

## 下水道電気設備の実務的な老朽度診断技法

### 下水道設備老朽度診断その3（電気設備）

西尾弘道\*、小須田徹夫\*\*、若原邦夫\*\*\*

\*（社）東京下水道設備協会会員（三菱電機（株））

\*\*（社）東京下水道設備協会会員（株）明電舎

\*\*\*（社）東京下水道設備協会会員（富士電機（株））

#### 概要

老朽化した設備のリノベーション（再構築）計画を策定する際には、その設備の老朽度を的確に判定する必要がある。従来は定性的に判断していたが、ここでは、設備の物理的老朽度、機能面から見た陳腐化の度合いを設備区分毎に数値で定量的に判定する設備老朽度診断技法を開発した。

その設備老朽度診断技法の中から、電気設備の老朽度診断技法ならびに診断の結果を紹介する。

また、設備老朽度診断を効率的に実施するために、パソコンを利用しシステム化を計ったので、その概要を合わせて紹介する。

#### キーワード

現地調査票、物理的要因、機能的要因、評価得点、設備診断チェックリスト、診断のシステム化

### 1. はじめに

老朽化した設備のリノベーション（再構築）計画の策定に当たっては、設備の老朽度を総合的（物理的老朽度、機能面の陳腐化の度合い）に判定し、実施の優先順位を決定する必要がある。

電気設備においては、その設備毎（受変電設備、監視制御設備等）に果たすべき機能が大きく異なる。このことを踏まえ、設備の老朽度を定量的（評価得点：0～3点）に判定する「電気設備の老朽度診断技法」を、東京都下水道局、東京都下水道サービス（株）の指導を得て開発したのでここに紹介する。

### 2. 電気設備老朽度診断

#### 2.1 設備老朽度診断の構成

電気設備の老朽度診断は、以下に示すように、機器台帳等から診断対象を決定した後、診断の準備、現地調査票により老朽度を診断、診断結果を集計といった手順で行う。そして、機械設備と合わせ総合評価を行い、リノベーション（再構築）の優先順位を決定する。

- (1) 機器設置年度等による診断対象処理場・ポンプ所および診断設備の決定
- (2) 診断対象設備の分類および現地調査票の準備
- (3) 図面等による設備概要（配電系統、監視制御システム等）および運転・整備状況の把握
- (4) 現地調査票による現地調査およびヒアリング（物理的要因、機能的要因）の実施
- (5) 現地調査票による現地調査およびヒアリング（社会的要因）の実施（機械・電気統合）
- (6) 設備診断チェックリストの作成（物理的要因、機能的要因の評価得点（0～3点）と余寿命計算）
- (7) 総合評価表の作成（機械・電気設備を統合した設備区分毎の総合評価得点（0～3点）および社会的要因評価得点（0～3点））
- (8) リノベーション（再構築）の優先順位の決定（機械・電気統合）

## 2.2 電気設備老朽度診断技法

### (1) 診断の区分

電気設備を受変電設備、自家発電設備、動力制御設備、無停電電源装置、監視制御設備、遠方監視制御装置に分類し、それぞれを表1に区分し診断する。

表1 診断の区分

設備区分	グループ区分	機器区分	設備細分類
受変電設備	電気室毎	特高, 高圧	無し
自家発電設備	号機毎	原動機, 発電機, 発電機盤	無し
動力制御設備	電気室毎	高圧, 低圧	汚水沈砂池, 汚水ポンプ 雨水沈砂池, 雨水ポンプ 送風機, 水処理設備 汚泥処理設備 焼却炉設備 (号機毎)
無停電電源装置	装置毎	蓄電池盤, 充電器・インバータ盤	無し
監視制御設備	システム毎	中央監視盤, 中央処理装置 シケサ・コントローラ, ITV 装置	監視体系毎 (水処理, 汚泥処理, 焼却等)
遠方監視制御装置	親局/子局のシステム毎	親局, 子局	無し

