

別冊①

スマート保安先進事例集からの事例紹介

プラントにおけるドローン・スマートデバイスを活用した スマート保安導入ガイドブック

令和6年2月発行



目次

ドローンの導入事例	p.3
スマートデバイスの導入事例	p.9
その他の事例	p.13

ドローンの導入事例



Liberawareは狭所空間特化型手動点検ドローン、自動巡回点検ドローンの製造ならびにソリューションを提供している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

機体	狭小空間用手動点検ドローン	自動巡回点検ドローン
外観		
導入対象	天井裏、貯留施設、高炉内部、煙突等の設備の月次・年次点検	洞道、計器、データセンターなどにおける日々の巡回点検・監視
現状の業務内容	狭く、暗く、汚れた設備点検を点検員が現場の温度調整や高所用に足場の設置などを経て、実施	上記箇所を対象に設備の巡回点検を有人で実施
直面していた課題	点検時の死角の存在による、ひび割れ等の見落としへの対応、高所から人の落下のリスクなど	巡回点検における業務時間やコストの削減
活用技術	粉塵対策用モータ、暗所用カメラなど	SLAM技術、異常検知システム、充電ステーションなど
期待効果	有人点検が難しかった箇所での点検の実現、また目視点検に関する時間並びにコストの大幅削減を通じた生産性の向上	対象箇所における目視点検の遠隔化・省人化、緊急時における人に代わって現場の状況確認、点検期間の削減によるコスト削減

ドローンは人間では作業が難しい場所をはじめとした、点検、監視が可能である

導入対象設備

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



商業施設の天井裏点検

大型商業施設のリニューアル工事に伴い、人が進入できない天井裏の様子をドローンで確認。形状や損傷具合、資機材の有無などを調査



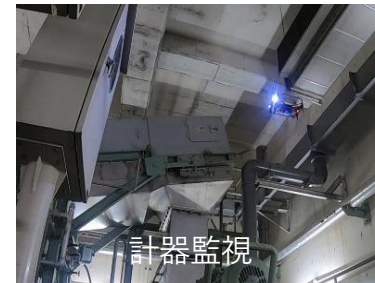
雨水貯留施設の壁面調査

巨大かつ足元が悪い施設のため、足場の架設には多額の費用が発生する施設の壁面をIBISで調査。大きなクラックやコンクリートの剥離等を点検



洞道における巡回点検

洞道において人の代わりにドローンを用いて配管の水漏れなどを点検、クラウドへデータを蓄積。これにより設備の経年劣化の予測などにもつながる



計器監視

計器監視を人の代わりにドローンを用いて実施、クラウドへデータを蓄積。緊急時には遠隔操作により現場状況を確認可能

ドローンの利用により、点検作業の遠隔化、自動化が可能となる

ドローンが解決する問題と解決策

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

現場で生じていた問題

- ✓ 天井裏、貯留施設、高炉内部、煙突等の点検で高所からの落下リスク、足場の設置時間やコスト、死角による見落とし、心身負担生じる



狭小空間用手動点検ドローンの特徴

- ・高温環境下での飛行実現により、目視点検を遠隔で実施できるため、事故リスク、準備時間、コスト、心身負担が大幅削減
- ・赤外線カメラの搭載により、確認が難しい箇所の画像撮影ができるため、屋内空間における点検漏れリスクが軽減

現場で生じていた問題

- ✓ 洞道、計器、データセンターなどにおける日々の巡回点検・監視で生じる、現場までの移動負担、計器数値の記録、緊急時の二次災害



自動巡回点検ドローンの特徴

- ・全自動飛行機能により、現場での巡回点検・監視を実施できるため、移動負担、計器記録の人の作業の代替可能
- ・緊急時における遠隔操作による現場確認ができるため、人による二次災害を防げ、状況を把握可能

導入技術の機能

カテゴリー	狭小空間用手動点検ドローン 概要	自動巡回点検ドローン 概要
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主な外観寸法(mm)：190×180×50 ・ 本体質量：180g 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主な外観寸法(mm)：450×200×120 ・ 本体質量：-
基本機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ コントローラ基板一体型フレーム：小型、軽量で強度が高い基盤【意匠登録済】 ・ 粉塵対策用モータ：天井裏、貯留施設、高炉内部、煙突、等にある粉塵がモータに入らず、熱が籠らないような構造を持つモータ ・ ロバスト制御：乱気流の中の制御を可能 ・ データ提供：ドローンが撮影したオルソ画像や、3次元マッピングデータの提供 ・ 耐熱性機体：高温環境下での手動飛行が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動飛行：SLAM機能（画像、レーザを用いた位置推定）による自動飛行等 ・ 充電ステーション：ドローンに備わっているバッテリーを充電するため装置 ・ カメラ記録：Full HD (1920×1080 px)で撮影、巡回記録 ・ 映像伝送：リアルタイム映像伝送 ・ データ提供：ドローンが撮影したオルソ画像、3次元マッピングデータの提供
人為作業の代替機能	目視点検、熱計測、有毒ガス濃度計測等	巡回点検・監視、緊急時での現場確認

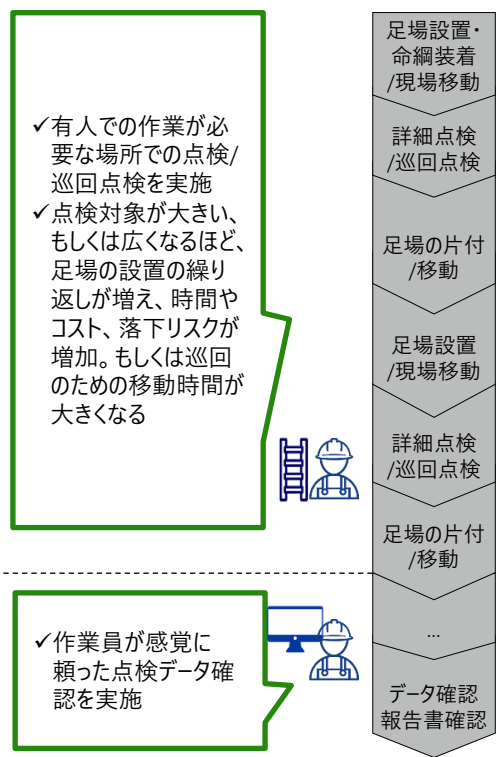
出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

点検プロセスに各種点検ドローンが導入されることで、点検業務の人員削減によるコスト削減が実現され、ドローンで撮影した画像を活用した点検プロセスが実現される

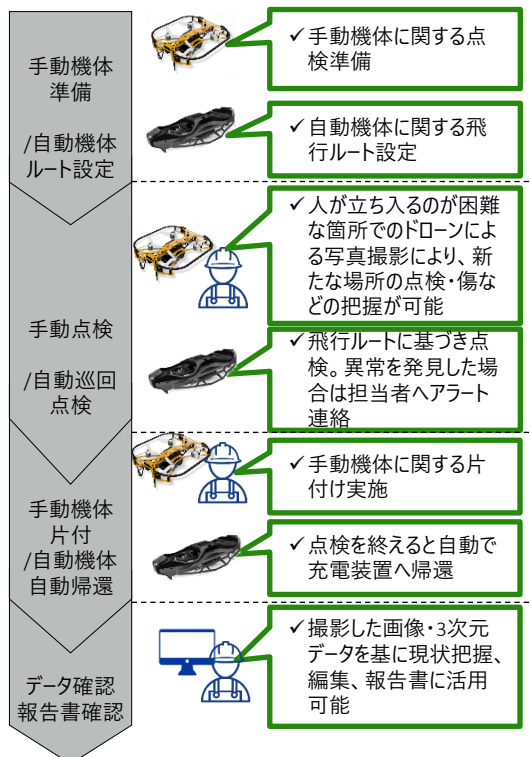
業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン スマートデバイス その他事例

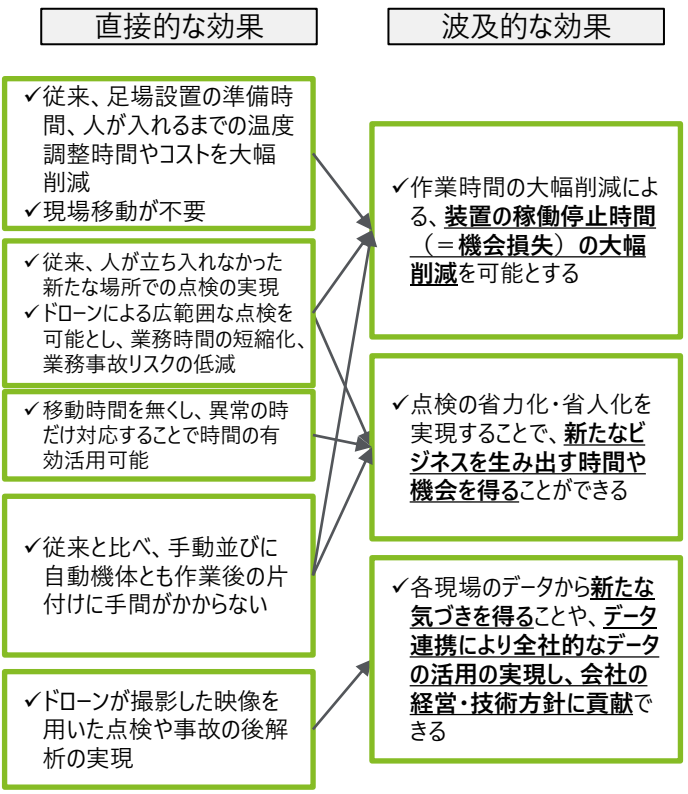
導入前の点検/巡回プロセス



導入後の点検/巡回プロセス



プロセスの変化によりもたらされる効果



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

三菱ケミカルは、スマートデバイスを活用した現場作業における効率化および高度化を行っている

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

導入対象	富山事業所内のユーティリティ製造設備を対象とした巡回点検記録業務（自主点検）
現状の業務内容	作業者が現場で1日3回巡回点検記録業務を実施
直面していた課題	1直あたりの人数が少ないため、巡回業務と異常発生時の対応業務の負荷が高く、作業者の育成も困難だった。点検結果を手書きで紙面に記録しているため、業務工数(転記作業や紙の管理)が多くなる上に、過去データを活用することが困難
活用技術	スマートデバイスを活用し管理者による遠隔支援を実現、および計器指示値を音声入力・手入力によりデータ化
期待効果	巡回業務の省力化、異常発生時の迅速・確実な対応、育成の高度化、データ活用による保守の質の向上

スマートデバイスの導入事例

スマートグラスやスマートフォン、タブレットなどのスマートデバイスを利用して、現場計器の指示値をデータ化している

導入対象設備

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

遠隔支援システム・計器指示値データ化システムが導入されているユーティリティ製造設備



製造設備イメージ（実際とは異なる）



現場計器の例



スマートデバイス（スマートグラス）

遠隔支援システムにより
現場状況をカメラ画像共有



スマートデバイス（スマートフォン/タブレット）

計器指示値データ化システムにより
現場計器指示値をデータ化

スマートデバイスの導入により、巡回業務における省力化と、データの集約化が実現した

導入技術の選定理由

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

スマートデバイスの技術的特徴

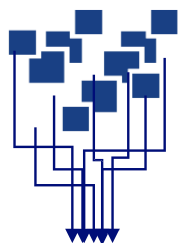
管理者が現場巡回の様子を遠隔監視できることで、同程度の保安レベルを維持しつつ、巡回業務を省力化

