

## 〈ノート〉

## 下水処理場に設置したポンプの余寿命を加味した維持管理の提案

山 浦 武<sup>1)</sup>, 渡 辺 勝 美<sup>2)</sup>, 中 島 正 悟<sup>3)</sup>, 酒 本 義 司<sup>4)</sup><sup>1)</sup> (社)公共施設の維持管理支援の会

(〒 275-0025 習志野市秋津 4-5-7 E-mail: yamaura-t@seaple.ne.jp)

<sup>2)</sup> パシフィックコンサルタンツ(株) 上下水道部

(〒 206-8550 多摩市関戸 1-7-5 E-mail: katsumi2.watanabe@os.pacific.co.jp)

<sup>3)</sup> パシフィックコンサルタンツ(株) 上下水道部

(〒 206-8550 多摩市関戸 1-7-5 E-mail: syougo.nakajima@ss.pacific.co.jp)

<sup>4)</sup> 酒本技術研究所 (〒 340-0052 草加市金明町 633-3 E-mail: mlc26236@nifty.com)

## 概 要

下水処理場に設置されたポンプについて既存資料を解析した結果ポンプ全揚程の低下量を運転時間により演算する関係式を求めることができた。この関係式で作成したポンプ全揚程曲線と管路抵抗曲線によりポンプの余寿命を推測することができる。またポンプ全揚程が低下するとポンプ電動機の電流値が低下する傾向を確認した。この電流値によりポンプ余寿命の概略値を演算する事が可能となり簡単な作業でポンプの状態保全が可能となり維持管理費の削減が可能となる事を提案した。

キーワード：下水処理, ポンプ, 維持管理, 状態保全, 劣化予測

原稿受付 2013. 6. 10 原稿受理 2013. 12. 27

EICA: 18(4) 60-68

## 1. はじめに

下水処理場では処理場ごと運転実績をもとにポンプ性能に関係なく経験的に汚水ポンプの耐用年数を設定している<sup>1)</sup>。O市O下水処理場では合流式の下水を揚水する汚水ポンプの修繕期間を約10年前後と定め羽根車部分を製造工場へ搬出し修繕を実施している。

ポンプの修繕期間が延長できればポンプの修繕費用が削減でき維持管理費の削減ができる。その為には現在実施している時間保全を状態保全に変更する必要がある。状態保全を実施する技術は多くあるが技術の内容は振動, 異常騒音, 異常電流, 等を測定する機器を設置する方法である<sup>2)</sup>。

今回下水処理場に保管してある維持管理の既存資料を解析する事により新たに状態保全を実施するための機器を設置せずポンプ吐出量が定格時の全揚程, ポンプ効率, 電流値を求め低下量を数値化し状態保全を実施する事を検討した。また既存計器の測定値によりポンプの余寿命を演算する方法を検討した。またポンプの状態保全を実施する具体的な提案を作成した。以下に検討した結果および提案内容を述べる。

## 2. 既存資料の調査及び現在の性能調査

ポンプを長期間使用した時のポンプ性能低下量を把握する為既存資料の「ポンプ点検整備修繕報告書」

「運転日報」「完成図書」「試運転報告書」を調査した。また現在稼働中のポンプ性能を調査した。調査はO市O下水処理場のNo.8汚水ポンプで実施した。調査結果を下記に示す。

## 2.1 調査したポンプの仕様

型式：両吸い込み渦巻きポンプ

仕様：135 m<sup>3</sup>/min×13.7 m×450 kW×1000φ

材質：羽根車…リン青銅鋳物 (PBC1), 出口シール材 (プロテクタ)…青銅鋳物 (BC2), ケーシング…ねずみ鋳鉄 (FC200)

## 2.2 調査したポンプの修繕履歴と内容

設置年：昭和42年(1963年)3月

1回目修繕実施：実施時期は不明

2回目修繕実施：平成4年(1992年)3月(詳細は不明)

3回目修繕実施：平成17年(2005年)3月(詳細は下記)

## (1) 摩耗量の調査及び補修

摩耗量は羽根車とケーシング間の隙間長を現場で測定した。隙間長が基準値を超えていたので羽根車を工場に搬出し摩耗部を肉盛溶接した後仕上げ加工を実施した。また羽根車と出口シール部の隙間長を測定した。出口シール部は揺動部の摩耗が有り隙間長が基準値を超えていたのでシール材を新品に交換した。

軸受けのホワイトメタル摩耗量を測定した。摩耗量は管理基準値以下なのでそのまま使用する事とした。尚、修繕後に同一場所を測定した。調査結果の値を **Table 1** に示す。

**Table1** Wear degree of Pump (mm)

項目	修繕前	修繕後	基準値
羽根車とケーシング間の隙間長	2.91	0	1.8
羽根車と出口シール部の隙間長	4.57	0.52	1.8
軸受け (ホワイトメタルの摩耗量)	0.21	0.21	0.3

