

AIを活用した下水処理場 水処理運転操作の取組状況

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況

第1回検討会にて、海外の下水道分野および国内の他分野におけるAIの活用事例を調査した。国内において、下水道水処理施設を対象としたAI活用の実証研究として以下の5つの実証事例が挙げられる。過去のデータで学習し、送風量などのガイダンスを表示することは共通している。AIの手法は各社独自のものである。

地方公共団体名等	スケジュール	件名	実施者	実施場所
北九州市	実証開始：R3 実証終了：R6.3 実システム構築：未定	AIを活用した下水処理プロセスの運転ガイダンスおよび制御の実証研究	北九州市 安川オートメーション・ドライブ（株）	北湊浄化センター
東京都	実証開始：R1 実証終了：R5.3 実システム構築：R6年度以降	AIを活用した省エネと水質改善を両立する制御技術の開発	東京都、三菱電機（株）	北多摩一号水再生センター
(B-DASH) 船橋市 広島市	実証開始：R3 実証終了：R6.3 その後自主研究へ移行	AIを活用した下水処理場運転の先進的支援技術に関する実証事業	(株)明電舎・(株)NJS・広島市・船橋市共同研究体	広島県広島市西部水資源再生センター 千葉県船橋市高瀬下水処理場
(B-DASH) 町田市	実証開始：R3 実証終了：R4.3 その後自主研究へ移行	単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証事業	メタウォーター（株）・日本下水道事業団・町田市共同研究体	東京都町田市成瀬クリーンセンター
(日本下水道事業団提案型共同研究)磐田市	実証開始：R3 実証終了：R6.3	(件名) AIによる運転支援技術の適用性の検証	三菱商事（株）・日本工営（株）	静岡県磐田市磐南浄化センター

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況

国内5件の実証研究以外でAI活用を進めるベンダーにも追加でアンケート及びヒアリングを行い、現時点で1例の回答を得た。

ベンダー	スケジュール	件名/製品名	実施者	実施場所
ヴェオリア・ジェネッツ (株)	サービス提供	(製品名) Hubgrade	ヴェオリア・ジェネッツ (株)	国内外で多数の事例あり

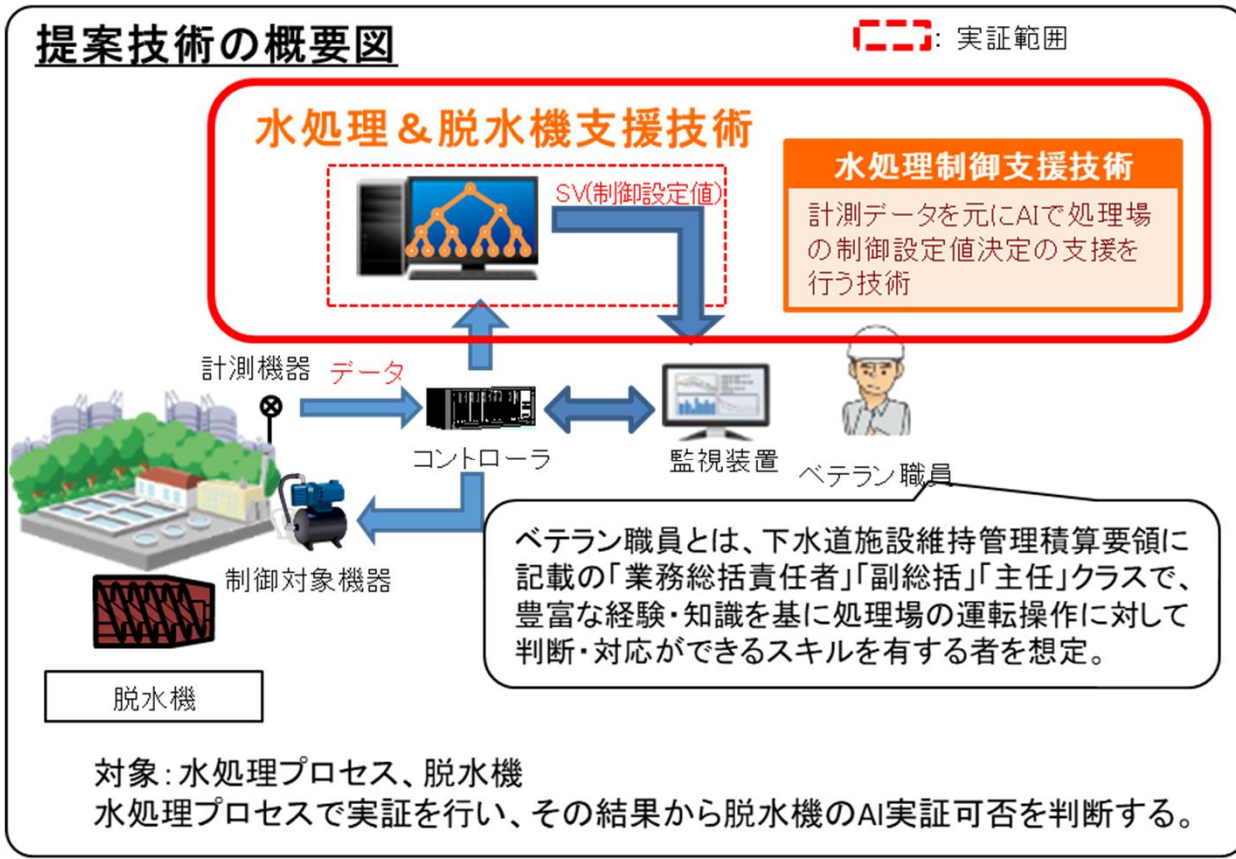
AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (北九州市)

AIの概要・目的・効果

①AIの概要・目的・効果

件名	AIを活用した下水処理プロセスの運転ガイダンスおよび制御の実証研究
実施者	北九州市、安川オートメーションドライブ
概要	過去の運転データからAIモデルを構築 リアルタイムの計測データから予測対象の最適な目標値のガイダンスを実施
目的	処理水質の確保と最適運転による使用電力の削減を両立 過去の運転データの蓄積による熟練技術者のノウハウ蓄積 経験が少ない若手技術者の運転補助

提案技術の概要図



提案技術

1. 実施可能内容
 - ・ 浄化センター(水処理プロセスや脱水機)の過去の運転条件、水質からAIのモデルを構築し、ベテラン職員の代わりにSV(設定値)をガイダンスする機能
2. 特長
 - ・ プラントを運転させるために決定しているSV(設定値)のガイダンスが可能。
 - ・ ガイダンス項目に影響を与えている重要度項目が抽出可能なため、ノウハウを可視化することが可能。
3. 予想される効果
 - ・ ヒューマンエラーの低減
 - ・ 職員の負担軽減
 - ・ 人による運転のばらつきの低減
 - ・ 水質の安定化
 - ・ ベテラン職員のノウハウの可視化による技術継承
 - ・ 電気代削減

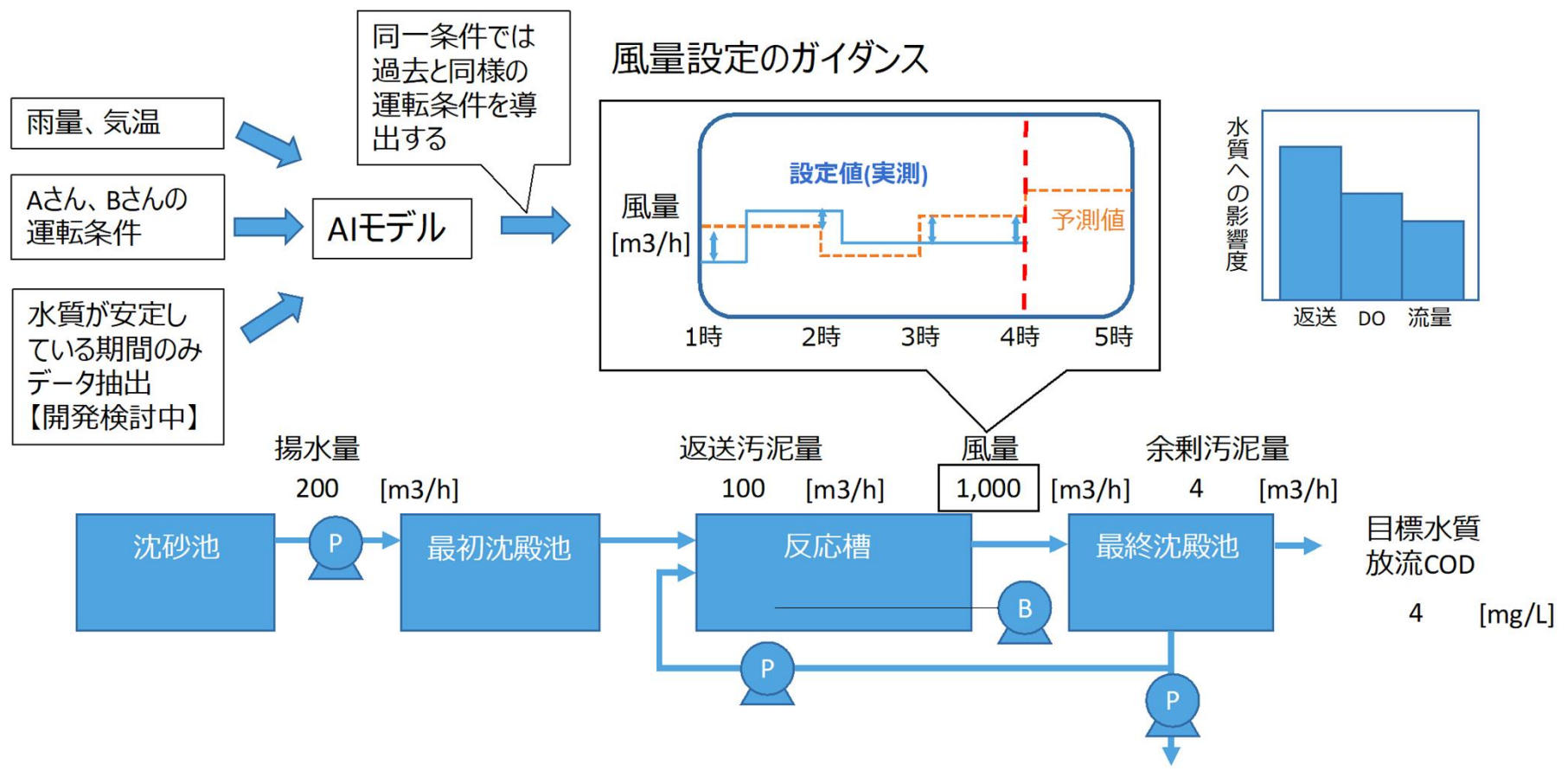
提案技術資料出典：安川電機提案資料、confidential

①AIの概要・目的・効果

①ステップ1-1【過去の運転を模倣したガイダンス】

confidential

過去のデータより、各データ間の関係を考慮した風量設定の予測を行うことで、運転に反映できる風量に影響する項目の重要度(寄与率)を表示し、予測根拠を明確にすることで、運転の参考とする



