

# LCCを考慮した設計・施工について

平成18年3月30日

社団法人東京下水道設備協会

## はじめに

下水道設備は下水処理において重要な役割を担っており、常に適切に機能することが求められている。下水道局の設備機器は法定耐用年数を達しているものが多くなっている現況で、再構築工事は主要事業の一つに位置づけられている。設備のライフサイクルは初期故障期、偶発故障期、磨耗故障期を経て寿命に達するので、適切な維持管理及び適時な更新又は再構築をすることが不可欠である。

昨今の厳しい下水道財政状況からライフサイクルコスト（以下「LCC」という）を求めて、客観的かつ経済的に更新することは予算執行の平準化を図り、設備機器の機能維持・改善に必要である。そのためには設備機器のLCCの最下点を伸ばすことが求められる。その手法には①建設費の削減、②維持管理費の削減、③LCCを考慮した施工、④機器の長寿命化等が有効な手段である。特にLCCは維持管理の良否に大きく左右されるため、維持管理データの統計的把握とその分析を行い、効果的・効率的維持管理が基盤である。しかし、品質・信頼性を考慮しない建設費削減はかえってLCCを増加させる要因ともなるので留意しなければならない。

一方、LCCを追求することは循環型社会の持続的な形成・発展、地球環境の保全につながるコンセプトでもある。そこでLCCを考慮した設計・施工では建設費削減においても、環境に優しい機器としての視点で機器の3R促進、省エネルギー（以下「省エネ」という）・CO<sub>2</sub>の削減及びユーティリティの少ない機器への配慮、時には費用の増加もあるかも知れないが、あえて考慮した。さらに新たな課題の対応については技術開発の促進が必要不可欠であり、技術開発が発注者、請負者の双方にとって活力を生み出す源になるので、あらゆる面から技術開発が要請されるが、LCC面に限定して検討をした。

これらの視点に立ち、当協会は既存「下水道設備のLCC検討書」の第2段として「LCCを考慮した設計・施工」の委員会と長寿命化の検討会を別途に立ち上げて、その成果も活用しまとめたものである。

## 第1章 LCCの概念

LCCとはシステムの誕生から廃棄に至るまでの総コストを意味するものと、システムの再構築（更新）に関わる経済的評価指標を意味するものの二とおりがある。ここでは、混乱を防ぐため、前者をランニングLCC、後者を更新LCCと呼ぶことにした。ランニングLCCとは、どちらかといえばLCA(ライフサイクルアセスメント)を分析するのに有効とされている。更新LCCは下水道設備の

更新、又は再構築する時期を経済的な視点から判断する技法として、国土交通省下水道部にて採用された手法で、設備の老朽度は物理的要因、機能的要因及び経済的要因につき個々の設備を評価する。LCCは経済的要因を評価する重要な指標である。

ランニングLCC及び更新LCCの概念は図1-1のとおりである。また、具体的にはLCCの意義、算出法、及びLCCにも課題があるのでそれらを整理した。

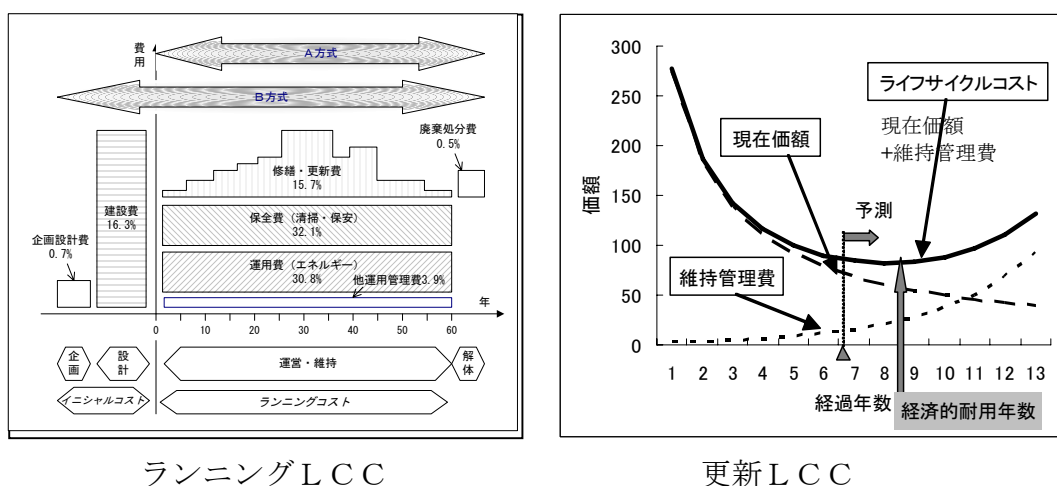


図1-1 LCCの概念図

## 1. 1 意義

設備の運転に伴う維持管理費は設備の老朽化に伴い増加していく傾向にある。運転及び保全にかかる費用と更新にかかる費用を算定して、総合的に経済性を評価することで建設投資の意思決定をコスト面から選択肢とするのがLCCである。また、設備の維持管理が適切に行われたかの重要な判断要素でもある。

LCCの意義は、設備寿命の間に発生する総費用を最小化する点にある。建設費はLCCの総費用のごく一部に過ぎないと考えたとき、建設・維持管理の各費用には①建設費は高価だが維持管理費が安価、②建設費は安価だが維持管理費が高価であるという関係が発生する場合がある。

維持管理費を下げるためには、省力化、省エネ等により高度な技術を要するため建設費が高価となる場合がある。従って、建設費と維持管理費との間にトレードオフ関係が発生し、LCCの総費用として、どちらが安価であるかを評価する必要がある。また、LCCを有効に活用するには下水道の資産管理、投資計画、財務管理等を分析して財政計画の一環として位置付けることが肝要である。LCCからは次

のようなことが分析可能である。

- 1) 法定耐用年数における維持管理費をLCCとしてわかれば、維持管理の適否を知ることができる。維持管理費のどの項目の縮減を行うべきか、否かの判断根拠にすることができる。
- 2) 維持管理費に加え、将来再構築時に発生する解体・廃棄までを含めた費用を予測ができれば、寿命がきた時点で、経済的寿命となるかを分析し、更新、又は再構築の必要性を判断する根拠となる。
- 3) 再構築する設備についてはLCC上の評価が行われれば、既設備が現時点で有効なシステムであるか、又は新たなシステムを導入するための判断材料とすることが可能である。
- 4) 設備の寿命は物理的、経済的、機能的、社会的要因から発生する。このため設備は更新、又は再構築の必要が生じる。物理的、機能的、社会的要因に対して、経済的要因は明らかに寿命として確定しづらい面がある。しかし、LCCが分かれば経済的な価値基準として、将来予測を含めた判断が可能である。
- 5) 一方、LCCは新たな事業の政策決定や事業運営のため、さらに技術開発及び設備を設計・製作するための重要な指標となる。また、社会資本の運用・管理で導入が検討されている「アセットマネジメント手法」の有効かつ重要な検討項目の一つになる。

## 1.2 算出法

LCCは現在価額と維持管理費を加算した金額である。図1-1に示すように各費用は次のようになる。経済的耐用年数はLCCの最低時点である。

### (1) 算出式

#### 1) 現在価額

現在価額は対象とする設備、又は設備群の減価償却後の金額（図は定率法の例）である。すなわち、現在価額＝取得価額－該当前年までの減価償却累計額

①減価償却の方法は定率法と定額法があり、償却率は耐用年数により税法で定められている。

#### 2) 維持管理費

維持管理費は改良費、補修費等の維持管理に要した費用である。維持管理費の予測は現在時点（図1-1の▲）以降の維持管理費を予測する。現在価額は決められた減価償却法によって将来の価額を算定する。

維持管理費の予測式： $C = a e^{bt} \rightarrow \log C = \log a + bt \cdots (1)$

ただし、 $a, b$ ：定数、 $t$ ：経過年数

両辺の  $\log$  をとると、式 (1) の後半のように一次線形の形となり簡単な回帰式にあてはめることができる。

## (2) 現在価額の算定

- 1) 現在価額は現時点 (年度) における資産価値 (帳簿価額) であり、取得価額より該当年度までの減価償却累計額を差し引いたものである。減価償却の方法には定率法と定額法があるが、東京都下水道局では定額法を採用している。
- 2) 定額法の減価償却の算定は取得価額の 10% を残して、法定耐用年数で除した額の金額で償却する。

## (3) 維持管理費の算定

### 1) 前提条件

維持管理費は設備の運転及び維持にかかわる動力費、薬品費、上水使用料金等のユーティリティ経費及び人件費、処理作業費、設備補修費・改良費である。LCC では次の理由により設備補修費と改良費を対象としても十分である。

- ①設備の維持・向上の方法には補修、改良、更新及び再構築工事があるが、更新及び再構築費用はLCCの算定結果から設備の新設、又は取替えの手法であり、既施設と別に新たな固定資産を生み出すものなので除外する。
- ②ユーティリティ経費と人件費は設置当初の設備の性能に左右され、原則として表 1-1 に示すように耐用年数の間には一定の費用がかかる。大きな変化がないが、計算上は加味する。改良工事等で常にこの費用を削減することは重要である。
- ③人件費 (運転・保全要員等) は維持管理費の中で大きなウエイトを占めるので、LCC の活用方法によっては当然考慮されなければならない。
- ④施設の撤去費用はLCCの算定時に考慮すべきである。

表 1-1 に維持管理費比率の例として区部水再生センターの水処理経費の構成比を示す。

表 1-1 東京都区部水再生センターの水処理経費の構成比 (単位: %)

| 項目     | 平成 8 年度 | 平成 10 年度 | 平成 12 年度 | 平均   |
|--------|---------|----------|----------|------|
| 人件費    | 40.6    | 43.2     | 41.8     | 41.9 |
| 薬品費    | 1.8     | 1.2      | 1.2      | 1.4  |
| 動力費    | 27.6    | 26.7     | 27.8     | 27.4 |
| 運搬請負費  | 1.1     | 1.4      | 1.1      | 1.2  |
| その他請負費 | 26.8    | 25.4     | 25.6     | 25.9 |
| その他    | 2.1     | 2.1      | 2.5      | 2.2  |

## 2) データの分析

LCCの対象範囲には単体機器、システム単位、あるいは設備群ごとが考えられる。LCCの適否は維持管理データを時系列に正確かつ適切に整理・保存することに左右されるといっても過言ではないので、データの分析は重要である。

データの分析には次の点を考慮することが必要である。

- ① LCCは長期間にわたって分析するので当初どのように分類・整理したか、その後補修、改良費用もそれに合わせて整理することが大切である。
- ② 機器の故障報告書、工事経歴等の基礎データの集積・保存は不可欠である。
- ③ 当初の取得価額の整理はどうするかである。すなわち、取得価格では単体機器に分割できれば良いが、共通機器があるため厳格な分割はできない面もある。
- ④ 監視制御設備は監視制御設備を一つのシステム単体として扱う方が合理的である。もちろん、CRT等で容易に分解可能なものは単体機器として扱うのが良い。
- ⑤ 単体機器では維持管理費を算出しても、主ポンプ設備のように所定の期間に補修・改良工事が少ないため、維持管理費の予測が正確でない場合もあるので、同一ポンプ所の主ポンプは設置年度を基準に主ポンプ設備群で分析するのが好ましい。

## 3) デフレーター

デフレーターとは基準年の価額で比較年と同じ数量を買うのに要するための係数である。すなわち、基準年の価額と比較年の価額が等しければデフレーターの値は1である。名目値を実質値に換算するための一種の物価指数である。実質値とは基準年の価額で比較年と同じ数量を購入するのに要する金額である。時代の変化に伴い物価の変動が激しい時には、LCCの精度をあげるためにはデフレーターを採用すべきであろう。一般的に価格変動が激しい以外はデフレーターを採用していない。デフレーターには建設工事費デフレーター、個別工事種類のデフレーター、総合工事種類のデフレーター等がある。

# 1.3 LCCの課題

## (1) 発注者と請負者の役割

### 1) 発注者の役割

- ① 建設費及び維持管理費の削減のためは、LCCを考慮して下水道事業や設備の計画を策定することが不可欠である。まさしく発注者の役割である。また、技術を重視した性能規定等を加味し、LCC要因で規定した発注条件の確立は有効な手段である。

②重要なことは費用削減を重視するあまり、新技術の採用や設備機器の機能向上を阻害することがあってはならない。発注者の業務である適切な運転管理、保守点検等の維持管理には経費削減に努めている。