表1のグループ区分に示すように、診断は電気室毎に行うことを基本としている。

電気室毎に調査することは、設置環境別、設備単位別、系列別に調査することを意味する。

### (2) 診断の基本項目

電気設備の老朽度診断の基本となる物理的要因および機能的要因の診断項目を表2に示す。

表2 診断の基本項目

物理的要因診断項目		機能的要因診断項目
①亀裂・破損・変形状況	⑤発熱状況	①操作性
②腐食・摩耗状況	⑥故障・動作不良状況	②省資源・省力化状況
③振動状況	⑦安定性・精度状況	③省スペース化状況
④騒音・異音状況	⑧保守部品供給状況	④信頼性向上策導入状況

### (3) 診断結果に対する判定点の考え方

診断は表2の診断の基本項目に対し、具体的な設問（診断内容）を提示し行う。受変電設備の診断内容を表6、表7に示す。個々の診断内容および診断項目（表2の診断の基本項目）に対する判定点および評価得点（0～3点）の考え方は表3、表4の老朽度の考え方に基づいている。

表3 物理的要因の老朽度の考え方

判断結果	老朽度
外観のみの異常である	小
機能的障害に発展する可能性がある	・
外観も異常で機能的障害に発展する可能性もある	・
機能的障害が起こっている	大

表4 機能的要因の老朽度の考え方

判断結果	老朽度
運転管理上の努力により（熟練者の配備等）運転には支障がない	小
	・
機能そのものに問題があり運転に支障がある	大

(4) 老朽度の判定基準

物理的、機能的要因の各診断内容に対し、「YES/NO」で判定し、診断を実施して行く。

判定点(0:正常、1:ほぼ正常、2:対策を要す、3:至急対策を要す)は、各診断内容に対する「YES/NO」の判定結果の組み合わせにより導かれる。その一例を表5に示す。

表5 老朽度の判定基準

診断項目	診断内容	判定基準			
		0	1	2	3
腐食・発錆	盤本体に錆が出ている ①	NO	YES	NO	YES
	銅バーが変色している ②	NO	NO	YES	YES
①②共「NO」の時		:0			
①が「YES」で②が「NO」の時		:1			
①が「NO」で②が「YES」の時		:2			
①②共「YES」の時		:3			

本方式は、診断内容を「YES/NO」で1項目ずつ判定するよう構成しており、診断をシンプルにすると共に、診断結果のばらつきが少なくなるという特長を持っている。

また、各診断内容の結果「YES/NO」を組み合わせる評価得点(0~3点)を決定する方式は、表3、表4に示す老朽度の考え方に基づいたものとなっている。

(5) 現地調査票

診断は、物理的老朽度を診断する「現地調査票：物理」、機能面の陳腐化度合いを診断する「現地調査票：機能」を、表1に示す診断の区分毎に準備し、五感による現地調査およびヒアリングによって行い、その結果(評価得点:0~3点)にて老朽度を判定する。

現地調査票の一例(受変電設備：物理)を表6に、(受変電設備：機能)を表7に示す。

表6 現地調査票(受変電設備：物理)

評価得点

現地調査票(受変電設備：物理)		判定基準				判定結果			
診断項目	診断内容	0	1	2	3	0	1	2	3
現場名：Aボンプ所 調査日：平成8年1月19日 設備概要：6.6KV受電 受変電圧降 2500KVA 6.9KV/3.15KV 1台 動力変圧降 150KVA 1台 建築動力変圧降 50KVA 1台 設置年度 1987年						特高 高压 現地調査メモ			
電機・破損・変形	盤の歪みなどにより盤扉の開閉が困難である 線マークが脱落し線番号の確認が出来ない 盤内配線の被覆が脆くなったり、ひび割れがある トランス・コンデンサ・リアクトルなどの漏油がある	NO	YES	NO	YES			2	
腐食・発錆	盤本体に錆が出ている 銅バーが変色している	NO	YES	NO	YES			2	
変色・変質・硬化	盤塗装が剥がれている 床板パテ・バックキが脆くなっている 端子部が変色している	NO	YES	NO	YES			3	
振動・騒音・臭音	異常音が発生している(トランス)	NO	YES	NO	YES	0			
保	化 盤内(盤表面)温度が異常に高い	NO	YES	NO	YES	0			
絶	漏水したことがある 絶縁不良により地絡警報が発生する	NO	YES	NO	YES	0			
安	計測データがふらつく 計測データに大きな変動がある	NO	YES	NO	YES	0			
動	作 作しても応答の無いことがある	NO	YES	NO	YES	0			
保	主回路機器の生産が中止されている(保守部品供給問題なし) 主回路機器の生産が中止されている(保守部品供給困難)	NO	YES	NO	YES			3	

