

## 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等を把握し、導入効果の評価を行った上で、導入の是非を判断する。

#### 【解説】

本技術の導入にあたっては、**図 3-1** に示す検討手順にしたがって、必要な情報を収集・整理し、導入効果の概略試算を行った上で、導入の是非を判断する。

#### (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、当該下水処理場へ本技術を導入する意義・目的を明確にする。

併せて当該下水処理場が、**第2章 第1節 § 10 技術の適用条件**に示した「適用条件」を満たしているか、もしくは将来的に満たす可能性があるかを確認する。

#### (2) 導入効果の検討

本技術を当該下水処理場に導入した場合の効果について検討する。

本検討では、当該下水処理場における本技術の導入効果について、「概略検討」(【導入検討 I】)、「詳細検討」(【導入検討 II】)の2段階で検討を行う。

【導入検討 I】では、施設規模および既往の送風倍率に基づくチャート図 (**§ 16 導入効果の検討 図 3-4～図 3-6** 参照) を用いて、本技術の省エネルギー効果に関する指標として電力量削減量、および経済性に関する指標として経費回収年を簡便に推定し、十分な効果が見込めるかどうかのスクリーニングを行う。

一方、【導入検討 II】では、当該下水処理場固有の条件を更に反映させた試算により、省エネルギー効果に関する指標として電力量削減量、経済性に関する指標として経費回収年、および温室効果ガス削減効果に関する指標として温室効果ガス削減量をそれぞれ概算し、これらの指標や導入形態の比較等を踏まえ、見込める効果について検討・整理を行う。

(3) 導入判断

「導入効果の検討」の結果をもとに、本技術の導入について判断を行う。本技術の導入の是非、導入形態に係る意思決定を行い、計画・設計（第4章 計画・設計 参照）に移る。

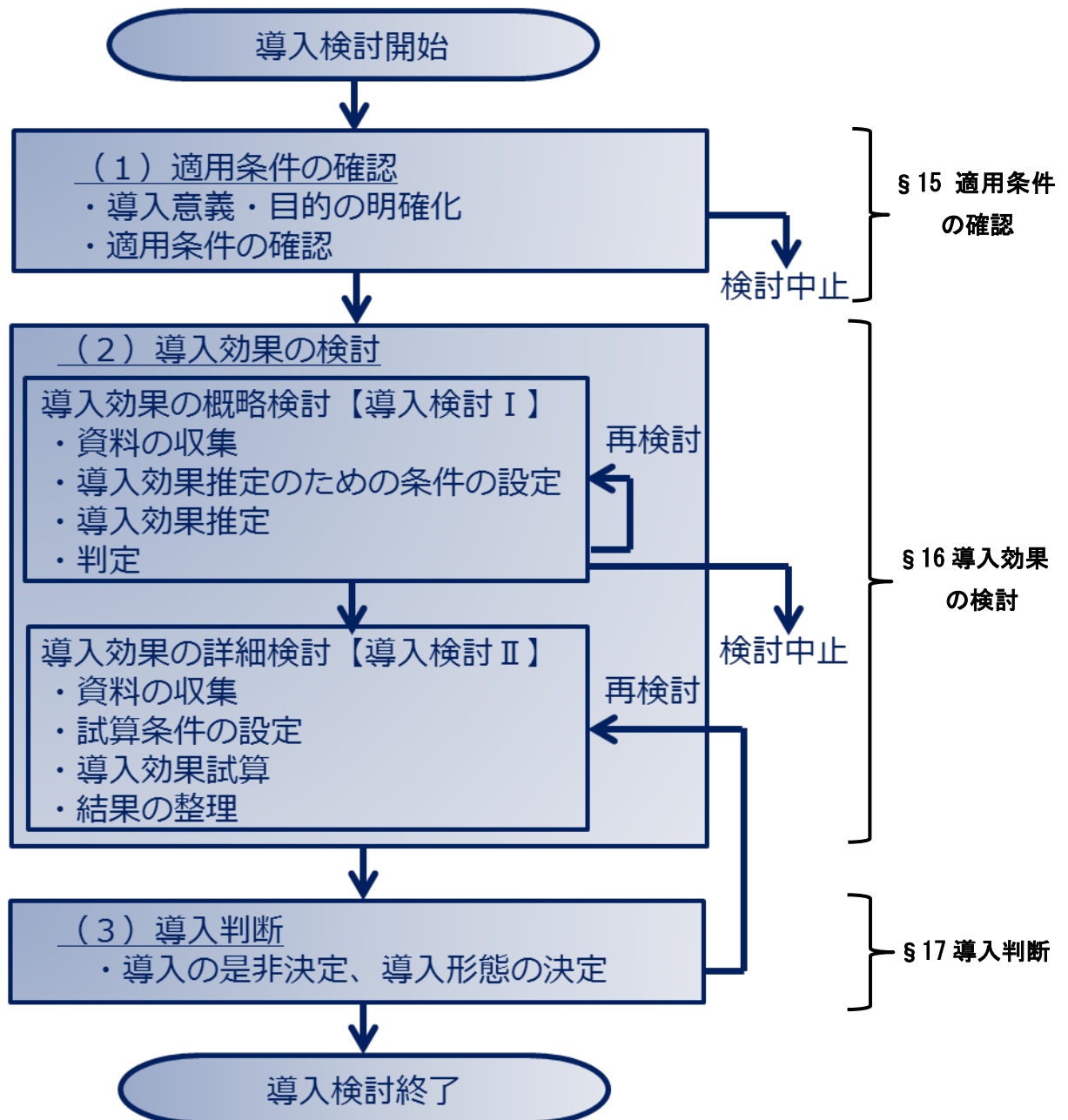


図 3-1 導入検討の手順

### § 15 適用条件の確認

導入検討対象の下水処理場における現状の課題を抽出し、本技術を導入する意義・目的を明確にする。

その上で、当該下水処理場が、**第2章 第1節 § 10 技術の適用条件**に示した「適用条件」に合致するかどうかを確認する。

#### 【解 説】

導入検討対象の下水処理場における課題を抽出し、本技術を導入する意義・目的を明確にする。

その上で、当該下水処理場が、**第2章 第1節 § 10 技術の適用条件**に示した「適用条件」に合致することを確認する。

#### (1) 導入意義・目的の明確化

当該下水処理場に本技術を導入するための意義や目的を明確にする必要がある。そのために、当該下水処理場に係わる各種下水道計画（全体計画、事業計画、長寿命化計画等）や運転状況を把握した上で、当該下水処理場における現状および将来の課題を抽出する。課題の抽出にあたっては、本技術の「推奨条件」（**§ 10** 参照）に示したような条件に該当するかどうかという視点で抽出することも有効である。想定される課題の一例を以下に示す。

- ・N-BOD 対策や窒素低減のために完全硝化を維持する必要があるが、硝化が不安定となっている。
- ・現状の送風量制御/調整方法では、送風量の過不足が生じることがある。
- ・他の下水処理場と比較して、水処理施設における消費電力量やエネルギー使用量原単位が大きく、低減を図る必要がある。
- ・処理場全体として省エネルギー化を進める必要があるが、水処理施設で十分な省エネルギーを行う方策が見出せていない。
- ・熟練技術者数が減少してきており、維持管理水準の確保に懸念がある。
- ・市町村の統合等にもない管理する下水処理場数が増加し、維持管理の効率化を図る必要がある。

このような課題を有する下水処理場であれば、本技術の導入により課題の解決を図れる可能性があり、導入の意義・目的が明確となる。

(2) 適用条件の確認

当該下水処理場が、本技術の「適用条件」(§10 参照)に合致するかどうかを確認する。本技術の「適用条件」は、以下のとおりである。

- 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。

以上の条件の全てに合致すれば、引き続き **§16 導入効果の検討**のステップに進む。

なお、現時点ではこれらの条件を満たしていない場合であっても、将来的に満たすと見込まれる場合にも同様とする。

#### § 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】）

最低限の情報にもとづく簡便な手法により導入効果を推定し、導入是非のスクリーニングを行う。

##### (2) 導入効果の詳細検討（【導入検討Ⅱ】）

以下の二通りについて、より定量的に導入効果およびコストを概算する。

①NH<sub>4</sub>-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

#### 【解説】

本技術の導入を検討するには、当該下水処理場へ導入した場合の効果を定量的に推定する必要がある。ただし、各下水処理場固有の条件を反映して定量的に導入効果を推定するには、ある程度の既設に係る情報収集を要することから、ここでは、まず最低限の情報に基づく簡易な推定（【導入検討Ⅰ】）により導入是非のスクリーニングを実施した上で、追加の情報収集を行い、導入効果をより定量的に試算する【導入検討Ⅱ】へ進むという二段階のステップによる検討を基本とする。

##### (1) 導入効果の概略検討（【導入検討Ⅰ】）

【導入検討Ⅰ】として、対象水量と送風倍率に基づく簡便な手法により、本技術の導入による電力量削減量および経費回収年を推定する。なお、ここでは検討の簡素化のために、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入に伴う効果およびコストのみを計上対象とする。

