

# 下水道施設電気設備の更新方法に関する研究

研究第二部 研究員

戸田 浩一



## 1 研究の背景と目的

全国の下水道普及率は平成20年度末で72.7%に達し、改築更新が喫緊の課題となっている。その対象のうち下水道電気設備は、機械設備等と異なる性質を持つため、機械設備の更新に用いられる考え方を適用することは難しい。また、電気設備は、運転管理支援等の新技術により下水道施設の機能向上に大きく寄与してきた。

そこで本研究は、社会的要請に応えた高付加価値化を考慮しつつ老朽化設備を効果的に更新する手法を提示し、技術資料にとりまとめることを目的として行った。本研究は、(株)東芝、(株)日立製作所、三菱電機(株)、(株)明電舎、メタウォーター(株)と当機構の6者で実施した。

## 2 下水道施設電気設備の概要

### 2.1 電気設備の種類

下水道電気設備は、その機能によって電力供給設備

表-1 電気設備の機能的分類

機能的分類	中分類名称*
電力供給設備	特高受変電設備 受変電設備 自家発電設備 電源設備 負荷設備
計装制御設備	監視制御設備 計測設備

\*平成15年6月19日付け下水道事業課長通知（以下、改築通知という）に基づく一般的な分類名称を記した。

と計装制御設備に大別される。このうち前者は機械設備の動力となる電力を供給する設備であり、後者はその機械設備や水量、水質を監視し制御する設備である。

### 2.2 電気設備の特徴

#### 1) システム的な関連性の強さ

電気設備は、設備群が総体として機械を制御する機能を果たす。また、故障時の影響はシステム全体へ波及しやすい。したがって、同時に更新する範囲はシステムの関連性にもとづいて設定し、予防保全的な対応も望まれる。

#### 2) 劣化予測の困難さ

電気設備の劣化傾向の定量的把握は困難な場合が多い。また、劣化が進行した際にも、五感による察知が難しい。したがって、電気設備の状態監視保全は一般に困難であり、時間計画保全が適当である。

#### 3) 活発な技術開発

電気設備は、信頼性向上や環境問題等への対応を目的として活発な技術開発が進められている。したがって、更新時に新技術を用いた製品の導入が有効な問題解決手段となる場合がある。

## 3 研究内容

### 3.1 電気設備更新の実態把握

電気設備の更新方法の検討作業に先立ち、最新の現状を把握するために国内の99自治体にアンケートを実施した。アンケートの回答は55自治体、196処理場から得られた。

#### 1) 設備の現状認識

既存設備の現状の問題点について集計した結果、各

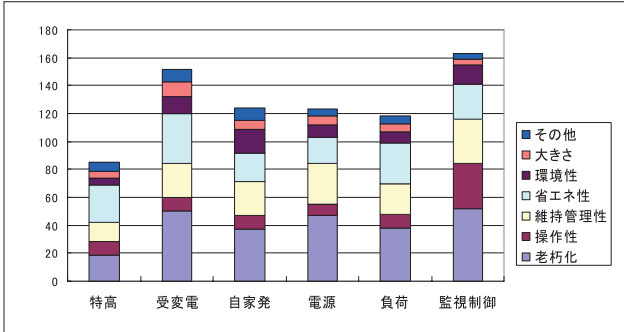


図-1 既存設備の問題点 (内訳)

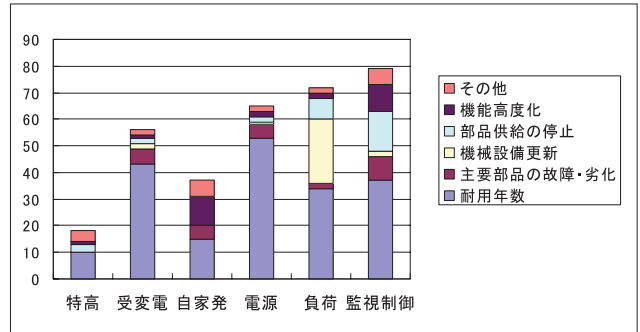


図-2 過去の更新動機

設備ともおよそ半数近くで何らかの問題点を抱えており、一番の問題点は老朽化であった。その他には、維持管理性や省エネ性の悪さなどが挙げられた(図-1)。

### 2) 更新計画の内容

過去の更新事例を対象として当時の更新動機を集計した結果、耐用年数の超過が大半を占めた(図-2)。また、高付加価値化の検討実績は、いずれの設備においても比率は高く(図-3)、項目は「省エネ化」「小型化」「維持管理性向上」などが挙げられた。

