

# 下水道設備の再構築戦略策定支援技法

Technique for diagnosing aging in sewage facilities

伊藤英男<sup>1</sup>、原田敏郎<sup>2</sup>、柏木雅彦<sup>3</sup>、加藤俊明<sup>4</sup>、西尾弘道<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東京都下水道局

<sup>2</sup> 東京都下水道サービス(株)

<sup>3</sup> (社) 東京下水道設備協会会員(㈱日立製作所)

<sup>4</sup> (社) 東京下水道設備協会会員(三機工業㈱)

<sup>5</sup> (社) 東京下水道設備協会会員(三菱電機株)

HIDEO ITOU<sup>1</sup>、TOSHIRO HARADA<sup>2</sup>、MASAHIKO KASHIWAGI<sup>3</sup>、TOSHIAKI KATO<sup>4</sup>、HIROMICHI NISHIO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan Government (Bureau of Sewerage)

/2-8-1, Nishishinjuku, Shinjuku-Ku, Tokyo, 163-8001, Japan

<sup>2</sup> Tokyo Metropolitan Sewerage Service Co.

/2-6-2, Ohtemachi, Chiyoda-Ku, Tokyo, 100-0004, Japan

<sup>3,4,5</sup> Tokyo Waste Water Plant Engineering and Manufacturing Association

/1-23-1, Nishishinjuku, Shinjuku-Ku, Tokyo, 160-0023, Japan

## ABSTRACT

In Japan, the construction rush for sewerage works particularly in urban areas has been over; the works have now been sifted to a new, renovation phase aiming at their qualitative improvement. Although there are a lot of such facilities today that exceed the legal serving years, there is no practical reason for such facilities to be renewed at once. Supporting technologies are needed for sewerage administrators to make right decisions in the selection of proper facilities that should be renewed, taking into account various aspects of the facilities. To select the right facilities to be renovated, it is important to evaluate their actual ages quantitatively. The technology that we have developed for the purpose, which has also been adopted by the Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage, consists of the physical and functional diagnosis of facilities, and the social diagnosis of plants.

**Key Words** : Sewerage, renovation of facilities, diagnosis technology, life cycle cost

## 1 はじめに

都市圏における下水道は、建設の時代を終え、質的向上を中心としたリノベーション(以下、再構築と記す。単なる更新ではなく、老朽化した施設の近代化・高付加価値化などを目的とする)が主体となってきた。また、耐用年数を超えた設備が散見される状況にあるが、耐用年数を超えたら更新するという事にはならず、各設備の老朽化度合を定量的に判定し、多方面から見た情報整備を行って、最適な意志決定を行う必要があり、それを支援する技法が求められている。本稿は、かかる要望に応えるため

に開発した実務的な設備診断技法、設備の総合的老朽度判定技法、設備群の老朽度ポートフォリオ分析技法、余寿命やライフサイクルコスト算定法につき述べる。

## 2 設備の再構築戦略策定支援技法の手順

我々が目的とした設備診断技法は、信頼性技術や統計的手法に立脚した定量的で実践的な診断技法を確立すると共に、どこの機場のどの設備から再構築

や改良・補修を行うのが最適かと言う戦略問題を支援できる技法である。

各種文献調査の結果、上記の目的に合う技法は見出せず、開発せざるを得なかった。開発した診断技法の概略手順を fig.1 に示し、以下に略記する。

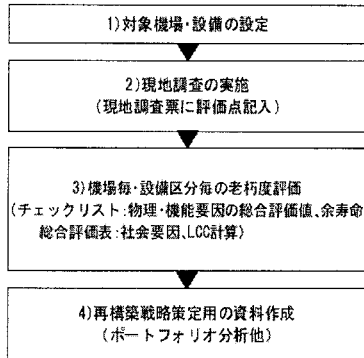


Fig.1 Procedure of support technique for reconstruction strategy and plans

- 1) 各機場からの更新要望や建設時期などの情報から、老朽度診断の対象とする複数の機場、設備の設定が行われる。
- 2) 現地調査団が結成され、設備毎に準備された「現地調査票」(Tabl 2~3 参照)に基づき、設備を五感により診断すると共に、機場の技術者、管理者にヒアリングも行き、老朽度を定量的に評価して、評価点として「現地調査票」に記入する。

