

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。

【解 説】

下水道事業は、全国の全消費電力量の約0.7%という多くのエネルギーを消費しており、温室効果ガス排出量の削減や省エネルギー化について積極的な対応が求められている。下水処理場では、維持管理が容易で、安定した処理水質を確保しつつ、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である。また、市町村合併による広域化の進展により管理施設数が増加する一方で、技術者数は減少する傾向にあることから、複数の施設を効率的に管理するための技術も求められている。さらに、近年、各種情報端末やネットワーク技術、ビッグデータ利活用等の情報通信技術（ICT）が大きく進展している。下水道事業においても、ICTを活用して、下水道施設の運転管理のみならず、事業運営・経営まで効率的に行いたいというニーズが徐々に高まっている。

このような状況において、既存の施設にICTを活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、財政状況が厳しい地方公共団体にとって、コスト削減効果や省エネルギー効果等、多くの導入効果をもたらすことが期待されている。

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水処理運転管理技術」は、反応タンクにおける新たな曝気風量制御技術に、リモート側¹で運用する二つの診断技術（リモート診断技術²）により提供される運転支援情報を組み合わせることで、以下の実現を図るものである。

¹ 本曝気風量制御技術を適用する下水処理場以外の場所を意味する。ただし、リモート側の設備を当該下水処理場内に設置する場合も含む。

² その下水処理場以外の場所で行う診断のことを意味する。ただし、前注釈のとおり、同診断技術が当該下水処理場内に設置されたリモート側の設備に導入される場合も含む。

①要求水質に応じた水処理機能の確保

当該下水処理場における要求水質（処理水質の基準等）を、年間を通じて満たすことができるように安定した水処理を行うことができる。

②消費エネルギーの削減

当該下水処理場における電力量等の消費エネルギーを従来よりも削減することができる。

③維持管理性の向上

当該下水処理場における運転管理者の維持管理業務の負担を軽減したり、維持管理に有効な情報の提供を行うことができる。

なお、本技術については **§6 技術の概要と特徴**を参照されたい。

§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、① $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーを活用した曝気風量制御（以下、 $\text{NH}_4\text{-N}/\text{DO}$ 制御とする）技術、②制御性能改善技術、③多変量統計的プロセス監視（以下、MSPC³ とする）技術、の3つの要素技術を組み合わせた技術であり、要求水質に応じた処理機能の確保しながら、水処理施設における消費エネルギーの削減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。

【解 説】

本技術は、反応タンクにおける新たな曝気風量制御技術にリモートからの支援技術（リモート診断技術）を組み合わせることで、要求水質に応じた処理機能の確保しながら、水処理施設における消費エネルギーの削減および維持管理性の向上を図るものである。

本技術は、図 2-1 に示すとおり、

- ① $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーを活用した曝気風量制御（ $\text{NH}_4\text{-N}/\text{DO}$ 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（MSPC）技術

という3つの要素技術を組み合わせた技術である。

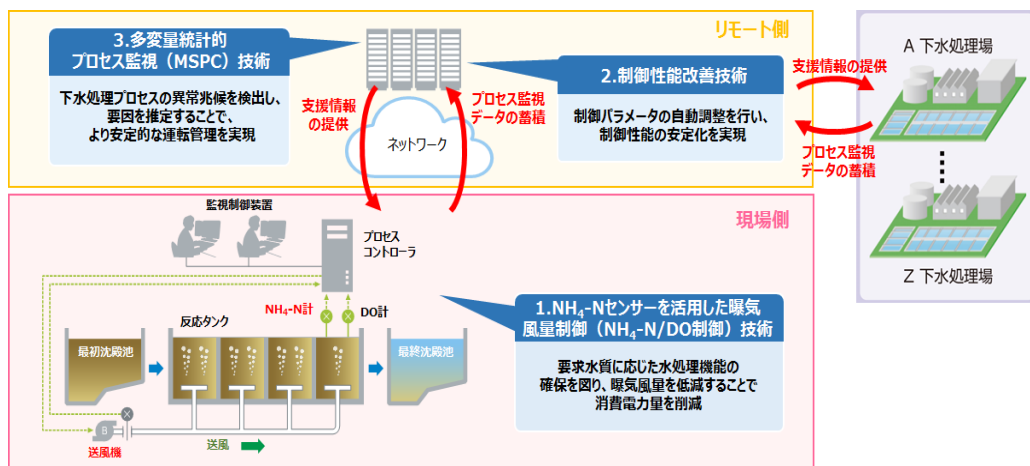


図 2-1 ICT を活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術のイメージ図

³ MSPC : Multivariate Statistical Process Control

本技術では、新たな曝気風量制御技術である①NH₄-N センサーを活用した曝気風量制御（NH₄-N/DO 制御）技術を反応タンクに導入することで、既存施設を活用し、処理水質を維持しながら、送風機に係る消費エネルギーの削減を図る。さらに、ICT を活用したリモート診断技術である②制御性能改善技術と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、曝気風量制御にかかわる制御パラメータを常に適正に保ちつつ、プロセスやセンサーの異常兆候をいち早く検知することにより、処理水質の悪化や機器・センサーの異常等の維持管理を行う上での大きな問題が発生する可能性を低減するとともに、当該下水処理場における維持管理コストの低減を図ることができる。また、リモート診断技術は、リモート側から複数の下水処理場に対して提供できるため、リモート側の設備に多くの下水処理場が接続できるほど、リモート診断技術の1施設あたりの導入コストおよび維持管理コストを低減することができる。

本技術の導入により得られる効果は以下のとおりである。

- 1) 反応タンクにおける硝化機能が維持されることで、処理水質が安定化し、放流水質の安定化を図ることができる。
- 2) 曝気風量の最適化、制御パラメータ値の最適化により、送風機動力を低減することができ、消費電力量や温室効果ガス排出量の低減を図ることができる。
- 3) 制御パラメータ値の最適化、異常予兆の検知やその要因解析ができることにより、維持管理性が向上し、維持管理コストを低減するとともに、維持管理上の問題が発生する可能性を低減することができる。
- 4) 制御パラメータ値の最適化や、異常予兆の検知等を遠隔（リモート）で、また複数の下水処理場に対して行うことができることにより、総合的に低コストで導入することができる。

要素技術の機能と想定効果の関係を整理したものを図 2-2 に示す。

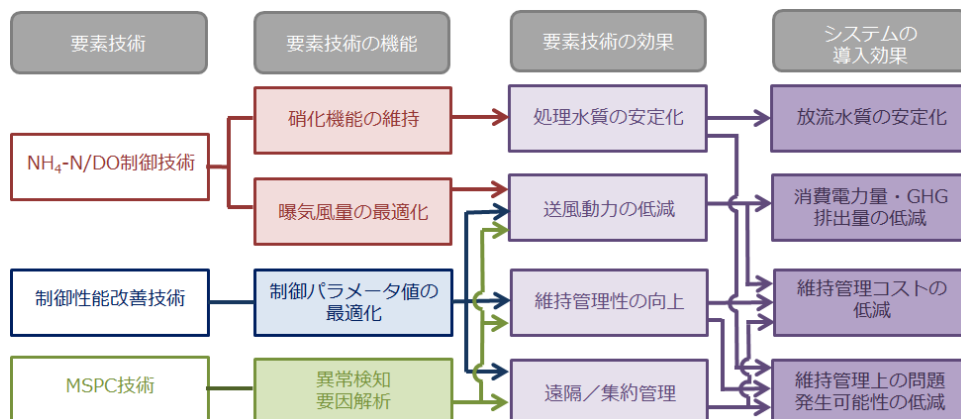


図 2-2 要素技術の機能と想定効果の関係

②制御性能改善技術と③多変量統計的プロセス監視（MSPC）技術の各診断技術については、膨大なプロセス監視データを使って、有効な支援情報を提供する技術である。これらの診断技術は、リモート側でシステムを構築し、複数の下水処理場のデータの収集・管理を行うことで、本技術に係る維持管理コストの低減ならびに複数処理場における異常パターンデータの蓄積、ICTを活用した集約管理の観点からも大きな利点を有している。

また、各診断技術により提供される支援情報については、緊急の状況に至る前の段階で提供されると想定されることから、運転管理者にとっては運転管理におけるある種の「気づき」を与え、余裕のある対応を可能とする。このような診断機能が動作していることにより、運転管理を行う運転管理者の負担を軽減し、運転管理の安全性に繋がるものと考えられる。

地方公共団体にとっては、このような診断技術を利用することにより、管轄する下水処理場等の施設の効率的な運転管理を実現することができる。

本技術による水処理運転管理と従来技術（DO 一定制御）による水処理運転管理において、実現されている内容と、運転管理者が行う対応内容とを比較したものを表 2-1 に示す。

表 2-1 本技術と従来技術における水処理運転管理の比較

	本技術における水処理運転管理 （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）	従来技術における水処理運転管理 （DO 一定制御による水処理運転管 理技術）
実現内容	・曝気風量を最適化して、処理水質を安定化 ・PID 制御のパラメータ値の最適化 ・複数信号の相関関係にもとづく異常兆候の検知および異常要因候補データを通知 ・複数の下水処理場の水処理運転に関する診断を実施	・DO の確保による、処理水質の安定化 ・個別信号の上下限しきい値にもとづく異常の検知
運転管理者の実施事項	・処理状況の確認 ・適用する PID 制御のパラメータ値の確認 ・異常予兆が検出された段階で、その異常予兆に対する対応（早い段階での対応可能）	・処理状況の確認 ・DO 不足時に、DO 制御目標値の変更や曝気風量を増加するための対応が必要 ・必要に応じて、PID 制御のパラメータ調整を実施 ・異常検出時にその異常に対する対応（対応が遅れる可能性有り）

§7 NH₄-N センサーを活用した曝気風量制御 (NH₄-N/DO 制御) 技術の概要と特徴

(1) NH₄-N センサーを活用した曝気風量制御 (NH₄-N/DO 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 制御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、省エネ化を図る技術である。

(2) 本技術により得られる効果は以下の通りである。

- ・硝化機能の維持
- ・曝気風量の低減、ならびにそれに伴う消費電力量の削減

【解 説】

(1) 要素技術の概要

NH₄-N センサーを活用した曝気風量制御 (NH₄-N/DO 制御) 技術は、NH₄-N の処理状況に応じて DO 一定制御の制御目標値を変化させる可変 DO 制御の一種であり、反応タンクの下流側区画に設置する NH₄-N センサーの計測値に基づいて、DO 一定制御の制御目標値を演算する曝気風量制御技術である。

NH₄-N/DO 制御技術の概要を図 2-3 に示す。

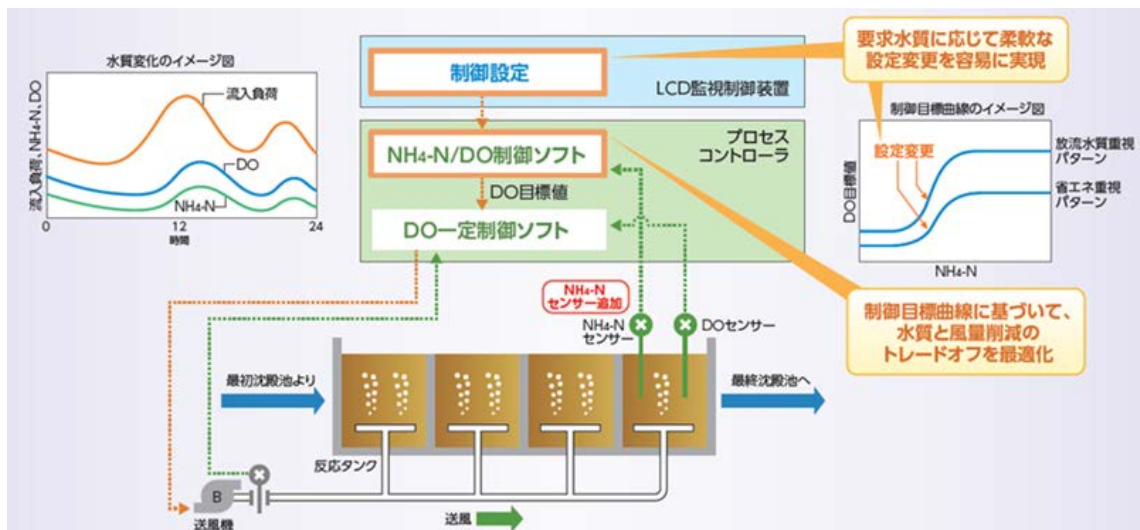


図 2-3 NH₄-N センサーを活用した曝気風量制御 (NH₄-N/DO 制御) 技術

従来の曝気風量制御方式としては、曝気風量を一定に保つ「送風量一定制御」、曝気風量を流入水量に一定比率を乗じた量とする「送風倍率一定制御」、反応タンク内に DO センサーを設置し、DO 濃度が一定となるように曝気風量を制御する「DO 一定制御」が多くの下処理施設で採用されている。これらの制御方式では、処理水質を悪化させることなく処理施設の運転を行うためには、送風量、送風倍率、DO 濃度の制御目標値を流入負荷の高い時間帯に

併せて設定する必要があり、負荷の低い時間帯には、過剰な曝気となる場合が多く、送風機の動力費が大きいという課題があった。

これに対し、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理状況に応じて、DO制御目標値を増減させることで、従来の曝気風量制御技術と比較し、硝化機能を維持しながら、曝気風量の低減（省エネ）を図ることが可能な技術である。

