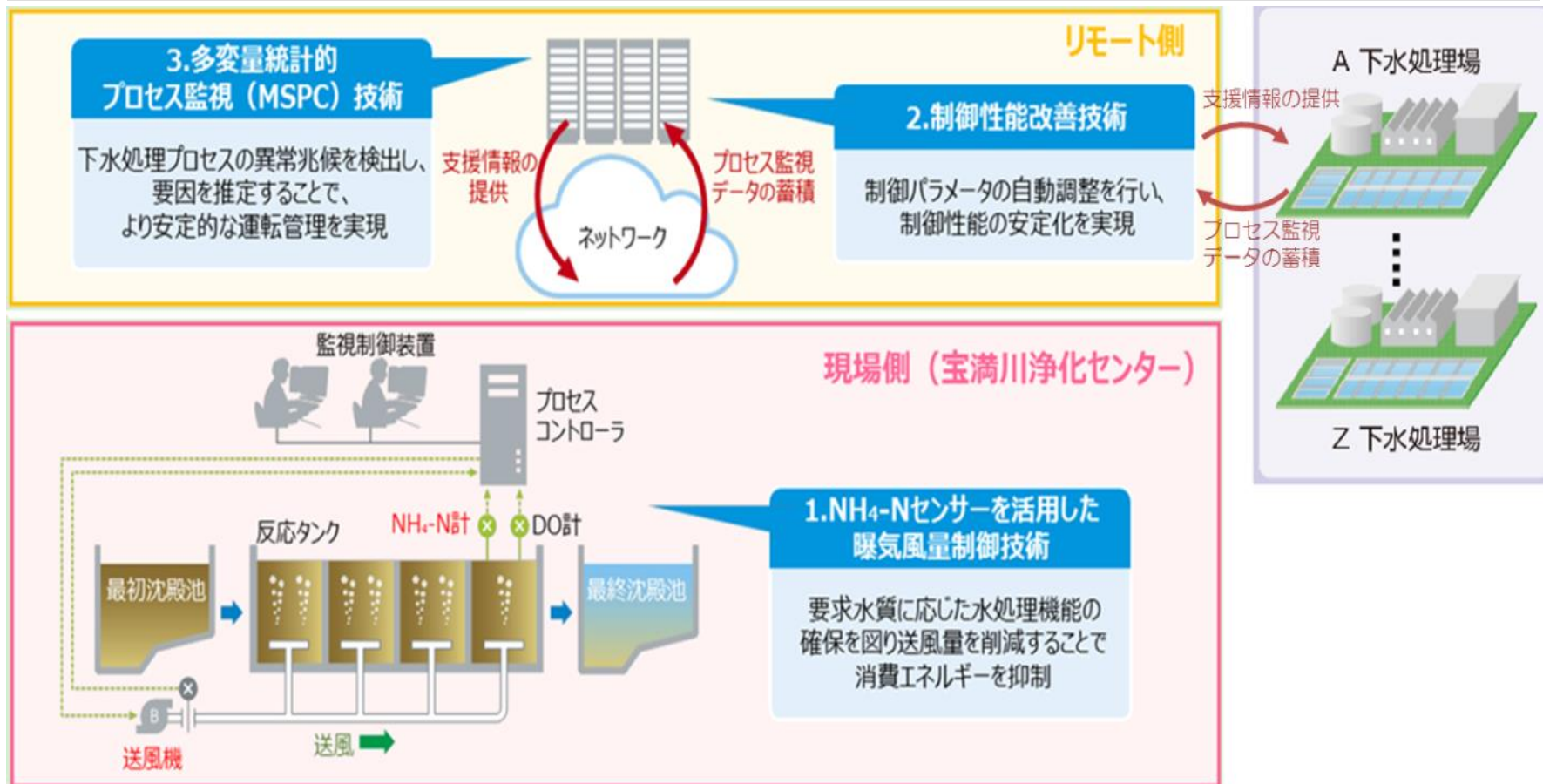


ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による 効率的な水処理運転管理技術



株式会社東芝・日本下水道事業団・福岡県・
公益財団法人福岡県下水道管理センター共同研究体

本ガイドライン(案)の対象技術の概要



要求水質に応じた水処理機能の確保

消費エネルギーの削減

維持管理性の向上

を目的とした水処理運転管理技術

本ガイドライン(案)の対象技術の評価結果

評価項目	評価結果
(1)硝化機能の維持効果※1	処理水の日平均NH ₄ -N濃度目標値(1.0mg/L以下)達成率:91.9% (年末・年始の高負荷期間を除いて達成)
(2)曝気風量低減効果※1	曝気風量低減率:10.3%(DO一定制御比※3)
(3)電力量削減効果※2	電力量削減率:8.49%(DO一定制御比※3)、 23.0%(送風量一定制御比)
(4)温室効果ガス削減効果※2	CO ₂ 削減率:8.49%(DO一定制御比※3)、 23.0%(送風量一定制御比)
(5)コスト面での 導入容易性(経済性)※2	経費回収年:2.33年(送風量一定制御比)※4

※1 評価項目(1)、(2)については、実証試験結果に基づく評価結果

※2 評価項目(3)~(5)については、委託元からの試算条件に基づく試算結果(処理能力50,000m³/日の場合)

※3 DO一定制御比については、DO目標値2.0mg/Lとの比較

※4 リモート側に接続する下水処理場数を8カ所とした場合の試算



曝気風量低減率10%以上
(DO一定制御比)