③LCCを適切に評価するためには、時系列かつ系統的データベースの確立が不可欠である。

## 2) 請負者の役割

①設備機器の建設費及び維持管理費の削減には、ハード部分に主導的に関与できる請負者の役割が大きい。基本的には機器の信頼性及び品質確保を発揮しながら、費用を削減しなければならない。

②設備機器の仕様等については発注者に左右されるが、日進月歩で進化している設備機器の新たな価値を生み出すために、たゆまぬ技術開発が必要である。LCCだけではなく総合的な視点から新技術について発注者に提案することは、設備技術はもとより、下水道事業の発展のために請負者の大きな使命である。

③設備の性能・安全性等の付加価値の増加と費用とのトレードオフの関係を評価し対応していかねばならない。

## (2) LCCの課題

LCCの評価は維持管理費をどのように把握できるかである。LCCのシステムでの評価は、ある時点でのLCCを経済的LCCとしている。しかし、それ以降の維持管理費は統計的手法による予測値である。従って、今後の予測値の精度をいかに高めるのが、大きな課題である。

# 第2章 LCCを考慮した設計・施工

## 2. 1 設計・施工の前提

LCCは前述したように建設費と維持管理費に左右されるので信頼性、安全性及び性能維持等を確保しながら、建設費及び維持管理費をいかに削減されるかである。また維持管理費の削減にはLCCを考慮した施工も大切である。

### (1) 対象設備

LCCは前述したように設備を単体機器、システム、設備群等で分析されるが発注者及び請負者ともに設計段階では単体機器を基本として対応するのが良いと思われる。今回は設備の特色が現れる次の設備を対象にした。

- 1) 機械設備は①沈砂池設備、②主ポンプ設備、③沈殿池設備、④送風機設備、⑤曝気槽設備 ⑥砂ろ過設備、⑦脱臭設備、⑧脱水設備、⑨焼却設備である。
- 2) 電気設備は①受変電設備、②自家発電設備、③動力設備、④無停電電源設備、⑤監視制御設備、⑥遠方監視制御設備である。

## (2) 設備機器の耐用年数

現在の設備機器の寿命は法定耐用年数以上に長いものがあるが、基本的に寿命は適切な維持管理を実施の上、現在の法定耐用年数以上を維持する。

## (3) 現状設備の分析

LCCを考慮した設計・施工のためには現状設備の故障状況、維持管理性等の要因や建設費及び維持管理費等の費用が大きく左右する箇所の分析をするのが好ましい。特に個々の設備固有のウィークポイントの把握・分析が大切である。

## (4) 長期的視点での配慮

LCCを考慮した設計には長期的視点から将来の再構築時の更新の容易性、機能の向上等を考慮すると同時に地球温暖化防止対策をはじめ、3Rの促進など環境に優しい設備・機器の配慮が求められる。

## (5) 建設費と維持管理費との関係

建設費の削減となる機器の簡素化を行った結果、ユーティリティ使用量の削減、すなわち、維持管理費の削減にもつながる場合もある一方で、維持管理性を向上させる機器や装置は逆に建設費は高くなるケースも考えられる。例えば、自動化等により省力化やユーティリティを削減する場合等である。従って、建設費、維持管理費のトータルで削減効果の検討が必要である。

機械設備は単体機器として個別に比較ができやすい。電気設備はシステムとして機能している部分が多いので単純に比較ができない部分がある。なお、以降では記載の便宜上、建設費削減、維持管理費削減に分けて記述している。

## 2. 2 建設費の削減

建設費の削減には発注者の役割が大きく左右されるので、発注者と請負者との効果的な打ち合わせが必要で、発注者の意図をよく理解することが必要不可欠である。

しかし、LCCを考慮した設計・施工には昨今の社会状況に鑑み、環境に優し



い機器の採用も考慮されなければならない。このためには新たな価値が必要であるため、建設費及び維持管理費の削減が難しいことも想定される。一方、建設費削減の検討項目としては図2-1に示す。

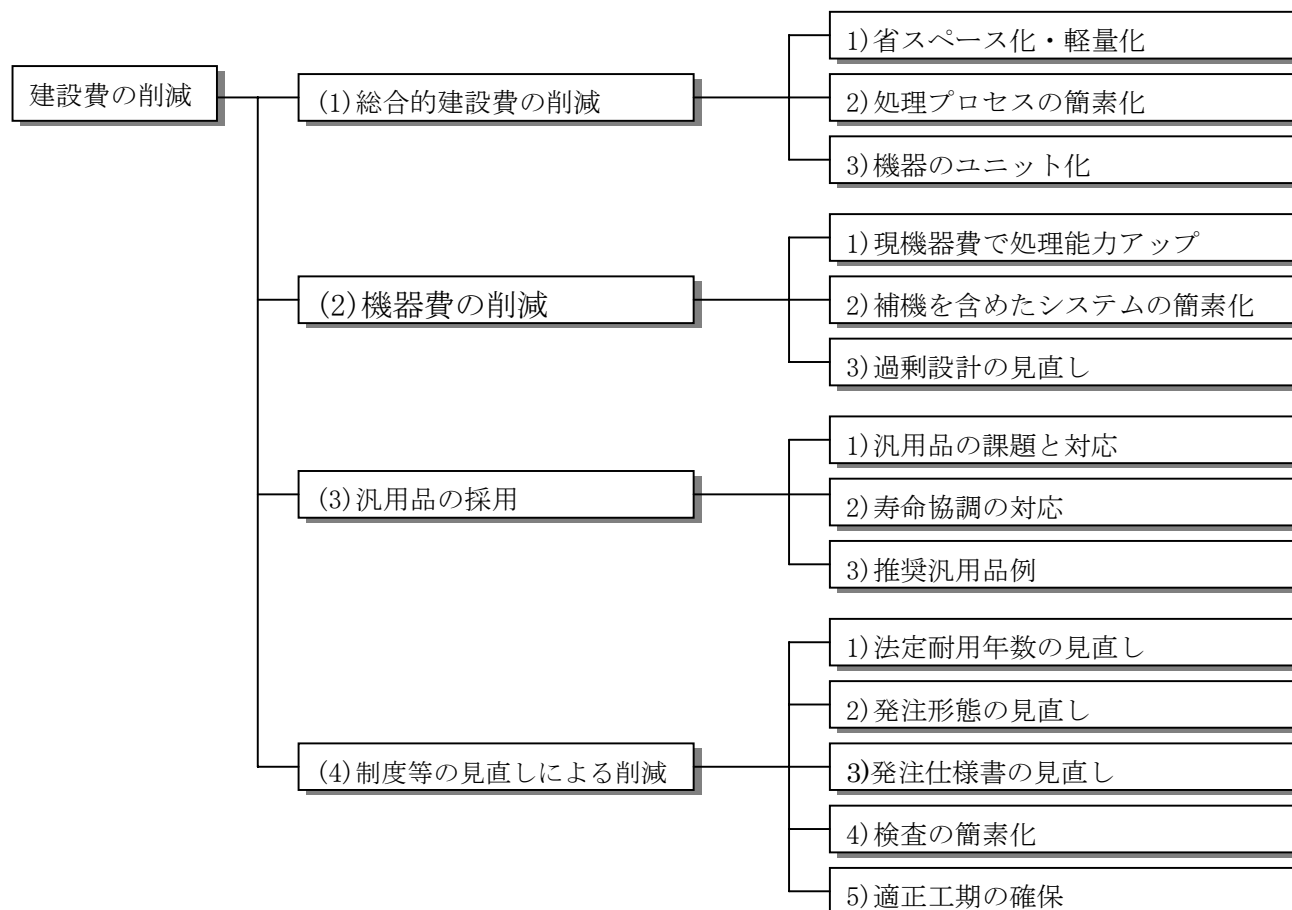


図2-1 LCCを考慮した建設費削減の検討項目

## 2. 2. 1 建設費削減のポイント

建設費の削減ポイントは、諸々あるが図2-1に示すように(1) 総合的建設費の削減、(2) 機器費の削減、(3) 汎用品の採用、(4) 制度等の見直しによる削減の視点が想定される。各項目の中で重複しているものもあり、各設備によっては対応が異なるところがあるので、代表例を明示した。なお、詳細は資料-1に機械設備を資料-2に電気設備の建設費の削減例を、また、その解説を資料-1-1及び資料-2-1をご参照願いたい。

## (1) 総合的建設費の削減

土木・建築施設の縮小及び簡素化を含めた総合的建設費の削減に貢献できるか幅広く検討する。具体的には①省スペース化・軽量化、②処理プロセスの簡素化、③機器のユニット化の項目をアプローチの視点とする。

### 1) 省スペース化・軽量化

省スペース化は機器の高さ、設置面積等を検討して省スペースになるかを検討する。また、機器の軽量化を図り、省スペース化及び低荷重に貢献する結果、建物の大きさ、強度に大きく影響する。機能向上しても軽量化に努め、荷重は大丈夫かをチェックする。例えば、

◎**機械設備**：省スペース化には、①ジェットポンプによる機器構成で省スペース化、②主ポンプ駆動用原動機を横軸ディーゼルエンジン（D E）から縦軸ガスタービン（G T）への変更、③覆蓋等による原臭気発生量の削減及び原臭濃度に応じた脱臭設備、④散気水深及び必要空気量の見直し、⑤ポンプ所の天井クレーンレス化、⑥マルチタイプ連続移床式、⑦超高速凝集沈殿池、⑧循環流動炉の採用等である。  
また、軽量化には、⑨往復動型沈殿池設備、⑩樹脂チェーン及び樹脂製タンク類の採用等である。

「①ジェットポンプによる機器構成で省スペース化」：沈砂ピット内に設けたジェットポンプに、ポンプ井より取水した圧力水を送り、生じる吸引力で沈砂を吸い上げ流体移送することによって、省スペース化をできる。

「②主ポンプ駆動用原動機を横軸ディーゼルエンジン（G E）から立軸ガスタービン（G T）への変更」：横軸から立軸に変えることによって設置スペースと床荷重を低減できる。

「④散気水深及び必要空気量の見直し」：深層曝気の採用により散気装置設置面積の低減及び空気量の低減が図れ、送風機の容量低減も図ることができる。

「⑥マルチタイプ連続移床式」：ろ過装置下部をコンクリート構造物と一体化し、マルチモジュールとした砂ろ過装置である。

「⑦超高速凝集沈殿池」：マイクロサンドと凝集剤を添加し、沈降速度の速い大きなフロックを形成させることで、高速で固液分離を行う。

◎**電気設備**：省スペース化には①縮小型G I S、②高密度実装スイッチギヤ（S W G R）及びコンビネーションスタータ（C O M B）の採用、③二重母廃止による小型化等である。また、軽量化には④ディーゼル発電設備からガスタービン発電設備化による軽量化等である。

- 「①縮小型GIS」：新技術の導入と、ともに各機器の最適配置と電界・構造等の解析技術の精度向上により、従来機種に対し省スペースができる。
- 「②高密度実装スイッチギヤ及びコンビネーションスタータ」：VCB等使用部品の小型化及び母線被覆化し必要絶縁離隔距離の改良により小型化し、省スペースができる。
- 「③二重母線廃止による小型化」：二重母線廃止によりVCB等を多段積みにより、面数を削減することで、省スペース化ができる。

## 2) 処理プロセスの簡素化

処理プロセスの簡素化は費用削減に大きな効果がある。時には土木施設等の考慮も必要であり、設備サイドで難しい面があるが、設備機器の簡素化や単純化に直結するので重要である。例えば、

◎**機械設備**：①第一沈殿池の基準の見直しで小規模化、②膜分離活性汚泥法の採用  
③オゾン、超音波等による汚泥の減容化及び直脱水システムの採用  
④焼却設備の白煙防止の廃止等である。

「②膜分離活性汚泥法」：活性汚泥反応タンクに分離膜を設け、処理水を膜ろ過によって得る方法。第二沈殿池を不要とすることができる。

「③オゾン、超音波等による汚泥の減容化及び直脱水システム」：汚泥減容化装置により発生汚泥量を削減すると共に、直接脱水システムを採用することで、汚泥処理プロセスの簡素化を図る。

「④焼却設備の白煙防止の廃止」：焼却設備から主に冬季や雨天時に発生する白煙は水蒸気であり、本来は無害である。従って、白煙防止を廃止し、焼却プロセスの簡素化を図る。

◎**電気設備**：処理プロセスの簡素化はなじみにくい。

## 3) 機器のユニット化

機器のユニット化は機器の互換性の向上や現地組立の容易化等のためにも検討する。例えば、

◎**機械設備**：①機器付属配管及び弁類のユニット化、②機器のシーリングレス及びオイルレスで補機の削減、③ケミカルアンカーの採用拡大、④溶接構造の指定緩和でフランジ接合等である。