Tab.1 Method of assigning a diagnostic evaluation score

五感による診断	評価点
正常	0.0
ほぼ正常	1.0
対策を要す	2.0
至急対策を要す	3.0

- 3) 現地調査票に記入された診断結果(評価点)を、設備毎に「チェックリスト」(Tabl 5 参照)にインプットする。「チェックリスト」は帳票ソフトで作成されており、後述する数式や判定モデルにより、設備毎の老朽度評価点や余寿命値が算出される。また、

設備毎の「チェックリスト」から、社会的要因やライフサイクルコストが記載された、機場単位の評価を行なう、1 機場 1 シートの総合評価表が作成される。

- 4) 一方、「チェックリスト」の情報から、再構築戦略策定のためのポートフォリオ分析が行われる。

設備毎の「チェックリスト」やポートフォリオ分析結果は、当局による再構築戦略の策定に供される。

### 3 設備診断技法の要素技術

実践的な設備診断技法を開発する際の問題は、対象とする設備の区分をどうするか、診断要因としてどんな項目を採用するか、評価方法をどうするか、設備内の主機・補機の重みづけをどうするか、妥当な診断(評価点をつける)を行なう現地調査体制はどうあるべきか等であった。

これらの課題に示唆を与えてくれた資料は、文献<sup>1)</sup>などの資料であり、これらの資料を参考にして設備診断の総合的技法構築の要素を検討した。

以下に検討した要素技術につき述べる。

#### (1) 設備区分(設備群)の扱い方

設備区分の分類は文献<sup>1)</sup>の中分類を基本として採用したが、池の系列などで創設・増設系の時期が大幅に異なるような場合は区別した。

#### (2) 設備診断要因

設備診断要因については、文献<sup>1)</sup>を参考にして、物理的要因、機能的要因とした。さらに、機場全体を評価する要因として、環境対策やエネルギー対策などの社会的要因(Tabl 3 参照)を加味した。

#### (3) 診断要因の評価方法(評価点の扱い方と現地調査票の例)

現地調査の評価方法も大きなテーマである。

一般的には5点法(1~5点)が各種評価に採用されるが、調査員の判断基準として出来るだけ評価の差が出にくいこと、感覚的に捉えやすいことなどを考慮して、Tabl 1 に示す様な0~3点の範囲を評価点とする事とした。

評価点は不信頼度に相当し、評価点0.0は、全く問題が無い設備であり、信頼度としては1.0である。

一方、評価点3.0は、不信頼度としては1.0であり、設備寿命は既に尽きていると判断できる。

また、現地調査は2名以上の専門調査員の合意に

Tab.2 市販されているゾルーゲル法による製品の例

機 場 名 :		設 備 名 :						特 高	判 定 結 果	現 地 調 査 メ モ	
調 査 日 :		調 査 者 :									
設備概要								判 定 結 果			
診 断 項 目	診 断 内 容			判 定 基 準							
				0	1	2	3				
操作性	運転操作	通常時	盤構成(配置)がスケルトンと対応しておらず解りにくい	NO	—	YES	—				
			過剰なインターロックが有り、操作しにくい 系切替が容易に出来ない	NO	—	NO	YES				
	緊急時		豪雨時等使用電力増加時の操作が困難である	NO	—	—	YES				
	安全性			危険防止・不用操作防止のキーロック等が施されていない	NO	—	YES	—			
				充電部が露出しており危険である	NO	—	NO	YES			
点検整備			部分停電が取りにくい	NO	—	YES	—				
			無停電系切替が出来ない	NO	—	NO	YES				
省エネ化 省力化	自動運転	自動制御導入	停電時の電源切替が自動化されていない	NO	—	—	YES				
			自動制御裏運用	自動制御は導入されているが実用化されていない	NO	—	YES	—			
	情報管理										
	遠隔監視		遠隔(中央)で監視操作するための監視操作項目が不足している	NO	—	—	YES				
	省エネ制御		力率制御・TRバンク制御などの省エネ制御が導入されていない	NO	—	YES	—				
省スペース化	コンパクト化		通路スペース・点検スペースなどが不足している	NO	—	YES	—				
			施設拡張計画に対してスペースが確保されていない	NO	—	NO	YES				
信頼性	システム	バックアップ									
			補機多重化 燃料確保								
	電源		受電系統多重化	受電系統が多重化されておらず信頼性に問題がある	NO	—	—	YES			
			配電系統分割	動力設備に対してフィータが設備毎あるいは系列毎に分割されていない	NO	—	YES	—			
			配電系統多重化	動力設備に対してフィータが多重化されておらず運用上問題がある	NO	—	YES	—			
			高調波の影響	高調波により電圧歪・地絡リレーの不要動作・照明のちらつき・機器過熱などの影響が出ている	NO	—	—	YES			
	自家発電容量台数										
	自家発電電源供給		停電時の必要稼働負荷に対して自家発電電源の供給が不十分である	NO	—	—	YES				
	制御電源		分岐箇所が集中していない	NO	—	YES	—				
			DC・CVCF・高用の使い分けが不適當である 分岐方法が機能別になっていない	NO	—	NO	YES				
蓄電池容量											
新機器の 採用	新機器の採用		信頼性の低い機器が設置されている(オイル絶縁機器・可動形保護継電器・有接点リレー回路・白熱ランプ・フンシール形蓄電池・可動形メモリ等)	NO	—	YES	—				
	予防保全		劣化による事故が発生し運用に支障が出ている	NO	—	YES	—				
	自己診断機能										
	メンテナンスフリー		保守を頻繁に行う必要のある機器が設置されている	NO	—	YES	—				

