

下水道設備の長寿命化検討書

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

東京都区部の下水道事業は、平成6年度末に100%普及概成してからすでに11年を経過した。

最近の下水道整備は、合流改善や高度処理の推進、資源化等、下水道の質的向上を目指し推進されているが、整備事業の主体は、施設機能の継続維持を図る更新事業に置かれている。

区部においては、昭和40年代の後半以降、下水道の普及整備が急速に進められる中、基幹施設である処理場やポンプ所も着々と新設され拡充強化されてきた。

今やこれらの施設が30年以上を経過し、とくに処理設備機器や電気設備は、耐用年数が過ぎ去り更新時期を迎えている。

しかしながら、当局事業は今後やるべきことが山積しており、限られた予算を効率的かつ効果的に執行していくために、設備更新の予算執行の平準化が避けて通れない課題になっている。

そこで、予算執行の平準化を図るため、更新時期が到来する設備の延命化策を検討し長寿命化を図って、更新費用を先送りすることの調査検討が当協会に求められた。

下水道の設備機器は、非常に多種多様であるから、調査の対象を主要設備に絞りこみ、対象設備としては、汚水ろ格機、第一沈殿池汚泥かき寄せ機、遠心脱水機、焼却炉、遠方監視制御装置、中央処理装置の6設備について調査検討することにした。

さらに、上記設備機器においても機種がいろいろあるので、調査対象を散漫にしないために、現在、最も多く使用されている機種に限定した。

調査は、対象設備の法定耐用年数に対し、どの部位をどのように改善すれば長寿命化が図れるかを検討することであるが、現在使用中の機々の劣化部位やウイークポイントを調べる方法としては、機器故障等の記録と工事履歴データを分析し、対象設備機器の故障原因及び故障発生部位を特定することに視点を置いた。

故障原因及び故障発生部位に対する改善策は、目安として寿命を5年間程度延長させうるものとしたが、故障発生部位の特性によって方策もいろいろ考えられることから、一概に故障発生部位の改良による5年延長策ではなく、現状の補修対応も含めて、各設備全体を5年間程度延命化させ得る方策について考えることにした。

設備機器は、適宜、部分的な補修や改良を施すことによってかなりの延命化を可能とするが、いずれ寿命が到来し更新を必要とするので、経済的観点からも単に寿命を延長させれば良いというものでもない。

予算執行の平準化を図るため、各設備の長寿命化策を検討したが、その実施に当たっては、個々に延命化に要する費用を適確に試算し、効率的かつ経済的な資産管理面から妥当性を評価し実施していく必要がある。

1章 汚水ろ格機

1-1 故障分析

機器故障等記録報告データベースの平成元年から平成17年までの汚水ろ格機故障報告(検体総数356件)データベースを分類整理し、故障原因等について分析した。

(1) 故障原因

汚水ろ格機の主な故障原因別報告件数を表-1に整理した。

表-1 汚水ろ格機の故障原因

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

*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) 経年劣化の故障状況と故障部品・故障件数

故障原因の中で一番多い「経年劣化」について故障原因・故障件数・故障部品とその件数を表-2に整理した。

表-2 経年劣化の故障状況・故障件数・故障部品(件数)

故障状況	故障件数	故障部品と故障件数
腐食	25件	機械：レーキ(8)、ガイドレール(4)、チェーン(4)、ワイパ(3)、各種配管(2)、減速機カバー(1)、その他(3)
破損	37件	機械：レーキ(8)、ワイパ(8)、ガイドレール(6)、駆動部軸受(4)、チェーン(1)、ガイドローラ(3)、サイドプレート(1)、その他(3) 電気：電動機軸受(3)
異音	7件	機械：ガイドレール(1)、軸受(3)、ワイパ(1)、集中給油装置(1)、その他(1)
摩耗	24件	機械：レーキ(5)、ガイドレール(4)、チェーン(4)、ワイパ(3)、ガイドローラ(3)、スプロケット(1)、その他(2)

*次ページへ続く

故障状況	故障件数	故障部品と故障件数
動作不良	32件	機械：ガイドローラ（9）、電動弁（6）、レーキ（3）、ワイパ（2）、チェーン（1）、その他（4） 電気：PPC（3）、リミットスイッチ（3）、電動機（1）
変形	26件	機械：ガイドレール（7）、レーキ（8）、ワイパ（4）、チェーン（4）、その他（3）
絶縁・接触不良	11件	電気：トルクリミッター（6）、白熱灯（3）、リレー（2）
漏れ	5件	機械：減圧弁（2）、減速機ドレン管（1）、水ブロー管（1）、給油器（1）
誤動作	3件	電気：近接スイッチ（2）、PPC（1）
緩み	1件	機械：レーキ（1）
閉塞	1件	機械：給油装置（1）
計	172件	

(3) 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に整理した。

表—3 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	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年	ガイドレール摩耗	20.0年
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	13.8	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。

(4) 故障分析結果

故障分析から長寿命化に関係する経年劣化の要因について、以下に分析する。なお、今回使用したデータでは、故障発生までの間の補修等の履歴については不明である。（資料—1参照）

1) 固定部のスクリーンバー、フレームの故障報告はほとんど無く、法定耐用年数の15年をクリアしている。

2) サイクロ減速機、電動機は間欠運転のためか、故障報告が少ない。

3) ガイドローラの摩耗による平均故障発生年数が報告書から見ると16.4年とかなり長いですが、材質は合成樹脂製(MCナイロン)で、寿命は6～8年程度なので、この間、何回か取替えが行われているのではないかと推察できる。

4) レーキ、ガイドレールの破損、変形は、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主原因と推察できる。

5) (1)項の故障原因から、「経年劣化」の項目ではないが全故障の20%を占める「外部障害」の大部分は上記と同様に、木片、コンクリートガラ等の噛み込みによる過トルク警報及びシャープピン断発生で、レーキ及びガイドレール破損、変形の要因になっている。

6) レーキの腐食、摩耗の原因は、スクリーンとの接触及びレーキ反転時のワイパ接触による塗装の剥がれによるものと推察できる。

7) ワイパの破損原因は、ワイパ本体の動作不良、レーキの反転不良によるものと推察できる。

8) 主務チェーンの破損等はピン、ブッシュの経年劣化の摩耗によるチェーンの伸び及びレーキに絡む事故が起因しているものと推察できる。

1-2 長寿命化の方策

(1) 長寿命化策の前提

「下水道設備のLCC検討書」(東京下水道設備協会・別紙参照)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販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。

(2) 長寿命化の具体策

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以下に示す。

1) レーキの腐食に対しては、レーキ爪を SUS304 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。

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とし、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、日常点検業務において適宜調整を行う。

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を改善する。

6) ガイドローラ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し、設置環境の改善を図る。

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、運転時間の設定を短くし、摺道距離の軽減により長寿命化を図る。

9) (2)項の腐食が原因で故障要因に挙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、新設機々には防食対策が採られている。

《参考》

* ろ格機の部品と設計寿命例(東京下水道設備協会・下水道設備のLCC検討書)

部品名		材質	寿命(年)	備考	
可 動 部 品	駆動装置		—	約15	定期的オーバーホール
	チェーン		SUS	10~15	要因：摩耗
	スプロケット		SCS	10~15	要因：摩耗
	レーキ	本体	SS	約10	要因：摩耗・腐食
		ガイドローラ	樹脂	6~8	要因：摩耗
	軸・軸受	水中部	SUS	約10	スプロケットと同時期
駆動部		SC	10~15	水中部では寿命は長い	
固 定 部 品	スクリーンバー		SS	15~20	5年毎補修塗装
	フレーム	上部	SS	15~20	5年毎補修塗装
		下部	SS	約15	5年毎補修塗装
	バックプレート		SS	10~15	5年毎補修塗装
	ガイドレール		高張力	10~15	要因：摩耗

