

## 第8章

# 受変電・自家発電設備

### 8.1 受変電・自家発電設備の歩み

下水道の電気設備は、大正11年に運転開始した三河島污水処分場にはじまる。電気設備は、電力、鉄鋼、鉄道、その他重工業や一般産業の設備として発達してきた。下水道事業は比較的后発のため、下水道のために研究・開発された電気設備は少ないが、民需で開発された技術を応用し、下水道施設から発生する腐食性ガス等、下水道特有の環境への対応や、浸水被害防除のため雨水ポンプが確実に稼働すると同時に、安全性、保全性、信頼性の高い電気設備の確立に向けて、たゆまぬ努力を行ってきた。

電気設備は、受変電設備、配電設備、自家発電設備、監視制御設備、計装設備等で構成されている。受変電設備は、電気設備の中で重要な設備で電力会社から供給された電気を主ポンプ、送風機、水処理機械設備、汚泥処理機械設備、照明、換気機械等の使用電圧に変圧器を用いて降圧し、負荷に供給する設備の総称をいう。また、受変電設備は、電力会社から電力供給を受ける方式（契約電力、受電電圧、受電回線数等）による分類と、受変電設備の閉鎖配電盤方式、オープンストラクチャー方式、SF6絶縁開閉装置（GIS）等、構造的な面からの区分と、さらに遮断器、変圧器等の設備を構成する機器からも分類される。

受変電設備の大きな進歩は、昭和30年代に入って産業の発展により需要電力量の増加に伴い、電力損失の削減、安全性及び信頼性の向上、省面積化等のため電圧の昇圧、受電方式の多様化、受変電設備及び配電設備の高度化がある。これは、安全面を最優先した絶縁技術の研究・開発によるところが大きい。

配電設備は、高圧配電設備と低圧配電設備に分類される。高圧配電設備は、特別高圧受変電設備で各機器の使用電圧（6kV、または3kV）まで降圧（変成）

した電気を、主ポンプや送風機等の高圧負荷設備に電力を供給するものと、さらに低圧負荷設備用の電圧（400，200，100V負荷）に降圧する高圧変圧器に電力を供給するものである。低圧配電設備は、低圧に変成された電力を低圧負荷設備に供給する設備で、電源群を管理する低圧電源盤（金属閉鎖形スイッチギヤ，低圧フィーダ盤，ロードセンター等，呼称多数）や低圧負荷を運転停止するためのコントロールギヤ，コントロールセンター等で構成される。

自家発電設備は、電力会社から停電等で送電が停止したときに、ポンプ所では雨水ポンプ用電源に、処理場では、雨水ポンプ用電源及び最小限の水処理用電源を確保するために設置するもので、発電機，原動機（ディーゼルエンジン，ガスタービン等），配電盤等で構成される。下水道局では、非常時の最適な電力供給システムを確保するため，買電と発電の2重母線で負荷を任意に使い分けるシステムを採用している。

その他，受変電設備には，力率改善や特別管理産業廃棄物であるPCB（ポリ塩化ビフェニール）の扱い等がある。下水道施設はエネルギー大量消費型施設である。平成14年度末で下水道局（ポンプ所81カ所，処理場20カ所，その他7カ所）では，年間100億円超の電気料金を支払っている。電気料金の低減を図るための力率改善，さらに省エネルギー機器の採用が近年，重要視されてきている。電気設備のオイルレス化や小型化は，絶縁物の発達の歴史でもあるが，昭和28年頃，その絶縁性能の良さ等から登場したPCBは，昭和49年にその毒性から使用禁止となり油入変圧器，コンデンサ等PCB含有機器は，特別管理産業廃棄物として管理されている。

## 8.2 受変電設備の基本

受変電設備の分類は，専門的に行うのが好ましいが，分かりやすく日常使っている分類に整理して記述することにした。専門的に考察すると違和感がありますが，ご容赦を願いたい。

受変電設備の基本である受電方式は，ポンプ所，処理場に設置される主ポンプや送風機等の負荷設備から計画最大需要電力を算定し，電力会社の電気供給約款等に基づき表8-1に示すように契約電力，受電電圧と，施設の重要性に合わせて受電回線数及び遮断機の遮断容量を決定する。