## 社会的要因

機 構 名:	調 査 日:	平 成	年 月 日
設 備 名:	調 査 者:		
機 器 名:	(注) 機 構 により設 問 が 不 適 当 と 思 わ れ る 場 合 は 「0」 と す る		
主 催 団 体:			

Tab.3 現地調査票（送電設備の機能的要因）の例

区分	診断・調査項目	調査要領	判定				×	モ
			正 常	ほぼ正常	対策を要す	至急対策を要す		
社 会 的 的 要 因	(1)法規等の変化	ヒアリングによる	0	1	2	3	---	
		法規との整合性	関連法規の基準値を満たせる。	1	2	3	---	
	(2)労働環境の変化	ヒアリングによる	0	1	2	3	---	
		職場環境	衛生的で安全。	1	2	3	---	
		勤務体制	無理のない体制。	1	2	3	---	
		ヒアリングによる	問題なし。	1	2	3	---	
	(3)環境対策	公害	0	1	2	3	---	
		美観	0	1	2	3	---	
		ヒアリングによる	問題がない。	1	2	3	---	
		施設利用	0	1	2	3	---	
(4)町づくりへの貢献	施設利用	0	1	2	3	---		
	リサイクル	0	1	2	3	---		
	エネルギー	0	1	2	3	---		
	ヒアリングによる	新旧整合している。	1	2	3	---		
(5)整備関係	拡張・増設性	0	1	2	3	---		
	ヒアリングによる	0	1	2	3	---		
	災害対策	0	1	2	3	---		
	地盤状況	0	1	2	3	---		
(7)その他	調査入主							

より評価し、評価の合理性を確保した。

Tabl 2 に現地調査票の例として、受変電設備の機能的要因に対する例を示し、Tabl 3 に社会的要因の例を示す。

**(4) 設備や要因項目の重み**

一つの設備区分は主機や補機など多くの単独設備により構成されたシステムとなっている。

設備区分の評価は、単独設備毎に診断された評価点を総合して評価する必要がある。また、設備の診断要因間の評価点を総合して一つの評価点とする必要がある。このために、単独設備間の重み付、要因間の重み付が必要である。各々につき Tabl 4 に示す。

Tab.4 設備単位及び要因間の重みづけ係数  
(污水ポンプの例)

	項目	重み係数
設備間	ポンプ	1.00
	電動機	1.00
	吐出弁類	0.50
	補助機器類	0.50
	要	物理的要因
因	機能的要因	1.00
間	社会的要因	0.85

