

シミュレーション手法を用いた下水道用機器の点検計画の評価

中根 進

1. はじめに

下水道用プラント機器の信頼性解析を行うことにより、機器の故障特性（初期故障型，偶発故障型，摩耗故障型）が明らかになる。一般に故障特性から機器の保全手法（予防保全，事後保全）を選択する。機器の故障特性はワイブル分布のパラメータ（ m, η ）で表現できる。

筆者らの調査の範囲では，下水道プラント機器（以下機器と言う）の故障特性は，初期故障型（ $m < 1$ ）か偶発故障型（ $m = 1$ ）を示す¹⁾ため，時間計画保全を行っても予防保全効果が期待できない²⁾とされている。そのため機器の保全は，状態監視保全といわれる予防保全手法をとることが必要となる。しかし，現状では機器の状態を示す情報を常時監視記録する装置や状態を解析する手法が用意されていないことが多く，状態監視保全ではなく，摩耗故障型の機器に対して有効な時間計画保全を行っているのが実情である。本文は，機器の不具合間隔について信頼性解析を行い，その不具合間隔をワイブル分布で表し，計画する定期点検日以前の不具合については機器の故障とするシミュレーションにより，時間計画保全の内，定期保全と言われる点検計画について緊急保全コストを導入した年間保全コストによって評価する。

2. プラント機械設備の不具合間隔

2.1 日常点検および定期点検

本文では，指針³⁾に示される次のような点検を日常点検および定期点検とする。

- ①日常点検：日常巡視点検を言い，五感（音，熱，振動，臭い等），計器の指示値のチェックなどを1日1回行う点検を言う。
- ②定期点検：週に何回，月に何回というような日常巡視点検以外の弛み，漏れ，変色などの外見的点検や必要に応じて給油，給脂あるいは増締，清掃等の手入れを行う点検を言う。

2.2 点検保守記録と不具合間隔

機器の故障や安全保護装置の作動に伴う原因確認や簡易な修復・修理作業などの故障，修復・修理の内容，発生時刻の記録を点検保守記録とする。

故障，修復・修理作業など時間的な間隔を本文では不具合間隔と定義する。維持管理年報などの点検保守記録から不具合発生日を特定し，機器毎に不具合間隔 t_i を算出し，図-1の不具合間隔 t_i を得る。今回の信頼性解析では，機器の運転時間でなく，運転しているものとして設置されている時間で整理し，修復・修

理に要する時間は考慮していない。

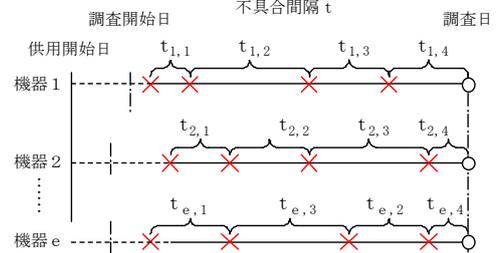


図-1 点検保守記録に基づく機器毎の不具合間隔 $t_{e,i}$ の整理

保管されている記録から故障，修復・修理の時刻を調査したが，収集記録の始点が機器毎に異なっていた。

機器毎に点検保守記録の最初に現れる不具合の時刻を基準として図-2のように不具合間隔 $t_{e,i}$ を昇順に並べて，信頼性解析データを作成する。

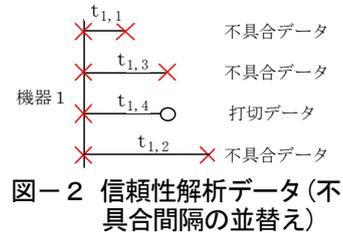


図-2 信頼性解析データ(不具合間隔の並替え)

2.3 不具合間隔の定式化

不具合間隔をシミュレーションするため，機器毎に不具合間隔を定式化する。機器がある確率のもとで不具合が生じるものと考え，不具合までの時間（不具合間隔）が確率分布に従うと仮定する。この確率を累積した累積確率分布をワイブルの分布式で表す。

不具合の累積確率分布を累積不具合確率として，(1)式で表す。

累積不具合確率 F :

$$F(t_i) = 1 - e^{-\left(\frac{t_i}{\eta}\right)^m} \dots (1)$$

ここに， m : 形状パラメータ
 η : 尺度パラメータ

本文では，累積ハザード法によって調査値を累積不具合確率 $F(t)$ で近似する。累積不具合確率 $F(t)$ はハザード関数 $H(t)$ を使って (2) 式で表す。

$$F(t_i) = 1 - e^{-H(t_i)} \dots (2)$$

不具合の回数 n と不具合間隔 t_i の昇順に並び替えたデータ(図-2)を使って不具合間隔 t_i 毎のハザード値 $H(t_i)$ を算定する。

$$\text{ハザード値} : H(t_i) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n-i+1} \cdot \delta_i \right)$$