$\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御導入時の日変動の制御イメージ図をDO一定制御時と対比して、**図2-4**に示す。DO一定制御では、流入負荷量に関わらずDO濃度を一定で運転するのに対し、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御では、夜間等の流入負荷が低いことにより処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低くなる時間帯では、低いDO制御目標値（例えば、 0.5mg/L 程度）となるように曝気風量を制御する。この制御動作により、DO一定制御に比べ、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は若干高くなるものの、その分曝気風量低減効果を得ることができる。一方で、日中の流入負荷が高く処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなる時間帯では、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の上昇度合いに応じ、DO制御目標値を上昇させ、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を低く抑えるように曝気風量を制御する。この制御動作により、高負荷時間帯においては、DO一定制御よりも曝気風量が大きくなる場合もあるが、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度のピーク抑制を行い、硝化機能を安定化させる効果が得られる。このような制御動作により、DO一定制御との比較において、曝気風量低減効果を得ることができる。

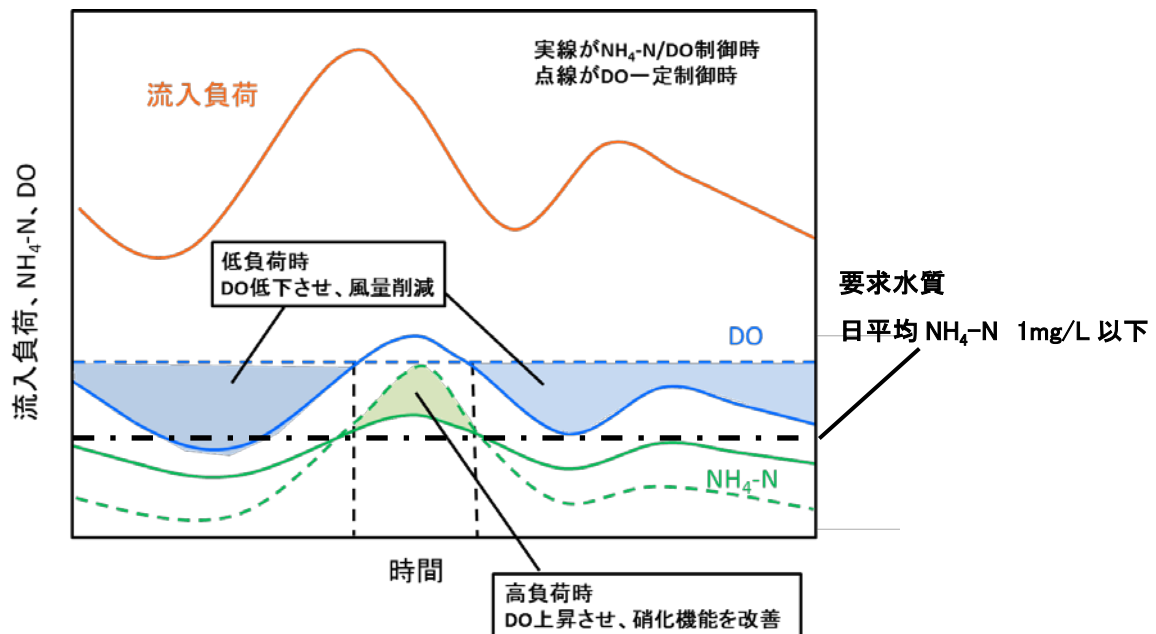


図 2-4 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御導入時の制御イメージ図(日変動)

$\text{NH}_4\text{-N}/\text{DO}$ 制御技術における $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーの計測値と DO 制御目標値の対応付けは、**図 2-5** に示すような「制御目標曲線」により行う。本例では、 DO 濃度目標値の下限を 0.5 mg/L 、上限を 3.5 mg/L として、その間で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高いほど DO 濃度の制御目標値が上昇する曲線が設定されている。曲線の形状は任意に設定でき、赤色の曲線側に近いほど、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の上昇に対する DO の上昇が大きい（水質重視型）の曲線となり、青色の曲線側にいくほど、省エネを重視した曲線となる。このように使用する制御目標曲線の変更により、硝化機能の維持・改善と曝気風量の低減（省エネ）のバランスを考慮した機能設定が可能な技術である。

また、従来技術の DO 一定制御のコントローラと同等の簡単な制御系構成で実現でき、技術導入が容易であるという点も本技術のメリットである。

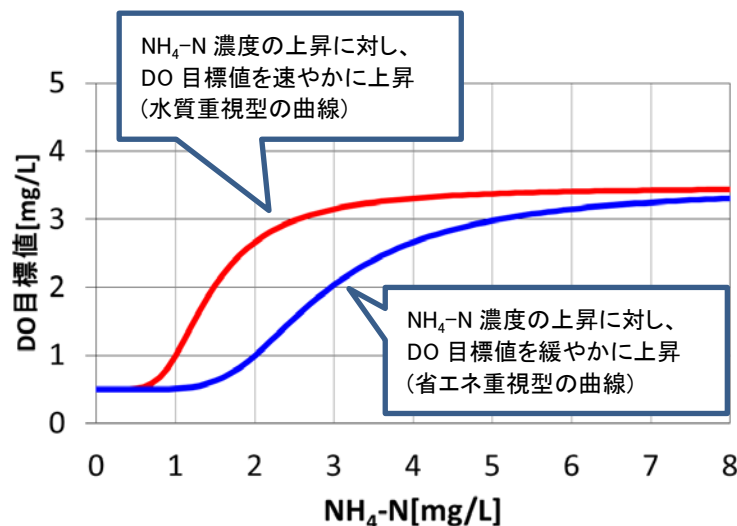


図 2-5 制御目標曲線の設定例

(2) 導入効果

$\text{NH}_4\text{-N}/\text{DO}$ 制御技術の導入により得られる効果は、以下のとおりである。

1) 硝化機能の維持

$\text{NH}_4\text{-N}$ の処理状況に応じて DO 制御目標値を増減させることで、曝気風量の適正化により、硝化機能を維持することができる。

2) 曝気風量の低減、ならびにそれに伴う消費電力量の削減

従来技術である送風量一定制御、送風倍率一定制御、 DO 一定制御と比較して、負荷の低い時間帯における過剰な曝気を抑制することで、曝気風量の低減を図るとともに、送風機動力に係る消費電力量を削減することができる。

§8 制御性能改善技術の概要と特徴

- (1) 制御性能改善技術は、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 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。
- (2) 本技術により得られる効果は以下の通りである。
- ・制御性能の安定化
 - ・施設運用の安定化

【解説】

(1) 要素技術の概要

制御性能改善技術は、ポンプやブロワの制御に汎用的に用いられている PID 制御に設定される制御パラメータ（比例ゲイン、積分時間）の良否を診断・改善することにより、制御の安定化を図る技術である。前述のように $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーの計測値を基に DO 制御目標値を演算し、その目標値に沿うように PID 制御（DO 一定制御）を実施する。

したがって、PID 制御の制御性能を常に安定的に維持することが、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御が適切に機能する上で非常に重要な要素となる。制御性能改善技術を組み込んだ曝気風量制御システムの構成と制御性能改善技術による効果のイメージを図 2-6 に示す。

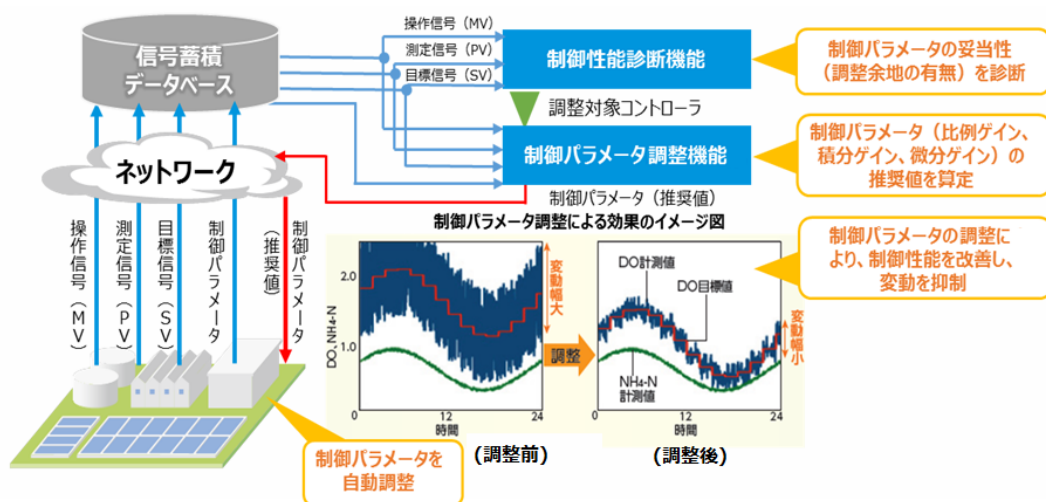


図 2-6 制御性能改善技術

$\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御における PID 制御では、DO 濃度の計測値をもとに操作量である曝気風量を決定する。この操作量を決定する上で用いられる係数が制御パラメータであるが、当初の設定からの時間経過や設備更新等により、制御パラメータが処理状況に適合しなくなる恐れがある。

その場合、調整前のイメージ図にあるように、DO 濃度の計測値（青線）が、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御で設定される DO 濃度の制御目標値（赤線）への追従性が低下し、変動幅が大きくなることで、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御が要求する DO 濃度を実現できなくなる恐れがある。つまり、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御による硝化機能の維持および曝気風量の低減に関して十分な効果が得られなくなる。

これに対して制御性能改善技術は、日々変化する反応タンクの状態に応じて、操作信号、測定信号、目標信号のプロセス監視データを利用して、制御性能を診断するとともに、最適な制御パラメータを自動で演算する。そして、この値を $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御における PID 制御に適用することで、調整後のイメージ図にあるように、DO 濃度の計測値（青線）が DO 濃度の制御目標値（赤線）に追従し、変動幅も抑えられるようになり、制御性能を安定化し、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御の効果を最大限に得られるように支援できる。また、一般に制御性能が低下すると、DO 濃度の制御目標値だけでなく、処理量の変動等にも対応できなくなり、処理水質の悪化等を引起す可能性があるが、制御性能を改善することでこのような事態を回避する効果も期待できる。

（2）導入効果

制御性能改善技術の導入により得られる効果は下記のとおりである。

1）制御性能の安定化

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

2）施設運用の安定化

制御性能が低下して DO 濃度の制御目標値への追従性が低下している場合、処理水質の悪化等を引き起こす可能性がある制御パラメータを改善することで、このような事態を回避することができ、施設の運転がより安定的になる。

§9 多変量統計的プロセス監視（MSPC）技術の概要と特徴

- (1) 多変量統計的プロセス監視（MSPC）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、当該異常の要因の推定を支援する技術である。
- (2) 本技術により得られる効果は以下の通りである。
- ・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
 - ・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

【解 説】

(1) 要素技術の概要

多変量統計的プロセス監視（MSPC）技術は、**図 2-7** に示すような水処理プロセスで生じると想定される各種の異常の兆候を、プロセス監視データから検出する技術である。ここで、プロセス監視データとは、下水処理施設に導入されている監視制御装置等で定周期で計測されている水質や水量あるいは運転操作に関するデータである。

MSPC 技術を用いたプロセス監視の概念を**図 2-8** に示す。MSPC 技術では、プロセス監視データ間の相関情報を利用して、「 Q 統計量」や「 T^2 統計量」と呼ばれる異常指標を用いて、異常兆候の発生の有無を監視する。異常兆候を検知すると、統計量への寄与量の大きい変数を抽出し、要因候補となる変数のプロセス監視データを運転管理者に提示し、異常要因の推定を支援する。この仕組みにより、運用上重要な情報を重点的に監視することで、プロセス監視の効率化を図ることができる。

本技術を適用することにより、早期の検出が想定される水処理プロセスの各種異常と、その検出により期待される効果についてまとめたものを**表 2-2** に示す。

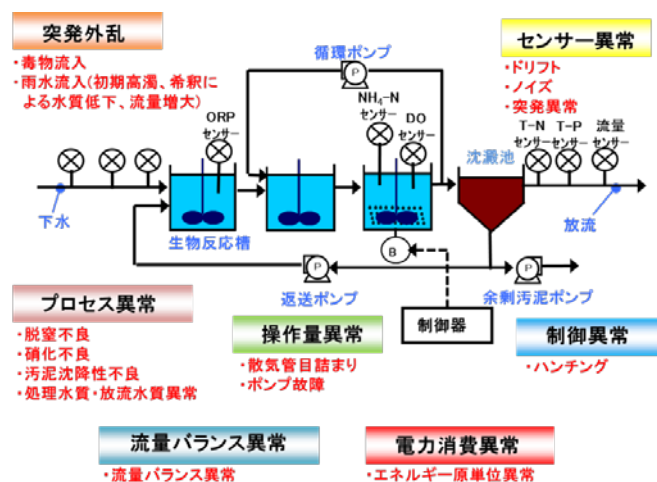


図 2-7 水処理プロセスの各種異常の例

表 2-2 水処理プロセスの各種異常の早期検出により期待される効果

異常の種類	現象	早期検出による期待される効果	実証*
センサー異常	ドリフト	制御センサードリフトに伴う消費電力増加の回避	○
	ノイズ	電磁ノイズ等による制御の不安定化の回避	
	突発異常	制御の不安定化の回避	
制御異常	ハンチング	制御機器（ポンプ、ブロワ等）の劣化の回避 制御の安定化	
操作量異常	散気管目詰まり	目詰まりによる効率低下の回避	○
	ポンプ故障	故障の回避	○
プロセス異常	硝化不良	適切な運用変更による放流水質悪化の回避	
	脱窒不良	適切な運用変更による放流水質悪化の回避	
	汚泥沈降性不良	適切な運用変更による汚泥流出の回避	
	処理水質・放流水質異常	適切な運用変更による放流水質悪化の早期回復	
突発外乱	雨水流入（初期高濁、希釈による水質低下、流量増大）	雨天時運用変更方針の参考情報	
	その他流入異常（毒物流入等）	処理施設の停止リスクの回避	
流量バランス異常	流量バランス異常	適切な水量分配や HRT 設定の参考情報	○
電力消費異常	エネルギー原単位異常	効率的な運用方針の参考情報	○

