

設備の異常兆候検知に係る デジタル技術について

～東北電力の火力発電所技術でスマート保安～

2024年10月31日
第93回ボイラー・タービン主任技術者会議

東北電力(株)発電カンパニー火力部

火力DXグループ

佐々木 超悟

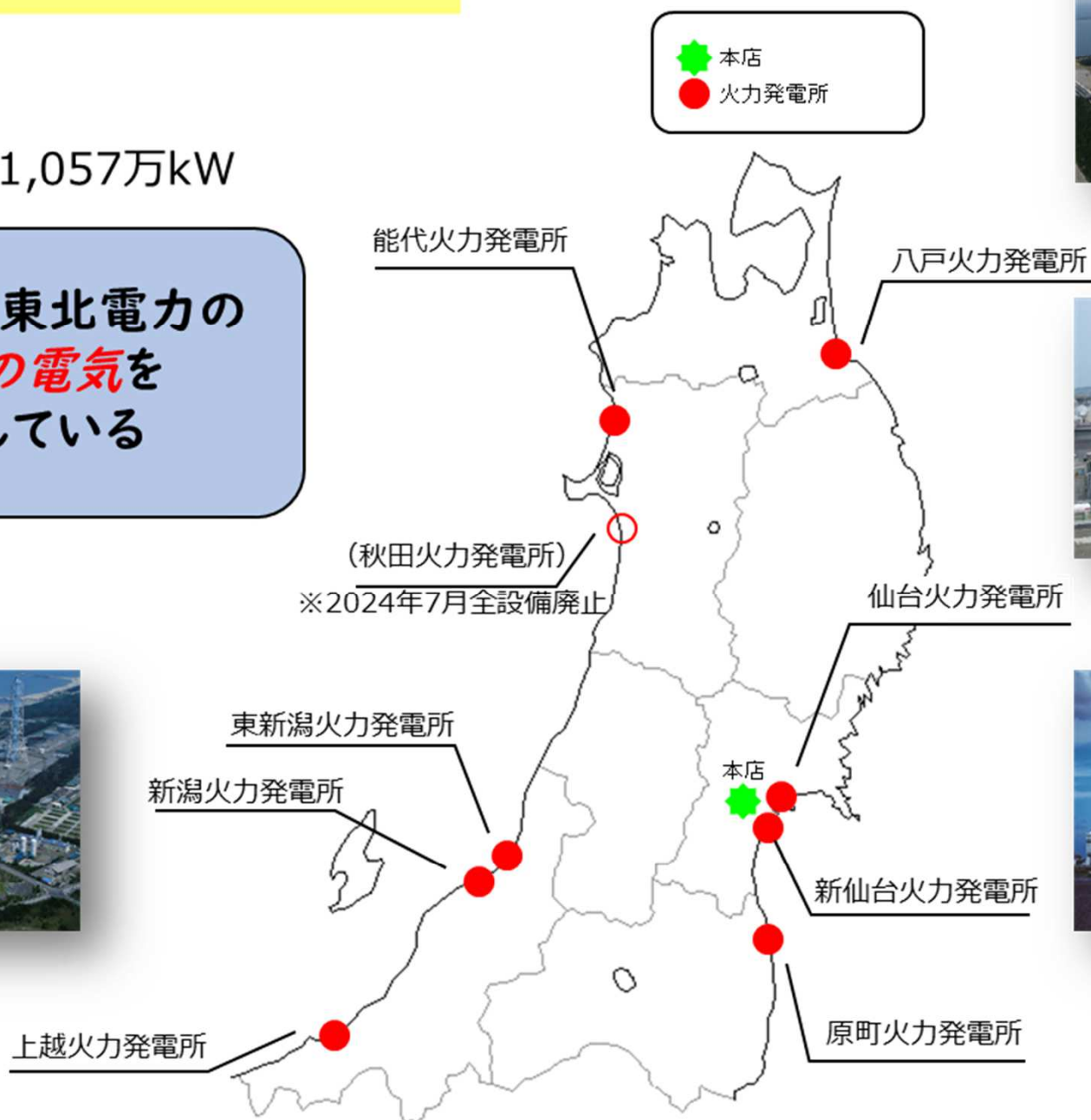


東北電力(株)火力部門

東北+新潟の電気を最前線で支える

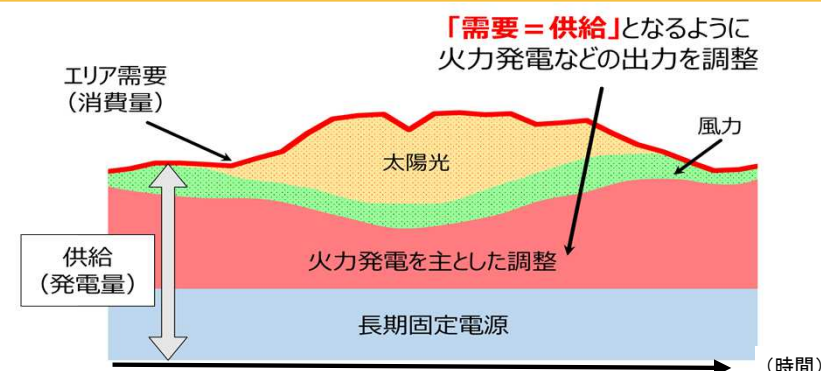
- ▶ 火力発電所
8箇所
合計出力：1,057万kW

火力部門は、東北電力の
約70%の電気を
生み出している



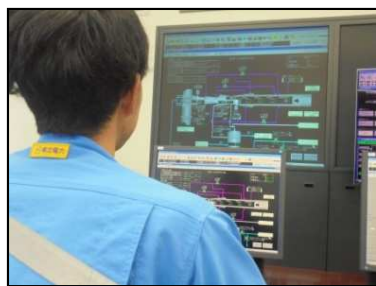
【火力発電に求められる役割】

- ・ 火力発電は、電力需要に対応する供給力としてだけでなく、昼夜間・季節間での需要変動への対応、天候に左右される風力や太陽光発電を最大限活用するための調整力としても重要な電源

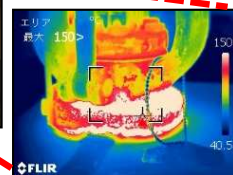


トラブルの未然防止による安定供給確保

- ・ 東日本大震災以降、火力の高稼働が続く中でも、発電所の安定運転を維持するため、日頃からの運転状況の監視に加え、きめ細かな機器の点検・補修やパトロールなどで、設備の異常兆候を早期に発見し、トラブルを未然に防止



運転状況を監視し、運転データの変化などから、異常がないか確認



サーモビジョンにより、機器の異常な温度上昇がないか確認

電源の競争力の更なる強化

- ・ 上越火力発電所 1 号機（2022年12月運転開始）が **世界最高の熱効率63.62%**（2023年1月時点）
- ・ 運転年数が長く、環境性や経済効率性が低くなっている火力発電所の長期計画停止や廃止



最先端デジタル技術を活用した運用高度化や効率化に向けた取り組みの加速

◆ビッグデータによる運用高度化と
異常兆候監視サービス 「**ASYOMI**」(アスヨミ)

◆水・薬品・油漏れを逸早く検知：
液漏れ検知システム



より、そう、ちから。

東北電力

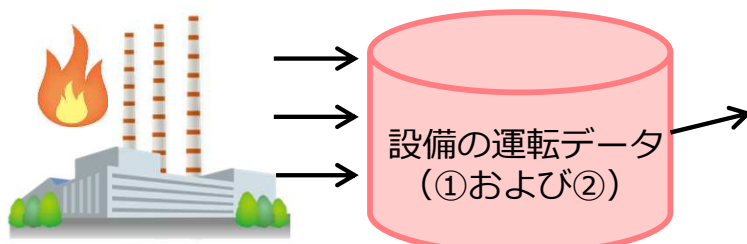
Thermal Power DX Group



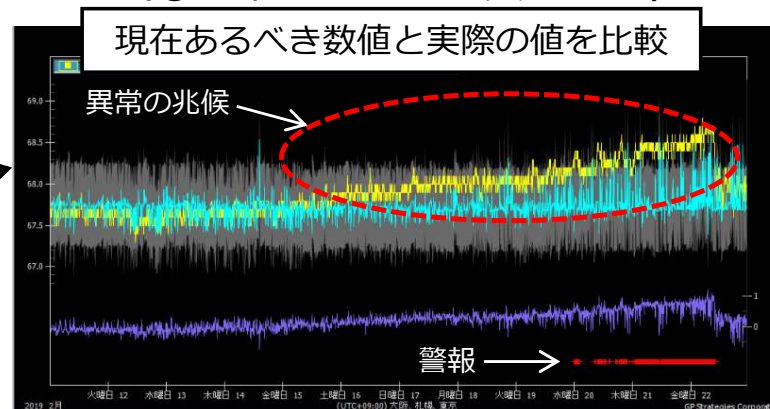
- 2017年より、東芝エネルギーシステムズ株式会社と共同で、火力発電所の更なる運用効率の向上を目的に、設備の異常兆候の早期検知や熱効率の向上に寄与する2つのシステムについて、実際の火力発電での実証試験を実施
- 2020年3月までに、当社の全火力発電所（8発電所、16基）への導入が完了し、運用を開始