(2) 振動・騒音の調査

振動は軸受けの全振幅を修繕前後に調査した。測定場所はポンプ軸受け (① 外側, ② 電動機側), 電動機軸受け (③ ポンプ側, ④ 外側) とした。測定結果を **Table 2** に示す。いずれも許容値以下<sup>3)</sup>なのでそのまま使用する事とした。

**Table2** Vibration of Pump (1/1000mm)

機器名	ポンプ		電動機		
	①	②	③	④	
修繕前	垂直方向	11	9	8	9.1
	水平軸方向	12.5	17	—	7.7
	水平軸直角方向	8	10.5	12	8.4
修繕後	垂直方向	11.5	9.5	8.4	8.1
	水平軸方向	13.1	13.2	—	10.3
	水平軸直角方向	9.5	10.8	10	10
増減	垂直方向	0.5	0.5	0.4	-1
	水平軸方向	0.6	-3.8	—	2.6
	水平軸直角方向	1.5	0.3	-2	1.6

騒音値は機側 1 m の値を測定した。測定結果を **Table 3** に示す。

**Table3** Sound of Pump (dB)

機器名	ポンプ		電動機	
	軸方向	側面	側面	軸方向
修繕前	80.5	82.5	86.5	85
修繕後	80	84	86	86
増減	-0.5	1.5	-0.5	1

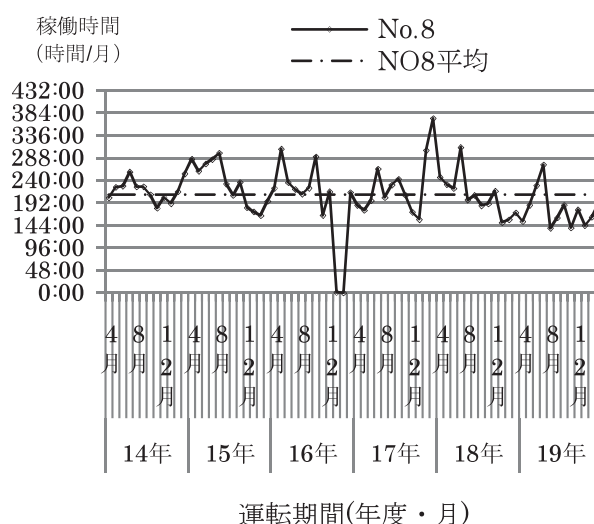
(3) 月別の運転期間と稼働時間の関係

ポンプの設置期間を運転期間 (単位: 月) とした。また設置期間内での実運転時間を稼働時間 (単位: 時間) とした。運転期間と稼働時間の関係を調査した。結果を **Fig. 1** に示す。以後時間軸のデータ整理は簡便な運転期間 (単位: 月) を使用する事とした。

2.3 既存資料の記載内容と所見

既存書類に記載された内容の要約と所見を下記に示す。

- (1) 月毎の平均稼働時間は **Fig. 1** より 209 時間



**Fig. 1** Relation of setting time and running time

$$\text{平均稼働率} = \frac{\text{稼働時間}}{\text{運転期間}} = \frac{209}{30 \times 24} = 29.1\% \text{ となっている。}$$

- (2) **Table 1** よりポンプ出口シール部の摩耗量は運転期間に比例して増加する傾向が見られる。
- (3) **Table 1** より軸受けのホワイトメタル摩耗率は運転期間が長くなっても少ない
- (4) **Table 2, Table 3** より運転期間とポンプ振動・騒音値の変化に相関関係は見られない。

以上よりポンプ振動・騒音値の調査データより No. 8 汚水ポンプの余寿命を推測する事は困難と考えた。また摩耗量より劣化を推測する事は分解点検が必要であり困難と考えた。

2.4 調査

現在の No. 8 汚水ポンプ性能を把握する為平成 22 年 6 月 2 日に現地で調査を実施した。10 時 30 分にポンプを起動しその後吐出弁の開度を 100% とし以後 75, 50, 25, 0% と弁開度を変化させ吐出圧力, 吐出量, 吸込と吐出槽の水位, 電流, 電圧, 力率を既存計器により計測した。調査は 30 分後の 11 時に終了した。

2.5 ポンプ性能の変化

既存資料に記載されている値よりポンプ性能 (全揚程, ポンプ効率, 電流値) の変化を調査した。また現在のポンプ性能を調査し既存資料と比較するため同一項目で整理をした。結果を **Fig. 2, Fig. 3** に示す。

尚ポンプを長期間運転すると運転条件が同一でも新設時に比べて全揚程が低下する。この現象をポンプ性能の劣化と定義する。

整理したデータは完成図書に記載された工場の試運転時 (□印), 3 回目修繕前 (△印…劣化度=最大), 3 回目修繕後 (○印…劣化度=0), 調査時 (×印) と