ので、物理的評価点の信頼度換算値  $y_1$  ( $X_1/3.0$ )、機能的評価点の信頼度換算値  $y_2$  ( $X_2/3.0$ ) から、この設備の物理・機能を総合した信頼度  $y$  を算出し、評価点に換算し直した総評価点 (Y) を算出する。

fig.2 の例は処理場の、ある池系列の動力制御設備の例であり、物理的要因、機能的要因の評価点は各々 1.43、0.45 であり、総評価点は 1.67 となる。

これらの評価は「チェックリスト」で自動計算される。チェックリストの例を Tabl 5 に示す。

社会的要因は機場全体に対し評価される。ある機場の評価例を Tabl 6 に示す。

Tab.6 機場の社会的要因評価例

社会的要因診断項目	評価点
法規上の問題点	1.0
労働環境上の問題点	2.0
周囲環境上の問題点	0.5
町づくりとの関係	0.0
拡張・増設余地	1.7
災害対策上の問題点	1.0

→ 社会的要因評価点  
×4=0.98

診断項目毎に重みをつけ、その平均値に社会的評価の重み 0.85 を乗じた値 ( $X_4$ ) が該当機場の社会的要因評価点である。

総評価点 Y は各設備毎の老朽度を示す値として、後述するポートフォリオ分析の対象となり、社会的要因は機場毎のマクロな老朽度の参考値として提供される。

**4 設備の総合的老朽度評価**

設備の老朽度は物理的要因、機能的要因により診断されるが、該当設備の総合評価を如何に扱うかと言う課題がある。事例を fig.2 に示す。

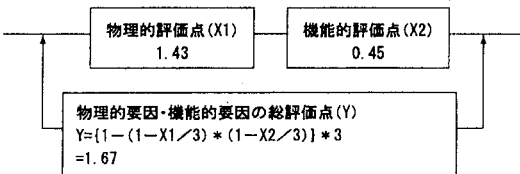


Fig.2 Example of calculating overall evaluation score for facility aging

信頼度  $y_1$  と、同じく  $y_2$  を持つシステムの直列系の信頼度  $y$  は、 $y = (1 - (1 - y_1) \times (1 - y_2))$  で表される

**5 ポートフォリオによる再構築戦略支援技法**

老朽化した設備は各機場に存在するが、設備の再構築は、予算執行上や監督上の問題などから、計画的に執行される。ポートフォリオ分析は多様な製品群を 2 軸の要因で弁別して、経営戦略の資とする技法であるが、この技法を再構築戦略策定支援として応用した。設備区分毎の再構築戦略策定の 2 要因として、横軸に耐用年数超過率 (稼働年数/標準耐用年数)、縦軸に総評価点 (Y) をとった。

耐用年数超過率を採用した理由は再構築を判断する際の最も重要な要因をなすからである。

fig.3 にポートフォリオ分析例を示す。図は 3 つの

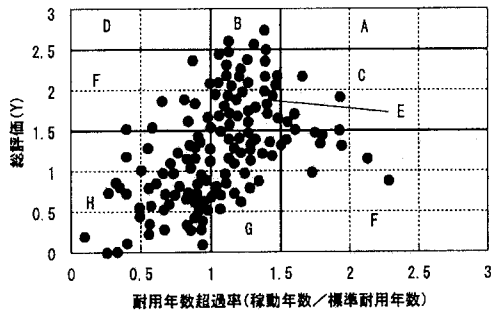


Fig.3 Example of portfolio analysis for facility aging

処理場、7カ所のポンプ所の診断対象設備について全設備をプロットしたものである。

横軸、縦軸共最大値は 3.0 であり、両軸共 3 分割され、計 9 つのゾーンから構成される。耐用年数超過率は 1.0 と 1.5 で分割し、総評価点 (Y) は 1.5 と 2.5 で分割した。分割された各ゾーン、A~H の意味づけは以下の通りである。

- A : 直ちに再構築すべき設備群
- B, C : ここ数年内に再構築を検討すべき設備群
- D : 直ちに改良を検討すべき設備群
- E, F : 改良を検討すべき設備群
- G : 補修を検討すべき設備群
- H : 当面の間検討対象外の設備群

また、E、FゾーンにあってもB、Dゾーンに近い設備の判定が重要である。これについては、次項に示す余寿命が、1年以内の値を示す設備を要注意設備として警告する。

## 6 余寿命推定についての考察

設備の余寿命を推定する一技法につき述べる。

余寿命推定は、油入変圧器の絶縁油劣化度合いを計測して診断する様な、一部の単独機器についての技術は開発されているが、システムに関する文献は見いだせなかった。

種々検討結果、最も高度なシステムを構成する人間の平均寿命の考え方に注目した。平均寿命は「生命表」<sup>2)</sup>が毎年公表され、その結果に基づいて発表される。fig.4に平成7年度の生命表と近似させた正