「③ケミカルアンカーの採用拡大」：機械基礎などのアンカーは、原則として、箱

抜き施工及び躯体筋との結束、又は筋溶接が必要となっている。これらの施工は、ケミカルアンカーの施工と比べて工数がかかりコスト高となっている。ケミカルアンカーの採用拡大を図ることにより、機械基礎等のアンカー施工が容易となり、施工工数・施工期間が低減できる。

「④溶接構造の指定緩和でフランジ接合」：鋼材類の接合を溶接からフランジ・ボルト接合にすることで、現場溶接を低減し、プレハブ化を進め、施工工数、施工期間を低減することができる。

◎電気設備：①コントロールセンタの採用、②V C B等の引き出し型機器の採用、③G I S採用によるユニット化等である。

「①コントロールセンタ」：配線用遮断器や電磁接触器等をユニット化することにより、互換性を向上する。

「②V C B等の引き出し型機器」：不具合発生時や緊急時に、不使用フィーダとの交換が容易である。

「③G I S採用によるユニット化」：G I S採用により、現地組み立てを容易化できる。

## (2) 機器費の削減

機器費の削減は永久の課題であり、請負者は常に互いに差別化を図りコストダウンに挑戦している。機器費の削減にはあらゆる要因が絡み、時には信頼性向上及び品質確保のためにアップする場合もある。

検討項目には省エネルギー（以下「省エネ」という）、ユーティリティ少ない機器等は、機器費の削減に大きく左右するが、後述の2. 3. 2項の環境に優しい機器で検討しているので、そちらを参考にしていきたい。

### 1) 現機器費で処理能力アップ

現状の機器費で信頼性、安全性、メンテナンス性、能力及び性能アップの可能性を検討・促進する。処理能力をアップしても結果的には建設費の削減になるようにする。コストダウンは非常に厳しい条件であるが、コスト要因を分析して、V A・V E技術の活用や設計、製造、検査、購買業務等にI T化を積極的に導入し、管理コストの削減と購入部品のコストダウンに対応する。例えば、

◎機械設備：①K D Dポンプの採用、②メンブレン式散気装置等高性能機器の採用  
③新機種濃縮機との組み合わせで高濃度脱水の採用等である。

「③新機種濃縮機との組み合わせで高濃度脱水」：ベルト式、ハニカム式等の新型濃縮機により汚泥濃度を向上させて脱水を行うことで、脱水機的能力アップ

を図る。

◎電気設備：①マルチ保護リレーの有効活用、②計測・操作・通信機能の一体的適用等である。

「①マルチ保護リレーの有効活用」：単一リレーの機能を集約化したマルチ保護リレーを採用することにより、性能アップが実現できる。

「②計測・操作・通信機能の一体的適用」：マルチ保護リレーの機能を最大限に活用することで、機器費の低減が可能である。

## 2) 補機を含めたシステムの簡素化

システムの簡素化は難しいところであるが、建設費及び維持管理費に大きく貢献するので、この視点から検討をする。簡素化の視点としてユーティリティ使用機器を見直して、ユーティリティの削減や廃止が可能か否かを検討する。例えば、

◎機械設備：①架台類の見直し、②主ポンプの無注水化による補機の削減、③強制給油装置のユニット化、④マルチタイプ連続移床式による補機類の低減等である。

「③強制給油装置のユニット化」：強制給油装置の給油装置本体はユニット化されているが、付属機器、配管等を、現場施工から極力、工場製作でユニット化することにより、現場施工期間が短縮できる。

「④マルチタイプ連続移床式による補機類の低減」：コンクリート構造ろ過池形式のマルチモジュールタイプとすることで、省スペースとシンプルな機構を特徴とした、大容量処理に適した装置である。

◎電気設備：①リレーレスシステムの採用等である。

「①リレーレスシステム」：シーケンサ、入出力装置等で、ワイヤードロジック回路からソフトウェア化することにより、補助継電器盤がなくなりシステムの簡素化が実現できる。

## 3) 過剰設計の見直し

信頼性、安全性、耐久性のため余裕率等は必要以上の過剰設計かどうかを検討する。このことは発注者側でも検討する項目と思われる。特に機械設備の動力計算、耐久性の安全率が過大になっていないかに気をつける。例えば、

◎機械設備：①雨天時流入水量と沈砂量設定の適正化、②稼働率・予備機を最小

限にする、③脱臭出口の規制値の見直し、④汚泥性状変動範囲を小さくする等である。

「③脱臭出口の規制値の見直し」：脱臭装置出口規制値を濃度規制から強度規制に変更し、嗅覚の実態に併せて設計を行う。また、出口規制ではなく、敷地境界での規制とし、脱臭装置の設計仕様を緩和する。

◎電気設備：①機械予備に対して電気設備はバックアップ回路はなし、②変圧器の容量計算を実負荷容量とする等である。

「①機械予備に対して電気設備はバックアップ回路はなし」：機械設備で予備機を有するものには、さらなる電気回路でのバックアップは不要とする。

「②変圧器の容量計算を実負荷容量とする」：実負荷容量で変圧器定格容量を決定することで、過剰な余裕率を考慮せず実態に合った変圧器容量とする。

### （３）汎用品の採用

汎用品は低コストで納期が短い、故障時に代替品の調達が容易（ただし、製造中止の場合はこの限りではない）、一般的には製品寿命及び市場寿命が短い、要求機能がマッチしない場合等の特徴がある。

汎用品は大量生産で生産・機能について製造会社に自由度があるので、コストは下水道指定の設備機器より安価になっている。このため、コスト縮減から汎用品の採用が要請されている。一方、多くの汎用品には公共工事特有の管理仕様（構造指定、材質指定、塗装指定、検査記録等）が十分に満足されないため、そのまま下水道設備に採用すると思わぬトラブルに遭遇して短期間に機能・性能劣化の可能性が危惧される。しかし、コスト面のメリットを考えれば、導入に当たっての課題や寿命協調の対応等を整理した上で、汎用品の採用を期待すべきである。

#### 1) 汎用品の課題と対応

導入に当たっては次のような課題を整理した上で、汎用品の良さを生かして積極的に採用するようにする。例えば、汎用品の管理には汎用品の台帳を作成し、採用場所及び機器を明確化する。また、多くある汎用品には予備汎用品を確保し、故障等の緊急対応に万全を期する。また、万一のことを想定して汎用品メーカーとのアフターサービス体制の充実と要求図面（図面、試験成績書等）の提出が難しい場合には、どう対応するかである。

## 2) 寿命協調の対応

汎用品の弱点である寿命については既存の機器仕様に対して、汎用品の寿命と性能は、これを是として、汎用品の特徴を評価した上で採用しても支障が生じないプロセス及びシステムに採用するようにする。

## 3) 推奨汎用品例

汎用品の課題と対応を検討の上、汎用品としては次の設備・機器が推奨される。

◎**機械設備**：①汎用小型ポンプ、②汎用コンプレッサー、③除湿機、④汎用弁類等である。

◎**電気設備**：①電源ボックス、スイッチボックス、②汎用UPS、③監視モニター、ネットワーク機器（ただし、適用にあたってはネットワーク設定等の基準が必要）、④監視用プリンタ、⑤MO等周辺機器、⑥OA用パソコン、⑦計装用サンプリングポンプ等である。

## (4) 制度等の見直しによる削減

設備機器で、制度や仕組みの見直しによる費用削減は、主に発注者で対応しなければならない面があるが、その効果は大きく期待できる。

### 1) 法定耐用年数の見直し

設備機器は運転状況や環境条件によって耐用年数が考慮されるべきである。現在の法定耐用年数は長いので実態に即した見直しが必要である。

例えば、間欠運転の例として雨水ポンプ等がある。製造会社の耐用年数の例を資料—3に示す。

### 2) 発注形態の見直し

最近の入札状況を見ると実績を加味した技術評価よりも、価格優先の傾向がみられる。このことは建設費の削減に貢献しているようになるが、信頼性及び品質確保が懸念される。

現在、公共工事の品質確保促進に関する法律（品確法）が施行されて技術評価の契約制度が検討されているので、早急に法の趣旨を加味した発注形態の見直しが必要である。また、性能発注や将来的には、機器の調達方式としてリース契約も検討に値するであろう。

### 3) 発注仕様書の見直し

設備機器は発注仕様書で制限・拘束される部分があるので、機器費の削減を阻害しているようなものは、見直しを提言し改善していくものとする。

例えば、細やかな構造仕様等を少なくして性能発注で補完するようにする。

### 4) 検査の簡素化

法的検査や項目が規定されているものは、工場の立会い検査を簡素化する。また、現場では ISO9000 s の認定請負者には現場検査及び提出書類を簡素化する。

### 5) 適正工期の確保

適正な工期が確保されていないと、機器や工事の品質が確保されない可能性が高く、結果としてコストアップの要因となる。また、発注された製品を製作することに注力されることとなり、VE提案など工事中での性能向上、費用削減に対する十分な検討ができなくなる。

## 2. 2. 2 環境に優しい機器

環境に優しいプロセス・機器の視点は機器を設計する場合には費用削減だけではなく、循環型社会の潮流に対してリデュース、リユース、リサイクル等の3R化を求められている。地球温暖化防止対策等の環境面への貢献は、LCCを検討する上で重要なものである。これらは必ずしも費用削減に直結しない場合もある。環境に優しい機器の検討ポイントは図2-2に示すように(1)機器の3R促進、(2)省エネ・CO<sub>2</sub>の削減、(3)ユーティリティの少ない機器である。



図2-2 環境に優しい機器の検討項目



## (1) 機器の3R促進

### 1) 産廃の削減

設備機器には貴重な資源が使用されているので、将来的に機器の分解を容易にして資源を分別できるように配慮すると同時に、処分に優しい部材の使用等を考慮する。撤去時には産業廃棄物（以下「産廃」という）が少なくなるようにして（リデュース）環境に優しい機器を目指す。例えば、

◎**機械設備**：①特に焼却炉大型プラントの解体の容易化、②消耗部品の削減、③エコ製品の使用等を図る。

「①焼却炉等の大型プラント解体の容易化」：焼却炉の缶体・耐火物とともに分割可能なユニットとして設計・施工を行っておくことで、解体を容易にする。

◎**電気設備**：①自然分解可能な材質や製品採用、②オイルレス機器の採用、③小型化・軽量化製品の採用による処分量の削減等である。

「①自然分解可能な材質や製品」：例えば、シリコン液等の変圧器用絶縁材を使用する。

「②オイルレス機器」：モールド変圧器、ガス絶縁コンデンサ等のオイルレス機器を採用する。

「③小型化・軽量化製品」：小型化・軽量化製品の採用により、産廃量を削減する。

### 2) リユース、リサイクルの促進

機器をリユース、リサイクルするには機器の寿命、性能維持から難しい面がある。しかし、発注者の意向によるが、今日、リサイクルの可能性を検討することが求められている。よって、発注者の意向により、使用期間、重要な機器かを判断してから、リサイクルが可能か、否かを検討する。また、部品等についても同様な検討をする。例えば、

◎**機械設備**：①エコ製品、樹脂製品、ステンレス部品の採用、②潤滑油、樹脂製覆蓋、砂ろ過の砂、再生ろ布等の再使用等である。

◎**電気設備**：電気設備は機能維持、寿命からリユースやリサイクル自体が難しい。しかし、再構築等で不要になったもので、法定耐用年数が残っている機器は、他設備へ再利用することが考えられる。

## (2) 省エネ化、CO<sub>2</sub>の削減

地球温暖化防止対策のためには、省エネ化の促進とCO<sub>2</sub>等の温室効果ガスの削

減と、一歩進んでクリーンエネルギーの導入を検討する。特に省エネ化は維持管理費の削減にも大きく貢献する。例えば、

◎**機械設備**：①回転速度制御の採用、②樹脂チェーン等軽量品による低動力化、③メンブレンパネル等酸素移動効率の高い散気装置の採用、④高効率モータ等高効率機器、又は省エネ機器の採用、⑤ロータリプレス、スクリュウプレス等の低動力機器の採用、⑥循環流動炉の採用、⑦高温焼却による $N_2O$ の低減等、温室効果ガスの発生抑制がある。

「⑥循環流動炉」：気泡流動炉に比べて流動に要する圧力が低くなるため焼却設備で最も大きな動力を要する流動ブロウ電動機容量をワンランク程度抑えることが可能であり、電力使用による $CO_2$ 量を低減することができる。