*実証：実証研究にて、異常シナリオによる検証を行ったものに○印を付した。

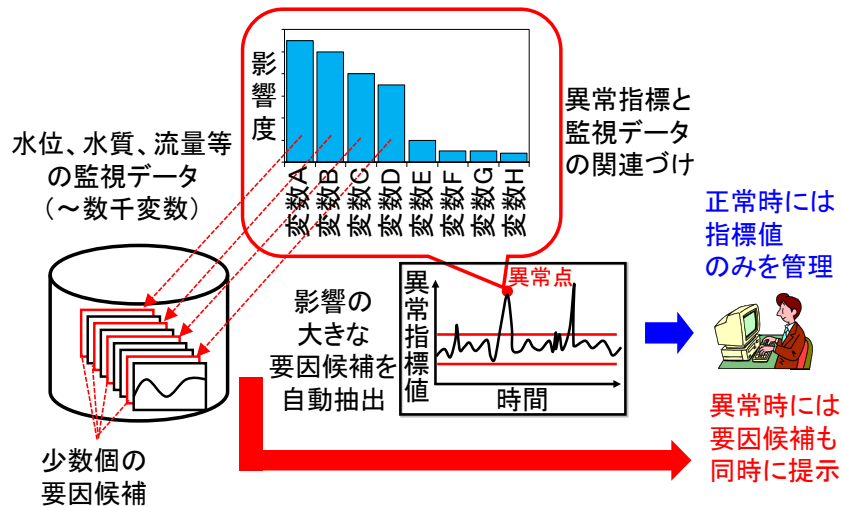


図 2-8 MSPC 技術を用いたプロセス監視の概念図

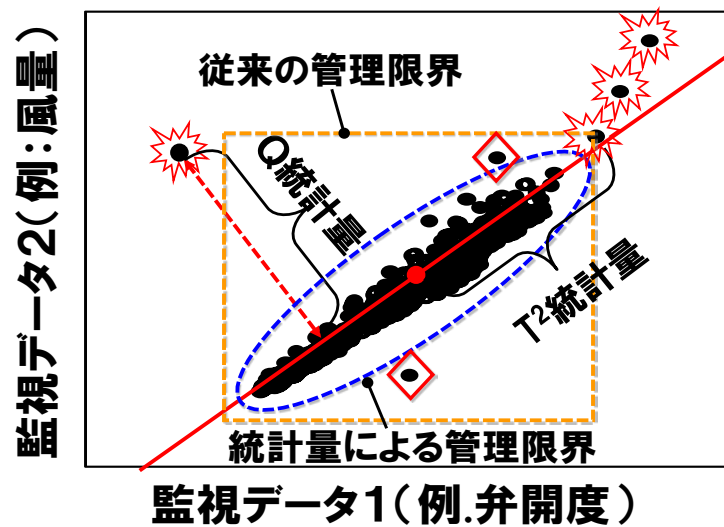


図 2-9 MSPC 技術によるプロセス異常診断の原理の概念図

図 2-9 は、MSPC 技術によるプロセス異常診断の原理を模式的に示したものである。従来の監視制御装置では、水質や水量等のプロセス監視データに個別のしきい値（管理限界）を設定して、異常の有無を判断している。一方、本技術では、各変数間の相関を利用し、相関軸からのずれを表す Q 統計量と、相関軸上の中心からのばらつきを表す T^2 統計量の 2 つの異常指標により異常兆候の有無を判断する。図 2-9 の点線の四角の外が従来のシステムで検出できる異常、点線の楕円の外が MSPC 技術で検出できる異常である。図中◇印で示したような異常は、変数間の相関を利用することによって初めて検出できる異常であり、従来のシステムでは管理限界内にある軽微な段階で異常兆候を検出できることがわかる。図 2-9 は 2 変数の場合の模式図であるが、3 変数以上の多変数であっても、主成分分析という多変量解析手法を用いることにより、 Q 統計量と T^2 統計量の 2 つの指標で異常を検出できる。また、これらの統計量はプロセス監視データから合成しているため、異常兆候検出時に各変数が統計量に与える影響度（寄与量）を逆算することにより、異常兆候の要因となった変数を推定できる。

(2) 導入効果

MSPC 技術の導入により得られる効果は下記のとおりである。

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

運転管理者は、各々のプロセス監視データの管理限界到達前にプロセスの異常兆候を知ることができ、リスクの顕在化や非効率な運用を事前に回避し、施設運用を改善するための対応をとることができる。

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

NH₄-N/DO 制御と併用することで、センサー、コントローラ、操作量等の異常に伴う曝気風量や電力量の増加を回避し、NH₄-N/DO 制御の導入効果の維持を支援することができる。例えば、センサーのドリフトを本技術により早期に検出し、センサーの洗浄等の対応を適切に行うことで、ドリフトを放置することによる曝気風量と電力量の増加を回避できる。また、センサー等の機器の点検頻度を低減し、保守費等の維持管理費の低減を図ることができる。

§ 10 技術の適用条件

本技術の適用条件、適用対象、推奨条件は以下の通りである。

(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等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

【解 説】

本技術の導入効果は、下水処理場における現在の施設状況や運転状況、また地方公共団体における管理体制等によって異なるため、「適用条件」を満たすことを基本とし、その中でも導入効果が高くなることが予想される「推奨条件」を満たす施設においては、積極的に本技術の導入を図る。

(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。

本技術は、活性汚泥法における反応タンクの曝気風量を自動で制御するものである。したがって適用対象は、水処理方法として活性汚泥法を採用する施設に限定する。

- ② 反応タンクにおいて硝化促進運転が可能である。

本技術は、水処理における硝化機能を維持することを目的の一つとしているため、反応タンクにおいて硝化促進運転が可能である施設を適用対象とする。

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。

本技術は、曝気風量の最適化により、送風機動力の低減を図るものであるが、送風機・送風系統や散気装置の特性によっては、曝気風量が低減したとしても、送風機動力の削減に繋がらない場合もある。例えば、曝気風量の調整を、送風機の風量制御と連動させずに、風量調節弁開度のみで行っている場合には、直接送風機動力の削減に繋がらないこととなる。したがって、曝気風量の低減により、送風機動力の低減が可能である設備や特性を備えていることが適用条件となる。

なお、効果の観点を除けば、施設規模についても特に限定することなく適用することが可能である。また、リモート診断技術に関しての適用条件に特段の制約は無く、 $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御等に関連する一連の信号を監視制御装置に取り込むことで、適用可能である。

しかしながら、実際に本技術の導入を進める上では、導入効果や導入コストの視点が必要となる。そこで、本技術を導入するための推奨条件を後述する。

(2) 本ガイドラインにおける適用対象

前述の通り、本技術は硝化を行う各種活性汚泥法に汎用的に適用可能であるが、実証研究では標準活性汚泥法への導入を想定した実証試験を実施したことから、本ガイドラインでは適用対象として標準活性汚泥法を採用している下水処理場を想定する。

このため、その他の処理方法（各種高度処理方法を含む）への適用を検討する場合には、システム構成、設備仕様、導入効果・コスト等に関して、本ガイドラインで提示する事例や諸元値等が必ずしもそのまま使用できない点に留意する必要がある。

(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等の条件に応じて、大きく変化する。

そこで、原理的に、本技術の導入効果が高くなる、もしくは導入コストが小さくなる条件を推奨条件として、以下に示す。

①導入効果が大きくなる条件

1) 硝化機能の維持が必要であるが、現時点で硝化機能が不安定な下水処理場

本技術は、反応タンクの $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に応じた曝気風量制御を行うことから、処理水の N-BOD 対策や窒素濃度低減のために硝化機能の維持や安定化を図りたい下水処理場に対して、導入効果が期待できる。

2) 送風機の運転や制御方法の最適化が不十分で、エネルギー削減余地が大きいと想定される下水処理場

本技術は、反応タンクの $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に応じて曝気風量制御の最適化を図る技術であることから、当該下水処理場において、送風機の運転や制御方法の最適化が不十分な場合には、エネルギー削減余地があるものと想定される。

例えば、送風量一定制御での運転を行っている場合には、処理水質が悪化しないように流入負荷の高い時間帯に合わせて曝気風量の設定が行われることが多く、その場合には流入負荷が小さい時間帯の曝気風量が過大になる。このように過大となっている曝気風量が多いほど、本技術による曝気風量の低減効果が大きくなり、高い省エネ化効果を期待することができる。

3) 曝気風量の低減量に対し、送風機動力の低減量が大きい送風機、及び送風機の風量調整方法を採用している下水処理場

本技術は、曝気風量の低減を目的とした曝気風量制御技術であるため、曝気風量の低減量に対する送風機動力の低減量が大きい下水処理場で導入効果が高い。

曝気風量の低減量に対する送風機動力の低減量は送風機の動力特性と風量調整方法により決まる。一般的には、風量調整方法としては、インバータ制御>インレットベーン制御>吐出弁のダンパー制御の順に省エネ効果が高いため、インバータ制御方式、インレットベーン制御方式を採用している下水処理場の方が高い省エネ効果を期待することができる。

②導入コストが相対的に小さくなる条件

1) 施設規模や 1 池あたりの処理量が大きく、一括での制御範囲を広く取ることが可能な下水処理場

本技術の導入にあたっては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーの追加、監視制御装置やコントローラ等の改造が必要となるが、同一の追加・改造内容に対して、施設規模や 1 池あたりの処理量が大きく、一括での制御範囲を広く取ることができれば、多くの消費電力量の削減効果を得ることができ、導入コストが相対的に小さくなる。

2) 維持管理体制（人員）の縮小を要する下水処理場もしくは地方公共団体、また管理する下水処理場数が多い地方公共団体

広域化の進展等により、管理する下水処理場数が増加する一方で、維持管理体制（人員）の縮小を要する場合には、複数の下水処理場を効率的に管理することが必要なる。本技術のうち、リモート診断技術については、リモート側から複数の下水処理場に対して提供できることから、リモート側の設備にかかる建設コストを 1 施設あたりの導入費用としてみた場合には、一括管理する下水処理場が増えることにより、導入コストが相対的に小さくなる。

§ 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、省エネ化や硝化の安定化を図る場合
- (2) 散気装置や送風機等の既設更新時に一括で導入して、総合的に省エネ化を図る場合
- (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

【解 説】

本技術の導入が有効と考えられる典型的なシナリオ例を以下の（１）～（４）に示す。また、それぞれの導入イメージを図 2-10～13 に示す。

- (1) 既設へ本技術を導入して、省エネ化や硝化の安定化を図る場合

現在、既に稼働している下水処理場においては、一部または全ての系列へ本技術を追加で導入することで、当該水処理施設の省エネ化や硝化の安定化を図ることが可能である。この場合には、 $\text{NH}_4\text{-N}$ センサーおよびリモートサーバ設備の追加設置、監視制御装置およびコントローラの改造により導入することが可能であり、他の工事に拠らず、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である。

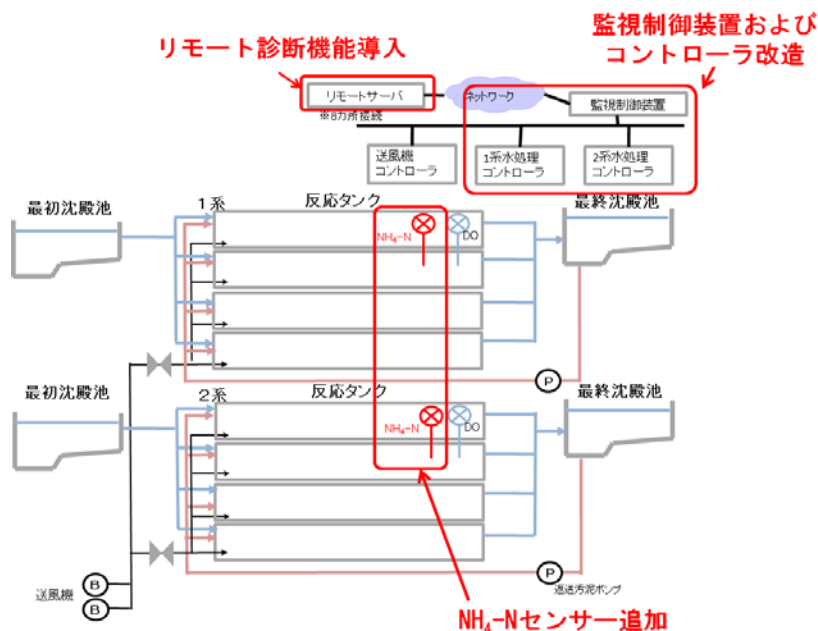


図 2-10 導入シナリオ（1）の導入イメージ

(2) 散気装置や送風機等の更新時に一括で導入して総合的に省エネ化を図る場合

稼働中の下水処理場において、散気装置や送風機の更新が予定されている場合には、当該更新工事と合わせて本技術を導入することにより、総合的に水処理施設の省エネ化を図ることが可能である。

機械設備の更新工事では、関連する電気設備の改造も発生することから、このタイミングで本技術を導入することができれば、(1)の導入シナリオ例のように本技術を単独で導入するケースと比較して、本技術の導入に係る工事費の低減を図ることができる。