AIの評価方法

評価項目	評価基準
評価基準は定めていないが、BOD、SSや電気使用量等を想定	設定していないが、水質基準逸脱の有無にて評価を想定 設定していないが、導入前の電気使用量との比較を想定

バックアップシステム

バックアップシステムの概要	バックアップシステムなし（人的操作にて対応） メーカーとの実証研究の段階であり、バックアップまでは考慮していない
アラート機能	アラート機能は実装しない

AI出力根拠の見える化

AIシステムを導入する場合のAI出力根拠見える化に関する要求事項について

- AIからの出力に影響を与える各事象の寄与度（学習段階での提示、運用段階での表示）
内容：重要項目のトレンドグラフの表示
- AIからの出力に対する根拠や参考情報を表示
- 水質事故時などの調査時に、AIからの出力を解釈可能であること

confidential

①ガイダンスの定義【SVガイダンス】

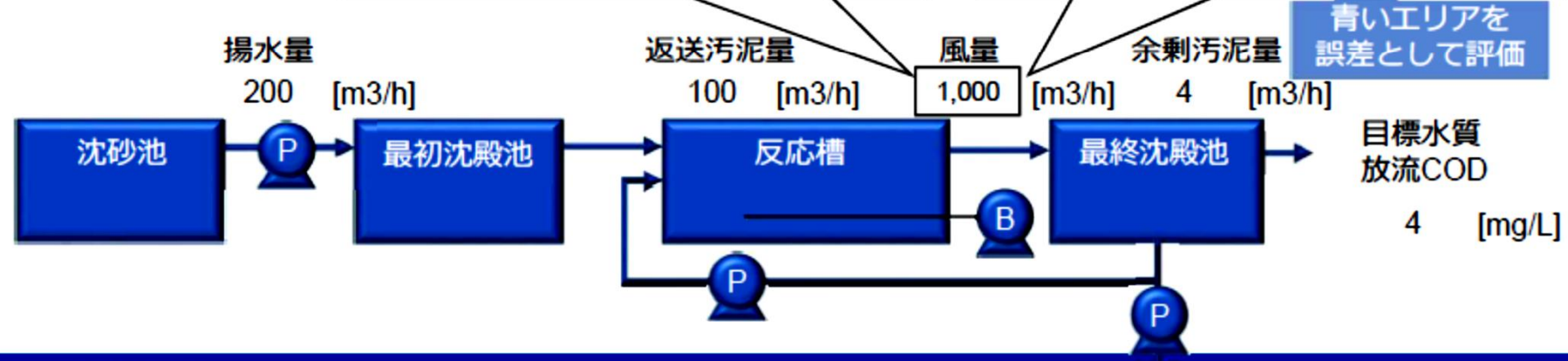
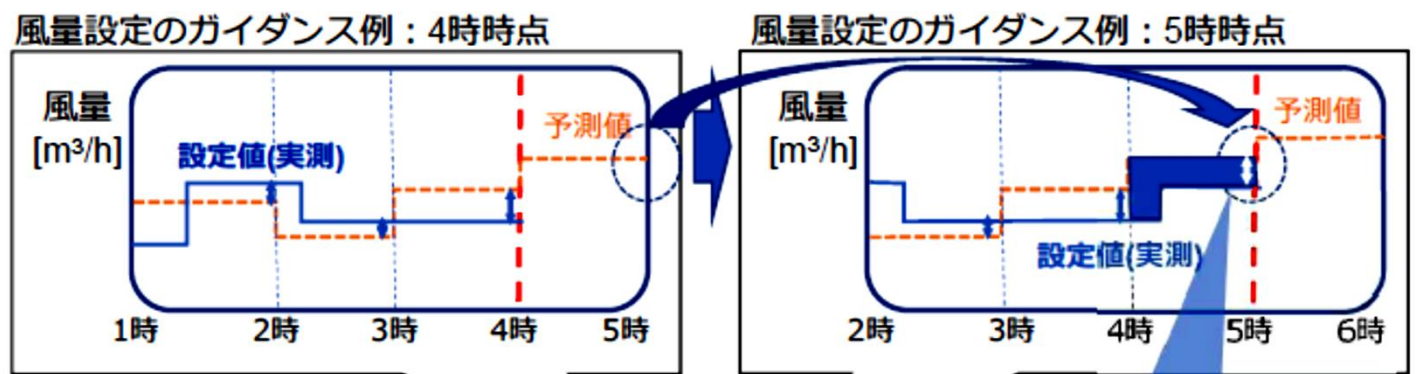
実際の処理場運転データ(過去)と当社AIガイダンス値(机上算出)との比較検証

前提条件：データ周期 1 時間

例：4時の時点で5時までのSVをガイダンス

5時になった時点で予測誤差を計算

予測誤差の定義：4時～5時のガイダンス値と5時の設定値(4-5時の積算値)の差

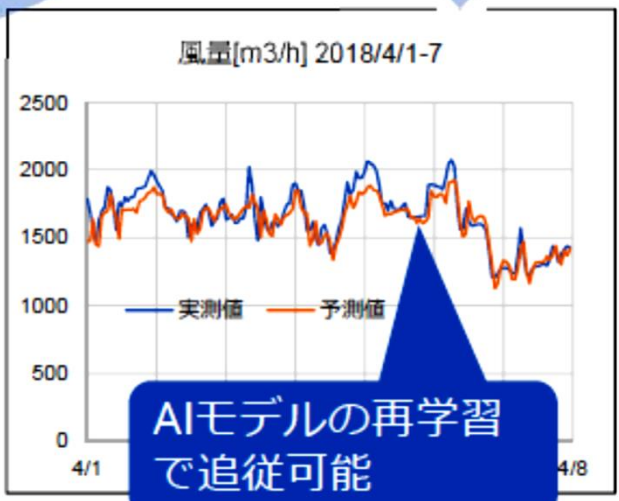
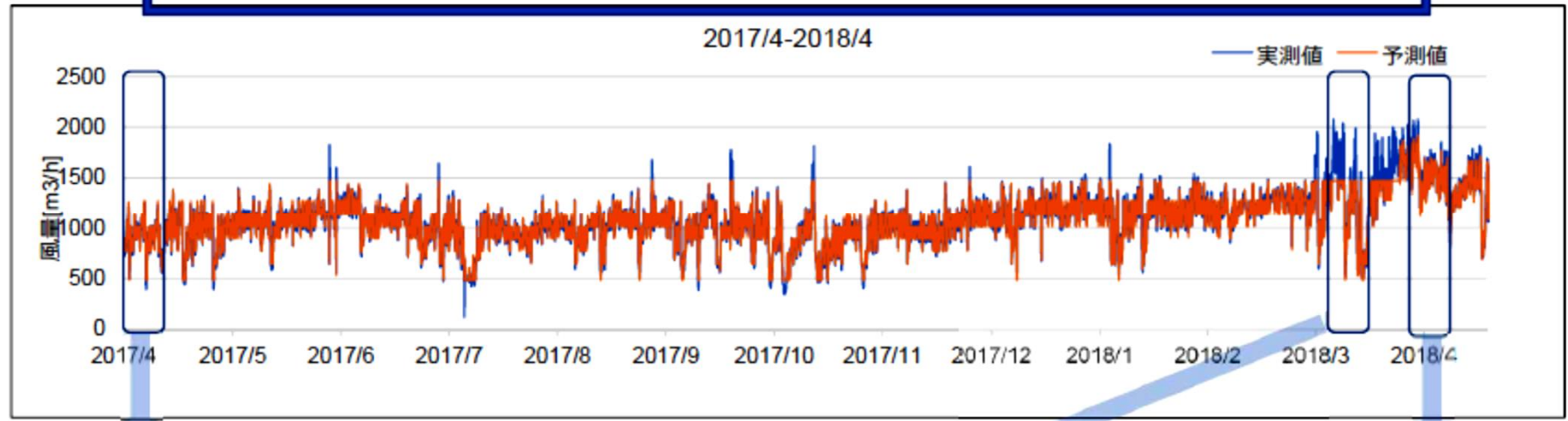