* 主な沈砂池機械の経年劣化による故障件数

①ジブクレーン	67件
②バケットコレクタ	61件
③ジェットポンプ	16件
④水中ポンプ	17件
⑤汚水ろ格機	172件
⑥雨水ろ格機	104件

2章 第一沈殿池汚泥かき寄せ機

2-1 故障分析

機器故障等記録報告データベースの平成元年から平成17年までの第一沈殿池汚泥かき寄せ機の故障報告(検体総数180件)データを分類整理し、故障原因等について分析した。

(1) 故障原因

第一沈殿池の主な故障原因別報告件数を表—1に整理した。

表—1 第一沈殿池汚泥かき寄せ機の故障原因

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

*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) 経年劣化の故障状況と故障部品・故障件数

故障原因の中で一番多い「経年劣化」について故障原因・故障件数・故障部品とその件数を表—2に整理した。

表—2 経年劣化の故障状況・故障件数・故障部品(件数)

故障状況	故障件数	故障部品と故障件数
腐食	13件	機械：駆動用スプロケット(2)、各種配管(4)、電動弁(1)、ローラーチェーン(1)、チェーンアイドラー(1)、不明(1) 電気：近接スイッチ等(3)
破損	41件	機械：フライト(11)、ローラーチェーン(8)、サイクロ減速機(6)、シャーピン(4)、各種配管(3)、主務チェーン(2)、従動軸軸受(1)、グリスポンプ(1)、点検窓(1)、不明(4)
異音	17件	機械：サイクロ減速機(7)、不明(6) 電気：電動機(4)
摩耗	15件	機械：駆動用チェーンスプロケット(6)、サイクロ減速機軸受(3) 水中軸スリーブ(4)、レール(1)、不明(1)

*次ページへ続く

故障状況	故障件数	故障部品と故障件数
動作不良	19件	機械：主務チェーン（2）、チェーンアイドラー（1） サイクロ減速機（1）、ローラーチェーン（1）、不明（7） 電気：PPC（3）、近接スイッチ（4）
誤動作	12件	電気：近接スイッチ（6）、PPC（3）、不明（3）
緩み	13件	機械：主務チェーン（11）、センサー架台（1）、不明（1）
閉塞	1件	機械：洗浄ノズル（1）
油漏れ	4件	機械：サイクロ減速機（3） 電気：電動機（1）
脱輪	3件	機械：フライト（3）
断線	2件	電気：トルクリミッター（1）、チェーン断検出器（1）
合計	140件	

(3) 経年劣化故障部品の平均故障発生年数

故障部品の故障状況による平均故障発生件数を表—3に整理した。

表—3 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	発生年数	故障部品の故障状況	発生件数
フライト破損	16.9年	サイクロ減速機異音	11.4年
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	PPC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。

(4) 故障分析結果

故障分析から長寿命化に関係する経年劣化の要因について、以下に分析する。なお、今回使用したデータでは、故障発生までの間の補修等の履歴は不明である。

(資料—1 参照)

1) 汚泥かき寄せ機の故障件数は腐食より、むしろ破損、摩耗、動作不良が多く、この三つの故障状況で全体の約54%を占めている。

2) 主務チェーンの緩み、破損等はピン、ブッシュの経年劣化の摩耗によるチェーンの伸びが原因と推察できる。

3) フライトの破損は、上記の理由による主務チェーンの伸び等による張力不足が起因し、脱輪、コマ飛び現象が発生し、破損したものと推察できる。

4) 販用品であるサイクロ減速機と電動機、近接スイッチ等の電気品の故障件数が全体故障の35%を占めている。

5) 全140件中、10%に相当する故障件数が近接スイッチに関する故障となっている。近接スイッチ本体は樹脂モールドで20m水深対応になっているので、ケーブルの経年劣化による絶縁不良が原因と推察できる。

2-2 長寿命化の方策

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、サイクロ減速機は販用品のため、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)という特長を生かし、長寿命化の一の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) (2) 項の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SUS化が図られている。

《参考》

* 沈殿池機械の経年劣化による故障件数

①第一沈殿池汚泥かき寄せ機	140件
②第二沈殿池汚泥かき寄せ機	117件

3章 遠心脱水機故障分析

3-1 故障分析

機器故障等記録報告データベースの平成元年から平成17年までの遠心脱水機故障報告(検体総数322件)データを分類整理し、故障原因等について分析した。

(1) 故障原因

遠心脱水機の主な故障原因別報告件数を表-1に整理した。

表-1 遠心脱水機の故障原因

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

*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) 経年劣化の故障状況と故障部位・故障件数

故障原因の中で一番多い経年劣化について故障状況・故障件数・故障部位とその件数を表-2に整理した。

表-2 経年劣化の故障状況・故障件数・故障部位(件数)

故障状況	故障件数	故障部位と故障件数
腐食	46件	機械:ケーシユート(22)、各種配管(13)、点検口(2)、テンションバー(1)、分離箱(1) 電気:電流変換器(2)、差速インバータ(1)、駆動電流計(1)、トルク変換増幅(1)、パッケージ内照明(2)
漏れ	22	機械:軸受(9)、配管(7)、ギアボックス(3)、ケーシング(1)、オイルユニット(1)、点検口(1)

故障状況	故障件数	故障部位と故障件数
磨耗	9	機械: 本体ケーシング [°] (1)、本体プーリ (1)、インペラ (1)、差速機オイルシール (2)、トルクアーム軸受 (1)、ユニバーサルジョイント (1)、汚泥配管 (1)、駆動部 (1)
亀裂	10	機械: 各種配管 (4)、架台 (2)、潤滑油ドレンポット (1)、ダレン (1) サンプコネクション (1)、 電気: 照明 (1)
破損	34	機械: ホールウェアスリーブ (15)、フィードチューブ (3)、軸受 (トルクアーム等) (2)、 差速機 (Vベルト・カップリング) (3)、本体 (ホール・スクリュウ刃) (3)、 ファン軸受 (1)、汚泥流出弁 (1)、配管 (1)、油圧ユニット (1) 電気: 振動センサー (1)、インバータヒューズ (1)、油圧フローゲージ (1)、照明 (1)
断線	7	機械: 換気扇 (1) 電気: 振動計 (2)、軸受温度計 (1)、回転数計 (1)、トルク計 (1)、? (1)
接触不良	3	機械: 薬注ポンプ (1)、洗浄弁 (1) 電気: 振動計 (1)
誤動作	7	電気: トルク調整器 (2)、軸受温度計 (1)、変換器 (2)、3Eリレー (1)、? (1)
動作不良	61	機械: 弁 (ホール弁・洗浄弁) (7)、本体 (5)、差速機 (2)、油圧ユニット (2)、 冷却ファン (1) 電気: インバータ (6)、コントローラ (4)、電流計 (含変換器) (8)、回転数計 (6)、 差速トルク計 (6)、振動計 (1)、軸受温度計 (2)、アイソレータ (1) 流量指示操作器 (1)、駆動機調節器 (1)、モニタ指示計 (1)、 制御部 (7)
機能低下	7	機械: 電磁カップリング (1)、配管閉塞 (洗浄管・フィード管) (2) 電気: V/I 変換器 (2)、差速トルク調節計 (1)、軸受温度計 (1)
振動	9	機械: 本体 (差速機等) (5)、エクステンション (2)、? (1) 電気: トルク調節計 (1)
異音	10	機械: 油圧ユニット (3)、軸受 (差速プーリ・駆動機) (3)、電磁カップリング (2)、 電気: インバータ (2)
過熱・焼損	7	機械: キアボックス (1)、駆動軸受 (3)、ホール弁 (1) 電気: 制御部 (2)
過負荷	2	電気: コントローラ (1)、差速インバータ (1)
その他	13	機械: 差速機 (2)、? (2) 電気: 差速インバータ (5)、トルク調節計 (3)、アイソレータ (1)

