

水道設備の保全と設備更新

武市久仁彦

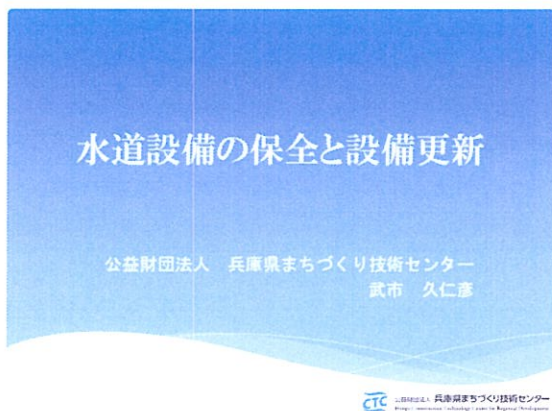
公益財団法人 兵庫県まちづくり技術センター
上下水道事業部 調査役

本資料は令和2年11月2日（月）に（公財）兵庫県まちづくり技術センターと兵庫県健康福祉部健康局生活衛生課が主催した「令和2年度 水道事業担当者向け研修会」のプログラムの1つである「水道設備の保全と設備更新」について研修会当日の講演内容をまとめたものです。

1. はじめに

本日は「水道設備の保全と設備更新」について、お話をさせていただきます。

水道設備としていきますように水処理プラントが中心となります。まず、このタイトルの保全や設備更新に関して改正水道法や関連文献にどのように規定されたか確認してみます。



2. 保全や更新に関する規定

2.1 水道法

第5条の2に水道の基盤強化について基本的な方針を大臣が定めるとあり、維持管理については

第22条の2に修繕と点検を行うように、第22条の3には計画的な施設更新に努めるように記されています。

第二章 水道の基盤の強化

（基本方針）第五条の二 厚生労働大臣は、水道の基盤を強化するための基本的な方針を定めるものとする。

2 基本方針においては、次に掲げる事項を定めるものとする。

二 水道施設の維持管理及び計画的な更新に関する事項

四 水道事業等の運営に必要な人材の確保及び育成に関する事項

（水道施設の維持及び修繕）第二十二條の二 水道事業者は、厚生労働省令で定める基準に従い、水道施設を良好な状態に保つため、その維持及び修繕を行わなければならない。

2 前項の基準は、水道施設の修繕を能率的に行うための点検に関する基準を含むものとする。

（水道施設台帳）第二十二條の三

（水道施設の計画的な更新等）第二十二條の四 水道事業者は、長期的な観点から、給水区域における一般の水の需要に鑑み、水道施設の計画的な更新に努めなければならない。

この中で大臣の定めは厚労省の告示135号に書かれています。

水道の基盤を強化するための基本的な方針 (抜粋要約) 厚労省告示第135号
第2 水道施設の維持管理及び計画的な更新に関する事項
1 水道の強靱化
(1) 水道施設の耐震化計画を策定
(2) 地震以外の災害や事故時の対応マニュアルを策定・体制の整備
(3) 災害時における連携体制の構築
2 安全な水道の確保
3 適切な資産管理
(1) 水道施設台帳の作成及び保存。資産管理の効率的実施
(2) <u>点検等で水道施設の状態把握と必要な維持及び修繕</u>
(3) AMの実施、事業収支見通しの作成・公表、 <u>計画的な更新や耐震化等の推進</u>
(4) 水の供給体制の適切規模への見直し
第4 水道事業等の運営に必要な人材の確保及び育成に関する事項
(1) 事業運営に必要な人材確保。広域連携による人材共用化や官民連携
(2) 各種研修等を通じた人材育成。適切かつ計画的な人員配置

中身をみますと、赤の下線部分に点検などで施設の状況把握をして修繕なども行うことや計画的に更新をするように記されています。

2.2 新水道ビジョン

厚生労働省平成25年3月の新水道ビジョンでは、将来の事業環境に施設の老朽化や職員の減少のもとに、目指すべき方向性に強靱な水道とあります。この強靱な水道の実現方策として水道施設のレベルアップや資産管理の活用、人材育成と組織力の強化があげられています。

これが改正水道法に規定されたということになります。

新水道ビジョン 目次
第4章 将来の事業環境
4.2 内部環境の変化
1 <u>施設の老朽化</u> 2 資金の確保

3 <u>職員数の減少</u>
第5章 取り組みの目指すべき方向性
5.1 水道の理想像
1 安全な水道 2 <u>強靱な水道</u>
3 水道サービスの持続
5.2 取り組みの方向性と当面の目標点
1 安全の確保 2 強靱の確保
3 持続の確保
第7章 重点的な実現方策
7.1 関係者の内部方策
1 <u>水道施設のレベルアップ</u>
2 <u>資産管理の活用</u>
3 <u>人材育成・組織力強化</u>

2.3 水道維持管理指針 2016

また、平成28年の維持管理指針にも運転管理と保全管理に加え施設の更新や人材育成について説明がなされています。

時間軸で見ると、平成25年の新水道ビジョン、28年の維持管理指針、そして、平成30年の改正水道法という順番となります。

このように、水道事業は装置産業ということで、保全や施設更新を適切に行こうということですが、ビジョンにありますように、事業体の置かれている環境には厳しいものがあります。

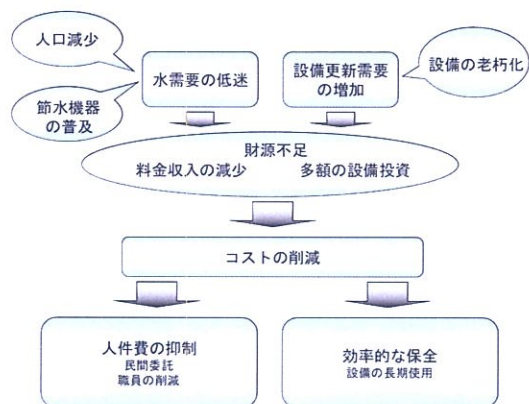
水道維持管理指針2016(平成28年) 目次
第1編 総論
1.1 総説
1.1.1 基本事項
1.1.2 維持管理の基本的考え方
1.1.3 計画的維持管理
1.1.4 維持管理計画の策定
1.1.5 維持管理マニュアル
1.1.6 広域的な維持管理
1.1.7 民間的経営手法の導入
1.1.8 リスク対応
1.1.9 情報提供と連携推進
1.1.10 調査・研究
1.2 アセットマネジメントを活用した水道施設の管理
1.2.2 アセットマネジメント手法の導入
1.2.3 施設の機能診断と評価
1.2.4 施設の更新
1.3 水道施設の維持管理