AI出力根拠の見える化

②基本的考え方

①水処理運転支援システム（A浄化センター I系曝気風量） confidential

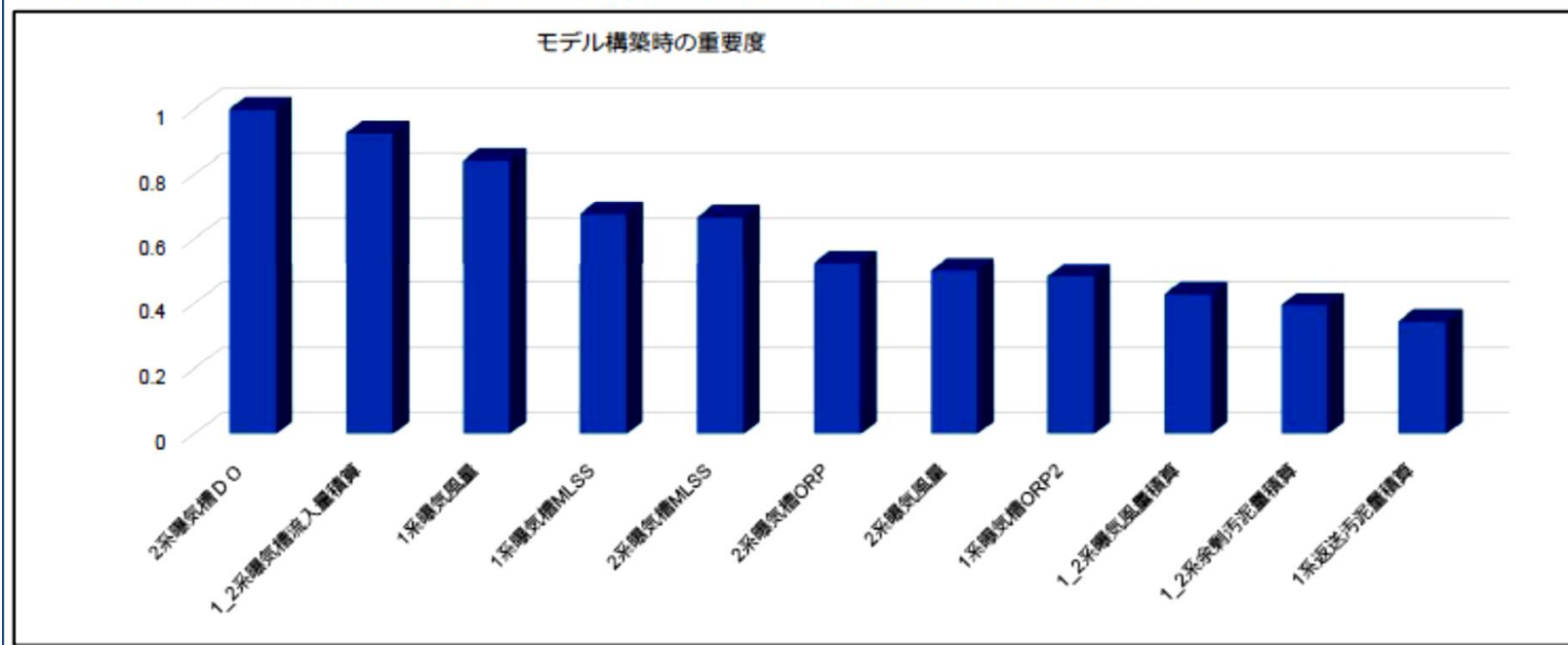
I系曝気風量を対象としてガイダンスし、通年で誤差率（MAPE）4.2%達成



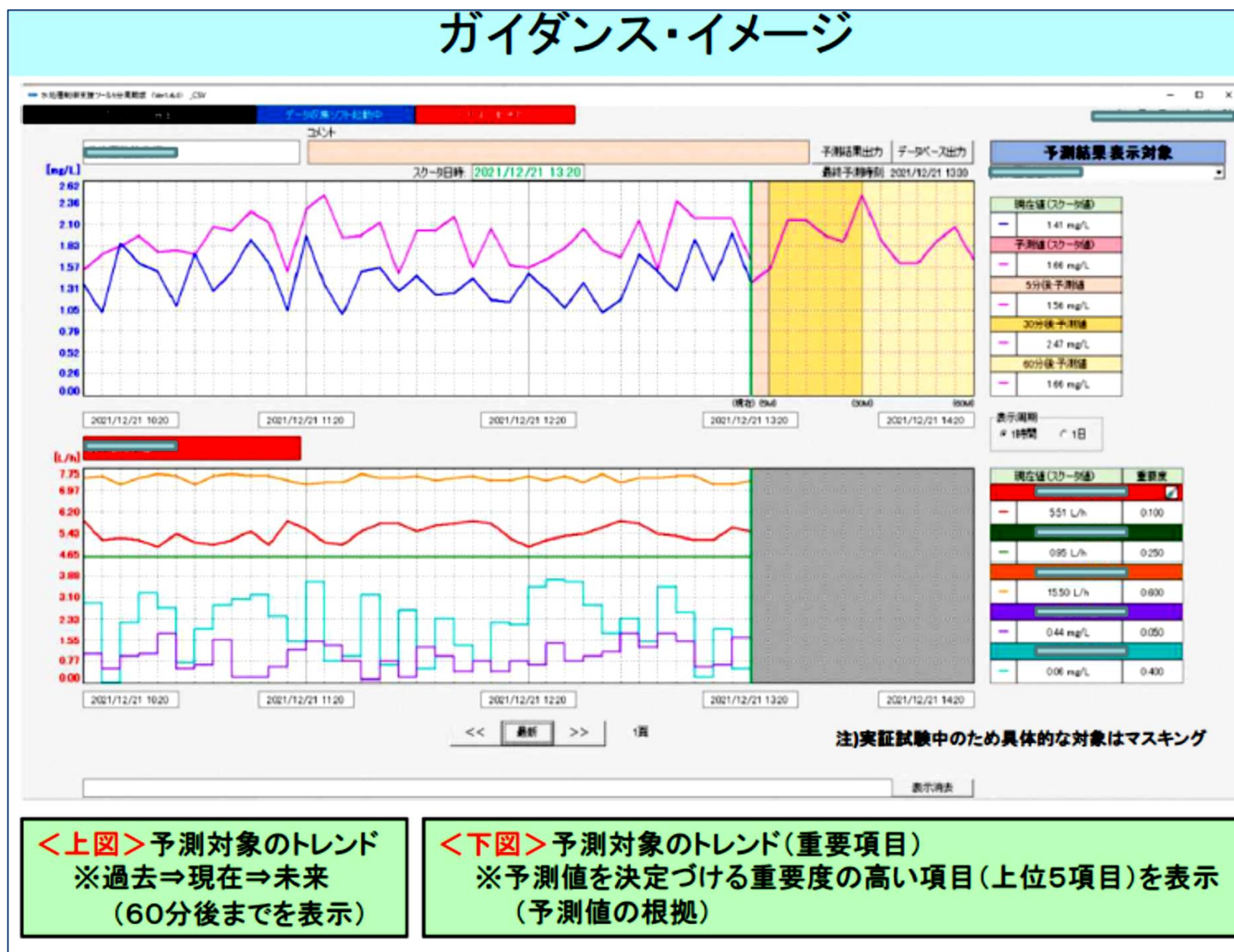
confidential

①ノウハウの可視化-重要度項目解析結果

風量に影響を与える重要度項目と寄与率を計算し、表示する
ガイダンスの影響の根拠が明確になり、技術継承に利用できる



- AIモデル構築時の目的変数に対する説明変数 (各項目)の重要度を可視化する
- この重要度はモデル更新毎に変化する
- プラントのデータ間の傾向を確認することが可能である



導入手順・手法	
導入フロー	目標設定→施設調査→データ収集→AIモデル構築→机上検証→精度評価→導入効果検討→実証試験→実証運用評価→正式導入
導入手順に関する課題	<p>機器の更新等を行わず、AIの導入により今ある機能を十分に活用し、効率的な運転方法を実現することを目指して検討を進めており、既存機器の追随性などが課題と考えている。</p> <p>施設調査では、対象項目を決定し、それに必要な項目を収集し、目標とする値を現場ごとに検討する必要があることが大きな課題であると考えます。ユーザによって目的(例：水質または省エネなど)が異なるため、ヒアリングを繰り返し明確にしていく必要がある。</p>
既設監視制御システムとの信号取合い	<p>既設監視制御システム：安川（実証事業と同一メーカー）</p> <p>信号取合い：既設PLCから信号取出し（既設のプロトコル）</p>
アルゴリズム	ランダムフォレスト

④運用方法等

運用方法			
運用方法	浄化センター(水処理プロセスや脱水機)の過去の運転条件、水質からAIのモデルを構築し、ベテラン職員の代わりにSV(設定値)をガイダンスする。 ガイダンス項目に影響を与えている重要度項目が抽出可能なため、ノウハウを可視化することが可能。		
学習に必要な情報	<table border="1"> <tr> <td>①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目</td> <td> ①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、流入量、MLSS、DO濃度、風量等） ②制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報（風量を対象にするのであれば、水処理に関する記録している全ての情報） ③制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報(別紙3のとおり) 別紙3は帳票のほぼすべての計測項目を示す </td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、流入量、MLSS、DO濃度、風量等） ②制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報（風量を対象にするのであれば、水処理に関する記録している全ての情報） ③制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報(別紙3のとおり) 別紙3は帳票のほぼすべての計測項目を示す
①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、流入量、MLSS、DO濃度、風量等） ②制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報（風量を対象にするのであれば、水処理に関する記録している全ての情報） ③制御対象に影響を及ぼす可能性のある情報(別紙3のとおり) 別紙3は帳票のほぼすべての計測項目を示す		
運用中にAIに取り込む情報	<table border="1"> <tr> <td>①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目</td> <td> ①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、反応タンク水質項目や流入量、風量等） ②学習時に多少でも影響があると判断された情報（上記①に加え初沈水質項目や返送汚泥量、余剰汚泥量等） ③上記①②+ブロアインレットベーン開度、吸込弁開度 </td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、反応タンク水質項目や流入量、風量等） ②学習時に多少でも影響があると判断された情報（上記①に加え初沈水質項目や返送汚泥量、余剰汚泥量等） ③上記①②+ブロアインレットベーン開度、吸込弁開度
①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①制御対象に直接的に影響を及ぼす情報（風量を対象にするのであれば、反応タンク水質項目や流入量、風量等） ②学習時に多少でも影響があると判断された情報（上記①に加え初沈水質項目や返送汚泥量、余剰汚泥量等） ③上記①②+ブロアインレットベーン開度、吸込弁開度		
AIが出力する情報	制御対象の設定値（風量等）をガイダンス表示 補足（根拠）情報として影響度の高い項目のトレンドデータ（上位5項目）を表示		
人とAIの役割	人：ガイダンスを参考に判断し制御する、故障時の対応、水質の監視 AI：風量制御やポンプ起動のガイダンス		