実用的な年数で
経費回収可能※5

を実現する水処理運転管理技術

※5 ある程度の処理規模があれば、耐用年数以内での経費回収可能

第1章 総則 第3節 ガイドラインの構成

§ 3 ガイドラインの構成

本編

第1章 総則

目的、ガイドラインの適用範囲、ガイドラインの構成、用語の定義

第2章 技術の概要と評価

技術の概要と特徴、実証研究に基づく評価の概要

第3章 導入検討

導入検討手法、導入効果の検討例

第4章 計画・設計

導入計画、本技術導入のための設計

第5章 維持管理

運転管理、維持管理、保守点検、異常時の対応と対策

資料編

実証試験結果、ケーススタディ、問い合わせ先など

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§ 5 技術の目的

§ 6 技術の概要と特徴

§ 7 NH₄-Nセンサーを活用した曝気風量制御技術の概要と特徴

§ 8 制御性能改善技術の概要と特徴

§ 9 多変量統計的プロセス監視技術の概要と特徴

§ 10 技術の適用条件

§ 11 導入シナリオ例

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§ 12 技術の評価項目

§ 13 技術の評価結果

背景および本技術の目的である
(1)要求水質に応じた水処理機能の確保
(2)消費エネルギーの削減
(3)維持管理性の向上
について解説

3つの技術の組み合わせだけでなく、各要素技術の概要と特徴についても解説

適用条件とともに、推奨条件についても解説

4つの典型的な導入シナリオについて解説

(1)硝化機能の維持効果
(2)曝気風量低減効果
(3)電力量削減効果
(4)温室効果ガス削減効果
(5)コスト面での導入容易性(経済性)
の各評価項目について実証結果およびFS結果(試算)について記載

第2章 技術の概要と評価 第1節 技術の概要

§5 技術の目的

本ガイドラインの対象技術である「ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術」は、**活性汚泥法による水処理施設を対象に、**

- ① 要求水質に応じた安定した水処理機能の確保
 - ② 消費エネルギーの削減
 - ③ 維持管理性の向上
- を図ることを目的とする。

背景と課題 下水道事業を取り巻く環境

温室効果ガス排出量の削減や省エネルギー化を実現する水処理技術が必要

広域化の進展による施設を効率的に管理するための技術が必要

情報通信技術(ICT)の進展による、下水道事業におけるICT活用ニーズの高まり

既存施設を活用し、ICTを適用することでより効率的な水処理運転管理を実現する技術は、コスト削減効果や省エネルギー効果など、多くの導入効果をもたらすことが期待

「ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術」

第2章 技術の概要と評価 第1節 技術の概要

§ 6 技術の概要と特徴

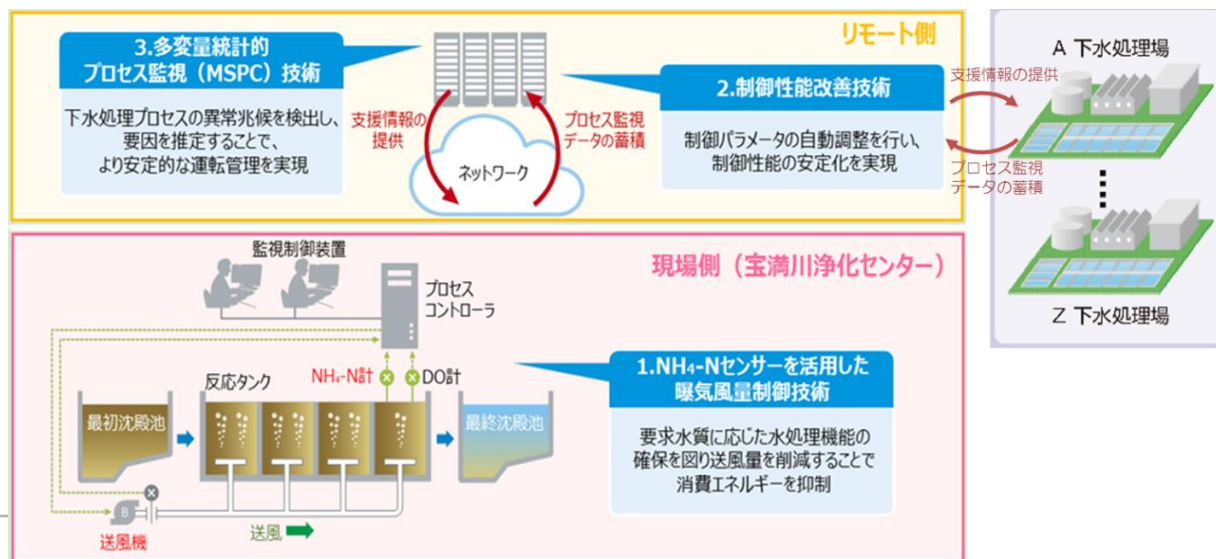
「ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術」は、①NH₄-Nセンサーを活用した曝気風量制御技術、②制御性能改善技術、③多変量統計的プロセス監視技術、の3つの要素技術を組み合わせた技術であり、**水処理施設における消費エネルギーの削減を達成しながら、要求水質に応じた水処理機能の確保および維持管理性の向上を図るものである。**