本検討を行う手順について図 3-2 に示す。

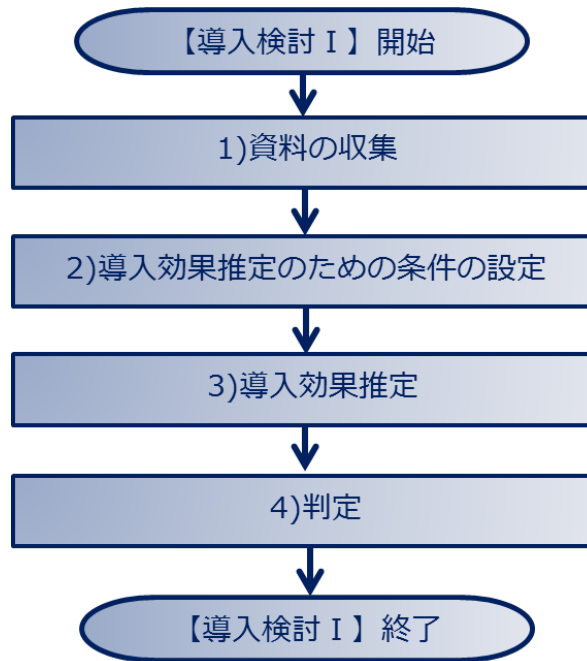


図 3-2 【導入検討 I】の手順

以降、図 3-2 の各手順において実施する内容について説明する。

1) 資料の収集

まず、効果推定のための条件の設定に必要な各種資料の収集を行う。  
 収集する資料とその目的をまとめたものを表 3-1 に示す。

表 3-1 収集する資料とその目的（【導入検討 I】）

収集する資料	目的
計画図面（事業計画書）、 施設図面、フローシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本技術を導入する範囲（導入検討範囲）を設定する。</li> <li>・導入ユニット数を設定する。</li> </ul>
管理帳票（日報、月報、 年報）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・導入範囲、および 1 ユニットが対象とする日平均処理水量を設定する。</li> <li>・比較対象とする制御方法を設定する。</li> <li>・導入範囲、および 1 ユニットが対象とする範囲の送風量を設定する。</li> </ul>

2) 導入効果推定のための条件の設定

収集した資料をもとに、導入効果を推定するための条件を設定する。

必要な項目とその設定方法をまとめたものを表 3-2 に示す。

表 3-2 効果推定のための条件とその設定方法（【導入検討 I】）

項目	設定方法
導入検討範囲	・計画図面（事業計画書）、施設図面、フローシートを参考に、本技術を導入する範囲を設定
導入ユニット数	・導入検討範囲における水処理施設構成や汚泥返送系統等のフローを確認し、導入するユニット数を設定（後述の説明を参照）
1 ユニットあたりの日平均処理水量	・1 ユニットが対象とする日平均処理水量について、実績もしくは計画値等から設定
比較対象とする制御方法	・現在の曝気風量制御の実績、もしくは将来適用が想定される曝気風量制御方法から、送風量一定制御、送風倍率一定制御、DO 一定制御のいずれかを設定
送風倍率	・1 ユニットあたりの日平均処理水量と送風量の実績から算出して設定

試算条件の中で、特に導入ユニット数を定めることが重要である。

1 ユニットとは、1 台の NH<sub>4</sub>-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。この範囲の設定にあたっては、同一の活性汚泥に対して、同様な処理条件となっていることが目安となる。これを判断するためのポイント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。

例えば、図 3-3 においては、1 系、2 系それぞれの系列において、反応タンクの流入水および返送汚泥系を共有しており、反応タンクの処理条件が同等であると見なすことができることから、この範囲において、それぞれ 1 ユニットの導入することとなる。

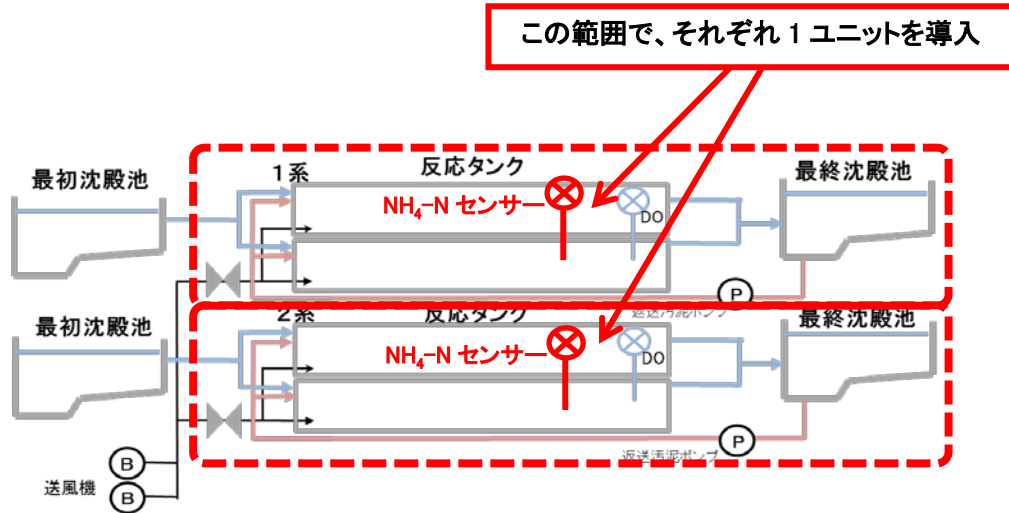


図 3-3 導入ユニットの設定例

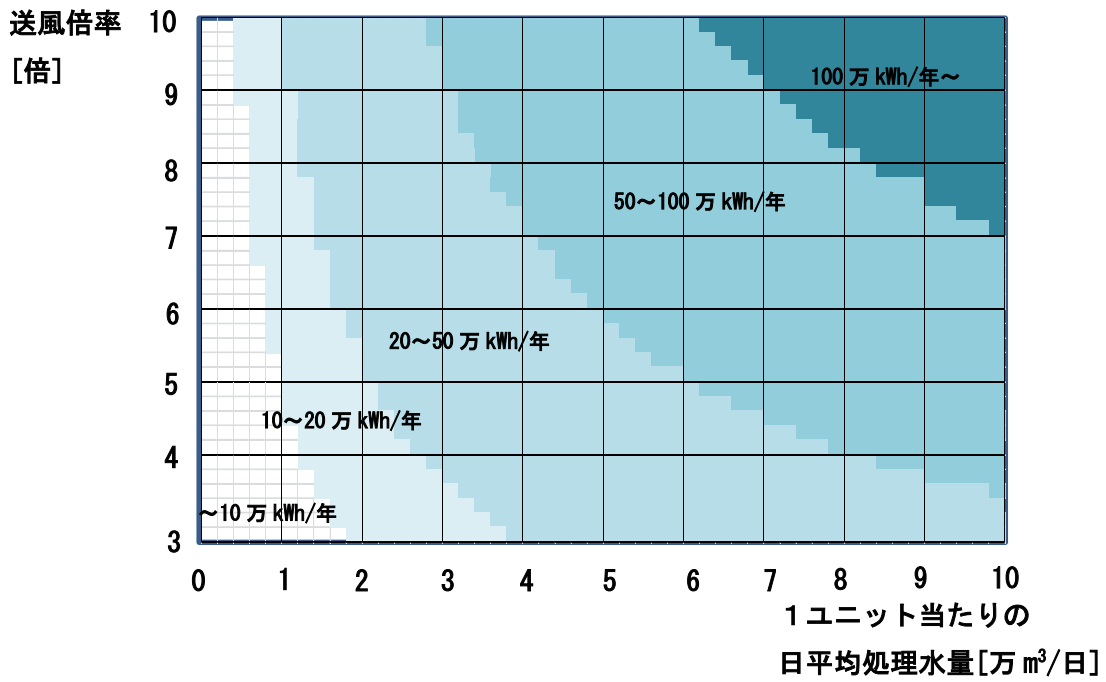
### 3) 導入効果の推定

前項で設定した条件をもとに、本技術による電力量削減量および経費回収年を推定する。ここでの推定方法は、**図 3-4**～**図 3-6** のチャート図を用いて行うが、導入検討範囲の日平均処理水量と送風倍率を設定し、その変わった箇所が、導入効果として期待されるおおよその電力量削減量および経費回収年となる。