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (東京都)

①AIの概要・目的・効果

AIの概要・目的・効果

件名	AIを活用した省エネと水質改善を両立する制御技術の開発
実施者	東京都、三菱電機（株）
概要	流入水質と処理水質から、脱窒量が最大となる処理水アンモニア濃度の制御目標値を出力、AIにより流入水質を予測し、制御目標値に見合う曝気風量制御の支援を目指す
目的	反応槽送風量の低減による、電力使用量及びCO ₂ 削減の支援、水質向上の支援 反応槽における脱窒量を最大化し、放流水の全窒素濃度低減（放流水質の改善）を支援

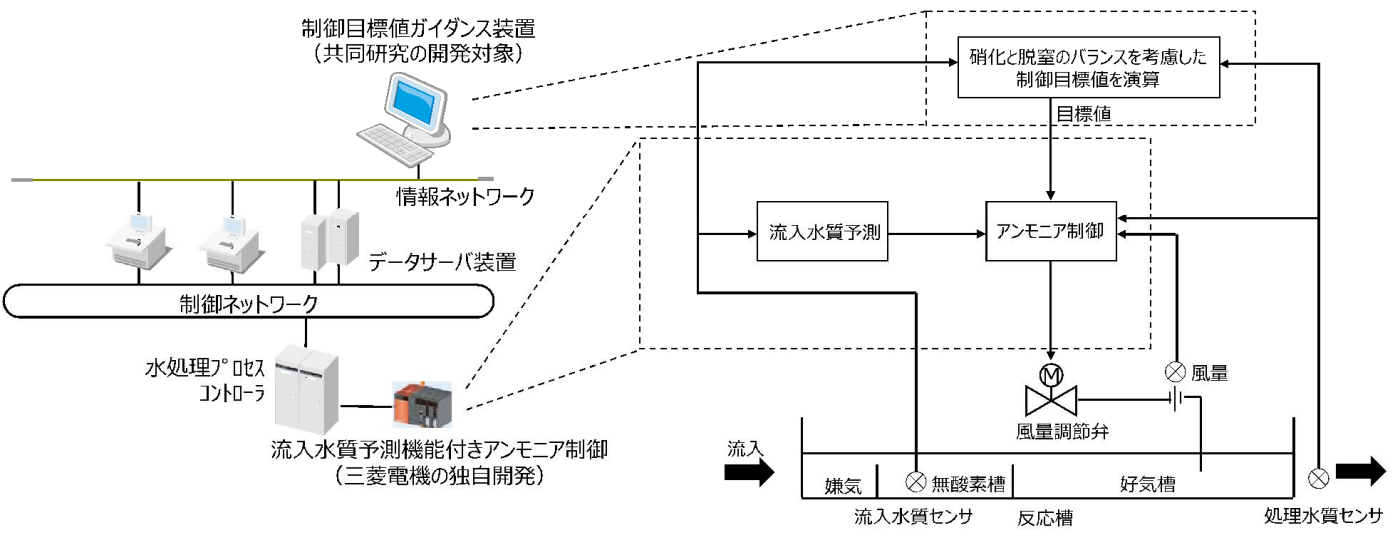


実証システムの概要

三菱電機技術資料
この資料は、当社及び/または協力会社の企業機密を含んでおりますので、本提出（貸与）目的以外に使用されることは、ご遠慮ください。
また、当社の同意なくこの資料の全部あるいは一部を転写すること、他者に伝達、開示されることのないように願います。

実証システムは「流入水質予測機能付きアンモニア制御」と「ガイダンス装置」を組み合わせたシステムである。

流入水質予測機能付きアンモニア制御・・・ FF制御とFB制御の組み合わせで曝気風量を制御。
制御目標値ガイダンス装置・・・ 監視制御システムに取り込まれているプラント監視データから算出した制御目標値をCTRへ設定値を出力。





②基本的考え方

AIの評価方法

評価項目	評価基準
水質(放流水全窒素濃度・降雨時処理水りん濃度)	従来のシステムにより運転している系列との比較
CO ₂ 削減（反応槽への送風量）	

バックアップシステム

バックアップシステムの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理水側の水質測定計器による上限値の設定（水質悪化防止） 処理水質の悪化による水質基準の超過 ・ これまでの経験上からの送風量上限値の設定（過剰送風の防止） 使用電力の増加による契約電力量の超過
アラート機能	アラート機能は実装しない

AI出力根拠の見える化

（共同研究におけるメーカーの考え）

■ユーザーによるデータチェックは不要との認識。

異常なデータ（アラートが発生中のデータ）は本装置の処理の参照に取らないようにしており、参照するデータは自動的に最新のものに更新され続けるため、データの傾向が変動しても、自動的にその変動に適応します。

また万が一、本装置が異常な設定値を算出してしまったとしても、指定した上下限範囲外の値は設定されないようにしているため、既設へは悪影響は与えないと考えます。



③計画と構築

導入手順・手法	
導入フロー	実証研究を実施（R4年度実施）→技術の評価（R6年度予定）→可能なセンターへ順次導入（R6年度以降）
導入手順に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ AIの構築手法（アルゴリズム等）を評価することのできる能力 ・ データ取得・整理業務の費用の概算、委託先の実績 ・ 実証プロジェクトの実施 ・ 実証例とその評価 ・ 情報共有の場
既設監視制御システムとの信号取合い	既設監視制御システム：三菱電機（実証事業と同一メーカー） 信号取合い：既設制御LAN経由で信号伝送
アルゴリズム	Just In Time 予測



④運用方法等

運用方法					
運用方法	<p>「流入水質予測機能付きアンモニア制御」と「ガイダンス装置」を組み合わせたシステム。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入水質予測機能付きアンモニア制御： フィードフォワード制御とフィードバック制御の組み合わせで曝気風量を制御。 ・ガイダンス装置： 監視制御システムに取り込まれているプラント監視データから算出した制御目標をCTRへ設定値を出力。 				
学習に必要な情報	<table border="1"> <tr> <td>①最低限必要な情報、信号項目</td> <td rowspan="3">NH4濃度、DO濃度、曝気量等(各種水質、運転データ) ⇒ 研究段階であり、データの取捨や優先順などを示すことは困難</td> </tr> <tr> <td>②あった方がよい情報、信号項目</td> </tr> <tr> <td>③実際に使った情報、信号項目</td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目	NH4濃度、DO濃度、曝気量等(各種水質、運転データ) ⇒ 研究段階であり、データの取捨や優先順などを示すことは困難	②あった方がよい情報、信号項目	③実際に使った情報、信号項目
①最低限必要な情報、信号項目	NH4濃度、DO濃度、曝気量等(各種水質、運転データ) ⇒ 研究段階であり、データの取捨や優先順などを示すことは困難				
②あった方がよい情報、信号項目					
③実際に使った情報、信号項目					
運用中にAIに取込む情報	<table border="1"> <tr> <td>①最低限必要な情報、信号項目</td> <td rowspan="3">運用段階にはなっていない</td> </tr> <tr> <td>②あった方がよい情報、信号項目</td> </tr> <tr> <td>③実際に使った情報、信号項目</td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目	運用段階にはなっていない	②あった方がよい情報、信号項目	③実際に使った情報、信号項目
①最低限必要な情報、信号項目	運用段階にはなっていない				
②あった方がよい情報、信号項目					
③実際に使った情報、信号項目					
AIが出力する情報	アンモニア制御の設定値（脱窒量が最大となる処理水アンモニア濃度の制御目標値）をガイダンス表示				
人とAIの役割	<p>人：AIが作ったモデル式に基づいて実施した送風の結果について評価を行う。</p> <p>AI：過去のデータ解析により、機場ごとの風量制御モデルを作る。（そのモデルに基づき、水量・水質データから、最適な送風量を導き出し、人を支援する）</p>				