①のプロセス制御技術に、ICTを活用した②、③のリモート診断技術を組み合わせることで、従来の曝気風量制御技術に比べて、以下の特長を有する。

- ・年間を通じた処理水質の安定化を図ることができる。
- ・消費エネルギーの削減を実現することができる。

技術の概要

水処理施設における消費エネルギーの削減を達成しながら、要求水質に応じた水処理機能の確保および維持管理性の向上を図る技術

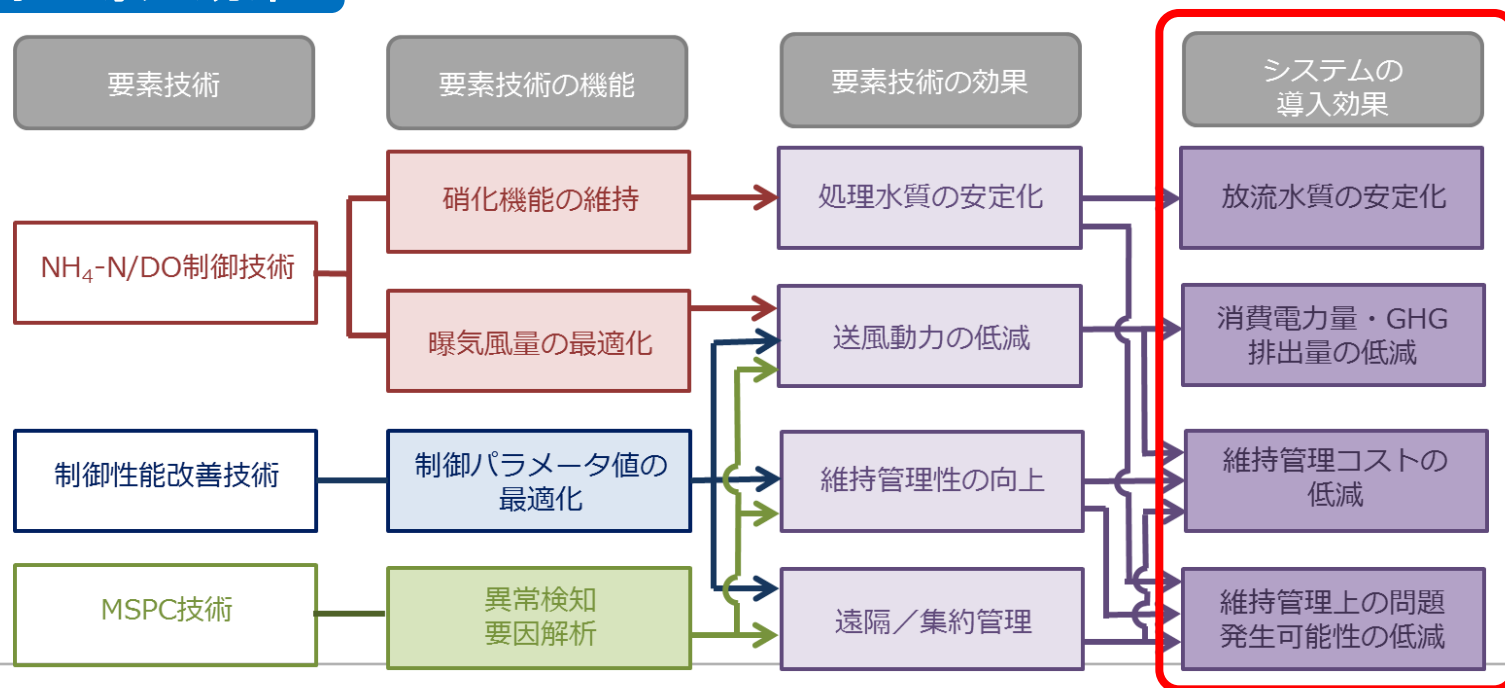


§ 6 技術の概要と特徴

技術の特徴

プロセス制御技術である「①NH₄-Nセンサーを活用した曝気風量制御技術」に、リモート診断技術である「②制御性能改善技術」、「③多変量統計的プロセス監視(MSPC)技術」を組み合わせることにより、処理水質の安定化や年間を通じた消費エネルギーの削減等を実現

技術の導入効果



§ 7 NH₄-Nセンサーを活用した曝気風量制御技術の概要と特徴

NH₄-Nセンサーを活用した曝気風量制御技術は、アンモニア性窒素(NH₄-N)センサーで反応タンク内の硝化状況を監視し、これに応じてDO目標値を変化させることで、処理状況に応じて曝気風量を最適化し、省エネルギー化を図る技術である。

技術の概要と特徴

アンモニア性窒素(NH₄-N)センサーで反応タンク内の硝化状況を監視し、これに応じてDO目標値を自動で変化させることで、処理状況に応じて曝気風量を最適化し、省エネルギー化を図る技術である。

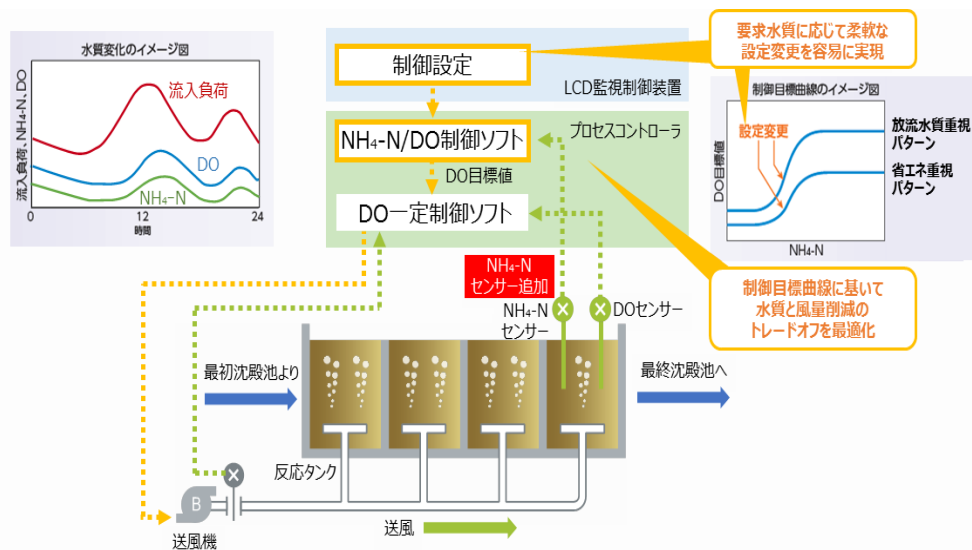
技術の効果

①硝化機能の維持

高負荷(硝化悪化)時には、DOを上昇させるように動作し、硝化機能の維持効果を得ることが可能

②曝気風量の低減、ならびにそれにもなう消費電力量の削減

低負荷(硝化良好)時には、DOを低下させるように動作し、曝気風量の低減効果、ならびにそれにもなう消費電力量の削減効果を得ることが可能



§ 8 制御性能改善技術の概要と特徴

制御性能改善技術は、NH₄-N/DO制御技術のPID制御に関連するプロセス監視データを利用して、制御パラメータの妥当性を自動で診断し、最適値を見出すことにより、曝気風量制御の性能を改善する技術である。

技術の概要と特徴

曝気風量制御技術のPID制御に関連するプロセス監視データを利用して、制御パラメータの妥当性を自動で診断し、最適値を見出すことにより、曝気風量制御の性能を改善する技術である。