### 1) 受電電圧と契約電力

契約電力は，下水道整備がはじまってしばらくの間，ポンプ所，処理場や流入

表8-1 契約電力と受電電圧

契約電力 (kW)	受電電圧 (kV)	契約種類
5~50	0	単相電力
2,000未満	0	三相電力
10,000未満	60	特別高圧電力
50,000未満	60	
50,000以上	140	

する幹線の埋設深さも比較的浅いことから雨水ポンプの容量も小さく、また、ディーゼル機関を使用したエンジン直結雨水ポンプ等を多く採用したことから比較的少なかった。

その後、生活水準の向上や都市化の進展に伴う汚水量、雨水流出量の増大等とともに、ディーゼルエンジン直結雨水ポンプの騒音対策や信頼性の確保、操作性の改善のため、電動機直結雨水ポンプを多く採用するようになった。その結果、需要（契約）電力が大きくなり受電電圧も60kV・140kVといった特別高圧受電も増加し、受変電設備も大型化してきた。140kV受電の第1号は、昭和49年の砂町処理場での採用である。

2) 受電回線数

受電回線数は、電力の信頼性の向上と安定化のため、戦前に設置された日本堤、木場、吾嬬の各ポンプ所等は2回線受電を行った。図8-1に2回線受電単線接続図の例を示す。

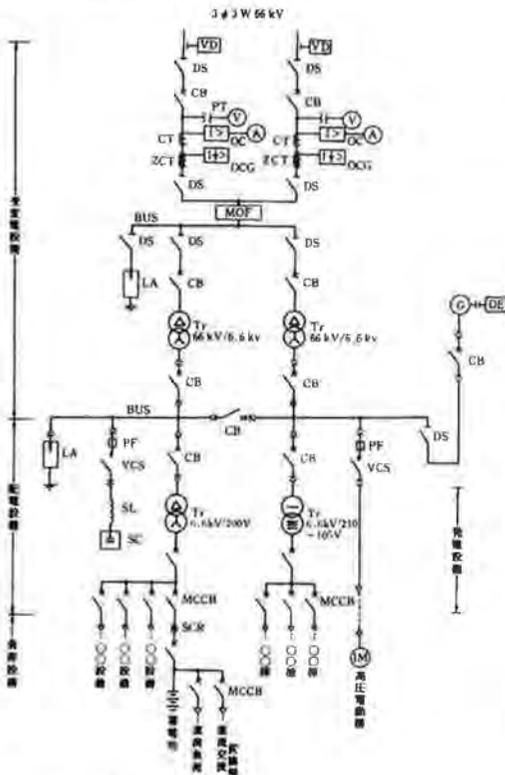


図8-1 単線結線図

その後、ポンプ所は、①電力会社や下水道局側の保守点検等の計画停電時に、一時的に揚水機能が停止しても、あらかじめ停電対策がとれること、②晴天時の稼働機器数も少ないこと、③信頼性の向上した発電設備により突発的な停電にも対応が可能になったこと、等から自家発電設備の設置を前提に1回線受電を採用するようになった。昭和37年頃から以降のポンプ所は、1回線受電を原則としている。処理場は、施設規模も大きく停電による処理機能停止の影響範囲も広く、万一処理機能が停止すれば、その運転再開から安定状態まで多くの労力や時間を要する。このため短時間停電でも、施設が全停止とならないように2回線受電と

してきた。

発電機については、近年、原動機として航空機用エンジン（ガスタービンエンジン）が採用されるようになり、単機容量25,000kVAといった大容量発電機が導入された。

昭和52年に森ヶ崎処理場に、昭和62年に砂町処理場に設置されたが、より電源の信頼性向上のため2回線受電を引き続き採用している。

### 3) 受電方式

受電方式は、供給信頼性向上のため色々な方式が提案されてきている。具体的には、特別高圧及び高圧受電ともに1回線受電方式、2回線受電方式、ループ受電方式、スポットネットワーク受電方式等がある。また、2回線受電方式でも計器用変成器（VCT）が1台と2台の方式がある。

#### ① 1回線受電方式

1回線受電方式は、1回線で受電し、主回路は1台の断路器（DS）、遮断器（CB）、計器用変成器で構成され、もっとも簡単な方式で設備費も安い。電源系統や受変電設備の故障時には、長時間の停電となり供給信頼度は低い。特別高圧受電で本方式を採用している施設は、60kV級で梅田ポンプ所、加平ポンプ所等6カ所、20kV級では三ノ橋ポンプ所、六郷ポンプ所等9カ所である。高圧受電では、1回線受電が主流であるので40数カ所と約半数を占めている。