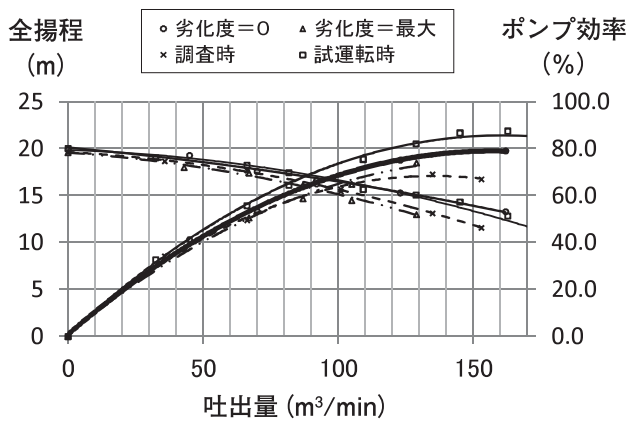


Fig. 2 Pump characteristics (Discharge capacity, total head, efficiency)

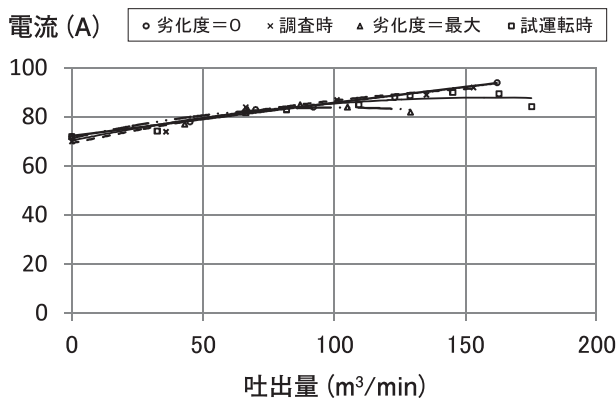


Fig. 3 Pump characteristics (Discharge capacity, electric current)

した。

ポンプ効率は式(1)で定義される。

$$\text{ポンプ効率}(\eta) = \frac{\text{水動力 (PW)}}{\text{電動機軸動力 (LI)}} \quad (1)$$

$$\text{水動力 (PW)} = 0.163 \times \gamma \times Q \times H \quad (2)$$

$\gamma$  : 下水の比重量 (kgf/L)  $\approx 1.0$

$Q$  : 吐出量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$H$  : 全揚程 (m)

$$\begin{aligned} \text{電動機軸動力 (LI)} \\ = \sqrt{3} \times \text{電圧} \times \text{電流} \times \text{力率} \times \text{電動機効率} \quad (3) \end{aligned}$$

電動機効率は電動機の劣化がないと仮定し工場試験データを使用した。

### 3. 既存資料情報の解析

#### 3.1 全揚程の変化

Fig. 2 より全揚程は3回目修繕後(劣化度=0)の値が試運転時の値に近似している。このことは3回目の修繕により劣化した全揚程が劣化のない試運転時の値に回復することを示している。

#### 3.2 ポンプ効率の変化

Fig. 2 より3回目修繕後(劣化度=0)のポンプ効率の値は試運転時より低い値を示している。理由は

- (1) 工場試運転時の電源力率が現場の電源力率より低いいため前記の式(3)で計算した電動機軸動力(LI)が小さくなり試運転時のポンプ効率が高くなった。
- (2) 3回目修繕後の調査は電動機効率の低下を無視したため前記の式(3)で計算した電動機軸動力が大きくなり式(1)で計算した3回目修繕後のポンプ効率が低い値となった。

現状では工場試運転時の電源力率を確認できない。また電動機効率を現場で確認することは困難である。従ってポンプ効率の劣化傾向を現場情報で把握することは困難と考えた。以後の検討ではポンプ効率を省く事とした。

#### 3.3 電流値の変化

Fig. 3 より仕様点(135  $\text{m}^3/\text{min}$ )付近における電流値は修繕後(○印)→調査時(×印)→修繕前(△印)と低下している。運転期間が長くなると電流値が低下する傾向が読み取れる。尚電圧は安定しているため電圧の変化による電流値の変化は無視した。

#### 3.4 全揚程・電流値の近似式作成

Fig. 2, Fig. 3 より全揚程, 電流値と吐出量の性能関係を近似式(4)と仮定し, Excel の Linest 関数を使用し abc を求めた。計算した結果を Table 4 に示す。

$$\text{性能} = aX^2 + bX + c \quad (4)$$

性能 : 全揚程 (m)

電流値 (A)