ここに， δ_i : ダミー変数 (1:不具合データ, 0:打

切データ)

算定したハザード値 $H(t_i)$ から(2)式を使って不具合確率 $F(t_i)$ を算出する。

(2)式は、両辺に2回対数を取るにより不具合間隔 t と $F(t_i)$ の関係が線形となり、線形近似ができる。この直線の傾きが(1)式の形状パラメータ m となり、切片 b から尺度パラメータ η を同定できる⁴⁾。本文では、機器のパラメータの同定までを便宜上、信頼性解析と呼ぶ。

この信頼性解析を機器毎に行い、ワイブル分布のパラメータ m 、 η を推定し、不具合間隔を定式化する。

2.4 シミュレーションデータ

ある処理場(汚水処理水量:2,379千 m^3 /年)⁷⁾の沈砂池・主ポンプ設備、水処理設備、汚泥処理設備の点検している機器すべて158基を対象にして信頼性解析を行い、時間計画保全による年間保全計画について評価する。

今回、信頼性解析によって得られたワイブル分布のパラメータ m 、 η の一部を表-1に、全機器を別表に示す。

表-1 シミュレーションデータ

設備名	機器名	ワイブル分布パラメータ		指数パラメータ
		m	η	λ
沈砂池設備	流入ゲートNo.1	0.73	246.6	0.0043
	流入ゲートNo.2			
	粗目スクリーン			
	粗目スクリーン	1.75	72.8	0.0098
	沈砂掻揚機			
	トラフコンベア			
	細目自動除塵機No.1	0.44	181.6	0.0003
	沈砂洗浄ブロワ	0.78	317.2	
	電動ホイス	0.87	256.5	
	脱臭ファン			
	活性炭吸着塔			
	床排水ポンプ	1.27	265.2	
	計装用コンプレッサー	1.20	344.8	
計	158			

表-1では予備、常用機の区分は不明であるが運転時間は同じとして解析した。流入ゲートなどについては、不具合履歴が極めて少なく、ワイブル分布のパラメータ m 、 η を推定することができない。このため不具合回数が3回以下の場合には指数分布⁵⁾を仮定する。調査開始日からある調査日までの調査期間内の不具合率 λ_i は、指数分布とすると下式で求められる。

$$\text{不具合率 } \lambda_i = \frac{\text{不具合回数 } X_i}{\text{調査期間 } T_i}$$

累積不具合確率 $F(t_i)$ は、不具合率 λ_i をパラメータとして次式で表す。

$$F(t_i) = 1 - e^{-\lambda_i t_i}$$

不具合実績の無い機器は、シミュレーションする期間で不具合の発生する確率を小さくするように、不具合回数 x_i を1として(調査期間 $T_i \times 2$)で除して不

具合率 λ_i を算出した。

散気板は、反応槽1槽にライザー管を通じて多くのユニットに収納されているが、解析では、反応3槽分の散気板を1つの機器として扱い指数分布を仮定した。

3. シミュレーション手法

3.1 定期点検計画

機器の定期点検は、本処理場での聞き取り調査の結果、1ヶ月の中で決められた日時で行うのではなく、機器毎に設定した回数を1ヶ月の中で随時行うとのことであった。シミュレーション上の定期点検は、図-3のように月に k 回定期点検を行う場合に、一ヶ月毎に0~1までの値をとる一様乱数 r を k 個生成し、月の点検日を設定する。この乱数を12回(12ヶ月分)発生させ、時間保全計画による年間点検計画とする。

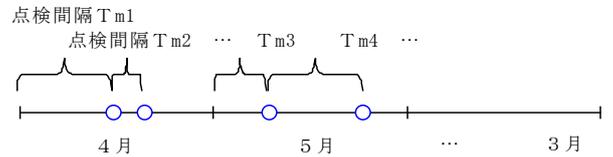


図-3 点検間隔 T_m

今回評価する年間点検計画を表-2に示す。現状行われている月1回の定期点検による保全を点検計画2

表-2 年間点検計画

	定期点検回数 k	備考
点検計画1	月2回	
点検計画2	月1回	現状
点検計画3	月0.5回	

とし、不具合回数を減少させることを目的に点検頻度を月2回とする計画を点検計画1とする。また、保全コストの低減を目的に点検頻度を半減(月0.5回)する計画を点検計画3とする。