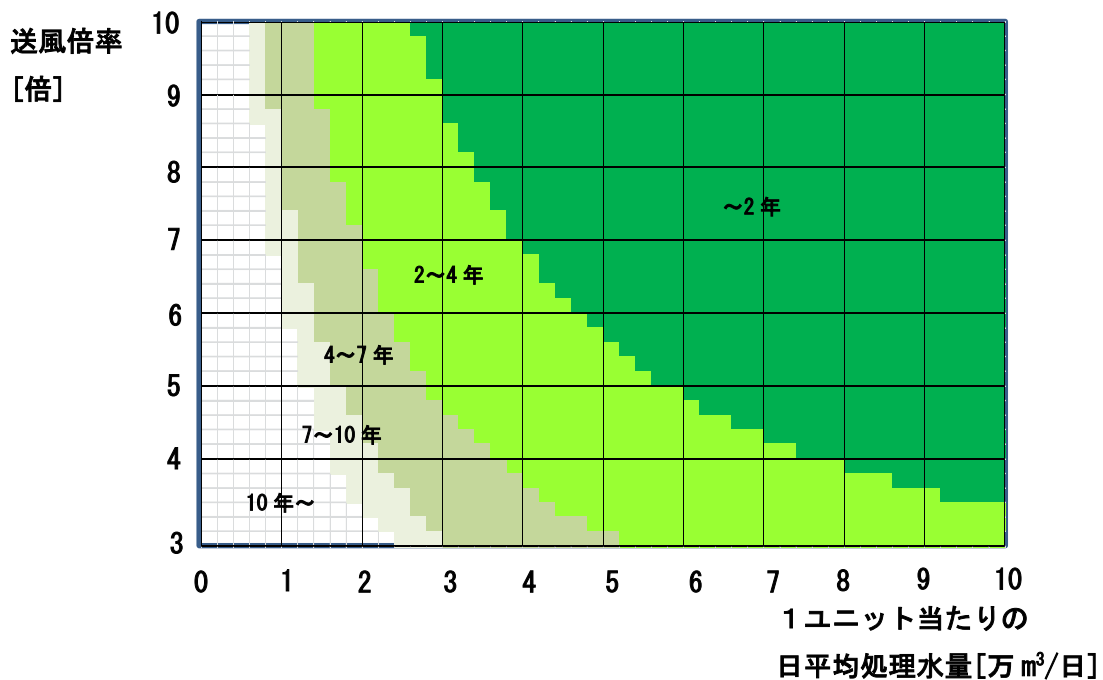
これらの推定にあたっては、比較対象として想定する制御方法に応じて、送風量一定制御を想定する場合は**図 3-4** を、送風倍率一定制御を想定する場合は**図 3-5** を、DO 一定制御を想定する場合は**図 3-6** に示すチャート図を使用する。

本チャート図は、曝気風量削減効果として、送風量一定制御の場合は 30%、送風倍率一定制御の場合は 20%、DO 一定制御の場合は 10%が得られ、また電気料金単価を 15 円/kWh と仮定して、電力量削減量および経費回収年を算定し、図示したものである。