1. 設備の異常兆候を早期に検知するシステム（ビッグデータ分析技術を活用）

- ・ 過去の膨大な運転データ※から通常運転時にあるべき運転データ（①：下のグラフの水色の線）を算出
- ・ 算出した運転データと実際の運転データ（②：下のグラフの黄色の線）を比較し、差が大きくなった場合は異常として警報を発報



※ボイラーやタービンにおける温度・圧力・流量等の運転監視に関わるデータ

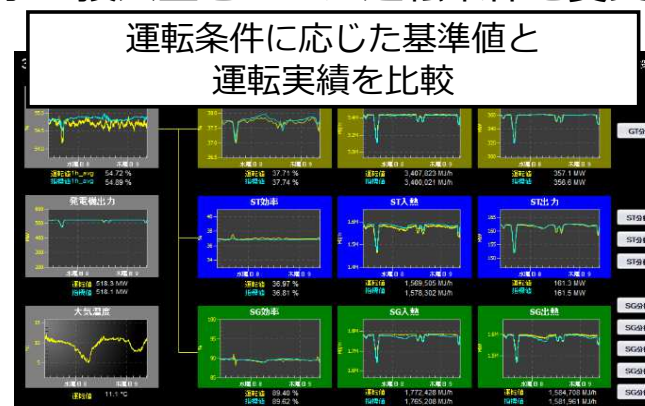
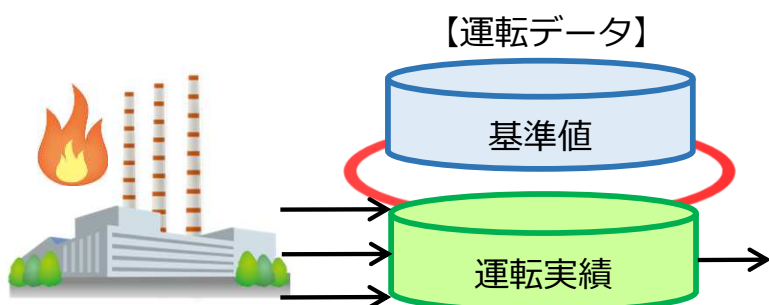


【導入による効果】

- ・ 従来の監視より早期に異常を検知。未知の異常現象も検知可能。これにより重大な設備トラブル等を未然に回避

2. 運転条件の変更により熱効率を向上するシステム（IoT技術を活用）

- ・ 過去の熱効率が良好な時の運転データ等（基準値）と、現在の運転データ（運転実績）を比較し、温度や圧力の違いや部品の劣化といった熱効率が低下している要因を特定
- ・ 特定した要因を踏まえ、燃料や空気、水の投入量といった運転条件を変更したり、劣化部位の補修を行うことで、熱効率を向上（熱効率低下の抑止）



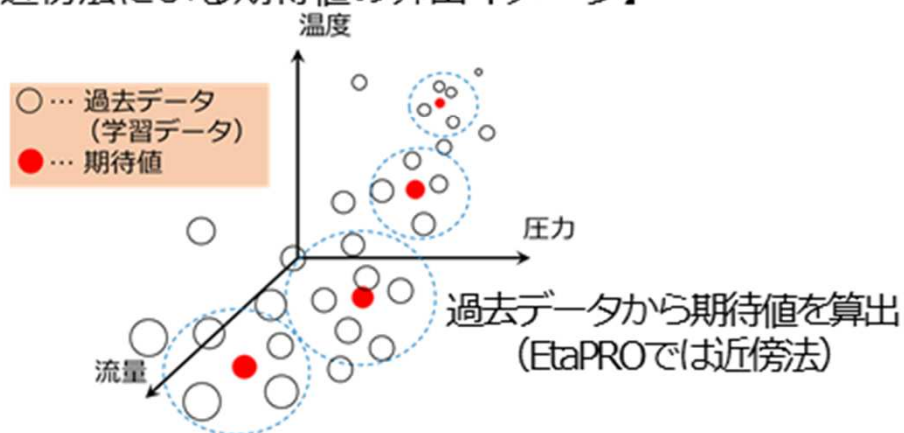
【導入による効果】

- ・ 0.1%レベルで熱効率を分析することにより、熱効率を向上させることが可能

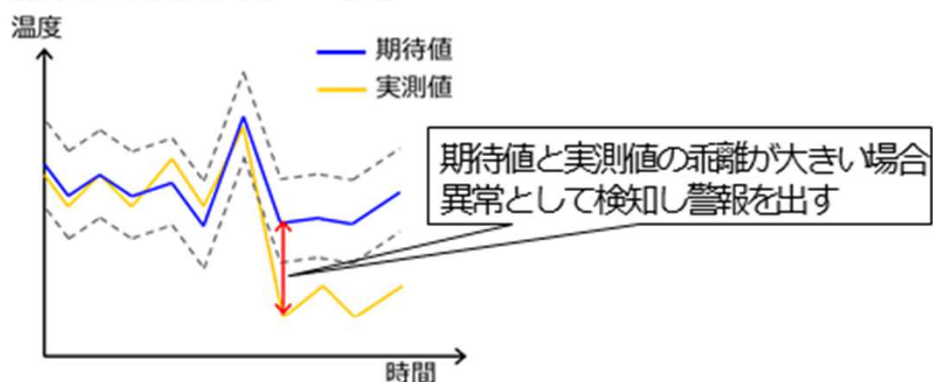
機能概要

○異常兆候検知(APR法)

【近傍法による期待値の算出イメージ】



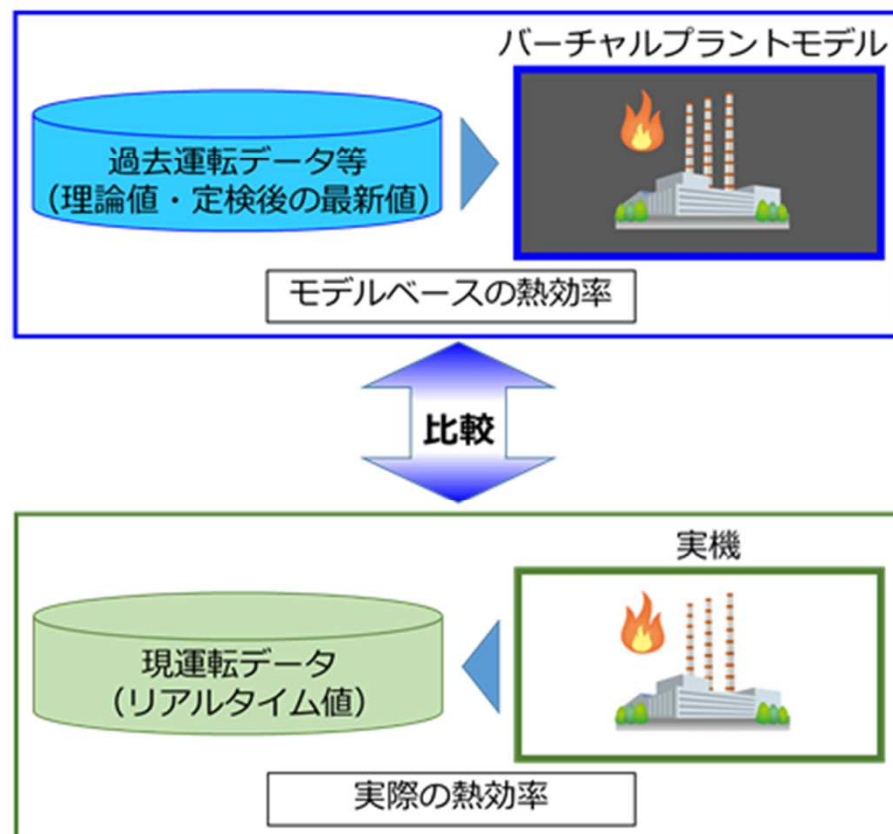
【異常の検知イメージ】



期待値は正常状態を示し、正常から外れた場合を異常として検知

→ **未知の異常事象も検知可能**

○プラント性能管理(バーチャルプラント)



