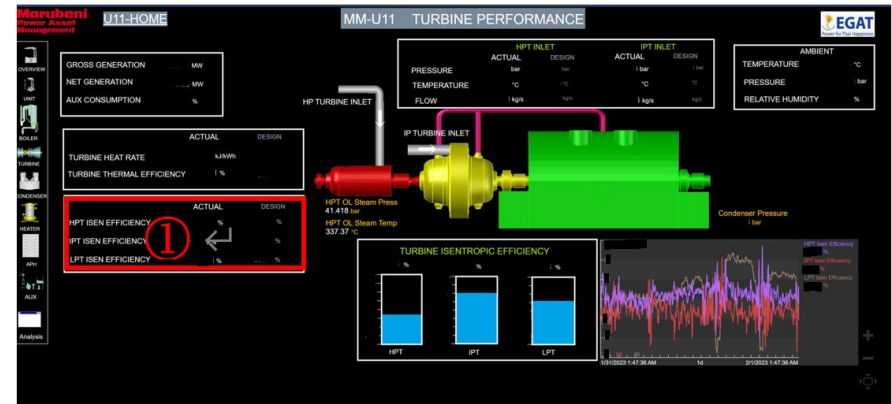
EGATからマエモ発電所の熱平行線図、機器仕様等の設計図面と過去の運転データを入手して、発電所各部位の性能計算式をクラウド上に構築。

- ### 2. 再委託先であるMarubeni Power Asset Management（以下MPAM）は、過去の豊富な運転保守に関する専門知識と蓄積されたデータベースを基に、これらの運転データの解析を行い、発電効率改善値の試算を行うと共に各機器の性能最適化に必要な技術指導を行った。

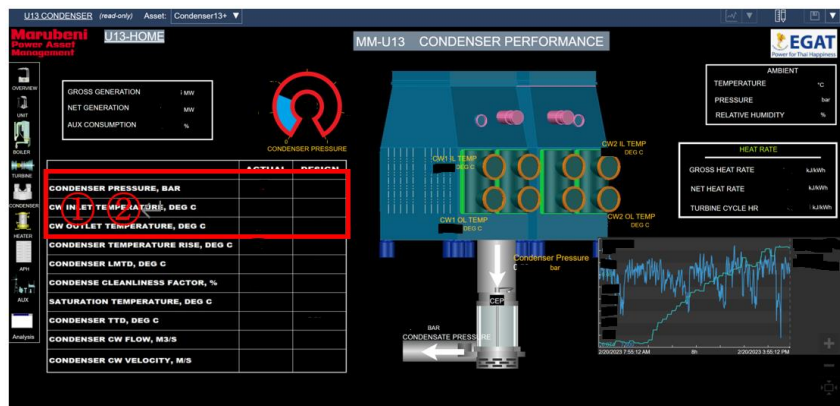
(5) 熱効率最適化デジタル・ソリューション



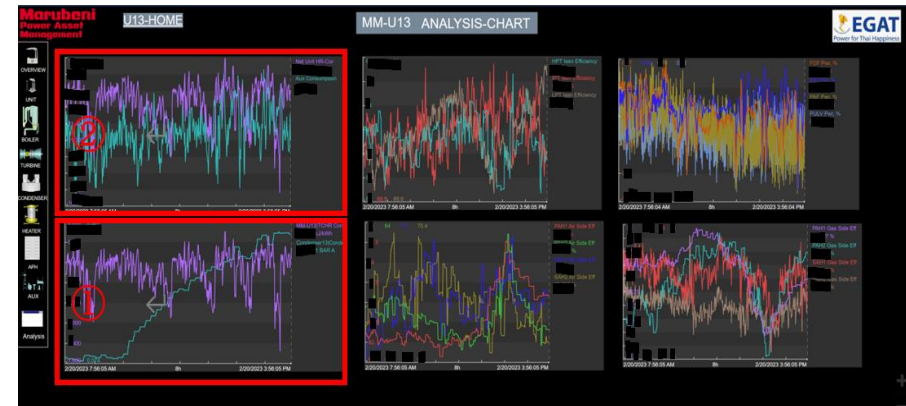
発電所全体概観表示画面：ボイラ①、蒸気タービン②、復水器③など主要機器のパラメータに加えてヒートレート④を表示