規累積関数を示す。

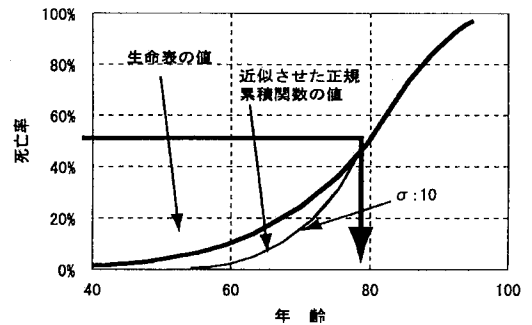


Fig.4 Plot of life table for Japanese males(1995)

平成7年度の男性の平均寿命は 79.48 歳であり、最長寿命者は 105 歳とバラツキがあるが、平均寿命とは 50% の人が死亡する年齢で定義されている。

人間の寿命は個人差があるが、平均寿命と、ある分散を持った母集団により構成されていると推測される。設備の寿命も同様で、平均寿命とある分散を持った母集団と推定される。このためには設備の平均寿命とその分散度合いを知らねばならない。

設備の「寿命の実績」をどのように考えるかは議論があろうが、実務的手段として、設備が更新された実績(経過年数)を採用する事とした。

そこで、各設備を納入した製造社にアンケート調査し、その結果から、設備毎の平均経過年数とその標準偏差を算出した。

生命表の考え方を参考にして、設備の更新実績の平均経過年数を平均寿命(平均  $\mu$ )とし、この値と標準偏差( $\sigma$ )を持つ正規累積関数を寿命カーブと定義した。

受変電設備の寿命カーブ例を fig.5 に示す。

縦軸は評価点に換算され、評価点 1.5 (不信頼度 0.5) が平均寿命である。一方、余寿命は、あと何年で寿命を迎えるかを予測するものであるから、限界寿命を設定する必要がある。

限界寿命は、約 90% の設備が寿命となる時期の ( $\mu + 1\sigma$ ) の値をとることとした。下式に示す様に、この限界寿命から、正規累積関数(寿命カーブ)より逆引きして求められる値(この値は評価点から見た推定経過年数、即ち老朽度合いからみた設備の年齢)を余寿命として算出する。余寿

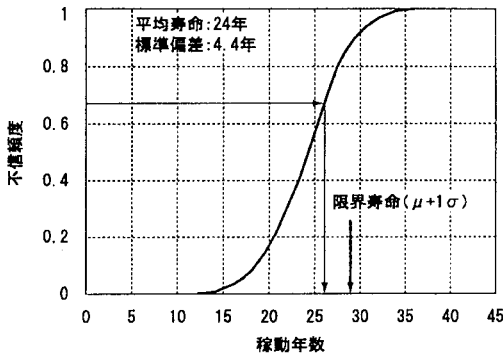


Fig.5 Life curve of substation facilities

命 = 限界寿命 - 正規累積関数  $f$  (確率、平均寿命、標準偏差)

限界寿命:  $\mu + 1\sigma$

確率: 評価点/3

平均寿命: 設備の更新実績から求めた平均経過年数 ( $\mu$ )

標準偏差: 設備の更新実績の標準偏差値 ( $\sigma$ )

余寿命は Tabl 5 のチェックリストの最下段に T1 として計算され、表示される。

ポートフォリオ上、E、Fゾーンにあっても、評価点(Y)が2.5に近く、 $\sigma$ 値が小さい設備では余寿命が1年をきる設備がある。fig.3のケースでは、9ヶの設備が上記に該当した。この様な設備については、ゾーン区分にかかわらず、再構築対象設備グループに編入するなどの処理を行なう。

## 7 経済性評価

### (1) 維持管理費と予測

経済性評価は文献<sup>1)</sup>のライフサイクルコスト法(以下、LCCと記す)に依った。LCCは、維持管理費の実績とその将来予測値と減価償却により償却される設備の現在価額の和(ライフサイクルコスト)が最低点である時期を該当設備の経済的限界とする手法である。

fig.6は比較的安定した、維持管理費の実績を持つ、あるポンプ所の維持管理費の実績および予測値を示したものである。維持管理費は補修費と改良費の合計値を対象とした。