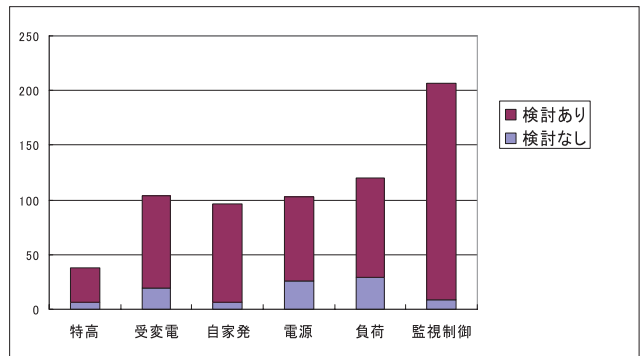


図-3 高付加価値化の検討有無

### 3.2 設備更新時の留意点

電気設備の更新計画時の検討要素には、「設備更新の範囲」「設備更新の時期」「更新時の高付加価値化」がある(図-4)。今回、下水道施設電気設備の特徴や現状をふまえて、検討時の留意点を整理した。

#### 1) 設備更新の範囲

電気設備の場合はシステムの関連性が強いいため、設備群のシステム機能を回復させる必要がある。そのた

め、通常の更新時には一定の設備群を同時に更新することが有効である。

#### 2) 設備更新の時期

半数近くでの処理場等で設備の老朽化の問題を抱えているため、施設機能を維持するために時間計画保全を基本としつつも、故障時の影響の大きさの要素が含まれた「リスク」の概念も取り入れて更新時期の優先順

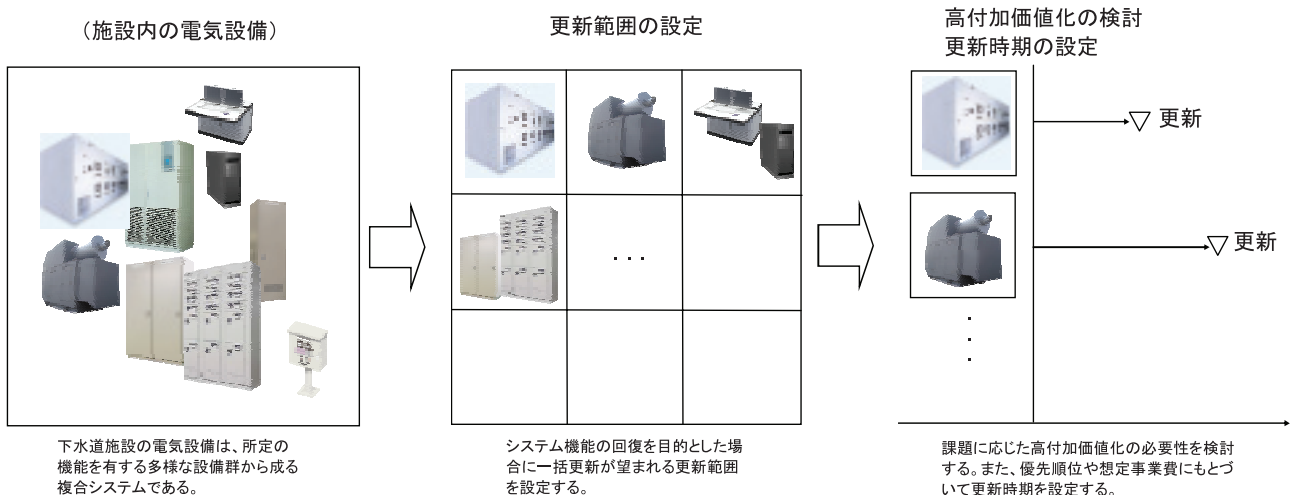


図-4 電気設備の更新計画時の検討要素

位を適切に設定することが求められる。

### 3) 更新時の高付加価値化

「老朽化」の他に、維持管理性や操作性等の問題も挙げられていた。設備更新時には、これらの問題を解決できる機会を逃さないように、最新の高付加価値化製品の動向を把握することが有効である。