表7 現地調査票(受変電設備:機能)

評価得点

現場調査票(受変電設備:機能)		(注)診断内容に対して機能的に不要な場合の判定は0とする			
現場名: Aポンプ所 調査日: 平成 8年 1月 19日 設備概要: 6.6KV受電 受変電装置 2500KVA 6.9KV/3.15KV 1台 動力変圧器 150KVA 1台 絶縁動力変圧器 50KVA 1台 設置年度: 1967年		設備名: (受変電設備)用 調査者: 西尾、米田、美田 特 高 圧 現場調査メモ			
診断項目	診断内容	判定基準	判定結果	備考	
操作性	運転操作	設備成(配電)がスケルトンと対応しておらず解りにくい 過剰なインターロックがあり、操作しにくい 異切替が容易に出発しない	QD - YES - QD - NO YES	0	
	緊急時	高圧降等使用電力増加時の操作が困難である	QD - - YES	0	
	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 充電電が漏出しており危険である	QD - YES - NO - NO YES	3	
省エネ化	点検整備	無分母電が取りにくい 無分母系切替が出発しない	NO - YES - NO - QD YES	1	
	省エネ化	自動運転 自動制御導入 自動制御導入 自動制御は導入されているが活用化されていない	NO - - YES QD - YES -	3 0	
省エネ化	機能管理	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	3
	省エネ制御	力率制御・T Rバンク制御などの省エネ制御が導入されていない	NO - YES -	2	
	省エネ化	コンタクト化	送電スペース・点検スペースなどが不足している 送電設備計画に対してスペースが確保されていない	NO - YES - NO - NO YES	3
信頼性	システム	バックアップ			
	補強多量化	受電系統が多量化されておらず信頼性に問題がある	NO - - YES	3	
	配電系統多量化	配電系統に対してフィーダが多量化あるいは系列毎に分割されていない	NO - YES -	2	
	配電系統多量化	配電系統に対してフィーダが多量化されておらず運用上問題がある	NO - YES -	2	
	高調波の影響	高調波による電圧降下・接地化・不要動作・焼損ららつき・機器過熱等の影響	QD - - YES	0	
	自家発電機	自家発電機の必要稼働負荷に対して自家発電機の供給が不十分である	NO - - YES	3	
	制御電線	分岐場所が集中していない D C・C V C F・商用の使い分けが不適当である 分岐方法が誤認別になっていない	QD - YES - NO - NO YES	0 3	
	新機器の採用	信頼性の低い機器が設置されている(11kV絶縁機器・可動形保護継電器・有線・自動ランプ・インシール形蓄電池・可動形メモリ等)	NO - YES -	2	
	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	QD - YES -	0	
	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 -	2	

2.3 電気設備老朽度診断の結果

平成4年度~平成6年度にかけて開発した設備老朽度診断技法を用い、平成7年度~9年度の3年間で、東京都下水道局の施設25機場(処理場8ヶ所、ポンプ所17ヶ所)の設備老朽度診断を実施した。その診断結果の抜粋、設備診断チェックリスト(受変電設備:高圧)を図1に、受変電設備評価得点一覧表を表8に、受変電設備ポートフォリオ図を図2に示す。

### 設備診断チェックリスト (受変電設備：高圧)

機名： A処理場		調査設備： 送風機棟電気設備		Dブロック	
調査日： 平成 9 年 11 月 26 日		調査者： 石橋、小松、教生			
主機形式： 3KV 高圧盤		主機仕様： 高圧盤 12面			