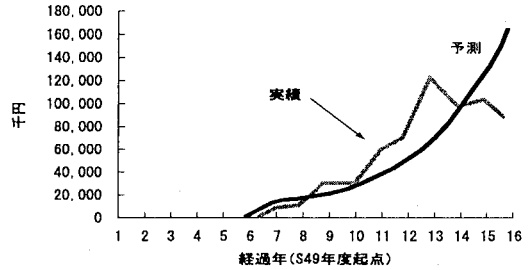


Fig.6 Actual and predicted repair and upgrade for a pump station

予測式は下記とした(文献<sup>1)</sup>)。

維持管理費  $C = aebt$

a, b は定数、t は経過年数である。

fig.6の例では下式となった。

$C = 1.42e0.298t$

維持管理費把握上の問題は、複数設備が複合されて計上されている場合が多く、設備区分毎の実績把握が困難なケースが多い事や、補修・改良工事が希にしか行われない受変電設備やポンプ設備などでは、連続性が無く、予測出来ない事などである。

fig.6の例はポンプ所全体に対して予測した例である。また、金銭の経年的価値の変化を表す、デフレータ係数を採用しなかったが、今後のテーマである。

### (2) LCC 計算

ポンプ所全設備を対象にしたLCC計算例をfig.7に示す。維持管理費の予測は、fig.6の例である。

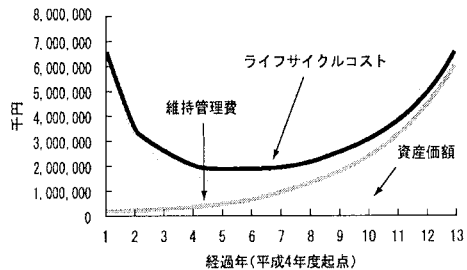


Fig.7 Example of calculating life-cycle cost for a pump station

Tab.5 設備診断チェックリスト例  
(ポンプ所 沈砂池設備の例)