## 3.3 設備更新の範囲

実際にも、下水道施設の電気設備は、設置時期やシステム構成を考慮して複数の小分類機器（改築通知上の区分）を同時に更新される場合が多い。

このことを踏まえ、設備更新の範囲を次の3つに分類した。

#### 1) 最小更新範囲

物理的に交換が可能な範囲を取り替える場合の更新範囲である。短期的に更新費用の低減を図るためには、最小更新範囲による更新は有効ではあるが、システムの信頼性回復の度合いが小さいため、結果的に経済性の点でも劣る場合がある。

#### 2) 最適更新範囲

通常時には同時更新することが望ましい設備群のまとまりである。故障予知の困難性も併せて考慮すると、同一のシステム機能（例えば「受電」「揚砂設備○系の制御」等）に寄与している複数の設備を1つの最適更新範囲に含めて同時更新することにより、システム機能を確実に回復させることができる。受変電設備に対する設定例を図-5に示した。

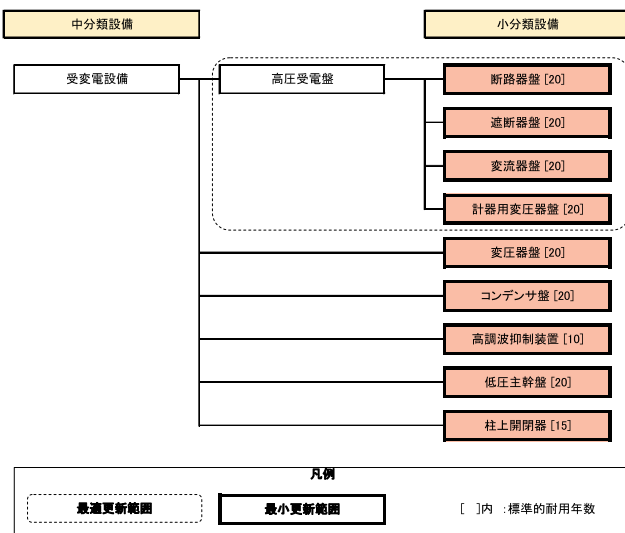


図-5 更新範囲の設定例

### 3) 更新実施単位

設置時期や仮設スペースや設備影響等を考慮し、実際に更新事業を実施する際に同時更新が適切であると判断される更新範囲である。1つまたは複数の最適更新範囲が含まれる。

## 3.4 設備更新の時期

#### 1) 更新時期の設定手順

電気設備は土木や機械等の他設備と深い関連を持つため、長期的な更新計画が必要である。また更新時期が近づくと、設備の状態や予算枠も考慮する必要がある。そこで、更新計画の種類として、長期計画、中期計画および事業実施計画を提示した。

#### 2) 長期計画

長期計画では、年次別の更新事業量と対象設備を大まかに把握するために、目標耐用年数にもとづいて将来20年間程度の概略の時期を定める。「目標耐用年数」とは、実態との整合を考慮して自治体が自ら定める耐用年数である。

#### 3) 中期計画

中期計画では、長期計画上で直近10年間程度の期間に更新を迎えると想定される設備に対して「更新優先度」を設定し、実施スケジュールを定める。更新優先度とは、標準的耐用年数を超えて使用することによる故障リスクの増加を考慮した相対評価指標である。策定フローを、図-6に示す。