蒸気タービンの監視画面では高圧、中圧、低圧の各蒸気タービンの効率①等を表示



復水器現真空①、冷却水出入口温度②等の主要パラメータを在値、設計値と並べて表示して発電効率への影響部位を一目で確認できる設計とした



ヒートレート①、復水器真空②などの主要パラメータの時系列グラフを表示して傾向分析を効率的に行えるようにした

(5) 熱効率最適化デジタル・ソリューション

実証運転

- ◆ 2021年3月1日から2023年2月末まで実証運転を実施
- ◆ ソリューションの提供に加えて、MPAMの技術員が解析を行い4半期毎にレポートを作成、内容を説明の上で改善案についてEGAT技術員と協議を行った。

改善例（2022年第3四半期、11号機）

全ての主要パラメータが修繕によって前回性能試験の値に回復したと仮定した場合の

ヒートレート改善値：46.57kJ/kWh

改善率：0.48%

（本実証開始前の見込みでは11号機では0.2%程度の改善を見込んでいたが、今回は元々は見込んでいなかった排ガス温度の上昇が大きく貢献したと推定）



No.	Performance Parameters	Findings and Recommendations	
		Unit 11	Unit 13
1.	Boiler performance deterioration	Flue gas exhaust temperature: Findings: 4 °C higher than the 2018 performance test. ↓ Recommendation: ↓ -Inspect and clean boiler internals during the next outage. -Improve shoot blowing regime to maintain boiler cleanliness. Boiler combustion Findings: ↓ -Fireball position not in the center, difference in readings of economizer outlet oxygen (1-1.5%), wind box delta pressure (10-15 mmWC), hot reheat outlet temperature (15-20 °C). Recommendation: ↓ -Check mills combination and burner tilt. -Evaluate Mills performance test. -check the Air heater's soot-blowing effectiveness and secondary air damper positions during operations and baskets cleaning and leakage during the outage.	Findings: ↓ 6 °C higher than the 2018 performance test. ↓ Recommendation: ↓ -Inspect and clean boiler internals during the next outage. -Improve shoot blowing regime to maintain boiler cleanliness. As per the previous quarter. No changes were observed.
2.	Fuel quality	Moisture in fuel: Findings: ↓ -Reduced coal calorific value caused by an increase in moisture (+1.2%) and ash content (+4.3%). Recommendation: ↓ - Utilize low moisture fuel. - Cover the coal yard to protect it from rainwater.	Findings: ↓ -reduced coal calorific value caused by an increase in moisture (+2.0%) and fixed carbon reduced (-0.6%). Recommendation: ↓ - Utilize low moisture fuel. - Cover the coal yard to protect it from rainwater.
3.	Turbine cycle heat rate deterioration	Increased steam flow: Findings: ↓ -Main steam flow increased by 1.4 kg/s, and HP bypass steam turbine increased by 25 %. Recommendation: ↓ -Check steam turbine bypass valve leakage and high-pressure drain valve leakage. -Turbine internal leakage inspection during the next outage. Reduced HPT & IPT efficiency Findings: ↓ - HPT Isentropic efficiency reduced from 84.7% to 84.4% due to higher exhaust enthalpy could be due to internal deposition. - Higher exhaust enthalpy for High-Pressure Turbine (HPT) and	Findings: ↓ -Main steam flow increased by 3.5 kg/s, and HP bypass steam turbine increased by 30 %. Recommendation: ↓ -Check steam turbine bypass valve leakage and high-pressure drain valve leakage. -Turbine internal leakage inspection during the next outage. Findings: ↓ - HPT Isentropic efficiency reduced from 86% to 85.7% due to higher exhaust enthalpy could be due to internal deposition.