「⑦高温焼却による $N_2O$ の低減等、温室効果ガスの発生抑制」：焼却炉からは温暖化係数が $CO_2$ の310倍である $N_2O$ が発生するが、焼却温度を $850^{\circ}C$ 程度に高温化することで、 $N_2O$ 発生量を70%程度削減することが可能である。高温化により燃料使用量は増加するが、 $N_2O$ の低減効果が大きいことから $CO_2$ 発生量は低減することができる。

◎**電気設備**：①高効率機器・装置の採用、②クリーンエネルギーの採用等である。資料—4に環境に優しい機器例を示す。

「①高効率機器・装置」：高効率変圧器、高効率電動機等を積極的に採用する。

「②クリーンエネルギー」：太陽光発電、低落差水車発電、風力発電等の採用を検討する。

### (3) ユーティリティの少ない機器

電力は前項の(2)で述べているので、電力を除く用水、薬品、オイル等のユーティリティの少ない機器は、資源の有効利用及び維持管理の容易性と費用の削減に寄与する。また、地球温暖化防止対策にもなる。これらのユーティリティの削減を検討する。例えば、

◎**機械設備**：①オイルレス機器、②雨水ポンプ駆動用ガスタービン、③ディスクフィルター等、ユーティリティの少ない機器の採用等である。

「③ディスクフィルター」：回転ドラムに取付けられたディスクにフィルターカートリッジを装着し、原水はフィルターを内から外の方に通過しろ過される。従来の砂ろ過に比べフィルターの交換が容易であり維持管理費も安価である。

◎**電気設備**：①試薬を使わない水質計器、例えば、無試薬残留塩素計、②ガスタービン発電設備の採用による冷却水レス等である。

「①無試薬残留塩素計」：無試薬残留塩素計を採用する。

「②ガスタービン発電設備の採用による冷却水レス」：大量の冷却水を必要とするディーゼル発電設備に対してガスタービン発電設備とすることで、用水をなくすることができる。ただし、システム構成や工事範囲によるが、4,000～5,000kW以下の容量の場合はディーゼル発電機設備の方が経済的に有利な場合が多い。

## 2. 3 維持管理費の削減

維持管理費の削減には設備機器の寿命、信頼性、メンテナンス性、及び運転の容易化をはじめとして、電力、用水等のユーティリティ使用量等、ハード面に大きく左右される。一方、ソフト面である適切な運転管理や効果的予防保全は、寿命、信頼性の向上に大きく寄与する。従って、長期にわたっての維持管理費の削減にはソフト面での対応も重要である。維持管理費削減の検討項目としては図2-3に示す。

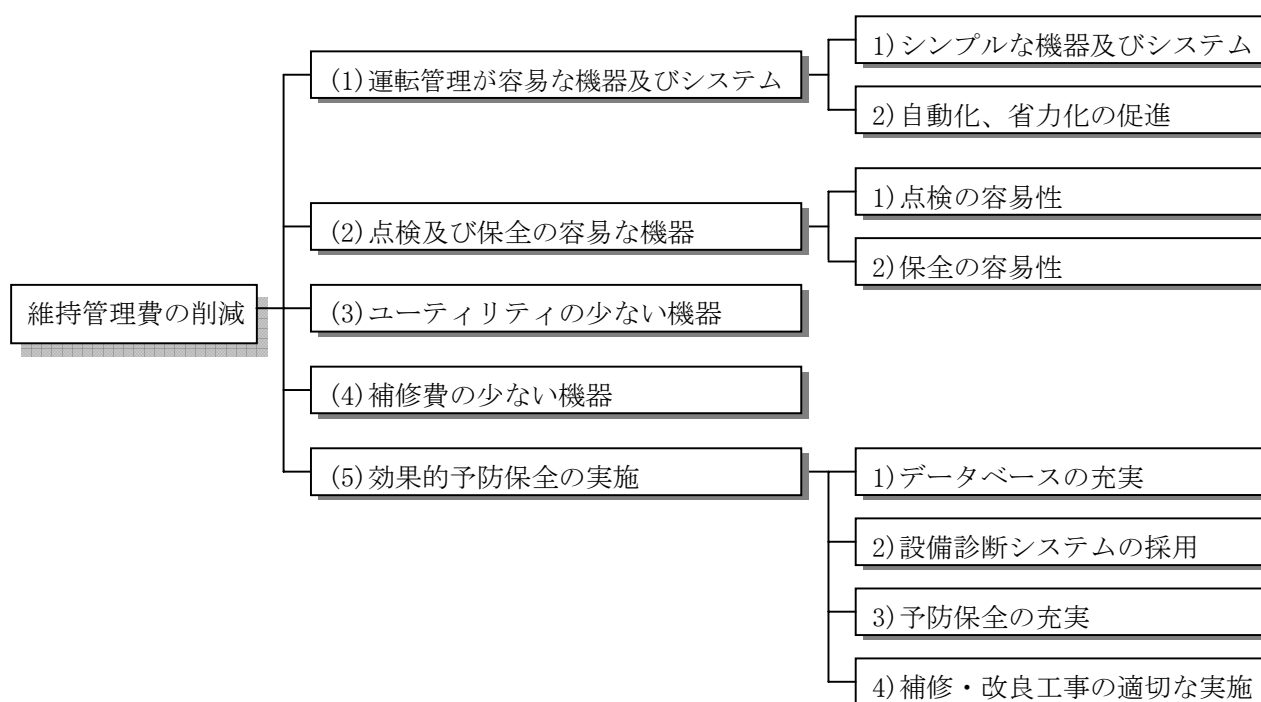


図 2—3 LCC を考慮した維持管理費削減の検討項目

### 2. 3. 1 維持管理費削減のポイント

維持管理費削減のポイントは建設費削減の項目でも表すことができるが、あえてわかりやすく(1) 運転管理が容易な機器及びシステム、(2) 点検及び保全の容易な機器、(3) ユーティリティの少ない機器、(4) 補修費の少ない機器、そしてソフト面での項目として、(5) 効果的予防保全の実施である。

削減の詳細は資料—5 に機械設備の維持管理費削減例を、資料—6 に電気設備の維持管理費削減例を示す。

## (1) 運転管理が容易な機器及びシステム

### 1) シンプルな機器及びシステム

運転管理が容易でシンプルな機器及びシステムは維持管理において基本的事項である。

そのためにはあくまでもシンプルな機器及びシステムに努め、自動制御システムの採用、さらに誤操作しても安全側に移行するフェイルセーフ機能を付加すると同時に、運転状況を適切に把握できる計測器等の設置である。例えば、

◎**機械設備**：①機器構成がシンプルなジェットポンプの採用、②ユーティリティの少ない機器を採用して補機を少なくする等である。

「②ユーティリティの少ない機器」：ユーティリティの少ない機器には、ポンプの無注水化、かき寄せ機の樹脂チェーン化、高効率モータ、インレットベーン付高効率ブロワの採用等がある。

◎**電気設備**：①広域監視システムの採用、②部品点数の少ない機器の採用等である。

「①広域監視システム」：複数の有人機場を集中監視することにより、無人化、省力化することができる。

「②部品点数の少ない機器」：改良型操作機構等を使った部品点数の少ない機器の採用により、保守点検作業の削減が可能である。

### 2) 自動化、省力化の促進

設備機器は自動化を促進して省力化ひいては無人化を図り、運転要員を少なくして維持管理費の削減に貢献する。そのためには、機器単体が自動運転も耐えられるような部品で信頼性の向上や異常が事前に判断できるように配慮する。例えば、

◎**機械設備**：①機械内部を直接観察・計測できる内視鏡の採用、②ICタグを用いた設備管理システム、③焼却炉砂補充の自動化システム等である。

「①機械内部を直接観察・計測できる内視鏡」：多機能内視鏡を用いて分解することなく内部の異常を把握して機器の健全度を把握する。

◎**電気設備**：①流入汚泥負荷の計測による曝気風量制御の精度向上等である。

「①流入汚泥負荷の計測による曝気風量制御の精度向上」：流入水質の把握によって最適な反応槽の自動制御が実現でき、維持管理の質が向上し、省力化につながる。

## (2) 点検及び保全の容易な機器

### 1) 点検の容易性

点検の容易な機器は効果的予防保全を実施するための基礎的な事項である。点検は当該機器が正常か否かを判定する作業であるから、容易に判定できるように機器の簡素化を配慮する。例えば、

◎**機械設備**：①主ポンプの無注水化による補機の削減、②脱水設備における薬品溶解設備のユニット化、③点検し易いように点検口の取付位置等を考慮した機器設計、④消耗部品のカートリッジ化等である。

◎**電気設備**：①計測器の設置やR A S機能の付加した機器、②乾式変圧器、③密閉型蓄電池、④ブラシレスモータの採用等である。

「①計測器の設置やR A S機能の付加した機器」：圧力や振動等の稼動状態の把握に必要な計測器を設置することで点検作業が省力化され容易になる。また、R A S (Reliability : 信頼性、Availability : 可用性、Serviceability : 保守性) を有する機器の使用は自己エラー検出、訂正、警報機能が可能となり、異常時の迅速な対応が可能となるため、保全点検員の負担軽減となる。

### 2) 保全の容易性

消耗部品や汎用品等の寿命の短い部位(部品)は交換の容易性や分解性の向上と部品の軽量化を図る。また、保全の容易性は施工上に関する面も左右されるので2.4項のL C Cを考慮した施工を参照願いたい。例えば、

◎**機械設備**：①汚泥かき寄せ機の樹脂チェーンの採用等である。

「①汚泥かき寄せ機の樹脂チェーン」：樹脂チェーンは腐食に強く、軽量で扱いやすいことから、交換・分解が容易になる。

◎**電気設備**：①消耗部品のコネクタ接続化等である。

「①消耗部品のコネクタ接続化」：消耗部品にはコネクタを採用することで、交換が容易になる。

## (3) ユーティリティの少ない機器

ユーティリティの少ない機器は、電力費用の削減、補機の簡素化を促進して維持管理費の削減となる。しかし、ユーティリティを使用するかどうかは、機器、システムのハード面での対策で決まる。詳細は2. 2. 2の環境に優しい機器の2) 省エネ、CO<sub>2</sub>の削減、3) ユーティリティの少ない機器を参照願いたい。例えば

◎**機械設備**：①ポンプの無注水化、②高効率電動機の採用等である。

◎**電気設備**：①高効率変圧器、②夜間電力の有効活用、③インバータやセルビウスの採用等である。

「②夜間電力の有効活用」：安価な夜間電力を有効利用するために、電力貯蔵装置を採用し、電力の平準化ができる。このため契約電力を下げることで電力費を削減できる。

#### (4) 補修費の少ない機器

補修費の少ない機器としては、部品の寿命協調が取れていることや耐摩耗性、耐食性を優れた材料の採用や摺動部分がない構造等を配慮する。また、消耗部品が少ない機種を採用、そして、適切な塗装材と的確な塗装である。その結果、機能低下が少なく補修費が少なくなる。そのためには機器費が高くなる場合がある。例えば、

◎**機械設備**：①ステンレスや樹脂の採用、②送風機のアエアフィルター見直し等である。

「①送風機のアエアフィルタの見直し」：アエアフィルターの組み合わせは、前段でまずダストの荒取りを行い、後段で微細ダスト捕集を行うことが基本である。前段は捕集率が高過ぎず、ダスト保持容量が大きい湿式、後段は捕集率が前段より高い乾式が適している。

◎**電気設備**：①ブラシレスモータ、②ファンレス機器、③長寿命型バッテリーの採用等である。

「①ブラシレスモータ」：ブラシレスモータとして、かご形電動機を適用することでブラシの消耗がなく補修費を削減することが可能である。ただし、かご形電動機容量が大きいと始動装置が大きくなり、建設費としての経済性が悪くなる。一般的には概ね200～300kW以下に適用される。

#### (5) 効果的予防保全の実施

効果的予防保全の実施には、維持管理データベースの充実が不可欠である。その結果、設備の信頼性の向上及び長寿命化を助長し、維持管理費の削減が図れる。そのためにはPDCAサイクル、すなわち、計画(Plan)、実施(Do)、確認(Check)、行動(Action)を繰り返し、保全技術の向上に努める。その補助手段としては設備診断及び保全技術の開発、採用を促進する。しかし、予防保

全には、取替える必要がない良い部品を交換してしまうリスクがあることを注意しなければならない。

## 1) データベースの充実

運転、故障、整備状況(補修・改良)等のデータの推移をみることで、異常の兆候をいち早く発見できるとともに、設備のウィークポイントを把握することも可能である。従って、データベースの充実は、維持管理費の低減に必要最低限の条件である。