- 1.3.2 運転管理
- 1.3.3 保安全管理
- 1.4 維持管理体制
 - 1.4.2 維持管理体制と責任
 - 1.4.3 人材育成と組織力の強化

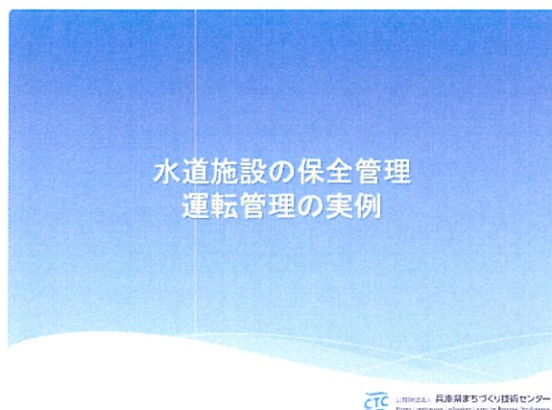
2.4 水道事業の課題

多くの水道事業者が置かれている現状を、図にしてみました。

節水機器の普及と人口減は水需要を減少させ料金収入の減少を招いています。一方、高度成長期に建設された水道施設の多くが老朽化による更新時期を迎えています。これに伴う財源不足によりコスト削減が求められ、人件費の抑制として水道職員が削減されています。これは潤沢でない予算のもとに、効率的な保全と設備の更新工事を少人数で実施しなければならないことを示しています。



3. 水道施設の保安全管理、運転管理の実例



このように厳しい状況のもと改正水道法に規定された保全や設備更新をしていくことになります。

保全や設備更新は、既にそれぞれの事業者で工夫のもとに実施されておられると思います。

私も水道事業者で水道一筋に仕事をさせて頂きましたので、保全や更新工事の体験談を交えるなど私自身も振り返りながらお話ししたいと思います。

3.1 水道施設の概要

保全や運転管理に関しては具体的に事例をあげてお話をいたします。

対象の施設として紹介するのは、昭和54年度から運転を開始した敷地面積約 84,000m²、施設処理能力が日量約 10 万 m³の「急速ろ過+横流沈殿方式」の浄水場です。

主な設備の概要は表のとおりで、特徴としては水道専用ダムを有しており、そのダム設備の管理も行っています。浄水場は24時間3交代勤務の有人で運転管理しており、水源ダム施設、配水池施設、加圧ポンプ所などの無人施設も遠方監視施設で管理しています。

管理設備の概要	
設備名	内容
電気設備	特別高圧33,000V2回線受電、自家発電機設備 2500KVA、コントロールセンタ、受電盤、配電盤、動力変圧器盤、照明変圧器盤、補助継電器盤、現場操作盤等
計装設備	制御用コンピュータ、帳票管理装置、現場DDC装置、変換器盤、リレー盤、無停電電源装置、工業用カメラ
薬品注入設備	次亜塩素酸ナトリウム注入機(調節弁+電磁流量計+イゼクタ方式)6台、苛性ソーダ注入機(調節弁+電磁流量計方式)2台、(調節弁+フローメーター方式)1台、PAC注入機(圧力タンク+調節弁+電磁流量計方式)2台、ウェット活性炭注入機2台
ポンプ設備	取水ポンプ170KW×2台、神谷ダム揚水ポンプ 1,200KW×2台、表洗ポンプ75KW×2台、送水ポンプ710KW×2台、200KW×4台、排水返送ポンプ45KW×3台、塩素加圧ポンプ 18.5KW×2台、洗浄ポンプ30KW×2台、排泥促進ポンプ11KW×2台、排泥ポンプ37KW×3台
浄水機械設備	フラッシュミキサ2台、フロキュレータ16台、水中牽引式汚泥掻き機4台
ろ過池設備	サイフォン式急速ろ過池67.2m ² /池×16池
水質計器	残留塩素計、PH計、アルカリ度計、濁度計、導電率計 20台
その他	加圧ポンプ所2箇所、ダム設備、送水管路など

3.2 施設巡視点検

これらの施設を管理する中で重要な作業の一つに施設の点検業務があります。

点検の目的は、設備の異常の発見や軽微な変化を把握することで、故障や事故を未然に防止する役割があります。また、その業務を通じて、設備寿命の延命化が図れる他に、職員の技術継承やスキルアップの効果もあると思います。私も運転や保全業務を実際に行ったことで得たものは大きく設備に関する生きた知識や設計のノウハウ、多くの水道用語も実務を通して会得したと思います。

点検の実施頻度は次表のとおりです。

点検の種類と実施頻度	
点 検	頻度
場内巡視	毎日
ダム施設巡視	週3回
地下タンク在庫・漏液、水質計器	週1回
ダム諸設備定期	月2日
配水池・調整池遠制設備(9カ所)、管路巡視、ポンプ所(2カ所)、各設備(12種類)、危険物関係(2カ所)	月1回
ダクト 2カ所	年2回
その他 2種類	随時等

3.2 点検表・各種記録

浄水場には非常に多くの保全作業がありますが、これらの業務を実施した際には、その内容を記録することが大切になってきます。

実際の点検表などの記録にはどのようなものがあるか表に示しました。

	タイトル	点検/記録頻度
1	業務報告書	年
2	浄水場運転日報1	毎日
3	浄水場運転日報2	毎日
4	浄水場運転日報3	毎日
5	臭気検査表	毎日
6	正門入退場記録表	毎日
7	臭気監視強化表	毎日
8	場内巡回点検表	毎日
9	ダム施設巡視点検記録表	週3回
10	ダム計測データ記録簿	毎日