(6) ボイラ効率化デジタルソリューション

(i) ボイラ燃焼最適化ソリューション

AIアルゴリズムが石炭性状の変化に追従して運転員の調整が必要な燃焼管理パラメータを特定し、これらを最適化するために必要な操作量を算出して、ボイラ操作端の一部の操作に対する指示を与えることにより、ボイラの燃焼及び運転の改善を図る

(ii) スーツブロワ最適化ソリューション

ボイラには過熱蒸気を管に吹き付けて灰を除去するスーツブロワ装置が、ボイラ火炉及び後部伝熱面に多数導入されている。運転員は主に排ガス温度上昇の傾向を参考にしつつも決められた時間にスーツブロワを実施しているところに、独自のアルゴリズムでスーツブロワの最適な運転間隔を導き出した。

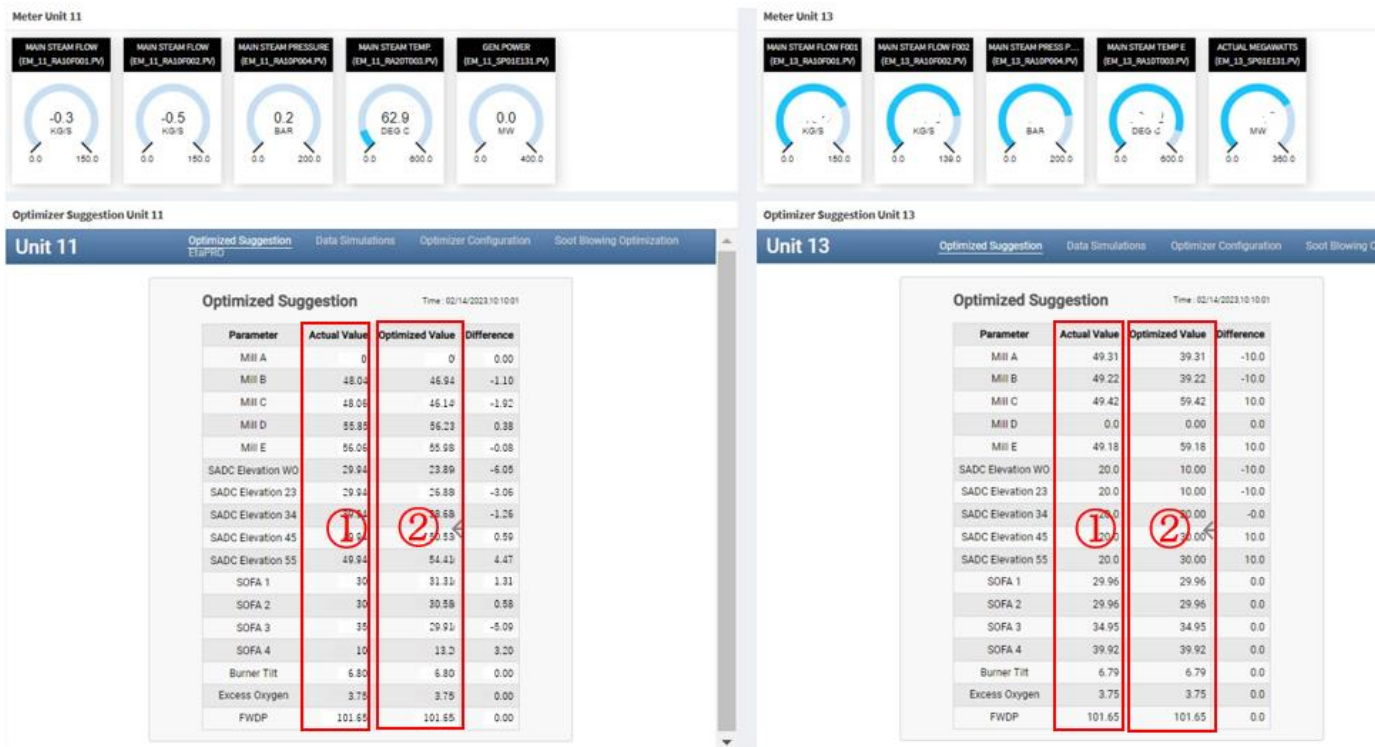
1. モデル構築

EGATからマエモ発電所の設計図書を入手し、ソリューションによって調整可能な操作端の特定を行う共に、ボイラ廻りのセンサー設置情報と過去の運転データからボイラ効率化ソリューションのためのボイラモデルをクラウド内に構築した。