3.2 不具合間隔の生起

信頼性解析を行って機器毎に得た累積不具合確率 F のパラメータ m 、 η を用いる。機器毎に0~1までの値をとる一様乱数 r を生成し、この乱数値 r を(2)式の累積不具合確率 $F(t)$ の逆関数に代入し、不具合間隔 T_f を生成する。不具合間隔 T_f を図-4に示すように並べると×印が不具合日となる。

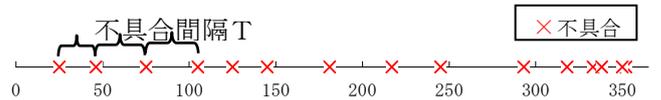


図-4 機器毎の不具合間隔 T_f の生起

なお、定期点検時において各機器をすべて分解し、必要に応じて部品の交換まで行うような整備を想定する場合、シミュレーションとしては、分解整備直後に不具合間隔 T_f を生起させる。指数分布する機器のある下水道機器では、不具合間隔が短くなる。ただし、今回のシミュレーションでは、分解整備を想定せず、各機器に対して予め図-4の不具合間隔 T_f を生起さ

せ、この不具合間隔 T_f を定期点検の後や偶発故障の後に使用する。

3.3 年間保全コストの推定

点検計画の評価を行うために緊急保全費用という指標を導入する。通常の点検に要する費用を定期点検費用とする。定期点検で見つけられなかった偶発的な故障による保全費用を緊急保全費用とし、それらを以下のように設定する。

①1回当たり定期点検費用 (C_m)

図-5に示す定期点検間隔 T_m より機器の不具合間隔 T_f が大きい時は、偶発的な故障を未然に防止できることもある(適切に保全された)と仮定して、1回当たりの定期点検費用 C_m を計上する。

$$\text{点検間隔 } T_m \leq \text{不具合間隔 } T_f$$

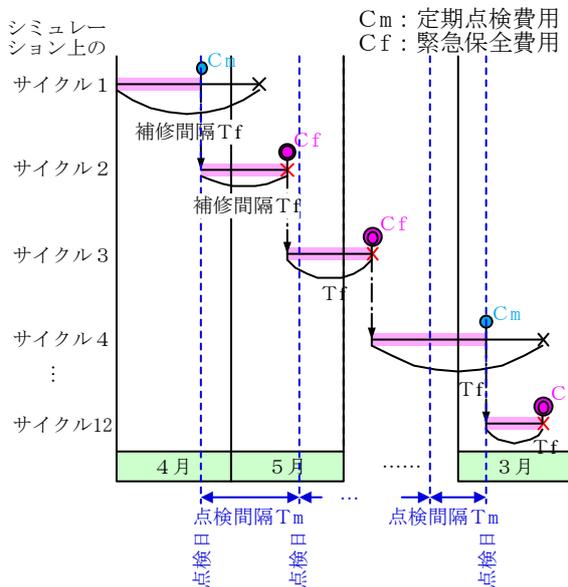


図-5 機器の不具合と点検費用の発生の関係

②機器別故障1回当たり緊急保全費用 (C_f)

定期点検間隔 T_m より機器の不具合間隔 T_f が小さければ、定期点検ではその機器の不具合を見つけないことができないとして、その不具合を故障と考え、緊急保全費用 C_f を計上する。

$$\text{点検間隔 } T_m > \text{不具合間隔 } T_f$$

以上の①定期点検費用と②故障による緊急保全費用を1年間、積み上げて年間保全コストとする。

3.4 点検コストの設定

3.4.1 点検コスト

下水道統計⁷⁾により該当する処理場の「人件費」と「運転管理費」を調査し、これらを加算した費用を年間の点検費用として表-3に示す。

表-3 実績年間定期点検費用(H17年度)

	金額 千円/年	H17公共下水道統計 項目番号
運転管理委託費	42,423	1346
= 点検費用	42,423	

定期点検回数は、シミュレーションする処理場の聞き取り調査により以下の回答を得た。

- ・日常点検回数：週5回(五感)
- ・定期点検回数：機器1基につき1回

年間の総点検回数を表-4のように算出し、機器1基当たり点検1回の点検費用を算出する。

$$42,423 \text{ 千円/年} \div (275 \text{ 回/月} \times 12 \text{ ヶ月/年}) = 12.9 \text{ 千円/回}$$