バーチャルプラントモデルを作成しモデルベースの熱効率と実際の熱効率を比較し、熱効率低下状況をリアルタイムに見える化
→ **よりきめ細やかな管理が可能**



当社異常兆候事例① 復水ブースタポンプのセンタリング不良の検知

設備概要

ボイラ用の給水を昇圧するポンプ

[補足情報]

- ・ 流体：水
- ・ 吐出流量：19m³/min
- ・ 全揚程：240m
- ・ モータ容量：960kW

検知概要

[検知] 電動機関係の温度が通常時より高いことを検知

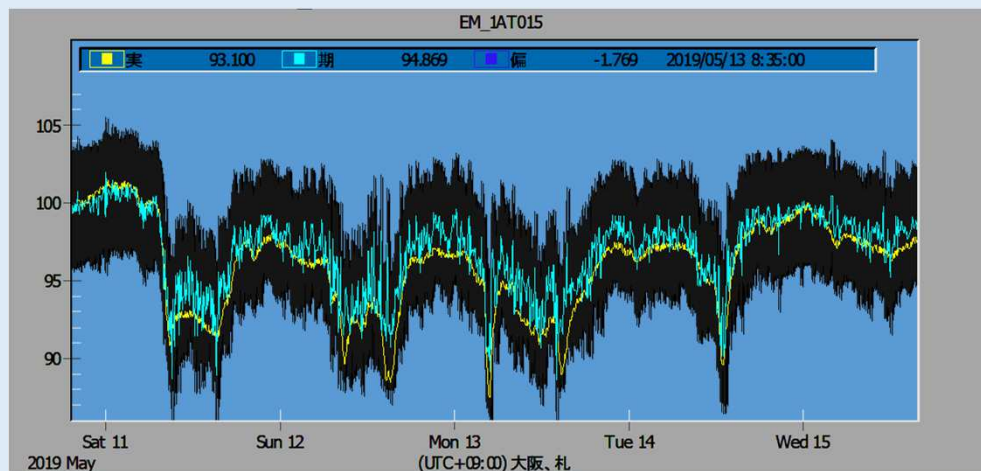
[対応] 過去の経験を基にポンプが異常の可能性が高いと判断し、予備機へ切替えた後、分解点検を実施

[結果] ポンプと電動機のセンタリング（軸芯調整）不良を確認

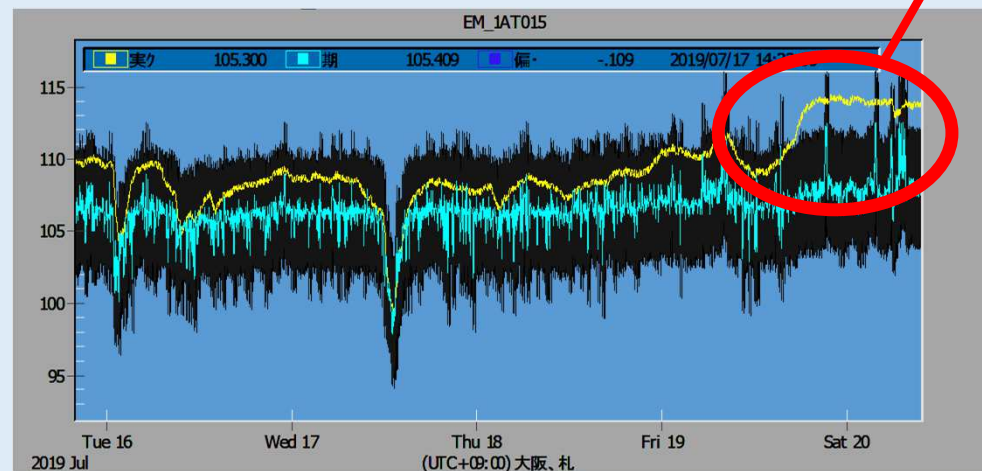
運転継続により軸受損傷に至る可能性を回避

オンライン解析グラフ

対象センサ：ポンプ用電動機に関する温度 / 検知設定値：±3.6℃



通常時



検知

異常時

EtaPROによる異常兆候検知事例

－ 良好事例 －

(前頁補足)

8

検知内容

(A)復水ブースターポンプの軸受損傷トラブル原因は、ポンプと電動機の連結部にセンターリング（軸芯調整）不良があったため、ポンプの軸が傾き、軸と軸受が接触したものであった。
異常兆候は電動機の固定子巻線温度に表れていることがわかり、B号機も解析した結果、B号機も異常兆候有りに気付いた。《5～7℃の温度上昇》

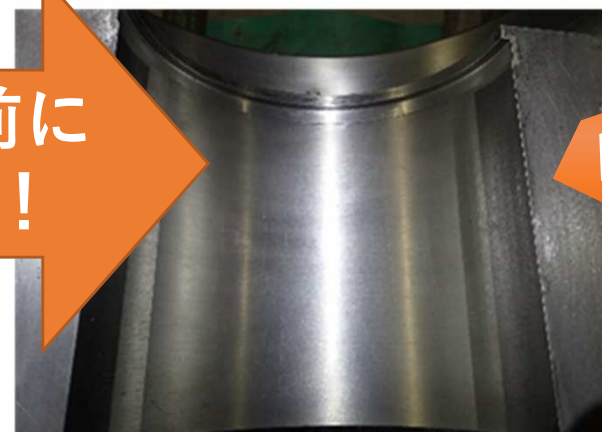
点検結果

異常兆候を検知した(B)復水ブースターポンプを点検した結果、軸受は損傷していなかったものの、A号機と同様にセンターリング不良があることが確認され、そのまま運転していれば軸受損傷に至る可能性があった。



A号機の軸受損傷

壊れる前に
検知可！



B号機はトラブル回避！

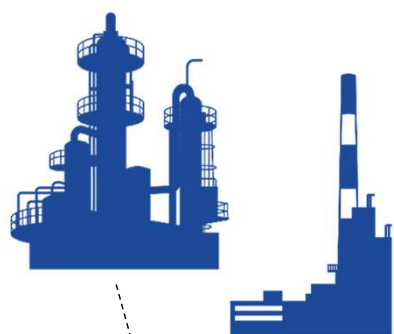
ASYOMI検知時



負荷抑制
も回避

- 火力発電設備の稼働状態に応じた温度や圧力などの運転データから、ビッグデータ分析技術を活用し、監視対象設備の正常な運転状態（あるべき状態）をモデル化し、リアルタイムの運転データと比較することで、設備の異常兆候を検知するシステムを開発。2020年より当社の全ての火力発電所に導入し、運用高度化・効率化を図っております。
- 本システムは、**火力発電所に限らず、様々な設備の異常を検知できる**ことから、一部お客さまにご協力いただき、2020年より「異常兆候監視サービス」として実証を実施。**2023年4月から本格的にサービス提供を開始**しました。
- 本サービスをご利用いただくことで、設備故障を未然防止し、お客さまが抱える「ネガティブコストの抑止」「監視業務の高度化」といった課題を解決します。