(3) 経年劣化の主要部位と故障件数

遠心脱水機の主要部位の経年劣化による故障件数を表－3に整理した。

表－3 主要部位の経年劣化による故障件数

経年劣化部位	故障件数	主な部品名
脱水機本体関連	74	差速機関連(差速機・軸受・オイルシール)、ボール・スクリュー・ウェアスリーブ・フィードチューブ・電磁カップリング等
付帯機器	15	油圧ユニット・薬品ポンプ・洗浄ポンプ・その他
配管弁	39	
付帯鋼製部品	30	ケーシュート・点検口等
制御装置	37	制御部・インバータ・コントローラ・変換器・増幅器等
計測機器	46	振動計・トルク計・回転計・温度計等
その他電気部品	6	照明・ヒューズ等

(4) 経年劣化主要部位の部品の平均故障発生年数

経年劣化による主要部位を構成する主要部品の故障件数とその平均故障発生年数を整理した。

表－4 主要部品の故障件数とその平均故障発生年数

主要故障部品		故障件数	発生年数
本体関連		74件	9.2年
部 位	ボール・インペラ	32	9.1
	差速機	13	7.5
	軸受	17	6.5
	電磁カップリング	3	14.3
	テンションバーその他	9	10.5
配管弁類		39	7.3
油圧ユニット		7	6.7
ケーシュート等鋼製品その他		38	7.6
制御装置		37	8.2
部 位	インバータ	16	7.7
	制御部・コントローラ	15	9.6
	変換器	6	8.4

*次ページに続く

主要故障部品		故障件数	発生年数
計測機器		46	5.8
部 位	振動計	5	4.3
	トルク計関連	11	6.6
	回転計	7	5.4
	温度計	5	4.3
	電流計	9	4.8
	その他	9	

(5) 機械部位構成の主要部品の故障状況と平均故障発生年数

機械部位を構成する主要部品の故障状況による平均故障発生年数を表-5に整理した。

表-5 機械主要部品の故障状況と平均故障発生年数

故障部品・故障状況	発生年数	故障部品・故障状況	発生年数
ケーシュート腐食	9.6年	差速機破損	10.3年
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
ハッチェジ内照明腐食	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		

(6) 電気部位構成の主要部品の故障状況と平均故障発生年数

電気部位を構成する主要部品の故障状況による平均故障発生年数を表－6に整理した。

表－6 電気主要部品の故障状況と平均故障発生年数

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年	軸受温度計動作不良	7.0年
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
差速モータ動作不良	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

(7) 故障分析結果

故障分析から20年耐用の理想的な長寿命化対策を考察すると次のような判断ができる。

1) 故障件数の多い本体主要部品であるボールは、故障発生年数9.1年を、取替なしの20年耐用とし、インペラについては、1回取替の10年耐用とする工夫が必要である。

2) 次に故障件数の多い消耗部品である軸受は、故障発生年数6.5年を、7年まで延ばし、20年耐用までの間に2回補修で対応する工夫が必要である。

3) 主要部品である差速機は、故障発生年数7.5年を、20年耐用までの間に1回補修で対応する工夫が必要である。

4) 付帯機器である油圧ユニットは、故障発生年数6.7年と故障間隔が短いので少なくとも8年まで延ばし、2回補修で対応する工夫が必要である。

5) ケーキシュートと配管弁類は、故障発生年数が7～8年と故障件数も多いので、材質について再検討の必要がある。

6) 電気部品は、制御装置の故障が多く、故障発生年数も8.2年と故障間隔が短い。メーカーが保証する耐用年数まで少なくとも耐用できるよう、設置場所、設置雰囲気などを考慮することが必要である。

7) 計測機器では、特に故障件数の多いトルク計関連機器の耐用年数を延命化することが必要である。また、耐用年数が4.3年と短い温度計及び振振計については、脱水機の安全対策上からも改良が必要である。

3-2 長寿命化の方策

(1) 長寿命化策の前提

遠心脱水機の法定耐用年数15年を、5年程度延ばし耐用年数を20年とする長寿命化方策は、故障報告書からの判断と現実的に、遠心脱水機専門メーカーや部品メーカーの技術的問題や経費的な問題から下記のような方策を実施していくことになる。と考える。

なお、本報告書では行うことができなかったが、故障対応(補修に)に経費がどの程度要したかのデータがあれば、さらに長寿命化の優先順位が明確になるものと考えている。

また、費用面においても、現在、専門メーカーが行っている4年ごとの定期補修は、第1回目の定期補修見積りによると差速機(差速機・ボール・インペラ・軸受など)を中心にしたもので、補修費用は、50m³脱水機の機種で、建設費の10%弱である。

2回目以降の定期補修費用も同じような状況であるので、下記①～⑧の方策を行えば、機器の長寿命化による経費減と維持管理の充実による経費増がバランスして、経費的には現行とあまり変わらないで、長寿命化が図れるものと推察できる。

(2) 長寿命化の具体策

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易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。

4章 焼却炉

4-1 故障分析

機器故障等記録報告データベースの1989年から2004年までの間で、焼却炉の運転監視中、巡回点検中、保守点検作業及び委託点検等により発見された故障報告の総件数は3,590件に上る。このデータを分類整理し、故障原因等について分析した。

(1) 故障原因

焼却炉のおもな故障原因別報告件数を表-1に整理した。

表-1 焼却炉の故障原因別報告件数

故障原因	報告件数	備考
経年劣化	2,289件	
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	
合計	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パーセントを占めている。さらに1,147件で31.9パーセントを占める「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パーセントが「経年劣化」によるものである。

(2) 経年劣化に起因する設備毎の故障件数及び平均故障発生年数

焼却炉は、種々の設備から構成されているので、主要な設備毎に各部位の故障件数及びその平均故障発生年数について、表-2に整理した。

なお、現在採用が見送られている多段炉の故障や焼却設備に直接付帯しない電気設備の故障、その他、故障発生年数が不明な故障報告については除いてある。

	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	ケーキ供給設備	1128	10.9年	ベルトコンベヤ	521	14.1年	ローラー	341	14.9
									本体	40	14.1
									駆動部	32	10.9
									トリッパ	29	10.2
									ベルト	27	14.6
									制御機器	24	13.4
									軸受	21	11.9
						その他	7				
						ピストン式ケーキポンプ	128	5.9年	本体	97	4.9
									制御機器	10	8.5
									油圧配管 弁類	9	7.9
									油圧ユニット	8	12.8
						その他	4				
						ケーキ押込機	109	8.1年	駆動部	50	8.8
									本体	45	7.9
									プッシャー	10	5.4
						その他	4				
						定量フィーダ・ケーキ貯留槽	105	10.0年	駆動部	46	9.1
									本体	35	10.3
									制御機器	19	11.5
						その他	5				
						一軸ネジ式ケーキポンプ	101	7.7年	ローター・ステータ	46	7.2
									駆動部	15	7.7
軸シール	13	8.2									
V V V F	5	11.8									
軸受	4	7.5									
その他	18										
ケーキ分散機	45	9.0年	本体	32							
駆動部	13										
計量コンベヤ	44	10.1年	ベルトウェア	30							
			駆動部	4							
			ローラー	3							
その他	7										
配管弁類	35	8.2年	ケーキ配管弁類	11	7.6年						
			その他								
スクリュウコンベヤ	32	9.6年	スクリュウ	11							
			駆動部	7							
			本体	4							
その他	10										
その他	8										