機名: Aポンプ所 調査日: 平成 9 年 X 月 XX 日 主機形式: ろ格機: ダブルスクリーン式前面操縦背面降下式 取水原: 角形油圧式鋼鉄製 貯留設備: Rブロック 調査員: A、B、C 主機仕様: ろ格機: 水路1875 <sup>mm</sup> ×4750 <sup>mm</sup> 取水原: 2000 <sup>mm</sup> ×2500 <sup>mm</sup>																					
(判定) 正常: 0 ほぼ正常: 1 対策を要す: 2 至急対策を要す: 3		水 厚 (ゲート)	揚 砂 機	ろ 格 機 (スクリー ン)	貯 留 設 備	搬 送 設 備															
物 理 的 故 障	項目	重みG1	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	総合評価				
	耐用年数	1.00	2	2.00	2	2.00	2	2.00	2	2.00	2	2.00									
	亀裂・破損・変形	1.00	1	1.00	1	1.00	2	2.00	0	0.00	3	3.00									
	腐食・摩耗	1.00	1	1.00	2	2.00	2	2.00	1	1.00	3	3.00									
	振動	0.85	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.85									
	騒音・臭音	0.85	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.85									
	発熱・焼損	0.85	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.85									
	故障・動作不良	0.85	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	1.70									
	評価の平均		0.57		0.71		0.86		0.43		1.75										
	重みG2	1.00		1.00		1.00		0.50		0.25								信頼度評価D1	重みW1	評価得点X1	
重平均C	0.57 (C)	0.71 (Ca)	0.86 (Ca)	0.21 (Ca)	0.44 (Ca)												1.95	0.86	1.66		
要因	物理的要因に関するコメント <ul style="list-style-type: none"> <li>ろ格機のレーキが経年劣化のため若干傾斜している。</li> <li>ろ格機前面の床の腐食が多い。</li> <li>搬送設備: チェーンの摩耗による伸びがテークアップ代以上で、キックによる過トルクが発生する。</li> <li>揚砂機: 操作歩面の腐食が著しい/運転操作に熟練技術が必要。</li> <li>取水原受架台の腐食が多い。</li> </ul>																				
耐 用 年 数	設置年(西暦)	1975	1975	1975	1975	1975															
	調査年(西暦)	1997	1997	1997	1997	1997															
	稼働年数	22	22	22	22	22															
	耐用年数1	17	15	15	15	15															
	耐用年数2	30	17	17	17	17															
	耐用年数3	—	20	20	—	—															
	超過率1	1.29	1.47	1.47	1.47	1.47															
	超過率2	0.73	1.29	1.29	1.29	1.29															
	超過率3	—	1.10	1.10	—	—															
	能 率	項目		判定	判定の平均	重みG3	重平均F														
処理性能		処理量	2																		
機 操 作 性		処理性能(質)	2	2.00		1.00	2.00 (F1)														
		操作性	2																		
		安全性	2																		
		点検整備	2																		
的 省 資 力 化		緊急時対応性	1	1.75		1.00	1.75 (F2)														
		省資源	1																		
要 信 頼 性		省力化	2	1.50		0.85	1.28 (F3)														
		信頼性	2																		
	新技術	2	2.00		0.85	1.70 (F4)															
要因	機能的要因に関するコメント <ul style="list-style-type: none"> <li>沈砂池機械設備全体で年間16件ほどの補修工事を行っており、機能維持費用が嵩んできている。</li> <li>水路の覆蓋面積が広く、腐食による点検扉開閉不良などによる隙間からの臭気や悪臭のため、沈砂池室の作業環境が悪く、腐食進行の要因にもなっている。</li> <li>設備全体が古く、信頼性及び機能が劣っている。</li> <li>ろ格機に補助スクリーンがあるので、低水位運転が出来ず発・停頻度が高い。</li> <li>揚砂機がジブクレーンなので砂の取り残しがあり、腐敗が生じている。</li> <li>ジブクレーン(手動操作で熟練を要す)の操作性が悪く操作には熟練を要す。搬送機械の通路が狭く開口も多いので通行が不便。</li> <li>背面降下式のろ格機は点検しづらい。</li> <li>流入ゲートの全開同時操作が出来ない。</li> </ul>																				
																	設備総合評価	2.41			
																	信頼係数	0.77			



LCCを計算する上で問題となるのは、長年にわたり増設・改良が行われ、財産の嵩上げが行われる一方、減価償却されていくが、長期間に亘る年度毎の資産価額の把握が困難な点や、設備毎の把握は更に困難な点である。

図の例では、現時点の資産価額から、初期投資額を類推する方法をとり、増設・改良の影響を除いたものである。

設備毎のLCC計算は、上述の理由から困難が伴うため、機場全体を対象とし、設備毎の現在価額比で行うのが実践的と思われる。

LCC計算は、維持管理費を適切に把握できるデータの整備や、長年にわたる年度毎の資産価額を把握できるデータの整備など、建設、改良、補修工事費のデータベース化が必要と思われる。

## 8 おわりに

下水道設備の効率的な再構築戦略を支援するための技法として、設備の老朽度診断とその結果に基づ

くポートフォリオ分析の活用、余寿命推定およびライフサイクルコスト法に基づく経済性評価など、一連の技法につき述べた。実務的に活用できるこれらの技法は論理的に未熟な点ももっており、設備診断・再構築戦略支援技術につき、諸賢のご指摘、ご指導が頂ければ幸いである。

最後に、本技法は東京都下水道局の関係部署の方々や(社)東京下水道設備協会会員である企業の多くの方々の多大なご指導、ご協力により開発されたものであり謝意を表したい。

### [参考文献]

- 1) 下水道施設改築・修繕マニュアル(案)平成3年12月(社)日本下水道協会編
- 2) インターネットホームページ  
[www.mhw.go.jp/toukei/njh/htm/njh1-2.html](http://www.mhw.go.jp/toukei/njh/htm/njh1-2.html)
- 3) 電気学会技術調査報告「電気設備診断・更新技術に関する調査報告」376号
- 4) 電気学会技術調査報告「工場電気設備の寿命予知・技術に関する調査報告」第230号
- 5) 機械学会雑誌「機器・構造物の寿命診断と長寿命化技術」'91 1月号

(受付 1999. 2. 20)

(受理 1999. 6. 28)