「設備の異常兆候検知サービス」の概要



各種設備が持つ
運転データ



設備の“あるべき状態”を
見える化

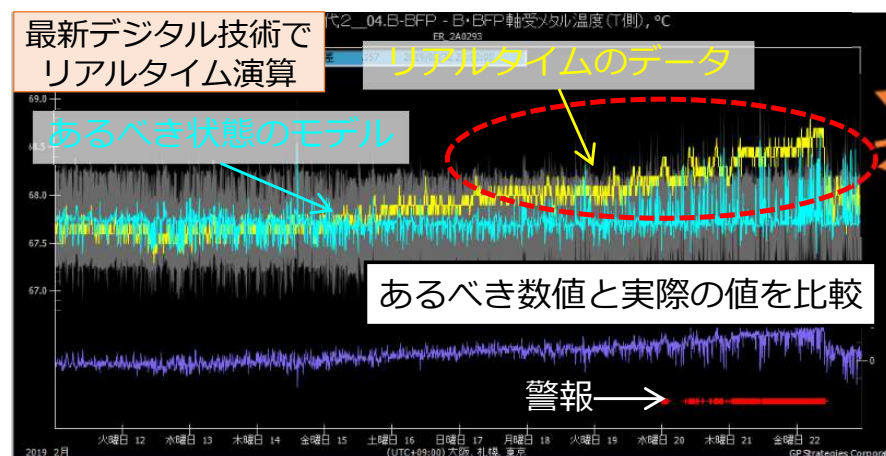


専用の通信NWを介して
東北電力が監視

※お客さま自身でも確認可能

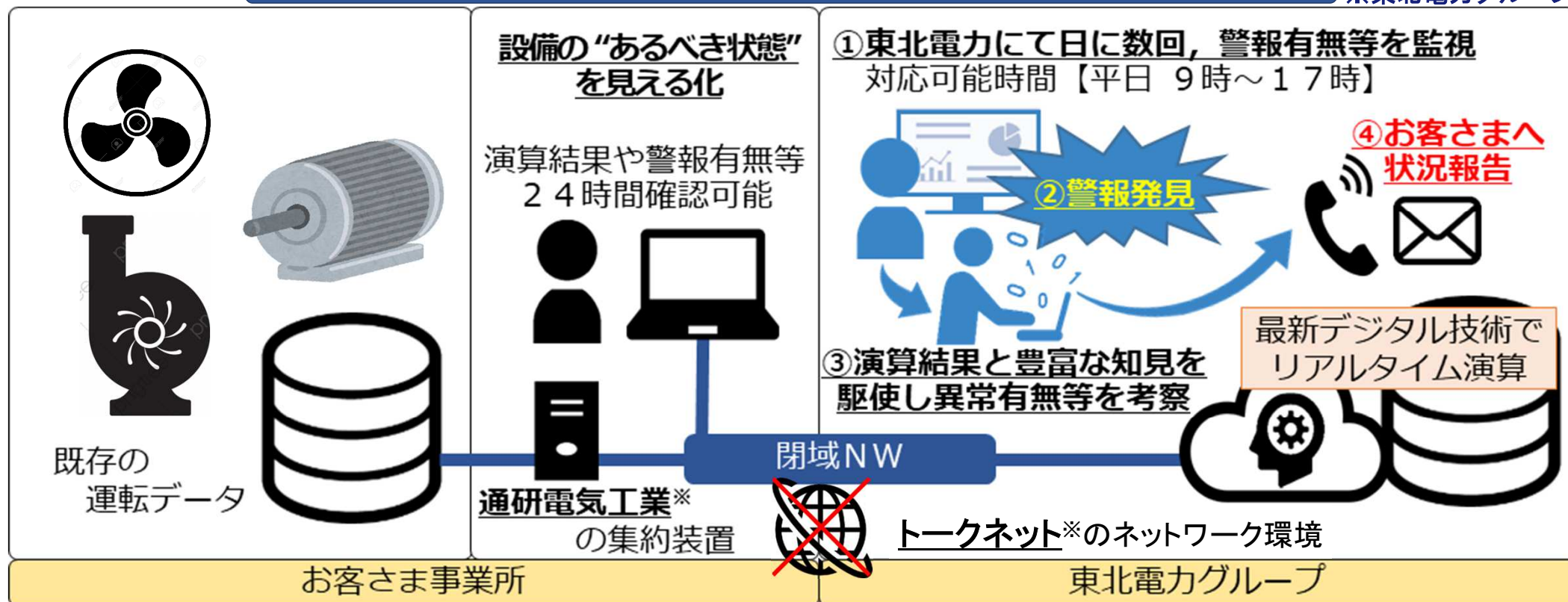


異常兆候を検知した場合
電話やメールでお知らせ



東北電力グループが一体となった取り組みでサービスを提供

※東北電力グループ



事前のオフライン検証も可能！

※定期的オフライン検証実績もあり

過去の設備トラブルを分析する等、本サービスのパフォーマンスレベルを体感



運転データ等を受領
 (メールやDVD等)



同手法で分析



当社知見も踏まえ考察
 (レポート形式等で結果を整理)



結果報告

過去トラブル検証
 ブラインドお題にも回答

＜簡易センサ＞

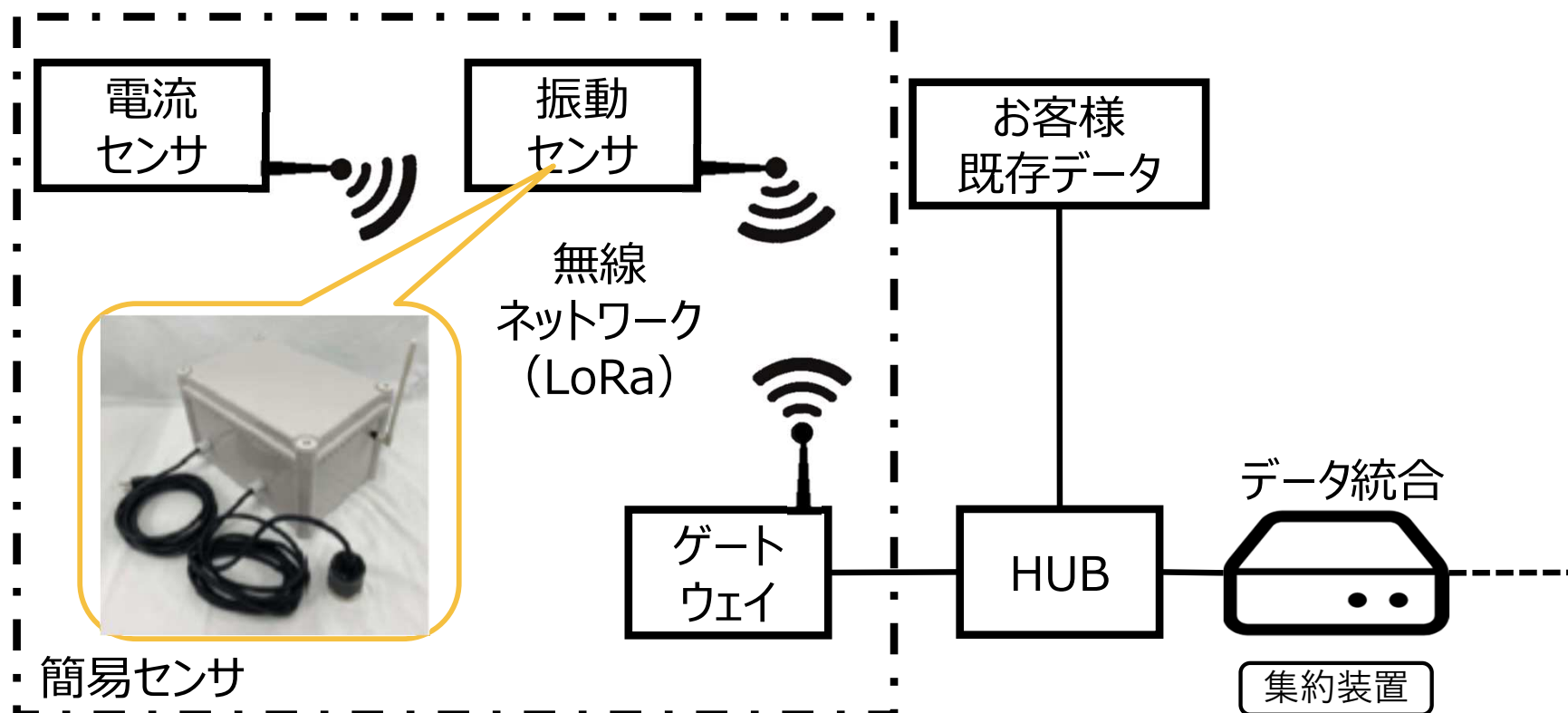
- 東北電力グループである通研電気工業が提供する簡易センサ（電流や振動センサなど）を追加し、集約装置でお客さまがお持ちの運転データと結合することで、簡易で安価にデータ追加を行うことができます。

＜適用設備拡大＞

- 計測点が少ないお客さまは、簡易センサデータを追加することで適用設備の拡大が可能です。

＜監視強化＞

- トラブルが多く監視を強化したい設備があるお客さまは、簡易センサを追加することで異常兆候検知精度向上を図ることが可能です。



サービスの導入効果

ネガティブコストの抑止

きめ細やかな監視を可能とし異常兆候を早期に検知することで設備異常発生時の重症化を回避し、計画外停止および関連する損害（トラブルに伴う生産機会の損失や代替のための追加費用等）を抑止