$X$  : ポンプ吐出量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

Table 4 Approximation of pump characteristics

項目	a	b	c	R <sup>2</sup>	
全揚程 (m)	修繕前	-0.000444	-0.02696	19.6	0.992
	修繕後	-0.000189	-0.03473	20.1	0.995
	調査時	-0.000444	-0.02063	19.6	0.999
電流値 (A)	修繕前	-0.00221	0.33222	72.1	0.914
	修繕後	-0.000069	0.18773	72.1	0.991
	調査時	-0.000967	0.3066	69.2	0.964

#### 3.5 運転期間の整理方法

運転期間は Fig. 4 の如く考えた。

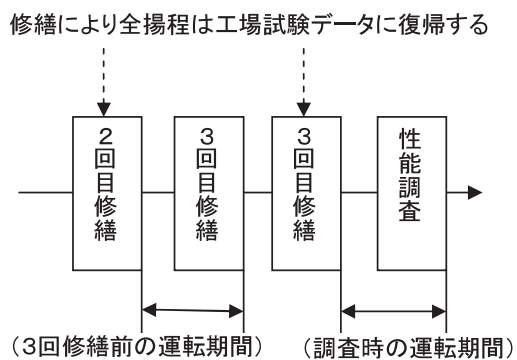


Fig. 4 Relation of repair period time and setting time

以上より下記を定義する

- 3回目修繕前の運転期間
- 2回目修繕後から3回目修繕前までの期間
- 3回目修繕前の稼働時間・稼働率
- 3回目修繕前運転期間中の実運転時間及び期間内の実運転割合
- 調査時の運転期間
- 3回目修繕後より調査時までの期間
- 調査時の稼働時間・稼働率
- 調査時の運転期間中の実運転時間及び期間内の実運転割合

よって

- 3回目修繕前運転期間=154ヶ月
- 3回目修繕前稼働時間=32,268時間
- 3回目修繕前稼働率=29.1%
- 調査時の運転期間=63ヶ月
- 調査時の稼働時間=13,200時間
- 調査時の稼働率=29.1%

### 3.5 劣化度の定義

下水道の機能診断方法<sup>4)</sup>を参考とし劣化度(R)を式(5)と定義した。

$$\text{劣化度}(R) = 1 - \frac{\text{劣化した時(修繕前)の値}}{\text{劣化がない時(修繕後)の値}} \quad (5)$$

前述した通り修繕を実施すると修繕後の全揚程は劣化がない試運転時の状態(劣化度=0)に回復することが確認できた。他のポンプでも修繕を実施する事により試運転時の全揚程に回復することを確認した<sup>5)</sup>。

### 3.6 劣化度の計算

近似式(4)よりポンプ吐出量が定格(135 m<sup>3</sup>/min)時の修繕前後と調査時の全揚程、電流値を求め劣化度の定義式(5)に代入し修繕前と調査時の劣化度を計算した。結果をTable 5に示す。

Table 5より全揚程、電流値の劣化度と運転期間の関係グラフをFig. 5に示す。

Table 5 Calculation result of deplete degree

	修繕前	調査時
稼働時間(時間)	32268.13	13200.06
平均運転時間(時間/月)	209.53	209.53
運転期間(月)	154	63
定格時の劣化度(135 m <sup>3</sup> /min)	全揚程	0.157
	電流値	0.087
		0.0006

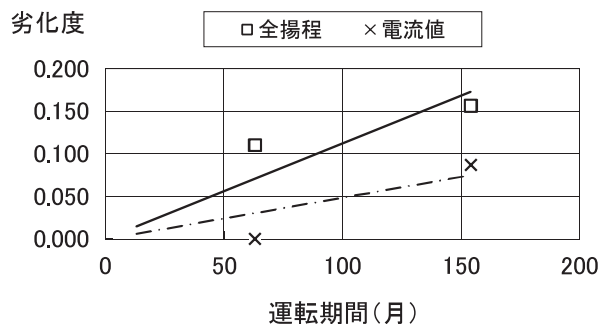


Fig. 5 Relation of repair period time and driving time

Fig. 5より劣化度と運転期間の関係を近似式(6)と定義しExcelのLinest関数を使用して劣化速度(a)を求める。計算した結果をTable 6に示す。尚、相関係数(R<sup>2</sup>)が小さい。今後データを蓄積し大きくする必要がある。

$$\text{劣化度(全揚程)} = aX \quad (6)$$

$$= 0.00112 \times X$$

a : 勾配=0.00112

X : 運転期間(月)

式(6)のaは劣化の速度を示す

Table 6 Calculation result of deplete degree

	劣化速度(a)	相関係数(R <sup>2</sup> )
全揚程	0.001122	0.704
電流値	0.000487	0.719

Table 6より全揚程は月当たり0.00112劣化することを示している。同様に電流値の劣化度は下記で示される。

$$\text{劣化度(電流値)} = 0.000487 \times X$$

X : 運転期間(月)