現場における計器指示値のデジタルデータ化により、省力化とデータの集約化が実現

現場で生じていた問題

- ✓ 1直あたりの人数が少ないため、巡回業務と異常発生時の対応業務の負荷が高く、作業者の育成も困難だった
- ✓ 点検結果を手書きで紙面に記録しているため、業務工数(転記作業や紙の管理)が多くなる上に、過去データを活用することが困難だった

導入技術の機能



データの
インプット

- インプットデータは、計器指示値の読み取りデータである
- 日に3回の頻度で合計約300点のデータを約100箇所の計器から取得している。具体的な項目を下表に示す
- これまでは作業者が巡回業務の際に手書きで紙に記録していた
- 作業者は複数の計器指示値から設備の異常・運転条件の異常の有無を、過去の経験に基づき判断していた

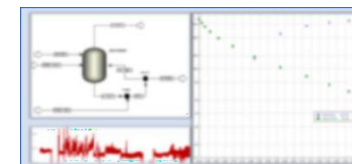
カテゴリ	データ項目
電力製造設備に設置された計器	圧力、温度、流量、電流、弁開度、など
圧縮空気製造設備に設置された計器	

- 計器指示値データ化システムにより、巡回点検業務の際に各データが直接デジタルデータとして記録される



データの比較、
異常の検知

- リアルタイムにデータを過去データと比較できる
- データを可視化して異常の有無を発見しやすくなる
- データを解析して予兆検知の検討につなげることができる



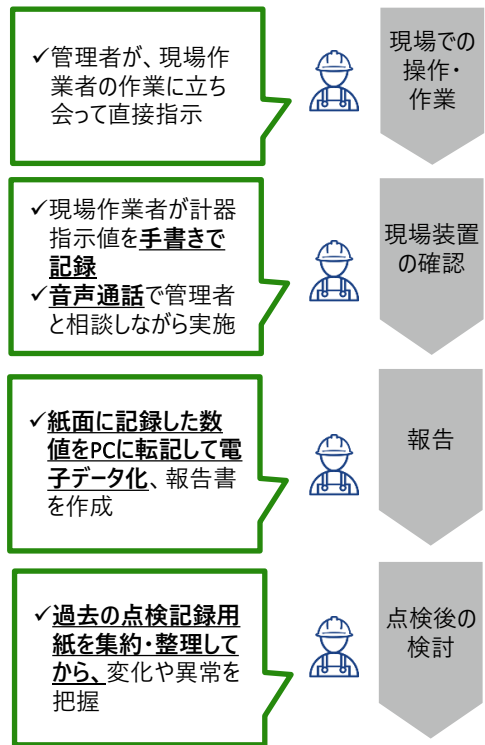
出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

スマートデバイスの導入により、巡回業務における管理者の立ち合い業務の削減と、異常発生の見落としの減少による保安レベル向上が達成された

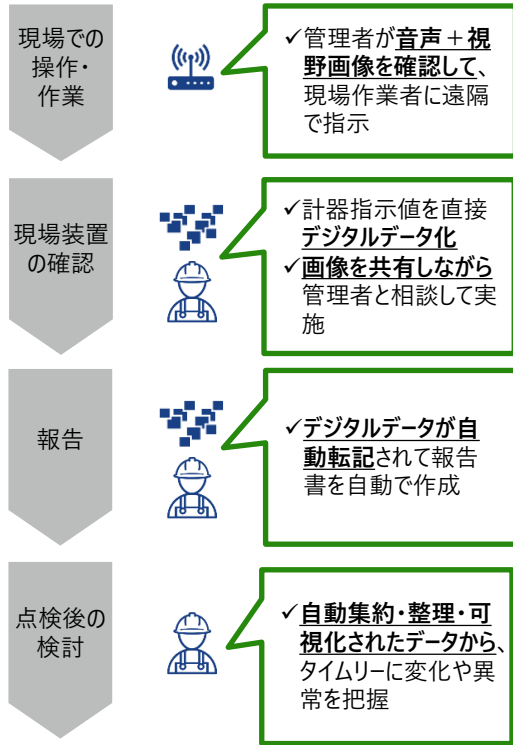
業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン **スマートデバイス** その他事例

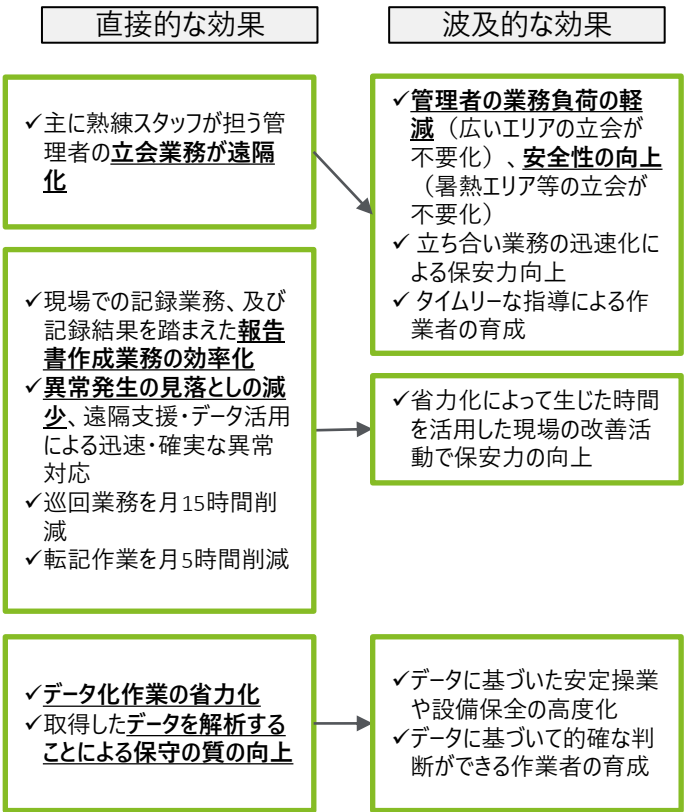
導入前の設備監視プロセス



導入後の設備監視プロセス



プロセスの変化によりもたらされる効果



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

その他の事例

ENEOSは、プラント自動運転AI導入により安全安定操業体制の確立を目指している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

導入対象	常圧蒸留装置及びブタジエン抽出装置における運転業務
現状の業務内容	運転員が24時間体制で運転監視・操作判断を実施
直面していた課題	高齢化により運転ノウハウを有する熟練運転員の減少
活用技術	リアルタイムのプラントデータを監視し、安定かつ最適なバルブ操作を導き出すAIモデル
期待効果	<ul style="list-style-type: none">・ 運転操作ミス等の人的要因による装置トラブルを削減・ 運転業務から設備点検業務へリソースを再配分することで物的要因による装置トラブルを削減



常圧蒸留装置

・・・加熱した原油を蒸留塔に投入し、温度に応じた成分分離を行う



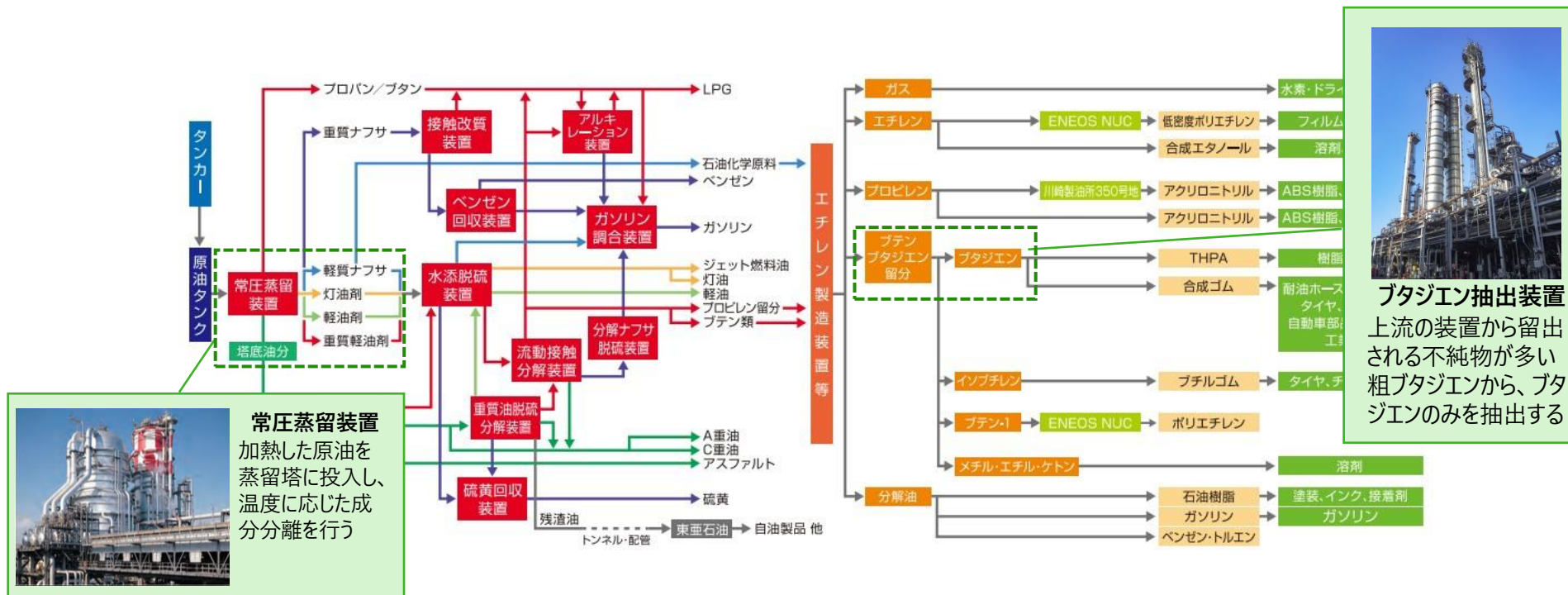
ブタジエン抽出装置

・・・上流の装置から留出される不純物が多い粗ブタジエンから、ブタジエンのみを抽出する

プラント自動運転AIの導入対象は、常圧蒸留装置とブタジエン抽出装置である

導入対象設備（川崎製油所の製造工程）

ドローン スマートデバイス その他事例



- 本システムは、プラントにおける様々な製造工程のうち、常温常圧及びブタジエン抽出の工程において、運転を自動化を行うものである。常温常圧装置は一連のプロセスのうち上流に位置しており、操作すべき変数が多い。一方、ブタジエン抽出装置は製造工程の下流に位置しており、常圧蒸留装置と比較すると変数が少ない

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

プラント自動運転AIでは、センサーデータを活用し、推奨操作のアウトプットにより自動運転へとつなげる

導入技術の選定理由

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

システムの技術的特徴

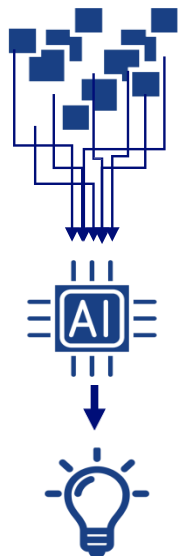
データから短期間にプラント運転を学習可能
となり、多数のケースにおいてもAIにて運転可能となる