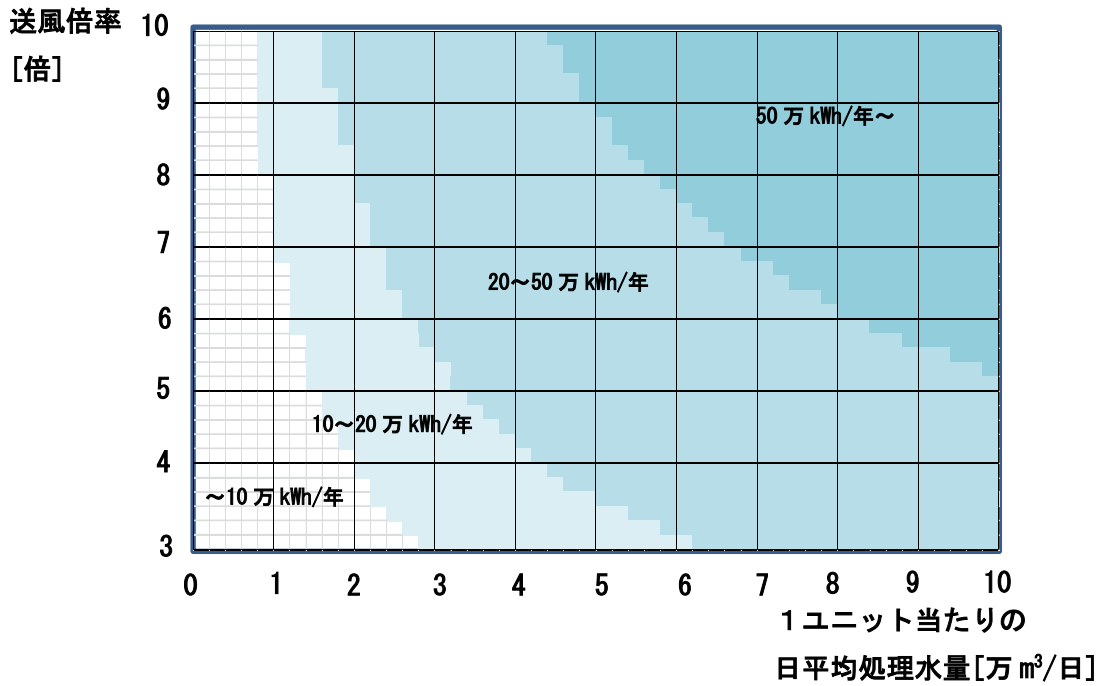


a) 電力量削減量

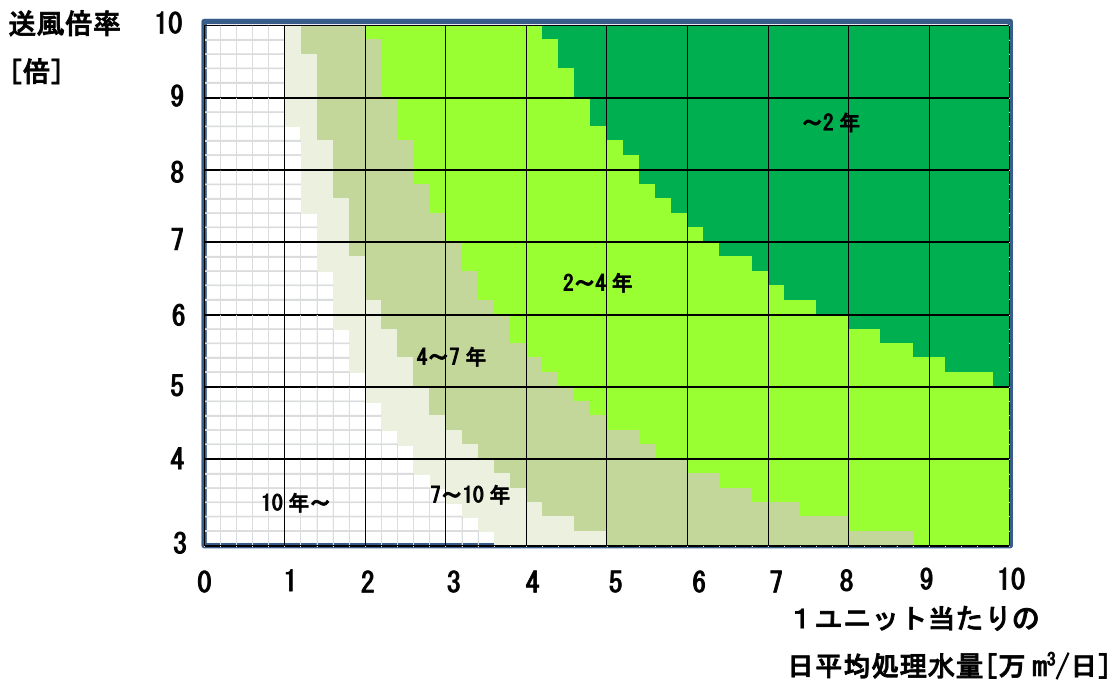


b) 経費回収年

図 3-4 導入効果の推定（比較対象：送風量一定制御）

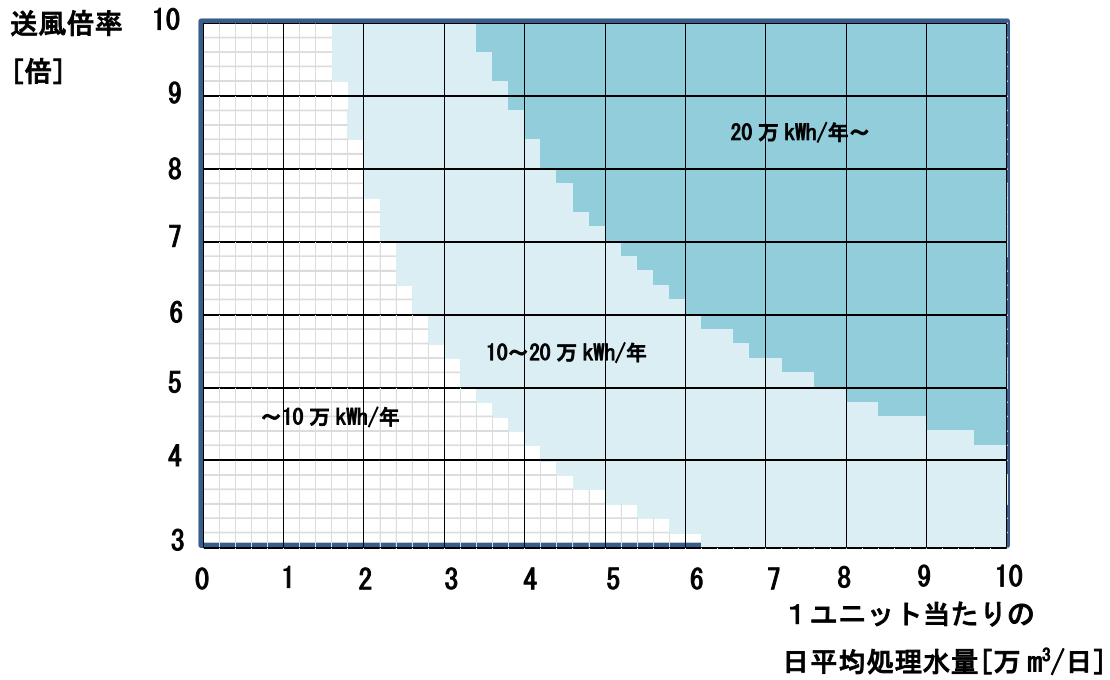


a) 電力量削減量

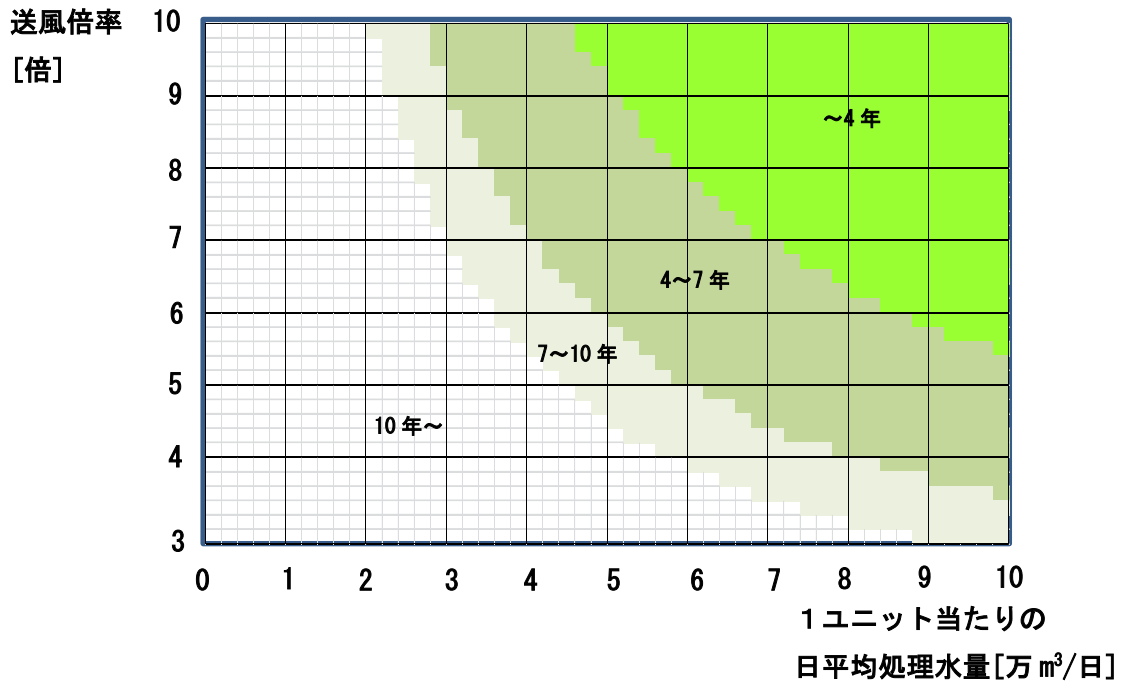


b) 経費回収年

図 3-5 導入効果の推定 (比較対象: 送風倍率一定制御)



a) 電力量削減量



b) 経費回収年

図 3-6 導入効果の推定 (比較対象 : D0 一定制御)

4) 判定

電力量削減量および経費回収年の推定結果をもとに、省エネルギー効果および経済性が見込めると判断できる場合には、引き続き【導入検討Ⅱ】のステップに進む。

一方、省エネルギー効果や経済性が見込めない場合には、必要に応じて、設定した条件を見直し、再度導入効果の推定を行う。例えば、制御対象範囲と導入ユニット数の見直しを行い、再度前述の方法にしたがって電力量削減量および経費回収年の推定を行い、省エネルギー効果および経済性を見込みを判断する。

本ステップにおいて、省エネルギー効果および経済性が見込めないと判断した場合には、【導入検討Ⅱ】のステップには進まずに、導入検討を終了する。

(2) 導入効果の詳細検討（【導入検討Ⅱ】）

【導入検討Ⅱ】として、当該下水処理場固有の条件を更に反映させた概算により、本技術の導入による電力量削減量、経費回収年および温室効果ガス削減量をそれぞれ算出する。

ここでは、①NH<sub>4</sub>-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、の二通りについて検討を行う。なお、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術単独での導入形態を「導入形態①」、3つの技術を組み合わせた導入形態を「導入形態②」とする。

本検討行う手順について図3-7に示す。

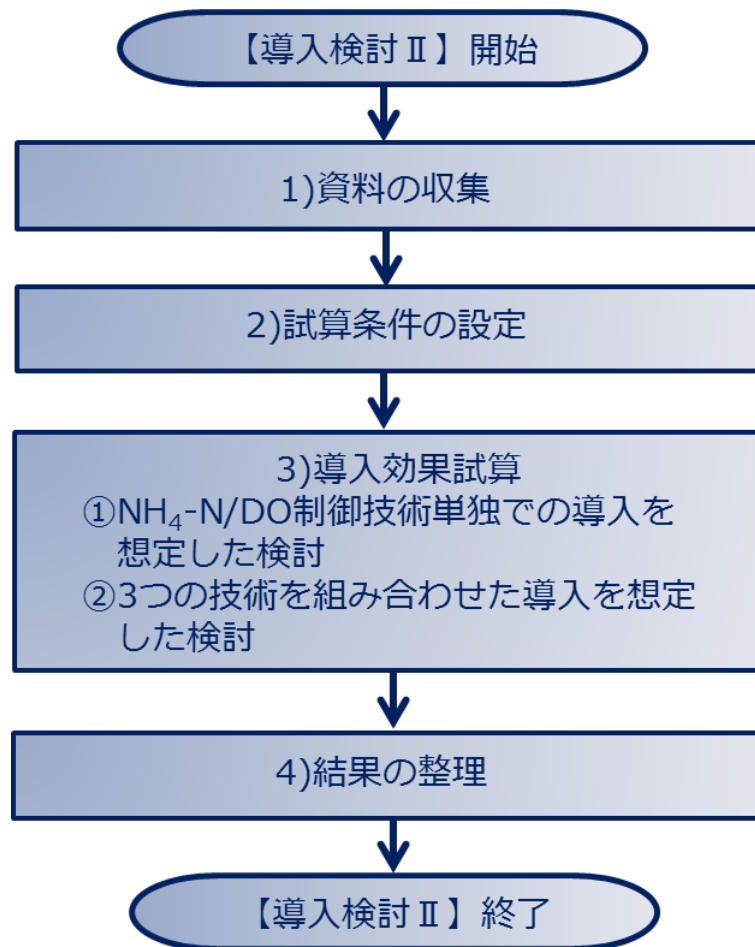


図3-7 【導入検討Ⅱ】の手順

以降、図3-7の各手順において実施する内容について説明する。

## 1) 資料の収集

まず、試算条件の設定に必要な各種資料の収集を行う。

収集する資料とその目的をまとめたものを表 3-3 に示す。

なお、【導入検討 I】で既に収集している資料については、新たに収集しなくてもよい。

表 3-3 収集する資料とその目的（【導入検討 II】）

収集する資料	目的	備考
計画図面（事業計画書）、 施設図面、フローシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本技術を導入する範囲（導入検討範囲）を設定する。</li> <li>・導入ユニット数を設定する。</li> </ul>	【導入検討 I】で既に収集している資料については、新たに収集しなくてもよい。
管理帳票（日報、月報、 年報）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・導入範囲、および 1 ユニットが対象とする日平均処理水量を設定する。</li> <li>・比較対象となる制御方法を設定する。</li> <li>・導入範囲、および 1 ユニットが対象とする範囲の送風量を設定する。</li> </ul>	
機械関連図面（送風機特性 曲線）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送風量 1m<sup>3</sup> 当たりの電力量を設定する。</li> </ul>	
電力契約に関する資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力量 1kWh 当たりの電気料金単価を設定する。</li> </ul>	
ICT 活用に関する計画資 料、維持管理方針に関する 資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数を設定する。</li> </ul>	