## 4. 余寿命の計算

### 4.1 限界仕様点

ポンプ全揚程曲線と実揚程に管路損失を加えた管路抵抗曲線の関係を模式的に表した図をFig. 6に示す。ポンプの運転点はポンプ全揚程曲線と管路抵抗曲線の交点となる<sup>6)</sup>。

Fig. 6より管路抵抗曲線が必要吐出量(135 m<sup>3</sup>/min)となる全揚程(13.2 m)を求め、この点を限界

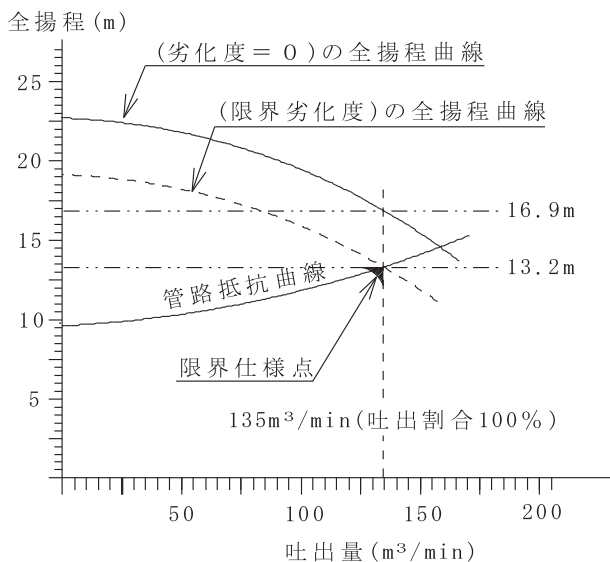


Fig. 6 Relation of Pump total head and Pipeline loss curve

仕様点とする。限界仕様点を通るポンプ全揚程曲線が限界劣化度のポンプ特性となる。また限界劣化度 ( $R_{max}$ ) は式(7)となる。

$$R_{max} = 1 - \frac{(\text{限界劣化度の全揚程})}{(\text{劣化度=0の全揚程})} \quad (7)$$

$$= 1 - \frac{(13.2\text{m})}{(16.9\text{m})} = 0.219$$

#### 4.2 調査時のポンプ余寿命の計算

式(6)の劣化速度 ( $a$ ) と式(7)の限界劣化度 ( $R_{max}$ ) より、ポンプの寿命 ( $L$ ) は式(8)と定義すると余寿命 ( $L_r$ ) は式(9)で示される。

$$\text{寿命}(L) = \frac{\text{限界劣化度}(R_{max})}{\text{劣化速度}(a)} \quad (8)$$

$$\text{余寿命}(L_r) = \text{寿命}(L) - \text{運転期間} \quad (9)$$

よってポンプ全揚程から計算したポンプ余寿命は限界劣化度=0.219, 劣化速度=0.00112 月<sup>-1</sup>, 運転期間=63ヶ月から下記となる。

$$\text{余寿命}(L_r) = \frac{0.219}{0.00112} - 63 = 132.1 \text{ 月} \approx 11 \text{ 年}$$

以上より調査時の No. 8 汚水ポンプ余寿命は約 11 年となる。従って調査したポンプの修繕時期は約 11 年後で良いことになる。

時間保全の余寿命は

調査日までの運転期間=63 月

余寿命=10 年(120 月)-63 月=57 月

今回検討した余寿命は 132.1 月、従って提案の状態保全を実施する事により修繕期間を約 6 年 (132-57=75 月 $\approx$ 6 年) 程度延期できることが推測できる。

## 5. ポンプ状態保全の具体案

### 5.1 概要

前記の考え方に従い運転期間と全揚程、電流値の劣化度よりポンプの余寿命を計算する具体案を下記に示す。

尚全揚程、電流値を測定しポンプ性能を調査することは多大な労力が必要である。従って劣化度を精密劣化度と概略劣化度とに分けて計算する。

#### (1) 精密劣化度

全揚程より計算した劣化度。この方法は実際の全揚程を測定するので劣化度の精度は高いが作業量が多く日常的に調査することは困難である。

#### (2) 概略劣化度

ポンプを長期間使用すると前記のごとく羽根車が摩耗し全揚程が低下する。この時ポンプ効率の低下傾向が大きければポンプ軸動力が増加し電流値は増加する。

しかし Fig. 5 より明らかな如くポンプ全揚程が低下すると電流値も低下する傾向を示している。このことは電流値によりポンプ全揚程の低下傾向が推測できることを示唆している。従って作業の簡素化を図る為に常時は簡易的に電流値の低下量を把握し全揚程の劣化度を推測する概略劣化度を使用する事とする。限界劣化度に近づいたら精密劣化度を調査する。