#### ② 常用・予備2回線受電方式（1CB方式）

常用・予備2回線受電方式は、常用と予備の2回線で受電し2台の断路器と1台の遮断器、1台の計器用変成器で構成され、常用回線の故障時には一旦停電にはなるが、予備線に切り替えて停電時間を短縮できる。将来、発電機を設置して1回線受電に変更する場合や電力会社側に頻繁に停電が予想される場合等に採用される。60kV級では、熊の木ポンプ所等2カ所、20kV級では、木場ポンプ所等2カ所と比較的少ない。

#### ③ 常用・予備2回線受電方式（2CB方式）

常用・予備の2回線受電方式は、各回線毎に断路器や遮断器で構成され、常用回線の故障時には、一旦停電にはなるが予備線に切り替えて受電できるので供給信頼度は高い。この方式には、供給変電所が同じ予備線と供給変電所が異なる予備電源方式があり、無停電切り替えのためには予備線が望ましい。予備線契約であれば計画停電の場合は、切り替えが無停電で行える。また、図8-1に例示した単線接続図は、計器用変成器が1台であり、計器用変成器を受電回路毎に設け、

計量法に基づく計器用変成器の取り替え時も停電せずに交換できるようにする場合もある。本方式を採用している施設は、60kV級以上で芝浦処理場等17カ所、20kV級では1カ所である。

#### ④ループ受電方式（20kV級）

ループ受電方式は、図8-2に示すように、常時2回線で受電し、受電回路ごとに断路器、遮断器、計器用変成器等で構成される。両線とも閉路され、受電部が電力会社のループ送電線の一部となっている。需要家内の故障でないかぎり無停電で供給されるので供給信頼度は高い。本方式の採用はまだ少なく、昭和41年に銭瓶ポンプ所（20kV）、平成元年の浜町第二ポンプ所（22kV）の2カ所である。

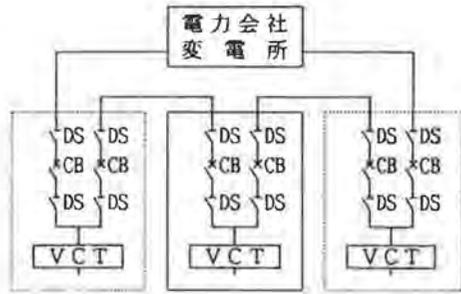


図8-2 ループ受電

⑤スポットネットワーク受電方式（特別高圧受電）  
 スポットネットワーク受電方式は、同一変電所から通常3回線で受電し、それぞれの回線に変圧器を設置、その2次側を並列に接続する方式で、受電方式の中で最も新しいものである。1回線が停電しても、他の回線が健全であれば無停電で運転が継続できる極めて信頼度の高い方式である。自家発電設備が周辺環境等の要件で設置できず、しかも供給信頼性を重視する施設に採用している。平成4年に大森東ポンプ所（22kV）、平成7年に有明処理場（22kV）に導入した2カ所である。今日まで、トラブルは発生しておらず信頼性は高い。

### 8.3 受変電設備

受変電設備は、図8-1に示すように、断路器、遮断器、変圧器、計器用変成器等で構成される。一般に、これらの機器を編成し収納するものを特別高圧（高圧）受変電設備と称している。受変電設備は、特別高圧受変電設備（20kV級以上）で、機器の縮小化、オイルレス化、保守の省力化、安全性等の社会的要請から、近年では受変電設備の開閉装置は、ガス絶縁開閉装置（GIS）が主流である。また、20kV級の特別高圧受変電設備及び高圧受変電設備（6kV級）では気中絶縁キュービクル形開閉装置が多く採用されている。

#### 1) 開閉装置

開閉装置は受変電設備の中でも電源を入り・切りするもので非常に重要なもの

で、オープストラクチャー方式、気中絶縁キュービクル形開閉装置、ガス絶縁開閉装置等がある。

#### ①オープストラクチャー方式

オープストラクチャー方式（以下「開放型」という）は、受変電設備を構成する断路器や遮断器等の機器を鋼製架台上や、鋼製パイプや山形鋼で組んだ架構に取り付け、機器相互間を架構に取り付けた支持碍子に銅丸棒、銅より線、銅帯、アルミパイプ等の導体を取り付け接続したもので、基本的には大気露出構造であり、気中絶縁（空気を絶縁体とする）方式である。