この点検費用を定期点検費用とし、シミュレーションでは12.9千円/回を1とし、定期点検回数を乗じて定期点検コストとする。

表-4 点検機器数と聞き取り調査による点検回数

大分類	中分類	点検機器数		月当たり点検回数		
		中分類別	大分類別	①日常点検	②定期点検	
				5回/(全機・週)×4週/月	月1回/機器	
プラント 機械設備	沈砂池	13	13	20	13	
	主ポンプ	13	13		13	
	送風機	9	9		9	
	水処理	初沈	19		79	79
		エアタンク	8			
		終沈	17			
		滅菌	7			
		ろ過水	18			
	汚泥処理	その他	10		44	44
		濃縮	9			
		薬注	8			
		脱水	24			
		脱臭	3			
小計		158		158		
プラント電気設備			37	37		
建築設備			60	60		
計		255		275 回/月		

3.4.2 緊急保全コスト

故障の内容によりオーバーホールするような修理・修繕となるかどうか明らかなでないが、オーバーホール費用を故障に対する緊急保全に要する費用と考える。

文献⁶⁾に表-5に示す主ポンプ、送風機、反応タンク(機械曝気装置)のオーバーホール費用の調査値が記載されている。このオーバーホール費用には、機器の仕様(諸元)は不明であるが、調査台数が明らかになっているので、機器1台当たりのオーバーホール費用を算出する。

表-5 主機の実績オーバーホール費用⁶⁾

機器名	機種	1台当たり オーバーホール 費用(千円)
主ポンプ	立軸渦巻斜流	7,870
	立軸斜流	11,120
	水中汚水ポンプ	2,430
送風機	ターボブロワ	10,175
	ロータリブロワ	1,578
反応タンク	機械式曝気装置	2,261

このオーバーホール費用と機器費の比を今回シミュレーションする処理場を含む5処理場について算出し、機器費に対するオーバーホール費用の費用関数を算出した。

$$y = 0.5618 \cdot \exp(-0.00003x)$$

ここに、 y : オーバホール費/機器費
 x : 機器費 千円

故障機器に対して、上式に(機器費/12.9千円)を乗じ、無次元化した緊急保全費用を算出する。

機器費によって定期点検費用より緊急保全費用が安価にならないように、緊急保全費用には定期点検費用を加算するものとする。すべての機器に対して1年間の緊急保全費用を集計したものを緊急保全コストとする。緊急保全コストと定期点検コストを加算し、年間保全コストとする。

4. シミュレーション解析結果

4.1 シミュレーション試行過程

機器の不具合を生起させるための試行回数は、年間保全コストの分布を描くに必要な回数を想定して500回とした。一般にデータを線形で回帰する場合、データの個数は、30個以上、非線形の場合には50個以上必要とされているので、10倍のデータ数があれば十分と考え、500回とした。