具体的データとしては、表2-1に示すように運転、故障、保守点検、補修・改良等の記録とユーティリティのデータである。重要なことは常にデータの分析をすることである。そのためには、パソコン等IT機器を有効に活用して、いつでも容易に取り出して加工可能な形で長期間にわたり適切に保管することである。長期間にわたりデータを活用するためには、データ様式等を統一してデータの比較に一元性を持たせる。

表2-1 データベースに必要な項目と内容

| 項目      | 内容                                      |
|---------|---|
| 運転記録    | ・運転日誌、運転条件、運転時間等（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等） |
| 故障記録    | ・故障部位、故障内容、故障原因、故障発生年月日、修理処置内容等         |
| 保守点検記録  | ・日常、定期(精密点検含む)、臨時点検結果、及び外部委託の費用等        |
| 補修・改良記録 | ・補修・改良内容、補修・改良年月日、交換部品等名称、補修・改良費用等      |
| ユーティリティ | ・使用量及び費用（電力、薬品、水等）                      |

補修・改良の記録は、設備の機能及び劣化状態等を定量的に把握するための基礎資料として、可能な限り詳細に記録しておくべきである。なお、各測定値のデータは計測値が許容値に入っていて問題のないものでも、その変化を見ることで、保全における重要な判断材料となる。

## 2) 設備診断技術の採用



設備診断技術は最近、多くのものが開発されており精度も高いので積極的に採用することで、保全業務の省力化と診断技術の向上を図る。設備診断技術には、ポンプ総合診断システム、高圧電動機の絶縁診断技術、遠心分離機診断技術等の機器単体診断技術のほかに診断システムがある。詳細は資料―7を参照願いたい。

### 3) 予防保全の充実

予防保全は設備・機器の使用中的故障を未然に防止し、設備・機器を使用可能状態に維持するために計画的に行うものである。また、使用環境の管理と適切な保全は、設備の劣化の進行を遅らせることが可能で、設備の長寿命化に結びつくものである。従って、良好な使用環境の管理と計画的かつ適切な予防保全は故障の発生を防止し維持管理費の低減及び機能維持に結びつくものである。

保全方式には事後保全 (BM: Breakdown Maintenance) と予防保全 (PM: Preventive Maintenance) に分類される。予防保全は時間計画保全と状態監視保全があるのでそれをよく把握して対応しなければならない。

### 4) 補修・改良工事の適切な実施

補修・改良工事の適切な実施とは、適切な時期に適切な部位(部品)を交換・改善することである。これは機能維持及び設備の長寿命化のための最善の方法でもある。特に補修・改良工事の計画を策定して、毎年ローリングしながら財源の確保を図ることで補修・改良工事を有効かつ効果的に実施できる。

## 2. 3. 2 LCC面での維持管理費削減への総合的な取り組み

設備を計画・設計する上では、LCC面での維持管理費削減への総合的な取り組みへの対応が必要である。例えば、下水道事業を取り巻く環境は、財政難、少子高齢化等により維持管理の民間委託化や、新たなPFI事業が導入されている。長期的視点でのLCCを把握するには、前述したように建設費及び維持管理費の少ない機器の採用が重要である。同時に厳しい財政状況で予算執行の平準化が求められている。これらとあわせて設備機器の機能維持を図り、運転要員の技術力向上のためにIT技術を積極的に活用した遠隔保守サービス導入による請負者の支援サービスを検討する。そして、保全管理についても集中管理体制を構築する等の総合的な取り組みが大切である。

### 1) 予算執行の平準化

厳しい財政状況を勘案すると同時に、故障による設備の機能低下を防止して、都民サービスの向上を図るには、計画的な補修・改良工事が必要である。それに

はLCCの検討結果を反映して、予算執行の平準化を行い、予算を確保することが一方策である。

## 2) 請負者の支援サービスの検討

従来、発注者側で熟練者の判断に依存していた保全管理を請負者の支援サービスを受けることで、維持管理業務の削減と信頼性の向上及び緊急時の即応性が図られる。

## 3) 集中管理体制の構築

集中管理体制の構築は、複数機場の保全管理を一括して実施することで、保全要員の削減とユーティリティの一括購入や消耗部品の共有化による維持管理費の削減が図れる。

## 2. 4 LCCを考慮した施工

### 2. 4. 1 施工上の留意事項

建設費や維持管理費の削減には、いうまでもなく設計上だけでなく施工にも左右される。LCCを考慮した施工の視点は重要である。それには施工・整備不良で機器に支障が生じないようにすることが基本である。また、建物の大きさや階段の位置等は機器の配置を左右するので、維持管理の容易性や将来の再構築を想定した全体計画を描いて適切に対応することが必要である。施工上の検討項目としては図2-4に示す。

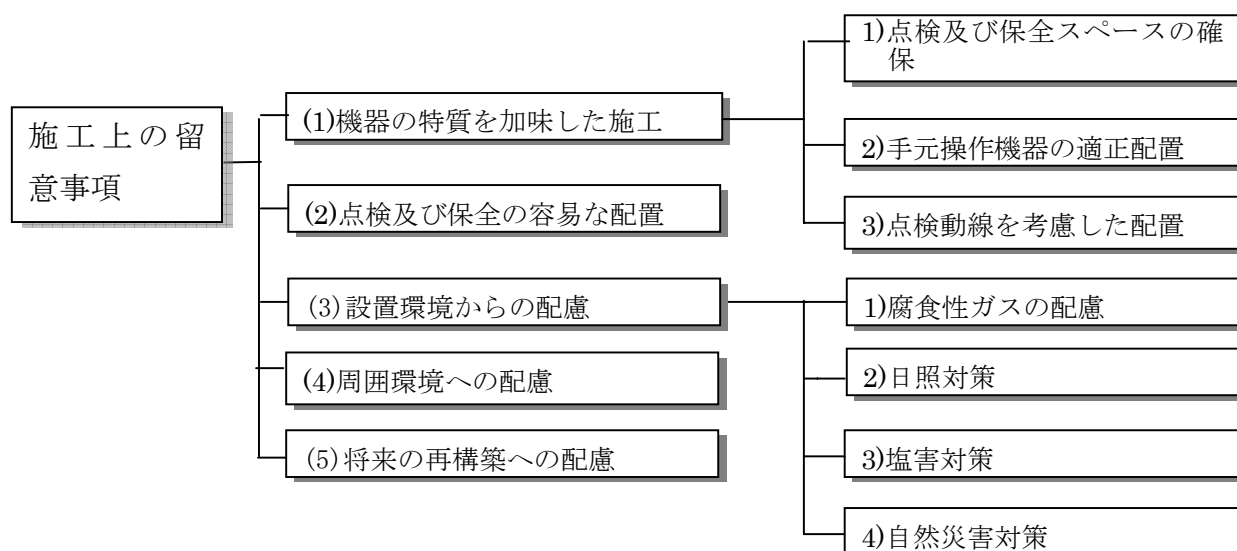


図2-4 LCCを考慮した施工上の検討項目

### 2. 4. 2 施工上のポイント

施工上のポイントは発注設計に拘束される面が多いが、(1) 機器の特質を加味した施工、(2)点検及び保全の容易な配置、(3)設置環境からの配慮、(4) 周辺環境への配慮 (5)将来の再構築への配慮である。

#### (1) 機器の特質を加味した施工

高速回転機器や芯だし調整が必要な機器及び重量物、高さのある機器等、機器の特質を加味した適切な施工を行い設備機器の機能に支障が生じないようにする。

## (2) 点検及び保全の容易な配置

### 1) 点検及び保全スペースの確保

機器の配置は点検及び保全スペースを確保する。このためには、点検及び保全作業の安全を考慮して邪魔にならないように点検歩廊、ケーブルラック、配管、ダクト、照明器具等の位置に留意する。

また、空調出入口に対する配置は、空調が疎外されないようにすることで電力費の削減につながる。さらに機器の点検・故障時に部品及びユニットが容易に交換できる保全スペースを十分に確保する。

### 2) 手元操作機器の適切配置

手元操作盤をはじめ手元操作機器は、運転状態や安全が確認しやすい位置で操作できるように配置する。

### 3) 点検動線を考慮した配置

点検動線は、安全に人や車両等の通行や機器の搬出入ができるように確認をして、時には支障物の移設も考慮すると同時に、日常点検時に点検を効率よく実施できるように考慮する。

## (3) 設置環境からの配慮

### 1) 腐食性ガスの配慮

硫化水素等の腐食性ガス、温度、結露等の設置環境を配慮した施工と設置環境の改善は、機器の腐食や劣化を抑制し、期待寿命に達することができる要素となる。特に電気設備は、どちらかといえば影響を受けやすいので十分に検討をする。例えば、室内空調管理（温度、結露、換気）、防食塗装、床の防塵塗装等がある。

### 2) 日照対策

日照対策は、室内の作業照度の確保、温度調整及び結露防止等の措置が大切である。日照対策を考慮した機器の配置や太陽光を調整するためブラインドの取り付け等を配慮する。

### 3) 塩害対策

海岸部における塩害を防止のためには、塩害防止フィルターの取り付けや耐塩害塗装や亜鉛メッキを考慮する。

#### 4) 自然災害対策

地震や落雷等の自然災害対策にも配慮するようにする。地震には所定の震度で耐えられるようにすると同時に、落雷にも配慮する。例えば、アイソレータ、避雷針、防雷装置等を施し耐雷対策をする。

#### (4) 周囲環境への配慮

設備機器の運転に伴い発生する振動、騒音、排気、排熱等による周囲環境への配慮は、住民から親しまれる下水道施設として重要なことである。このためには各種法令規制値をクリアすることをはじめ、周囲環境への配慮を行う。

例えば、沈砂池及び汚泥処理設備からの臭気対策、自家発の黒煙防止対策、焼却炉の排ガス対策、白煙対策、煙突・ブロワ類からの騒音対策、煙突等の高さのある機器による日影対策、防音パッケージ、防振構造、高調波やノイズ抑制対策等がある。また、周辺の景観と調和を図り、場内緑化や公園化等で周辺住民に親しまれる施設とする。

#### (5) 将来の再構築への配慮

将来の再構築への配慮は、将来の更新や仮設スペースを考慮した機器の配置や配管、配線ルートの確保により、更新時に再構築コストが削減されるようにする。さらに大規模な施設更新を考える場合は、下水、雨水を暫定的に切り回しができるように配慮する。

例えば、控え室等の仮設監視室への転用計画、建屋には搬出入スペースの確保、大型機器には重機の寄り付きを考慮した配置計画等が考えられる。また、施設によっては、更新工事が可能な期間(季節・時間)の制限を受けることも考えられるため、近隣の水再生センター、ポンプ所とのネットワークも必要となる場合も考慮して検討する。建設副産物は計画・設計段階に置いて、発生量の抑制を図る工法を採用する。発生した建設副産物は、極力再利用、再活用をして処分費、材料費の削減を図る。

## 第3章 設備の長寿命化

### 3. 1 設備長寿命化の対応

設備の長寿命化は、厳しい財政状況の中で予算を効果的かつ効率的に執行するため有効な手段であるばかりではなくLCCの評価にも影響する。しかし、設備の長寿命化は①どのくらいの期間を延ばすのか、②費用はどこまで投資するのか、③機器のどの部位を伸ばすのか、④長寿命化による他の機器との寿命協調や機能協調をどうするのか等、多くの難しい課題がある。そこで期間は、5年程度を伸ばすことを目安とし、設備の価値が増加するので費用を投資することを前提にした。機器のどの部位を対象にするかは故障報告書から推定した。今回は重要機器である①汚水ろ格機、②第一沈殿池汚泥かき寄せ機、③遠心脱水機、④焼却炉、⑤遠方監視制御装置、⑥中央処理装置に限定した。

別途、下水道設備の長寿命化検討会で検討されたものを抜粋して例示する。ただし、経年劣化の故障現況と故障部品・故障件数、故障分析結果及び長寿命化の前提は、省略しているので内容が分かりにくい面がある。詳細は「下水道設備の長寿命化検討報告書」を参照願う。

#### 1) 故障分析

設備の長寿命を図るにはどの部位を対象にすれば良いかの把握が重要である。今回は故障報告から設備のウイークポイントを把握した。

#### 2) 長寿命化のための方策例

長寿命化の対応策としては当該設備の法定耐用年数、故障報告、製造会社の判断等を参考にして対策を示した。

### 3. 2 主要設備の長寿命化分析

#### (1) 汚水ろ格機

##### 1) 故障実態

汚水ろ格機の主な故障原因を表3-1-1に示す。

表3-1-1 汚水ろ格機の故障実態 (単位：件)

| 経年劣化 | 外部障害 | 設計・施工・整備不良 | その他 | 不明 | 計   |
|------|------|------------|-----|----|-----|
| 172  | 76   | 26         | 50  | 32 | 356 |