11	ダム諸設備定期点検	月2日
12	ダム用各記録紙残量	月1回
13	ダム気象観測装置ペン類消耗品残量	月1回
14	表示記録装置消耗品類	月1回
15	ダム湖ポート使用簿	月1回
16	ダム 揚水量・導水量・貯水量記録表	随時
17	遠制設備 (F配水池) 点検表 (1/9)	月1回
18	遠制設備 (K配水池) 点検表 (2/9)	月1回
19	遠制設備 (U配水池) 点検表 (3/9)	月1回
20	遠制設備 (KT配水池) 点検表 (4/9)	月1回
21	遠制設備 (M配水池) 点検表 (5/9)	月1回
22	遠制設備 (H配水池) 点検表 (6/9)	月1回
23	遠制設備 (T調整池) 点検表 (7/9)	月1回
24	遠制設備 (T配水池) 点検表 (8/9)	月1回
25	遠制設備 (S調整池) 点検表 (9/9)	月1回
26	F系管路巡視点検表	月1回
27	B加圧ポンプ所設備定期点検表	月1回
28	K加圧ポンプ所設備定期点検表	月1回
29	取水・揚水設備定期点検表	月1回
30	ろ過池設備定期点検表	月1回
31	浄水設備定期点検表	月1回
32	薬注設備定期点検表	月1回
33	汚泥処理設備定期点検表	月1回
34	送水設備定期点検表	月1回
35	H系送水Pカーボンブラシ測定結果	3ヶ月毎
36	自家発設備定期点検表	月1回
37	自家発点検に伴う揚水設備点検表	月1回
38	一般取扱所定期点検記録表	月1回
39	地下タンク貯蔵所定期点検記録表	月1回
40	天井走行クレーン月例点検記録	月1回
41	電気設備センター設備定期点検表	月1回
42	管理本館設備定期点検表	月1回
43	ダム揚水時の設備点検	随時
44	小水力発電時の設備点検	随時
45	地下タンク在庫・漏液検知管点検表	週1回
46	無線設備 (1ヶ月) 定期点検表	月1回
47	無線局業務日誌	随時
48	水質自動計器点検表	週1回
49	幹線 (薬注) ダクト点検表	年2回
50	幹線 (電気) ダクト点検表	年2回
51	運転機器切替表	随週

52	水質毎日検査	毎日
53	水質測定器使用者名簿	使用毎
54	I水系定時報告	毎日
55	KRダム管理報告書	毎日
56	凝集試験表	週1回
57	濾過池最終濁度測定	月1回
58	薬品受入実施表	年
59	薬品(苛性ソーダ)注文・受入票	随時
60	薬品(次亜)注文・受入票	随時
61	薬品(PAC)注文・受入票	随時
62	薬品(粉末活性炭)注文・受入票	随時
63	次亜塩素酸ナトリウム受入一覧表	随時
64	ポリ塩化アルミニウム受入一覧表	随時
65	苛性ソーダ受入一覧表	随時
66	活性炭受入一覧表	随時
67	A重油受入一覧表	随時
68	薬品受払い簿 (標準緩衝液 pH4 (500ml))	随時
69	薬品受払い簿 (標準緩衝液 pH7 (500ml))	随時
70	薬品受払い簿 (標準緩衝液 pH9 (500ml))	随時
71	薬品受払い簿 (自動ピレット硫酸 (500ml))	随時
72	薬品受払い簿 (pH計 3.3MKCl溶液 (250ml))	随時
73	薬品受払い簿 (残塩計用試薬 酢酸 (500ml))	随時
74	薬品受払い簿 (残塩計用試薬臭化カリ (500g))	随時
75	薬品受払い簿 (残塩計用試薬無水酢酸 (500g))	随時
76	薬品受払い簿 (DPDカートリッジ (15g))	随時
77	薬品受払い簿 (アルカリ度試薬 1N 硫酸 (500ml))	随時
78	消耗品受払簿 (理化学ペーパータオルA)	随時
79	消耗品受払簿 (理化学ペーパータオルB)	随時
80	消耗品受払簿 (理化学ペーパータオルC)	随時
81	消耗品受払簿 (色濁計予備ランプ)	随時
82	記録紙受払簿 (PH,アルカ度,濁度,電導度記録紙)	随時
83	記録紙受払簿 (色濁度計用記録紙 サマパーパー)	随時
84	試薬在庫チェック表	月1回
85	水質計器試薬作成記録表	年
86	点検及び作業実施日	月1回
87	A重油受入実績表	年

88	A重油注文・受入表	随時
89	活性炭溶解作業実績表	年
90	活性炭溶解作業報告書	随時
91	活性炭溶解状況	随時
92	業務日報	毎日
93	天日乾燥床汚泥打込実績表	年
94	天日乾燥床使用実績表	随時
95	北部系送水ポンプ電力量計	月2回
96	水質自動計器スパン校正実施記録	年
97	残塩計調査	随時
98	供給点水質毎日検査項目(月報)	毎日
99	濃縮槽・No.1調整槽監視記録表	毎日
100	作業報告書	随時
101	故障報告書	随時
102	引継簿	随時
103	水防指令	随時
104	水防警報	随時
105	バッテリー管理表	随時
106	ろ過池水位点検表	随時
107	薬品タンク L レベル実績確認表	随時
108	ダム監査廊排水ポンプ 吐量調査	随時

これらは数年前のものですが、運転や点検など浄水場の各種業務書類はここに示したもののだけで100を超えています。

これ以外にも公用車の運転記録や水道料金を確定するためのカウンターの指示値記録や運転管理報告など数多くの書類があり、それだけ業務も多岐にわたっています。

この中で、いくつかスポットをあてて説明してみます。

まず、水処理工程の水質や水量などのデータは計装設備のロガーで毎正時、プリンターに自動で印字されますが、運転日報は、これとは別に、その日の運転担当が手書きで各データを記録するものです。異常値に至る前に運転担当者が変化に気付くなどの効果があります。

また、場内巡回点検は、場内の設備機器や薬品沈殿池などの処理工程を毎日1回、巡回点検します。一通りまわるのに2時間程度かかり、猛暑の日や豪雨などの日は辛い業務の一つです。