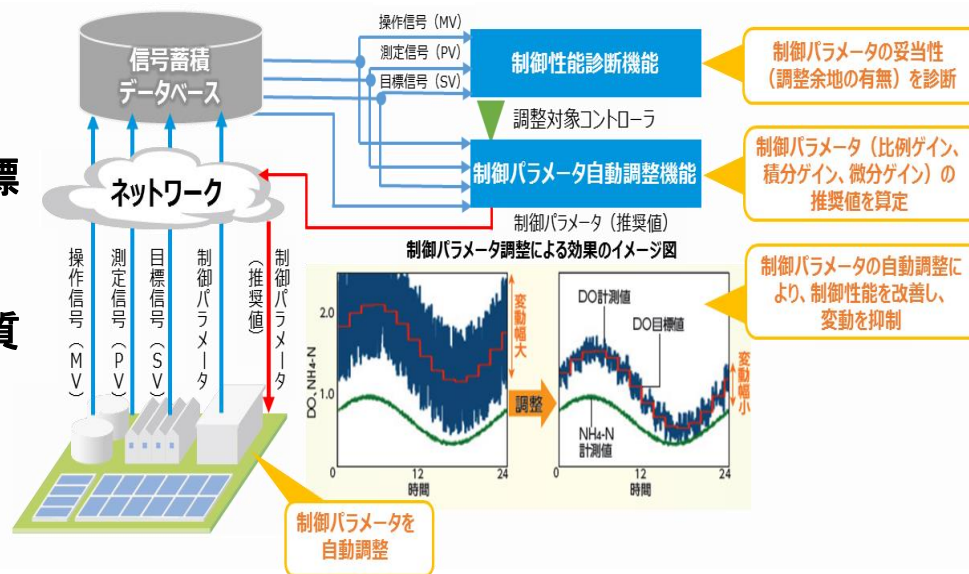
技術の効果

①制御性能の安定化

制御パラメータを改善することで、制御目標値付近で安定した制御を行うことが可能

②施設運用の安定化

制御パラメータを改善することで、処理水質の悪化等の事態を回避し、施設運用の安定化が可能



§ 9 多変量統計的プロセス監視技術の概要と特徴

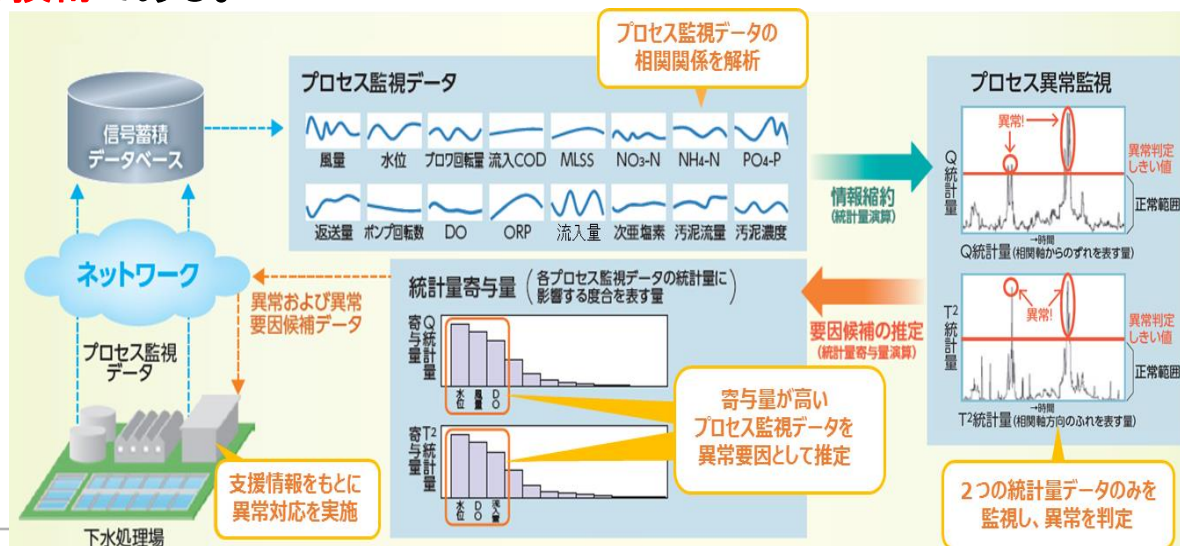
多変量統計的プロセス監視技術は、センサー等で計測される多数のデータ（プロセス監視データ）を利用して、下水処理プロセスで生じる各種の異常兆候と、これに関連するプロセス監視データを検出し、当該異常兆候の要因の推定を支援する技術である。

技術の概要と特徴

下水処理場におけるセンサー等で計測される**多数のデータ(プロセス監視データ)**を利用して、下水処理プロセスで生じる各種の異常兆候と、これに関連するプロセス監視データを検出し、**当該異常兆候の要因の推定を支援する技術**である。

技術の効果

- ①プロセスの異常兆候検出による運用上有用な支援情報の提供
- ②異常兆候検出時の早期対応による曝気風量および電力量増加の回避



§ 10 技術の適用条件

本技術の適用条件、適用対象、推奨条件は以下のとおりである。

(1) 適用条件

本技術は、以下の条件全てに該当する下水処理場へ適用可能である。

- ①水処理方法として活性汚泥法を採用している。
- ②反応タンクにおいて硝化促進運転が可能である。
- ③反応タンクにおける曝気風量の低減により、送風機動力の低減が可能である。

(2) 本ガイドラインにおける適用対象

本ガイドラインでは、原則として標準活性汚泥法を採用している下水処理場への適用を想定する。

(3) 推奨条件

本技術の導入効果および導入コストは、対象施設の規模や運転方法などの条件により大きく異なることから、以下の推奨条件を示す。

- ①導入効果が大きくなる条件
- ②導入コストが相対的に小さくなる条件

(2)適用対象では、標準活性汚泥法を採用している下水処理場を想定するが、(1)適用条件の①、②を満たすことができれば、原理的には適用可能である。本技術適用の際には、事前の確認等、留意する必要がある(標準活性汚泥法以外の処理方法への適用を排除しない)。

(3)推奨条件では、①導入効果が大きくなる条件として、「硝化が不十分な処理場への導入」、「現状送風量一定制御で運用している処理場への導入」、②コストが相対的に小さくなる条件として、「1池あたりの処理量が大きい処理場への導入」、「管理対象処理場数が多い自治体への導入」を挙げた。

§ 11 導入シナリオ例

本技術が導入される典型的なケースとして、四つのシナリオ例を示す。

- (1) 既設へ本技術を単独で導入して、省エネルギー化や硝化の安定化を図る場合
- (2) 散気装置や送風機などの既設更新時に一括で導入して、総合的に省エネルギー化を図る場合
- (3) 系列の増設時に一括で導入して、総合的に省エネルギー化を図る場合
- (4) 将来的な集約管理を想定して、本技術を段階的に導入する場合