監視の負担低減

設備メーカーが設定する警報に至る前に異常の有無を判断するためには個人の技量に依存するが、正常の状態（あるべき状態）の見える化により判断基準の平滑化が図られ、監視支援に寄与

ノウハウの継承

好調時のデータを学習させ、あるべき状態＝最適な操業の操作指標として利用することで個人の技量に依存する操作を定量化し、安定操業ノウハウを継承

サービスの特徴

高い汎用性

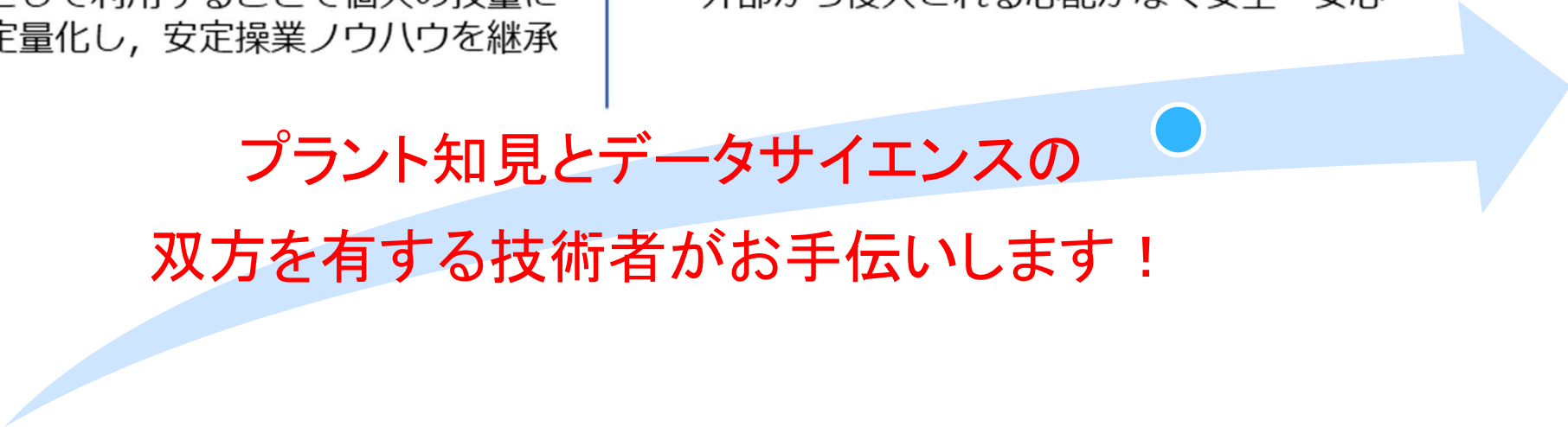
非ブラックボックスで分かりやすい分析手法を採用しており、様々な設備にて連携・分析が可能であり通信回線との連携の方法から分析までを一貫して東北電力がトータルサポート

大規模な初期投資が不要

サーバー構築や技術検証等の大規模な初期投資をせずに高度な設備監視を手軽に導入可能であり、「DXはやりたいが難しい」という方にお勧め

高いセキュリティ性能

本サービスで用いる回線は、インターネットとは完全に隔離されたお客さま専用の通信回線にて構築するため外部から侵入される心配がなく安全・安心



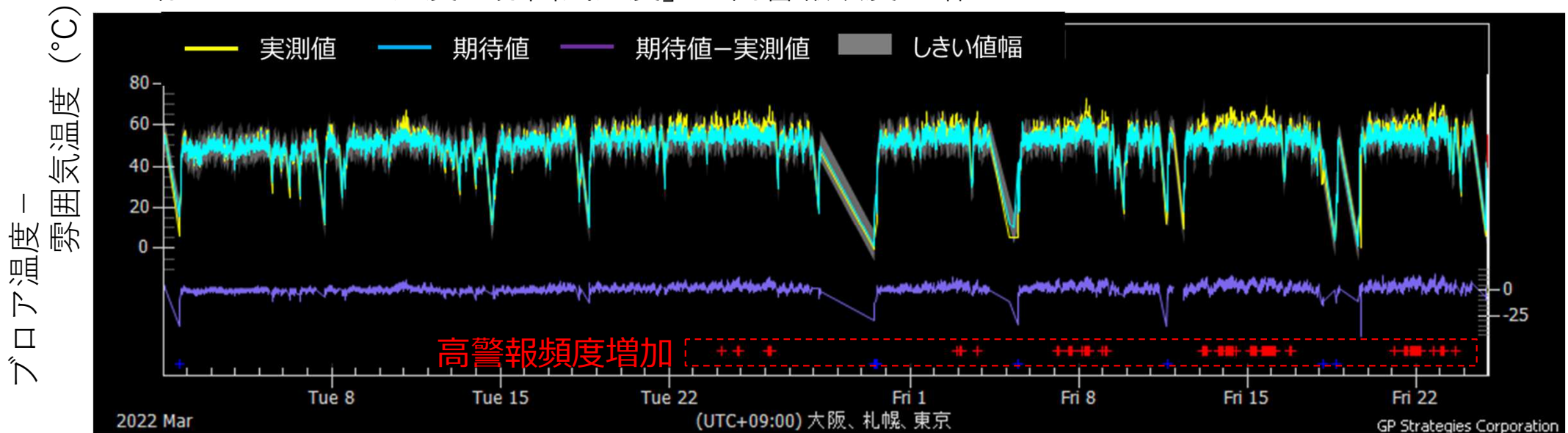
プラント知見とデータサイエンスの
双方を有する技術者がお手伝いします！

- 材料を加工する際に発生した金属屑を吸引・分別する設備を有する金属加工工場
〔監視モデルに用いた計測点〕

No	計測点名称	単位	No	計測点名称	単位	No	計測点名称	単位
1	材料速度	m/min	4	ブロア電流	A	追加	ブロア振動	m/s ²
2	加工機電流(A)	A	5	集塵機圧力(A)	MPa	追加	ブロア温度－ 雰囲気温度	℃
3	加工機電流(B)	A	6	集塵機圧力(B)	MPa			