毎月1回の点検では、日常点検時に停止している機器を手動運転して電流値や温度、異音がないか入念に点検しています。

その他の作業の中には薬品の受け入れや高濁時のジャーテストなど不定期で随時実施するものがあります。



これらの記録は写真の例にあるように所定のファイルに縦じて保存しています。

3.3 点検用紙の記載事項の例

さて、これは点検表の記載事例の一部です。電流値や電圧値などを記載し、点検時に、その値が正常範囲内でどうか確認しています。

自家発点検に伴う 揚水設備 点検表 (1/1)					
平成 年 月 日 ()	~	点検者			
(揚水ポンプ設備)					
点検項目	点検内容	単位	基準	結果	状態
電流値		A	725		
揚水流量		m ³ /h	1100~6200		
揚水ポンプ回転数		rpm	930~1290		
給電状況	○ 常用 ○ 自家発				
警報表示及び集電の有無					
表示ランプテスト					

点検表にあるように基準値を示しており、点検時に記録した値が基準値内にあることを確認することができます。

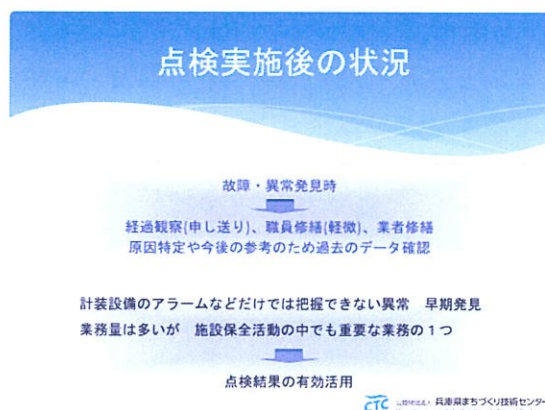
設備により違いはありますが、一般に設備関係の点検用紙には以下の事項を記録しています。

- ① 指示値：電流値、電圧値、圧力値、流量、温度など 指示計器の数値
- ② 状態表示：中央・現場モード、自動手動、運転号機
- ③ 基準値：指示値に対する上下限值
- ④ 外観：変色、変形、汚損、腐食、ゆるみ、発錆、穴あき、断線
- ⑤ その他：点検実施日時、点検者名、

異音、異臭、振動の有無、
設置・周囲環境（浸水・結露・小動物進入）結果のチェック欄、
参考事項記入欄

3.4 点検実施後の状況

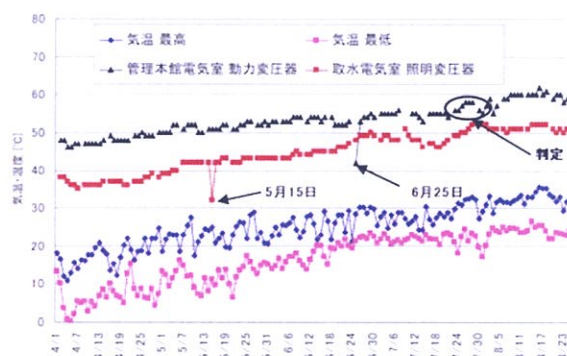
点検で故障や異常を発見した場合には、経過観察を行うことで申し送りをしたり、職員で対応できる故障は職員が修繕したり、また故障の程度に応じて業者による修繕を行います。その際には再発防止をはかるため原因の特定や過去のデータ確認を行うなど状況に応じた処置を施します。



このように巡視点検は計装設備のアラームだけでは把握できない異常を早期に発見できる効果があります。業務量が多いですが、保全活動の中で重要な業務の一つになっています。

この他にも点検結果は、業者に委託して行う定期的な分解整備や設備更新の際に、整備内容や設備仕様に反映するなど有効に利用しています。

3.4 記録データのグラフ化



これは、平成 19 年度の巡視点検で記録したデータをグラフ化したものです。

普段はグラフ化はしないのですが、やってみると5月15日や6月25日のデータは低い値を示しています。この日の浄水場のイベントを確認しても、浄水機械を停止するような特別な運転はしていない通常運転の日でありました。

このことから、このデータは記録ミスや温度計の読み間違いと考えられます。

変圧器の温度は上限異常値より低いと正常と判断され、そのままですがグラフ化することで、記録値の確認ができたということで、私どもの定期健康診断のように、その時点の値だけでなく経過を知ることが大切であることがわかつています。

この辺の作業は AI などで補完すれば良いと考えていまして、試験的に試算した例を付録のスライドにつけています。

3.5 点検実施後の状況

点検用紙は、これまで主として設備工事を担当した職員が作成してきましたが、その後も改良が加えられてきています。

これまでの点検を通して用紙について気づいた点をまとめてみました。

点検用紙に求められるもの

- ① 正確さ
経験や技量に左右されず誰が点検を実施しても誤りなく正確に記録
- ② 見やすさ
点検結果を実施した者以外でも容易に確認

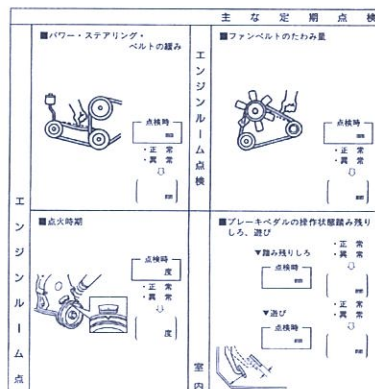
浄水場の現場では、様々な職種や経験年数の職員が勤務しています。まずは誰が実施しても性格に記録ができ、また点検した職員以外のものが見ても見やすいものが求められます。

点検用紙の最適化

- ① 過去実績による管理値の記載
(異常判定の精度向上)

- ② 複数データの記載欄
(経過観察による変化の把握)
- ③ 巡視点検の順路に合致した点検表
(点検時間の効率化)
- ④ 点検箇所を図挿入
(記載ミス防止・初心者対策)
- ⑤ データ番号欄の設置と点検後のパソコン入力
(データ番号を付し点検完了後にパソコン入力の容易化をはかる。
入力データによる統計解析の実施)
- ⑥ 点検用紙のバージョン記載欄の設置(用紙改善・改訂毎にバージョンを記載)

これは正確で見やすい原則のもと、最適案について検討したものです。異常値の判定のため管理値の記載、変化が把握できるように複数データを記載する方法があります。また、点検時間の短縮のため点検順路と点検表を合致させることも有効であると思います。