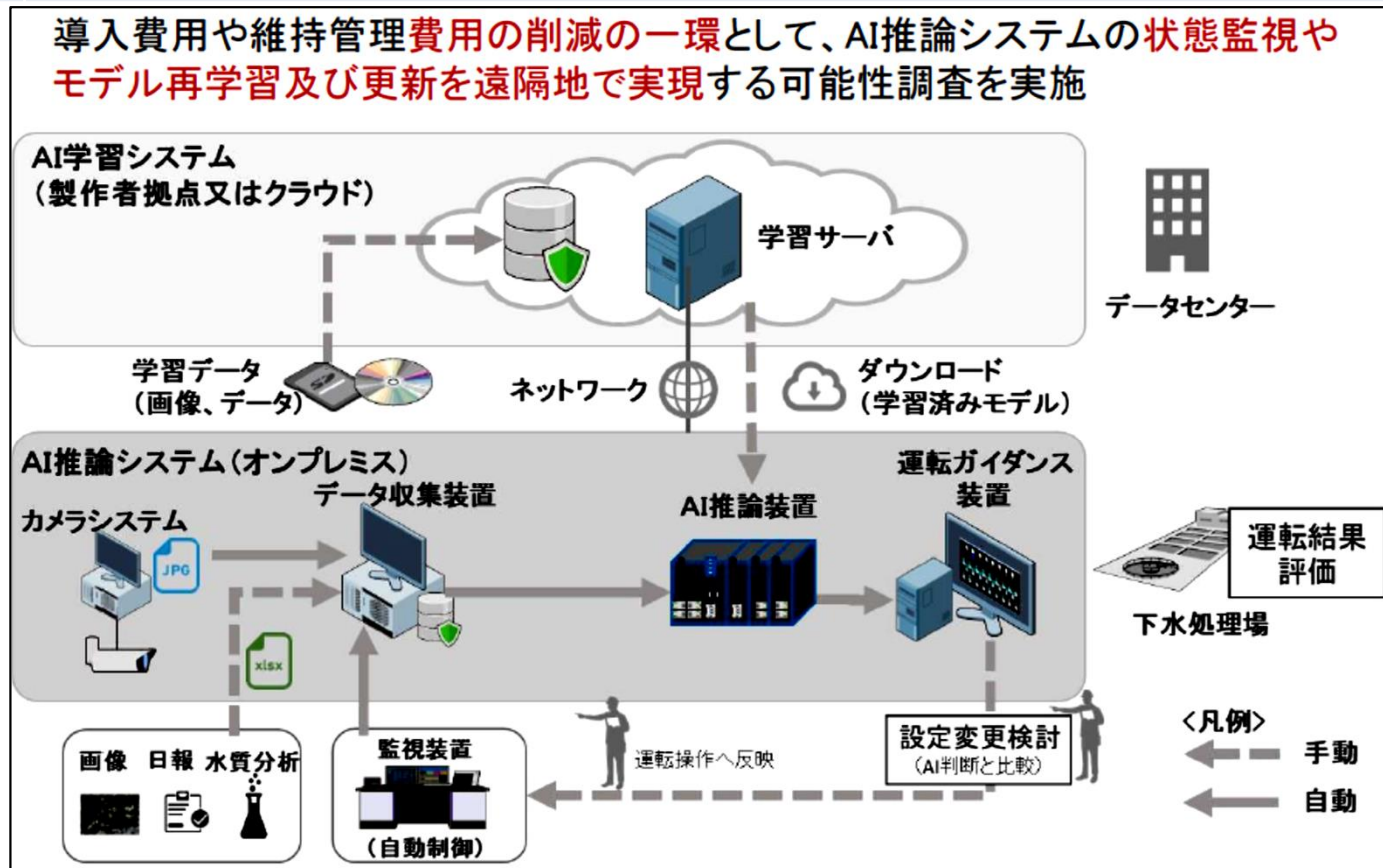
AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (船橋市 広島市)

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況(船橋市 広島市) (1/6)

AIの概要・目的・効果

①AIの概要・目的・効果

件名	AIを活用した下水処理場運転の先進的支援技術に関する実証事業
実施者	(B-DASH) 明電舎、NJS、広島市、船橋市
概要	処理場の水処理状況に応じた運転支援として、運転設定値のガイダンスをAIで実現する。対応判断を見える化することで技術継承に繋げる。
目的	過去の熟練技術者によるブロー等の省エネ運転や薬剤削減によるコスト縮減効果を学習することで、同レベルの運転をAIガイダンスで実現する。 対応判断AIにて、水質等の状況に応じた適切な対応判断を根拠とともに提示することで、熟練技術者と同レベルな運転判断を可能とする。



AIの評価方法

評価項目	評価基準
水質	法規制値、学習時の管理目標値
CO2削減	学習時の管理目標値
次亜注入率・PAC注入率	学習時の管理目標値
運転判断一致率	熟練技術者の判断との一致率80%以上
画像による異常診断（最終沈殿池のスカム、フロック）	真陽性率が90%以上、偽陽性率が10%以下

バックアップシステム

バックアップシステムの概要	なし（水質目標値を逸脱した場合に、水質を目標値以内に収めるようフィードバック的な出力となるように調整しています） 運転支援のガイダンスのため、ハード的なバックアップシステムは設けていません。AI故障時は、従来の人による運転判断の運用に戻す
アラート機能	AIに入力する値（流入量など）に対象範囲を設定し、対象範囲外となった場合にアラートを表示する

AI出力根拠の見える化

AIシステムを導入する場合のAI出力根拠見える化に関する要求事項について

- AIからの出力に影響を与える各事象の寄与度（学習段階での提示、運用段階での表示）
- AIからの出力に対する根拠や参考情報を表示
- 水質事故時などの調査時に、AIからの出力を解釈可能であること、過去の運転を確認可能であること
- 上記の具体的な数値を熟練技術者が評価

参考資料: 広島市 2023年8月28日9時の例



④ 2系DO 現在0.2 → 変更後0.2 (下限、終沈でリン溶出懸念)

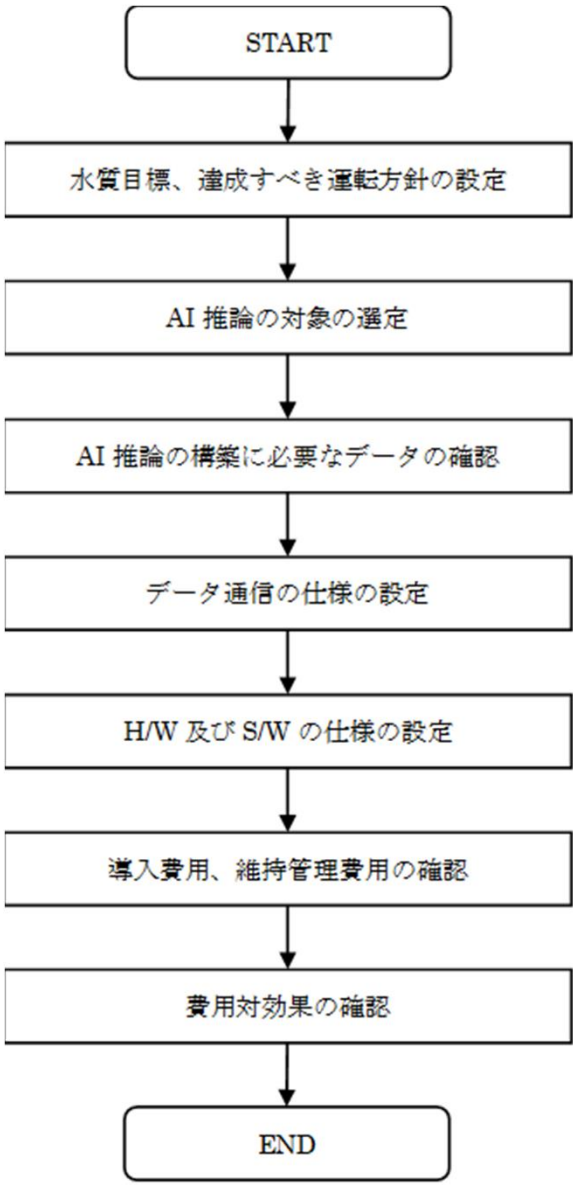
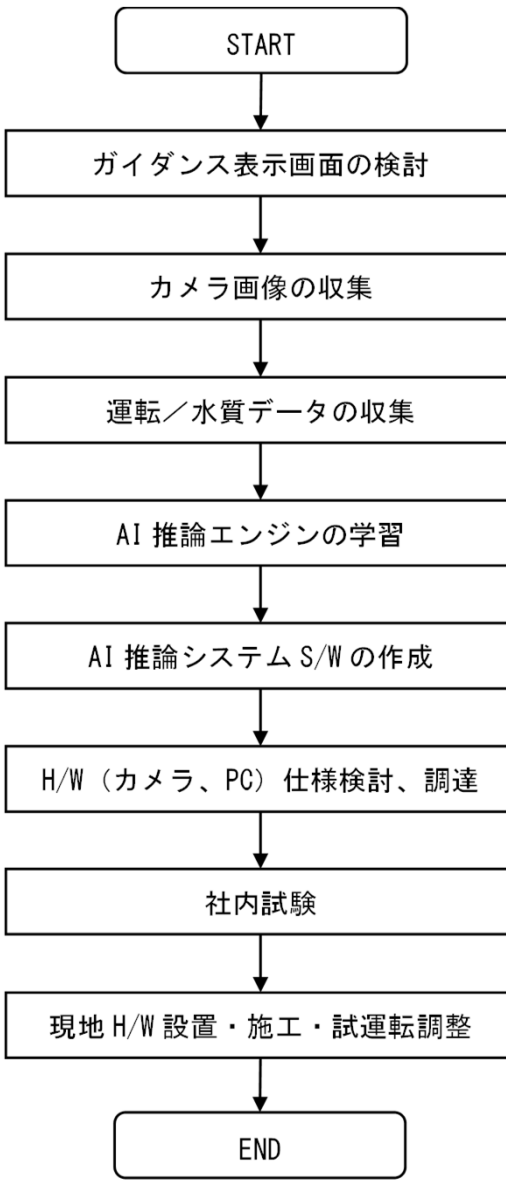
⑤ 3系のみDO設定変更 現在0.7 → 変更後0.6

項目	現在値	変更値	単位
DO設定[2系]	0.2	0.2	[mg/L]
DO設定[3系]	0.7	0.6	[mg/L]
返送汚泥量[2系]	220	220	[m3/h]
返送汚泥量[3系]	290	290	[m3/h]
次亜塩注入率	2	2	[mg/L]
PAC注入量[分配槽]	1	1	[m3/日]
PAC注入量[再曝気槽]	0	0	[m3/日]
揚水量[東系]	3200	3900	[m3/h]