2. モデル調整

クラウド環境に構築したデータベースへ入力された発電所の運転データを元に構築したモデルの調整とソリューションの動作確認を行った。2021年1月に実施した動作確認試験はEGAT運転員に対する導入訓練を兼ねて行われ、交代制勤務の運転員に配慮して複数回実施することでキャパシティビルディングを行った。

(6) ボイラ効率化デジタルソリューション



ボイラの効率に影響の大きい操作端の現在値、ソリューションからの最適値を表示すると共に、両者の差異を表示する事で運転員が操作すべき対象を効果的に可視化する事とした。画面中の「Actual Value①」が現在値、「Optimized Value②」がソリューションからの最適値である

(6) ボイラ効率化デジタルソリューション

性能試験

実証運転に先立ってボイラ燃焼最適化ソリューションの性能試験を実施

□ 性能試験方法

効率計算：損失法

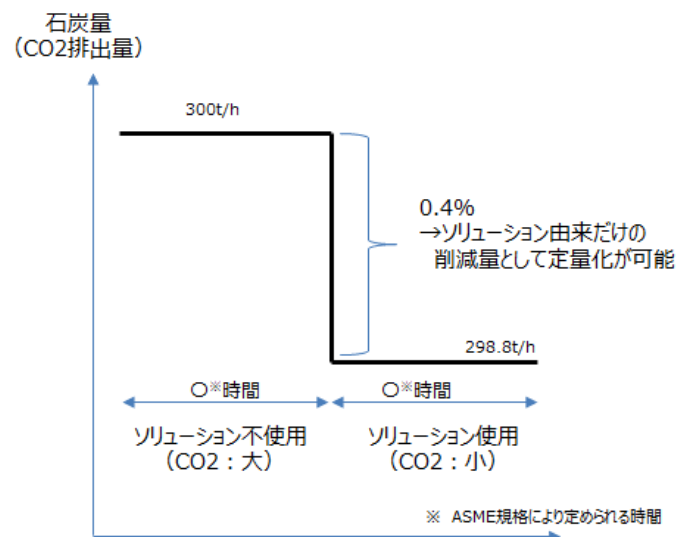
準拠規格：アメリカ機械学会PTCコード4及び6

定量化方法：ON-OFFテスト方式

ソリューションを使用している状態（ON）で運転データを取得、続いてソリューションを使用していない状態（OFF）で運転データを取得して、両者のヒートレートの差分をソリューションによる改善効果とみなす

□ データ取得前条件

- ・出力は定格運転（300MW）
- ・試験時間は2時間とする
- ・試験期間中のボイラ連続ブローは5%相当を実施する
- ・試験期間中の補機切り替えは実施しない



(6) ボイラ効率化デジタルソリューション

性能試験

□ ソリューションによる燃料削減効果（ヒートレート改善効果）

11号機：0.57%（0.25%）

13号機：0.33%（0.48%）

※カッコ内は実証開始前の事前検討における期待効果の理論値

□ 考察

改善効果の理論値との差異は石炭燃料性状の違い、性能試験を実施した際の劣化を含むプラントの状態が事前検討時の前提とは異なる事から発生したものと考える。

□ スートブロワ最適化ソリューションの効果について

元々のスートブロワの使用のインターバルが数時間あるいは部位によっては1日1回と長いため、比較のための改善効果測定のためのデータ取得期間はスートブロワを複数回起動した結果から評価する必要がある、使用時と不使用時それぞれで最低5日間程度を確保する必要がある。効果を正確に測定するためには使用時と不使用時においてそれスートブロワ使用条件以外の条件を同一にする必要があるが、石炭の性状や外気温度等の諸条件をそろえる事は難しいため、推定される0.5%以下の微小な効率改善効果を判別できるような有意な効果を得ることは難しいと判断した。