本技術を導入するシナリオ例

(1) 既存施設へ本技術を単独で導入して、省エネルギー化や硝化の安定化を図る場合



本工事のみを対象にした短い工期で導入することが可能

(2) 散気装置や送風機などの既設更新時に一括で導入して、総合的に省エネルギー化を図る場合



更新工事と併せて導入することで、本工事部に係る工事費の低減を図ることが可能

(3) 水処理施設の新増設時に一括で導入して、総合的に省エネルギー化を図る場合

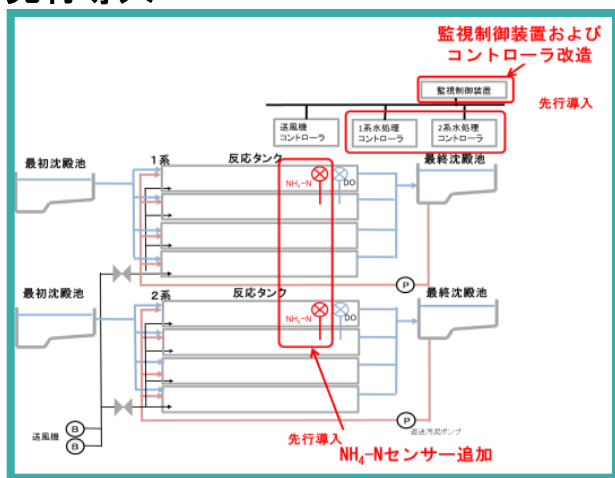


新設時、系列増設時に、計画当初から本技術の導入を組み入れておくことで、効率的に本技術を導入することが可能

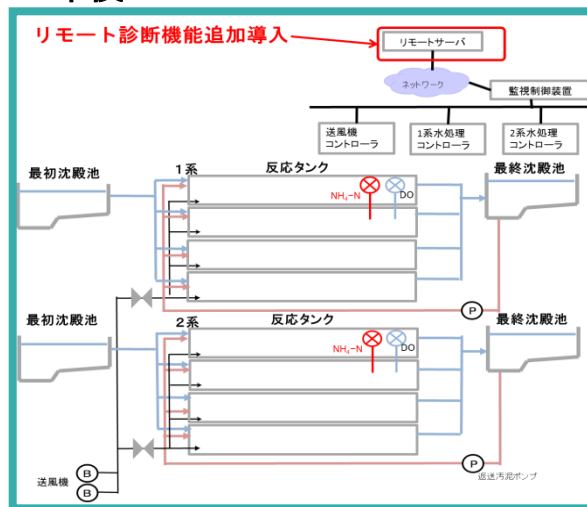
§ 11 導入シナリオ例

(4) 将来的な集約管理を想定して、本技術を段階的に導入する場合

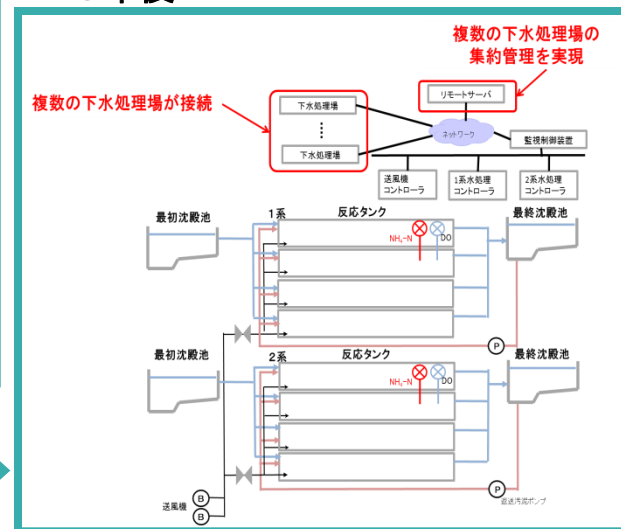
先行導入・・・



3年後・・・



10年後・・・



硝化機能の維持効果や省エネルギー効果を迅速かつ低コストで得ることができる一方で、適切なタイミングにリモート診断技術を導入することが可能。(リモートサーバに複数の下水処理場が接続するイメージ(集約管理)、一部水処理系列に導入する場合についても記載)

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 14 導入検討手順

§ 15 適用条件の確認

§ 16 導入効果の検討

§ 17 導入判断

以下について解説

- (1) 導入意義・目的の明確化
- (2) 適用条件の確認

導入効果の検討として、以下の2段階のステップについて解説

【導入検討Ⅰ】

簡便な手法により本技術の導入効果について検討

【導入検討Ⅱ】

より精度が得られる手法により、本技術の導入効果について検討

第2節 導入効果の検討例

§ 18 導入効果の検討例

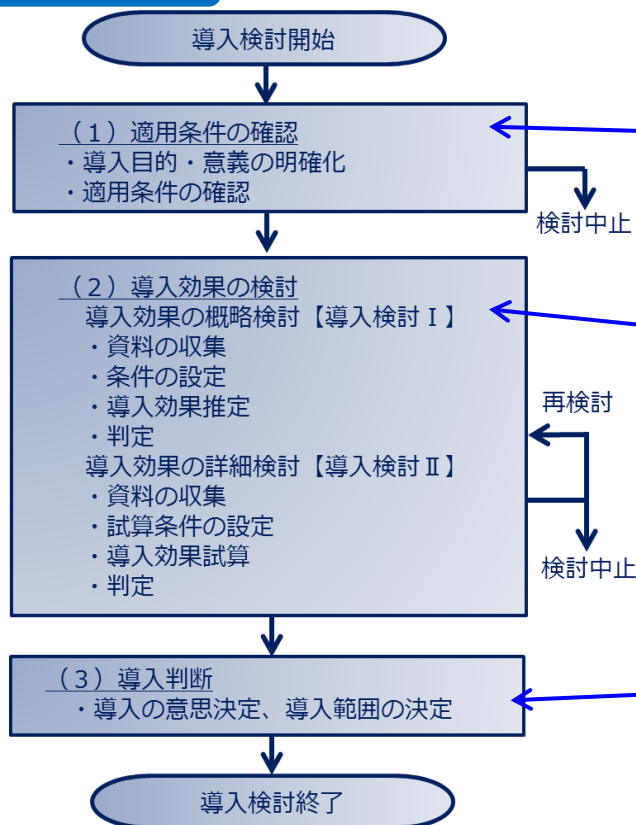
流入下水量50,000m³/日、標準活性汚泥法による水処理を行う仮想の下水処理場に導入する場合を想定し、上記導入検討手法の手順にしたがった検討例について解説