4.1.1 故障の発生状況

故障回数は、定期点検日以前に発生した不具合日である。シミュレーションした年間故障回数の生起状況を図-6~8に示す。

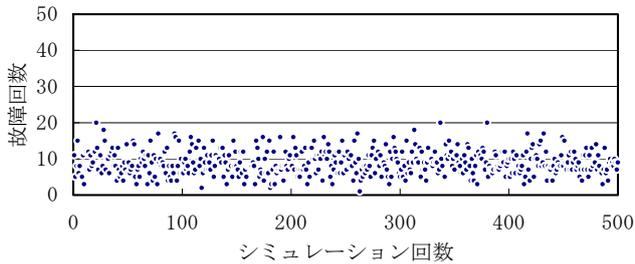


図-6 点検計画1(点検頻度:月2回)における年間故障生起回数

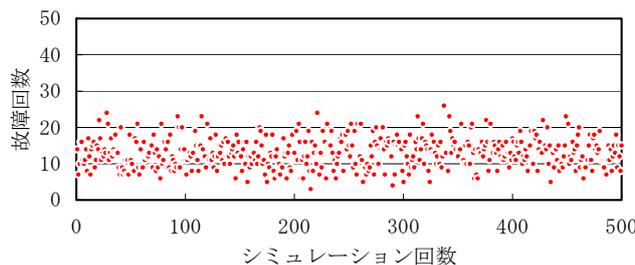


図-7 点検計画2(点検頻度:月1回)における年間故障生起回数

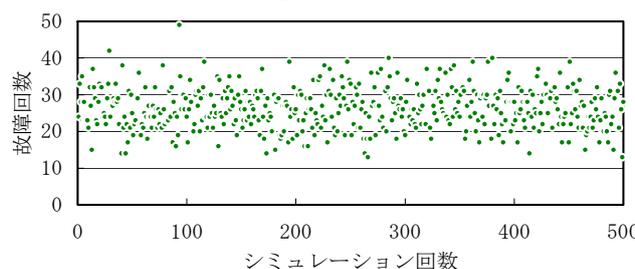


図-8 点検計画3(点検頻度:月0.5回)における年間故障生起回数

点検頻度を減らした点検計画3では、故障回数が機器158基当たり最大40回程度生起している。点検計画1のように点検頻度を多くとることにより、故障回数が最大20回程度に減少させる効果がシミュレーションできている。

4.1.2 年間保全コストの変動状況

シミュレーション実行中の試行回数に対する年間保全コストの変動を図-9~11に示す。

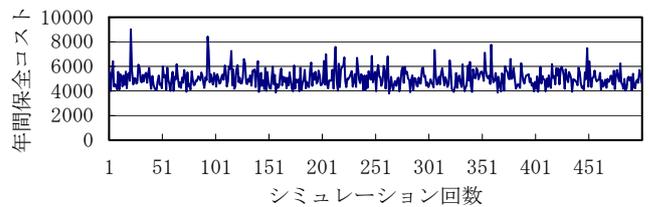


図-9 点検計画1(点検頻度:月2回)の年間保全コスト

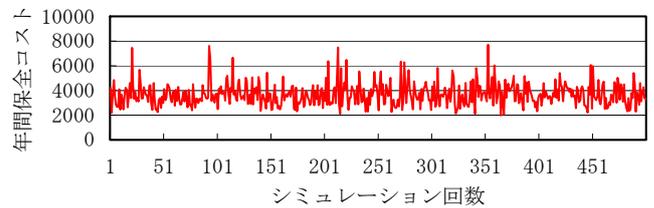


図-10 点検計画2(点検頻度:月1回)の年間保全コスト

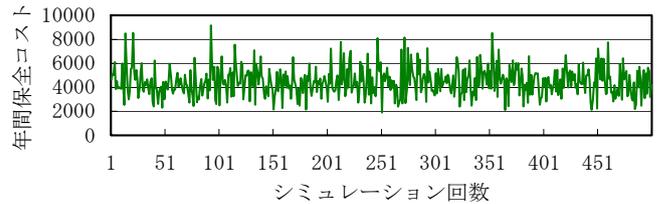


図-11 点検計画3(点検頻度:月0.5回)の年間保全コスト

4.2 シミュレーションによる緊急保全回数と年間保全コスト

シミュレーション回数による年間保全コストの変動を打点(・印)して分布図とし、図-12に示す。この分布を対数正規分布で近似し、合わせて図-12に示す。

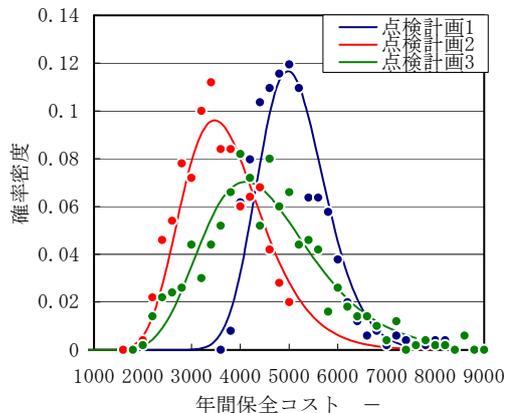


図-12 点検計画別年間保全コストの分布

この分布図から機器158基当たりの年間保全コストの平均値と90%区間推定値を算出して表-6と図-13に示す。

表-6 シミュレーション結果

年間予定点検回数	点検計画1	点検計画2	点検計画3
年間予定点検回数	24	12	6
定期点検コスト	3,792	1,896	948
緊急保全コスト	1,227	1,777	3,523
年間保全コスト	5,019	3,673	4,471
年間保全平均値	5,019	3,673	4,471
信頼下限 5%	3,957	2,408	2,754
信頼上限95%	6,240	5,284	6,750
年間緊急保全回数	9.0	13.0	26.3
信頼下限 5%	3.5	6.3	17.0
信頼上限95%	14.5	19.6	35.5