- ① 3系DO設定の低減を指示。
- ② 東系処理水pHが6.7と正常状態で硝化は進行
- ③ 放流水リンが高いため、少し嫌気気味にする必要がある。
- ④ 2系DO設定は下限値(0.2 mg/L)であり、最終沈殿池からのリン溶出が懸念。
- ↓
- ⑤ 3系のみをDO設定を低減。

③導入手順・手法

導入手順・手法

導入フロー(計画設計)	導入フロー(設計・施工)	項目	内容
 <pre> graph TD START([START]) --> A[水質目標、達成すべき運転方針の設定] A --> B[AI推論の対象の選定] B --> C[AI推論の構築に必要なデータの確認] C --> D[データ通信の仕様の設定] D --> E[H/W及びS/Wの仕様の設定] E --> F[導入費用、維持管理費用の確認] F --> G[費用対効果の確認] G --> END([END]) </pre>	 <pre> graph TD START([START]) --> A[ガイダンス表示画面の検討] A --> B[カメラ画像の収集] B --> C[運転/水質データの収集] C --> D[AI推論エンジンの学習] D --> E[AI推論システムS/Wの作成] E --> F[H/W(カメラ、PC)仕様検討、調達] F --> G[社内試験] G --> H[現地H/W設置・施工・試運転調整] H --> END([END]) </pre>	<p>導入手順に関する課題</p> <p>既設監視制御システムとの信号取合い</p> <p>アルゴリズム</p>	<p>熟練技術者の考えている運転状況の判断を定量化するため、ある程度の期間現地に滞在し、実運用を経験した。また、AI推論による運転判断を関係者で協議することで、熟練技術者の運転判断の理解、AI推論の性能向上につながった。</p> <p>既設監視制御システム：明電舎（実証事業と同一メーカー） 信号取合い：既設監視装置から信号取出し（既設のプロトコル）</p> <p>①画像処理：セマンテック・セグメンテーション ②水質：transformer</p>

運用方法			
運用方法	①画像処理AI：人の目の代わりとなり沈殿池の水面等の画像から状況や異常を検知する。 ②対応判断AI：水質や画像から原因と対応の関連を見える化し、取るべき対策を絞込む。 ③運転操作AI：数値データから、対策を踏まえた最適な運転操作量を推定する。 ④水質予測AI：現在及び推定した運転操作量に対して処理水質を予測する。		
学習に必要な情報	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> ①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目 </td> <td style="vertical-align: top;"> ①②③ ・水質の法規制値、目標値、達成率 ・水量、電力消費量、薬品使用量（日報、月報レベル） ・設備運用の考え方、工事期間（データ収集期間） ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像 </td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ ・水質の法規制値、目標値、達成率 ・水量、電力消費量、薬品使用量（日報、月報レベル） ・設備運用の考え方、工事期間（データ収集期間） ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像
①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ ・水質の法規制値、目標値、達成率 ・水量、電力消費量、薬品使用量（日報、月報レベル） ・設備運用の考え方、工事期間（データ収集期間） ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像		
運用中にAIに取込む情報	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> ①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目 </td> <td style="vertical-align: top;"> ①②③ ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像 </td> </tr> </table>	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像
①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ ・水質分析結果（日常試験、平常試験） ・水量、水質、気象（トレンドレベル） ・設備監視画像		
AIが出力する情報	<ul style="list-style-type: none"> ・対応判断AI：（DO設定）、（送風量設定）、（返送汚泥量設定）、（次亜塩素酸塩注入率設定）、PAC注入率設定 ・沈殿池画像によるフロック及びスカムの面積、個数 括弧内は広島市のみ検証		
人とAIの役割	人：AIの出した設定値（目標値）について、判断根拠の妥当性を確認し、問題なければ運転に反映する。 工事等の設備停止に伴う運転変更等のAIが判断できない事象に対する運転変更等の対応を行う。 AI：設定値（目標値）を判断根拠とともに提示（出力）する。		

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (町田市)

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（町田市） （1/4）

①AIの概要・目的・効果

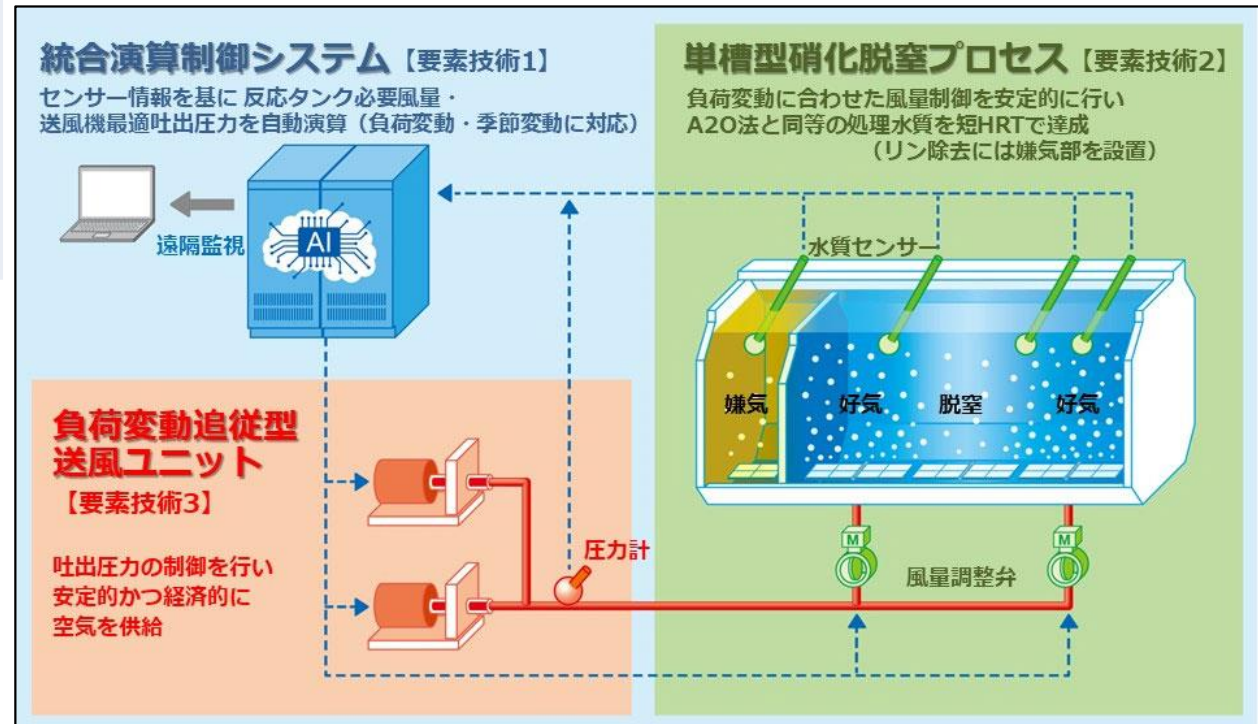
AIの概要・目的・効果

件名 単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証事業

実施者 (B-DASH) メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体

概要 ICTとAIを活用し負荷変動追従風量制御により、攪拌機や硝化液循環ポンプを用いずに短HRTでA2O法同等処理水質を達成するとともに、送風機の最適吐出圧力を必要風量からリアルタイムに演算し、吐出圧力を自動制御することにより送風電力を削減する

- 目的
- ①短HRT（A2O法比20%以上削減）でA2O法と同等の処理水質を達成
 - ②運転電力の削減（A2O法比20%以上削減）
 - ③維持管理業務負担の軽減（A2O法に比して、業務負担を軽減）



提案技術の概要図

出典：国交省ホームページ（平成31年度B-DASH概要）



②基本的考え方

AIの評価方法	
評価項目	評価基準
処理水水質	A20法同等処理水水質の達成
運転電力の削減	A20法比20%以上削減
維持管理業務負担の軽減	A20法に比して業務負担を軽減

バックアップシステム	
バックアップシステムの概要	AIシステムが機能しない場合は、ハードソフトとも従来のシステムにて運用する。
アラート機能	<ul style="list-style-type: none"> ■AIが出力する値（目標値など）に上限、下限を設定し、超過した場合にアラートを発報する アラート対象：目標値（SV）、制御量（PV）、操作量（MV）、外乱量 ■AIに入力する値（流入量など）に対象範囲を設定し、対象範囲外となった場合にアラートを表示する アラート対象：制御量（PV）、外乱量
対応方法	自動フィッティングの再計算処理により、プラント挙動を安定化させる処置を実行

AI出力根拠の見える化
AIとしてはアウトプットに至るまでの判断をロジックとして説明できるものを適用することが望ましいと考える。アルゴリズムによっては判断をロジックとして説明できないが、本システムは数学的な手法でありロジックとして説明可能。



③導入手順・手法

導入手順・手法	
導入フロー	①AI適用の目的の明確化 ②処理場データの収集 ③処理場データの解析および相関項目等の抽出 ④適用する制御ロジックの検討 ⑤制御設計（モデル化） ⑥シミュレーション ⑦評価及び考察
導入手順に関する課題	他者の監視制御システムにソフト的に実装することは不可能、本システムと他社の監視制御システムを何らかの通信手段で接続し、実証事業と同様のパフォーマンスを発揮させることは可能。
既設監視制御システムとの信号取合い	既設監視制御システム：三菱電機（実証事業と異なるメーカー） 信号取合い：PLC間でFL-NETで伝送
アルゴリズム	最適化理論（差分進化法による最適解探索）