(7) 予兆検知ソリューション

- ◆ 事故発生を事前に検知し、可能な限り早く対策を講じることで、機器の損傷や停止時間を最小化し、ひいては発電所の稼働率を改善させることを目的としたソリューション
- ◆ このソリューションでは、丸紅及び外注先が保有する知見を基に構成するアルゴリズムによるものと、丸紅監修のもと他の外注先が開発するアルゴリズムとを用いた
- ◆ MPAM技術員が機器異常の兆候分析を現場にて実行可能な形に解釈し、運転員に具体的な施策をアドバイス

モデル構築

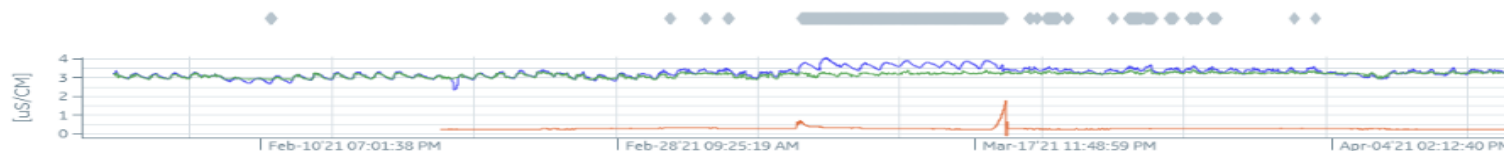
- ◆ 導入する予兆検知ソリューションの対象機器を右図の通り選定し、それぞれに対する予兆検知モデルを構築した。
- ◆ 対象機器の選定にあたっては当該機器の故障が発電所の出力に影響を及ぼす重要機器であり、かつ故障検知のためのセンサーが設置されている事を条件とした。

項目	機器名称	11号機 台数	13号機 台数
1	ボイラ(Boiler)	1	1
2	押込通風機 (Forced Draft Fan)	2	2
3	一次通風機 (Primary Air Fan)	2	2
4	誘引通風機 (Induce Draft Fan)	2	2
5	ボイラ給水ポンプ(Boiler Feed Water Pump)	3	3
6	ボイラ循環ポンプ(Boiler Circulating Water Pump)	3	3
7	復水ポンプ(Condensate Extraction Pump)	2	2
8	冷却水ポンプ(Cooling Water Pump)	2	2
9	微粉炭機(Lignite Pulverizer)	5	5
10	給水過熱器(Feed Water Heater)	6	6
11	蒸気タービン(Steam Turbine)	1	1
12	復水器(Condenser)	1	1
13	冷却塔(Cooling Tower)	1	1
14	発電機(Generator)	1	1
15	昇圧変圧器(Step Up Transformer)	1	1
16	脱気器(Deaerator)	1	1
17	二次空気予熱器(Secondary Air Heater)	2	2
18	一次空気予熱器(Primary Air Heater)	2	2
19	電気集塵機(Electrostatic Precipitator)	1	1

(7) 予兆検知ソリューション

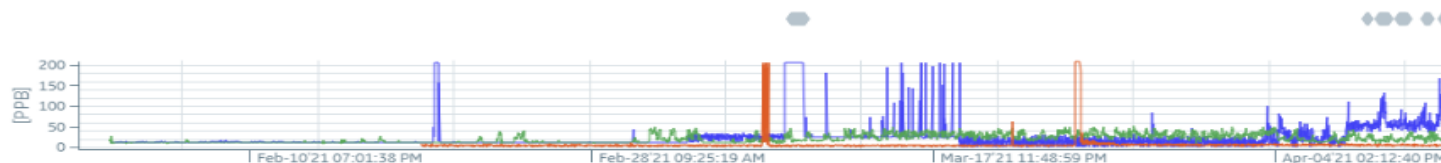
BL003219.RV51Q001 -
(PERF_DIAGNOSTIC_2), BL003219.RV51Q001, MAIN CONDENSATE COND., [PERFORMANCE], U11_CONDENSER Condenser Performance -
- Equipment Problem 2