リアルタイムの将来予測と自動操作
が実行可能になり、将来的には運転員の代替になることが期待される

現場で生じていた問題

- ✓ プラント運転には、多数のケースがあることから、ノウハウの習熟に時間を要し、加えてノウハウのマニュアル化が困難
- ✓ 感染症蔓延時等により人的リソースが不足した場合、装置を停止する可能性がある

導入技術の機能



データの
インプット

- インプットデータはプラントから取得したセンサーデータを活用しており、具体的な項目の一部は下表のとおり。なお、AIの導入にあたって新たに設置したセンサーはなし

カテゴリー	データ項目
常圧蒸留装置	約1000種類のセンサーデータ（例：流量計、圧力計、温度計、液面計、分析計など）
ブタジエン抽出装置	約500種類のセンサーデータ（例：流量計、圧力計、温度計、液面計、分析計など）

- なお、AIの学習時には、過去の実機運転データやシミュレータでのシミュレーション結果などを活用した

AIによる計算

- 各監視指標の将来予測値と推奨操作を計算
- なお、監視指標数は常圧蒸留装置では80-90程度、ブタジエン抽出装置では20-30程度

計算結果の
アウトプット

- **推奨操作を既存の制御システムにアウトプットすることで自動運転を実行**
- システム画面上に各監視指標の予測値や推奨操作を表示

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

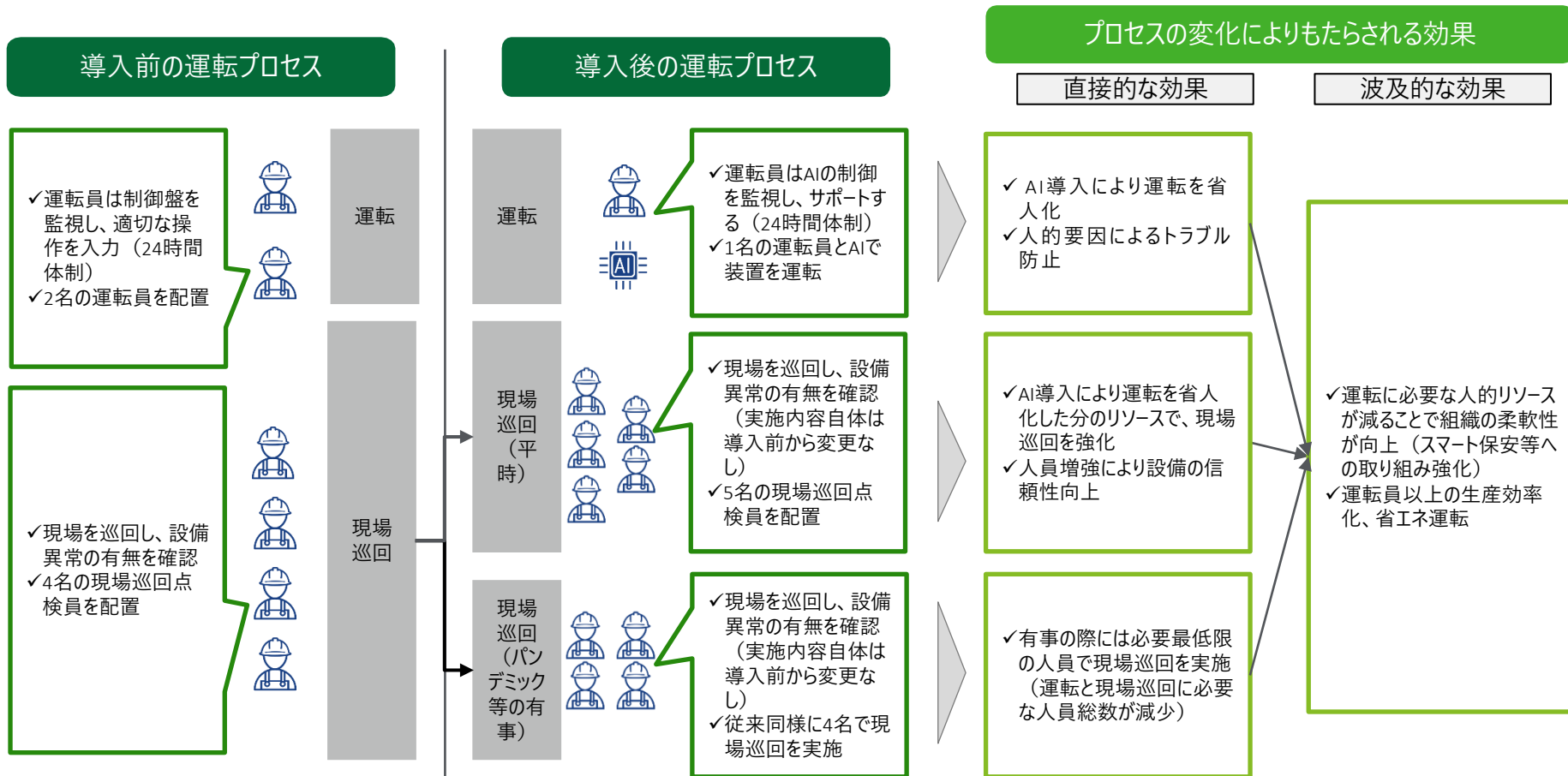
自動運転AIの導入により、装置トラブルの削減、加えてパンデミック等の有事の際に少人数でプラント運転が可能な体制の構築が可能となる

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

住友化学は、工場における無線型振動計を活用した設備監視システムを導入している

導入背景、技術の概要

ドローン

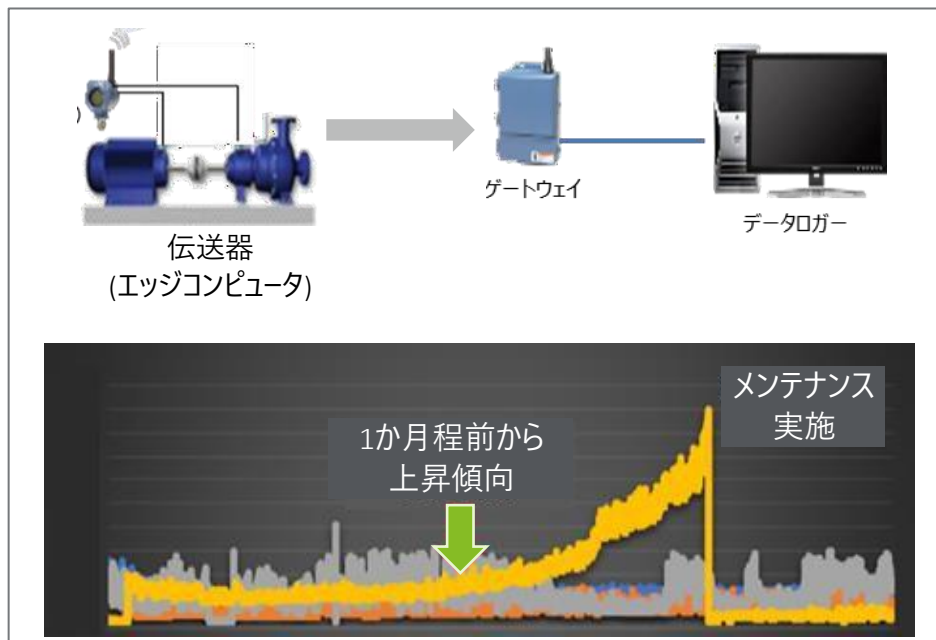
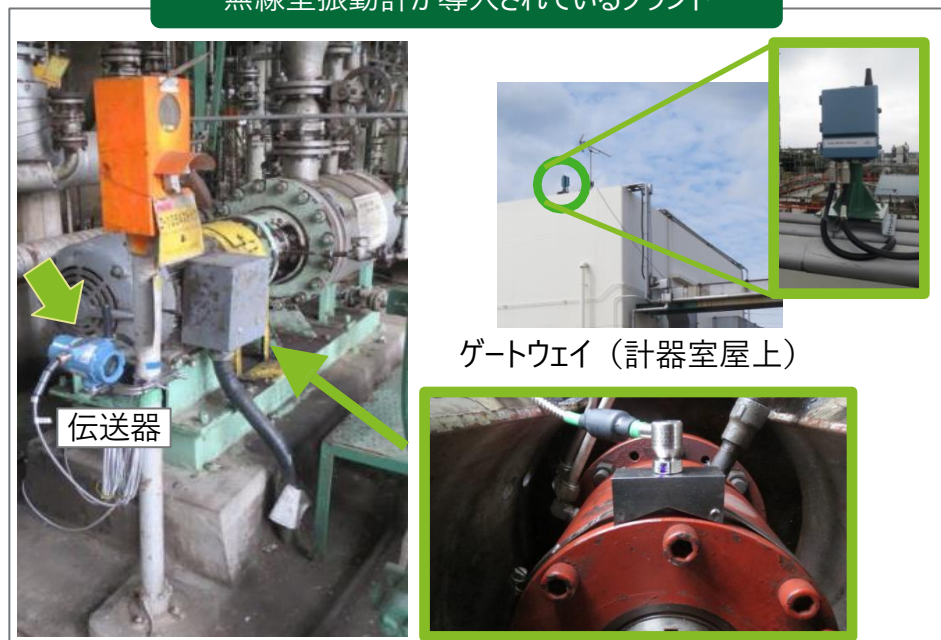
スマート
デバイス

その他事例

導入対象	石油化学誘導品工場における設備点検プロセス（自主点検）
現状の業務内容	定期的な設備診断の実施および日常巡回点検における作業員の五感に基づく状態監視
直面していた課題	異常判断における作業員の属人性の解消、現場での状態監視・日常点検における業務負荷の解消
活用技術	稼働データを収集するセンサーを搭載した無線型振動計、プロセスデータ活用基盤の構築
期待効果	リアルタイムで監視することによる監視精度向上、遠隔監視の実現による現場業務負荷が軽減

導入対象設備

無線型振動計が導入されているプラント



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

設備監視システムはリアルタイムで定量的な数値データを取得し、監視業務の一部遠隔化と監視精度向上につなげている

導入技術の選定理由

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

遠隔監視システムの技術的特徴

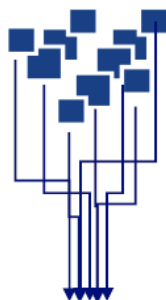
遠隔監視データを用いた設備監視の実現により、現場監視の一部を代替、作業量減少に貢献

リアルタイムで定量的な数値データの取得ができるようになり、運転状態がデータを基に可視化され、設備の監視精度が向上した

現場で生じていた問題

- ✓ 現場における異常監視業務を定期的の実施する必要があり、作業負担が大きい
- ✓ センサーが一部装置に未設置等、データ収集・活用の環境が整備されておらず、異常監視のために、作業員の属人的な判断が必要だった

導入技術の機能



データの
入力

- インพุットデータは、振動センサーで検出したデータを無線型伝送器により計器室の監視システムへ取り込む（1時間に1回の頻度で取得）

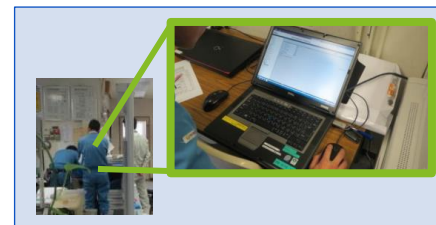
データ項目	監視・適用例
速度データ	回転機のアンバランス、ミスアライメント、滑り軸受の異常を判定
加速度データ	転がり軸受、ギヤの異常を判定
スペクトラム	速度・加速度のピーク値とおおよその振動周波数を示す 簡易診断として活用
エネルギーバンド	速度・加速度を周波数領域に区分し、ピークの領域を監視。簡易診断として活用