第3章 導入検討 第1節 導入検討手法

§ 14 導入検討手順

本技術の導入の検討にあたっては、対象とする下水処理場について現況および課題などを把握し、導入効果の評価を行った上で、導入の是非を判断する。

検討フロー



(1) 適用条件の確認

当該下水処理場における現状の課題を抽出し、本技術の導入目的・意義を明確化する。また、当該下水処理場における適用条件に合致していることを確認する。

(2) 導入効果の検討

以下の二段階で導入効果を検討する。
① 導入効果の概略検討【導入検討Ⅰ】
② 導入効果の詳細検討【導入検討Ⅱ】

(3) 導入判断

評価結果を踏まえて、本技術導入の意思決定、導入範囲の決定を行う。

第3章 導入検討 第1節 導入検討手法

§ 16 導入効果の検討

本技術の導入可能性を判断するために、以下の二段階で導入効果を検討する。

- (1) 導入効果の概略検討(【導入検討Ⅰ】)
- (2) 導入効果の詳細検討(【導入検討Ⅱ】)
 - ① NH₄-N/DO制御技術単独での導入効果
 - ② 3つの技術を組み合わせた導入効果

【導入検討Ⅰ】と【導入検討Ⅱ】の比較

項目	【導入検討Ⅰ】	【導入検討Ⅱ】
目的	簡便な手法により、本技術の導入効果を推定する。(スクリーニング)	より精度が得られる手法により、本技術の導入効果について検討する。
対象技術	NH ₄ -N/DO制御技術	NH ₄ -N/DO制御技術、制御性能改善技術、MSPC技術
検討項目	電力量削減量、経費回収年	電力量削減量、経費回収年、温室効果ガス削減量
導入効果の試算方法	簡便な図表(チャート図)に基づいて推定	費用関数等に基づいて試算

第3章 導入検討 第1節 導入検討手法

§ 16 導入効果の検討

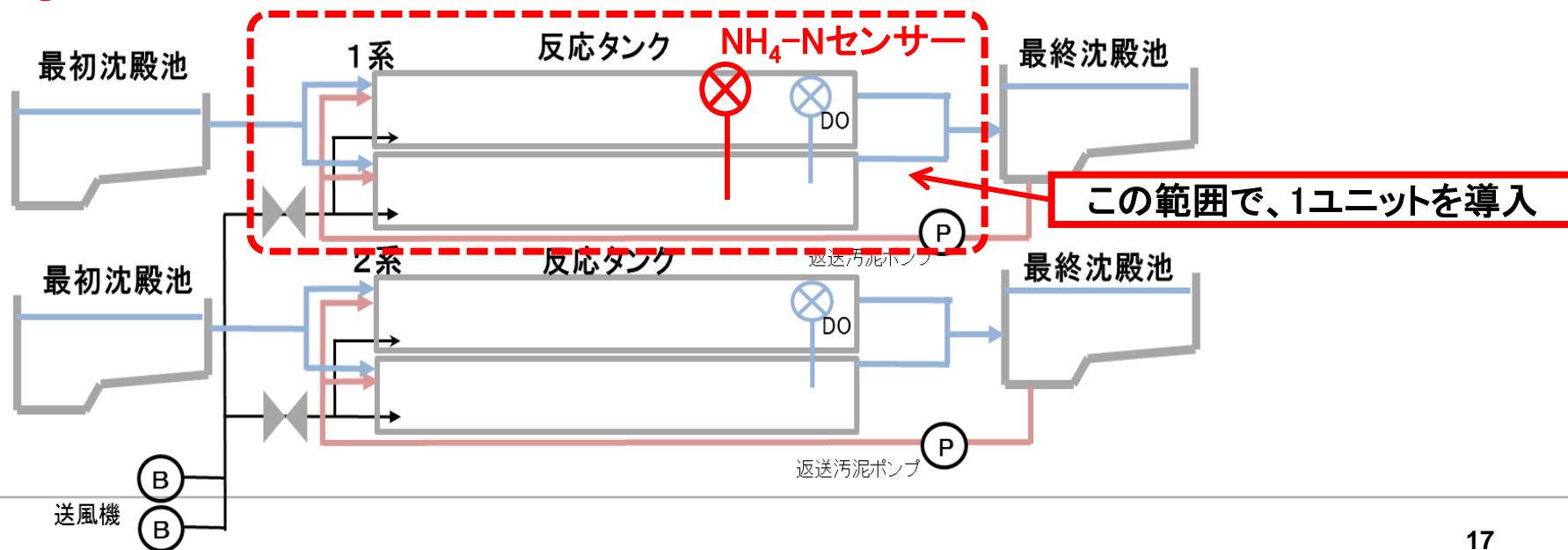
(1) 導入効果の概略検討【導入検討Ⅰ】

2) 条件の設定

- ・ 収集した資料をもとに、導入検討範囲、導入ユニット数、1ユニットあたりの日平均処理水量、比較対象とする送風量制御方法および送風倍率を設定
- ・ 1ユニットは、1台のNH₄-Nセンサーを設置して一括制御を行う施設の範囲を示す概念である。
- ・ 複数池の送風量を一括して制御することが可能である範囲の設定あたり、その一般的な条件としては以下のとおりである。