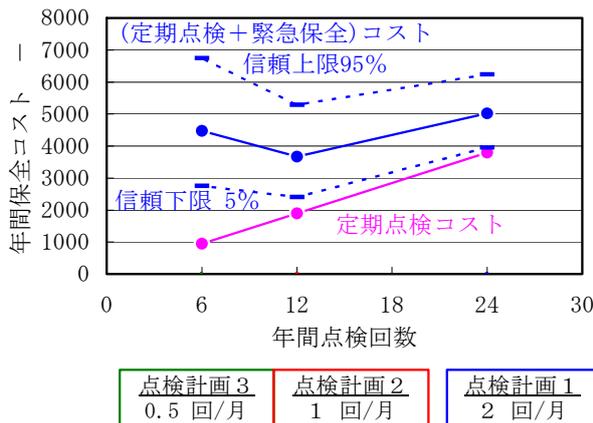


図-13 点検計画と年間保全コストのシミュレーション結果

現状行われている点検は、点検計画2であり、この計画での年間保全コストが最も安価な結果となった。点検回数を月0.5回に半減する(点検計画3)と、定期点検コストは半減するものの緊急保全コストが増加し、年間保全コストは、現状の点検計画2よりわずかではあるが大きくなった。点検計画1は、現状の点検計画2の2倍の点検回数とするが、緊急保全回数は、点検計画2の2/3程度であり、定期点検コストが2倍となり、年間保全コストとして最も高価となった。

4.3 シミュレーション結果と実績コストとの比較

汚水処理量に対して統計⁸⁾から算出した実績の修繕費/点検費用を図-14に示す。

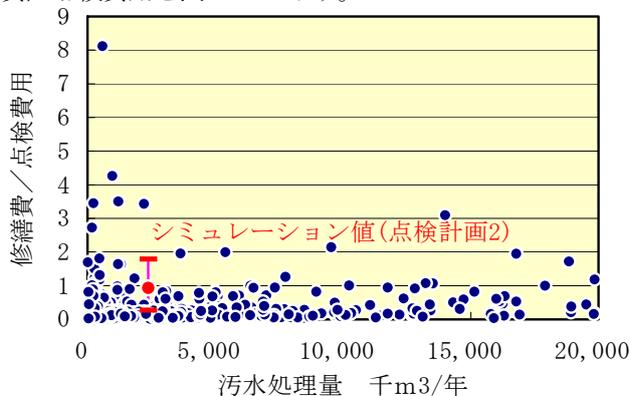


図-14 実績の修繕費/点検費用とシミュレーション値の比較(単独公共下水道)

このシミュレーション値には電気、建築設備などの緊急保全コストを含んでいないが、シミュレーション

結果を図-14に打点して示す。実績の修繕費/点検費用に対し、シミュレーション結果が大きい。これは、シミュレーションでは修繕費を算出しているのではなく、故障による緊急保全費用を算出しているためであり、費用関数による機器別の緊急保全費用が、機器のオーバーホール費用を利用していることによって、修繕費より大きな値になっている。

5. まとめ

コスト削減に聖域はなく、処理場の維持管理費削減も課題となっているのが現状である。年間保全計画を評価する1手法を示すことができた。各機器の不具合発生間隔をシミュレーションすることにより定期点検回数を多くすれば故障回数が減少し、減らせば、増加することが再現できた。これにより、定期点検費用と緊急保全費用を設定した上で、定期点検以前の不具合を故障と考え、機器の故障回数を推定し、時間計画保全による点検計画を年間保全コストで評価することができた。シミュレーションの試行回数に対する年間保全コストの変動を分布で示すことにより、年間保全コストの平均値、信頼区間値を推定した。

年間保全コストの分布には、シミュレーションの機器数が少ない場合は不連続な分布しか得られず、保全コストの信頼区間値を示すことができない恐れがある。そのため本シミュレーションは、小規模な処理場で点検する機器が少ない場合には推定する年間保全コストにバラツキが生じることが懸念される。

また、シミュレーションの際、機器の緊急保全費用を費用関数から推定したが、故障の内容により緊急保全費用は大きく異なることが予想される。シミュレーションの精度をあげるには、故障の内容と緊急保全コストを整合させることが重要と考えている。

<参考文献>

- 1) 下水処理場プラント機器の信頼性解析事例 中根 進 下水道協会誌論文集 2006.4月号
- 2) 信頼性工学入門 p163 北川賢司著 コロナ社
- 3) 下水道維持管理指針-2003年版- 後編 p724 (社)日本下水道協会
- 4) 改訂版信頼性工学入門 p117 真壁 肇 編 日本規格協会
- 5) ベイズ推計による下水道機器の故障解析 中根 進 下水道協会誌論文集 2010.9月号
- 6) トリボロジーを活用した設備診断に関する技術マニュアル(潤滑診断による状態監視保全) 2009年12月 (財)下水道新技術推進機構
- 7) 平成17年度版下水道統計(電子版) 26-4 維持管理費・財源内訳(単独).xls (社)日本下水道協会
- 8) 平成17年度版下水道統計(電子版) 26-6 施設別維持管理費(単独).xls (社)日本下水道協会