### 5.2 ポンプ劣化度調査シートの作成

本文末尾に「ポンプ劣化度調査シート」の案を示す。尚サンプルに使用したポンプは O 市 O 下水処理場 No. 9 汚水ポンプである。

着色部分が入力するデータを示す。白色部は Excel で演算計算された値を示す。グラフは Excel で作成される。斜線部は演算された劣化度の値を示す。

### 5.3 ポンプ劣化度調査シートへの入力

- (1) 表-1 にポンプの概要を入力する。
- (2) 表-2 に (劣化度=0) のポンプ性能値を入力する。工場試験時のデータより吐出量、全揚程、電流、電圧の値を入力する。工場試験データが不明な場合は修繕後のデータを「劣化度=0」と考えて入力する。
  - ① 図-1 の (劣化度=0) のポンプ性能曲線が作成される。
  - ② ポンプ性能近似式の係数が演算され表-3 に記載される。
  - ③ 吐出割合 100%, (劣化度=0) の全揚程、電流値が演算され表-8 に記載される。
- (3) 表-4 に (劣化度=最大) のポンプ性能値を入力する。劣化度が最大値となった実績値を調査し、その時の

ポンプ性能値を入力する。また運転期間を入力する。

- ① ポンプ性能近似式の係数が演算され表-5に記載される。
  - ② 吐出割合 100%, (劣化度=最大) の全揚程, 電流値が演算され表-8に記載される。
  - ③ 最大劣化度が演算され表-8に記載される。
- (4) 「精密劣化度」表-6に調査するポンプのポンプ性能を入力する。また運転期間を入力する。
- ① 図-1に調査時のポンプ性能曲線が作成される。
  - ② ポンプ性能近似式の係数が演算され表-7に記載される。
  - ③ 吐出割合 100%, 調査時の全揚程, 電流値, が演算され, また定義に従い精密劣化度が演算され表-9に記載される。

この時図-1は(劣化度=0)のグラフと対比できる。また図-2が作成され過去の劣化度と比較できる。図-1, 図-2より劣化度の進捗状況が目視確認できる。また図-2より劣化速度(a)が演算され表-12に記載される。

#### (5) 精密劣化度の蓄積

精密劣化度の計算値が表-11に蓄積される。図-2より求めた表-12の劣化速度(a)の相関係数( $R^2$ )データを蓄積し高める。

#### (6) 「概略劣化度」表-10に調査するポンプの電流値と吐出割合を入力する。

調査するポンプに流量計がない場合はポンプ吐出圧力により完成図書 of 工場試験データを参考資料として吐出量を推測し吐出割合を計算する。

- ① 概略劣化度が演算され表-10に記載される。

電流値より概略劣化度を推測し維持管理の作業時間を短縮する。

#### (7) 「限界劣化度」図-3に別途入力し作成したポンプ全揚程曲線と水路抵抗曲線の関係を示す。

図-3より(劣化度=0, 全揚程=16.9 m)の運転点より(限界仕様点全揚程=13.2 m)を求め表-13に入力する。

- ① 精密劣化度が演算され(限界劣化度=0.219)が表-13に記載される。
- ② 余寿命(47.1月)が演算され表-13に記載される。

#### (8) 修繕時期

調査日までの運転期間=87月

時間保全の余寿命=10年(120月)-87月=33月

提案の余寿命=47.月

となり本調査シートにより修繕期間は約1年(47-

33=14月≒1年)延長できると推測できる。

しかし図-2, 表-12より全揚程劣化速度の(相関係数=0.531)と小さいので精密劣化度を頻繁に実施し表-11の劣化度データを蓄積し相関係数を高める必要がある。

## 6. 検討結果の精度

本検討は既存資料に記された劣化量の値と逆算した運転期間より劣化量と時間軸の関係を求めたものである。従って, 測定条件の詳細は不明である。また既存計器により測定した値をベースに検討した。測定値の誤差は不明であるが定性的傾向は正しいと考える。

汚水ポンプの劣化が促進する速度は同じ下水処理場でもポンプ井内のポンプを設置する場所により異なる。今後 Fig. 5 に示される劣化度データを積み重ねることにより限界劣化度精度の向上を図る必要がある。

## 7. おわりに

本提案により従来行われていたポンプの時間保全を状態保全に変更できる可能性ができ維持管理費の削減が可能となる。

またパソコンの画面または既設のCRT画面にポンプ劣化データ画面を追加することにより適切な修繕時期を演算することが可能となる。

本研究の実施に際し多大な協力を頂いたO市O下水処理場の方々に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 財団法人下水道新技術推進機構：効率的な改築事業計画策定技術資料【下水道主要設備機能診断】，p.11(2005)
- 2) ㈱産業技術サービスセンター：設備管理技術辞典  
日本プラントメンテナンス協会：メンテナンス便覧  
社団法人水道協会：振動測定によるポンプ・電動機等軸受けの劣化判定基準，第75巻，第11号，p.14(2006)等
- 3) JIS B 8301 付属書2図1振動基準
- 4) 財団法人下水道新技術推進機構：効率的な改築事業計画策定技術資料【下水道主要設備機能診断】，p.180(2005)
- 5) 渡邊勝美，中島正悟，酒本義司，山浦武：下水処理場機器余寿命の予測に関する一考察，月刊下水道，Vol.34, No.8, pp.45-51(2011)
- 6) 社団法人河川ポンプ施設技術協会：揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説，p.26(2001)