① 反応タンク流入水および返送汚泥系を共有している。

② 反応タンクの処理条件(処理フローおよび運転条件)が概ね同等である。



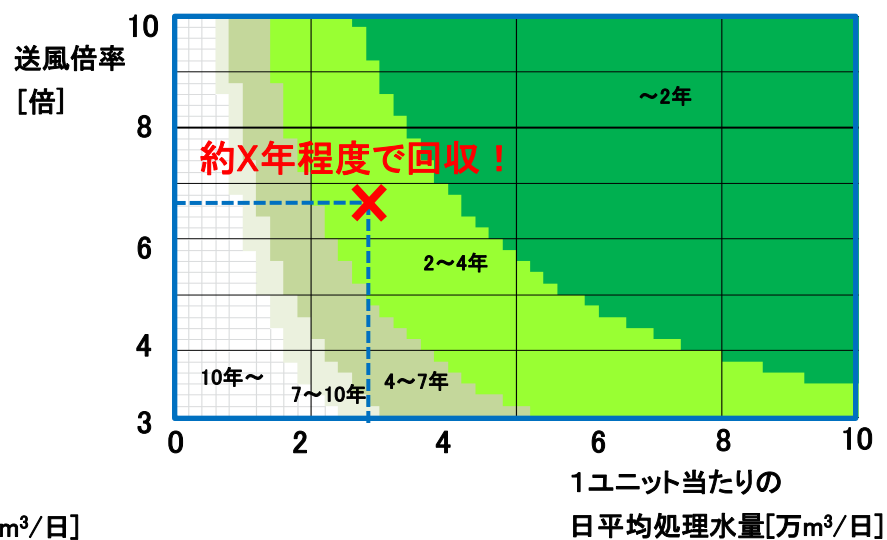
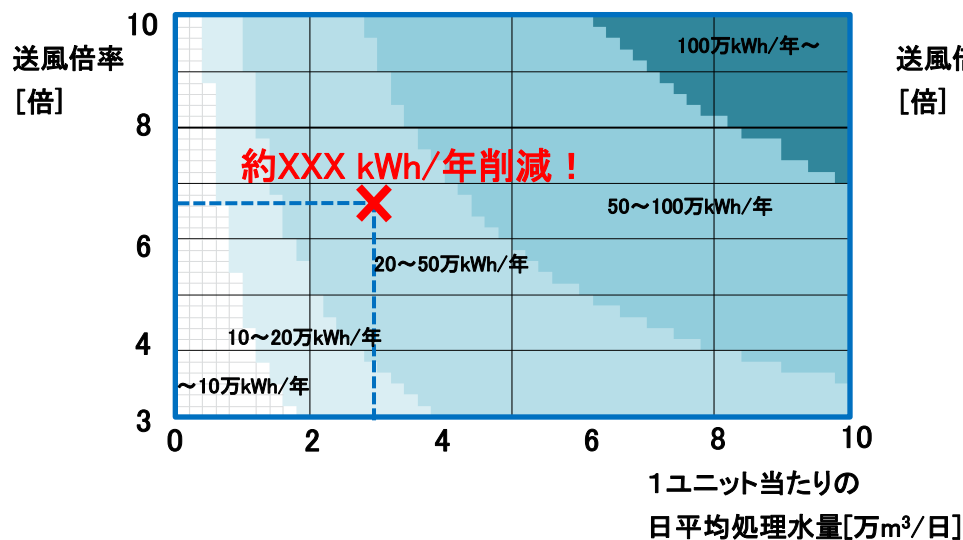
第3章 導入検討 第1節 導入検討手法

§ 16 導入効果の検討

(1) 導入効果の概略検討(【導入検討 I】)

3) 導入効果の推定

- ・ 1ユニット当たりの日平均処理水量、比較対象とする送風量制御方法およびその送風倍率を設定
- ・ 比較対象とする送風量制御として、送風量一定制御、送風倍率一定制御、DO一定制御を想定
- ・ 以下のような簡便な図表(チャート図)により効果を推定する。



※図表は、従来技術を送風量一定制御にした場合

第3章 導入検討 第1節 導入検討手法

§ 16 導入効果の検討

(2) 導入効果の詳細検討(【導入検討Ⅱ】)

3) 導入効果試算

①NH₄-N/DO制御技術単独での導入効果

②3つの技術を組み合わせた導入効果

省エネルギー効果の指標として「電力量削減量」、経済性の指標として「経費回収年」、温室効果ガス削減効果の指標として「温室効果ガス削減量」を各算出式にもとづいて試算する。

4) 結果の整理

「3) 導入効果試算」で得られた項目を以下のような表に整理する。

項目	導入形態① (NH ₄ -N/DO制御 単独導入)	導入形態② (3つの技術すべての 導入)	導入判断の目安
経費回収年	X.XX年	Y.YY年	Z.ZZ年以内
電力量削減量	XXX kWh/年	YYY kWh/年	ZZZ kWh/年以上
温室効果ガス 削減量	XXX kg-CO ₂ /年	YYY kg-CO ₂ /年	ZZZ kg-CO ₂ /年
その他定性的な 効果等			
その他の考慮点			

MSPC技術については、運転管理上有効であると見込まれる場合には、導入判断の際に考慮

これらの表をもとに、最終的な導入判断(§ 17導入判断)を行う。

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 19 導入計画

§ 20 詳細調査

§ 21 システム構成の検討

§ 22 導入効果の検証

§ 23 導入計画の策定

既設への導入を前提として、解説

以下の検討内容について解説
(1)NH₄-Nセンサー設置に関する検討
(2)送風量制御方式に関する検討
(3)システム改造範囲の検討
(4)リモート診断システムに関する検討

第2節 本技術導入のための設計

§ 24 NH₄-N/DO制御システムの設計

§ 25 制御性能改善機能の設計

§ 26 MSPC機能の設計

3つの要素技術それぞれの設計の手順、留意点等について解説

第5章 維持管理

第1節 導入システムを活用した運転管理

§ 27 導入システムを活用した運転管理

以下について解説

- (1) 基本的な運転管理
- (2) $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術の運転管理
- (3) 制御性能改善技術を利用した運転管理
- (4) MSPC技術を利用した運転管理

第2節 導入システムの維持管理

§ 28 導入システムの維持管理

§ 29 導入システムの保守点検

§ 30 異常時の対応と対策

以下について解説

- (1) $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術の維持管理
- (2) 制御性能改善技術の維持管理
- (3) MSPC技術の維持管理

第5章 維持管理 第1節 導入システムを活用した管理

§ 27 導入システムを活用した運転管理

本技術の運転管理は、以下に示す内容について実施する。

- (1) 基本的な運転管理
- (2) $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術の運転管理
- (3) 制御性能改善技術を利用した運転管理
- (4) 多変量統計的プロセス監視(MSPC)技術を利用した運転管理