閉鎖型配電盤が採用されるようになるまでは、全て開放構造であり、現在でも特別高圧受変電設備では数多く使用されている。昭和30年以前に設置された受変電設備はすべて開放型であったので感電事故が発生した。鋼製パイプや山形鋼で組み上げた架構に、手動操作式の油入遮断器、断路器等を取り付けたもので、手を伸ばせば充電部に接触する危険のあるような構造であり、安全対策として周囲を金網で囲ったりした。開放型（写真8-1）は受変電・配電設備の原型といえるものである。



写真8-1 開放型の例

開放型は、据付面積が大きく機器や導体が露出しているため危険であるが、施設費は比較的安く、屋内形と屋外形がある。屋内形は建物内に収納したものであり、塩害や汚染を防ぎ飛来物による危険等に対し防護し、あわせて保全管理の向上を図ったものである。

昭和34年、芝浦処理場にコンパートメント型受電設備（20kV級）が導入された。コンパートメント型は、屋内開放型といえる方式で、コンクリート壁で仕切った部屋を多数作り、その各部屋に、断路器や遮断器、計器用変成器等を個別に収納設置するもので、短絡時のアークや火災事故の波及、拡大を防ぐため採用された。充電部に人が接触しないよう部屋の高さは、5m位あった。芝浦、小台、三河島の各処理場の他、日本堤ポンプ所で導入されたが、現在、小台処理場（20kV）で稼働されているのみである。

昭和48年に、砂町処理場で140kV受電がはじまった。このような超高圧で受電

するのは、下水道局にとって初めてであった。導体の絶縁は、気中絶縁であるため受変電設備が非常に大型になり、専用の変電所棟を建設して内部に特別高圧受変電設備を設置した。変電所棟は、鉄骨構造にコンクリート板を張り付けた建物（いわゆるコンクリートキュービクル）で、この建物が「盤」そのもので、機器の据え付け方法は屋内開放型である。通称「コンクラ」と呼んでいる。

続いて、昭和53年、新河岸処理場においても140kV受電を開始し、屋内開放型の変電所（写真8-2）として稼働している。特に、新河岸処理場の受電には、当時この送電線が停止すると都心の3分の1が停電するといわれた重要送電幹線からの直接分岐であったが、下水道局の技術的信用を理解され、電力会社から許可がでた。2台の変圧器は屋外設置である。この変電所



写真8-2 新河岸処理場コンクラ

の稼働を機に電気の保安体制を、さらに充実するために「電気保安担当主査」が処理場に設置された。

#### ②気中絶縁キュービクル形開閉装置

気中絶縁キュービクル形開閉装置（以下「閉鎖配電盤」という）は、断路器や遮断器等の機器及び機器間をつなぐ導体等をすべて金属製の箱内に収納し、設備全体が外部から閉ざされる形にしたもので、いわば、開放型設備を丸ごと金属製の箱内に納めたものである。塩害やじんあい等は大気開放型のものより心配が少ない。また、機器間を接続する導体は気中絶縁であるが、盤内に納められているため感電の危険が少なく安全性の高い構造であり、列盤にして設備全体をスッキリした配置にできる。設備費は開放型に比べ高価である。閉鎖配電盤には、単位閉鎖配電盤（スイッチギア）と一括閉鎖配電盤（キュービクル）があり、前者は、各機器が金属製の箱内に収納されており、かつ単位回路毎に接地金属隔壁により隔離されているものをいい（JEM規格）、単に金属製の箱内に各機器を納めたものをキュービクル（写真8-3、JIS規格）という。この稿では、両者を分類して使用していない。



写真8-3 キュービクル

電源の開閉装置では、断路器10数台が隔壁もなく露出して並び、停止している主ポンプの断路器を開操作する時、誤って隣接する運転中の主ポンプの断路器を開くなどのミスも犯しかねない危険性の高いものであった。この設備は昭和47年頃まで使用されていた。

閉鎖配電盤の採用は、昭和30年代後半から建設されたポンプ所にはじまり、今日では全て閉鎖配電盤方式である。昭和44年、湯島ポンプ所（20kV受電）に、初めて特別高圧受変電設備の閉鎖配電盤方式が採用された。同ポンプ所は、公園の地下に建設されたもので、狭い室内に受変電設備を設置するためコンパクトなものと、火災防止の観点から遮断器は、オイルレスの空気遮断器（ABB・定格電圧24kV・定格電流600A・遮断容量1,000MVA）を、変圧器も同じくオイルレスの乾式変圧器（定格電圧24kV/3.15kV・容量1,500kVA）を採用した（写真8-4）。