表－２ 経年劣化に起因する設備毎の故障件数及び平均故障発生年数

	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)										
炉圧調整ダンパ	(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)										

	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	排ガス処理設備	558	9.4年	配管弁類	97	12.6年			
						乾式電気集塵機	90	12.0年	本体	42	10.6
									放電線	14	11.6
									電気品	14	15.8
									シールファン	4	15.3
						苛性ソーダポンプ	54	10.5年	本体	37	10.5
									駆動部	10	10.7
									その他	7	
						ダクト・ダンパ	41	11.9年			
						誘引ファン	39	13.6年			
						湿式電気集塵機	35	15.5年			
						サイクロンスクラバ	33	8.7年			
						スクラバ・排煙処理塔	29	14.9年			
						循環ポンプ	24	11.4年			
						白煙防止器	23	8.1年			
						分析計	20	5.0年			
						白煙防止	17	9.2年			
						冷却水ポンプ	17	14.7年			
						苛性ソーダ貯留槽	9	12.3年			
						洗浄液供給ポンプ	6	18.2年			
			バグフィル	5	3.0年						
			その他	19							
			その他	(6)							
			計測機器	(3)							
			冷却塔増圧ポンプ	(3)							
			煙突	(2)							
			排水ポンプ	(2)							
			空気ファン	(2)							
			制御機器	(1)							
			灰処理設備	190	9.9年	フローコンベヤ	77	9.5年	本体	53	10.1年
									駆動部	18	8.1年
									配管弁類	3	7.0年
									その他	3	
灰ホッパー	25	10.6年									
灰冷却コンベヤ	18	8.1年									
振動ふるい	14	13.9年									
スクェウコンベヤ	12	9.1年									
集塵ローダ	10	9.3年									
その他	34										
ローターバルブ	(9)										
灰移送コンベヤ	(8)										
バグフィル	(7)										
二重ダンパ	(3)										
集塵ファン	(2)										
配管弁類	(2)										
その他	(1)										
ダクト・ダンパ	(1)										
灰ホッパー室シャッター	(1)										

	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	ボイラ・発電設備	268	8.4年	配管弁類	88	6.5年						
						廃熱ボイラ	38	8.7年						
						ボイラ給水ポンプ	24	6.1年						
						ストロー装置	20	7.7年						
						専焼ボイラ	18	8.7年						
						薬注ポンプ	13	7.3年						
						ダクト・ダンパ	12	10.0年						
						計測機器	11	11.1年						
						その他	44							
						ドレンタン	(9)							
						復水器	(5)							
						軟水装置	(5)							
						ローターバルブ	(4)							
						給水加熱器	(3)							
						蒸気タービ	(3)							
						軟水ポンプ	(3)							
						塩酸タンク	(2)							
			排水ポンプ	(2)										
			復水タンク	(2)										
			その他	(1)										
			ボイラファ	(1)										
			純水装置	(1)										
			脱気器	(1)										
			熱交換器	(1)										
			冷却水ポン	1										
			乾燥設備	78	11.9年	乾燥機	38	11.9年	乾燥機	38	12.0年			
									配管弁類	19	11.6年			
その他	21													
乾燥機ファ	(4)													
乾燥ケーキ	(4)													
コンベヤ	(2)													
計量コンベ	(2)													
乾燥循環ポン	(2)													
制御機器	(2)													
熱媒循環ポン	(2)													
乾燥ケーキ	(2)													
貯留槽	(1)													
スクラバ・	(1)													
排煙処理塔	(1)													
熱交換器	(1)													
ベルトコン	(1)													
ベヤ	(1)													

	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	給・排水設備	111	10.5年	処理水ポンプ	23	6.2年	本体	14	7.2年			
									インペラ	4	4.5年			
									配管弁類	5	4.8年			
									オートストレーナ	16	14.3年			
									付帯ポンプ	10	11.3年			
									その他	62				
									給水ポンプ	(9)				
									温水ポンプ	(9)				
									雑用水ポン	(9)				
									配管弁類	(6)				
									ろ過水ポン	(6)				
									計測機器	(4)				
									ストレーナ	(3)				
									洗浄ポンプ					
									冷却水ポン	(3)				
									排水ポンプ	(3)				
									クーリングター	(2)				
						ろ過水槽	(2)							
						給水槽	(2)							
						雑用水槽	(2)							
						工水ポンプ	(1)							
						給水タンク	1							
						空気源設備	202	9.4年	空気圧縮機	168	9.9年			
									除湿機	24	5.5年			
									その他	10				
						燃料設備	45	12.0年	空気槽	(6)				
									その他	(4)				
			オイルタン	26	13.1年									
			オイルボン	14	10.0年									
			その他	5										
						消化ガスワ	(2)							
						配管弁類	(2)							
						制御機器	(1)							

4-2 長寿命化の方策

(1) 焼却炉の長寿命化を図る上での方策としては、以下のようなものが考えられる。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

尚、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。

(2) 設備毎の平均故障発生年数の短い機器に対する長寿命化の具体的方策を表-3に示す。

表－3 設備毎の長寿命化の方策

設備名称	機器名称	部位	長寿命化方策	メーカーによる定期点検／消耗品交換						
				対象部品	区分 (点検／ 交換)	頻度				
焼却	ケーキ供給設備	ピストン式 ケーキポン プ	本体	消耗部品扱いとし、定期点検・交換実施	揺動管	交換	7年			
					バルブシート	交換	2年			
					吸込バルブ	交換	2年			
					吐出バルブ	交換	2年			
					ピストンシリン ダ	交換	7年			
					シール類	交換	1年			
			制御機器	消耗部品扱いとし、定期点検・交換実施	近接スイッチ	交換	8年			
					補助リレー	交換	8年			
			油圧配管 弁類	消耗部品扱いとし、定期点検・交換実施	スイベルジョイ ント	交換	1年			
			油圧ユ ニット	消耗部品扱いとし、定期点検・交換実施	フィルタ・シー ル類	交換	1年			
			その他							
			ケーキ押込 機	駆動部	本体	直投方式の採用（特殊ケース以外はケーキ 押込機を採用しない） 簡易型ケーキ分散機の採用（葛西5号炉 型）				
	プッシャー	軸受け、グランドパッキンの早期交換					軸受		4年	
							グランドパッキ		2年	
	その他									
	一軸ネジ式 ケーキポン プ	ロー ター・ス テータ		長寿命材質のウレタン等の採用						
			摩耗頻度に合わせた定期交換	ロータ	交換	2年				
				ステータ	交換	1年				
	一軸ネジ式 ケーキポン プ	駆動部	軸シール	仕様UPによる延命化						
					VVVF					
						軸受	軸受けの早期交換	軸受	交換	4年
					その他					
					ケーキ分散 機	本体	直投方式の採用（特殊ケース以外はケーキ 押込機を採用しない） 簡易型ケーキ分散機の採用（葛西5号炉 型）			
								駆動部		
	配管弁類	ケー配管弁	高圧弁類の定期点検実施	高圧弁類	点検	4年				
							その他			
	焼却設備	空気予熱器	本体	耐熱性向上 冷却ファン方式の採用 間欠運転回避推奨						
チューブ										
フレキ										
その他										
ガスガン・ ガストーチ		本体	消耗品扱い（簡単に交換可能な構造と する）	マトリックス	交換	3年				
				ノズル	交換	3年				
				配管弁類	消耗品扱い（簡単に交換可能な構造と する）	火炎検出器	交換	4年		
									制御機器	
その他										
ダクト・ダ ンパ		ダクト	ダンパ	仕様UPによる延命化(耐熱性UP)						
					伸縮継手					
昇圧ファン			分散パイプ方式への変更で使用をなく す							