Actual Estimate U13_CONDENSER



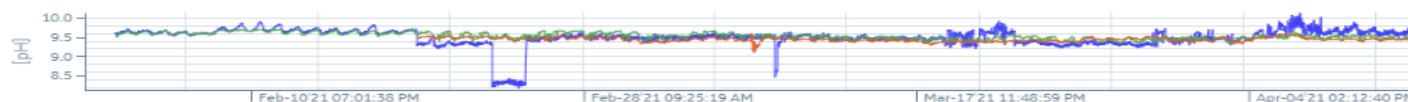
BL003219.RV51Q003 -
(CONDENSATE DISSOLVED O2), BL003219.RV51Q003, MAIN CONDENSATE DISSOLVED O2, [PERFORMANCE], U11_CONDENSER

Actual Estimate U13_CONDENSER



BL003219.RV51Q002 -
(CONDENSATE_PH), BL003219.RV51Q002, MAIN CONDENSATE pH, [PERFORMANCE], U11_CONDENSER

Actual Estimate U13_CONDENSER



導入

- ◆ 異常発生時には関連する運転パラメータの実績値（青線）と理想値（緑線）を重ねて表示
- ◆ モデルから運転状態を加味して計算される理想値と実績値の間に差異が発生すると何らかの機械的異常の兆候として捉えて警報を発報する仕組みを構築

(7) 予兆検知ソリューション

導入効果

◆ 発電所稼働率向上値（試算）

11号機：0.13%

13号機：0.13%

※実証開始前の事前検討では1%の稼働率向上を見込んでいたため今回の推定値と差異が発生している。事前検討の段階で発生する故障の内容を予見できていなかったことが原因と分析した。

発生日	対象設備	事象	停止時間推定値（時間）
11号機			
2022年1月20日	11号機二次空気予熱器2	2次空気予熱器2出口空気圧力がモデル予測値130mmH2O程度に対して120mmH2Oまで低下している事を発見した。	12
2022年2月24日	11号機高圧タービンバイパス弁	高圧タービンバイパス弁後温度が増加傾向であることを発見した。高圧タービンバイパス弁開度は0%であるが、同温度は発見から3日後には300度程度まで上昇した。	12
13号機			
2021年11月1日	13号一次空気予熱器B	一次空気予熱器B入口温度がモデル予測値40度程度に対して58度程度まで徐々に増加傾向であることを発見した。	12
2022年6月4日	13号機誘引通風機1	誘引通風機1カップリング側軸受メタル温度がモデル予測値46度に対して56度程度に増加傾向であることを発見した。	12

(8) 定量化に係る手続き等

- ◆ 実証事業及び普及後における温室効果ガス（GHG）排出量削減効果を定量化するため、実証事業開始後、JCMプロジェクト化に向けた方法論の整備、相手国JCM事務局等との協議を実施
- ◆ JCMプロジェクト化を想定し、プロジェクトの審査及び登録に必要なProject Design Document (PDD)案を作成
- ◆ JCMクレジットの発行を想定したモニタリングの実施、GHG排出削減量の算出、モニタリングレポート案の作成

JCM方法論の作成

□ 適格性要件

- ・ 開発したJCM方法論のB. 用語と定義（Terms and definitions）において、本方法論が対象とするボイラ燃焼を最適化する技術（power generation optimization technology）がデジタルソリューション技術を採用していることを定義
- ・ 本JCM方法論が適用されるプロジェクトにおいて同様の技術が既に導入されている場合には、追加的なGHG排出削減効果が見込まれないことから、D. 適格性要件（Eligibility criteria）において、発電最適化技術が発電システムに新たに導入されること要件として設定