故障原因で「その他」、「不明」の中の腐食・摩耗・破損で経年劣化と推察できるものは「経年劣化」に読み替えた。

## 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を表 3-1-2 に示す。

表 3-1-2 故障部品の故障状況と平均故障発生年数 (単位：年)

| 故障部品の故障状況 | 発生年数 | 故障部品の故障状況  | 発生年数 |
|-----------|------|------------|------|
| ガイドレール腐食  | 19.3 | ガイドレール摩耗   | 20.0 |
| ワイパ腐食     | 17.3 | ガイドローラ摩耗   | 16.4 |
| レーキ腐食     | 18.1 | レーキ動作不良    | 15.0 |
| 主務チェーン腐食  | 18.3 | ガイドローラ動作不良 | 15.3 |
| ガイドレール破損  | 18.5 | 電動弁動作不良    | 14.6 |
| ワイパ破損     | 19.3 | ガイドレール変形   | 17.0 |
| レーキ破損     | 18.8 | レーキ変形      | 17.3 |
| 駆動部軸受破損   | 13.7 | 駆動用チェーン変形  | 13.0 |
| 電動機軸受破損   | 9.7  |            |      |

故障状況で検体数の少ない部品は平均故障発生年数から省いた。

## 3) 長寿命化の方策例

「下水道設備の L C C 検討書」(東京下水道設備協会)によれば、汚水ろ格機的设计寿命は可動部分と固定部分に分け、可動部分については耐摩耗性・腐食性を考慮した材質及び交換可能構造としている。また固定部分は全般的に交換が困難なためガイドレール、バックプレートは 10～15 年、スクリーンバー、フレームは 15～20 年前後を想定した部品で設計されており、長年の実績で現在の汎用品の中で考えられる経済的に最良の材質を使用している。汚水ろ格機の法定耐用年数 15 年を 5 年程度延ばし耐用年数を 20 年とするために、現状で考えられる長寿命化の方策を考える。

①レーキの腐食に対しては、レーキ爪を SUS 304 に変更し腐食を防止する。また、レーキフレームは乾湿交番部であり、錆の発生による腐食の激しい部分であるので定期的な補修塗装を行う必要がある。

②ガイドレールは長期間使用することによりガイドローラ接触面が摩耗すること

は防止できない。このため、ガイドレールのように摩耗が考えられる部分については、レールだけの交換が容易に行える構造にし、長寿命化を図る。

③スクリーンとレーキ間の木片やコンクリートガラ等の噛み込みが、汚水ろ格機全般の寿命に影響しているため、何らかの流入防止策が必要である。

④主務チェーンの破損はチェーンの伸び等が起因しているため、日常点検での調整が必要である。

⑤ワイパの破損に対しては、レーキの反転機構を含めたワイパの構造の検討が必要である。

⑥ガイドローラー等の消耗品は定期的に交換するとともに、PPC等の電気品も消耗品として、1回取替えの10年耐用とする。

⑦腐食に対する対策の一環として、フレーム内に新鮮空気を給気することにより腐食性ガスを排除すれば、環境改善がかなり図れるのではないかと推察できる。

⑧摩耗の要因として、材質の問題の他に運転時間が関与していると考えられるため、運転間隔の設定を短くし、摺道距離の軽減を行うことで長寿命化が図られる。

⑨腐食が原因で故障要因に掲げている構成品の内、ガイドレール、チェーンは「沈砂池機械設備設計マニュアル」で既にSUS化が図られている。

## (2) 第一沈殿池汚泥かき寄せ機

### 1) 故障実態

第一沈殿池汚泥かき寄せ機の主な故障原因を表3-2-1に示す。

表3-2-1 第一沈殿池汚泥かき寄せ機の故障原因 (単位：件)

| 経年劣化 | 外部障害 | 設計・施工・整備不良 | その他 | 不明 | 計   |
|------|------|------------|-----|----|-----|
| 140  | 14   | 15         | 6   | 5  | 180 |

故障原因で「その他」、「不明」の中の破損、動作不良で経年劣化と推定できるものは「経年劣化」に読み替えた。

### 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を表3-2-2に示す。



表 3-2-2 故障部品の故障状況と平均故障発生年数 (単位：年)

| 故障部品の故障状況   | 発生年数 | 故障部品の故障状況  | 発生年数 |
|-------------|------|------------|------|
| フライト破損      | 16.9 | サイクロ減速機異音  | 11.4 |
| ローラーチェーン破損  | 15.4 | 近接スイッチ動作不良 | 12.0 |
| サイクロ減速機軸受摩耗 | 18.7 | P P C 動作不良 | 14.7 |
| 駆動用スプロケット摩耗 | 23.0 | 近接スイッチ誤動作  | 14.0 |
| 水中軸用スリーブ摩耗  | 14.3 | 主務チェーン緩み   | 17.7 |
| 電動機異音       | 17.7 |            |      |

故障状況で検体数の少ない部品は、平均故障発生年数から省いた。

### 3) 長寿命化の方策例

第一沈殿池の法定耐用年数 15 年を 5 年程度延ばし耐用年数を 20 年とするために現状で考えられる長寿命化の方策を以下に示す。

- ①フライト及びチェーンの破損、主務チェーンの緩みは、チェーンの伸びによる張力不足が起因していることが多いので、対策としては定期的に点検調査を行い、調整を行う。
- ②電動機、サイクロ減速機は汎用品のため、定期的(10 年程度)にオーバーホールを行う。
- ③軸スリーブ及びセンサー関係の電気品は消耗品として、1 回取替えの 10 年耐用とする。
- ④近接スイッチの故障は、本体よりもケーブル自体の劣化による絶縁不良が多いので、ここを改善する。
- ⑤合流式では摩耗の懸念はあるが、腐食しない(長寿命)、軽量(省エネ)という特徴を生かし、長寿命化の一方策として合成樹脂製主務チェーンの採用を図る。
- ⑥汚泥引き抜きポンプの運転条件との組合せにより、汚泥かき寄せ機の運転を間欠とし摺動距離の軽減による磨耗防止を図る。
- ⑦腐食が原因で故障要因に掲げている構成品の内、スプロケット、チェーンは「沈殿池機械設備設計マニュアル」で既に S U S 化が図られている。

## (3) 遠心脱水機

### 1) 故障実態

遠心脱水機の主な故障原因を表 3-3-1 に示す。

表 3—3—1 遠心脱水機の故障原因

(単位：件)

| 経年劣化 | 設計・施工・整備不良 | 二次故障<br>(外部障害等) | その他・不明 | 計   |
|------|------------|-----------------|--------|-----|
| 247  | 9          | 10              | 56     | 322 |

故障原因で「その他」の表示がされている中で、「故障状況」が磨耗・破損・動作不良で「運転時間」が長くかつ「対応」が請負(直営以外)になっているものは、「経年劣化」に読み替えた。故障原因に故障状況が記載されているものは、原因を改めて再記入した。故障原因が記載されていないものは、故障状況から推察して、故障原因を推定した。

## 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を機械部位について表 3—3—2 に電気部位を表 3—3—3 に示す。

## 3) 長寿命化の方策例

①遠心脱水機の長寿命化は、主要本体のボールについては、ボール内部の汚泥付着状況が点検しやすい工夫をするとともに定期的に偏心検査を行うことにより、20年の耐用年数が確保できる。

②インペラ(ボール内コンベア)は、先端部のタイルを定期的に交換することにより、1回のインペラ交換で20年の耐用年数が確保できる。

③差速機は、耐用年数の短い付属消耗部品(軸受・スリーブ・潤滑油・等)の補修を充実させ、軸受の振動を定期的に把握し対応することにより、補修期間を4年から5年以上に延ばすことが可能である。特に潤滑油の交換は1年に1回必ず行う。

④特に耐用年数の短い軸受の振動を定期的に測定し、早めに交換することにより機器全体の耐用年数を延ばすことが可能である。

⑤部品の定期補修間隔は、遠心脱水機の耐用年数の20年(法定耐用年数は15年)に合わせて経済的に効率よい間隔になるよう考慮する必要がある。耐用年数直前で補修することのないよう、4、5、10年間隔が適当となる。

⑥設置場所については、特に制御に係る計測機器について考慮する。また電気部品及び計測機器については、寿命の長いものや悪環境に強い新しい機器の選択あるいは開発が必要である。計測機器の故障は、遠心脱水機本体への寿命に大きく影響するので新しい機器の選択あるいは開発ができない場合は、汎用品で早めの適

当な時期に取替えを行っていくことが大切である。

⑦耐用年数の短いウェアスリーブ、ケーキシュート配管類は、定期補修間隔を延ばすために耐用年数の長い材質の変更を考慮する必要がある。ウェアスリーブの材質は専門メーカーで現在、耐食性材質に変更中である。

⑧油圧ユニットの故障は、腐食による熱交換器の伝熱管の破損であるので、冷却水の水質向上に考慮する。

表 3-3-2 機械部位の故障部品の故障状況と平均故障発生年数（単位：年）

| 故障部品・故障状況     | 発生年数 | 故障部品・故障状況    | 発生年数 |
|---------------|------|--------------|------|
| ケーキシュート腐食     | 9.6  | 差速機破損        | 10.3 |
| 各種配管腐食        | 6.2  | 本体(ボール・刃先)破損 | 15.0 |
| 点検口腐食         | 5.7  | 弁類動作不良       | 9.0  |
| テンションバー腐食     | 15.0 | 差速機動作不良      | 7.0  |
| パッケージ内照明腐食    | 7.3  | 本体動作不良       | 7.4  |
| 軸受油漏れ         | 6.1  | 油圧ユニット動作不良   | 8.0  |
| ギアボックス油漏れ     | 6.7  | 冷却ファン動作不良    | 13.0 |
| 各種配管漏れ        | 13.2 | 電磁カップリング機能低下 | 16.0 |
| 差速機オイルシール磨耗   | 6.0  | 本体振動         | 7.0  |
| インペラ磨耗        | 6.5  | エクステンション振動   | 17.0 |
| トルクアーム軸受磨耗    | 4.0  | 油圧ユニット異音     | 5.3  |
| ユニバーサルジョイント磨耗 | 6.0  | 軸受異音         | 8.3  |
| 各種配管亀裂        | 5.1  | 電磁カップリング異音   | 12.5 |
| 架台亀裂          | 7.5  | ボール弁過熱・焼損    | 3.0  |
| 排水切換タンク亀裂     | 7.0  | ギアボックス過熱・焼損  | 7.5  |
| 防水グローブ照明亀裂    | 5.0  | 駆動軸受過熱・焼損    | 5.0  |
| ボールウェアスリーブ破損  | 9.5  |              |      |
| フィートチューブ破損    | 11.6 |              |      |

表 3-3-3 電気部位の故障部品の故障状況と平均故障発生年数（単位：年）

| 故障部品・故障状況  | 発生年数 | 故障部品・故障状況    | 発生年数 |
|------------|------|--------------|------|
| 電流変換器腐食    | 3.8  | 軸受温度計動作不良    | 7.0  |
| 差速インバータ腐食  | 11.0 | 流量指示計動作不良    | 11.0 |
| 振動センサー破損   | 1.0  | 制御部動作不良      | 8.6  |
| 温度計断線      | 5.0  | トルク調整器誤動作    | 4.0  |
| 振動計断線      | 9.0  | 軸受温度計誤動作     | 5.0  |
| 回転数計断線     | 4.0  | 変換器誤動作       | 9.5  |
| トルク計断線     | 5.0  | 3E リレー誤動作    | 7.0  |
| インバータ動作不良  | 7.6  | V/I 変換器機能低下  | 12.0 |
| コントローラ動作不良 | 7.8  | 差速トルク調節計機能低下 | 8.0  |
| 電流計動作不良    | 5.8  | 軸受温度計機能低下    | 3.0  |
| 回転計動作不良    | 6.8  | 差速トルク調節計振動   | 7.0  |
| 差速トルク計動作不良 | 9.0  | インバータ異音      | 4.5  |
| 差速モニタ動作不良  | 10.0 | 制御部過熱・焼損     | 9.5  |
| 振動計動作不良    | 3.0  | コントローラ過負荷    | 12.0 |