物理的 的要因	(判定)		高 圧	現地調査票 (受変電設備：物理) 判定結果より												耐用年数判定表 (超過率1) (点数)					
	正 常	: 0		0~1.0 未満	: 0	1.0~1.2 未満	: 1	1.2~1.5 未満	: 2	1.5 以上	: 3										
機能的 的要因	ほぼ正常	: 1	耐用年数	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	重平均C	信頼度評価D1	重みW1	評価得点X1	
	対策を要す	: 2		0.85	3	3.00															1.46
至急対策を要す		: 3	物理的要素の評価の平均	重みG2	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	判定	評価	重平均C				
			物理的要素に関するコメント	重平均C													1.46 (C1)				
			耐用年数	重平均F													0.75 (F1)				
			設置年(西暦)	1958																	
			調査年(西暦)	1997																	
			稼働年数	39																	
			標準耐用年数	20																	
			地公企法耐用年数	20																	
			下水道局耐用年数(案)	22																	
			超過率1	1.95																	
			超過率2	1.95																	
			超過率3	1.77																	
			機能的要因に関するコメント	現地調査票 (受変電設備：機能) 判定結果より												平均評価D2		重みW2		評価得点X2	
			操作性能	0	0.75		1.00		0.75 (F1)		平均評価D2		1.09		1.00		1.09				
			省エネルギー化	0	0.50		1.00		0.50 (F2)		耐用年数		2.2年		標準偏差		5年				
			省スペース化	3	3.00		0.85		2.55 (F3)		余寿命T1		3.4				95				
			信頼性	0	0.56		1.00		0.56 (F4)		総評価Y		1.88								
			バックアップ	0							下水道局耐用年数(案)		T1								
			補機多重化	0							下水道局耐用年数(案)		Td								
			燃料確保	0							標準偏差に対する正規累積分布関数の逆関数の値を返す統計関数		注) T1<0の時: T1=0と表示								
			受電系統多重化	0							総評価得点										
			配電系統分割	0							耐用年数										
			配電系統多重化	0							余寿命T1										
			高調波の影響	0																	
			自家発電容量・台数	0																	
			自家発電電源供給	3																	
			制御電源	0																	
			蓄電池容量	0																	
			新機器の採用	2																	
			予防保全	0																	
			自己診断機能	0																	
			メンテナンスフリー	0																	

図1 設備診断 チェックリスト (受変電設備：高圧)

表8 受変電設備評価得点一覧表

## (1) ポンプ所

順位 NO.	機場・設備 ブロック名	標準的 耐用年数	評価得点				ポ-トワリ材
			超過率1	物理的評価得点 X1	機能的評価得点 X2	総評価得点 Y	
1	Aポンプ所Aブロック	20	1.60	1.17	0.87	1.70	C
2	Bポンプ所Aブロック	20	1.05	1.72	0.81	2.06	E
3	Bポンプ所Bブロック	20	1.05	1.39	1.03	1.94	E
4	Cポンプ所Aブロック	20	1.10	1.31	0.78	1.75	E
5	Cポンプ所Bブロック	20	1.47	0.82	1.16	1.66	E
6	Dポンプ所Aブロック	20	0.85	1.58	0.11	1.63	F
7	Eポンプ所Aブロック	20	1.05	0.30	1.32	1.49	G
8	Dポンプ所Bブロック	20	0.90	0.72	0.90	1.40	H
9	Fポンプ所Aブロック	20	0.85	0.90	0.61	1.33	H
10	Gポンプ所Aブロック	20	0.85	0.64	0.49	1.03	H
11	Eポンプ所Bブロック	20	0.85	0.00	0.26	0.26	H
12	Aポンプ所Bブロック	20	0.25	0.00	0.00	0.00	H