	設備名称	機器名称	部位	長寿命化方策	メーカーによる定期点検／消耗品交		
					対象部品	区分 (点検/ 交換)	頻度
焼却	排ガス処理設備	配管弁類					
		乾式電気集塵機	本体	セラミックフィルタの採用推進			
			放電線				
			電気品				
			シール				
			ファン その他				
		湿式電気集		セラミックフィルタの採用促進			
		サイクロン		セラミックフィルタの採用促進			
		白煙防止器		仕様UP (耐熱性、耐食性強化)			
		分析計		専門メーカーによる有償点検	内部器具	点検	1年
					変換器等の電気品	点検	1年
		バグフィルタ		セラミックフィルタの採用推進			
		その他					
		その他					
		計測機器					
冷却塔増圧ポンプ		セラミックフィルタの採用推進					
煙突							
排水ポンプ							
空気ファン							
制御機器							
灰処理設備	灰冷却コンベヤ		消耗品扱いで定期的に交換 (ロータリージョイント)	ロータリージョイント	交換	2年	
ボイラ・発電設備	配管弁類		維持管理上での水質管理の強化→ボイラ水質の安定化を図る				
	廃熱ボイラ						
	ボイラ給水ポンプ						
	スートブロー装置						
	専焼ボイラ 薬注ポンプ						
給・排水設備	処理水ポンプ	本体	処理水質の向上 (膜ろ過の採用、セラフィル採用等)				
		インペラ 配管弁類					
空気源設備	空気圧縮機 除湿機		吸い込み空気の清浄化 (大型エアフィルタ等)				
				メーカー有償点検備強化	メカニカルシール	点検	1年
					油回収フィルタ	点検	1年
					ベルト・プー	点検	1年
					電磁弁類	点検	1年
					モーター	点検	1年
					電気品・計器類・センサー	点検	1年
					オイルクーラ、アフタークーラ	点検	1年
メーカー定期整備強化	各種消耗品	交換	各推奨交換年数				

5章 遠方監視制御装置

4-1 故障分析

機器故障等記録報告データベースには、平成元年から平成17年までの17年間に「遠方監視制御装置」の故障報告件数として、198件が記録されている。

これらのデータを整理して、故障分析を行った。

(1) 故障原因

遠方監視制御装置の主な故障原因別報告件数を集計し、表-1に整理した。

表-1 遠方監視制御装置の故障原因別報告件数

経年劣化	外部障害	製品不良	設計不良	施行不良	その他	不記載	合計
86件	7	6	2	1	37	59	198件

遠方監視制御装置の故障原因の4割強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言わば自然故障であり、これも含めれば経年劣化は7割強に上る。

(2) 経年劣化の故障状況および故障部位・部品

故障原因の7割強を占める経年劣化について、故障状況、件数、故障部位、部品をデータベースから拾い出し、表-2に整理した。

表-2 経年劣化の故障状況と故障件数及び主要部位・部品の故障件数

故障状況	故障件数 (件)	主要部位・部品と故障件数
動作不良	47	〈基板類：45件〉 プリント基板：11 ボード：2 カード：13 ユニット：5 シーケンサ：1 その他：13 〈基板類以外：41件〉 電源部：11 ファン：4 計器類：7 リレーユニット：9 サーボアセンブリ類：3 操作スイッチ：1 印字部：1 ハードディスク：1 警報ベル：1 警報ヒューズ：1 表示灯ソケット：1 回線：1
機能低下	8	
接触不良	2	
誤動作	9	
破損	2	
異音	1	
断線	1	
絶縁不良	0	
損傷	4	
腐食	0	
磨耗	2	
短絡	0	
その他	9	
不記載	1	
計	86	

遠方監視制御装置の函体には、A/D変換器、P/S変換器、MODEM、プロセッサユニットなどの、主として静止型電子部品で構成される電子回路ユニットが、基板、カード、ボードなどとして収納されている。これらを「基板類」としてまとめた。

そのほか、「基板類以外」の部品として、ファン、操作スイッチ、計器類などの機械的な可動部を持つものが収納されている。電源部、リレーユニットは基板に搭載されているが、機械的な可動部や発熱部を有することから分類では「基板類以外」とした。

(3) 経年劣化の主要な故障部位・部品と平均的な故障発生年数

遠方監視制御装置の設置から経年による故障が発生するまでの平均経過年数を、故障部位・部品別にまとめて表一3に整理した。

表一3 経年劣化の主要故障部位・部品と平均故障発生年数

(a) 基板類：45件

故障部位・部品	故障件数 (件)	発生年数 (年)
プリント基板	11	11.7
ボード	2	5.5
カード	13	14.5
ユニット	5	12.0
シーケンサ	1	21.0
不記載	13	9.9
合計	45	—
平均	—	12.0

(b) 基板類以外：41件

故障部位・部品	故障件数 (件)	発生年数 (年)
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	—
印字部	1	3.0
ハードディスク	1	6.0
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
合計	41	—
平均	—	12.6

(4) 故障分析結果

以上の作表にともなう分類、分析の結果から、つぎのことが判明した。

1) 遠方監視制御の故障原因の4割強は経年劣化である。原因不記載の故障も経年劣化にカウントすれば、故障の7割強が経年劣化に起因すると言える。

2) 基板類の平均故障発生年数は12年である。

3) 基板類以外の平均故障発生年数は12.6年である。

機械的可動部分の多い「基板類以外」のほうが、「基板類」よりも平均故障発生年数が長いのは意外であるが、「基板類以外」に比較的頑丈で少数の部品で構成される電源部が多くを占めているためと考えられる。

5) 長寿命のはずのトランジスタやICなどの静止型素子の集合体である基板類が、案外短命であるのは基板に搭載されている電解コンデンサなど短命な部品を使用していることや、ハンダ付けやプリント配線など湿気や腐食性ガスに弱い部分を本質的に抱えていることによるものと推定される。

4-2 長寿命化の方策

(1) 長寿命化策の前提

国交省の「標準的耐用年数表」によれば、シーケンスコントローラ、プロセスコントローラ等の耐用年数は10年とされており、遠方監視制御装置もこれに準ずると考えられる。

今回の分析結果では、平均故障発生年数は12年で標準耐用年数を上回っているが、設備や装置は部品の平均値で稼働し続けるわけではなく、最も短命な部位・部品によって機能不全に陥ることから、設備・装置の長寿命化は個々の部位・部品を製造するメーカーの努力に期待せざるを得ない。ユーザー側としては納入されたこれらの機器に良好な設置環境を与え、適切な保守点検の実施が延命化の前提である。

(2) 長寿命化の具体策、

遠方監視制御装置を標準的耐用年数より、さらに5年間程度延命化させる方策については、次章の中央処理装置等と同質であるので、詳細は次章に譲る。

1) 基板類には機械的衝撃や腐食性ガス、湿気などの化学的刺激に弱い部分を内蔵しているので、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年プラスマイナス5年位に集中しているので、標準耐用年数を経過しているシステムに対しては、故障時の交換用部品のストックに努める。

今回の調査対象となった遠方監視制御装置は、設置年度から考えてサイクリックデジタル情報伝送方式に属し最新のシステムとは異なり、これらの部品、特に基板類の新規購入は今後困難になるので、修理用基盤類の確保を考えておく必要がある。

6章 中央処理装置

6-1 故障分析

機器故障等記録報告データにおいて、中央処理装置として区分できる設備機器は、データ分類上から「機能分類では電気」「設備名称では監視制御」と大別される中で、さらに48種の「機器名称」に分類されている。