- なお、各データは、これまで数か月に1回程度の定期的な設備診断で確認していた。日常的な状態監視は、作業員の五感を活用したパトロールによる



データの比較、
異常の検知

- 上記インพุットデータを、データヒストリアンシステム上に自動で可視化して、遠隔地の画面上でも確認できるようにした
- 上記のリアルタイムで定量的な数値データのトレンドを監視することで、設備の異常予兆発生を早期に把握することができる

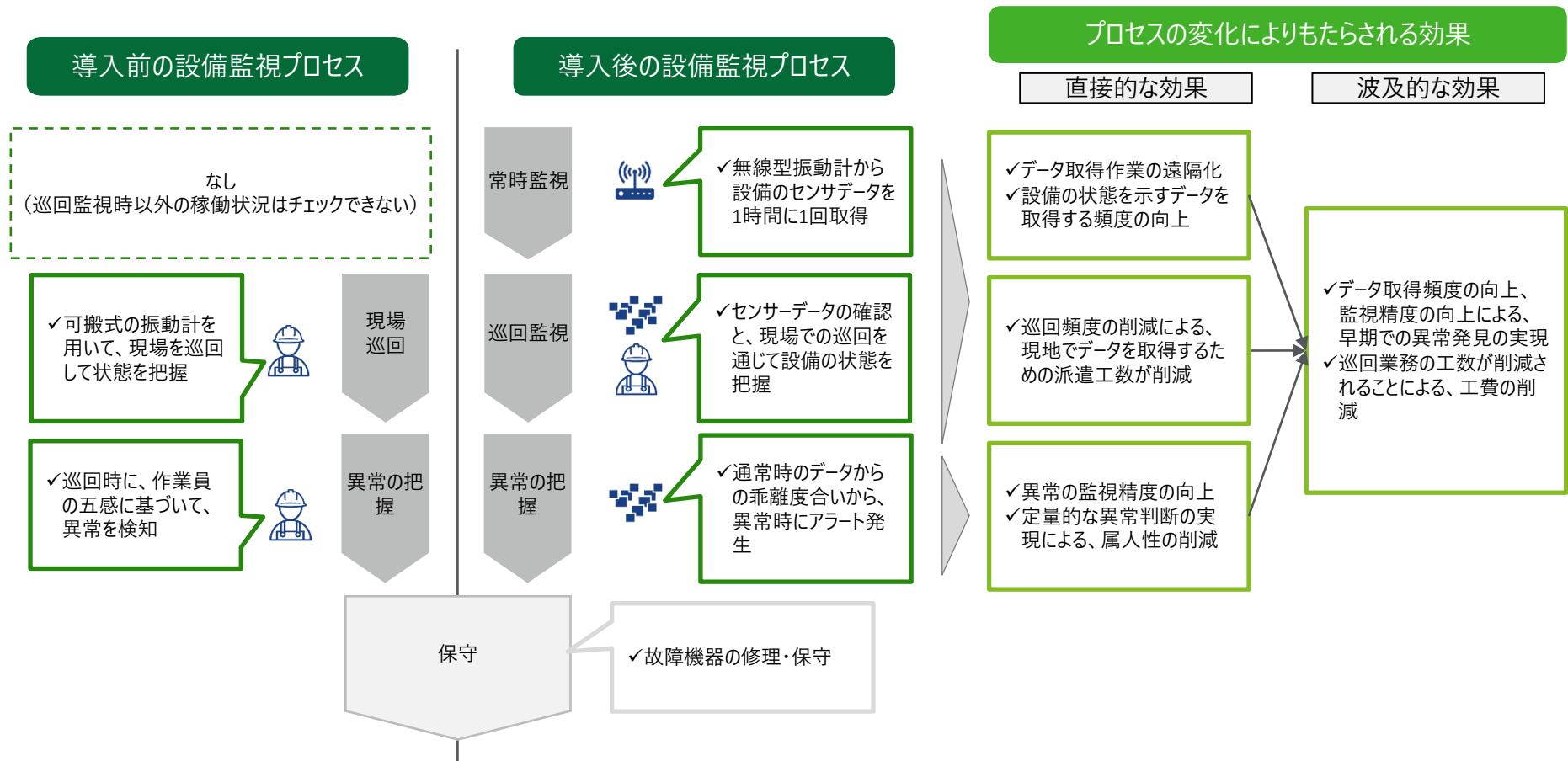


出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

設備監視システムの導入により、巡回業務が削減されたほか、早期での異常発見につながり、保安レベルが向上した

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン スマートデバイス その他事例



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

三菱重工業はプラント自動巡回点検防爆ロボットを開発、販売している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

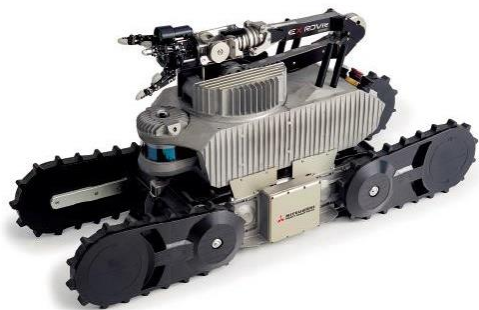
その他事例

導入対象	石油ガスプラント内における、主に危険場所等での巡回点検業務
現状の業務内容	稼働中のプラントにおいて平常・インシデント発生時に点検員が現場で直接状況確認・データ取得・入力等を実施
直面していた課題	平常時・インシデント発生時共に作業の安全性確保、人手不足の対応
活用技術	自動運転・各点検業務(目視点検・熱計測・音収集・ガス濃度計測・マニピュレータによる作業等)が可能な防爆ロボット
期待効果	<ul style="list-style-type: none">可燃性ガスのある危険場所(Zone1)で昼夜を問わず点検を行い、作業員の安全向上と、設備稼働率の向上に寄与点検データをデジタル化する事で有効活用でき、人間はより高度な分析作業等に専念が可能

防爆ロボットは目視だけでなくガス、熱、音の計測も行い、遠隔操作での作業にも対応している

導入対象設備

ロボットがプラント内を自動巡回し、取得した情報をクラウドに蓄積するいわば“動くIoTセンサー”



EX ROVR

“EX ROVR”(エクスローバ)は防爆型式検定を取得し2022年春リリース

6自由度マニピュレータでカメラを案内し、巡回点検でチェックすべきほとんどの計器を撮影



ロボット両サイドの熱画像カメラで狭い通路の両側機器の温度もピンポイントに計測



搭載するマイクでプラント内の同じ場所の音を定期的に録音し周波数領域で比較



巡回点検員が常備するものと同じ4種類ガス検知器で常時監視



あらかじめ指定した巡回点検シナリオを24時間365日実行しDXにも貢献



遠隔操作でのボタン操作などによりインシデント時の早期復旧に寄与

- ドローン
- スマートデバイス
- その他事例

防爆ロボットは点検作業の自動化、遠隔化を実現している

導入技術の選定理由

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

防爆ロボットの特徴

平常時の巡回点検作業を自動化

できるため、現場の人手不足問題の解消または夜間勤務等の労務改善に向けた施策となる

インシデント発生時の点検作業を遠隔で実施

できるため、ガス漏洩等の危険場所での人手業務が軽減される

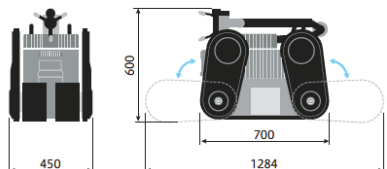
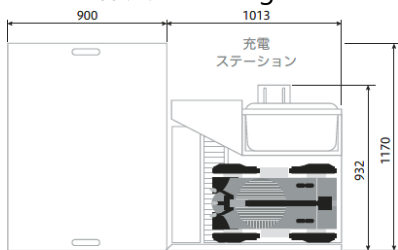
現場で生じていた問題

- ✓ 平常時に、24時間体制で巡回点検業務を実施する必要があることで、労務環境の悪化、人手不足が発生している
- ✓ インシデント発生時に必要な現場作業の際に、作業員に危険が生じる

導入技術の機能

主な外形寸法 (mm)

本体質量：70 kg



カテゴリー	概要
基本性能	<ul style="list-style-type: none"> • 防爆機能：様々な国の規制に対応 日本(Ex2018)、IECEX、ATEX • 自動運転：LiDARによる3次元自己位置推定、障害物検知、階段昇降アルゴリズム等 多層階を含むおおよそ100m四方を巡回点検、複数ステーションの配置により行動範囲を拡大 • 機動性：46°(基準最大)の階段昇降、狭い階段踊り場での旋回、防油堤の障害物乗り越え • マニピュレータ：6自由度防爆マニピュレータ、対象物の形状に倣うハンド • データ蓄積：ウェブブラウザで点検メニューとスケジュールの設定、クラウド上で点検データ蓄積・分析等 • 自動充電：危険場所での大容量非接触自動給電、2時間満充電で最大2時間稼働の高い稼働率等
人為作業の代替機能	目視点検、熱計測、音収集、ガス濃度計測、マニピュレータによる作業等

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

昼夜を問わず点検を行い、作業員の安全向上と、設備稼働率の向上に寄与し、点検データをデジタル化する事で有効活用でき、人間はより高度な分析作業等に専念できる

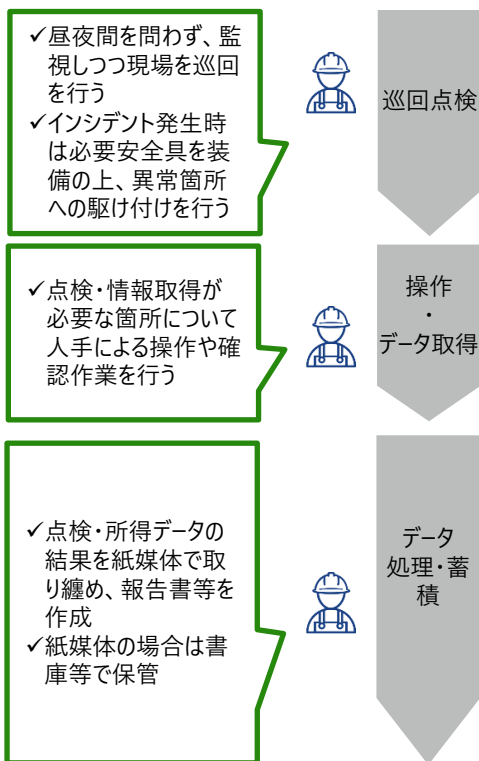
業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン

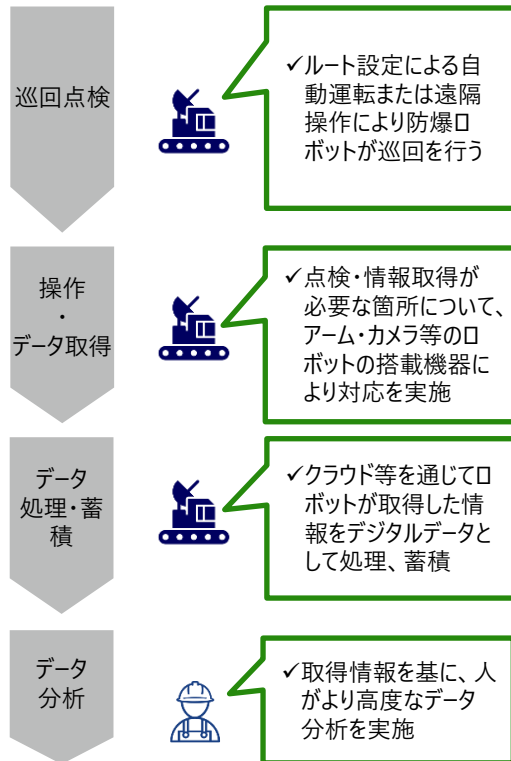
スマート
デバイス

その他事例

導入前の現場巡回点検プロセス



導入後の現場巡回点検プロセス



プロセスの変化によりもたらされる効果

直接的な効果

- ✓現場に向かわずとも自動または遠隔で巡回点検が可能
 - ✓業務時間の短縮化
 - ✓(ロボット導入前に比し25%減の省人化と点検カバー時間率50%増※)
 - ✓業務事故リスクの低減
- ※ロボット能力を人の50%と仮定した一例

波及的な効果

- ✓**労務環境の改善**
- ✓企業ブランディングやPRへの寄与

- ✓ロボットが取得したデータを多様な形で有効活用

- ✓**業務時間の短縮化**

生まれた時間をより高度な(例えばデジタル化された蓄積データをプラント稼働率向上に生かすDX化)仕事に当てることによる

- ✓既存人材の有効活用
- ✓人材育成の高度化

本システムでは、圧力伝送器、流量計のデータを取得して利用している

導入技術

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

AI自動制御システムを導入したブタジエン生産プラント



圧力伝送器
(圧力・レベルデータを取得)



流量計
(流量のデータを取得)



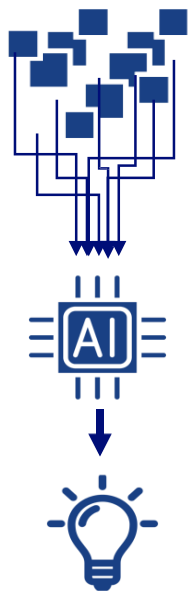
AI制御システムにより自動化されたバルブ操作は、オペレータによる適切か否かの確認が可能である

導入技術の機能

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

データの
インプット

- 強化学習AIアルゴリズムによるAI制御モデルの自動生成に使用するプラントシミュレータの構築 および 制御対象の液面レベルの予測値を示すAI監視モデルの構築のために、事業者から提供された配管計装図、各センサーや設備の設計情報を利用している

カテゴリ	データ項目
配管計装図	当該蒸留塔に関する設計データのほぼ全て(機器名、高さ、各種設備の繋がりなど)
各機器の情報	センサー設置場所・種類、ポンプ能力など
運転データ	流量、温度、圧力、液面レベル、濃度など

AIによる学習

- 安全に強化学習を行うために、バルブ開度のAI制御モデルを、プラントシミュレータを用いて自動学習で生成した
- 運転データのうち16変数を説明変数に用いて液面レベルの予測値をしめすAI監視モデルを構築した

分析結果の
レポート

- AI制御モデルによるバルブ操作結果とAI監視モデルによる液面レベルの予測結果を併せて表示するグラフィックを備えたAI制御システムを構築し、これにより、AI制御モデルによるバルブ操作が適切かどうかを、オペレータが確認できるようにしている
- 既存の安全機構に加えて、AI制御モデルが誤動作したり、動作不全を起こしたりしても、それらを検知する機構を組み込むことで、安全性を高めている

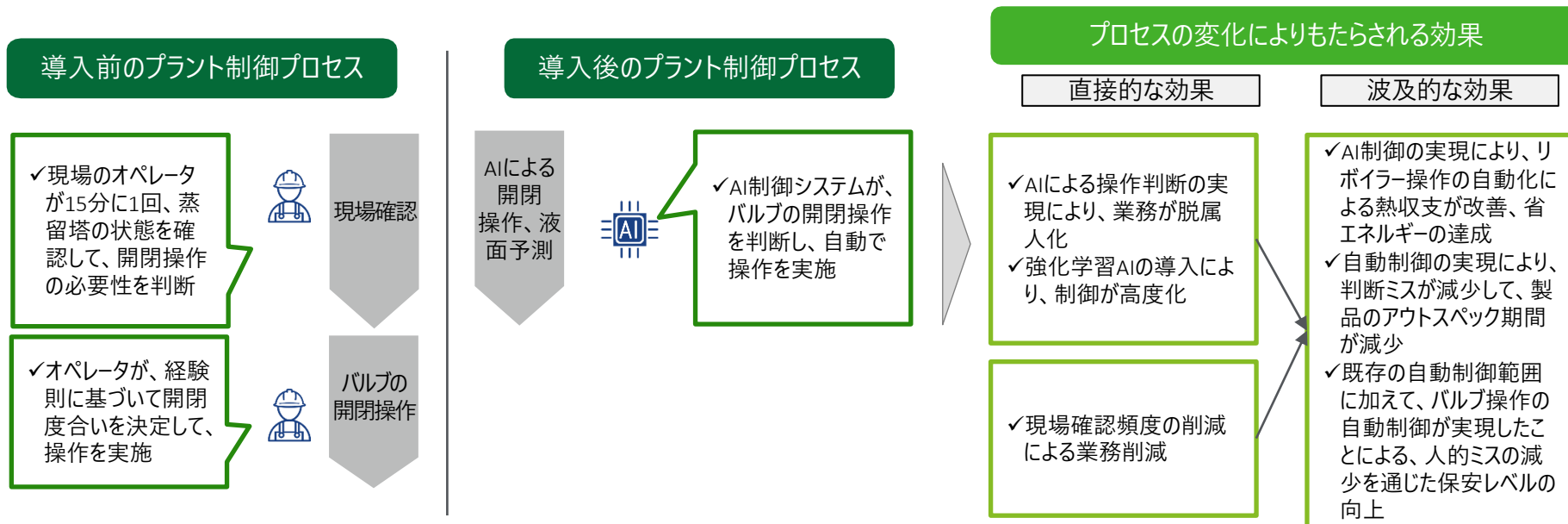
プラントの生産性を維持しつつ、AIによるブタジエン生産の自動化の実現を通じて、保守、生産の効率化、保守品質の向上も期待される

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



千代田化工建設と西部石油は装置監視AIを活用した運転支援システムを導入している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

導入対象	石油精製装置における機器異常の監視プロセス
現状の業務内容	設備内のアラートシステム及びセンサーによる異常検知に基づいた、保全員による状況把握、補修計画の検討
直面していた課題	初期異常の検知率向上、誤検知の解消、アラーム内容に基づく設備異常判断の非属人化、装置全体の異常リスクの可視化
活用技術	計器ごとの異常検知を行う個別AIモデルと、計器全体での異常検知を行う包括モデルの作成、装置全体の異常発生リスクの可視化、異常発生時のアラート及び推奨アクションを通知する機能の実装
期待効果	異常原因の探索精度向上による異常対応の適正化、誤検知率・異常監視漏れ率の低下による保安レベルの向上、気づきの付与による現場作業員の監視水準の向上

導入技術の選定理由

遠隔監視システムの技術的特徴

各計器・機器、並びに装置全体を対象としたAIモデルの構築により、異常原因の探索及び異常箇所の特特定が高度化されたほか、網羅的に異常を把握することが可能になった

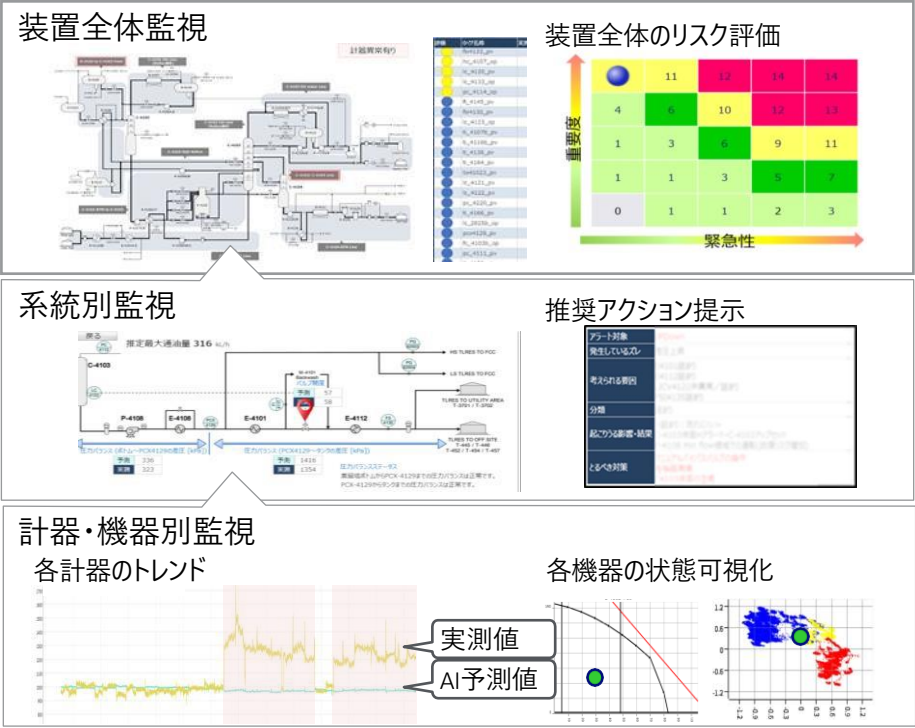
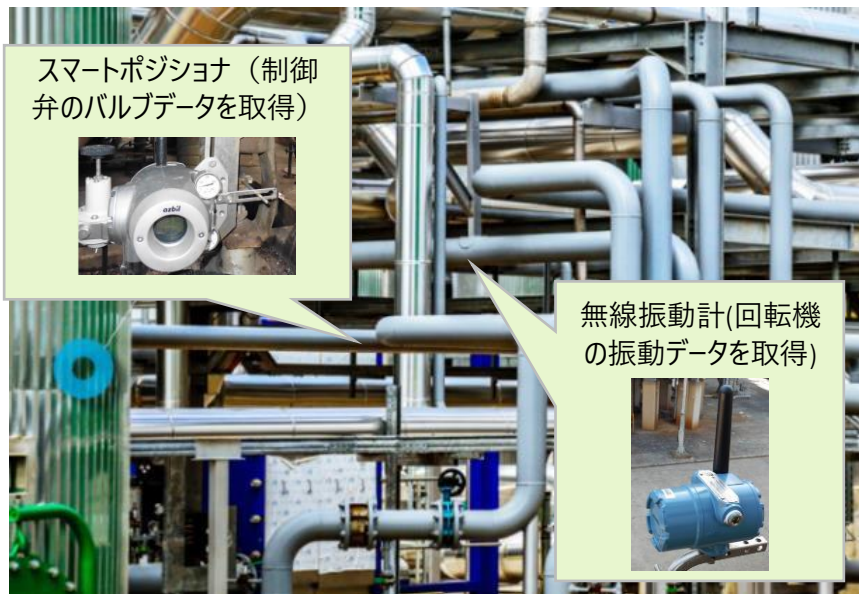
現場で生じていた問題