## ポンプ劣化度の調査シート

### 1. ポンプの概要

表-1 ポンプの概要

処理場名	○下水処理場	設置場所	○○ポンプ室	ポンプ名称	No9ポンプ	管理番号	
仕様	両吸込渦巻きポンプ	100	m <sup>3</sup> /min	14 m	350 kw	500 rpm	
設置日	昭和42年3月設置	メーカー	○○○○	製造番号	○○○	口径	900 mm φ
修繕実施	平成6年 2月	修繕実施	平成15年3月	修繕実施		修繕実施	

### 2. ポンプの性能

#### 2-1 劣化度 = 0、のポンプ性能

表-2 ポンプ性能データ (劣化度 = 0)

吐出量		全揚程 (m)	電流 (A)	電圧 (V)
m <sup>3</sup> /min	%			
111	111	12.6	67	3300
103	103	14.2	68	3300
92.7	92.7	15.1	68	3300
75.2	75.2	16.7	66	3300
55	55	18.7	64	3300
0	0	22.7	56	3300

表-3 ポンプ性能近似式 (劣化度 = 0)

$$\text{性能} = aX^2 + bX + c$$

	a	b	c	R <sup>2</sup>
全揚程	-0.000289	-0.05599	22.7	0.996
電流値	-0.000847	0.200	55.9	0.986

#### 2-2 劣化度 = 最大、のポンプ性能

表-4 ポンプ性能データ (劣化度 = 最大)

吐出量 (m <sup>3</sup> /min)		全揚程 (m)	電流 (A)	電圧 (V)
m <sup>3</sup> /min	%			
92.5	92.5	12.3	63	3300
89.2	89.2	13.4	64	3300
83.2	83.2	14.8	65	3300
70.8	70.8	16.3	67	3300
53.0	53.0	18.7	66	3300
0.0	0.0	23.1	58	3300

劣化度 = 最大、のポンプ性能の近似式

調査日 平成15年 2月

運転期間 108 月

実際の運転時間 21249 時間

表-5 ポンプ性能近似式 (劣化度 = 最大)

$$\text{性能} = aX^2 + bX + c$$

	a	b	c	R <sup>2</sup>
全揚程	-0.000816	-0.03695	23.1	0.995
電流値	-0.002666	0.306	57.9	0.976

#### 2-3 調査する 劣化度 = 不明、のポンプ性能

表-6 ポンプ性能データ (劣化度 = 不明)

吐出量 (m <sup>3</sup> /min)		全揚程 (m)	電流 (A)	電圧 (V)
m <sup>3</sup> /min	%			
101.0	101.0	12.35	63	3302
100.0	100.0	12.78	63	3341
74.4	74.4	17.15	64	3353
50.6	50.6	19.54	62	3331
25.0	25.0	21.04	58	3338
0.0	0.0	22.57	56	3338

劣化度 = 不明、のポンプ性能の近似式

調査日 平成22年6月2日

運転期間 87 月

表-7 ポンプ性能近似式 (劣化度 = 不明)

$$\text{性能} = aX^2 + bX + c$$

	a	b	c	R <sup>2</sup>
全揚程	-0.000812	-0.0149	22.4	0.995
電流値	-0.000967	0.175	55.4	0.947

3. 劣化度の計算

表-8 精密劣化度 (過去の最大劣化度)

	全揚程 (m)	電流値 (A)	吐出割合 (%)
劣化度=0の値	14.2	87.5	100
劣化度=最大の値	11.2	61.8	100
最大劣化度の計算値	0.209	0.084	100

表-9 調査したポンプの精密劣化度計算値

	全揚程 (m)	電流値 (A)	吐出割合 (%)
劣化度=0の値	14.2	87.5	100
調査時の値	12.7	63.2	100
調査時の劣化度	0.101	0.063	100