この48種の監視制御機々名称のうち、いわゆるCPUを搭載している機器29種を選定し(ただし遠方監視制御装置をのぞく)、故障分析を行った。

(1) 故障原因

中央処理装置の機器故障等記録報告データの収録期間は平成元年から平成17年迄で(17年間)あるが、報告総件数は3,110件であった。

中央処理装置の主な故障原因別報告件数を表-1に整理した。

表-1 中央処理装置の故障原因別報告件数

経年劣化	外部障害	設計・施工・整備不良	製品不良	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約48%は「経年劣化」として報告されている。

「その他」と「不明」を合わせると42%を占めているが、これらは明確な原因を特定出来ず報告されたものであり、機器を設置してから故障が発生するまでの経過年数から推察すると、これらの故障原因も「経年劣化」によるものとおもわれる。すなわち、中央処理装置の故障原因の大半(凡そ90%)は「経年劣化」によるものと推定される。

(2) 経年劣化の故障状況と故障件数及び故障部位・故障部品

故障原因の中で一番多い経年劣化について、故障状況、故障件数、故障部位及び故障部品について表-2に整理した。

なお、中央処理装置の大部分は、その主要部位がプリント回路基板等で構成されており、その他は、電源部、マイクロファン、リレー、盤面に取り付けのスイッチ、表示器及び計器類からなり、付帯機器としてはCRT、操作卓、プリンタ等から構成されている。

従って表中、故障部位・部品については、<基板類>と<基板類以外>に区分し表記した。

表－２ 経年劣化の故障状況と故障件数及び主要部位・部品の故障件数

故障状況	故障件数	主要部位・部品と故障件数
動作不良	777	<基板類：467件> 基板：101、CPU：77、ボード：9 カード：31、シェルフ：2、ディスク：129 ユニット：52、アダプタ：7 コントローラ：39 その他：20（入出力装置：4、制御回路：8 ゲートウェイ：3、部位不明：5）
機能低下	247	
接触不良	31	
誤動作	100	
破損	30	
異音	70	
断線	26	
絶縁不良	8	
焼損	10	
腐食	16	<基板類以外：350件> 電源部：119、ファン：80、計器類：16 リレー：8、警報機・表示器類：11 スイッチ：20、CRT(ブラウン管)：60 プリンタ印字部：12 その他：24（マウス：2、CRT操作卓：6 ヒューズ：3、コネクタ：2 ハードコピー：3、部位不明：8）
磨耗	11	
短絡	3	
その他	170	
計	1,499	

故障状況の類分けが、中央処理装置の故障に対し適確でないところがあり、表－２では、故障状況別に故障部位・部品を表記することを略している。

それは、故障状況に動作不良、機能低下、誤動作の区分があるが、例えば、誤動作が生じたときそれを動作不良と報告していることもあれば、動作不良が生じそれを機能低下と報告している場合もある。つまり、明確な使い分けがない中で、詳細な分類表記をすることの意味合いが薄いからである。

表－２から、経年劣化による故障状況としては、動作不良、機能低下、接触不良及び誤動作が大半で77%を占めている。

また、故障の部位・部品であるが、<基板類>の故障が、故障部位・部品の57%を占めており、<基板類以外>の電源部の故障も電源部に搭載されているプリント回路基板の故障が多いことを勘案すると、中央処理装置の故障の大半（約70%）は<基板類>の故障と推定される。

(3) 経年劣化の主要な故障部位・部品と平均故障発生年数

中央処理装置が設置されてから、経年劣化によって故障が発生するまでの平均経過年数を故障部位・部品別に表－3に整理した。

表－3 経年劣化の主要故障部位・部品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
シェルフ	2	3.0
ディスク	129	5.3
ユニット	52	7.6
アダプタ	7	10.5
コントローラ	39	9.7
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	80	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(Br)	60	5.9
プリンタ	12	7.6
その他	24	8.4

(4) 故障分析結果

中央処理装置の分析結果を纏めると以下の通りである。

1) 中央処理装置の故障原因の大半(凡そ90%)は「経年劣化」によるもので、その故障部位・部品は、主要部の<基板類>で約70%を占めている。

2) <基板類>の平均故障発生年数は、表中の(経年劣化とは考えられない)特異なシェルフや駆動部のあるディスクを除き、約10年である。

3) <基板類以外>の平均故障発生年数は、個々の部位・部品の特性を反映した発生年数となっている。

回転部を持つファンは約9年、電源部は回路基板を搭載していることもあり基板類の発生年数(約10年)に近い約13年、計器類は一般計測器の耐用年数に近い約10年、表示器類、リレー、スイッチ等は凡そ20年、その他、CRTは約6年、プリンタは約7年と一般汎用品の寿命に近く故障が発生している。

6-2 長寿命化の方策

(1) 長寿命化策の前提

中央処理装置の耐用年数は、国土交通省の下水道施設の改築に係わる「標準的耐用年数表」によれば、監視制御設備の中で「中央処理装置」に該当するプロセスコントローラ、シーケンスコントローラ、CRT操作卓、監視コントローラ、データロギングコントローラ等は10年とされている。

この標準耐用年数に対し、5年間程度の長寿命化を図るには、故障分析結果から判断して、一つに「中央処理装置」の主要部位である<基板類>の長寿命化策を考える必要がある。それには①基板上に搭載されている回路構成部品(抵抗、コンデンサー、コイル、ICチップ等)の劣化特性を改善することや②ハンダ付け性能を向上させることが考えられる。

しかし、回路構成部品の中で劣化しやすいコンデンサーの平均寿命は約7～8年と言われているが、材質改善を図って寿命を延ばすことが技術的に可能であっても、メーカーとしては、新たな製品開発要求に対して市場性の面から特注製作に応ずる可能性は低い。

故障分析結果では、<基板類>の故障発生年数は凡そ10年であり、現在使用のシステムは、コンデンサーの平均寿命をも十分クリアしている。

また、<基板類>の故障はコンデンサーの劣化だけが故障の原因ではないので、コンデンサーだけに着目し材質改善を図っても<基板類>の総体的寿命を延ばすことに必ずしも結びつかない。

ハンダ付けについては、最近のソルダリング技術の向上やフラックス材質の改善によって、ハンダ付けの信頼性は非常に高くなっている。これ以上の品質改善を求めても、基板の長寿命化に寄与する点は少ないと考えられる。

つまり<基板類>に関して、材質的改善や製造工程の改善による長寿命化は、現状ではあまり期待できないと思われる。

<基板類以外>のマイクロファン、計器類、表示器、リレー、スイッチ等は、全て汎用品か或いは汎用品仕様の部品が使用されている。

これらの寿命を更に延ばすには、全て特別仕様で製作することになり、新たな製品開発が必要になる。<基板類>と同様、特注品の開発には市場性の点から部品メーカーが応じる可能性は非常に少ない。

従って、現在使用している中央処理装置の延命化は、個々の部位・部品の構造や材質改善による長寿命化策を考えるよりも、突発的な故障に備え交換用予備品を確保しておくことと、汎用品については個々の耐用年数を勘案しながら定期的に交換することにより、システム全体の延命化を図っていくことが現実的な方法と言える。

(2) 長寿命化の具体策

中央処理装置を5年間程度延命化する方策は、故障分析結果と従来からの故障時対応を踏まえて、以下の通りとする。

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、いわゆるトラブル処理型の事後保全対応とする。

2) 既に耐用年限が経過しているシステムに対しては、メーカーに予備品の準備状況を確認し、故障時に備え予備基板を確保しておく。(メーカーは、製品納入後10年間は標準保守対応期間として保守部品を確保してある)

耐用年数が経過しているシステムに対し、保守期間延長の場合は、保守契約内容を実状に合わせ、特別保守点検契約を結び、故障時対応として、予備品納入、補修対応の保証を確保する。