□ リファレンス排出量の算定式

- ・ プロジェクト実施後の排出量に「プロジェクト発電システムの発電効率とリファレンス発電システムの発電効率との比率」（以下、「効率改善率」という）を乗じることで、リファレンス排出量を求める算定式とした
- ・ プロジェクト実施前に「効率改善率」を固定
- ・ コミッショニング（性能検証）が実施され、そこで導入技術の改善効果を事前に検証する

(8) 定量化に係る手続き等

リファレンス排出量の算定式とNERの実現方法

リファレンス排出量の算定式

$$RE_p = \sum_i [FC_{PJ,i,p} \times NCV_{PJ,fuel,i} \times EF_{PJ,fuel,i} \times \eta_i]$$

RE _p	p期間のリファレンス排出量 (tCO ₂ /p)
FC _{PJ,i,p}	p期間のプロジェクト発電システムiの燃料消費量 (mass or volume/p)
NCV _{PJ,fuel,i}	プロジェクト発電システムiで使用される燃料の単位発熱量 (GJ/mass or volume)
EF _{PJ,fuel,i}	プロジェクト発電システムiで使用される燃料のCO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /GJ)
η _i	プロジェクト発電システムiの発電効率の改善率 (-)

η_iはプロジェクトごとにex-anteでFIXする。(方法論のI項にFIXの方法を記載)

- プロジェクト発電システムiのpower generation optimization technologyの稼働前と稼働後それぞれの発電効率を、ASME(ASME PTC-4及びASME PTC-6)規格に定められた手法に準拠して、計測・算定する。得られたデータを用いて発電効率の改善率 (η_i) を計算する。また、得られた改善率 (η_i) のそれぞれについてp値を計算し、p値の値が0.05未満のものは統計的有意性が無い (= 外れ値) としてデータセットから除外する。残ったデータの中で最も改善効果の高い値は除外して、残りの統計的に有意なデータのみを平均してη_iをデフォルト値として設定する。発電システムがリプレイスされない限り、プロジェクト期間中はこの値を適用する。→これによりnet emission reductionsを担保する。

統計的な外れ値 (p値<0.05)

- 外れ値が存在するかどうかを判断するためp値が用いられ、p値が0.05未満の場合はその値が有意であるという仮説が棄却され、したがって統計的には外れ値として判断される。
- 本方法論では、η_iを設定する際に用いられるそれぞれのデータのp値が0.05以上であることを求め、それによって外れ値のない統計的に有意なデータを用いているということを担保する。

(8) 定量化に係る手続き等

η_i : プロジェクト発電システム*i*の発電効率の測定方法

□ 性能試験方法

効率計算：損失法

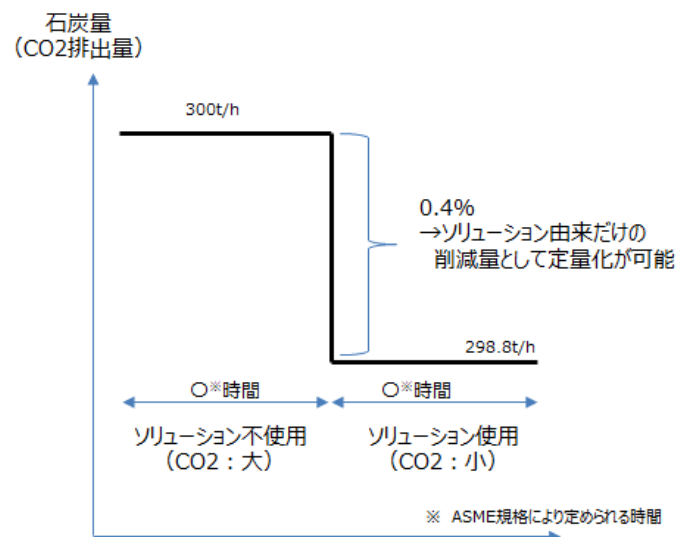
準拠規格：アメリカ機械学会PTCコード4及び6

定量化方法：ON-OFFテスト方式

ソリューションを使用している状態（ON）で運転データを取得、続いてソリューションを使用していない状態（OFF）で運転データを取得して、両者のヒートレートの差分をソリューションによる改善効果とみなす