- ✓ 故障初期での把握が難しい異常や、センサーによる誤検知が存在
- ✓ 個別の計器異常検知では、装置全体でどこで異常が発生しているのか、どの異常を早急に対応すべきか不透明

設備監視システムは、スマートポジショナや無線振動計をはじめとした、各装置全体を対象としている

導入対象設備

- ドローン
- スマートデバイス
- その他事例



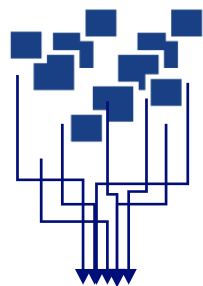
設備監視システムは、センサーデータ、プロセスデータを分析、可視化し、異常判断の参考となる提案も行っている

導入技術の機能

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



データの
インプット

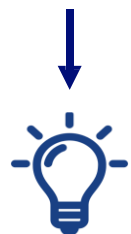
- インプットデータは、装置内の各システムで得られるプロセスデータ（エンジニアが選別した192個の計器データ）と設置したIoTセンサーから収集したデータである。具体的な項目を下表に示す

大分類	カテゴリー	データ項目
センサーデータ	制御弁関連	IoTセンサーデータ（調節弁開度、属性値等）、設計値
	ポンプ関連	IoTセンサーデータ（振動値、属性値等）、設計値
プロセスデータ	プロセス関連	プロセスデータ（圧力、温度、流量等）、設計値
	周辺環境関連	天候データ等



各AIモデルで
分析

- ①個別の機器・計器を対象に異常検知を行うAIモデルと、②各プロセスシステムで異常検知を行うAIモデル、③全計器を対象に異常検知を行う工学知見を入れたAIモデルにて、それぞれでインプットデータを基に異常割合のみでなく異常が生じている計器を検知する
- ②のプロセスシステムの異常検知AIモデルは、合計で8つのプロセスを対象に予兆分析を行っている。その際、インプットデータを基に、運転変動等、工学的プロセス要素を加味したモデルを構築している
- なお、①にて個別に異常検知すべき機器および計器を整理する際には、装置を熟知した設計の観点からの抽出と現場作業員への確認を通じて、運転制御の観点から重要と判断した機器および計器を選定した



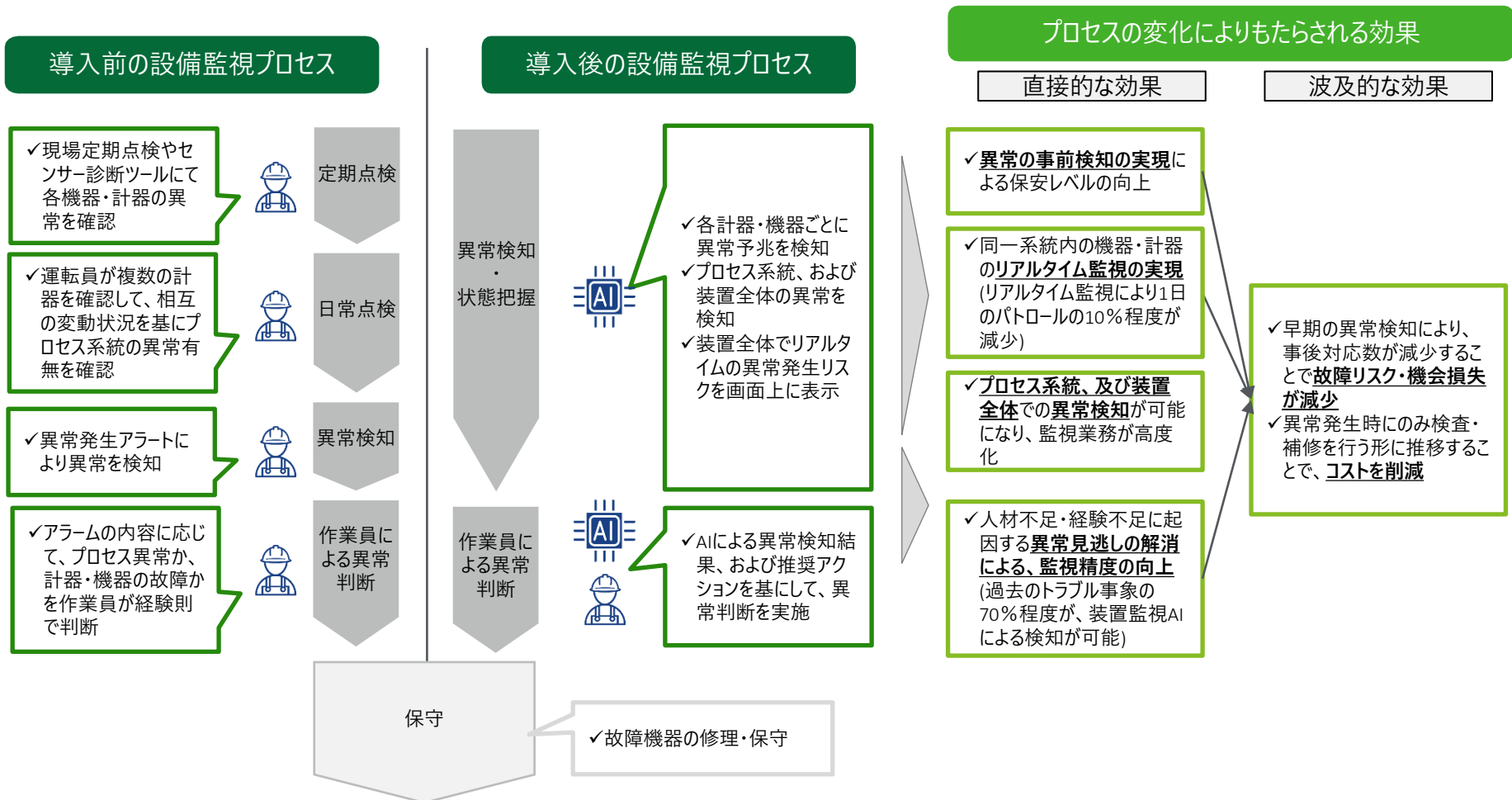
分析結果の
レポート

- 上記の異常検知結果を基にして、装置全体における現在の状態やそのリスク傾向を、重要度と緊急性という2軸で指標化し、システム上に可視化している(特許取得済)
- 異常を検知した際には上記のリスク状態に加えて、検知した装置と推奨アクションが提示されるため、現場の作業員がその提示案を参考にしつつ、異常判断を実施する

設備監視システムの導入により、巡回業務が削減されたほか、早期での異常発見につながり、保安レベルが向上している

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン スマートデバイス その他事例



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

日揮は配管内面腐食のAI予測システムを開発している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

導入対象	各種プラントの配管部分
現状の業務内容	長いものでは数年から十数年の間隔で配管内面腐食の点検を実施
直面していた課題	限りある点検リソースにおいて、劣化が進んでいる箇所(point)の点検が間に合わず、劣化を見落とすリスク（点検データや運転データを詳細解析して逐次点検計画を見直す作業などを実施する保全員リソースは不足傾向）
活用技術	プラントの運転条件や環境の変化をインプットとして配管の腐食予測を行うAI
期待効果	劣化予兆検知の実現による事故リスクの低減

導入技術の特徴

AIシステムの特徴

データを活用することで網羅的に状況把握し、劣化が進む箇所（ケアが必要な箇所）を特定

できるため、劣化の見落としリスクが低減（データはプラントオーナーが日揮に提供）

データに基づく配管肉厚の予測結果を活用することで、予防保全を行うことが可能

現場で生じていた問題

✓ 点検頻度が低い箇所では、劣化が見落とされているリスクがあった

✓ 異常発生時、センサーが異常を検知してから初動対応をとっていたため対応が遅れる可能性

本AI予測システムでは、プラントの配管に設置されたセンサーからのデータをAIが分析して保守に活用している

導入技術の全体像

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

石油精製・石油化学プラント

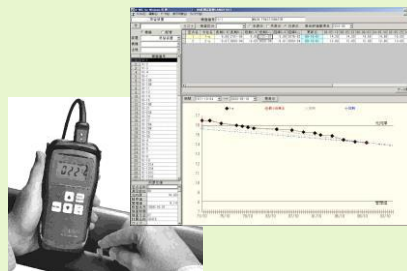
プラントセンサー（本事業では主に配管に設置された計器類およびサンプル分析データ等から取得された運転情報）



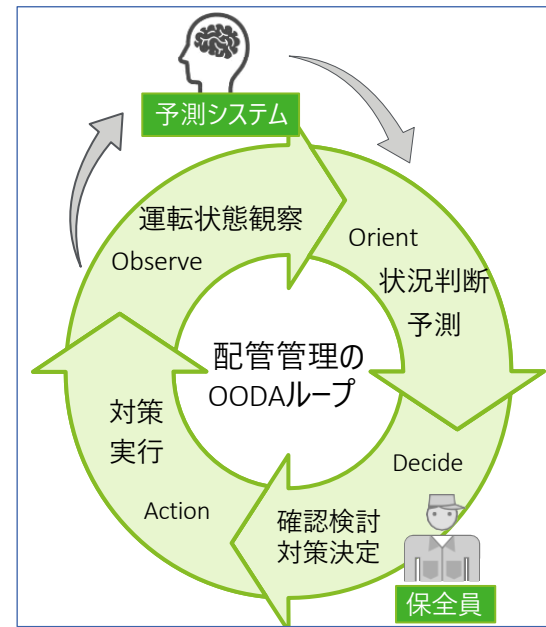
各種データ（予測用運転データ）

各種データ（学習データ構築用）

可搬型センサー（配管肉厚データ、学習データ構築のみに利用）



各種データを活用したOODAループ



- プラントの配管では鉄等が腐食することがあるが、センサーから取得する各種データを分析することで腐食を事前に察知。なお、本システムは運転温度や流量などのDCSデータから腐食予測が可能

本AI予測システムでは、AIによる分析をレポート化し、より効率的なメンテナンスへつなげている

導入技術の機能

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



データの 入力

- 主な入力データを下表に示す。なお、実際の入力データはプラントオーナーと協議のうえで決定される

カテゴリー	データ項目
配管関係	配管の肉厚データ（可搬センサー）
設備（配管以外）関係	対象設備の流体情報（DCS: 温度, 圧力, 流量等、その他サンプル分析値などのデータ）

AI分析・ 予測

- 入力データをクラウドで日次分析または定期的にプラントオーナーからデータを受領し分析することで予測を実施
- 各装置各系の標準値予測と特異点的な最大値予測の両方を同時出力、各々で最適なアルゴリズムを適用
- 変数として腐食損傷モードに応じた腐食因子濃度などを用いる事で利用者が理解しやすいモデルとした