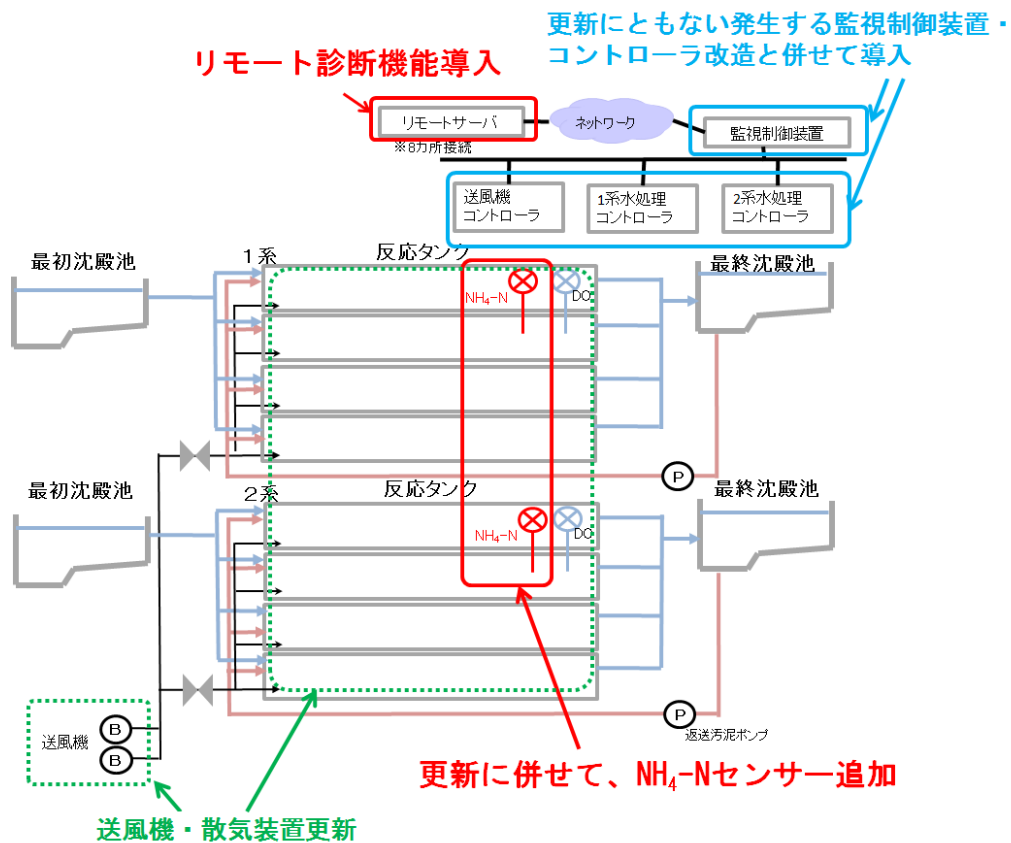


図 2-11 導入シナリオ (2) の導入イメージ

(3) 水処理施設の新增設時に一括で導入して総合的に省エネ化を図る場合

現在、既にいくつかの水処理系列が運用されており、流入量の増大にともない、新たな水処理系列の増設が予定されている下水処理場では、系列の増設と合わせて本技術を導入することにより、総合的に水処理施設の省エネ化を図ることが可能である。

系列の増設が予定されている場合には、計画当初から本技術の導入を組み入れておくことにより、本技術の効率的な導入が可能である。この場合には、既に運用が行われている系列についても、その影響について検討する必要がある、場合によっては、前述の(1)、(2)の導入シナリオ例と同様の対応も合わせて実施することを考慮する必要がある。

また、新設の下水処理場に導入する場合も、その計画の当初から本技術の導入を組み入れておくことにより、本技術の効率的な導入が可能である。

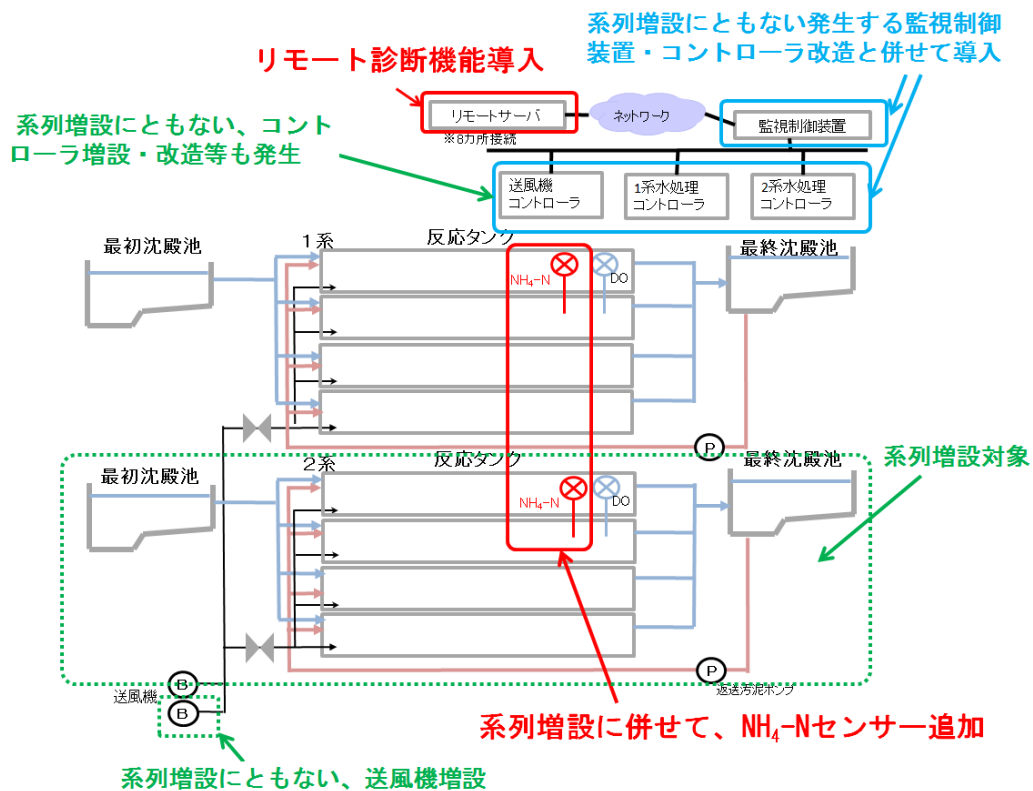


図 2-12 導入シナリオ (3) の導入イメージ

(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

前述の(1)～(3)の導入シナリオ例のように、本技術を一括で導入できればよいが、リモート診断技術である制御性能改善技術およびMSPC技術については、地方公共団体において策定されているICT活用に関する計画や維持管理方針に関する計画等により、必ずしも同時に導入することが得策でないことが想定される。また、導入時のコスト面での制約により、同時に導入することができないことも想定される。

そこで、前述の(1)～(3)のような導入シナリオ例において、まず $\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術を反応タンクに導入し(一部系列への先行的な導入も含む)、その後、地方公共団体においてリモート診断技術を導入するためのデータセンター等の計画が整った段階で、制御性能改善技術およびMSPC技術を導入するケースが想定される。

$\text{NH}_4\text{-N/DO}$ 制御技術を先行して導入することで、硝化機能の維持効果や省エネ効果を迅速かつ低コストで得ることができ一方、適切なタイミングでリモート診断技術を導入することにより、更なる効果を得ることが期待できる。

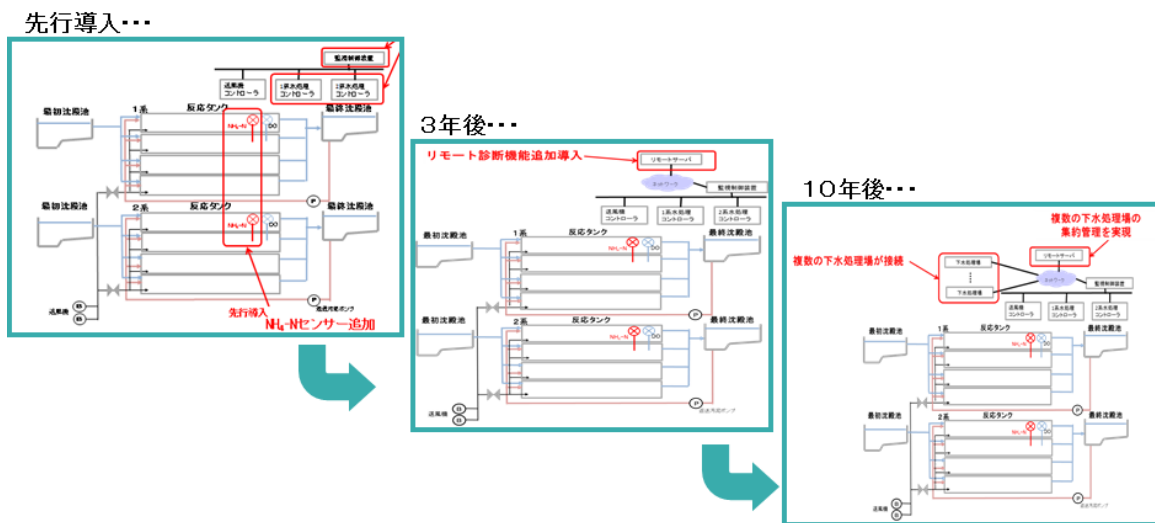


図 2-13 導入シナリオ (4) の導入イメージ

(補足)

各診断技術については、リモート側で実現することとしているが、技術的には現場側の監視制御装置内で実現することも可能である。

リモート診断技術のメリット・デメリットを、現場側の監視制御装置内で実現した場合と比較して整理したものを表 2-3 に示す。

表 2-3 リモート診断技術のメリット・デメリット

項目	メリット	デメリット
維持管理性	・複数の下水処理場等の診断機能をリモート側でまとめて実現することができる。 ・複数の下水処理場等の情報を集約管理することができる。	・診断周期は、現場側で行うよりも長くなるため、その診断周期未満で診断が必要な異常事象については検知することが難しい。
コスト	・リモート側に接続する下水処理場等が多くなることにより、現場側の省力化を図ることができる。	・通信費、プロバイダ費に関する費用が継続して発生する。
その他	・現場側に影響を与えることなく、診断機能を導入することが可能となる。	・診断周期が長くなるため、現場での確認が遅れる。

表 2-3 より、各診断技術をリモート側で実現することは、診断周期や継続的な費用の発生等のデメリットがあるものの、複数の下水処理場等の情報を集約し、診断を行うことができ、また §6 技術の概要と特徴で解説したように総合的に低コストで導入することができる、といったメリットが大きいことから、本ガイドラインでは、リモート側に設置することを想定する。

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§ 12 技術の評価項目

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

- (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）

【解 説】

本技術の性能を定量的に評価するにあたり、本実証研究では、(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）、という評価項目を設定し、これらの項目について評価を行った。

このうち、評価項目の(1)、(2)については、本実証研究における実証試験結果に基づき、日平均処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度および曝気風量低減率を指標として評価を行った。

また、(3)～(5)の試算にあたっては、表 2-4 および図 2-14～図 2-16 に示す3通りの処理規模の仮想の下水処理場を想定し、その条件により、本実証における運転データや評価結果等をもとに、本技術一括導入時（§ 11 導入シナリオ例（1）の条件）の削減電力量、温室効果ガス削減量、経費回収年、について試算を行った。

表 2-4 本技術の評価における試算条件

区分	項目	条件 1	条件 2	条件 3	備考
対象施設の既設条件	流入下水量	10,000m ³ /日(日最大) 8,000m ³ /日(日平均)	50,000m ³ /日(日最大) 40,000m ³ /日(日平均)	100,000m ³ /日(日最大) 80,000m ³ /日(日平均)	国土交通省国土技術政策総合研究所より提示された試算条件
	水処理方法	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法	
	従来制御方式	送風量一定制御、 DO 一定制御	送風量一定制御、 DO 一定制御	送風量一定制御 DO 一定制御	
	送風倍率	14.2 倍	13.5 倍	11.9 倍	
	水処理系列数	2 系列	2 系列	4 系列	
	送風機型式	ルーツブロワ	鋳鉄製多段 ターボブロワ	鋳鉄製多段 ターボブロワ	
	送風機台数	2 台	2 台	4 台	
	風量調節機構	インバータ制御 ／台数制御	インレットベーン 制御／台数制御	インレットベーン 制御／台数制御	
	軸動力／送風 量比	1.064	0.79	0.81	
	散気装置型式	散気板	散気板	散気板	
	各系列にお ける池数	2 池	4 池	2 池	
	DO センサー 台数	2 台 (各系列に 1 台)	2 台 (各系列に 1 台)	4 台 (各系列に 1 台)	
	返送汚泥系統 数	2 系列	2 系列	4 系列	
本技術の導入条件	NH ₄ -N センサ 一台数	2 台	2 台	4 台	上記試算条件に基づいて、共同研究体にて設定
	水処理コント ローラ数	2 台	2 台	4 台	
	監視制御装置 台数	1 台	1 台	2 台	
	リモートサー バへの接続機 場数	8 カ所	8 カ所	8 カ所	