④運用方法等

運用方法	
運用方法	センサー情報を基に反応タンク必要風量・送風機最適吐出圧力を自動演算。 （負荷変動・季節変動に対応）
学習に必要な情報 運用中にAIに取込む情報	NO _x -N、NH ₄ -N、空気量、流入流量、水温、MLSS濃度、汚泥返送量 （24時間分のデータを参照し、3時間先の予測を行うアルゴリズムであり、長期の過去データは学習しない）
AIが出力する情報	ブロワ圧力、風量調節弁開度、アラート情報
人とAIの役割	人：システムが機能しない場合に従前のシステムで運用する AI：反応タンク必要送風量・送風機最適吐出量を自動演算

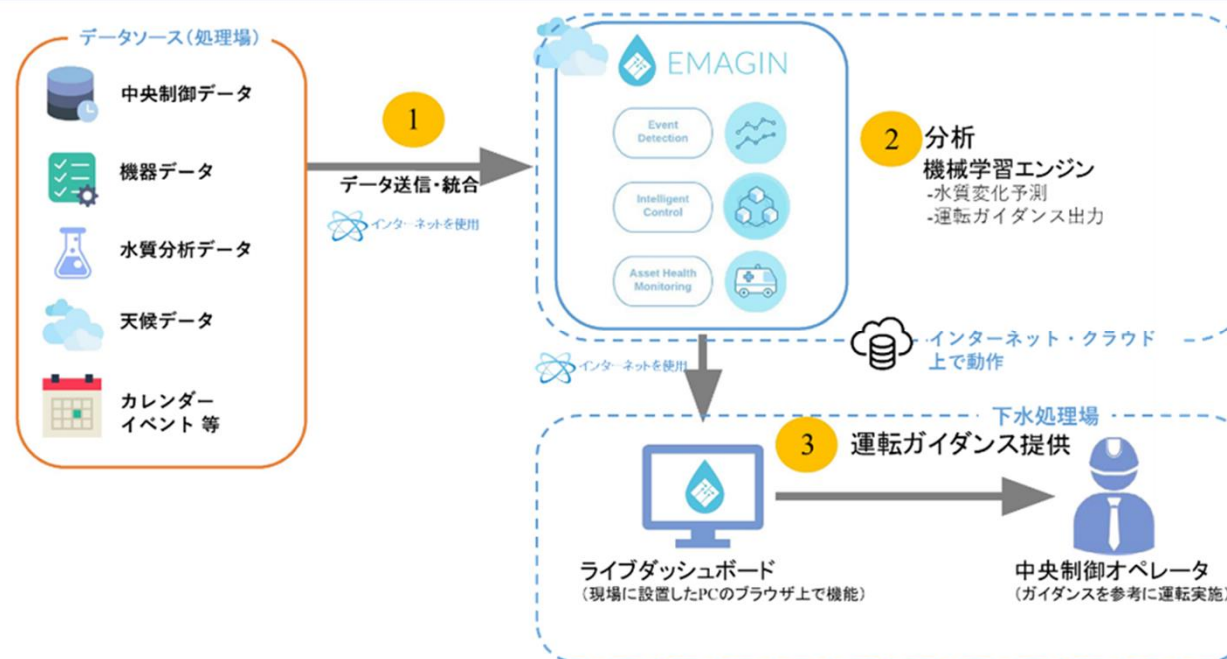
AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (三菱商事)

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（三菱商事）（1/5）

①AIの概要・目的・効果

AIの概要・目的・効果

件名	AIによる運転支援技術の適用性の検証
実施者	（日本下水道事業団提案型共同研究）三菱商事 日本工営
概要	処理場の過去のデータを元にAIモデルを構築し、処理プロセスの予測値と制御ガイダンス（曝気風量）を出力し、それに基づいた実機運転を行い、処理水質を維持しつつ電力削減効果が得られるかを確認する。また、予測データや制御ガイダンスが、運転管理の業務効率向上に資する様、出力方法、画面構成等をより使いやすいものにカスタマイズする。
目的	a) 本技術の導入により、曝気風量/電力削減効果（10%削減を目安）が得られること b) 提案技術を本邦下水処理場へ導入可能とするため、ユーザビリティを確立すること



アンケート システムイメージより

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（三菱商事）（2/5）

②基本的考え方

AIの評価方法

評価項目	評価基準
電力使用量	ガイダンスの運転により、以下の設備の電力使用量の改善効果进行评估する。 <ul style="list-style-type: none">・送風量・可能な範囲で、その他設備別で整理
放流水質	系列別の流出水を調査する。（1系列：AI導入、2系列：通常運転、3系列：WA自動制御、系列での比較等）
汚泥	水処理施設の運転にAIによる運転支援を導入したことより、汚泥処理施設に不具合が生じていないか
薬品使用量	現在使用している薬品使用量（凝集剤、次亜塩素など）の変化
感想、使いやすさ、見やすさ、改善点、業務量及び心理的負担の軽減度合、AI導入後の設備の状態変化	運転員へのヒアリング調査を実施し、実際の運転の効率化に資する改善点を抽出する。

バックアップシステム

災害や異常流入の発生時においては、現場の判断においてAIガイダンスへの追従を止めて頂き運転責任者による操作に切り替えて頂くことを想定しています。

AI出力根拠の見える化

AIからの出力に影響を与える各事象の寄与度を表示

導入手順・手法	
導入フロー	次ページのフロー図参照
導入手順に関する課題	データの取得において高いハードルに直面することが考えられる。また、AI構築にあたっては、現在の運転の方針やポイントについてオペレーターより聴取し、これを反映させていくが、オペレーターが現場や運転を熟知していることが重要な条件となると考えられる。
既設監視制御システムとの信号取合い	既設コントローラに伝送ボードを増設してプロトコルを変換（FL-NET）
アルゴリズム	機械学習「階層型強化学習」

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（三菱商事）（4/5）

導入フロー

③導入手順・手法

AI導入～運用フロー	必要なタスク	課題・留意点
①過去の計測・運転データ取得／AIモデル構築	中央操作装置より過去の計測・運転データを取得し、機械学習を行い、AIモデリングを行う	2か年以上の計測・運転・サンプリングデータが記憶媒体に残されていること。計測・運転データは1時間程の頻度、サンプリングは週一回程度の頻度が必要。通常の処理場であれば、日報・月報が制御システム内にデジタルデータとして保存されているケースが多い。
②リアルタイムの計測・運転データの取得・送信体制の構築	構築したAIモデルを運用するために必要なリアルタイムデータの送信体制を確立する	AIの運用に最低限必要なリアルタイムデータが、最大15分程の一定頻度で取得できること。通常、制御システムから直接データを取得することは、システム・ソフトウェアの改造が必要となるため、コスト面、メーカー合意等のハードルを想定。代替方法として中央操作卓の画面情報からのデータ取り込みが可能。データ取得のために画面を占有するため、十分な操作卓数があることと、通常のオペレーションに支障がないよう留意が必要。
③机上シミュレーション実施と合意形成	過去の運転データをAIモデルに与え、コンピュータ上でのシミュレーションを実施する	実機によるAI運用に先立ち、一定期間の机上シミュレーションを行い、AIが実機運転に耐えうることを客先、及び運転管理先に説明し、不安を払底して合意を得られていること。
④オペレーターへのAI操作及びトラブル対処に係るトレーニング	オペレーターへの操作説明並びに、トラブル時の対処方法についてトレーニングを行う	水質責任者及びオペレーター（各シフト）に対してAI操作のトレーニングを行い、操作方法を十分理解いただいていること。また、AIのトラブル時にも、マニュアルによる通常運転を維持できる現場体制があること。
⑤AI推奨値による実機運転開始	現場との緊密なコミュニケーション体制を維持し、AI推奨値による安定的な運転を行う	導入～運用の全期間を通じて、AI導入側と現場オペレーター、顧客の間で緊密なコミュニケーション関係を維持し、各ステップでの課題解決、運用開始後のトラブル対処等に双方協力してあたること。

運用方法		
<p>処理場の過去のデータを元にAIモデルを構築し、処理プロセスの予測値と制御ガイダンス（曝気風量）を出力し、それに基づいた実機運転を行い、処理水質を維持しつつ電力削減効果が得られるかを確認する。また、予測データや制御ガイダンスが、運転管理の業務効率向上に資する様、出力方法、画面構成等をより使いやすいものにカスタマイズする。</p>		
学習に必要な情報	<ul style="list-style-type: none"> ①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目 	<ul style="list-style-type: none"> ①反応タンク計測値（例：DO、ORP、MLSS、pH、電気伝導度、流入量）、返送汚泥量、返送汚泥率、引き抜き汚泥量、送風弁開度、送風圧力、送風機運転出力、送風機電力、T/N, T/P ②NH4-N(流入・放流)、NO3-N(流入・放流) ③反応タンク計測値（例：DO、ORP、MLSS、pH、電気伝導度、流入量）、返送汚泥量、返送汚泥率、引き抜き汚泥量、送風弁開度、送風圧力、送風機運転出力、送風機電力、T/N, T/P
運用中にAIに取込む情報	<ul style="list-style-type: none"> ①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目 	<ul style="list-style-type: none"> ①反応タンク計測値（例：DO、ORP、MLSS、pH、電気伝導度、流入量）、返送汚泥量、返送汚泥率、引き抜き汚泥量、送風弁開度、送風圧力、送風機運転出力、送風機電力、T/N, T/P ②NH4-N(流入・放流)、NO3-N(流入・放流) ③反応タンク計測値（例：DO、ORP、MLSS、pH、電気伝導度、流入量）、返送汚泥量、返送汚泥率、引き抜き汚泥量、送風弁開度、送風圧力、送風機運転出力、送風機電力、T/N, T/P
AIが出力する情報	各反応タンク送風量（もしくは送風弁開度）、返送汚泥率	
人とAIの役割	人：AIが算出した値について入力する AI：送風量、返送汚泥率、DR時の運転調整に関する目標値を出力	

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況 (ヴェオリア・ジェネッツ)