#### (4) 焼却炉

##### 1) 故障実態

遠心脱水機の主な故障原因を表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 焼却炉の故障原因別報告件数（単位：件）

| 故障原因 | 報告件数  | 備考                 |
|------|-------|--------------------|
| 経年劣化 | 2,289 |                    |
| 原因不明 | 1,147 | 記入無し. その他(151件)を含む |
| 外部要因 | 49    |                    |
| 施工不良 | 30    |                    |
| 整備不良 | 29    |                    |
| 二次故障 | 22    |                    |
| 製品不良 | 12    |                    |
| 設計不良 | 12    |                    |
| 計    | 3,590 |                    |

故障原因で最大の項目は「経年劣化」の2,289件である。これは汚泥焼却における故障報告総件数の63.8%を占めている。さらに1,147件で31.9%を占める「原因不明」について精査すると、これらもほぼ経年劣化による故障と推定される。この原因不明を経年劣化とみなすと、焼却炉の故障原因は実に95.7%が「経年劣化」によるものである。

## 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を表3-4-2に示す。ただし、焼却設備はケーキ乾燥設備、焼却設備、排ガス設備、灰処理設備、燃料設備等で構成されているが、ここでは焼却設備を抜粋する。

表 3-4-2 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

|         | 件数   | 平均故障発生年数 | 設備名称 | 件数  | 平均故障発生年数 | 機器名称       | 件数  | 平均故障発生年数 | 部位    | 件数 | 平均故障発生年数 |
|---------|------|----------|------|-----|----------|------------|-----|----------|-------|----|----------|
| 焼却      | 2991 | 9.9年     | 焼却設備 | 411 | 8.8年     | 空気予熱器      | 91  | 9.1年     | 本体    | 55 | 8.3      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | チューブ  | 20 | 9.8      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | フレキ   | 12 | 11.4     |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | その他   |    |          |
|         |      |          |      |     |          | ガスガン・ガストーチ | 69  | 6.7年     | 本体    | 34 | 5.2      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | 配管弁類  | 20 | 8.2      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | 火炎検出器 | 7  | 7.6      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | 制御機器  | 6  | 9.2      |
|         |      |          |      |     |          | ダクト・ダンパ    | 55  | 9.0年     | ダクト   | 29 | 9.8      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | ダンパ   | 16 | 7.7      |
|         |      |          |      |     |          |            |     |          | 伸縮継手  | 10 | 8.5      |
|         |      |          |      |     |          | 流動ブロワ      | 22  | 9.6年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 焼却炉        | 19  | 9.6年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | バーナ        | 19  | 9.8年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 昇圧ファン      | 15  | 8.3年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 砂冷却コンベヤ    | 11  | 9.1年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 計測機器       | 10  | 13.4年    |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 非常ダンパ      | 10  | 11.5年    |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 配管弁類       | 10  | 8.1年     |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | その他        | 80  |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 制御機器       | (7) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 砂ホッパ       | (7) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 循環ファン      | (7) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 熱風炉        | (7) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | ホイスト       | (6) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 砂コンベヤ      | (6) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 砂抜き出し      | (5) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | その他        | (4) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 炉圧調整ガン     | (4) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | バーナファ      | (3) |          |       |    |          |
|         |      |          |      |     |          | 増圧ファン      | (3) |          |       |    |          |
| 抽熱器     | (3)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 空気冷却ファン | (2)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 排ガス冷却   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| プレヒータ   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| ミストパレタ  | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 空気循環ファン | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 空気予熱器   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 冷却ブロワ   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| 砂取出装置   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |
| オイルガン   | (1)  |          |      |     |          |            |     |          |       |    |          |

3) 長寿命化の方策例

①構成部品の仕様をアップする。

一軸ネジ式ポンプのステータのウレタン化、空気予熱器の材質アップによる耐熱性向上等である。

②早期損傷部品を消耗部品扱いとし、定期的に交換を実施する。ピストン式ケー

キポンプ構成部品、ガスガン構成部品等である。

③専門メーカーによる定期点検を実施する。排ガス分析計、空気圧縮機、除湿機等である。

④維持管理及び運転面を配慮する。間欠運転回避による空気予熱器の延命化、水質管理の強化によるボイラの延命化等である。

⑤機器の方式、形式の変更により故障自体を回避する。ケーキの直投方式採用によるケーキ押込機の省略、ろ過式集塵機採用による機械部品損傷の回避等である。

⑥使用環境の改善により故障を回避する。処理水質の向上（膜ろ過、セラフィル採用等）による処理水ポンプ及び処理水使用機器の延命化、吸込み空気の清浄化による空気圧縮機・除湿機の使用環境の改善等である。

なお、②項、③項の消耗部品の定期交換、定期点検はその都度見積を実施し、プラント全体を熟知した納入メーカーへ随契にて依頼するのが望ましい。

## （５）遠方監視制御装置

### 1) 故障実態

遠方監視制御装置の主な故障原因を表 3—5—1 に示す。

表 3—5—1 遠方監視制御装置の故障原因別報告件数 (単位：件)

| 経年劣化 | 外部障害 | 製品不良 | 設計不良 | 施行不良 | その他 | 不明 | 計   |
|------|------|------|------|------|-----|----|-----|
| 86   | 7    | 6    | 2    | 1    | 37  | 59 | 198 |

遠方監視制御装置の故障原因の 43.3%が経年劣化と認められる。原因欄不記入は原因を特定しにくい、いわば自然故障であり、これも含めれば経年劣化は 73.3%に上る。

### 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を表 3—5—2 に示す。

表 3—5—2 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

(基板類：45 件)

| 故障部位・部品 | 故障件数 | 発生年数 |
|---------|------|------|
| プリント基板  | 11   | 11.7 |
| ポート     | 2    | 5.5  |
| カード     | 13   | 14.5 |
| ユニット    | 5    | 12.0 |
| シーケンサ   | 1    | 21.0 |
| 不明      | 13   | 9.9  |

(基板類以外：41 件)

| 故障部位・部品    | 故障件数 | 発生年数 |
|------------|------|------|
| 電源部        | 11   | 13.2 |
| ファン        | 4    | 8.5  |
| 計器類        | 7    | 15.0 |
| リレーユニット    | 9    | 16.9 |
| サーボアッセンブリ類 | 3    | 7.0  |
| 操作スイッチ     | 1    | —    |
| 警報レベル      | 1    | 14.0 |
| 警報ヒューズ     | 1    | —    |
| 表示灯ソケット    | 1    | 27.0 |
| 回線         | 1    | 11.0 |

### 3) 長寿命化の方策例

遠方監視制御の長寿命化は中央処理装置と同質である。

①基板類には機械的衝撃や腐食性ガス、湿気等の化学的刺激に弱い部分を内蔵しているため現状の設置環境を踏まえ、特別な詳細点検を実施する。

②故障分析から、基板類の故障発生年数は12年±5年位に集中しているため、耐法定用年数を経過しているシステムに対しては交換部品のストックに務める。

## (6) 中央処理装置

### 1) 故障実態

中央処理装置の主な故障原因を表 3—6—1 に示す。

表 3—6—1 中央処理装置の故障原因別報告件数 (単位：件)

| 経年劣化  | 外部障害 | 製品不良 | 設計不良 | その他 | 不明  | 計     |
|-------|------|------|------|-----|-----|-------|
| 1,499 | 70   | 154  | 72   | 759 | 556 | 3,110 |

中央処理装置の故障原因の48%は「経年劣化」と認められる。「その他」と「不明」を合わせると42%を合わせると90%を占めている。



## 2) 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生年数を表 3-6-2 に示す。

表 3-6-2 故障部品の故障状況と平均故障発生年数

(基板類：467 件)

| 故障部位・部品 | 故障件数 | 発生年数 |
|---------|------|------|
| 基板      | 101  | 10.5 |
| CPU     | 77   | 9.8  |
| ボード     | 9    | 11.6 |
| カード     | 31   | 10.4 |
| シェルク    | 2    | 3.0  |
| デスク     | 129  | 5.3  |
| ユニット    | 52   | 7.6  |
| アダプタ    | 7    | 10.5 |
| その他     | 20   | 11.0 |

(基板類以外：350 件)

| 故障部位・部品 | 故障件数 | 発生年数 |
|---------|------|------|
| 電源部     | 119  | 13.6 |
| ファン     | 90   | 9.0  |
| 計器類     | 16   | 10.1 |
| 表示器類    | 11   | 19.8 |
| リレー     | 8    | 21.2 |
| スイッチ    | 20   | 20.9 |
| CRT     | 60   | 5.9  |
| プリンタ    | 12   | 7.6  |
| その他     | 24   | 8.4  |

## 3) 長寿命化の方策例

- ①基板類は通常の保守点検作業において物理的劣化傾向を判定することは困難であるから、異常発生時の調査で故障部位を特定し該当の基板を予備品と交換する。
- ②既に法定耐用年数を経過しているシステムに対してはメーカーに予備品の状態を確認し、故障時に備えて予備基板を確保しておく。
- ③基板類以外では部品の大部分が汎用品であり、同一品がなくなっても代替品が適用できるので、予備品確保の必要はない。ただ、ファンは10年、計器類は10年、表示類・リレー・スイッチは20年、CRTは6年、プリンターは7年を経過を目安に新品と交換するのが良い。また、CRT及びプリンターは技術進歩による製品開発が著しいので、現システムとのインターフェイスを変更せざるを得ないことがある。

## 第4章 技術開発の促進

### 4.1 位置付け

技術開発は、あらゆる下水道事業の課題を解決するための有効かつ効果的な手段である。特に建設費や維持管理費を削減するには、日進月歩で開発されている設備機器の採用及び既存設備機器の改善も大切である。これを担保するには技術開発は不可欠である。

### 4.2 技術開発テーマ

技術開発テーマの選定にはあらゆる側面からのアプローチがあるが、開発のタイミング、開発コスト、技術の実用化等のリスクが伴う面がある。LCCを考慮した技術開発では漠然としている。建設費及び維持管理費の削減は前述したように互いに関連している場合が多いので、技術開発テーマはハード面にポイントを当て、図4-1のように(1)省スペース化・軽量化、(2)処理プロセスの簡素化、(3)環境への配慮、(4)省エネ化・ユーティリティの削減、(5)自動化・メンテナンスフリー化、(6)設備診断システムの6項目を設定した。次に目標と効果の概要を示す。

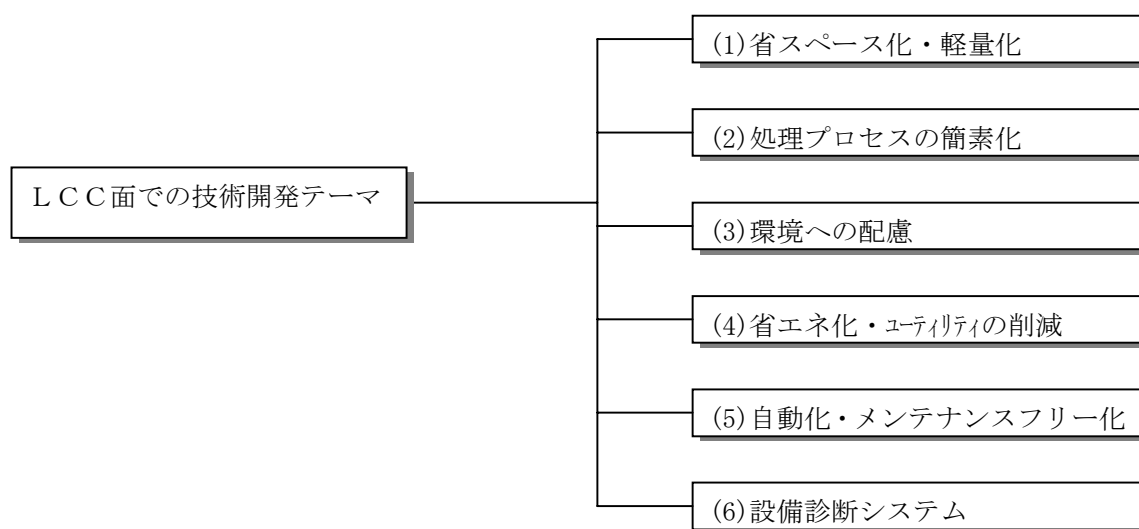


図4-1 LCC面での技術開発テーマ

## (1) 省スペース化・軽量化の開発

各種機器の省スペース化・軽量化は、土木建築コスト、及び施工コストの削減が可能となる。特に再構築時には大きく貢献する。例えば、①ユニット式システム、②UPSのインバータTRレス化、③アルミや樹脂盤の開発等である。