〔検知状況〕

徐々に「ブロア温度－雰囲気温度」の高警報頻度が増加

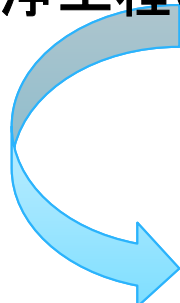


- 点検を実施した結果、モータ負荷側の軸受に不良が確認
- 操業中の非常停止を回避

- ✓ 送風機の圧力や電流で保守判断
- ✓ 冷凍機の電流変化から運転モードミス検知
- ✓ 熱交換器洗浄工程の確認

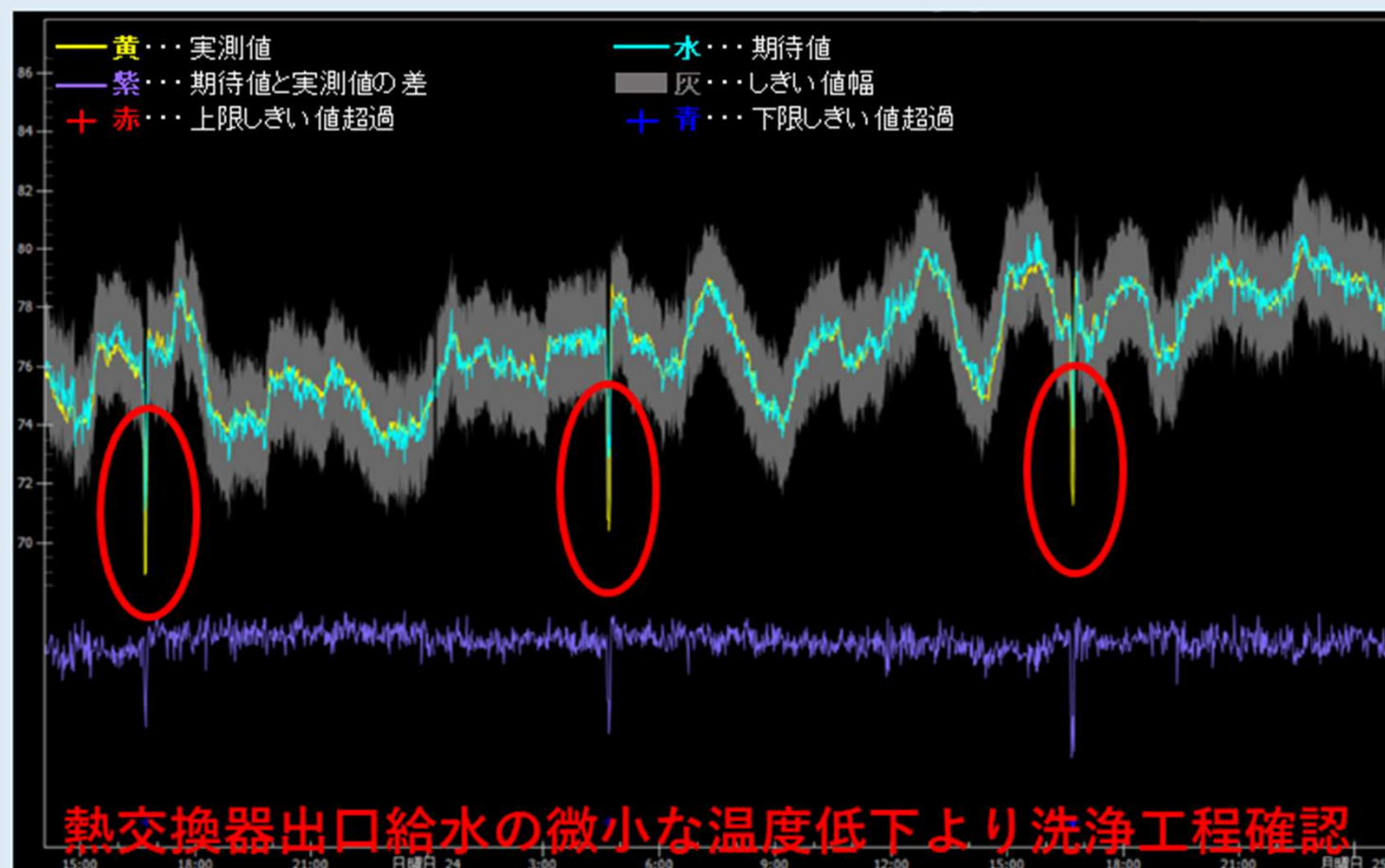
⋮

- ⇒ 低稼働時保守選択, 保守周期延長
- ⇒ 回転機以外でも活躍
- ⇒ 追加計測回避, 遠隔監視



熱交出口給水温度[°C]

熱交換器監視／検知設定値：±2.3[°C]



異常兆候検知
の応用例

データ点数500点まで（モデル利用点数）

設備規模やご要望に合わせ

各種プランを用意

コミコミ
プラン

成果報酬
プラン

ASYOMI^{ライト}
検証オンラインプラン
無償オフライン検証

東北・新潟地区を中心に全国展開中

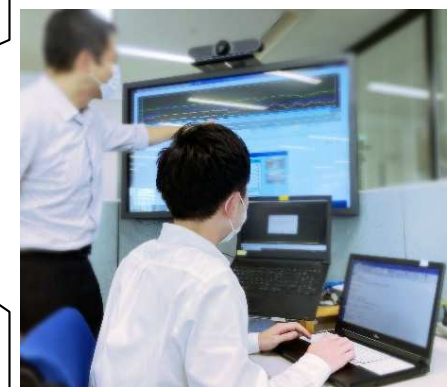
多様な設備で実施！



一地点で集中監視



東北電力本店ビル



演算結果と豊富な知見を駆使し異常兆候の有無を監視

Q：設備に制限はありますか？

A：設備の大きさや種類に関係なく，計測データがあればどんな設備でも対応可能です。

Q：何の計測がどのくらい必要ですか？

A：何をどのくらいという決まりはなく，関連するデータが多い程予測精度が高くなります。

Q：学習データとして必要な期間は？サンプリング周期は？

A：明確な基準はなく，正常な運転データ期間が長い（データが多い）程あるべき値の予測精度が向上（検知精度向上）します。

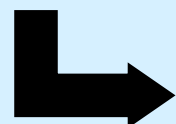
サンプリングが短い程きめ細かな対応ができますが，計算処理やデータ容量に負荷が掛かるので1分値が実用的です。

学習データ目安として1分値で約3ヶ月分が理想ですが，1時間値や期間1ヶ月未満でも実績があります。

お客さま設備ではどうなるか，無料でお試しいかが？

- 設備の大小，データの多少は無関係。
既存データでどんなパフォーマンスが
できるかご確認できます。
- 現在のオンライン検証の中においても，1つのモデルで使用している
計測点が10点以下のお客さまもいらっしゃいます。

異常兆候検知を試してみたい
でも計測点が少なく不安…



少ない計測点数でも異常兆候を検知できる可能性があります！！
ぜひ一度弊社へご相談下さい！！**オフライン検証は無料で行います**

オフライン検証

過去の設備トラブルを分析し，本サービスのパフォーマンスレベルを体感できます



運転データ等を受領
(メールやDVD等)



同手法で分析



当社知見も踏まえ考察



結果報告

ア ス ヨ ミ

よりそう異常兆候監視サービス **ASYOMI**

Advanced Supervisor from Your Operational Method Intelligence

— (由来・思い) —

本サービスは、お客さまの運用方法で培った知恵 (Your Operational Method Intelligence) から、本来あるべき状態を再現し、高度な監督・監視をします (Advanced Supervisor)

— すなわち設備状態の明日を読み、実際に異常が発生する前の対処に貢献します

異業種協業で 革新的技術が誕生！



「情報」を安全かつ適切に取り扱い、
最適な形で届けるためのノウハウ

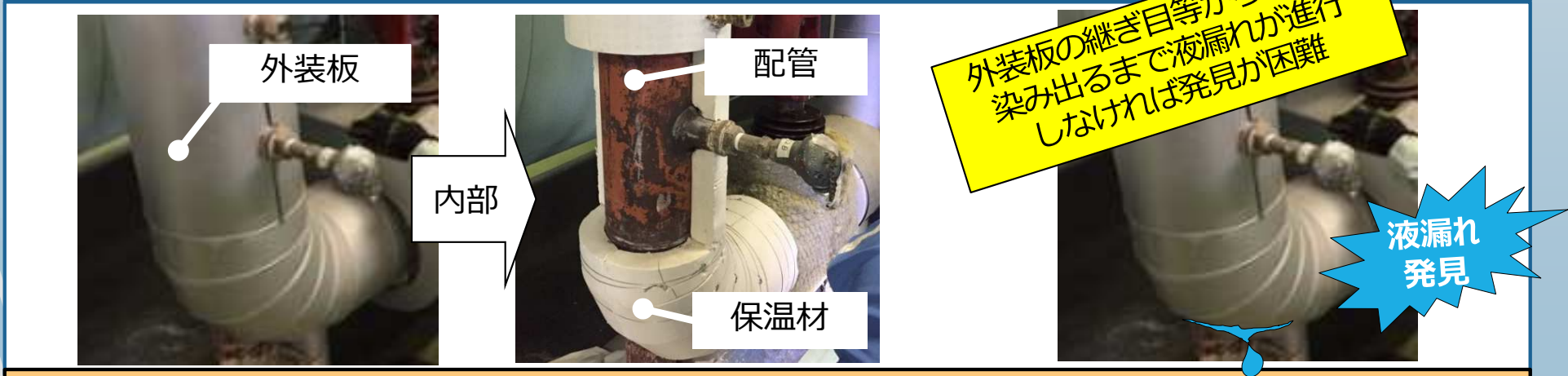
安定運転に向けた、60年以上
のプラント運営ノウハウ

火力発電所でのトラブル例



油や薬品の漏洩は火災事故や環境汚染といった甚大な被害に直結する恐れが！

外装板で覆われた配管における課題



漏洩させないための維持管理はもとより 万が一漏れた場合の早期発見が課題！

ありたい姿

従来	配管から漏れた水等が保温の外装板内部に溜まり外装板の継ぎ目から滴下することで目視により発見	漏れ量 【大】
将来	配管から漏れた水等が保温の外装板内部に溜まる前の少量の漏れで発見	漏れ量 【小】