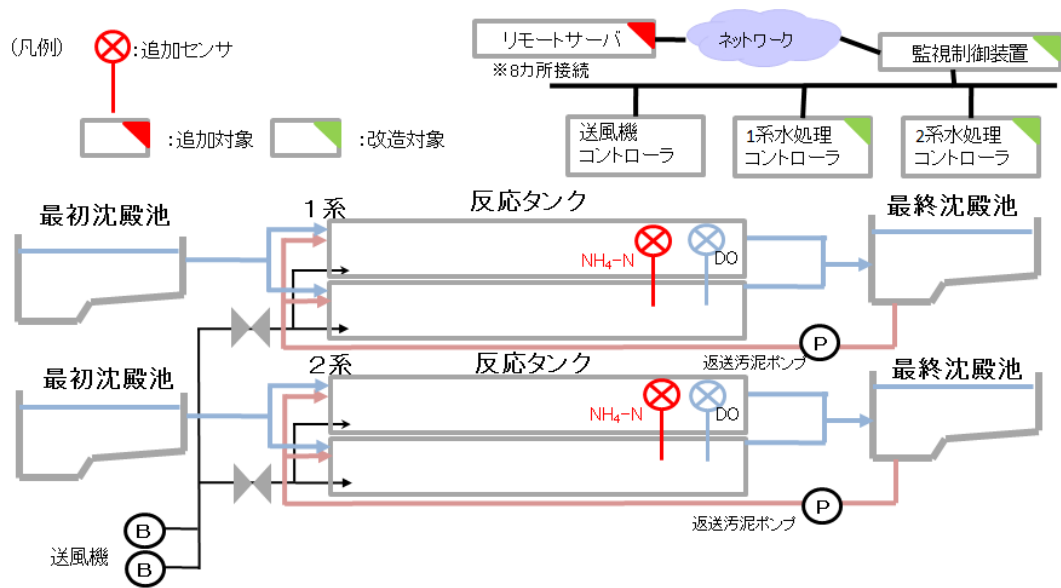


図 2-14 試算条件 1(処理量:10,000m³/日)で想定するフローおよびシステム

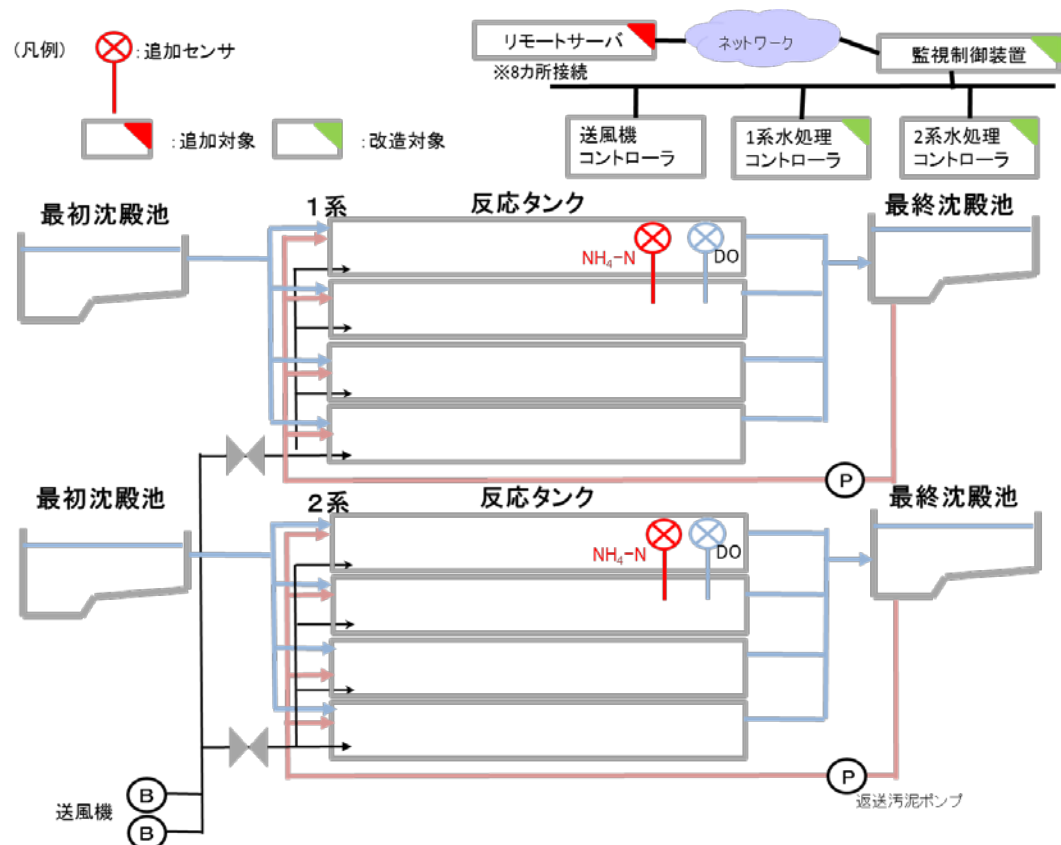


図 2-15 試算条件 2(処理量:50,000m³/日)で想定するフローおよびシステム

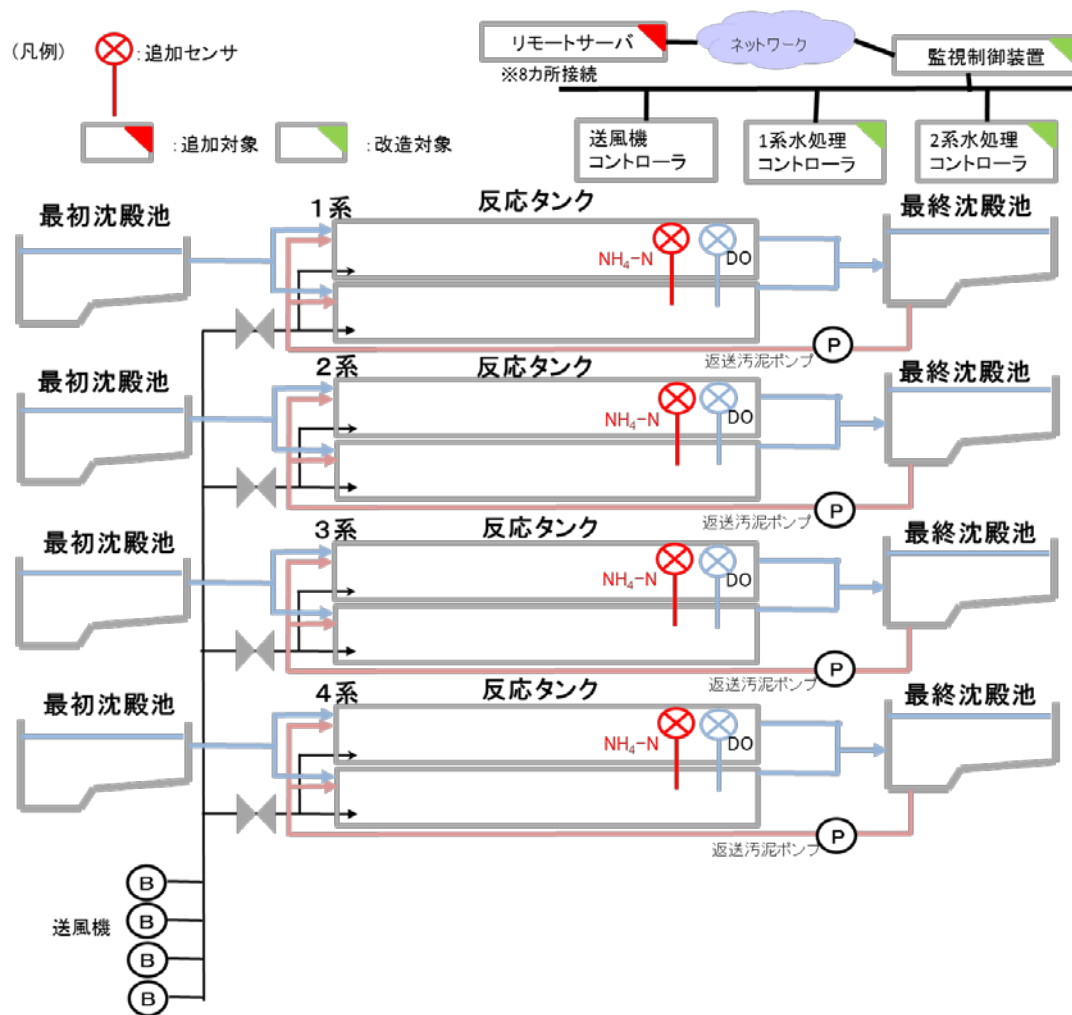


図 2-16 試算条件 3(処理量:100,000m³/日)で想定するフローおよびシステム

§ 13 技術の評価結果

実証研究に基づく本技術の評価結果を以下に示す。

- (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）

【解 説】

まず、実証研究における実証試験結果に基づく評価項目である、(1) 硝化機能の維持効果、および(2) 曝気風量低減効果について、日平均処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度および曝気風量低減率を指標として、その評価を行った。

また、(3) 電力量削減効果、(4) 温室効果ガス削減効果、および(5) コスト面での導入容易性（経済性）については、**表 2-4** に示した 3 つの処理規模の仮想の下水処理場を想定した試算条件をもとに、本技術単独導入時（**§ 11 導入シナリオ (1)** の条件）の削減電力量、温室効果ガス削減量、経費回収年、について試算を行った。

これらの評価結果、試算結果について以下に説明する。

なお、本結果の詳細については、**資料編 2. ケーススタディ**に記載しているので、参照されたい。

(1) 硝化機能の維持効果

実証研究期間における硝化機能の維持効果についてまとめたものを**図 2-17** に示す。ここでは、 $\text{NH}_4\text{-N}/\text{DO}$ 制御において、制御目標曲線として省エネ重視型曲線を適用し、年間の評価を行った結果を示す。なお、実証研究において使用した制御目標曲線を**図 2-18** ⁴に示す。

本評価では、反応タンクに設置した $\text{NH}_4\text{-N}$ センサー計測値を使用した⁴が、実証研究期間中のデータから、「硝化機能の維持効果」としての目標処理水質（最終沈澱池流出水の日平均 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 1mg/L ）に相当する $\text{NH}_4\text{-N}$ センサー値の日平均値が 1.5mg/L であったことから、この $\text{NH}_4\text{-N}$ センサー値の日平均値 1.5mg/L 以下を目標として、その評価を行った。

年末・年始期間である「期間 I」で、反応タンク $\text{NH}_4\text{-N}$ センサー計測値が 1.5mg/L 以上となり、目標値を超過したが、それ以外の期間については、目標を達成することができた。評価指標の処理水の日平均 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度目標値達成率は、91.9%であった。

したがって、年末・年始の高負荷期間を除いて、硝化機能の維持効果を確認することができた。

⁴ 制御目標曲線の名称（曲線○）については、実証研究期間中に使用していた名称で記載している。なお、平成 26 年度の実証研究では、曲線 2 という別の曲線での運転を行った。

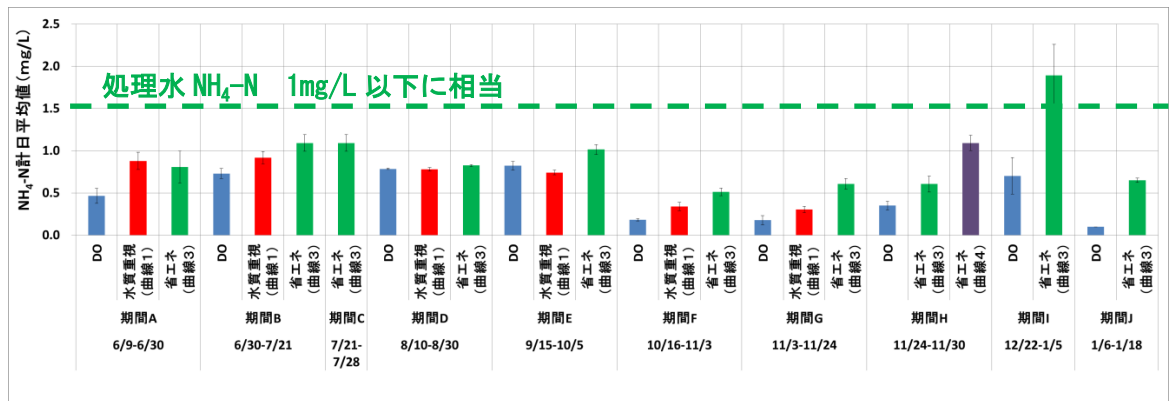


図 2-17 硝化機能の維持効果の評価結果

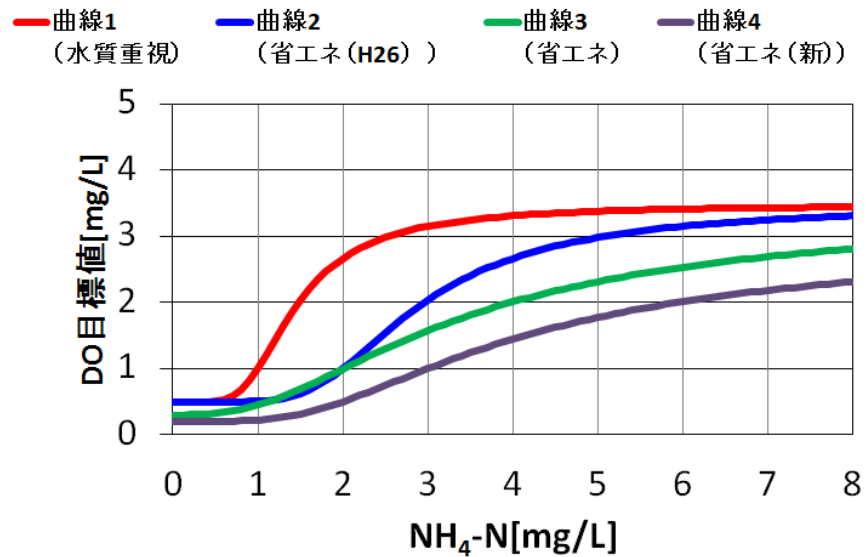


図 2-18 実証試験で使用した制御目標曲線

(2) 曝気風量低減効果

実証研究期間における曝気風量低減効果として、ここでは、NH₄-N/DO 制御において、制御目標曲線として省エネ重視型曲線、および水質重視型曲線を適用し、それぞれの曲線について、年間の評価を行った結果を示す。