□ データ取得前条件

- ・出力は定格運転（300MW）
- ・試験時間は2時間とする
- ・試験期間中のボイラ連続ブローは5%相当を実施する
- ・試験期間中の補機切り替えは実施しない



(8) 定量化に係る手続き等

算定式及びモニタリング

プロジェクト排出量の算定式

$$PE_p = \sum_i (FC_{PJ,i,p} \times NCV_{PJ,fuel,i} \times EF_{PJ,fuel,i})$$

PE_p p期間のプロジェクト排出量 (tCO₂/p)

$EC_{PJ,i,p}$ p期間のプロジェクト発電システムiの燃料消費量 (mass or volume/p)

$NCV_{PJ,fuel,i}$ プロジェクト発電システムiで使用する燃料の単位発熱量 (GJ/mass or volume)

$EF_{PJ,fuel,i}$ プロジェクト発電システムiで使用する燃料のCO₂排出係数 (tCO₂/GJ)

定期点検に伴う停止及び再起動の際に負荷率が低下すると、power generation optimization technologyの効果が十分に発揮されないため、負荷率が50%未満の場合はプロジェクト排出量を計算しない（＝リファレンス排出量も計算しない）こととする。

モニタリングパラメータ

- p期間のプロジェクト発電システムiの燃料消費量（→PJ排出量、RE排出量及び負荷率算出のため）
- プロジェクト発電システムiの発電量（→負荷率算出のため）

(1) 普及計画の作成

本実証を通じて導入した各ソリューションの競争優位性を分析

競合の状況

熱効率最適化デジタルソリューション

- 複数の競合が存在
- 機器の劣化を自動判別して推奨点検項目を自動的に表示するソフトウェアも存在

ボイラ効率化ソリューション

- 複数の競合が存在
- 期待される燃料削減効果に明確な差異はない

予兆検知ソリューション

- 複数の競合が存在
- 微小な兆候を捉えるというアプローチに変わり無く、性能に大差は無いと思われる

各ソリューションの差別化要因

熱効率最適化デジタルソリューション

- 正確性という面において本実証で実施した様に専門のエンジニアが解析して顧客に推奨する形式の方が優位であると考えられる

ボイラ効率化ソリューション

- 複数の競合が存在
- 期待される燃料削減効果に明確な差異はない

予兆検知ソリューション

- 警報の真偽判定には一定の知見の積み上げが必要
- システムに精通したエンジニアの技術サポートは競合に対して優位性が有ると思われる

普及活動のポイント

- デジタルソリューションと解析サービスをセットで提供できることを競合技術に対する優位性としてアピール
- 実証によって得られた実績を競合技術に対する優位性として普及活動を進めて行く

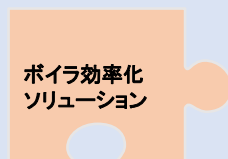
(1) 普及計画の作成

◆ 普及活動方針を以下の通り定める

- ❑ ターゲットであるASEAN地域の多くの発電事業者はデジタル化による運用効率化を表明しており、導入に向けた提案活動を進めやすい環境
- ❑ ただし、事業者の導入初期費用を考慮すると今回導入した熱効率最適化デジタルソリューション、ボイラ効率化ソリューション、予兆検知ソリューションの提案優先順位を明確にすべき
- ❑ GHG削減と効果の定量化が明確なものへのニーズが強い
- ❑ 普及活動はボイラ効率化ソリューションを軸に展開して行く事とし、そこから熱効率最適化ソリューション、予兆検知ソリューションへ拡大していくこととする。
- ❑ 本実証で導入したシステムを開発した外注先と共同で販売拡大を実施していく予定

STEP1

定量化の容易なソリューションから展開



STEP2

先行ソリューションをテコに後続の実証済みソリューションを展開



STEP3

顧客のニーズに合わせてその他のソリューションを展開