## 2) 試算条件の設定

収集した資料をもとに、導入効果試算を行うための試算条件を設定する。

試算条件の項目とその設定方法をまとめたものを表 3-4 に示す。

なお、【導入検討 I】と同じ項目については、同様な値を設定してもよい。

表 3-4 試算条件とその設定方法（【導入検討Ⅱ】）

項目	設定方法	備考
導入範囲	・計画図面（事業計画書）、施設図面、フローシートを参考に、本技術を導入する範囲を設定	【導入検討Ⅰ】と同じ項目については、同様な値を設定してもよい。
導入ユニット数	・導入検討範囲における水処理施設構成や汚泥返送系統等のフローを確認し、導入するユニット数を設定	
1 ユニットあたりの日平均処理水量	・1 ユニットが対象とする日平均処理水量について、実績もしくは計画値等から設定	
比較対象となる制御方法	・現在の曝気風量制御の実績から、送風量一定制御、送風倍率一定制御、DO 一定制御のいずれかを設定	
送風倍率	・1 ユニットあたりの日平均処理水量と送風量の実績から算出し設定	
送風量 1m <sup>3</sup> 当たりの電力量	・送風機特性曲線における軸動力／送風量比から、送風量 1m <sup>3</sup> 当たりの電力量を設定	
電力量 1kWh 当たりの単価（電気料金単価）	・電力契約に関する資料から、電力量 1kWh 当たりの単価（電気料金単価）を設定	
リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数	・ICT 活用に関する計画資料、維持管理方針に関する資料から、リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数を設定	

3) 導入効果試算

手順2) で得られた情報をもとに、導入効果の試算を行う。

①NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術単独での導入効果の試算

**表 3-4** の設定条件をもとに、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術を単独で導入した場合の電力量削減量、経費回収年、および温室効果ガス削減量をそれぞれ算出する。

a. 電力量削減量の算出

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入により削減できる電力量（電力量削減量）の算出を行う。電力量削減量は、導入検討範囲の日平均流入量、比較対象とする送風量制御方式における曝気風量削減率を利用して算出する。

電力量削減量 $\Delta W$  [kWh/年] は、以下の**式 3.1**により算出する。

$$\Delta W = \Delta Q_{\text{air}} \times U_t \times 365 \quad \dots \text{式 3.1}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$\Delta Q_{\text{air}}$  : 風量削減量 [m<sup>3</sup>/日]

$U_t$  : 送風量 1m<sup>3</sup>あたりの電力量 [kWh/m<sup>3</sup>] (送風機の特性曲線等に基づいて設定)

上記 $\Delta Q_{\text{air}}$ については、**式 3.2**により算出する。

$$\Delta Q_{\text{air}} = Q_{\text{in}} \times M \times X \times \Delta Q_{\text{r}} \quad \dots \text{式 3.2}$$

ここで、

$Q_{\text{in}}$  : 1 ユニットあたりの日平均処理水量 [m<sup>3</sup>/日]

$M$  : 送風倍率 [倍]

$X$  : 導入ユニット数 [ユニット]

$\Delta Q_{\text{r}}$  : 曝気風量削減率 [-] (比較対象とする制御により以下の値を使用する)<sup>7</sup>

送風量一定制御 : 0.3

送風倍率一定制御 : 0.2

DO 一定制御 : 0.1

<sup>7</sup> 実証研究の結果、従来技術を送風量一定制御、および DO 一定制御とした場合の曝気風量削減率が、それぞれ、10.3%、32.9%であったことから、その結果をもとに、安全側に丸めた数値として、それぞれ、0.1、0.3 を設定した。そして、従来技術を送風倍率一定制御とした場合の曝気風量削減率は、従来技術を送風量一定制御、および DO 一定制御とした場合の曝気風量削減率の中間の値である 0.2 を設定した。



b. 経費回収年

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入に係る経費回収年の算出を行う。経費回収年は、建設コスト、維持管理コストおよび削減電力費から、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の単独導入による経費回収年を算出し、その内容について検討を行う。

経費回収年 Y [年] は、以下の**式 3.3**により算出する。

$$Y = Y_c / (Y_e - Y_m) \quad \dots \text{式 3.3}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

Y<sub>c</sub> : 建設コスト [円]

Y<sub>e</sub> : 削減電力費 [円/年]

Y<sub>m</sub> : 維持管理コスト [円/年]

なお、維持管理コストについては、本技術の導入により追加で発生する費用である。各項目の算出方法を以下に示す。

・建設コストの算出

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入に係る建設コストの算出を行う。建設コストは、導入ユニット数により概算する。1 導入ユニットには、NH<sub>4</sub>-N センサー費、コントローラ改造費、監視制御装置改造費、NH<sub>4</sub>-N センサー設置やケーブル敷設等の工事費等が含まれる。なお、DO センサーに係る費用については、ここでは含まない。

建設コスト Y<sub>c</sub> [円] は、以下の**式 3.4**により算出する。

$$Y_c = A_c \times x \times \alpha \quad \dots \text{式 3.4}$$

ここで、記号は、以下のとおりである。

x : 導入ユニット数 [ユニット]

A<sub>c</sub> : ユニットあたりの建設コスト [円/ユニット] (=12.8 百万円/ユニット)

α : 他工事を加味した係数<sup>8</sup> [-] (以下の値を使用する)

本技術のみを単独の工事導入する場合 : 1.0

散気装置や送風機の更新工事と併せて導入する場合 : 0.8

水処理施設の増設工事と併せて導入する場合 : 0.7 (増設する系列に導入)

0.8 (増設する系列でない系列に導入)

水処理施設の新設工事と併せて導入する場合 : 0.6

<sup>8</sup> 本技術を他の工事と併せて導入する場合には、本技術の導入に係る改造範囲と、他の工事に係る改造範囲もしくは新增設範囲との共通度合に応じて、設計、試験、工事、現地調整等の一連の作業における共通的な作業の効率化を図ることができることから、その内容を勘案して本係数を定めた。

・削減電力費の算出

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入による削減電力費の算出を行う。削減電力費 Y<sub>e</sub> [円/年] は、前述の電力量削減量をもとに以下の**式 3.5**により算出する。

$$Y_e = \Delta W \times U_p \quad \dots \text{式 3.5}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$\Delta W$  : 電力量削減量 [kWh/年]

$U_p$  : 電気料金単価<sup>9</sup> [円/kWh]

・維持管理コストの算出

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の維持管理コストの算出を行う。維持管理コストとしては、NH<sub>4</sub>-N センサーに関する維持管理費、コントローラや監視制御装置に関する維持管理費が含まれる。なお、DO センサーに係る維持管理費については、ここでは含まない。

維持管理コスト Y<sub>m</sub> [円/年] は、以下の**式 3.6**により算出する。

$$Y_m = A_m \times x \quad \dots \text{式 3.6}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$x$  : 導入ユニット数 [ユニット]

$A_m$  : ユニットあたりの年間の維持管理コスト [円/ユニット・年]  
(=0.667 百万円/ユニット・年)

c. 温室効果ガス削減量

NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術の導入により削減できる温室効果ガス削減量の算出を行う。温室効果ガス削減量は、導入検討範囲の日平均流入水量、比較対象とする送風量制御方式における曝気風量削減率を利用して算出する。

温室効果ガス削減量  $\Delta Y_g$  [kg-CO<sub>2</sub>/年] は、以下の**式 3.7**により算出する。

$$\Delta Y_g = \Delta W \times U_e \quad \dots \text{式 3.7}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$\Delta W$  : 電力量削減量 [kWh/年] (**式 3.1**を参照)

$U_e$  : 電力量 1kWh あたりの二酸化炭素排出係数 [kg-CO<sub>2</sub>/kWh] (=0.579kg-CO<sub>2</sub>/kWh)

(※1 「エネルギー源別標準発熱量及び炭素排出係数の改訂について」(平成 26 年 11 月 14 日資源エネルギー庁) より)

<sup>9</sup> 導入検討下水処理場において、適用されている電力料金単価の設定が困難な場合には、15 円/kWh を使用しても良い。

## ②3つの技術を組み合わせた導入効果の試算

引き続き、表 3-4 の条件をもとに、3つの要素技術を全て導入する場合の電力量削減量、経費回収年、および温室効果ガス削減量をそれぞれ算出する。

ここでは、①で算出した電力量削減量、経費回収年、温室効果ガス削減量について、リモート側の技術となる制御性能改善技術および MSPC 技術による各種コストや導入効果を加味して、それぞれ算出を行う。

## a. 電力量削減量の算出

電力量削減量  $\Delta W$  [kWh/年] は、①の電力量削減量の算出と同様に、式 3.1 により算出する。

## b. 経費回収年

本技術の導入に係る経費回収年の算出を行う。経費回収年は、建設コスト、維持管理コストおよび削減電力費から、本技術の導入による経費回収年を算出し、その内容について検討を行う。

経費回収年  $Y$  [年] は、以下の式 3.8 により算出する。

$$Y = Y_c \div (Y_e - Y_m) \quad \dots \text{式 3.8}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$Y_c$  : 建設コスト [円]

$Y_e$  : 削減電力費 [円/年]

$Y_m$  : 維持管理コスト [円/年]

なお、維持管理コストについては、本技術の導入により追加で発生する費用である。

各項目の算出方法を以下に示す。

## ・建設コストの算出

本技術の建設コストの算出を行う。建設コストとしては、①で算出した内容に加えて、リモート機能を構築するための建設コストが追加が必要となる。ここでは、ICT 活用関連の計画、維持管理方針関連計画等をもとに、将来的にリモートサーバに接続すると見込まれる下水処理場数を想定し、加味する。

建設コスト  $Y_c$  [円] は、以下の式 3.9 により算出する。

$$Y_c = A_c \times x \times \alpha + R/n \quad \dots \text{式 3.9}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$x$  : 導入ユニット数 [ユニット]