曝気風量低減率の評価結果を図 2-19 に、水質重視型曲線（曲線 1）、省エネ重視型曲線（曲線 3）の各々について算出した曝気風量低減率の平均値と標準偏差を表 2-5 に示す。

曝気風量低減率については制御有効時間帯⁵で評価を行ったが、曝気風量低減率の平均値は、水質重視型曲線の場合で 6.4%、省エネ重視型曲線の場合で 10.3%であった。また、新省エネ重視型曲線（曲線 4）を設定した期間に関しては、13.3%の曝気風量低減率を達成でき、制御目標曲線の設定により、更なる省エネルギー効果が得られる可能性が示された。

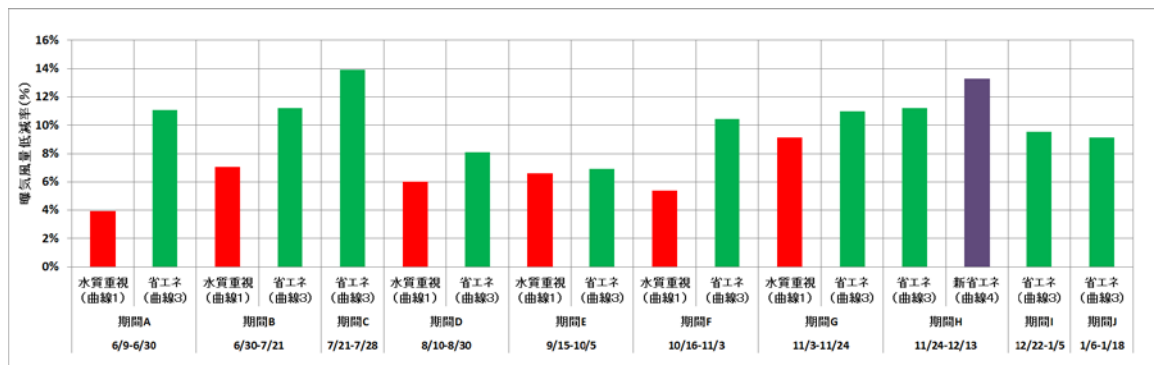


図 2-19 曝気風量低減率の評価結果(性能評価期間)

表 2-5 制御目標曲線別の曝気風量低減率の平均値と標準偏差

評価	水質重視（曲線 1）		省エネ重視（曲線 3）	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
曝気風量低減率	6.4%	1.7%	10.3%	2.2%

⁵ 曝気風量が制御下限値とならず、NH₄-N/DO 制御の出力値である DO 目標値に DO 計測値が追従し、制御が有効に機能している時間帯のこと。

(3) 電力量削減効果

電力量削減効果の評価指標として、削減電力量の算出を行った。**表 2-4** に示した 3 つの処理規模の仮想の下水処理場を想定して、従来技術を送風量一定制御、DO 一定制御として、各条件の試算結果をまとめたものを**表 2-6** に示す。また、削減電力量の試算結果をグラフにしたものを**図 2-20** に示す。

表 2-6 各条件における削減電力量の試算結果

	条件 1 (処理能力 10,000m ³ /日)	条件 2 (処理能力 50,000m ³ /日)	条件 3 (処理能力 100,000m ³ /日)
削減電力量 [千 kWh/年] (従来技術：送風量一定 制御)	289.1 (30.4%)	1,016.9 (23.0%)	1,456.4 (18.8%)
削減電力量 [千 kWh/年] (従来技術：DO 一定制 御)	65.7 (9.04%)	315.7 (8.49%)	726.4 (10.3%)

* () 内の数値は削減率

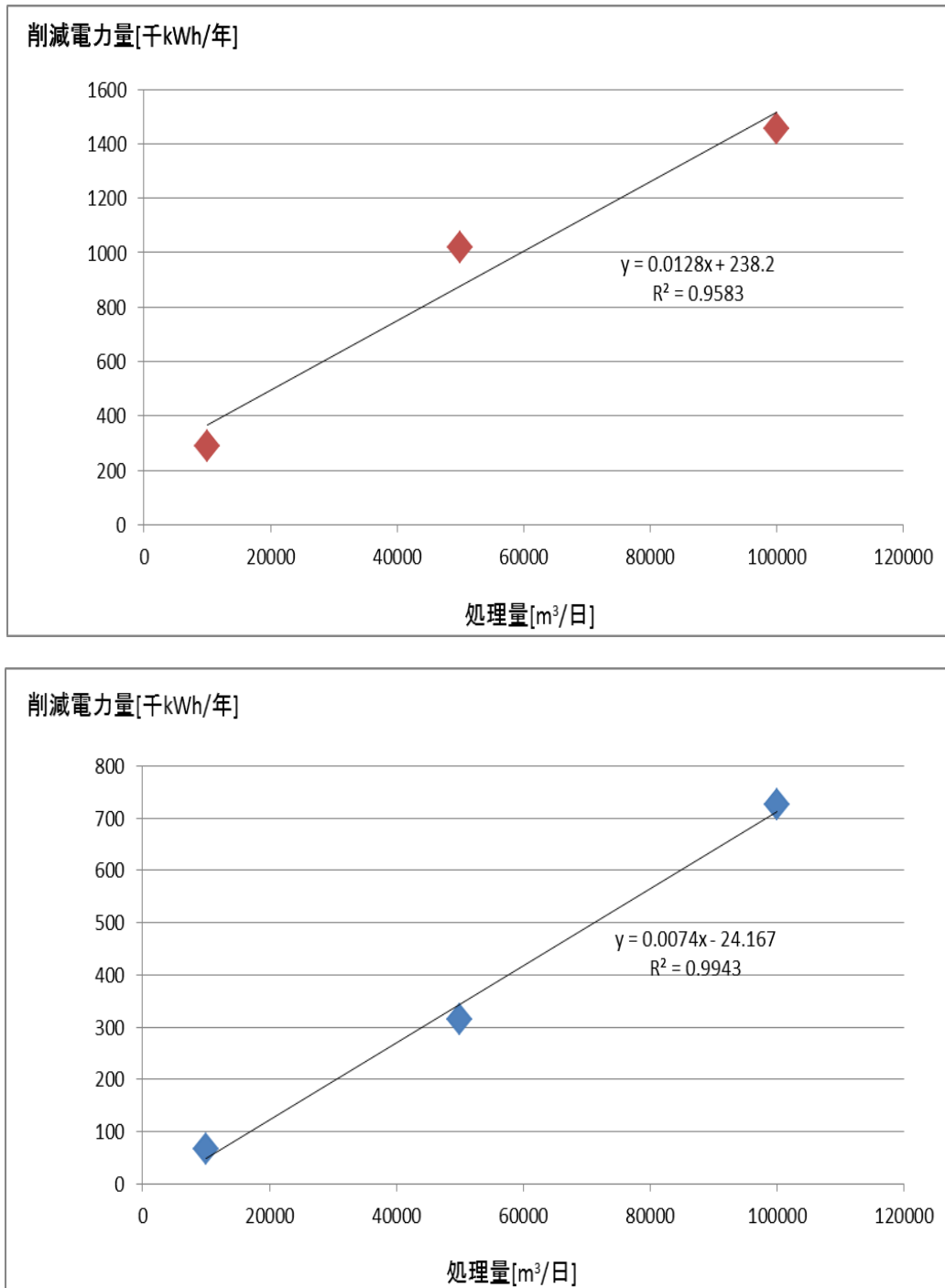


図 2-20 削減電力量の試算結果（上: 従来技術送風量一定制御、下: 同 D0 一定制御）

(4) 温室効果ガス削減効果

温室効果ガス削減効果の評価指標として、**表 2-4** に示した 3 つの処理規模の仮想の下水処理場を想定して、温室効果ガス削減量の算出を行った。温室効果ガスの対象は、二酸化炭素 (CO₂) のみとし、削減電力量を CO₂ 排出係数 (0.579kg-CO₂/kWh⁶) により CO₂ 換算して、算出した。**表 2-4** に示した 3 つの処理規模の仮想の下水処理場を想定して、従来技術を送風量一定制御、DO 一定制御として、各条件の試算結果をまとめたものを**表 2-7** に示す。また、温室効果ガス削減量の試算結果をグラフにしたものを**図 2-21** に示す。

表 2-7 各条件における温室効果ガス削減量の試算結果

	条件 1 (処理能力 10,000m ³ /日)	条件 2 (処理能力 50,000m ³ /日)	条件 3 (処理能力 100,000m ³ /日)
温室効果ガス削減量 [千 kg-CO ₂ /年] (従来技術：送風量一定 制御)	167.4 (30.4%)	588.8 (23.0%)	843.2 (18.8%)
温室効果ガス削減量 [千 kg-CO ₂ /年] (従来技術：DO 一定制 御)	38.0 (9.04%)	182.8 (8.49%)	420.6 (10.3%)

* () 内の数値は削減率

⁶ 他人から供給された電気の使用に伴う CO₂ 排出係数。

電力会社別の排出係数については、算定省令に定める値を下回るものを環境大臣・経済産業大臣において公表することとされており、その値を用いることができる。

なお、自らが消費している電気の排出係数がわからない場合等は、政令又は算定省令で定められた値である 0.561 t-CO₂/千 kWh (平成 22 年 3 月改正「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」) を一般的に使用できる排出係数として用いることができる。

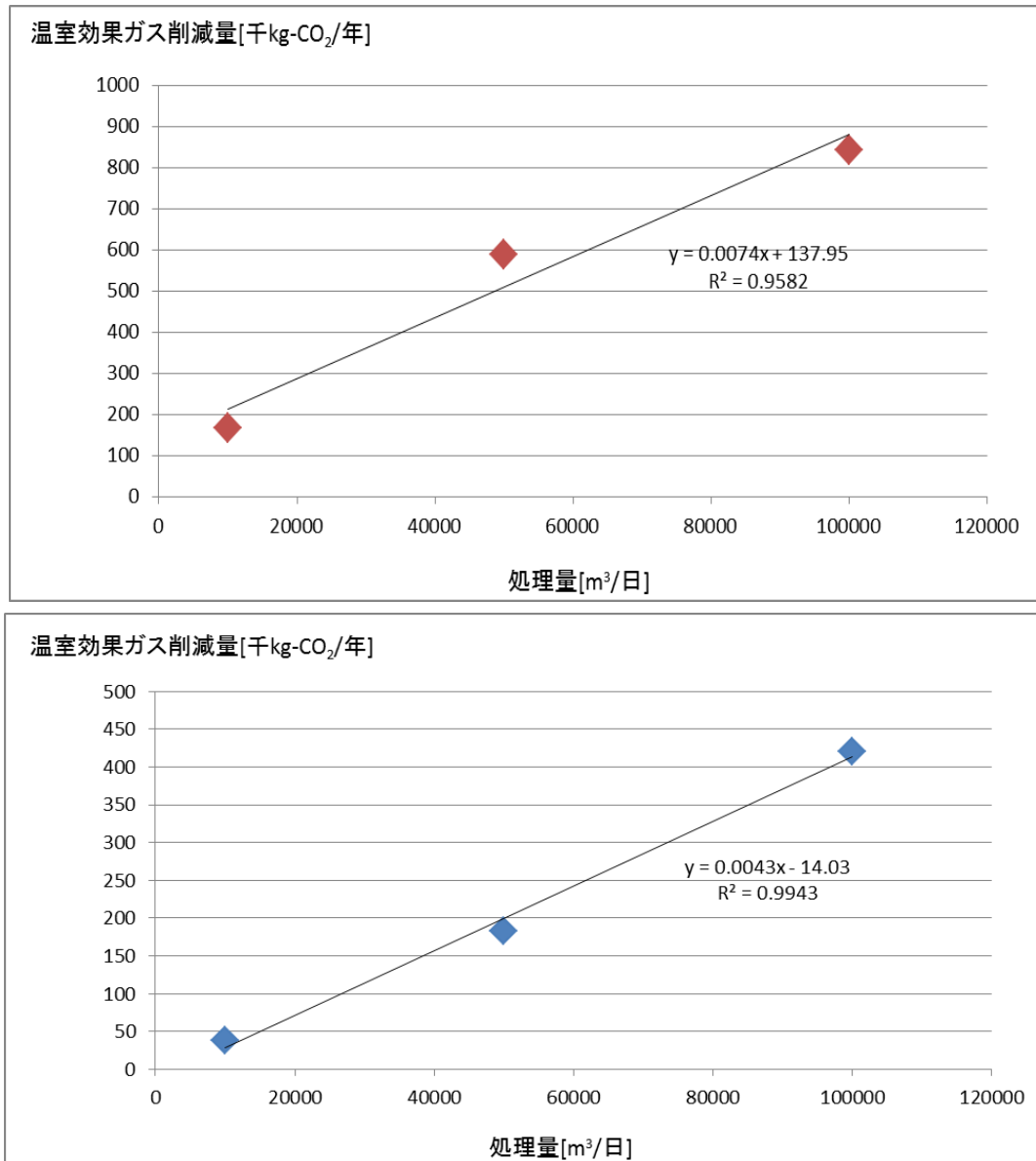


図 2-21 温室効果ガス削減量の試算結果(上:従来技術送風量一定制御、下:同 DO 一定制御)