分析 結果の レポート イング

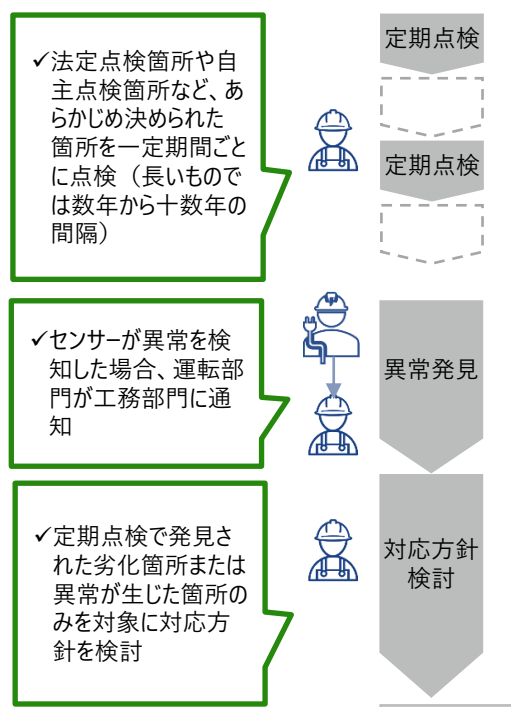
- **AIによる予測結果とあわせて入力データから導出した腐食の理論値もレポート**するようにしている。これにより、予測値が理論値と乖離している場合に、詳細点検を行いその原因を特定するなどより高度な点検が可能（なお、理論値については、条件によって一部過大評価気味のものもあるため、必ず予測値とセットで評価を実施）
- 理論値を確認することで予測の根拠が分かるため、異常の予兆を発見した際に、**追加的な詳細点検の必要性を議論しやすくなることも期待**。予測値については、シビアケースとマイルドケースなど、様々な運転条件を想定した任意運転条件での予測結果を出力出来る仕組みとすることで、点検時の判断や工事計画検討をサポート（なお、「理論値」は学問的に構築された算定方式に必要な変数の値を当てはめたものであり、「予測値」は過去データからAIが（理論的根拠に基づかず）導いた予測値である。理論的根拠に基づいていないものの、学問的に構築された算定方式ではとらえきれない要因を反映した予測になっている可能性があり、「理論値」とは補完関係にある）
- 従来の点検プロセスでは、異常検知を運転部門が担い、現場部門は運転部門からの連絡がないと異常発生を認識できない場合でも、**本システムを導入することで現場部門がダイレクトにモニターや帳票で「腐食状況」を確認することで異常発生を予測することが可能**

予測データや理論値の提供を通じて、プラントの運転条件や環境の変化を踏まえた設備管理による事故リスクの低減が期待される

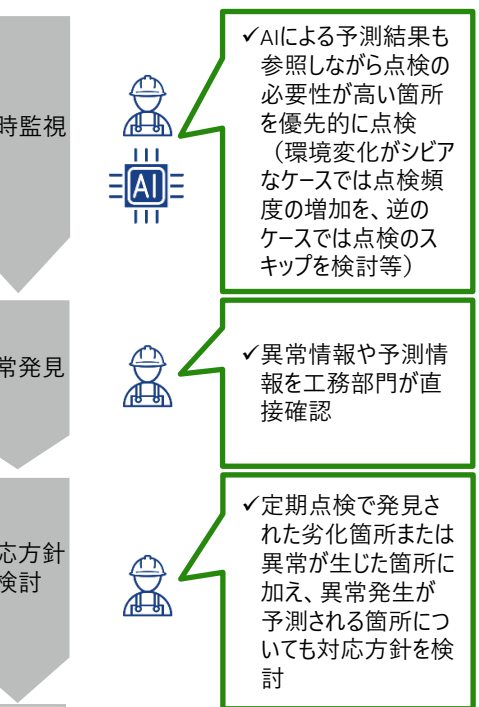
業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン スマートデバイス その他事例

導入前の配管点検プロセス



導入後の配管点検プロセス



プロセスの変化によりもたらされる効果

直接的な効果 波及的な効果

✓点検漏れによる事故リスクの低減
 ✓必要性が低い点検を減らすことによる点検コストの削減

✓工務部門の点検業務の高度化

✓AI導入による常時監視を実現し、点検漏れによる事故リスクの低減

✓収集したデータを活用することによる若手人材育成の質向上（インプットデータの分析結果やリコメンド発出口ジックなどを活用した人材育成）
 ✓システムの導入に際して、工務部門、運転部門、IT部門がプロジェクトチームを組んで取り組む必要があり、そのような活動を通じた、縦割り組織の変革効果

※リコメンド発出口ジックを活用した人材育成のイメージ：例えば短期の腐食率変化、それに伴う残存寿命の変化、理論的腐食率との比較、損傷メカニズムに応じた腐食因子とその濃度変化など、ベテラン保全員がどの項目を見てどの様な閾値でどの様な判断をしているか、そのロジックを成文化してシステムに落とし込むこと。それによりベテラン保全員が持つ技能の伝承に活かす事が出来、若手保全員の人材育成に資する事が可能

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

JFEスチールはコークス炉における無線温度センサを用いたAI炉温管理を導入している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

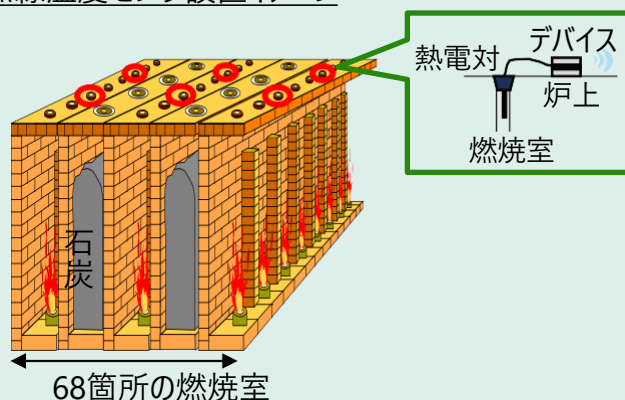
導入対象	製鉄所内コークス炉の測温業務並びに炉温調整業務
現状の業務内容	(測温業務) 作業員が測定地点にて1日4回の炉温の測温を実施 (炉温調整業務) コークス炉内の温度が一定以上になるよう、ガスを投入して温度調整
直面していた課題	オペレータの経験の有無によらない、ガスの投入による炉温調整の仕組みの実現
活用技術	無線温度センサからリアルタイムで取得した多地点の炉温を基に、将来の炉温予測及び必要ガス量のガイダンスが可能なAIモデル
期待効果	炉温測定作業並び将来的なガス投入調整業務の代替、炉の異常の早期発見、炉体損傷の防止、調整業務の脱属人化

導入対象設備

温度測定の様子



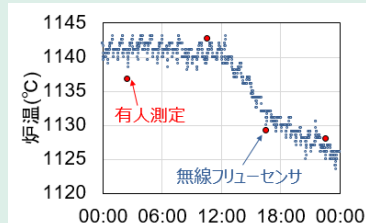
無線温度センサ設置イメージ



無線デバイス



測定データ例



本システムは、コークス工程のうち、「炉温管理プロセス」における自動測温、炉温調整を行う。炉温管理プロセスでは、ガスの投入量の調整により、コークス炉の炉温を調整するが、ガスの投入タイミングから炉温変化のタイミングにラグがあるため、継続的な温度調整が難しい

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

本技術の活用により、点検の工数削減や適切なガスコック操作につながっている

導入技術の選定理由

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

システムの技術的特徴

過酷な環境下での業務をセンサーを活用することで遠隔化

したため、現地測温回数が削減され、リアルタイム監視が実現

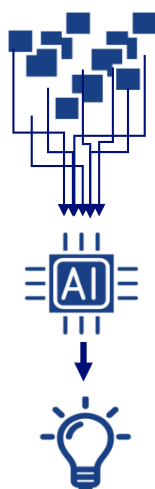
将来の炉温の予測結果に加え、ガスコック操作をガイダンス

するため、誰でも操作可能になり、技術伝承が不要になる

現場で生じていた問題

- ✓ 炉温管理のために、現在の炉温を把握する必要があるため、暑熱環境下で、172箇所にて1日4回、有人の測温業務を実施しており、現場作業員から代替ニーズがあった
- ✓ ガスコック開閉と炉温変化のタイミングが異なるため、炉温調整はオペレータの経験則に頼る必要があった

導入技術の機能



データの
インプット

- インプットデータは1分おきに測定した計136箇所の炉温データである。具体的な項目の一部は下表のとおり

カテゴリ	データ項目
温度	コークス炉内炉温データ（1分おきに自動取得）

- なお、今後は、インプットデータとして、石炭の投入タイミング、石炭の含有水分量、コークス炉への投入ガス量といったデータを学習することを検討

AI分析

- 多地点・多時点のインプットデータを基に、その後の炭化室の温度、並びに一定温度に温度を維持するために必要なガスコックの開閉タイミングを予測
- 多地点時系列データの時系列相関の学習に有効な、リカレントニューラルネットワークを導入して炉温予測を実施

分析結果の
レポート

- **分析結果として、20時間後の炉温並びにガスコックの開閉に関するガイダンスを表示**
- 保全員・運転員は、ガイダンス結果に基づいて、ガスコックの操作を実施する

出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

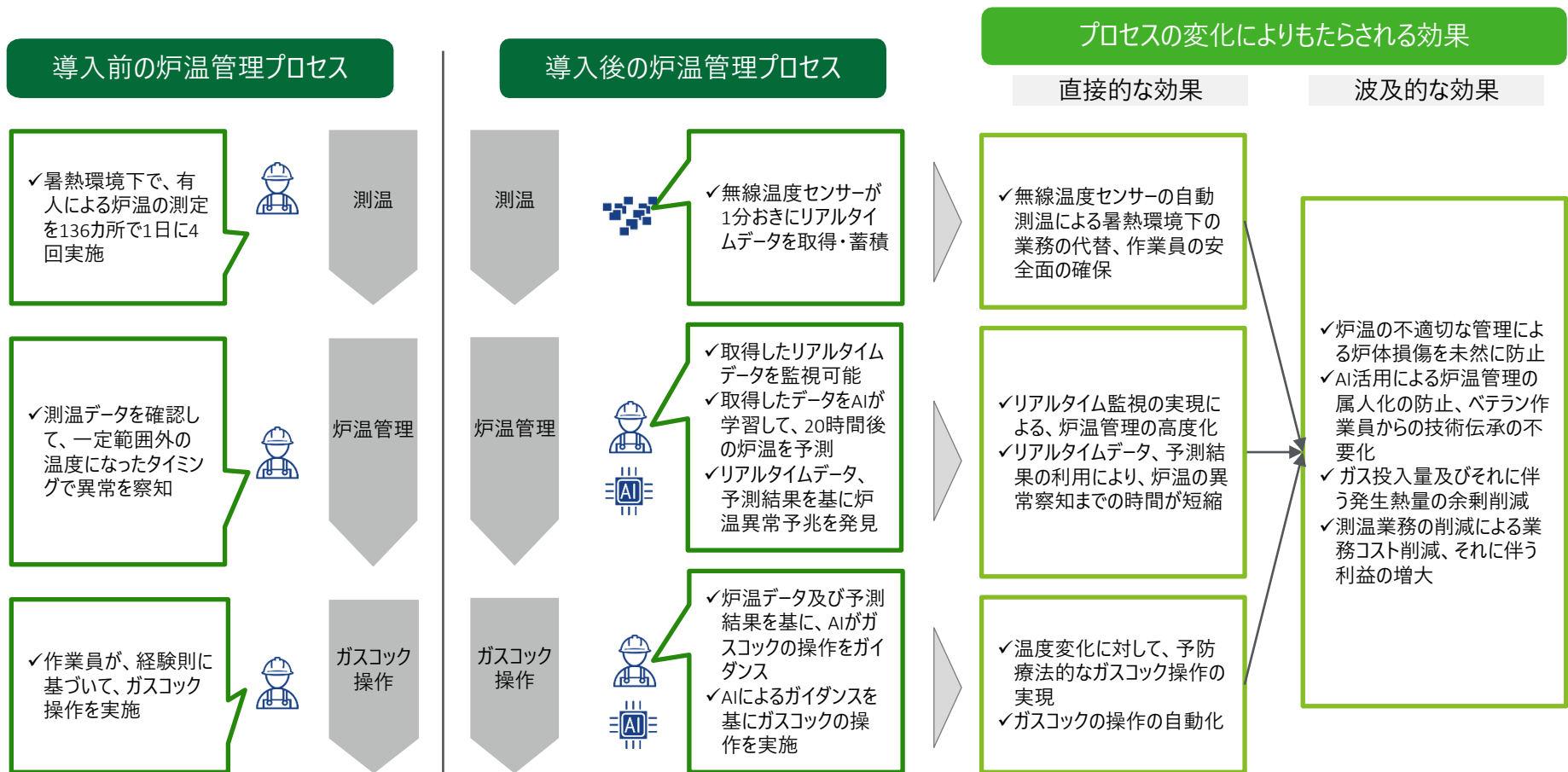
AI炉温管理導入により、測定作業が代替されるほか、リアルタイム監視の実現により早期の異常検知、非属人的な炉温調整プロセスが実現されている