#### ① 評価指標の選定

更新優先度の評価に用いるための指標を選定する。本研究では「故障リスク」と「高付加価値化」を評

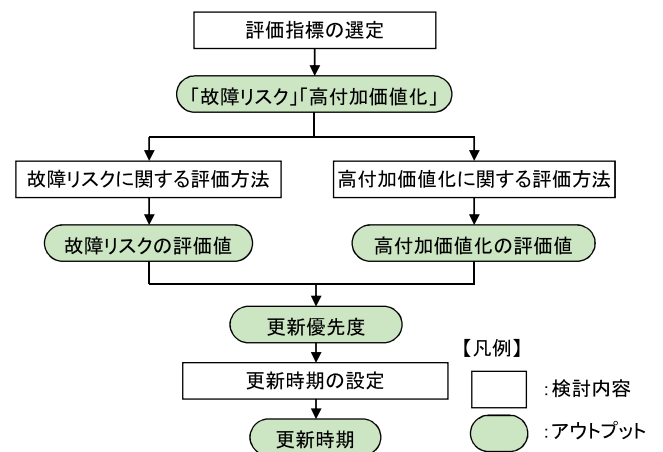


図-6 中期計画の策定フロー

価指標とした。この場合、更新優先度は両者に対する評価値（後述）の和として表現される。

$$\begin{aligned} & \text{(更新優先度)} \\ & = \text{(故障リスクの評価値)} \\ & \quad + \text{(高付加価値化の評価値)} \end{aligned}$$

②故障リスクに関する評価方法

本研究では、発生の可能性として「耐用年数経過率」「異常の有無」、被害の大きさとして「故障時の影響」「冗長性」を設定し、各々を点数化した後、次式により故障リスクの評価値を計算する方法を紹介した。

$$\begin{aligned} & \text{(故障リスクの評価値)} \\ & = \{ \text{(耐用年数経過率)} + \text{(異常の有無)} \} \\ & \quad \times \text{(故障時の影響)} \times \text{(冗長性)} \\ & \text{ただし,} \\ & \text{(耐用年数経過率)} \\ & = \text{(使用年数)} / \text{(標準的耐用年数)} \end{aligned}$$

③高付加価値化に関する評価方法

高付加価値化の評価値は現状や見通しに応じて当事者が自由に設定することとした。但し一般的には、高付加価値化が更新要因として支配的でないことに留意する必要がある。

④更新時期の設定

中期計画の更新時期の設定は、更新優先度の順に、最適更新範囲ごとに行うものとした。さらに、将来の予算枠や平準化を考慮する必要性について述べた。更新優先度の計算に用いる点数の設定例を表-2に示す。

表-2 計算用点数の設定例

耐用年数経過率	異常の有無	故障時の影響
201%~	16 あり	10 揚水に支障 6
181~200%	15 (異音、絶縁劣化等)	高級処理に支障 5
161~180%	14 なし	1 汚泥処理に支障 5
141~160%	13 冗長性	再生水供給に支障 5
121~140%	12 なし	1 高度処理(再生水以外)に支障 4
101~120%	11 あり	0.5 制御電源が停電 3
100%	10 (二重化等)	自動制御に支障 2
~99%	1 高付加価値化	監視制御システムに支障 2
異常の有無	高機能化が待望される	10 施設管理に支障 1
あり (異音、絶縁劣化等)	機会があれば高機能化したい	5
	現状のままで問題ない	0
なし	1	

表-3 高付加価値化技術の例

高付加価値化の内容		事例
維持管理性	操作視認性	・マルチモニタ監視装置 ・大画面表示装置
	保守性	・受変電回線改善 ・複合型デジタル保護リレー ・無試薬式残留塩素計
省スペース性		・キュービクル形 ガス絶縁開閉装置 ・薄型高圧配電盤 ・多機能型コントロールセンタ ・マルチコントローラ
省エネルギー性		・高効率変圧器・電動機 ・新エネルギー設備 ・省エネルギー制御装置 ・回転数制御機器
環境性能		・SF6ガスフリー配電盤 ・環境対応型変圧器 ・環境配慮型配電盤

4) 事業実施計画

事業実施計画では、中期計画上で直近5年間程度の期間に更新を迎える設備を対象に、更新内容と時期を最終決定する。

3.5 設備の高付加価値化

下水道施設の電気設備が関係する問題点を整理し、解決手段となりうる高付加価値化技術の効果や留意点等を紹介した。主な例を表-3に示す。

4 まとめ

本研究では、下水道電気設備をとりまく現状の課題や電気設備の特性を踏まえて、電気設備の更新計画を作成する際の考え方を検討し、技術資料にとりまとめた。

本格的な改築の時代を迎えつつある中、電気設備の劣化状況の把握の難しさ等の要因もあり、電気設備の更新に関する議論は、それがもつ機能の重要性に比して不足していると考えている。今後各自治体等において電気設備の更新を計画される際に、本技術資料がその一助となることを願う次第である。