別表：シミュレーションデータ（沈砂池・主ポンプ，水処理設備不具合分布のパラメータ）

設備名	機器名	ワイブル分布パラメータ		指数パラメータ	設備名	機器名	ワイブル分布パラメータ		指数パラメータ		
		m	η	λ			m	η	λ		
沈砂池設備	流入ゲートNo.1	0.73	246.6	0.0043 0.0098 0.0098	エアタン設備	散気装置×3槽分	1.88	206.7	0.0024 0.0003		
	流入ゲートNo.2	1.75	72.8			床排水ポンプNo.1				0.65	836.3
	粗目スクリーン					床排水ポンプNo.2					
	粗目スクリーン	沈砂掻揚機	消泡水ポンプNo.1	0.54		1050.7					
	トラフコンベア	消泡水ポンプNo.2									
	細目自動除塵機No.1	オートストレーナ	0.0044 0.0022								
	沈砂洗淨ブロウ	散気装置吊上機									
	電動ホイスト	0.87	256.5	終沈設備		汚泥掻寄機No.1-1	1.90	188.9	0.0048 0.0195		
	脱臭ファン					汚泥掻寄機No.1-2					
	活性炭吸着塔					汚泥掻寄機No.2-1					
	床排水ポンプ					終沈流入ゲート	0.69	75.2	0.0007 0.0007 0.0007		
	計装用コンプレッサー					終沈流入ゲート					
	主ポンプNo.1-1	終沈流入ゲート									
	主ポンプNo.1-2	1.64	79.2			返送汚泥ポンプNo.1-1	1.01	48.4	0.0018		
主ポンプNo.2	返送汚泥ポンプNo.1-2										
吐出電動弁No.1-1	吐出電動弁No.1-2	1.73	171.0		返送汚泥ポンプNo.2-1	0.95				166.2	0.0124
吐出電動弁No.2	逆止弁No.1-1				逆止弁No.1-2		0.69	165.2			
逆止弁No.2	逆止弁No.2	0.0024 0.0012 0.0012 0.0031 0.0030 0.0003 0.0003 0.0009 0.0009	0.0009		余剰汚泥ポンプNo.1	0.69			165.2	0.0124 0.0124	
流量計用仕切弁No.2	流量計用仕切弁No.1-1				終沈汚泥引抜弁						
流量計用仕切弁No.1-1	床排水ポンプNo.1-1				終沈汚泥引抜弁	0.68	726.4	0.0016 0.0016			
床排水ポンプNo.1-2	床排水ポンプNo.2				床排水ポンプNo.1-1						
床排水ポンプNo.2	床排水ポンプNo.2			床排水ポンプNo.1-2	1.68	116.6	0.98	69.1	0.0016		
送風機No.1-1	送風機No.1-2	滅菌設備	次亜塩素酸注入設備								
送風機No.2	送風機No.2	0.44	127.2	0.0032 0.0024 0.0057 0.0003	放流水次亜塩素酸注入ポンプNo.1	1.00	89.6	0.0003 0.0003			
湿式空気濾過機	乾式空気濾過機				放流水次亜塩素酸注入ポンプNo.2						
クーリングタワー	電動吐出弁				ろ過水設備	濾過水次亜塩素酸注入ポンプ	0.87	113.4	0.26	447.5	0.0003 0.0003
冷却水ポンプNo.1	冷却水ポンプNo.2	砂濾過器No.1	次亜塩素酸貯留タンク	1.10	393.5						
初沈設備	汚泥掻寄機No.1-1	0.98	386.2			砂濾過器No.2	0.51	76.1	0.0058 0.0003 0.0003		
汚泥掻寄機No.1-2	汚泥掻寄機No.2-1	0.72	154.4	原水ポンプNo.1	0.59	140.8					
汚泥掻寄機No.2-1	初沈流入ゲート			原水ポンプNo.2			0.83	103.6	0.17	635.4	0.0003 0.0003
初沈流入ゲート	初沈流入ゲート	逆洗ポンプNo.1	逆洗ポンプNo.2	0.26	9293.3	0.0003 0.0024					
初沈流入ゲート	初沈流入ゲート	空洗フロアNo.1	空洗フロアNo.2				濾過装置コンプレッサーNo.1	1.69	120.1	0.68	290.1
スクラムスキマ	スクラムスキマ	濾過装置コンプレッサーNo.2	濾過装置空気槽	濾過装置除塵機	0.52	275.8	0.84				
スクラムスキマ	スクラムスキマ	濾過装置空気槽	濾過装置除塵機	濾過水高置水槽水処理用				0.84	178.6	0.0003 0.0003	
スクラムスキマ	生汚泥引抜ポンプNo.1-1	生汚泥引抜ポンプNo.1-2	濾過水高置水槽汚泥処理	濾過水ポンプ(水)No.1	1.38	413.6	0.0024 0.0050 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0009				
初沈汚泥引抜弁	初沈汚泥引抜弁	初沈汚泥引抜弁	濾過水ポンプ(水)No.2	濾過水ポンプ(汚)No.1							
初沈汚泥引抜弁	初沈汚泥引抜弁	床排水ポンプNo.1-1	濾過水ポンプ(汚)No.2	濾過水ポンプ(汚)No.2							
床排水ポンプNo.1-1	床排水ポンプNo.1-2	0.83	393.6	その他設備	上水揚水ポンプNo.1	0.0024 0.0050 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003					
床排水ポンプNo.2	床排水ポンプNo.2	1.26	183.1	上水揚水ポンプNo.2	上水揚水ポンプNo.3						
バイパスゲート				上水受水槽	上水受水槽	0.0003 0.0003					
				上水高置水槽	揚水ポンプNo.1						
				上水高置水槽	揚水ポンプNo.2	0.0003 0.0003					
				上水高置水槽	上水受水槽						
				床排水ポンプ	上水高置水槽	0.0003 0.0009					
					床排水ポンプ						
				点検機器数	54						