### 1) ユニット式システム

ユニット式システムの開発は大規模でのユニット式砂ろ過装置の開発、主ポンプの燃料・冷却水等の補機及び薬品溶解設備のホッパ・フィーダ・タンク・供給ポンプ等をユニット化することで、省スペース化や工期短縮を図る。

一方、複数の同一構成回路がある電磁弁やファンは、1回路単位にユニット化をすることで、互換性が保たれ、準備すべき予備部品の低減につながるとともに、交換が容易になる。

### 2) UPSの入出力TRレス化

UPSの入出力TRレス化は、入出力電圧が400Vや200Vの際に設ける入出力変圧器をなくすことで、UPS全体の効率を向上させるとともに、重量軽減及び盤面構成数の削減が可能となる。

### 3) アルミや樹脂盤

アルミや樹脂盤の開発は、従来の配電盤の主要部分が鋼板で製造されていたが、これらを軽量素材とすることで、盤全体の重量軽減が可能となる。

## (2) 処理プロセスの簡素化の開発

処理プロセスは、新機種の開発とともに、要素技術の組み合わせとしてのシステム開発、水処理から汚泥処理までを一連のプロセスと捉えるような開発も考えられる。しかし、処理能力の向上と確実性を担保に、長期的には費用の縮減が両立するシステムの開発が必要である。例えば、①窒素・りんの高効率除去高度処理システム、②大型膜分離活性汚泥法、③濃縮と脱水を一体化させた汚泥処理システム及び凝集剤の開発等である。

### 1) 窒素・りんの高効率除去高度処理システム

窒素・りんの高効率除去高度処理システムには、凝集剤添加循環式硝化脱窒法と嫌気-無酸素-好気法(A<sub>2</sub>O法)が我が国の中規模以上の下水処理場で実用化されている。さらに固定化微生物を用いた硝化脱窒法、二槽式間欠曝気活性汚泥

法等が開発されている。しかし、よりコンパクトで適切な好気、嫌気条件を繰り返すシステムが求められている。

## 2) 大型膜分離活性汚泥法

分離活性汚泥法は、活性汚泥反応タンクに分離膜を設け、処理水を膜ろ過によって得る方法で、第二沈殿池を不要とすることができ、小規模用は開発が進んでいるが、大規模向けに開発が必要である。

## 3) 濃縮と脱水を一体化させた汚泥処理システム及び凝集剤

「濃縮工程→脱水工程」の2段階の工程で行っている汚泥処理を単一の機械で一括処理することにより、設備機器数の大幅な低減とそれに伴う維持管理の簡素化が可能となる。

従来の脱水機は1.5～3.5%の標準的な汚泥濃度を対象として設計されているが供給汚泥の濃度が0.5～1.5%程度となる低濃度を想定した脱水機の開発設計及び低濃度汚泥でも強固に凝集可能な高分子凝集剤・脱水助剤の開発が考えられる。濃縮・脱水一括処理を実現すれば、建築・機械・電気のすべてにわたってイニシャルコストを縮減できるほか、機器台数の低減により機器整備費や人件費等維持管理費の削減も可能となる。

## (3) 環境への配慮の開発

環境への配慮は、産業廃棄物削減の促進の視点から、新たな素材を使った製品の開発が望まれる。また、施設の周辺環境への配慮も必要である。例えば、①塗装レス機器、②ステンレス部品の採用、③エコ製品、④機器の低振動・低騒音化の開発等である。

### 1) 塗装レス機器

塗装レス機器の機械設備には、塗装レス素材として、ステンレス、樹脂等があるが、こうした素材は価格、強度等で欠点がある。安価で、高強度で、錆・腐食に強い新たな素材が開発されることで、塗装レス機器を製作することが可能となる。

一方、電気設備では、配電盤板金にメッキ鋼板等を使用することで、塗装が不要となり大気汚染の原因となる揮発性有機化合物の削減が可能となる。

## 2) ステンレス部品の採用

ステンレス部品の採用で機械設備は、腐食・摩耗を受け易い環境下で長期の耐久性を保証される。ろ格機、汚泥かき寄せ機等は鋼製が主流であるが、ステンレス部品を採用することにより、イニシャルコストは高くなるが、耐食性、耐摩耗性を向上させ、機器の長寿命化と補修費の削減を図る。

## 3) エコ製品

エコ製品の開発で機械設備は、植物性材料によるプラスチックのように、自然分解可能で安定的強度を保持できる素材が開発されることで、撤去・処分時の環境にやさしい製品とすることができる。

一方、電気設備はエコ電線を採用し、銅のリサイクル化の促進や、ハロゲンフリー化、六価クロムフリー化及び鉛フリー化等のエコ製品を使用することで、製造から廃棄に至る全てのプロセスで環境に優しい機器ができる。

## 4) 機器の低振動・低騒音化

機器の低振動・低騒音化は社会の環境に対する高まりから、一層の開発が求められている。下水道設備機器の防振、圧力脈動の低減、建屋の振動絶縁及び消音器等の技術開発を図り、ニーズに応えた製品を開発する。

一方、電気設備はガスタービン発電設備を低振動・低騒音化すること及びディーゼル発電設備に排ガス用黒鉛除去装置を導入することにより、周辺地域への環境を考慮することができる。

## (4) 省エネ化及びユーティリティの削減

各種機器の省エネ化及びユーティリティの削減機器の開発は、ユーティリティ使用量及びCO<sub>2</sub>発生量の低減が可能となり、地球温暖化防止対策及び維持管理費の削減に大きく貢献する。例えば、①汚水ポンプ特性の改善、②廃熱利用システムの開発、③低公害炉、④UPSの入出力TRレス化の開発等である。

### 1) 汚水ポンプ特性の改善

汚水ポンプは常時運転するためランニングコストや日常の維持管理が重視される。そこで異物の羽根車の詰まりに対する通過粒径を保ちつつ、ポンプ特性の改善により、ポンプ効率アップを図る。

## 2) 廃熱利用システムの開発

下水処理水や排煙処理塔排水等の低温で未利用のエネルギーは大量にあるが、低温であることから利用がしにくく効率も悪い。アーバンヒートポンプシステムやトランスヒートコンテナ等の新技術の開発が進んでいる。さらに効率的なシステムの開発により、一層の熱利用促進が期待できる。

## 3) クリーン排ガスの焼却炉

クリーン排ガスの焼却炉は、焼却炉内での完全燃焼に加え、NO<sub>x</sub>、N<sub>2</sub>O、SO<sub>x</sub>等の低減も可能な焼却炉の開発により、排ガス処理を不要とした焼却設備を開発する。排ガス処理が不要となることにより、プロセスの簡素化とともにユーティリティ使用量の削減が図れる。

また、クリーン排ガスのため廃熱がより利用しやすい形態となるため、エネルギーの有効利用の拡大にも繋がる。さらに酸素富化等により排ガス量そのものを抑制する配慮も今後検討が必要と考えられる。

## 4) UPSの入出力TRレス化

UPSの入出力TRレス化とは、入出力電圧が400Vや200Vの際に設ける入出力変圧器をなくすようにすることで、UPS全体の効率を向上させ、電力損失を低減できる。

## (5) 自動化及びメンテナンスフリー化の開発

設備運転の自動化及びメンテナンスフリー化は、維持管理人員の低減となり、維持管理の負担を軽減することが可能となる。特に機械設備はシステムの簡素化をはじめ、自動運転が可能のように入・切に耐えられるように常に考慮する同時にメンテナンスフリー化を図る。例えば、①メンテナンスフリーセンサ、②試薬レスセンサ、③部品共有化機器、④焼却炉運転支援システム、⑤放流水質自動制御、⑥流入量予測を使った雨水排水自動制御、⑦低価格消耗部品の開発等である。

### 1) メンテナンスフリーセンサ

校正、洗浄等のメンテナンスを行わなくてよい水質センサを開発することで、数多くの計測器を抱える場合の大きな負担とメンテナンス作業を削減できる。

## 2) 試薬レスセンサ

試薬を使わない水質センサの開発は試薬補充、廃液処理の作業及び試薬費、廃液処理費を削減できる。

## 3) 部品共有化機器

部品共有化機器とは、異なる計測器間で可能な限りハードウェア部品自体を共有化できるようにすることで、劣化、破損に伴う部品交換作業、費用の低減を図ることができる。

## 4) 焼却炉運転支援システム

ファジーコントローラによる運転制御システムは、既に実用化されているが、さらに焼却システム全体の最適運転制御や故障・劣化診断等を含めた運転支援システムの開発は、運転の安定性及び維持管理費の低減が可能である。

## 5) 放流水質自動制御、

窒素やりん等の放流水質を計測し、曝気槽の送风量や汚泥引抜量の変更による水質変化への時間遅れを考慮した自動制御を開発することで、安定した放流水質を確保しつつ、設定値変更等についての省力化ができる。

## 6) 流入量予測を使った雨水排水自動制御

降雨量や幹線水位等により処理場、ポンプ所への流入量を予測し、その予測値に基づいた雨水ポンプの自動制御を開発は、浸水を防止しつつ、雨水ポンプの手動対応作業等の省力化ができる。

## 7) 低価格消耗部品

脱臭設備における活性炭、焼却設備におけるバグフィルタろ布等の消耗部品で低価格の商品の開発は、維持管理費の低減効果が大きい。

## (6) 設備診断システムの開発

診断システムは、資料—7に示すように最近多くのものが開発されており、維持管理に大きく貢献している。これらを補完する意味で次のようなものが期待される。1) 設備診断システム、2) 余寿命想定技術、3) 保全省力化技術の開発である。

### 1) 設備診断システム

設備診断システムは、振動、温度データ、内視鏡等による設備診断で過剰な分解や補修を行わず、設備の異常現象を診断できるものを開発する。この結果、可能な限り機器の延命化の要因を把握し、延命化にもっていくものとする。例えば、既存診断技術の見直しや新たな故障診断システムの開発等である。

### 2) 余寿命想定技術

設備の余寿命想定技術は診断システムを一步向上させて、診断結果から、あと何年持つかの余寿命を想定できる技術を開発する。これにより設備の機能維持と計画的保全の精度は向上して大きな効果が期待できる。

### 3) 保全省力化技術

自己診断、自己復旧、オンライン監視等の技術を開発することで、機器やシステム自体の信頼性を向上させて、維持管理の省力化が推進できる。例えば、保全の完全自立自動化によって、校正、診断、修復作業を装置自体が行うシステムである。これによりメンテナンスは不要となり、省力化が実現できる。

## おわりに

最近、資産管理手法としてアセットマネジメントが脚光を浴びている。その構成の中でLCCは重要な要素を占めている。LCCは長期期間に渡りデータの積み上げが重要なのでLCCを、どのように活用するのか目的をもって体制を整えることが求められる。本検討書で検討したように基本的には、設備機器の建設費及び維持管理費を効果的に削減すると同時に寿命を伸ばすことが大切なので、発注者と請負者のお互いの努力が不可欠である。LCCの有効性を担保するには、常に技術開発が要請される。

一方、今日的には、費用の削減とともに環境に優しい機器が求められていことも重要な視点である。本検討書及び下水道設備の長寿命化検討書に携わったメンバーの方々に感謝すると同時に関係者の参考になれば幸いである。



## 参考文献

- 1) 下水道協会誌 2005.NO516 (社)日本下水道協会
- 2) 下水道協会誌 2005.NO517 (社)日本下水道協会
- 3) 下水道設備のLCC検討書 (社)東京下水道設備協会
- 4) 下水道設備の地球温暖化防止対策検討書 (社)東京下水道設備協会
- 5) 設備の保全技術について (社)東京下水道設備協会
- 6) 今後及び近未来の下水道 (社)東京下水道設備協会
- 7) 下水道設備の長寿命化検討書 (社)東京下水道設備協会
- 8) LCC の検討事例 電設技術平成 17 年 9 月

## 資料編

- 資料—1 機械設備の建設費削減例
- 資料—1—1 機械設備の建設費削減例の解説
- 資料—2 電気設備の建設費削減例
- 資料—2—1 電気設備の建設費削減例の解説
- 資料—3 製造会社の耐用年数の例
- 資料—4 環境に優しい機器例
- 資料—5 機械設備の維持管理費削減例
- 資料—6 電気設備の維持管理費削減例
- 資料—7 設備診断・保全技術の例

---

## LCCを考慮した設計・施工について

平成18年3月30日発行

発行者 塩澤征夫  
発行所 社団法人東京下水道設備協会  
東京都新宿区西新宿1-23-1  
TK 新都心ビル  
電話 (03) 3346-3051