(5) コスト面での導入容易性（経済性）

コスト面での導入容易性（経済性）の評価指標として、経費回収年の算出を行った。そのために、本技術の導入に伴う建設コスト、維持管理コスト、削減電力費を算出し、これらの費用から経費回収年を算出した。なお、これらの算出にあたり、**表 2-4** に示した 3 つの処理規模の仮想の下水処理場を想定して、想定した従来技術は、送風量一定制御とした。

建設コストについては、リモートサーバに関わる構築コストを接続機台数で案分したコストを、維持管理コストについては、リモートサーバに関わる維持管理コストを案分したコスト、およびリモート診断機能の活用により、NH₄-N/DO 制御として低減される維持管理コストを、それぞれ加味して算出した。また、経費回収年は、建設コストを、削減電力量から維持管理コストを差し引いた値で割ることで算出した。

建設コスト、維持管理コスト、削減電力費に含まれる項目は、**表 2-8** のとおりである。

なお、DO センサーについては既設であるものとし、同センサーに係る費用については、本試算では含めないものとする。

表 2-8 建設コスト、維持管理コスト、削減電力費に含む内容

項目	項目名称	定義	左記項目に含む内容	備考
建設コスト	NH ₄ -N/DO 制御技術導入費	NH ₄ -N/DO 制御技術の導入に関する追加の建設費	・ NH₄-N センサー費用 ・ コントローラ改造費 ・ 監視制御装置改造費 ・ 計装盤改造費 ・ 工事作業費 ・ 現地調整作業費	図 2-22、図 2-24、図 2-26 における項目 D に該当
	リモート診断技術導入費	リモート診断技術の導入に関する追加の建設費	・ リモートサーバ構築費 ・ リモートサーバ側初期設定費	同項目 E に該当
維持管理コスト	NH ₄ -N/DO 制御技術に関する維持管理費	NH ₄ -N/DO 制御技術の運用に関する追加の維持管理費	・ NH₄-N センサー電極交換費、メーカ一点検費 ・ NH₄-N センサーメンテナンス費 ・ 制御パラメータ調整費	同項目 B に該当
	リモート診断技術に関する維持管理費	リモート診断技術の運用に関する追加の維持管理費	・ リモート診断機能に関わる通信費 ・ リモート診断機能に関わる維持管理費	同項目 C に該当
	リモート診断技術による維持管理費低減額	NH ₄ -N/DO 制御技術に関する維持管理費のうち、リモート診断技術の導入による低減額	・ NH₄-N/DO 制御に関して低減される維持管理費（センサーメンテナンス） ・ リモート診断機能により削減される維持管理費（NH₄-N/DO 制御の制御パラメータ調整作業）	
削減電力費	削減電力費	従来技術を送風量一定制御とした場合の削減電力費	・ 送風機に関する削減電力費	同項目 A に該当

それぞれの算定にあたっては、以下のケースを想定した。

ケース①：NH₄-N/DO 制御のみを導入する場合

ケース②：3つの技術を組み合わせた技術を導入する場合（リモートサーバに接続する下水処理場数は1カ所）

ケース③：3つの技術を組み合わせた技術を導入する場合（リモートサーバに接続する下水処理場数は8カ所）

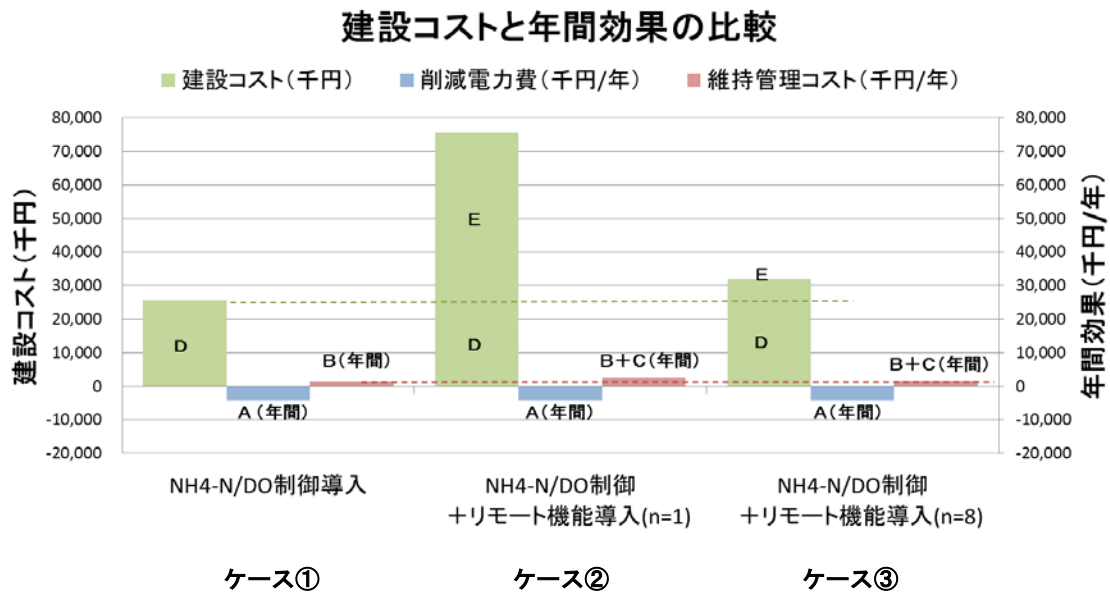
以下に、各評価規模における試算結果について示す。なお、ここでは、当該下水処理場1カ所あたりの試算を行った。

1) 標準活性汚泥法、処理量 日平均 8,000m³/日、日最大 10,000m³/日の場合

従来技術として、送風量一定制御を想定した場合のコストおよび経費回収年の試算結果を表 2-9 に示す。また、建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係を示したグラフを図 2-22 に示す。

表 2-9 コストおよび経費回収年の試算結果（従来技術：送風量一定制御の場合）

項目	ケース①	ケース②	ケース③
建設コスト [千円]	25,600.0	75,600.0	31,850.0
維持管理コスト [千円/年]	1,334.8	2,549.8	1,587.3
削減電力費 [千円/年]	4,338.0	4,338.0	4,338.0
経費回収年 [年]	8.52	42.28	11.58



※図中の記号A～Eについては、表 2-8 を参照

図 2-22 建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係
(処理量 日平均 8,000m³/日、日最大 10,000m³/日の場合)

また、各ケースで、使用年数 10 年を想定した場合の導入後の総コストを比較したグラフを図 2-23 に示す。この総コストは、建設コスト、導入後 10 年間にかかる電力コストおよび維持管理コストを合わせたコストである。

なお、使用年数 10 年の想定については、本技術の導入により、増設および改造となる設備の標準耐用年数を考慮して、設定した（以降の（2）、（3）の試算についても同様）。

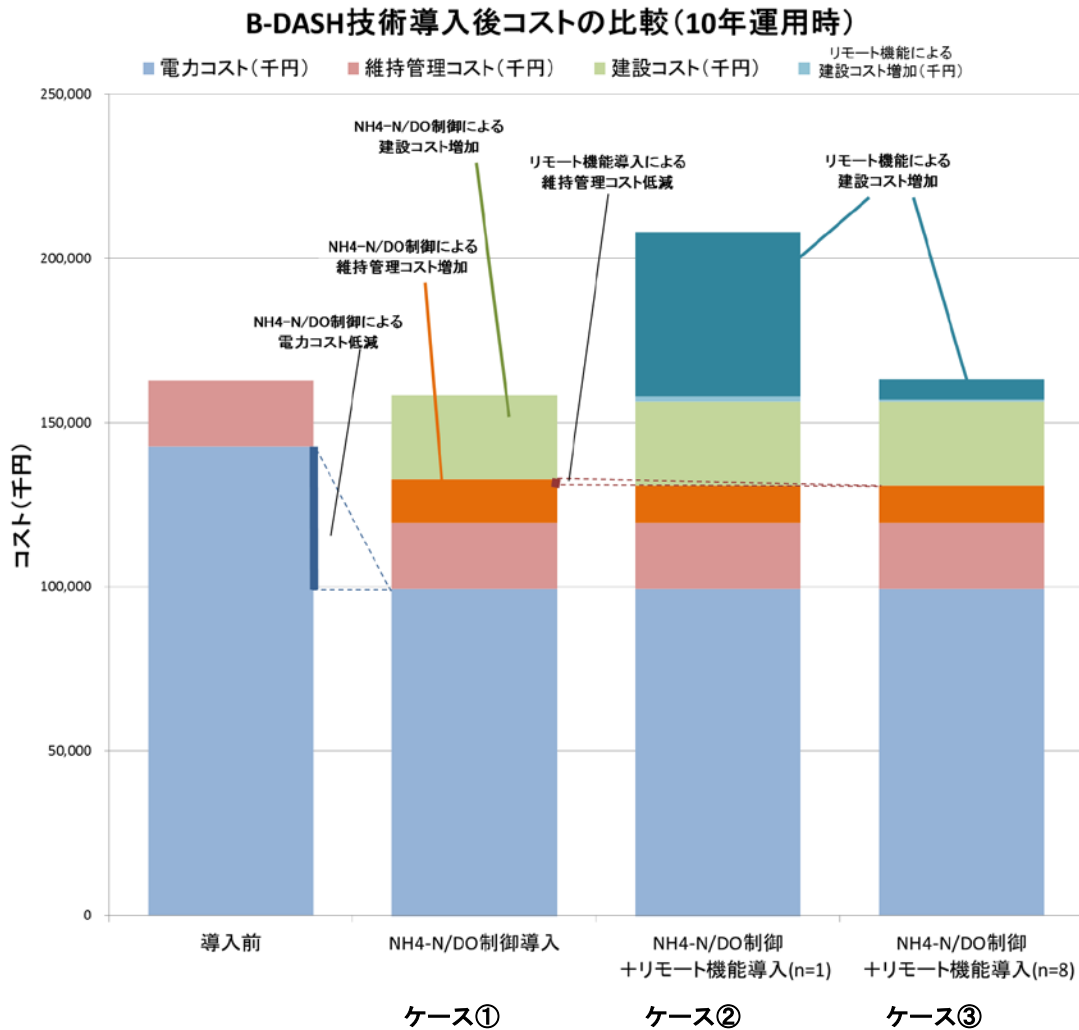


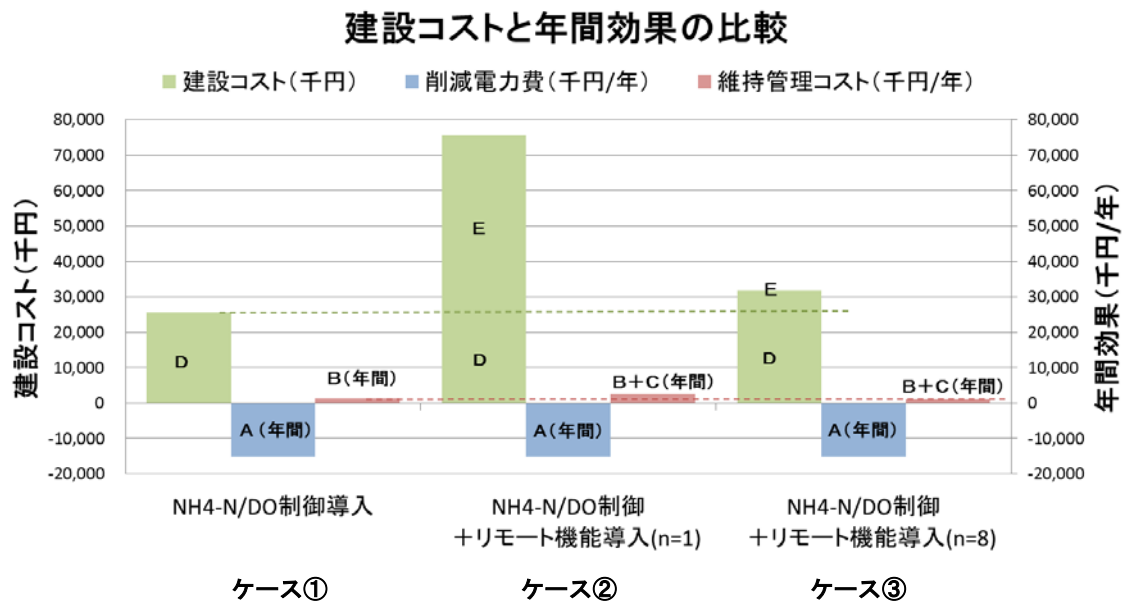
図 2-23 使用年数 10 年を想定した場合の導入後のコスト比較
(処理量 日平均 8,000m³/日、日最大 10,000m³/日の場合)

2) 標準活性汚泥法、処理量 日平均 40,000m³/日、日最大 50,000m³/日の場合

従来技術として、送風量一定制御を想定した場合のコストおよび経費回収年の試算結果を表 2-10 に示す。また、建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係を示したグラフを図 2-24 に示す。

表 2-10 コストおよび経費回収年の試算結果（従来技術：送風量一定制御の場合）

項目	ケース①	ケース②	ケース③
建設コスト [千円]	25,600.0	75,600.0	31,850.0
維持管理コスト [千円/年]	1,334.8	2,549.8	1,587.3
削減電力費 [千円/年]	15,253.5	15,253.5	15,253.5
経費回収年 [年]	1.84	5.95	2.33



※図中の記号A～Eについては、表 2-8 を参照

図 2-24 建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係
(処理量 日平均 40,000m³/日、日最大 50,000m³/日の場合)