$n$  : リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数 [カ所]

$Ac$  : ユニットあたりの建設コスト [円/ユニット] (=12.8 百万円/ユニット)

$R$  : リモートサーバ構築費 [円] (=50 百万円)

$\alpha$  : 他工事を加味した係数 [-] (①で設定した値を設定)

・削減電力費の算出

削減電力費  $Ye$  [円/年] は、①の削減電力費の算出と同様に、**式 3.5** により算出する。

・維持管理コストの算出

本技術の維持管理コストの算出を行う。維持管理コストとしては、①で算出した内容に加えて、リモート機能に関わる維持管理費が追加が必要となる。その一方で、リモート機能を導入することにより、 $NH_4-N/DO$  制御に関わる維持管理費が軽減できると考えられるため、これも見込んで算出することを基本とする。

維持管理コスト  $Ym$  [円/年] は、以下の**式 3.10** により算出する。

$$Ym = (Am - Dm) \times x + Rms + Rmv / n \quad \dots \text{式 3.10}$$

ここで、各記号は、以下のとおりである。

$x$  : 導入ユニット数 [ユニット]

$n$  : リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数 [カ所]

$Am$  : ユニットあたりの年間の維持管理コスト [円/ユニット・年]

(=0.667 百万円/ユニット・年)

$Dm$  : 軽減される  $NH_4-N/DO$  制御に関わる維持管理費 [円/ユニット・年]

(=0.093 百万円/ユニット・年)

$Rms$  : リモート機能に関する維持管理費 [円/年] (=0.3 百万円/年)

$Rmv$  : リモート機能に関する維持管理費 [円/年] (=1.1 百万円/年)

c. 温室効果ガス削減量

温室効果ガス削減量  $\Delta Yg$  [kg-CO<sub>2</sub>/年] は、①の温室効果ガス削減量の算出と同様に、**式 3.7** により算出する。

d. その他定性的な効果

MSPC 技術については、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術と組み合わせることによる維持管理コストの低減を見込んで経費回収年の定量化を行ったが、それ以外に期待できる定性的な効果として、MSPC 技術の導入により検出したい事象を、以下の表 3-5 を参考にリストアップする。

表 3-5 MSPC 技術の導入により期待できる検出を想定する事象の例

検出を想定する事象	実証*
散気管バルブ目詰まり	
ブロワ故障	
制御センサードリフト	○
制御センサー故障	
風量制御 (DO 制御) 異常	
流量・水位センサー故障	
ポンプ目詰まり・故障	○
センサー計測値異常	○
センサードリフト	○
センサー過大ノイズ (電磁ノイズ等)	
センサー異常 (通信異常、校正異常等)	○
制御異常 (過剰なハンチング等)	
制御用センサー異常・ドリフト	
嫌気・無酸素槽酸素混入 (脱窒阻害・りん吐出阻害)	
硝化阻害	
りん除去不良	
水質センサードリフト (NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N、PO <sub>4</sub> -P、ORP、DO 等)	○
毒物混入等による処理能力低下	
汚泥掻き寄せ機故障	○
返送汚泥ポンプ故障	○
余剰汚泥ポンプ故障	

\*実証：実証研究にて当該異常シナリオによる検証を行ったものに○印を付した。

また、資料編 1. 実証研究結果では、実証研究で行った具体的な事例についても紹介している。このような事象の検出が運転管理上有効であると見込まれる場合には、MSPC 技術の定性的な効果として、導入判断の際に考慮する。

4) 結果の整理

以上の検討で求められた経費回収年、電力量削減量、温室効果ガス削減量等の内容を表 3-6 のような形で整理し、§ 17 導入判断に移る。

表 3-6 【導入検討Ⅱ】の結果総括表の例

項目	導入形態① (NH <sub>4</sub> -N/DO 制御 単独導入)	導入形態② (3つの技術すべてを導入)	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 <sub>2</sub> /年	YYY kg-CO <sub>2</sub> /年	ZZZ kg-CO <sub>2</sub> /年
その他定性的な効果等			
その他の考慮点			

表 3-6 を整理する際に、導入判断の目安を設定することが重要である。電力量削減量については、当該下水処理場における運転実績から定める電力量削減目標や、地方公共団体が定める使用エネルギー削減目標等から、温室効果ガス削減量については、地方公共団体が定める温室効果ガス削減目標等から設定する方法が挙げられる。経費回収年については、標準的な使用年数 10 年<sup>10</sup>を踏まえ、現実的な目標年数を設定する。

<sup>10</sup> 使用年数 10 年は、「下水道施設の改築について」（平成 25.5.16 国水下水事第 7 号下水道事業課長通知）の別表における「3.電気設備」の大分類「電気計装設備」、中分類「計測設備」「監視制御設備」を考慮して定めた。

## § 17 導入判断

導入効果の検討結果を踏まえて、本技術の導入について判断する。

### 【解説】

**§ 16 導入効果の検討**において、**表 3-6**のように整理した導入効果の検討結果をもとに、本技術の導入について判断する。導入判断については、以下のとおり進める。

#### (1) 導入の是非の決定

導入形態①、導入形態②のいずれか一方、もしくは両方の導入形態において、導入判断の目安を見たす場合には、本技術の導入効果が見込めると判断して、本技術の導入を進める意思決定を行う。

#### (2) 導入形態の決定

導入形態については、以下の判断基準により決定する。

- ・導入形態②の効果において、導入判断の目安を満たす場合には、導入形態②での導入を優先する。
- ・導入形態②の効果において、導入判断の目安を満たさない場合には、導入形態①の効果において、導入判断の目安を満たすかどうかを確認する。導入判断の目安を満たす場合には、導入形態①での導入を優先する。

この基準により、導入形態①、もしくは導入形態②のいずれの導入形態を採用するかについての最終的な意思決定を行う。決定した導入形態に基づいて、具体的な計画・設計（**第4章 計画・設計**）に移る。

なお、(1)での判断の結果、導入形態①、導入形態②のいずれでも十分な効果が見込めないと判断した場合には、必要に応じて、設定した条件を見直し、再度導入効果の算出を行う。例えば、制御対象範囲と水量の見直しを行い、再度前述の方法にしたがって、各指標の算出を行い、その効果の見込みを判断する。

最終的にこれらの評価指標について十分な効果の見込めないと判断した場合には、導入検討を終了する。

## 第2節 導入効果の検討例

## § 18 導入効果の検討例

前節の導入効果検討手法の具体例として、流入下水量 40,000m<sup>3</sup>/日（日平均）、50,000m<sup>3</sup>/日（日最大）、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、本技術を導入するケーススタディの結果について紹介する。

## 【解 説】

導入効果検討手法の具体例として、ここでは、流入下水量 40,000m<sup>3</sup>/日（日平均）、50,000m<sup>3</sup>/日（日最大）、標準活性汚泥法による水処理を行う仮想の下水処理場（本セクションでは、以降、A下水処理場という）に、本技術を導入するケーススタディを行う。

設定する検討条件を表 3-7 に、また検討を進めるための想定条件を表 3-8 にそれぞれ示す。

また、A下水処理場のフローおよびシステム構成を図 3-8 に示す。

表 3-7 本技術導入における検討条件等

項目	設定条件
流入下水量（計画）	40,000m <sup>3</sup> /日（日平均）、50,000m <sup>3</sup> /日（日最大）
流入下水量（実績）	35,000m <sup>3</sup> /日（日平均）、43,000m <sup>3</sup> /日（日最大）
水処理方式	標準活性汚泥法
現状制御方式	送風量一定制御
水処理系列数	2 系列
各系列における池数	4 池
返送汚泥系統数	2 系列
送風機型式	鋳鉄製多段ターボブロワ
送風機台数	2 台
風量調節機構	インレットバーン制御／台数制御
軸動力／送風量比	0.79
送風量（実績）	280,000m <sup>3</sup> /日
送風倍率（実績）	8.0 倍
散気装置型式	散気板
水処理コントローラ数	2 台
監視制御装置台数	1 台
リモートサーバに接続する下水処理場数	8 カ所



表 3-8 本技術導入における想定条件等

項目	想定条件
処理場における課題	N・BOD 対策や窒素低減のために現状は送風量一定制御を行い、完全硝化を維持している。このため、曝気風量が過大となっている。そこで、完全硝化を維持しつつ、効率的に曝気風量を低減し、省エネ化を図りたい。
その他計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 下水処理場における直近の更新や系列増設等の計画はなし。</li> <li>・ 今後 3～5 年程度で計画値に近い流入が見込まれる。</li> <li>・ 下水処理場等 8 カ所を統括管理するリモートサーバの新設計画を 5 年後に予定。</li> </ul>
導入判断の目安	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経費回収年 6 年以内</li> <li>・ 削減電力量 30 万 kWh/年以上</li> </ul>