これは自動車の点検表の事例ですが、点検箇所を図で示してあれば、経験が十分とは言い難い職員や専門外の職員でも、どこの値を記録すれば良いかわかり易い点検表となります。実際にこのように図を挿入した点検表を使用していた時期もあります。更にパソコンに入力するケースを想定しデータ番号欄を設けたり、点検表も浄水場ごとに体制やスキルにあったものに改良し、バージョン番号を付すことも必要と思います。

3.6 その他の保全業務

浄水場の現場では点検以外にも多くの保全業務があります。その他のものとして、整備業務や修繕業務があります。点検は主として目視による毎日点検と、入念に機器を動かして記録をとる毎月点検があり、また1年から5年周期で業者により分解して点検・計測し状態に応じて部品交換を行う整備を実施します。業者委託による分解整備時に発見した故障は、その時点で修繕を実施します。

このような業務については、事業者独自で点検整備要領として明文化しており、自家用電気工作物保安規程に該当する設備以外は、原則としてこの要領に基づいて保全業務を行っています。

3.6.1 緊急対応が必要な保全業務

このように手を入れていても、故障や事故が発生します。主要機器の突発的な故障の他にも、雷害や浸水によるものや水源の河川に自動車などが転落したことでガソリンや軽油の流出、カビ臭物質の発生による水質事故もあります。職員が出張などで少ない時や休日・夜間でも対応しなければならない重要な緊急業務です。

故障した機器の種別や故障内容、故障の影響などにより対応は、その都度違ってきます。また、同じ故障が発生しても、発生時刻や季節により配水量が異なることから、対応も違うことがあります。専門性が高いため製造メーカーしか対応できない場合もあります。緊急で業者が駆けつけてくれる場合は良いのですが、難しいケースも多く、業者が手配できるまで応急処置を行います。このような時に威力を発揮するのが、点検や整備で得た知識であると考えています。

内容により設備更新や大規模修繕の計画につながることもあります。

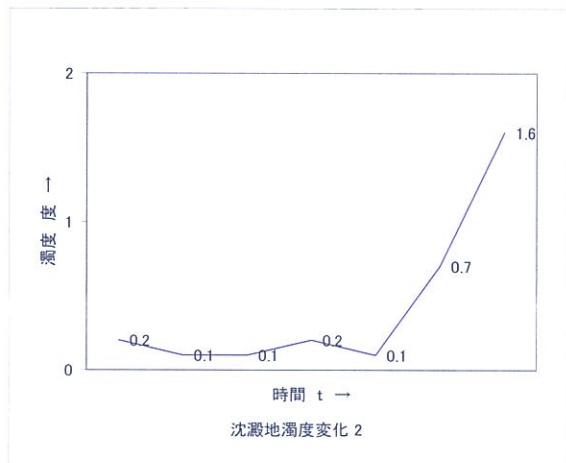
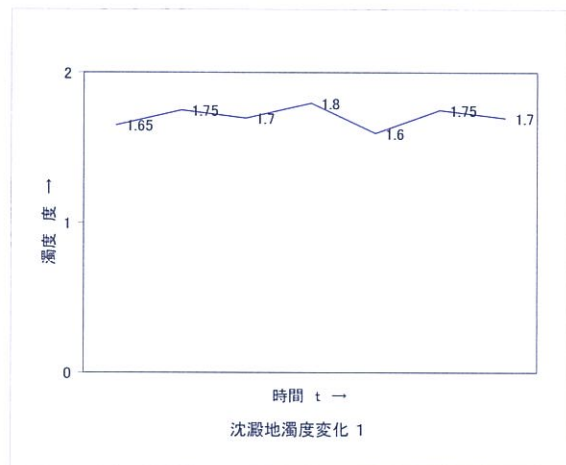
3.7 運転監視業務

運転監視業務も24時間、365日休みなく行う業務です。図は薬品沈殿池出口の濁度変化です。

一般に、低い値より高い値を示しているほうが注意を要するように考えられますが、図に示すように、上の図では高い値であるものの安定し

ていますが、下の図の場合には、すぐに対応しなければ濾過地流入水が高濁になり、設計流入濁度を超えることが想定でき行動を起こさなければなりません例です。

このように運転管理でも、処理工程における多くの監視データは経過が重要であることがわかります。これらの補助にはAIを活用できると思います。



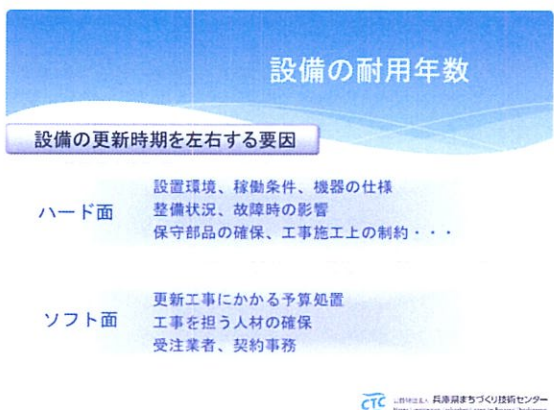
4. 設備更新工事

次に、設備更新工事についてお話を進めたいと思います。



4.1 設備の耐用年数

設備の耐用年数はアセットマネジメント計画や経営戦略の策定で重要な要素の一つですが、自動車の耐用年数が地方公営企業法の別表では6年となっているように、法定年数どおりで更新することは極めて少ないと思います。そこで、更新時期を左右する要因について考えてみました。



先ずハード面としては、設置環境の善し悪し、稼働条件の違い、機器の仕様の違い、整備の状況、故障時にどのように影響するか、保守部品の確保が出来なくなった、工事施工上の制約等があります。

また、ソフト面では、更新工事にかかる予算処置が難しい、工事を担う人材の確保が困難である、受注業者が限られる、契約事務上で落札しなかつ

たなど、本来設備更新を進める時期があるにも関わらず現実として更新時期に実施できない場合があります。

本日事例として紹介いたしました事業体の耐用年数はホームページに掲載していますのでこの場での説明は割愛しますが、前述の点検や整備、修繕を行ったうえで更新していますので、事業体によって違ってくるのは当然のことと思っています。