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン

スマート
デバイス

その他事例



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」

日本製鉄はインバリエント分析を活用した製鉄所における異常予兆検知を導入している

導入背景、技術の概要

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

導入対象	熱間圧延工程のモニタリング業務
現状の業務内容	点検員が稼働状況のデータをモニタリングし、異常が見受けられた場合は現場確認を実施
直面していた課題	AIを構築することで異常検知を迅速化したかったが異常データが少なく学習が困難
活用技術	従来の保全員・運転員によるプロセス監視データのモニタリングに加え、工程の異常検知にインバリエント分析を活用
期待効果	異常の発生から把握までの時間の短縮、迅速な異常検知による事故リスク低減、業務負荷の軽減、保全員・運転員の育成等

導入技術の選定理由

インバリエント分析の技術的特徴

AIモデル構築時に異常時のデータが不要

であるため、異常データの件数が少ない仕上圧延プロセスの監視に向いていると判断

現場で生じていた問題

- ✓ 以前からプロセスにおけるデータ収集が進んでいたものの、異常データ件数が少ないこともあり十分な成果が得られていなかった

本システムは、熱間圧延工程のうち、仕上圧延プロセスにおいて異常検知を行っている

導入対象設備

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

熱間圧延工程の概要

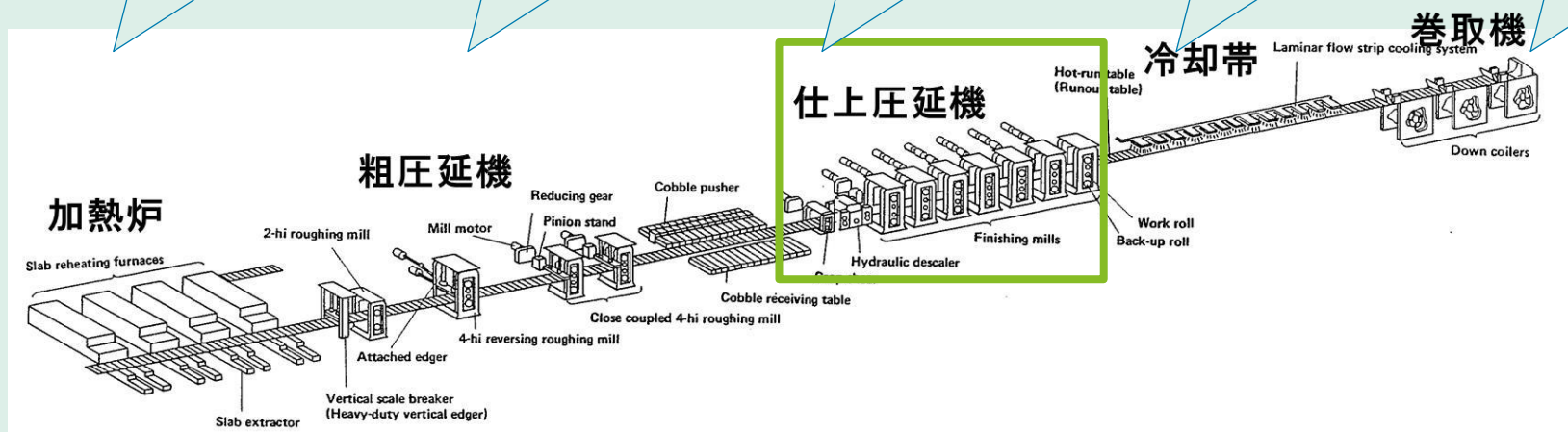
ガス加熱にて約1200°Cに
スラブ再加熱

ガススラブを1本ずつ
粗バーまで圧延。
板厚み約300mm→約40mm

粗バーを精度よくストリップま
で圧延。
約40mm→約1.2mm

水冷にて
品質作り込み

コイル状に巻取り



- 本システムは、熱間圧延工程のうち、「仕上圧延プロセス（上図の緑枠部分）」における異常検知を行うものである。仕上げ圧延プロセスでは、スラブを40mmから1.2mmまで圧延するが、様々な幅の金属の加工をするため負荷変動が大きいためという特徴がある

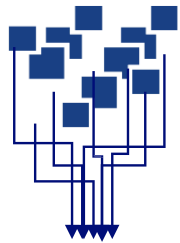
本システムでは、10分ごとに制御用ネットワークから取得したデータをインバリエント分析し、結果を表示している

導入技術の機能

ドローン

スマート
デバイス

その他事例

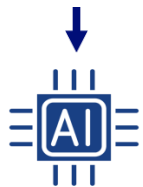


データの
インプット

- インプットデータは制御用ネットワークから取得している（2,000項目程度）。具体的な項目の一部を下表に示す

カテゴリー	データ項目
各仕上圧延機（全7スタンド）	圧延荷重(ロードセル)、圧下量、油圧圧下油柱実績、サイドガイド開度、ロール周速、ルーパー（角度、電流値、張力、ロール回転速度）等
高圧水関連	水温、流量、圧力、高圧水ポンプ（電流、回転数）等
トラッキング関連	各トラッキング用センサー、オンロードリレーセンサー 等
搬送テーブル関連	テーブルモータ（電流、速度）等
鋼板関連	板厚、板幅、鋼板温度、鋼板形状値 等
その他	各種制御目標値、モデル計算値 等

- なお、実際の分析に用いているデータはこのうち一部であり、どのデータを活用すると適切な分析ができるかは現場スタッフと技術スタッフが協力して選定している



インバリエント
分析

- インプットデータを時系列でモニタリングし、データが異常な挙動を示していないかを**インバリエント分析（通常時のデータ同士の関係性とリアルタイムでインプットされてくるデータ群を比較することで異常の予兆を検知）**を活用して監視
- 分析は10分ごとに実施



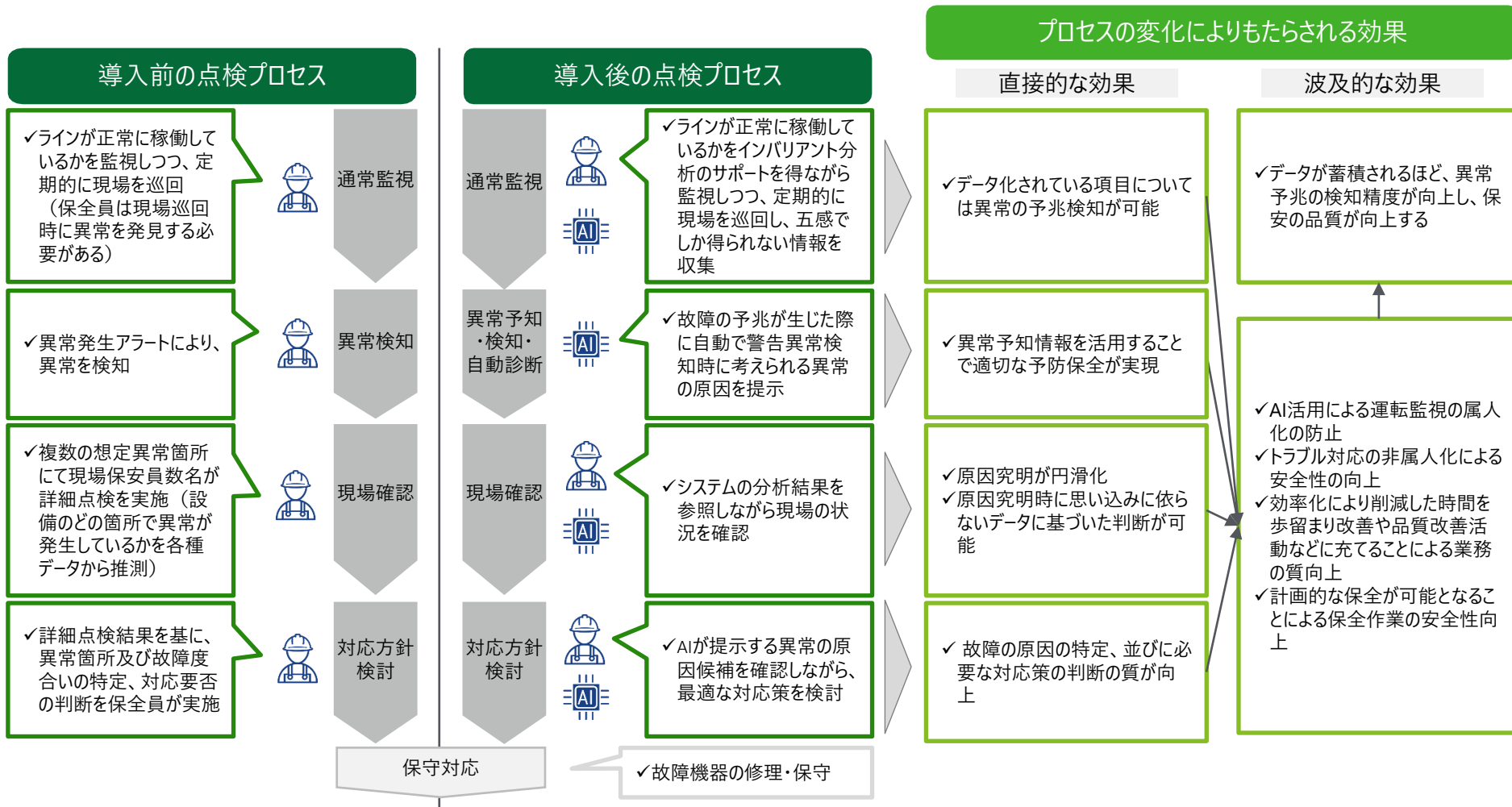
分析結果の
レポートイング

- **分析結果として、トラブルの原因と考えられる要因の上位5件のみを表示**するようにしている
- 保全員・運転員は、通知が来た場合には、まずシステム上で状況を確認後、現場対応に当たることになる

インバリエント分析が導入されることで、従来の監視よりも迅速に異常を検知・原因の究明が可能となる

業務プロセスのBEFORE/AFTERと期待効果

ドローン スマートデバイス その他事例



出所：経済産業省「スマート保安先進事例集」