また、各ケースで、使用年数 10 年を想定した場合の導入後の総コストを比較したグラフを図 2-25 に示す。

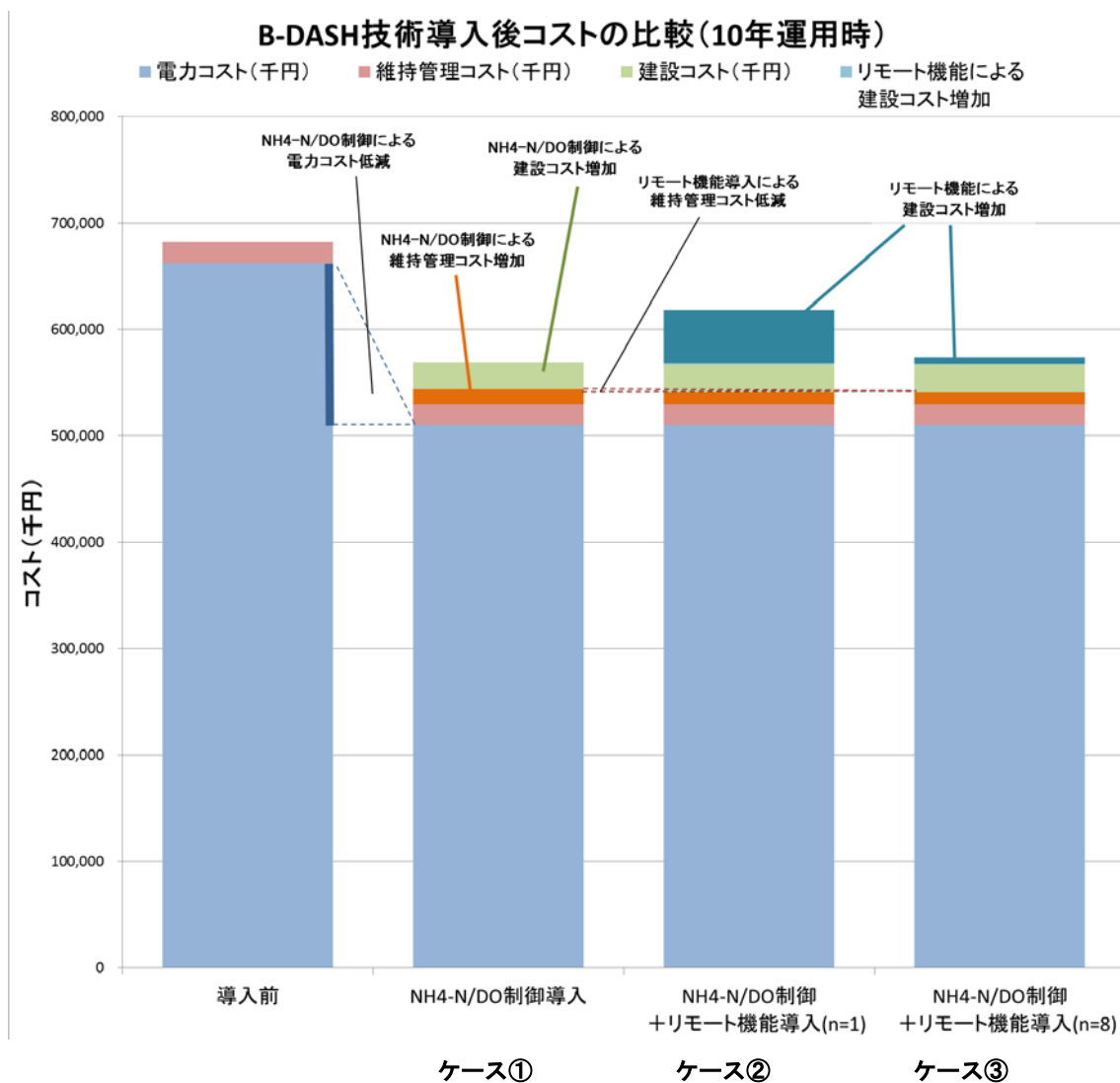


図 2-25 使用年数 10 年を想定した場合の導入後のコスト比較
(処理量 日平均 40,000m³/日、日最大 50,000m³/日の場合)

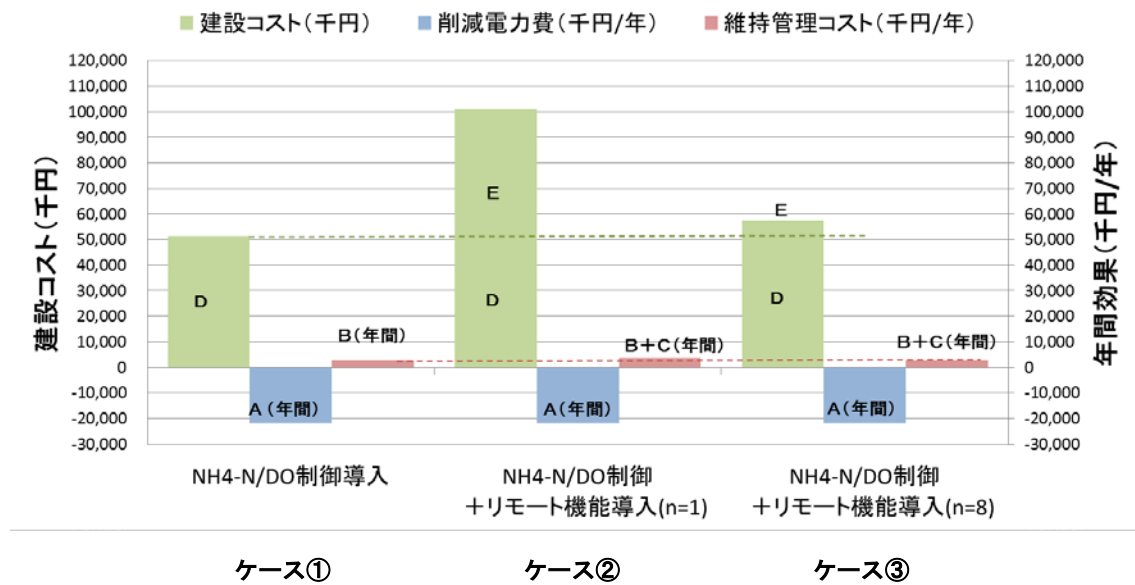
3) 標準活性汚泥法、処理量 日平均 80,000m³/日、日最大 100,000m³/日の場合

従来技術として、送風量一定制御を想定した場合のコストおよび経費回収年の試算結果を表 2-11 に示す。また、建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係を示したグラフを図 2-26 に示す。

表 2-11 コストおよび経費回収年の試算結果（従来技術：送風量一定制御の場合）

項目	ケース①	ケース②	ケース③
建設コスト小計 [千円]	51,200.0	101,200.0	57,450.0
維持管理コスト小計 [千円/年]	2,669.6	3,699.6	2,737.1
削減電力費 [千円/年]	21,845.3	21,845.3	21,845.3
経費回収年 [年]	2.67	5.58	3.01

建設コストと年間効果の比較



※図中の記号A～Eについては、表 2-8 を参照

図 2-26 建設コスト、維持管理コスト、削減電力費の関係
(処理量 日平均 80,000m³/日、日最大 100,000m³/日の場合)

また、各ケースで、使用年数 10 年を想定した場合の導入後の総コストを比較したグラフを図 2-27 に示す。

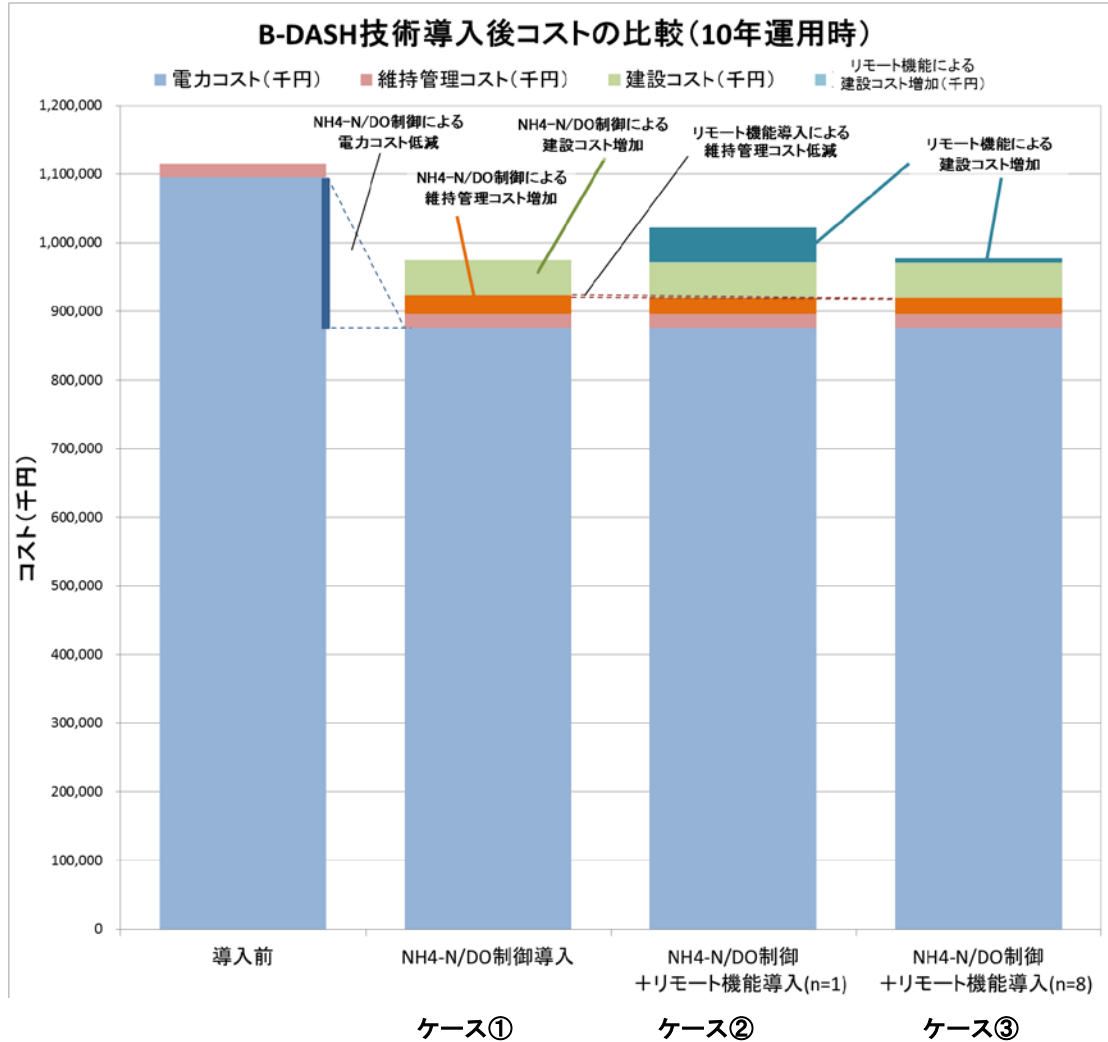


図 2-27 使用年数 10 年を想定した場合の導入後のコスト比較
(処理量 日平均 80,000m³/日、日最大 100,000m³/日の場合)

以上の実証研究結果についてまとめたものを表 2-12 に示す。

表 2-12 実証研究結果のまとめ

評価項目	評価指標	目標	成果
(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	DO 一定制御の達成率以上 (100%)	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	DO 一定制御比 ^{※3} 10%以上 送風量一定制御比 20%以上	DO 一定制御比 10.3% 送風量一定制御比 32.9%
(3) 電力量削減効果 ^{※2}	電力量削減率	DO 一定制御比 ^{※3} 10%以上 送風量一定制御比 20%以上	DO 一定制御比 8.49% (削減電力量: 315.7 千 kWh/年) 送風量一定制御比 23.0% (削減電力量: 1,016.9 千 kWh/年)
(4) 温室効果ガス削減効果 ^{※2}	CO ₂ 削減率	DO 一定制御比 ^{※3} 10%以上 送風量一定制御比 20%以上	DO 一定制御比 8.49% (CO ₂ 削減量: 182.8 千 kg-CO ₂ /年) 送風量一定制御比 23.0% (CO ₂ 削減量: 588.8 千 kg-CO ₂ /年)
(5) コスト面での導入容易性 (経済性) ^{※2}	経費回収年	4 年未満 (従来技術を送風量一定制御として)	2.33 年 ^{※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 制御目標値 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

なお、実証研究では、各要素技術についても評価を行った。その結果を表 2-13 に示す。各要素技術の基本的な性能について確認することができた。

表 2-13 各要素技術の評価結果のまとめ

評価対象	評価項目	評価指標	目標	成果
NH ₄ -N/DO 制御技術	曝気風量の低減効果	曝気風量低減率	DO 一定制御比 ^{※1} 10%以上 送風量一定制御比 20%以上	DO 一定制御比 10.3% 送風量一定制御比 32.9%
	電力量の削減効果	電力量削減率	DO 一定制御比 ^{※1} 10%以上 送風量一定制御比 20%以上	DO 一定制御比 8.5% 送風量一定制御比 23.0%
	硝化機能の維持効果	処理水の日平均 NH ₄ -N 濃度 (1.0mg/L 以下) 目標値達成率	DO 一定制御の達成率以上 (100%)	91.9% (年末・年始の高負荷期間を除くと、100%)
制御性能改善技術	制御の安定化効果	DO 計測値平均二乗誤差	制御パラメータ調整前の DO 濃度の平均二乗誤差以下	0.082mg/L 0.163mg/L
MSPC 技術	異常兆候検出による運転支援情報の有用性	有効検出率 (オフライン評価)	—	1 (異常事象数 7)
		有効検出率 (オンライン評価)	—	0.926 (異常発報件数 27)
	センサードリフトによる曝気風量増加リスク回避効果	曝気風量増加量回避率	—	3.8%

※1 DO 一定制御比については、DO 制御目標値 2.0mg/L との比較