4.2 設備更新の実例

それでは、設備更新の事例を今度は写真を中心に紹介していきたいと思います。

4.2.1 計装設備



当初グラフィックパネルで状態表示を行っていた方式からディスプレイを中心としたものに更新しています。約40年前ではコンピューター室を設けて1つの部屋を占領していましたが、現在では、設けなくてもよくなりました。

4.2.2 水質計器

運転監視の中央監視室は2階にあり、当初、水質計器は1階にありました。

保全に手のかかる水質計器を、更新工事の機会に2階の空いたコンピューター室に設置しました。更新工事において新旧設備を並行して運転することができ、同じ場所に設置するより楽に切り替えできました。また、更新後の維持管理も常駐している中央監視室に近く管理しやすくなりました。

設備更新



水質計器

兵庫県立 兵庫県まちづくり技術センター
Hyogo Prefecture Technology Center for Regional Development

4.2.3 電気設備

これは電気関係です。写真では広いスペースがあり一見無駄なスペースにも見えますが、年に1度実施する自家用電気設備点検における年次点検時に威力を発揮しています。その際には停電作業となるため、作業日の前日からあらかじめ増量運転を行って配水池の水位を上限まで上げておきます。停電作業時には送水を停止しますので、配水池の水位が低水位になるまでの間に年次点検設備をしなくてはなりません。

設備更新



電気設備



特別高圧変圧器



自家用発電設備

兵庫県立 兵庫県まちづくり技術センター
Hyogo Prefecture Technology Center for Regional Development

その間においては、電気の配電盤内の機器を引き出して作業を実施するのですが、スペースが確保されており、引き出した機器や工具類の置き場所と作業員の動線に制約が少なくて済み短時間で作業ができます。反対に狭いスペースしか確保出来ない機場では、引き出した機器を1台ずつ整備しては元に戻すなど時間がかかり、1日で済む作業が2日以上必要となる場合もあります。これ

は、機器の故障時にも同様な効果があります。

更新工事の実施時にも施工性がよいので、設置スペースだけでなく、メンテナンスや故障時のスペースを考慮する必要があることがわかります。

左下の写真は変圧器です。当初は10000KVAであったものを5000KVAに将来水需要にあわせて容量ダウンを行って更新したことで、イニシャルコストの削減のほか、電気料金の削減にもつながっています。右下の写真は自家発電設備です。当初は保安電力だけ供給し、浄水場の運転ができない400KVAでありました。しかし、阪神淡路大震災では常用・予備線共に停電し浄水場が停止しました。この経験を踏まえ2500KVAに容量を増やし停電時も運転継続が可能になりました。

4.2.4 ろ過池設備

これはろ過地設備です。サイフォンや表洗パイプ・ノズル、ろ過砂の交換を行っています。ろ過砂は均等係数を計測して状況に応じて交換するほか、ろ過池本体は表面をけれんし、クラックはV字カットとグラウト処理したあとに塗装仕上げをしています。ろ過地機械室は塩素ガスで劣化が激しいので、2階の電気室の腐食も進んでいました。更新時にはパーテーションとドアを設けてガスの侵入を防ぐことで設備の劣化を防いでいます。

設備更新



ろ過設備

兵庫県立 兵庫県まちづくり技術センター
Hyogo Prefecture Technology Center for Regional Development

4.1.5 ポンプ設備

これは40年前に設置した当時のままです。整備を行うことで更新することなく使用しています。特注の大型ポンプは適切な点検と整備で長年使用できると考えています。

設備更新



ポンプ設備



山形県立 長瀬製薬まちづくり技術センター
Rengyo Innovation for Healthy Lives in Region Design

4.1.6 薬品注入設備

薬品注入設備です。私が初めて担当したものですが現在では更新されており、当時の設備はありません。PAC注入器はポンプ加圧から、圧力タンク式に方式を変えています。ポンプはバッチ運転になり、注入調節弁の一時圧調整のためのリターンもなくなり、経済的で注入も安定しています。

設備更新



薬品注入設備

山形県立 長瀬製薬まちづくり技術センター
Rengyo Innovation for Healthy Lives in Region Design

4.1.7 薬品貯蔵槽

設備更新



薬品貯蔵槽

山形県立 長瀬製薬まちづくり技術センター
Rengyo Innovation for Healthy Lives in Region Design

これは薬品貯蔵槽です。次亜塩素酸ソーダは、当初 FRP でしたが、内面から繊維が剥離したこともあり、鋼製にゴムライニングしたものに変えています。その他のタンクは当初べた置きのものを採用していましたが、底部の腐食や漏液が確認しにくいことで、写真のような足つきのものにしてあります。最近では、高密度ポリのものが入価ということで、写真右のものを採用しています。

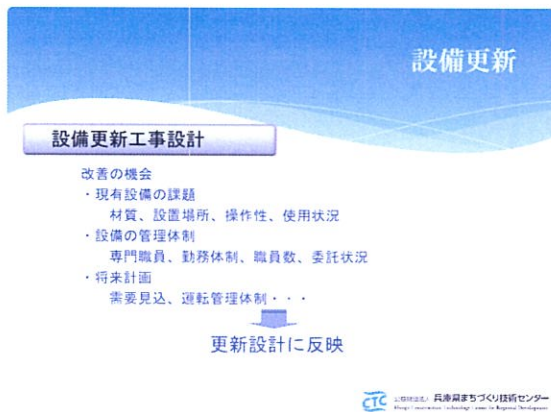
4.1.8 設備更新工事の設計

さて、設備更新の事例紹介と共に改良点等もお話ししましたように、設備更新工事は現状の課題を改善するには絶好の機会でもあります。

同じものを更新するのではなく、使いやすく、経済的で故障しにくいようにしていくことが大切であると考えています。そのために、日常の設備の状況をよく把握しておくと共に、新たな技術情報も取得しておき、将来計画を加味した上で更新設計に反映することが大切であると考えています。