## (2) 処理場

順位 NO.	機場・設備 ブロック名	標準的 耐用年数	評価得点				ポ-トワリ材
			超過率1	物理的評価得点 X1	機能的評価得点 X2	総評価得点 Y	
1	A処理場Dブロック	20	1.95	1.24	1.09	1.88	C
2	A処理場Fブロック	20	1.20	1.60	1.13	2.13	E
3	A処理場Cブロック	20	1.25	1.53	1.01	2.02	E
4	A処理場Hブロック	20	1.15	1.43	1.13	2.02	E
5	A処理場Gブロック	20	1.15	1.31	1.13	1.95	E
6	A処理場Iブロック	20	1.15	1.30	1.13	1.94	E
7	A処理場Bブロック	20	1.20	0.85	1.07	1.61	E
8	A処理場Eブロック	20	1.00	0.95	0.24	1.12	G
9	B処理場Aブロック	20	0.95	0.43	0.51	0.87	H
10	A処理場Jブロック	20	0.35	0.00	0.82	0.82	H
11	C処理場Jブロック	20	0.89	0.66	0.06	0.71	H
12	C処理場Aブロック	20	0.85	0.62	0.06	0.67	H
13	B処理場Lブロック	20	0.95	0.57	0.00	0.57	H
14	B処理場Cブロック	20	0.95	0.21	0.14	0.34	H
15	A処理場Aブロック	20	0.10	0.00	0.19	0.19	H
16	B処理場Bブロック	20	0.95	0.50	0.41	0.85	H
17	B処理場Dブロック	20	1.06	0.11	0.08	0.19	G

①順位 NO. : リノベーション (再構築) 順位

②超過率1 : 稼働年数 ÷ 標準的耐用年数

③物理的評価得点 X1 : 「現地調査票 : 物理」の判定結果を設備診断チェックリストにて計算

④機能的評価得点 X2 : 「現地調査票 : 機能」の判定結果を設備診断チェックリストにて計算

⑤総評価得点 Y : 物理的評価得点 X1、機能的評価得点 X2 を用い算式  $\{1 - (1 - X1/3)(1 - X2/3)\} \times 3$  で算出

⑥ポ-トワリ材 : 図2参照

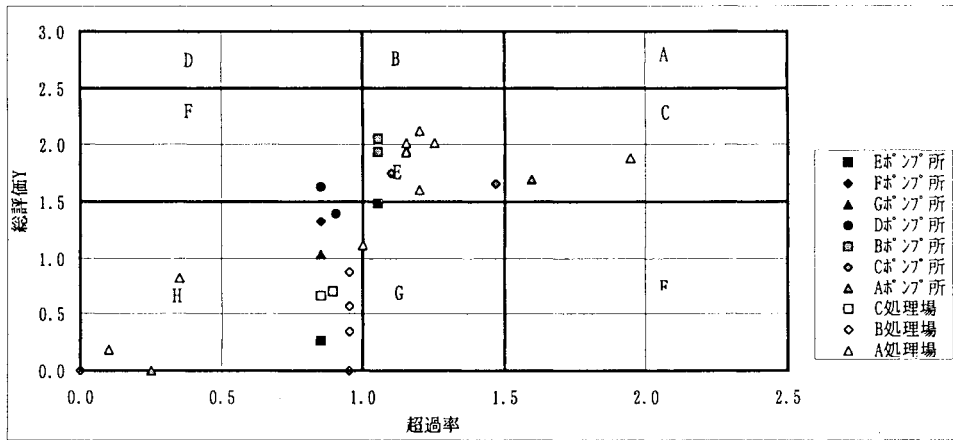


図2 受変電設備ポ-トフォリア

診断の結果を表9にまとめる。

表9 受変電設備の診断結果

NO	分類	ポ-トフォリア領域	該当機場・設備ブロック名
1	直ちに再構築すべき設備	A	該当設備なし
2	ここ数年内に再構築すべき設備	B, C	Aポンプ所Aブロック、A処理場Dブロック
3	直ちに改良すべき設備	D	該当設備なし
4	改良すべき設備	E, F	Bポンプ所A,Bブロック、Cポンプ所A,Bブロック Dポンプ所Aブロック、A処理場B,C,F~Iブロック
5	補修すべき設備	G	Eポンプ所Aブロック A処理場Eブロック、B処理場Dブロック
6	再構築を考慮しなくてもよい設備	H	Aポンプ所Bブロック、Dポンプ所Bブロック Eポンプ所Bブロック、Fポンプ所Aブロック Gポンプ所Aブロック A処理場A,Jブロック、B処理場A~C,L,Jブロック C処理場A,Jブロック