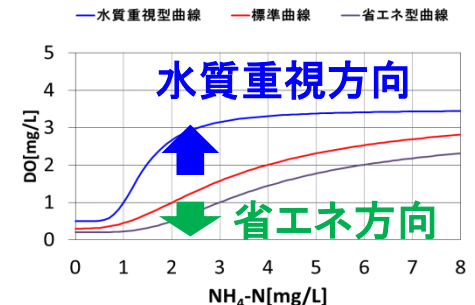
(1) 基本的な運転管理

本技術を導入した場合の運転管理の基本的な考え方として、反応タンクの運転管理、 $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーの管理、等について説明

(2) $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術の運転管理

$\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術の運転管理として、以下について説明

- ① 処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(日平均値)の管理目標値の設定
- ② $\text{NH}_4\text{-N}$ センサー設置位置における $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の管理目標値の設定
- ③ 制御目標曲線の管理

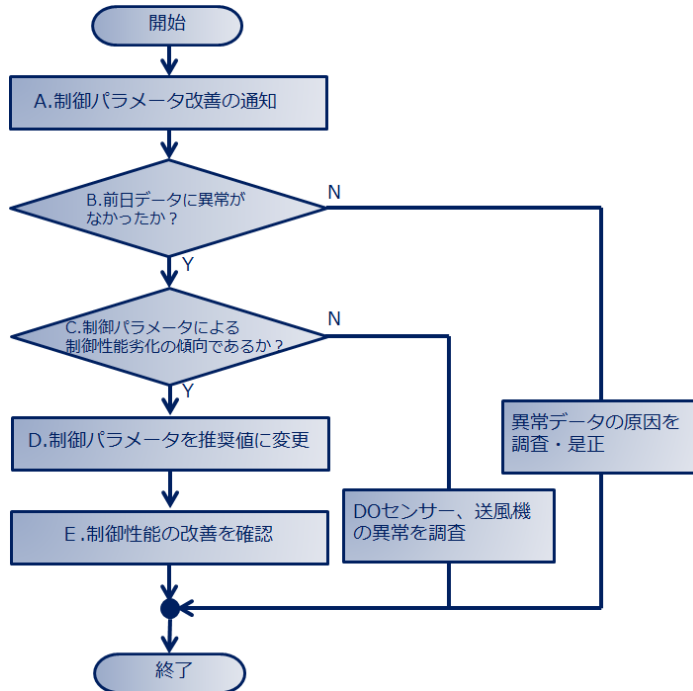


第5章 維持管理 第1節 導入システムの維持管理

§ 27 導入システムを活用した運転管理

(3) 制御性能改善技術を利用した 運転管理

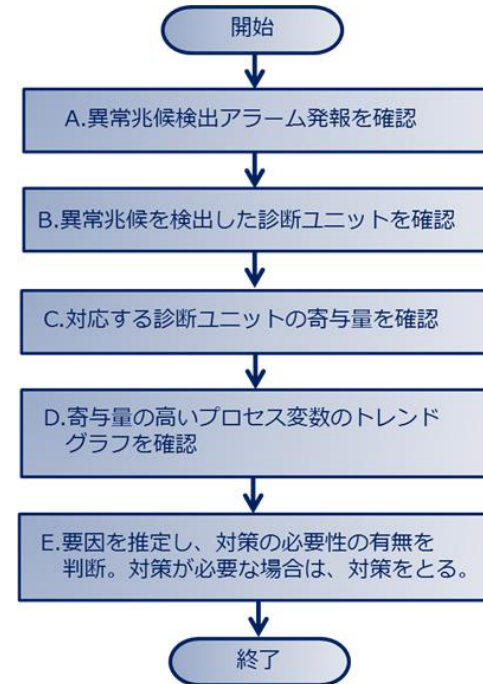
制御性能劣化診断時の対応内容(対応フロー)について説明



制御性能劣化診断時の対応フロー

(4) 多変量統計的プロセス監視 (MSPC)技術を利用した運転管理

異常兆候検出時の対応内容(対応フロー)について説明(異常兆候検出例も例示)



異常兆候検出時の対応フロー

第5章 維持管理 第2節 導入システムの維持管理

§ 28 導入システムの維持管理

導入システムの機能を適切に維持・発揮させるために、以下に示す内容の維持管理を実施する。

- (1) NH₄-N/DO制御技術の維持管理
- (2) 制御性能改善技術の維持管理
- (3) 多変量統計的プロセス監視(MSPC)技術の維持管理

(1) NH₄-N/DO制御技術の維持管理

①必要A-SRTの確保、②NH₄-Nセンサーの維持管理、について説明

(2) 制御性能改善技術の維持管理

①信号計測値の信頼性確保、②ネットワーク通信品質の確保、について説明

(3) 多変量統計的プロセス監視(MSPC)技術の維持管理

①異常兆候検出しきい値の再設定、②異常診断モデル更新周期の再調整、③診断ユニットの変更・追加について説明

第5章 維持管理 第2節 導入システムの維持管理

§ 29 導入システムの保守点検

本技術における各設備・機器がその機能を良好・安全に維持するため、定期的に保守点検を行う。

本技術に関する

- ①電気設備(監視制御装置、コントローラ、センサー類)
- ②リモートサーバ設備
- ③ネットワーク設備

における、定期的な保守点検項目について解説

§ 30 異常時の対応と対策

本技術の運転において発生し得る異常に対して、その影響および対処方法を事前に想定し、異常が発生した場合は適切に対処する。

本技術の運転において発生し得る異常として、

- ①硝化機能(処理水質)の異常
- ②省エネルギー性能の異常
- ③制御用センサー異常
- ④機器の異常
- ⑤システムの異常

について、その調査項目、対策について解説

資料編 問い合わせ先

株式会社 東芝	インフラシステムソリューション社 水・環境システム事業部 〒212-8585 神奈川県川崎市幸区堀川町72-34 TEL 044-331-0807 URL http://www.toshiba.co.jp/
日本下水道事業団	技術戦略部 技術開発企画課 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 TEL 03-6361-7849 URL http://www.jswa.go.jp/
福岡県	建築都市部 下水道課 〒812-8577 福岡県福岡市博多区東公園7-7 TEL 092-643-3728 URL http://www.pref.fukuoka.lg.jp/
公益財団法人 福岡県下水道管理センター	総務部 管理課 〒812-0893 福岡県福岡市博多区那珂4-5-1 TEL 092-451-4944 URL http://fukuoka-spc.or.jp/