設備の状況は保全業務をつうじて得られるものなので、保全業務の各種記録は設備更新工事で生きてきます。

設備更新工事の設計業務は設計会社に委託することが多いと思いますが、設計打合せの場で現状の課題や保全体制、事業体の意向などを設計会社に伝えることが大切になります。



5. 保全と安定給水

5.1 保全の分類



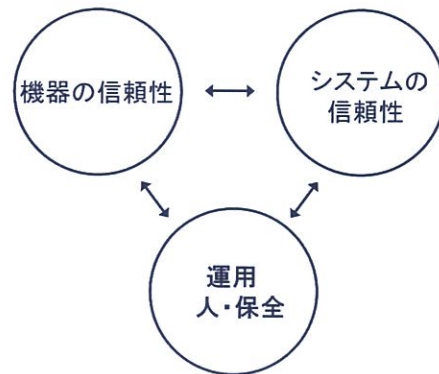
これは保全の分類の図になります。JIS の信頼性用語のもので、維持管理指針にも記載があります。

保全は大きく故障後に対処する事後保全と故障の未然防止を目的とする予防保全に大別されています。その選択は浄水場の要求する信頼性や経済性の違いにより異なり、予防保全の方が優れているというわけではありません。そして予防保全と事後保全の配分をどう判断するかということが、安全管理と経済性にとって非常に重要なことといえます。

例えば、サンプリングポンプのような汎用の小型ポンプでは、予防保全として整備費をかけるより、事後保全をとって潰れるまで使用したほうが経済的な場合もあると考えています。

5.2 設備の信頼性確保

本日お越しの事業体の中には、設備系の専門職員がいらっしゃらなく、紹介いたしました保全業務は難しいことも当然おありと思います。



私の考えですが、浄水場が安定して運転を継続できるかどうかは、様々な要因に左右されると思います。その中で主な要素をとりあげますと次の3要素に絞ることが出来ると考えています。

- ① 機器の信頼性
- ② システムの信頼性
- ③ 運用（人・保全）

この3要素の相互関係が良好に機能してこそ安定して運転を継続することができます。

まず、機器の信頼性と運用に注目してみますと、機器の信頼性が低い場合には故障の原因特定が即座にでき速やかに復旧することができる高度な技術を有する技術者を配置します。

さらに、修理に必要な保守部品の在庫や発注納品体制を確立しておきます。

機器納入業者が近隣にありメーカー技術者の派遣が容易である場合には、浄水場に技術者をしなくとも業者対応にかえることも可能であります。

逆に技術者の手当てが困難な場合には信頼性の高い機器を設置する必要があります。

同様に機器、システム、運用の関係について、機器故障を運用でなくシステムの冗長でカバーすることも可能で、逆に高度な技術者の配置で構成をシンプルにする方法もあります。

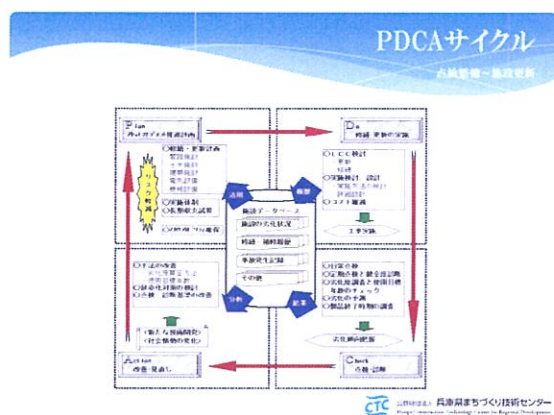
このように3要素は相互に補完関係を持ってい

て、それが良好であれば全体として浄水場が安定して稼働を継続できていると思っています。

どの要素に重点を置くべきかは、経済性、技術者の確保、要求レベルなど現場によって異なるわけですが。その部分で官民連携も大切になってくると思います。

5.3 PDCAサイクル

本日、保全と設備更新というテーマでお話をさせていただきましたが、これらは、別々ではなく、点検や整備をとおして得た情報をもとに計画を策定し実行に移していくといった関連があります。その過程は広く利用者に公開して納得のもとに利用料金を得て事業をまわしていくことが大切と思っています。



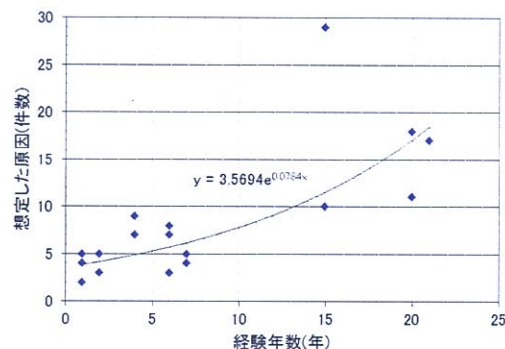
5.4 人材の確保・育成

これらの業務を担う中心はやはり人材です。よく熟練技術者と呼ばれますが経験がどの程度スキルに寄与しているか調査した事があります。図は水道の現場に勤務する職員に「浄水場で沈澱池濁度計の指示値が上昇した場合、想定できる原因」を挙げてもらい、想定できた原因件数と経験年数を離散プロットしたものです。

このように経験年数による明らかな違いが見られ、少ない者で2件、多い者では29件もの原因を想定しており、実務経験を重ねる程に個別の知識を関連づけ多岐にわたる思考ができることが見て取れると思います。

相関係数も0.74と高い相関を示しています。

これは経験の多寡がスキルと相関があり、例えば「1000例の手術経験を有する医師」とか「飛行経験2000時間のパイロット」といった表現が水道分野でもできるのではないかと考えています。



水道技術者が、ここ5年間で2000名近く減っていますが、世界に誇れる日本の水道を守っていくために、水道マンの減少に歯止めをかけると共に、事業体間の垣根を超えた連携を更に強くしていかなければならないと感じています。

5.5 浄水場設備や業務の見える化

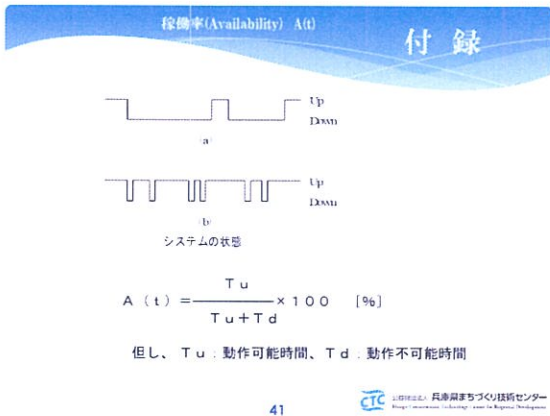
最後に、水道の維持管理は大変な苦勞があるわりに、目立たない業務が多いと感じています。