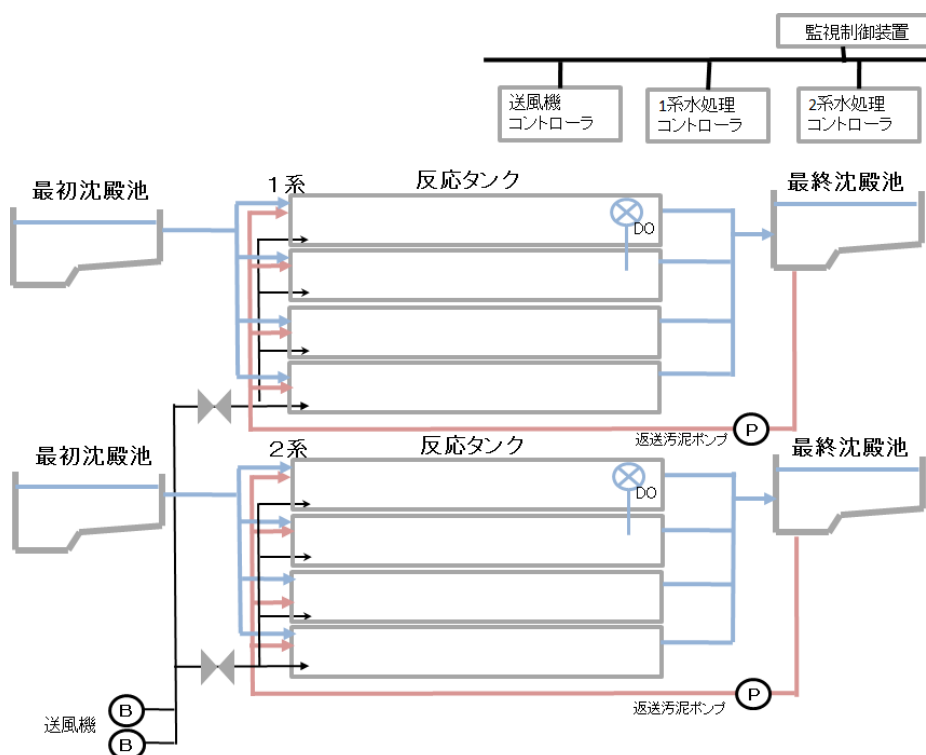


図 3-8 A 下水処理場のフローおよびシステム構成

§ 15～§ 17 で説明した導入効果の検討手順にしたがい、その検討を進めていく。

(1) 適用条件の確認

1) 導入意義・目的の明確化

A 下水処理場では、N-BOD 対策や窒素低減のために現状は送風量一定制御を行い、完全硝化を維持している。このため、曝気風量が過大になるとともに、消費電力量が多くなるという課題があった。そこで、本技術を導入することにより、完全硝化を維持しつつ、効率的に曝気風量を低減し、省エネ化を図ることを実現し、前述の課題を解決する可能性がある。

したがって、本技術を導入する意義があり、導入する目的も明確である。

2) 適用条件の確認

①水処理方法として活性汚泥法を採用している。

A 下水処理場では、標準活性汚泥法による処理を行っていることから、本条件を満たす。

②反応タンクにおいて硝化促進運転が可能である。

A 下水処理場では、硝化促進運転を行っていることから、本条件を満たす。

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。

送風機の風量調節機構としてインレットベーン制御を行っており、曝気風量の低減にともない、送風機動力の低減が見込めることから、本条件を満たす。

以上の3つの適用条件にすべて合致し、適用条件を満たしたことから、本技術の導入可能性について、具体的に検討を進める。

(2) 導入効果の概略検討【導入検討 I】

1) 資料の収集

**表 3-1** にしたがい、計画図面（事業計画書）、施設図面、フローシート、管理帳票を収集する。

2) 導入効果推定のための条件の設定

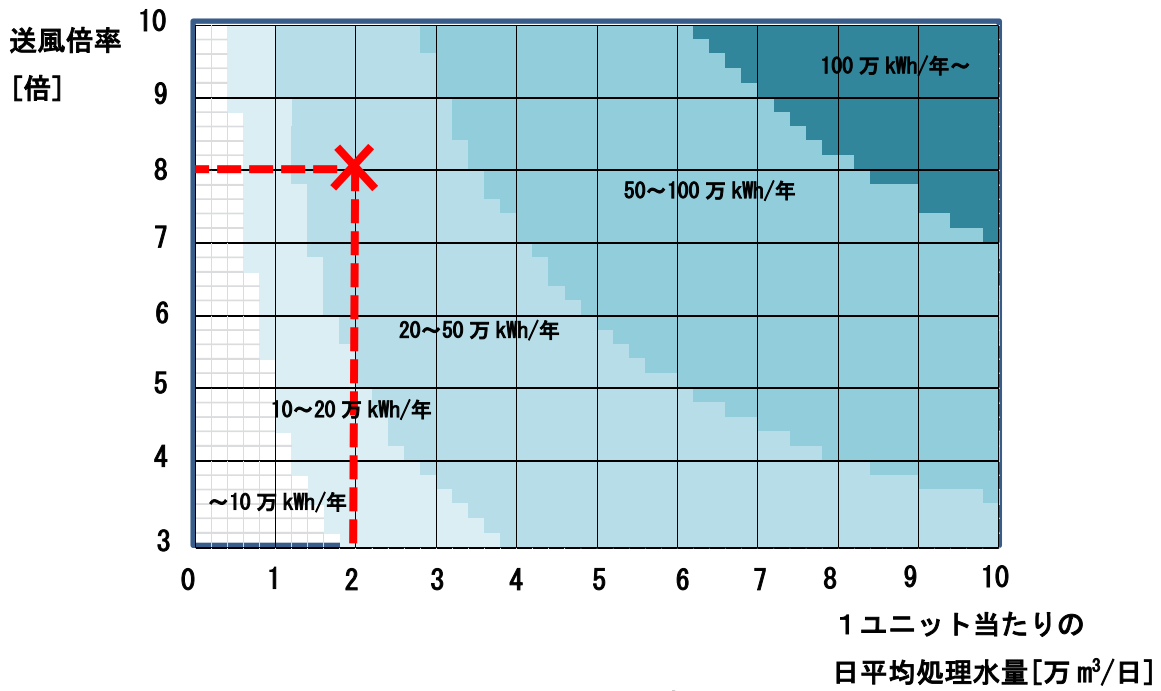
収集した資料をもとに、導入効果を推定するための条件を、**表 3-9** のとおり設定した。

表 3-9 効果推定のために設定した条件

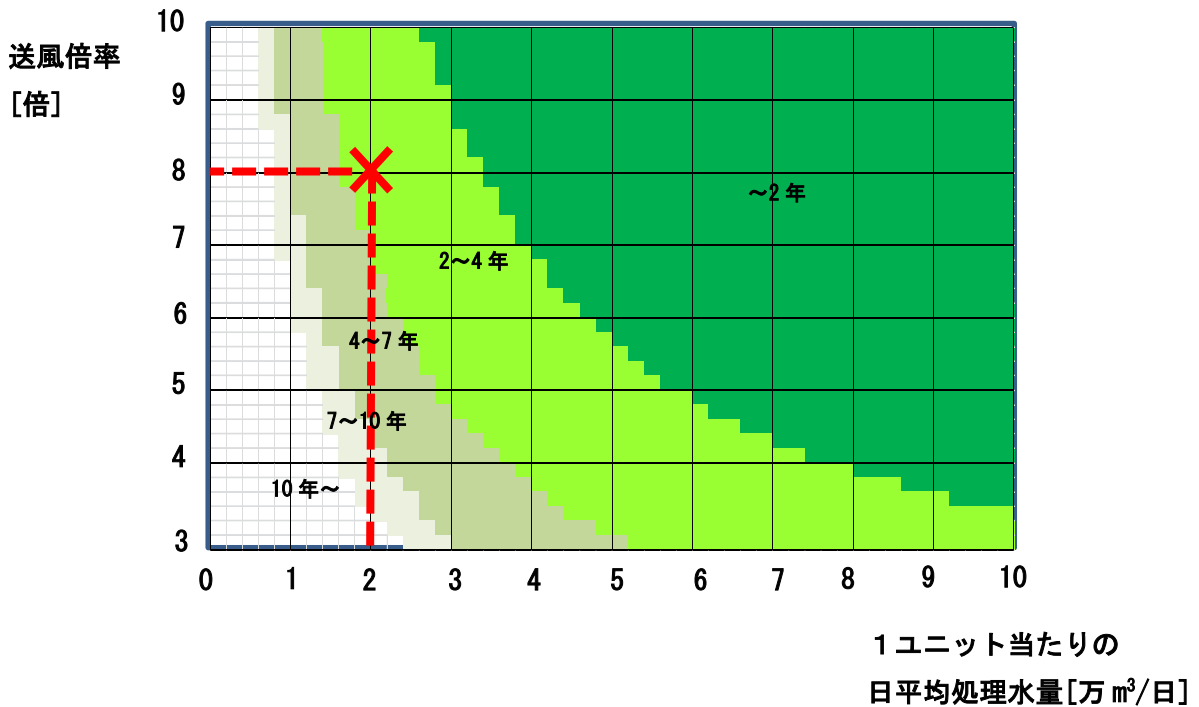
項目	設定した条件
導入検討範囲	施設図面より、A下水処理場全体への導入ということで1系、2系の <u>2系列</u> に導入
導入ユニット数	フローシートより、系列ごとに反応タンク流入水および返送汚泥系を共有している。また、管理帳票より、同一の活性汚泥に対して同等の処理条件で運用していることから、4池一括制御を想定し、 <u>2ユニット</u> を導入
1ユニットあたりの日平均処理水量	施設図面より、両系列の処理能力が同一であること、また事業計画書より、今後3～5年で計画値に近い流入が見込まれることから、1系列の計画処理水量である <u>20,000m<sup>3</sup>/日</u> とする。
比較対象とする制御方法	管理帳票より、現状の制御方式である <u>送風量一定制御</u> とする。
送風倍率	管理帳票より、現状の実績である <u>8.0倍</u> とする。