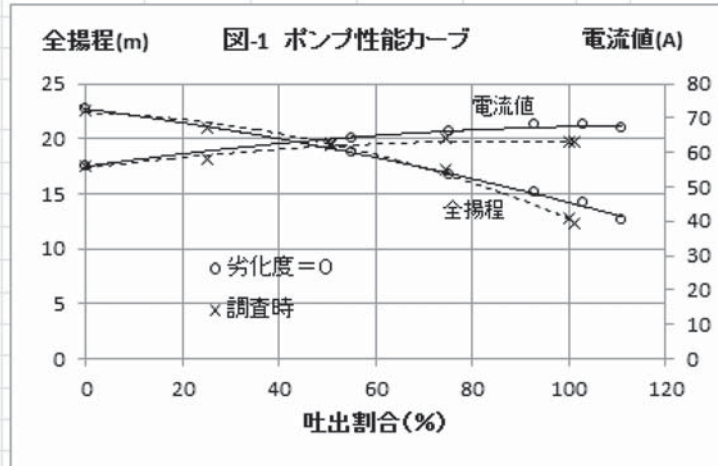


表-10 調査したポンプの概略劣化度

電流値	63 A
吐出割合	80 %
劣化度=0の換算電流値	66.5 A
劣化度	0.653

表-11 劣化度データの蓄積

	最大値	今回	将来
年 月	H15年2月	H22年8月	
運転期間	108	87	
全揚程	0.209	0.101	
電流	0.084	0.063	

4. 精密劣化度による余寿命の予測

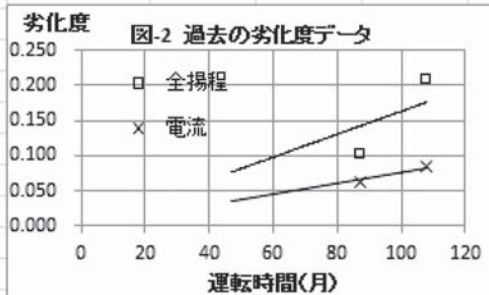


表-12 劣化度 = aX

	劣化速度(a)	相関係数(R <sup>2</sup> )
全揚程	0.001633	0.531
電流値	0.00076	0.937

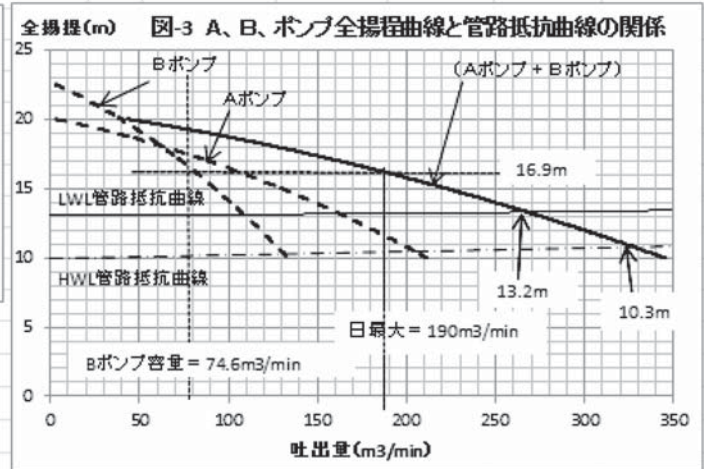


表-13 精密劣化度よりの計算結果

管路特性よりのポンプBの運転点の全揚程	16.9 m
ポンプBの劣化度=0、の全揚程16.9mの容量	74.6 m <sup>3</sup> /min
ポンプBの限界全揚程	13.2 m
ポンプBの限界劣化度	0.219
ポンプ全揚程の過去データよりの寿命	134.08 月
調査日の運転時間	87 月
余寿命	47.1 月



# The Propose of the Maintenance that Added the Rests Driving Time of the Pump in the Sewage Disposal Plant

Takeshi Yamaura<sup>1)†</sup>, Katsumi Watanabe<sup>2)</sup>, Shogo Nakajima<sup>3)</sup> and Yoshiji Sakamoto<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> The Public of Corporation, The Public Facilities of the Maintenance Support Team

<sup>2)</sup> Manager, Water and Sewage Management Office, Pacific Consultants Co., Ltd.

<sup>3)</sup> Chief Engineer, Water and Sewage Management Office, Pacific Consultants Co., Ltd.

<sup>4)</sup> Sakamoto Institute Technology

† Correspondence should be addressed to Takeshi Yamaura :

(The Public of Corporation, The Public Facilities of the Maintenance Support Team

E-mail : yamaura-t@seaple.ne.jp)

## Abstract

We wear able to demand an expression of relations to operate quantity of pump total head deteriorated that analyzed an existing document about a pump in the sewage disposal plant by driving time.

We can suppose rests driving time of the pump by pump total head curve and the pipeline loss curve that we made in this expression of relations and we confirmed the tendency that the current price of the pump motor fell when pump total head deteriorated.

We suggested that we could operate an outline value of pump rests driving time by this current value, and the state maintenance of the pump was enabled by simple work, and reduction of the maintenance administrative expense was enabled.

**Key words :** sewage disposal plant, pump, maintenance, state maintenance, deterioration prediction