この場合、最大5年を目途に保守を継続する。

3) <基板類以外>の部位・部品は大部分が汎用品であり、同一品がなくても代替品が適用できるので、予備品確保の必要はない。

以下の使用年限を目処に新品と交換するものとする。ただし、使用開始してから下記使用年限に満たないものは、“5年間程度の延命化”との兼ね合いで、交換時期を判断する。

なお、CRT、プリンタは、技術進歩による製品開発著しいので、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に注意を要する。

- ① ファン：10年経過
- ② 計器類：10年経過
- ③ 表示機類、リレー、スイッチ：20年経過
- ④ CRT：6年経過
- ⑤ プリンタ：7年経過

おわりに

設備更新予算の平準化を図るため、近く更新時期を迎える設備機器の寿命を延ばす方策について調査検討を行った。

限られたデータ(資料-1参照)を基に分析したため、適確な分析結果が得られているか、多少不安なところがある。

例えば、損耗が激しい機器は、故障発生件数も多くなるはずであるが、実際には故障停止する前に補修や改良が施されているため、その機器の故障報告件数としては少なくなっている。また、データ上、設置してから故障が発生するまでの経過年数を見ても意外と長くなっている。

データから読み取れない点は、下水道設備を長年扱ってきた委員の経験をもとに分析結果をカバーし、具体的方策に反映したつもりである。

都の下水道設備管理は、日常の保全作業を適切に行っており、また適時適切に補修、改良が施されてきたため、それぞれ標準的耐用年数をはるかに超えて使用されているものが多い。

これらの設備機々を更に5年間程度延命化させる方策としては、単にウイークポイントの改良策だけではなく、現状の補修を繰り返していくことや、いつ故障が発生しても対応できるよう補修用交換部品を確保しておくこと、また、故障発生部位を新品に交換しておくことなどを提案した。

実施に当たっては、経済的な観点から(資料-2参照)最善の方法をよく検討し、設備保全に支障をきたさぬよう適用してもらうことを期待する。

以上

資料－１ 調査検討に用いた保全管理データ

1－1 機器故障等記録報告書

下水道局には、設備機器の故障が発生すると、資料1に示す「機器故障等記録報告書」によって、機器故障の状況、故障原因、処置状況等を記録し報告するシステムがある。

今回の調査は、この「機器故障等記録報告書」を報告年次に従って収録したデータベースを用いて分析し、調査対象設備機々の故障原因及び故障発生部位等を調査した。

(1) 機器故障等記録報告のデータベースの概要

データー収録期間：1989～2005(7/13迄)のデーター（約15年間のデータ）

機器故障記録等の報告件数：48,509件。

データー項目数：40個：以下に項目を示す。

1/年度、2/整理番号、3/セ・所管理番号、4/場・ポ管理番号

固定部、5/場・ポ管理番号 可変部、6/報告年月日、7/報告者氏名、8/報告区分、9/故障ランク、10/センター・所、11/場・ポンプ所、12/件名、13/機々分類番号、14/施設名称、15/機能分類、16/設備名称、17/機々名称、18/方式・型式、19/号機番号、20/機々製造年月日、21/機々製造業者、22/部位名、23/部品名、24/用途、25/運転時間、26/故障原因、27/故障状況、28/発見日、29/発見者、30/天候、31/発見経緯、32/措置年月日、33/措置区分、34/措置内容、35/説明欄、36/略図、37/報告書識別番号、38/報告書状態フラグ、39/センター・所コード、40/場・ポンプ所コード、

(2) 機器故障等記録報告のデータベースの性格

「機器故障等記録報告書」は、設備機器が何らかの原因によって停止した場合、或いは、異音や漏液が激しく運転を継続出来ない状況になり機器を停止した場合、この報告書が作成される。

従って、機器停止に至らずとも保守点検等の結果から、予防保全的に損耗部位等を補修している場合は、故障報告の対象とならないため、このデータとして収録されていない。

例えば、回転部や摺動部で物理的な磨耗が激しい部位を持つ機器は、機器停止に至る前にその損耗部位を簡易修繕や補修工事等で適宜交換している。

従って、このデータの分析から故障し易い部位、ウィークポイントは、故障発生部位とその発生件数から凡その事は推定できるが、機器が設置されてから故障が発生するまでの経過年数は、一概にその機器が異常なく機能を継続し得た年数を表しているものではないので注意を要する。

定期的に補修を繰り返している機器は、補修履歴や保守点検記録等（簡易修繕記録を含む）によって、損耗部位の機能維持年数(寿命)を推定する必要がある。

また、データは、報告者によって設備名称、機器名称及び部位名称が不統一に使用されている点があり、整理がしにくい収録になっている。

1-2 工事履歴台帳

工事履歴台帳は設備台帳を基に作成されている。主要設備が設置されるとその設備台帳が作成され、それに伴い工事履歴台帳も作成されている。

工事履歴台帳は、その設備名称及び号機番号、設置年度、工事内容、工事金額、付帯機々、工事概要等が記録されている。

新規に設備が設置されて以降、経年後、補修工事や改良工事が行われると、その工事年度、工事件名、工事金額、工事概要等が記録される。

工事履歴台帳のデータベースは、工事履歴台帳を一括収録したものであり、今回の調査では維持管理コストの主体となる補修費用や改良費を探るために本データに着目した。

(1) 工事履歴データベースの概要

データー収録期間：1967～2003 迄のデーター（36年間のデータ）

工事履歴データーの件数：6,108件。

データ項目数：22個：以下に項目を示す。

1 / 工事年度（元号）、2 / 工事年度（西暦）、3 / 工事番号1、4 / 工事番号2、5 / 工事番号3、6 / 工事番号1コード、7 / 工事番号2コード、8 / 工事番号3コード、9 / 事業所、10 / 旧事業所コード、11 / 事業所コード、12 / 工事件名、13 / 着工日、14 / 竣工日、15 / 請負費、17 / 請負者コード、18 / 工事シリアル No、19 / 作成日付、20 / 更新日付、21 / 削除日付、22 / 工事概要1～工事概要10

(2) 工事履歴データベースの性格

この工事履歴データベースには、建設工事、改良工事、補修工事、拡張工事、拡充工事が混在し収録されている。簡易修繕工事や直営による消耗部品の交換履歴等は記録されていない。

工事ごとに発注年度（施工年度）、工事件名、工事金額、工事概要等が収録されているが、問題は1件の工事の中に種々の工事内容が含まれているものが多く、工事金額は一括計上されているため、工種ごとの費用はこのデータからは不明である。

例えば、〇〇ポンプ所沈砂池補修工事という工事案件をみると、工事の内容はろ格機本体の補修に加え、し渣搬送コンベアの補修、さらに揚砂機の補修など、1件工事の中にいろいろな工種が混在しているので、それぞれの工種に要した補修費を求めるには、その設計書を紐解かないと分からない。

また、機場の機器ごとの（号機ごとの）補修や改良の履歴が分かりづらい。

このデータベースから故障部位の修理に要した費用は勿論、機器ごとに設置以降、現在に至るまでの補修費や改良費の累積値を算出することは困難である。従って、LCCの計算に必要な維持管理費用をこのデータベースから算出することは出来ない。

資料-2 延命化策の経済的評価法

設備の長寿命化策に対する経済的評価は、それぞれの長寿命化策実施による LCC を求め、その最小化で評価できる。

LCC を適確に算出するには、イニシアルコストとランニングコストが明確にされていないと正当な LCC は求められない。

イニシアルコストは、設備を設置したときの費用であるから、データとしては明確に残されている。しかし、ランニングコストは、ユーティリティコスト、保守点検費、補修費、改良費（小規模で且つ部分的改良で、更新に近い改良は含まない）等からなるが、現状ではこれらのデータが計画的に残されていないため、確かな LCC を算出することができない。