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（ヴェオリア・ジェネッツ）（1/4）

①AIの概要・目的・効果

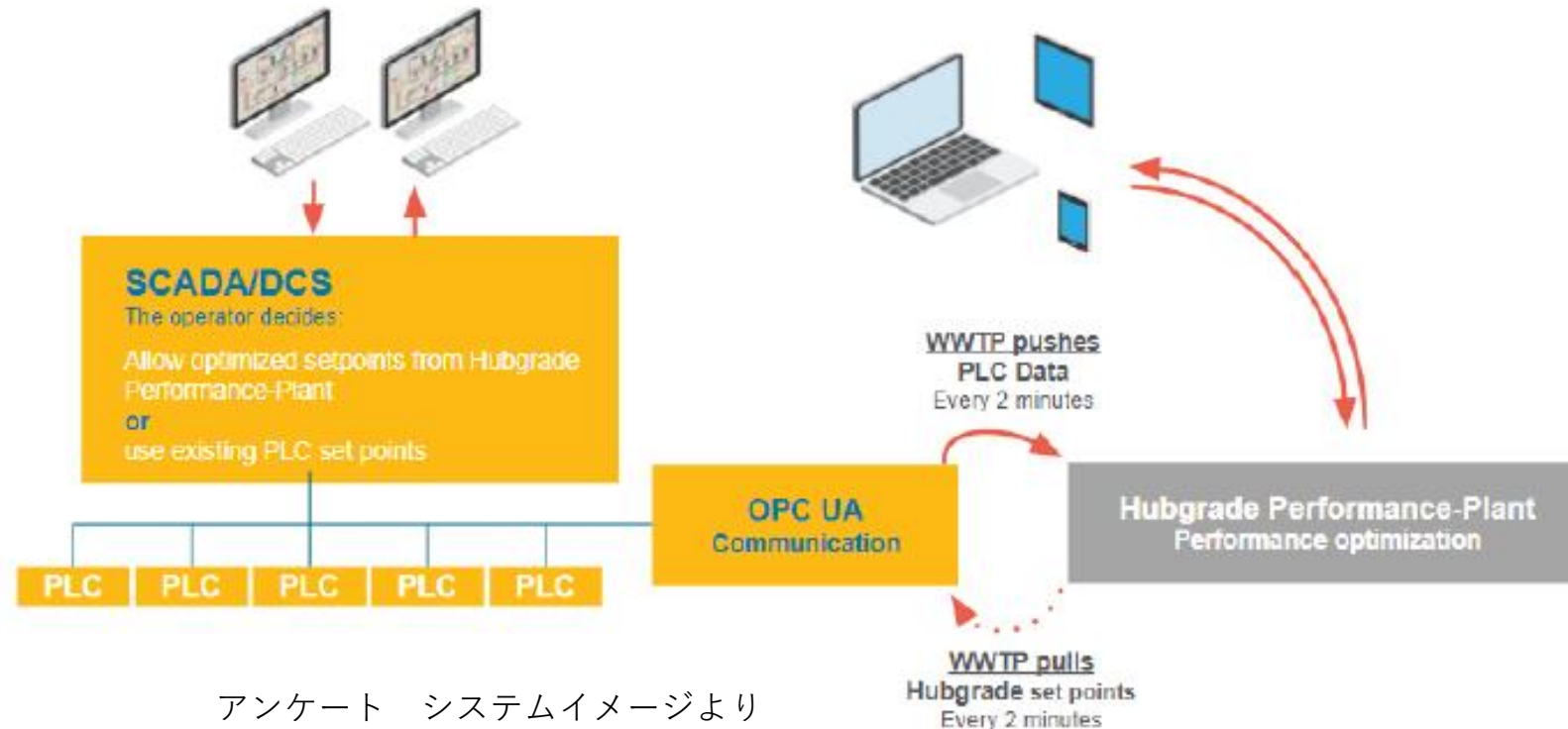
AIの概要・目的・効果

件名 運転支援システム

実施者 ヴェオリア・ジェネッツ

概要 各設備の制御値の上限と下限を現場プロセスエンジニアが設定し、その範囲内で一部にAIを用いたアルゴリズムが算出した最適な制御値を現場PLCが採用し、一部設備の自動制御（オンラインチューニング）を行う。

目的 AIを用いた処理場の運転支援（オンラインチューニング）による運転効率化、消費電力の削減、温室効果ガス排出量低減。



アンケート システムイメージより

AIの評価方法

評価項目	評価基準
水質	AI導入前の実績を基準として比較
CO2排出量	
電力消費量	

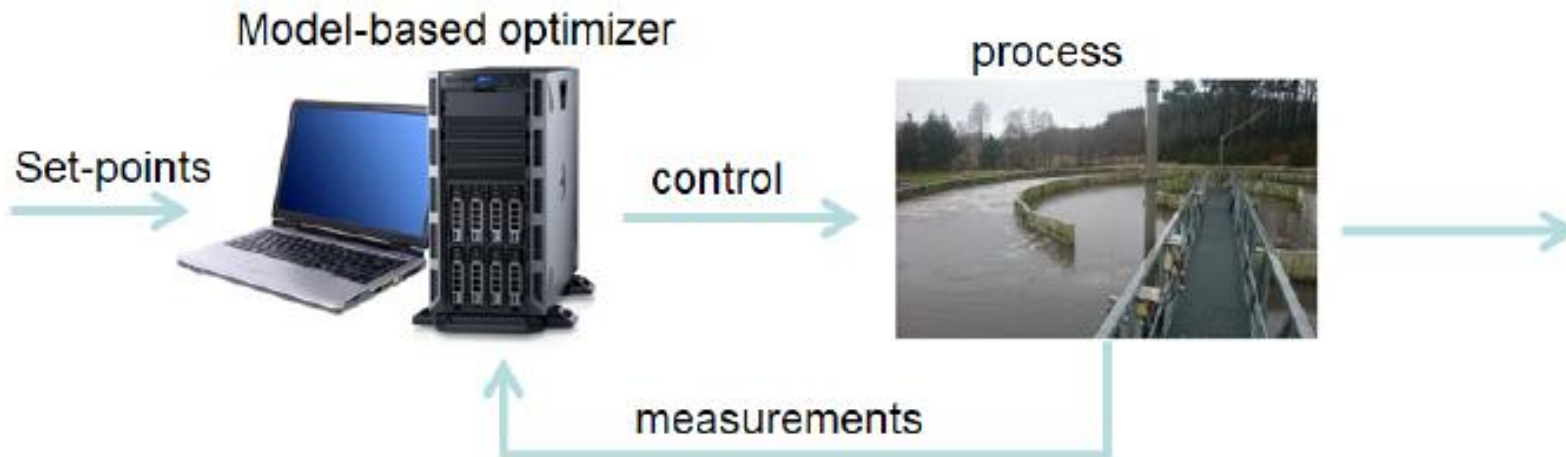
バックアップシステム

自動制御	バックアップシステムは自動化されており、故障などが発生した場合は自動的に代替手段を選択する。 代替手段が機能しない場合は、従前の（手動）運転制御に切り替えて運転を行う。
アラート機能	AIに入力される計測器の値について、正常なデータであること、水処理プロセスが想定通りに機能していることを常時確認し、異常時はアラートを発出する。

AI出力根拠の見える化

システムのインターフェースにおいて、処理水質基準の達成状況や制御設備の設定値等、AIによるすべての動作や設定を可視化しています。また、AIの演算に使用される計測器のデータの信頼度を常にモニタリングし、信頼度の高いデータのみを演算に用いています。

導入手順・手法	
導入フロー	計画段階：AIモデル検討→目標設定→設備計画→導入効果の検討 設計・施工段階：データ収集→モデル構築→システム導入→実証試験→運用 運用・評価・改善：データ収集→モデル構築→システム導入→実証試験→運用
導入手順に関する課題	特になし
既設監視制御システムとの信号取合い	既設制御LAN経由で信号伝送（OPC-UA） 計装盤、中継端子盤などI/Oから直接信号取込み
アルゴリズム	時系列分析-パターン認識、非線形回帰-遺伝的アルゴリズム



各設備の制御値の上限と下限を現場プロセスエンジニアが設定し、その範囲内で一部にAIを用いたアルゴリズムが算出した最適な制御値を現場PLCが採用し、一部設備の自動制御（オンラインチューニング）を行う。

AIによる下水処理場運転操作に向けた取組み状況（ヴェオリア・ジェネッツ）（4/4）

④運用方法等

運用方法

各設備の制御値の上限と下限を現場プロセスエンジニアが設定し、その範囲内で一部にAIを用いたアルゴリズムが算出した最適な制御値を現場PLCが採用し、一部設備の自動制御（オンラインチューニング）を行う。

学習に必要な情報	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ 流入水、処理水の水量・水質計測値、設備の運転データ
運用中にAIに取り込む情報	①最低限必要な情報、信号項目 ②あった方がよい情報、信号項目 ③実際に使った情報、信号項目	①②③ 流入水、処理水の水量・水質計測値、設備の運転データ
AIが出力する情報	システムのインターフェースにおいて、処理水質基準の達成状況や制御設備の設定値等、AIによるすべての動作や設定を可視化。 <ul style="list-style-type: none">・システムのインターフェースでは、水処理が想定通りに行われていることを確認するために処理水質を監視する。また、電力消費量や、契約基準値の達成状況、実行された設定値も示す。・現場機械の制御のために、制御設定値を出力する。	
人とAIの役割	人：測定値や通知/アラートに目を配り、すべてが正常に作動していることを確認する。通常時は、1日に2～3回確認を行い、処理水質の要求水準に変更がある場合は、AIの設定を変更する。 AI：各種センサーからの情報や、信号、運転員が設定した数値に基づいて、現場機械設備を制御する。	