### 3. 設備老朽度診断のシステム化（電子化）

本設備老朽度診断は、診断を効率的に実施するためにパソコンを利用し、システム化されている。そのシステムの概要および今後さらに効率化が期待出来るものと思われるシステムを紹介する。

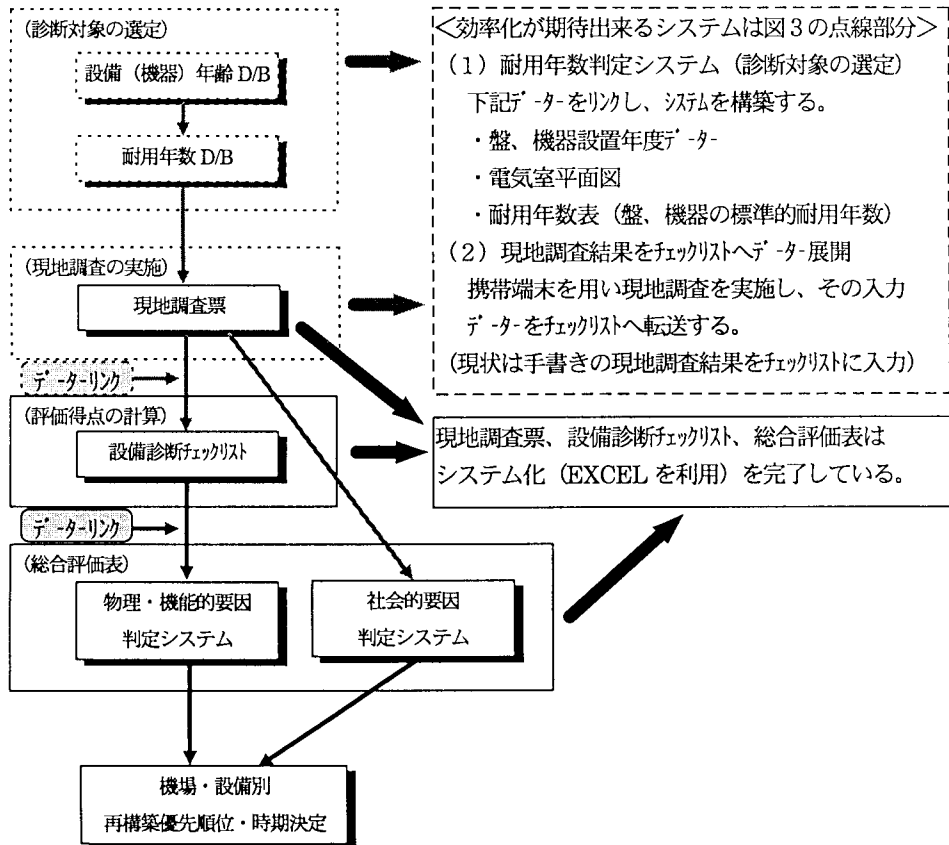


図3 設備老朽度診断のシステム化

### 4. おわりに

設備老朽度の判定手法として開発した本診断技法は、25機場の診断を実施し、ほぼ確立出来たものと確信している。今後は、その診断技法のさらなる向上のため、次の課題を解決する必要があると認識している。

#### (1) 機能的要因診断の改善

判定基準の明確化・マニュアルの整備、設備特有診断項目の設定、現地ヒアリング手法の改善等

#### (2) 耐用年数判定、故障情報分析等のデータベースの構築

最後に、本老朽度診断技法は、東京都下水道局殿の多大なご指導、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) 東京都下水道局 平成4～9年度設備老朽度診断委託報告書
- (2) (社)日本下水道協会 下水道施設改築・修繕マニュアル(案)平成3年12月
- (3) 日本下水道事業団 下水道施設改築・修繕設計要領(案)処理場・ポンプ場編 平成3年3月