着目した技術（トッパン・フォームズ株式会社⇒TOPPANエッジ株式会社）

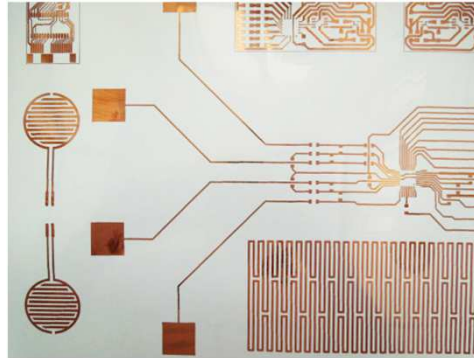
広範囲に及ぶ配管でのセンシングでは・・・

「高価なセンサ採用は非現実的」 ⇒ 「印刷配線技術」

「全域での電源確保は非現実的」 ⇒ 「RFID技術」

**「簡単」に「人が気づくよりも早く」
配管液漏れを検知するシステムを目指す**

印刷配線技術



- 導電性のインク等を使い印刷技術を用いて回路を形成する技術
- 小型カメラや携帯電話等の小型機器をはじめ広く使われている

R F I D 技術



カード自身に
電源不要



改札にかざすことで
誘電起電力が発生
↓
カード内情報を読書

- 電磁界や電波などの無線通信を用いて、ICタグ等の情報を非接触で読み書きする自動認識技術
- 身近な例では自動改札と非接触ICカードの通信に利用されている

液漏れ検知システム：全体像

24

RFIDリーダー

RFIDタグ

水や油の付着により
検知部の電氣的導通状態が変化

RFIDタグからID情報と
検知部の導通状態を取得

リード線

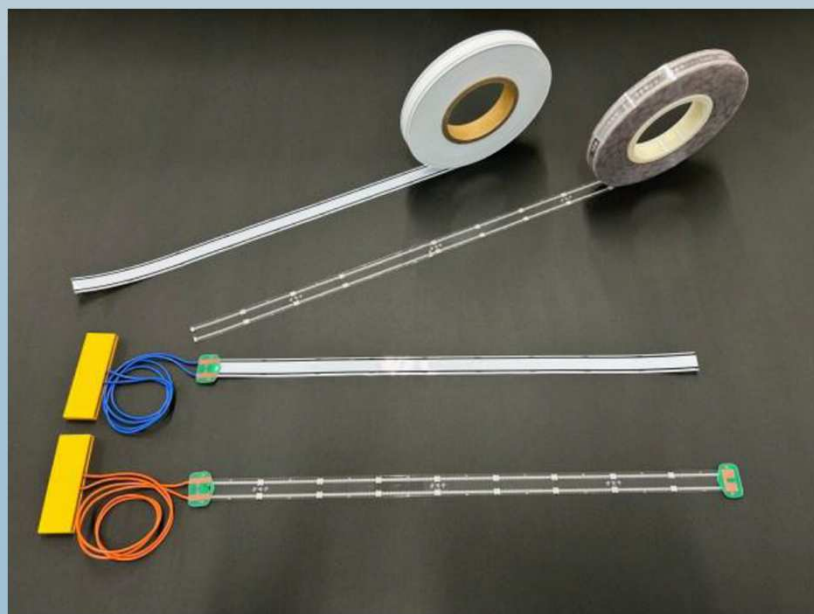
コネクタ

印刷配線

検知部

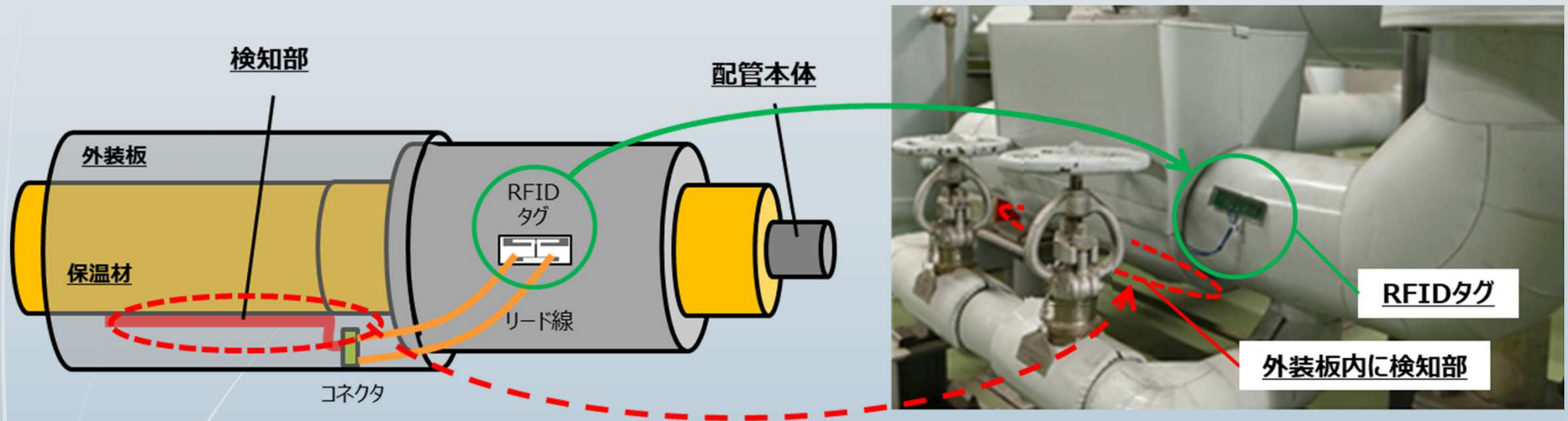
【検知対象】水, 油, 薬品 . . .

火力発電所で使用
する液体を網羅



Thermal Power DX Group

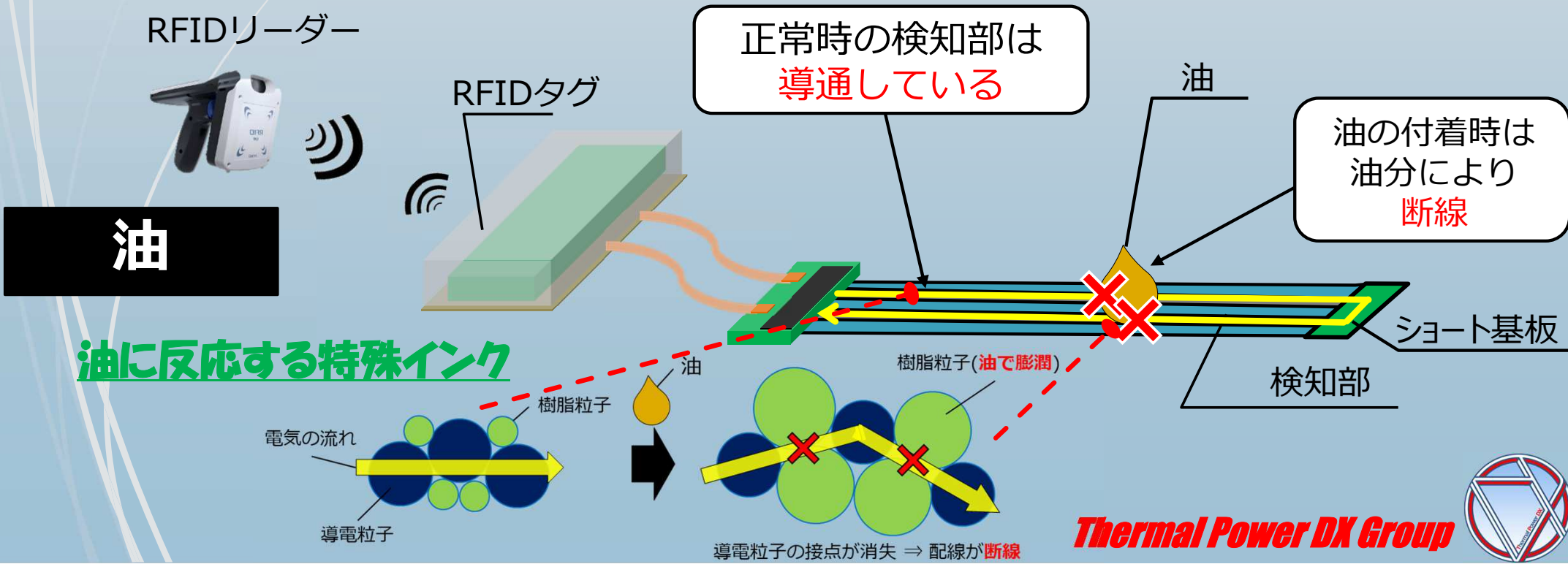
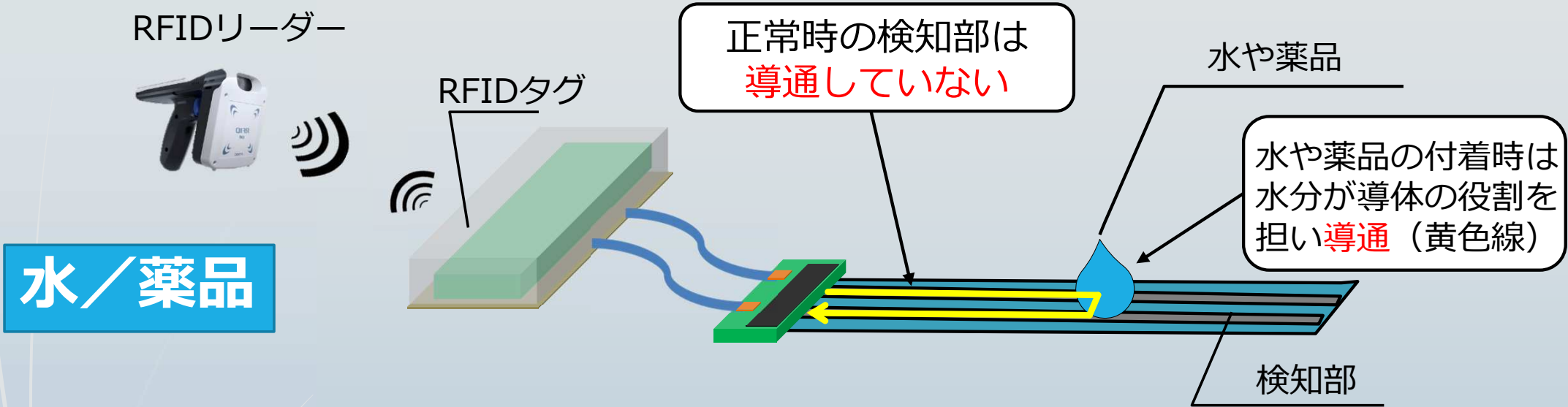