別表：シミュレーションデータ（汚泥処理設備不具合分布のパラメータ）

設備名	機器名	ワイブル分布パラメータ		指数分布パラメータ	設備名	機器名	ワイブル分布パラメータ		指数分布パラメータ	
		m	η	λ			m	η	λ	
濃縮設備	汚泥スクリーン	0.54	413.3	0.0031 0.0003	汚泥脱水機No.1-1	汚泥脱水機No.1-1	1.15	47.2	0.0003 0.0001 0.0010 0.0027 0.0015 0.0064	
	コンテナ吊上機					汚泥脱水機No.1-2				
	濃縮汚泥掻寄機	ケーキコンベア	0.86	427.4						
	濃縮汚泥引抜ポンプNo.1	脱水ケーキホッパ								
	濃縮汚泥引抜ポンプNo.2	ろ布洗浄水ポンプNo.1	0.97	425.7		0.0001				
	濃縮汚泥引抜弁	ろ布洗浄水ポンプNo.2								
	濃縮槽床排水ポンプNo.1	ろ布洗浄水ポンプNo.3	0.73	245.4		0.0027 0.0015				
	濃縮槽床排水ポンプNo.2	脱水設備コンプレッサーNo.1-1								
薬注設備	薬品定量フィーダ	0.63	217.6	0.0003 0.0033 0.0012 0.0003 0.0003 0.0034 0.0034	脱水設備コンプレッサーNo.1-2	除湿機	1.08	63.5	0.0340 0.0040	
	薬品溶解タンクNo.1					除湿機				
	薬品溶解タンクNo.2					1-2脱水機コンプレッサーNo.1	0.90	49.6		
	薬品供給ポンプ(ポリマー)					1-2脱水機コンプレッサーNo.2				
	薬品供給ポンプ(ポリ鉄)					汚泥貯留槽流入弁	0.67	259.4		0.0056 0.0003
	薬品搬入ホイスト					汚泥検計装用コンプレッサーNo.1				
	床排水ポンプNo.1					汚泥検計装用コンプレッサーNo.2	0.64	413.1		
床排水ポンプNo.2	除湿機									
脱水設備	汚泥供給ポンプNo.1-1	0.75	64.0	0.0024 0.0008 0.0057	脱臭設備	天トクレーン	0.0083 0.0016 0.0003			
	汚泥供給ポンプNo.1-2					活性炭吸着塔				
	汚泥供給ポンプNo.1-3					脱臭ファン				
	貯留槽攪拌フロアNo.1					チェンブロック				
	貯留槽攪拌フロアNo.2									
	セジメントトラップ									
				点検機器数	23					