そこで、今回の調査検討の結果、それぞれの延命化策を実施するに当たって、その経済的評価をするにあたり、簡易な方法で評価することにした。

2-1 正規の LCC（日本下水道協会方式）

この LCC 計算において、ランニングコストは、ユーティリティコストと保守点検費は設置された設備の特性で決まり、耐用年数の間には一定の費用が掛かるが大きな変化はないとして LCC の算定から除外する方式である。

この調査検討では、設備を抜本的に替える訳ではなく、5年間程度の延命化の改善策を示すもので、この5年程度の間ではユーティリティコストと保守点検費に大きな変化は無いと考えられることから、この簡易なLCC方式で適切な評価が出来ると判断した。

つまり、このLCCでのランニングコストは、補修費と改良費を対象としている。
 イニシアルコストの捉え方は、設備の内容によって変える必要がある。

一般的に設備単位で更新する場合は、機器本体だけを更新することは少ないので、当初(取得)価格は、設備本体と付帯機々及び関連の周辺設備を含めた費用で設定するものとする。

例えば、ろ格機であればろ格機本体だけでなく、し渣搬送ベルトコンベアー、点検歩廊、手すり等、一体的に更新する付帯設備の費用もイニシアルコストに加え算定する必要がある。

$$LCC = P / T + \sum R_t / T$$

ただし、P：イニシアルコスト／当初(取得)価格

T：経過年数

R_t：経過年数Tの維持管理費

Σ R_t：経過年数T年までの維持管理費(補修費と改良費)の累積値

$$LCC_o = P / T_o + \sum R_o / T_o \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ただし、LCC_o：標準耐用年数におけるLCC

P：イニシアルコスト／当初(取得)価格

T_o：標準耐用年数

R_o：標準耐用年数T_oの維持管理費

Σ R_o：標準耐用年数T_o年までの維持管理費(補修費と改良費)の累積値

$$LCC_k = (P + K) / T_k + \sum R_k / T_k \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

ただし、LCC_k：長寿命化年数におけるLCC

P：イニシアルコスト／当初(取得)価格

K：長寿命化に要した改良費(又は補修費)

T_k：長寿命化年数

R_k：長寿命化年数T_kの維持管理費

Σ R_k：長寿命化年数T_k年までの維持管理費(補修費と改良費)の累積値

長寿命化に要した改良費 (K) 投入の経済的評価は、標準耐用年数の LCC と長寿命化年数 (標準耐用年数+延命化年数) の LCC_k との比較によって評価する。

LCC_o より LCC_k が小さければ延命化の改良費 (K) 投入は経済的には許容されると考える。

$$\text{①} - \text{②} = \text{LCC}_o - \text{LCC}_k \geq 0$$

$$[P/T_o + \Sigma R_o/T_o] - [(P+K)/T_k + \Sigma R_k/T_k] \geq 0 \dots \text{③}$$

延命化の改良費を投入したあと、延命化された間(5年間程度)は補修費を必要としないと考えると、 ΣR_k は ΣR_o と同じになり、 $\Sigma R_o = \Sigma R_k$ として③式は以下の通りとなる。

$$(P + \Sigma R_o) [(T_k/T_o) - 1] \geq K$$

$$(P + \Sigma R_o) [(T_k - T_o)/T_o] \geq K \dots \text{④}$$

長寿命化 (延命化) を図るための改良費 (K) は、標準耐用年数における LCC に延命化年数を乗じた値より小さければ、経済的には許容される費用と考えられる。

表現を変えれば、標準耐用年数のライフコスト (P + ΣR_o) に延命化年数 (T_k - T_o) と標準耐用年数 (T_o) との比を乗じた値よりも改良費 (K) が小さければ、経済的に見て許容される改良策と考えられる。

<例>

P : 100 / イニシアルコスト / 当初(取得)価格を 100 とした場合

T_o : 20 年 (標準耐用年数と考える)

T_k : 25 年 (延命化年数 : 5 年)

K : 延命化の改良費

ΣR_o : 標準耐用年数 T_o 年までの維持管理費 (補修費と改良費) の累積値

$$(100 + \Sigma R_o) [(25 - 20)/20] \geq K$$

$$(100 + \Sigma R_o) / 4 \geq K$$

この例のように標準耐用年数 20 年の設備であれば、5 年間の延命化の改良費 (K) は経済的な観点からライフコスト (取得価格 + ランニングコスト) の四分の一以下であれば、経済的に許容されることになる。

2-2 簡易な評価 (ランニングコストが低い設備機々を対象)

LCC の計算において、ランニングコストが算定できないと正当な LCC 評価は出来ない。

この調査では、前述の通りランニングコストの算定は補修費と改良費を対象としているが、今回の調査で利用した保全管理データ (機器故障等記録報告データと工事履歴データ) は、設備機器ごとの補修工事履歴や改良工事履歴が不明であるため (前記データベースの性格参照)、各設備機器が設置されてから今日に至るまでの補修や改良に要した費用の累積値を求めることは困難である。

そこで、設置以降、補修や改良を施しても多額な費用を投入していない設備機器で、その累積費用が設置費 (イニシャルコスト) に比べ非常に少ないと考えられるものについては、ランニングコストを省いて、延命化の改良費投入の経済的評価を行うことができるかと判断した。

前記 1) ④式の ΣR_0 をゼロとして

$$(P + 0) [(T_k - T_0) / T_0] \geq K \quad \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

⑤式で評価すると、例えば、イニシャルコストが 4 億円で標準耐用年数が 20 年の設備であれば、5 年間の延命化の改良費 (K) は 1 億円程度まで費用をかけることが許容されることになる。

ただし、ランニングコストが嵩む設備機器の場合は、この評価方法は適用できない。

毎年定期補修を施しているような設備機器は、生涯のランニングコストがイニシャルコストを超える場合もあり、その場合の延命化の改良費 (K) は、より多くなっても許容されることになる。

2-3 延命化か更新かの比較評価

予算の平準化を図る延命化策の実施について経済的側面から検討する場合、延命化前後のLCCを比較することによって評価する。

しかし、延命化か、更新かの比較検討する場合は、更新時期を捉えて・・・

- ① システムを抜本的に変え(改善システム)、ランニングコストを低減化し、耐用年数の延長化を図るか、
- ② 当面、現状設備機々に延命化策を施しておき、延命化年数を経過した後に改善システムを導入していくか、
- ③ 単純に現状と同じシステムで更新をしておくか、

・・・・・・実際は、以上の三通りについて比較検討が行われる。

それには、現状設備の標準耐用年数のLCC_o、改善システムの想定LCC_i、延命化策実施のLCC_kをそれぞれ計算し、現状設備の標準耐用年数と改善システムの想定耐用年数を加えたスパンでのLCCと、一方、長寿命化年数と改善システムの想定耐用年数を加えたスパンでのLCCを計算し比較することになる。

この比較においては、各設備機器の当初(取得)価格、設備が新しく設置されてから更新にいたるまでの保全管理データ(ユーティリティコスト、保守点検費、補修費及び改良費)、標準耐用年数(新システムは想定耐用年数)、補助金と償還条件(償還年数、利子)等のデータが必要になる。

これらが分かるデータ収録システムとしては、現状の設備台帳に工事履歴台帳{当初(取得)価格、逐次行われた補修費及び改良費}の要素が加えられ、さらに、ランニングコストの基になるユーティリティコスト、保守点検費、簡易修繕費、その他、耐用年数や補助金等の情報が収録されていれば良い。

そうすれば、いつの時点でもLCCが簡単に算出でき、補修や改良予算の作成や改良・更新実施のタイミングを適切に捉えることができる。

以上

下水道設備の長寿命化検討書

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