## 3) 導入効果推定

**表 3-9** で設定した条件をもとに、電力量削減量、および経費回収年の推定を行う。本検討では、比較対象とする制御方法を送風量一定制御としていることから、**図 3-4** を使用して、1ユニットあたりの日平均処理水量2万 m<sup>3</sup>/日、送風倍率8倍として、その推定を行う (**図 3-9**)。



a) 電力量削減量



b) 経費回収年

図 3-9 導入効果の推定

4) 判定

図 3-9 による推定の結果、電力量削減量は、1 ユニットあたり年間 20～30 万 kWh 程度、経費回収年は 4 年程度が期待できる。A 処理場全体では、2 ユニットの導入を想定しているので、電力量削減量については、年間 40～60 万 kWh 程度が期待できる。

したがって、一定の省エネルギー効果および経済性が見込めることから、引き続き詳細な検討を進める。

(3) 導入効果の詳細検討【導入検討Ⅱ】

1) 資料の収集

表 3-3 にしたがひ、すでに収集した図面に加えて、機械関連図面、電力契約に関する資料、ICT 活用計画に関する資料を収集した。

2) 試算条件の設定

収集した資料をもとに、導入効果を試算するための条件として、新たに以下の条件を表 3-10 のとおり設定した。これ以外の項目については、【導入検討Ⅰ】で設定した条件(表 3-9)と同様とする。

表 3-10 効果試算のために設定した条件

項目	設定した条件
送風機 1m <sup>3</sup> あたりの電力量	送風機の送風機特性図面より、軸動力/送風量比(=0.79)をもとに <u>0.01317kWh/m<sup>3</sup></u> とする。
電力量 1kWh あたりの単価(電気料金単価)	電力契約に関する資料より、 <u>15 円/kWh</u> とする。
リモートサーバの使用年数内に接続すると見込まれる下水処理場数	ICT 活用に関する計画資料より、 <u>8 カ所</u> とする。

3) 導入効果試算

表 3-9、表 3-10 で設定した条件をもとに、電力量削減率、経費回収年、および温室効果ガス削減量の試算を行う。

①NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術単独での導入効果

a. 電力量削減量

電力量削減量ΔW は、式 3.1、式 3.2 より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \Delta W &= 20,000 \text{ [m}^3\text{/日]} \times 8.0 \text{ [倍]} \times 2 \text{ [ユニット]} \times 0.3 \text{ [-]} \\ &\quad \times 0.01317 \text{ [kWh/m}^3\text{]} \times 365 \text{ [日/年]} \\ &= \underline{461.5 \text{ [千 kWh/年]}} \end{aligned}$$

b. 経費回収年

建設コスト  $Y_c$  は、**式 3.4** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y_c &= 12.8 \text{ [百万円/ユニット]} \times 2 \text{ [ユニット]} \times 1.0 \text{ [-]} \\ &= 25.6 \text{ [百万円]} \end{aligned}$$

削減電力費  $Y_e$  は、**式 3.5** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y_e &= 461.5 \text{ [千 kWh/年]} \times 15 \text{ [円/kWh]} \\ &= 6.922 \text{ [百万円/年]} \end{aligned}$$

維持管理コスト  $Y_m$  は、**式 3.6** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y_m &= 0.667 \text{ [百万円/ユニット・年]} \times 2 \text{ [ユニット]} \\ &= 1.334 \text{ [百万円/年]} \end{aligned}$$

したがって、経費回収年  $Y$  は、**式 3.3** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y &= 25.6 \text{ [百万円]} \div (6.922 \text{ [百万円/年]} - 1.334 \text{ [百万円/年]}) \\ &= \underline{4.58 \text{ 年}} \end{aligned}$$

c. 温室効果ガス削減量

温室効果ガス削減量  $\Delta Y_g$  は、**式 3.7** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \Delta Y_g &= 461.5 \text{ [千 kWh/年]} \times 0.579 \text{ [kg-CO}_2\text{/kWh]} \\ &= \underline{267.2 \text{ [千 kg-CO}_2\text{/年]}} \end{aligned}$$

②3つの技術を組み合わせた導入効果

a. 電力量削減量

電力量削減量  $\Delta W$  は、前述の①における電力量削減量と同様に、461.5 [千 kWh/年] となる。

b. 経費回収年

建設コスト  $Y_c$  は、**式 3.9** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y_c &= 12.8 \text{ [百万円/ユニット]} \times 2 \text{ [ユニット]} \times 1.0 \text{ [-]} + 50 \text{ [百万円]} \div 8 \text{ [カ所]} \\ &= \underline{31.85 \text{ [百万円]}} \end{aligned}$$

削減電力費  $Y_e$  は、前述の①における削減電力費と同様に、6.922 [百万円/年] となる。

維持管理コスト  $Y_m$  は、**式 3.10** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y_m &= (0.667 \text{ [百万円/ユニット・年]} - 0.093 \text{ [百万円/ユニット・年]}) \\ &\quad \times 2 \text{ [ユニット]} + 0.3 \text{ [百万円/年]} + 1.1 \text{ [百万円/年]} \div 8 \text{ [カ所]} \\ &= 1.586 \text{ [百万円/年]} \end{aligned}$$

したがって、経費回収年  $Y$  は、**式 3.8** より、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Y &= 31.85 \text{ [百万円]} \div (6.922 \text{ [百万円/年]} - 1.586 \text{ [百万円/年]}) \\ &= \underline{5.97 \text{ 年}} \end{aligned}$$

c. 温室効果ガス削減量

温室効果ガス削減量 $\Delta Y_g$ は、前述の①における温室効果ガス削減量と同様に、267.2 [千 kg-CO<sub>2</sub>/年]となる。

d. その他定性的な効果

MSPC 技術については、表 3-5 にあるような水処理に関する異常予兆を検出し、運用に役立つ可能性が期待できることから、この点を加味する。

4) 結果の整理

以上の試算等を整理した結果を表 3-11 に示す。

表 3-11 A 下水処理場における本技術導入における試算結果

項目	導入形態① (NH <sub>4</sub> -N/DO 制御 単独導入)	導入形態② (3 つの技術を組 み合わせた導入)	導入判断の目安
経費回収年	4.58 年	5.97 年	6 年以内
電力量削減量	461.5 千 kWh/年	461.5 千 kWh/年	300 千 kWh/年以上
温室効果ガス削減量	267.2 千 kg-CO <sub>2</sub> /年	267.2 千 kg-CO <sub>2</sub> /年	
その他定性的な効果 等		・ MSPC 技術により、水処理に関する異常予兆を検出し、運用に役立つ可能性がある。	
その他の考慮点	・ 流入下水量の増加により、経費回収年はさらに短くなると見込まれる。	・ リモートサーバの新設計画を 5 年後に予定。 ・ 流入下水量の増加により、経費回収年はさらに短くなると見込まれる。	

(4) 導入判断

表 3-11 の結果をもとに、本技術の導入について判断する。

(1) 導入の是非の決定

導入形態①、導入形態②の両方の導入形態において、導入判断の目安を見たことから、本技術の導入効果が見込めると判断して、本技術の導入を進めることに決定した。

(2) 導入形態の決定

導入形態②において、経費回収年、電力量削減量のいずれの導入判断の目安を満たした。また、導入形態②では、MSPC 技術による定性的な効果が期待できる。したがって、A 下水処理場では、3つの技術を組み合わせた技術の導入を進めていくことに決定した。

なお、A 下水処理場を含む地方公共団体では、下水処理場等 8 カ所を統括管理するリモートサーバの新設計画を 5 年後に予定していることから、まずは、NH<sub>4</sub>-N/DO 制御を単独で導入することで、硝化機能の安定化と省エネルギー効果を受けつつ、5 年後のリモートサーバの新設計画に合わせてリモート診断技術を導入することが、他の計画との整合性もとることができると考えられる。

これにより、この A 下水処理場における導入効果検討の例では、3つの技術を組み合わせた技術を導入することを前提とし、第 1 段階として NH<sub>4</sub>-N/DO 制御技術を導入、第 2 段階としてリモート診断技術である制御性能改善技術、MSPC 技術を導入、という 2 段階で進めるという方針で、具体的な計画・設計を進めていくこととした。