極端な例では何もしなくても安定して稼働している場合もあり、点検整備の効果が見えにくい側面があります。

見える化の試算例

- 水道研究発表会「コスト削減」による「コスト削減性」の検証
- 第1報 信頼性ブロック図、故障対応工数ポロン解析、アベイラビリティ 97.6
- 第2報 従員指数を用いた整備、故障、点検の総合評価 99.5
- 第3報 ワイブル確率を用いた故障解析 01.5
- 第4報 予備品の数量の推定 02.5
- 第5報 水道プラント稼働初期の故障発生状況 03.5
- 第6報 ヒューマンエラーの発生状況 05.5
- 第7報 浄水場業務量調査 06.5
- 第8報 アラームの最適化に関する考察 07.5
- 第9報 施設監視点検に関する検討 08.5
- 第10報 運転・維持管理能力水準の客観的評価 13.10
- その他 信頼性・安全性に関する論文等
- 浄水場における運転・保全業務の客観的評価方法に関する研究 水協誌 '11.5
- 浄水プラントの維持管理におけるスペアパーツの運用 水協誌 '07.4
- 浄水プラントの機器故障の発生状況とその対策 水協誌 '07.3
- 浄水場におけるヒューマンエラー低減に関する研究 水協誌 '06.4
- 浄水システムにおける冗長性とその運用について 電子情報通信学会 '02.11
- 信頼性の向上を重視した浄水場の設計 全国水道研究発表会 '01.5

そこで、これらの保全業務などの見える化を行って見たものがあります。人員を減らすことでリスクが何パーセント増えるとか、予備品をいくつ保管することで実用上問題ない数量であるとか数



付 録

効果的な人材育成

項目	数値	数値	数値
水処理業務の稼働率	0.978	0.912	0.074
水処理業務の稼働率	0.881	0.318	0.516
水処理業務の稼働率	0.881	0.563	0.259
水処理業務の稼働率	0.801	0.361	0.266
水処理業務の稼働率	0.800	0.410	0.077
水処理業務の稼働率	0.743	0.300	0.463
水処理業務の稼働率	0.304	0.544	0.075
水処理業務の稼働率	0.551	0.447	0.343
水処理業務の稼働率	0.012	0.111	0.975
水処理業務の稼働率	0.747	0.470	0.569

実態を把握 調査票 アンケート用紙 データ分析・評価 因子分析

CTC 兵庫県まちづくり技術センター

参考文献・出典

- 厚生労働省健康局「新水道ビジョン」 2013. 3
- 日本水道協会「水道維持管理指針2016」 2017. 3
- 兵庫県企業庁水道課「ひょうご県営水道ビジョン」
「水道用水供給事業の将来像とその実現方策」
2011. 5
- 電気学会 産業応用部門 公共施設技術委員会 「上下水道施設における信頼性向上に関する技術調査報告書」
第1286号 2013. 7
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第10報 - 運転・維持管理能力水準の客観的評価 - 武市久仁彦 細井由彦 (公益社団法人) 日本水道協会・平成 25 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集 p504-505 2013. 10
- 浄水場における運転・保全業務の客観的評価方法に関する研究 武市久仁彦 橋本武 細井由彦

日本水道協会誌 第80巻 第5号 p18-28 2011. 5

- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第9報 - これからの施設巡視点検に関する検討 - 武市久仁彦 細井由彦 (社) 日本水道協会・第58回全国水道研究発表会講演集 p470-471 2008. 5
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第8報 - アラームの最適化に関する考察 - 武市久仁彦 細井由彦 (社) 日本水道協会・第57回全国水道研究発表会講演集 p488-489 2007. 5
- 浄水プラントの維持管理におけるスベアパーツの運用 武市久仁彦 細井由彦 日本水道協会誌 第76巻 第4号 p38-51 2007. 4
- 浄水プラントの機器故障の発生状況とその対策 武市久仁彦 細井由彦 日本水道協会誌 第76巻 第3号 p16-24 2007. 3
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第7報 - 浄水場業務量調査 - 武市久仁彦 細井由彦 (社) 日本水道協会・第57回全国水道研究発表会講演集 p514-515 2006. 5
- 浄水場におけるヒューマンエラー低減に関する研究 武市久仁彦 細井由彦 日本水道協会誌 第75巻 第4号 p8-19 2006. 4
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第6報 - ヒューマンエラーの発生状況 - 武市久仁彦 細井由彦 (社) 日本水道協会・第56回全国水道研究発表会講演集 p536-537 2005. 5
- 浄水プラントの維持管理における予備品の運用 武市久仁彦 細井由彦 松本政英 小林輝 (社) 日本水道協会・第55回全国水道研究発表会講演集 p512-513 2004. 6
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第5報 - 水道プラント稼動初期の故障発生状況 - 武市久仁彦 細井由彦 (社) 日本水道協会・第54回全国水道研究発表会講演集 p508-509 2003. 5
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第4報 - 予備品の数量の推定 - 武市久仁彦 橋本武 (社) 日本水道協会・第53回全国水道研究発表会講演集 p520-521 2002. 5
- フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第3報 (ワイプル確率紙を用いた故障解析) 武市久仁彦 橋本武 (社) 日本水道協会・第52回全

- 国水道研究発表会講演集 p498-499 2001. 5
18. フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 第2報 (配員指数を用いた整備、故障、点検の総合評価) 武市久仁彦 橋本武 (社) 日本水道協会・第50回全国水道研究発表会講演集 p466-467 1999. 5
 19. フィールドデータに基づく浄水場の信頼性と保全性解析 (浄水場の信頼性ブロック図、故障対応作業員ポアソン解析、アベイラビリティ) 柏尾俊行 武市久仁彦 橋本武 (社) 日本水道協会・第48回全国水道研究発表会講演集 p446-447 1997. 6
 20. 信頼性の向上を重視した浄水場の設計 武市久仁彦 (社) 日本水道協会・第44回全国水道研究発表会講演集 p692-694 1993. 5
 21. 「信頼性工学」 原田耕介 養賢堂 1995. 10
 22. 「信頼性ハンドブック」 日本信頼性学会編 日科技連出版社 pp147～pp148 1997. 4