普段、目では見えない外装板の内部に設置可能

従来よりも早い段階の少ない漏れ量での検知に期待

液漏れ検知システム：原理



- ・ 液漏れの早期検知が可能

⇒外装板内部での少量漏洩でも正確に検知

- ・ 効率的で高品質な点検が可能

⇒点検員の技量に依存することなく誰でも簡単に点検

- ・ 電源やメンテナンスが不要

⇒RFID技術により電源不要で広範囲での施工・運用が容易

- ・ 従来システムより大幅な価格低減

⇒印刷配線により従来システムよりも1/10程度の導入費用

**導入費用やメンテナンス費用を抑え
誰でも簡単に漏洩被害の最小化に寄与**

液漏れ検知システム：広い業界で活用期待

28

2024年製品化・販売開始！

早い！

(検知)

うまい！

(電源・メンテナンス不要)

安い！



2022年検証状況(秋田火力・新仙台火力)

第24回自動認識システム大賞 表彰式&講演会



**第24回（2022年）
自動認識システム大賞
「優秀賞」受賞**

検証段階で

**液漏れ検知システムが
幅広い業界で評価**

Thermal Power DX Group



液漏れ検知システム：将来性

現状



No.	点検対象	結果
1	〇〇配管	OK
2	△△配管	NG
3	□□配管	OK
4		...

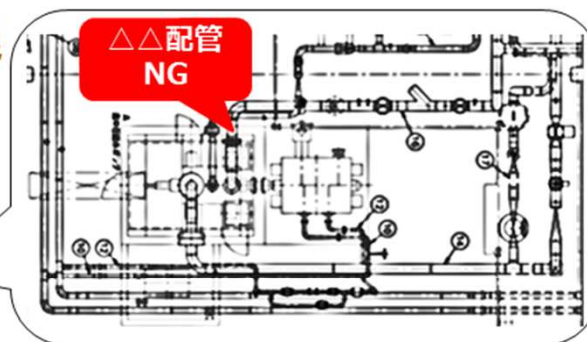
点検員が現場でデータ採取し
後ほど結果をまとめて確認

将来



データ伝送
解析

異常検知

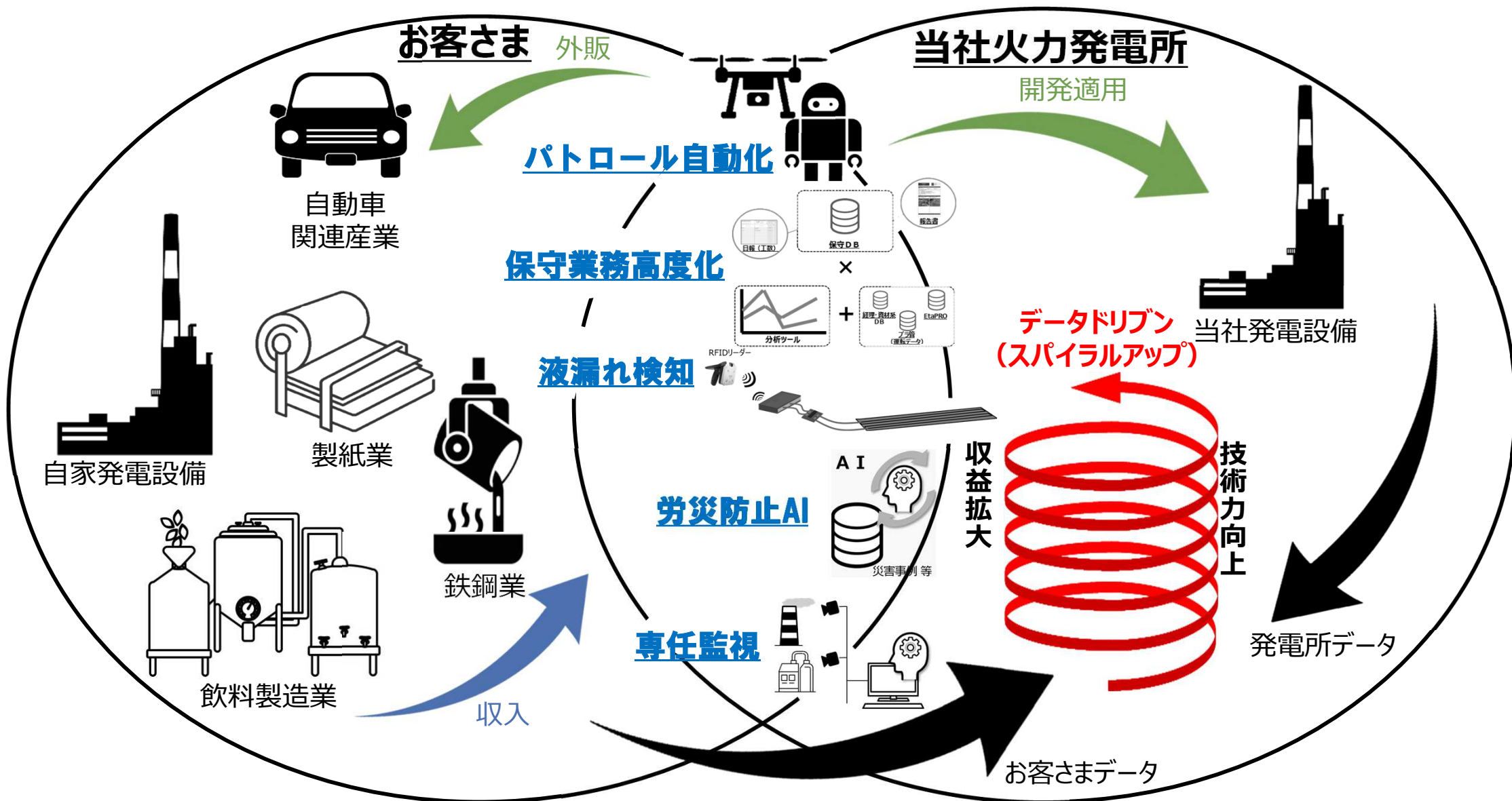


自動でデータを蓄積・解析を行い
液漏れ検知時は点検員へ伝える等
オートメーション化にも注力



東北電力 火力発電所の技術・ノウハウを他社・他産業の発展へ

「ASYOMI」を起点に、
当社とお客さま双方がDXで発展・両輪の分析でデータドリブン集団へ



保安確保, そして,

ネガティブ
コスト抑制

生産機会損失軽減, 代替
調達回避

不具合拡大
回避

監視・分析
高度化

良好状態・他
条件との比較

工程・状態変
化確認

技術継承・
発展

あるべき姿見
える化, ベテラ
ンの感の代替

踏み込んだ保
守への活
用, …

プラント知見とデータサイエンスを有する
東北電力技術者がお手伝いさせていただきます

設備の保安確保のために,

アスヨミ



液漏れ検知システム



あるいは「液漏れ検知タグ」