### ③ガス絶縁開閉装置

ガス絶縁開閉装置（GIS）は、空気より絶縁性能に優れているSF<sub>6</sub>ガス（六フッ化硫黄ガス）を、金属ケース内に封入し、その中に断路器、遮断器、母線等の開閉装置の充電部を組み込んだもので、機器の小型化が可能となり、従来の設備に比べ、据え付け面積は3分の1から7分の1に縮小される。また、SF<sub>6</sub>ガスは、不燃性、非爆発性、不活性であるので安全性と保全性が飛躍的に増大するとともに、従来の気中絶縁方式の受変電設備で問題となっていた用地問題、



写真8-4 旧配電盤写真

塩害、塵害、気象の影響、安全上の問題等の制約を解決するので、近年多用されるようになった。しかし、SF<sub>6</sub>ガスは、温室効果ガスに指定されたので、今後の動向が注目される。

昭和44年、日本で初めて60kV級のガス絶縁開閉装置が電力会社で使用された。下水道局での使用は、昭和55年に森ヶ崎処理場で大森南ポンプ室（受電電圧60kV・変圧器容量9,000kVA）での設置を皮切りに、昭和58年に篠崎ポンプ所（60kV・2,000kVA）、新小岩ポンプ所（60kV・7,500kVA）、昭和59年に南多摩処理場（60kV・1,500kVA）、昭和63年に小岩ポンプ所（60kV・7,000kVA）等で次々と採用された。

ガス絶縁開閉装置には、単相形と3相一括形があり、3相一括形は円筒形とキュービクル形に分類される。単相形は、電力事業用の超高電圧系で使用され、自家用で使用するものは、ほとんど3相一括形である。円筒型は、各構成機器を3相一括して円筒形容器に収納し、これらを組み合わせたもので、大森南ポンプ室、篠崎ポンプ所、小岩ポンプ所等で採用されている。キュービクル形は、ガス絶縁された主回路及び機器間導体を鋼製角形容器（キュービクル）内に収納したものである。見た目は、気中絶縁閉鎖配電盤と何ら変わるところはなく、この方式は、新小岩ポンプ所をはじめ10数カ所で採用されている。ガス絶縁開閉装置は、SF<sub>6</sub>ガス漏れを監視する程度で保守点検は比較的簡単である。森ヶ崎処理場のGISを写真8-5に示す。

#### ④遮断器（特別高圧用・高圧用）

受変電設備には、受電線路を安全に開閉することができる開閉器（DS）と負荷電流及び故障電流を安全に遮断できる遮断器（CB）を設けている。遮断器の変遷は、受変電設備の発展の歴史でもある。遮断器は、負荷電流や故障電流を遮断する際に発生するアークを消す（消弧）方式で、開発順に特高用では油入遮断器（OCB）、空気遮断器（ABB）、ガス遮断器（GCB）



写真8-5 森ヶ崎処理場GIS

表8-2 各種遮断機の特徴

	油入遮断器	空気遮断器	磁気遮断器	真空遮断器	ガス遮断器
消弧方式	油中の消弧室内でアーチを打ち、その高温で油が分解し、水素などの熱伝導度のよいガスを発生し、アーチを冷却消弧する。	圧縮空気	ブレイクによって発生した磁界でアーチを消弧室(角)で引き伸ばし消弧する。	密封したインターロック内で電流を遮断し電子の拡散により消弧する。	遮断時にヒストンで遮断部に導入した他ガス(六フッ化硫黄ガス)を圧縮しながらアーチに吹き付け消弧する(バッド型)。
遮断性能	普通	普通	普通	優れている	優れている
耐火危険性	ある	少ない	少しある	少ない	少ない
騒音	少ない	大きい	操作音は小さい	少ない	少ない
外形面積	小さい	普通	普通	普通	きわめて小さい
保守	操作機の保守及び絶縁油の交換を要す	操作機の保守及び空気圧力の管理を要す	操作機の保守及び絶縁油の汚損が無いよう管理	操作機の周囲の注油程度	操作機の保守及びSF <sub>6</sub> ガスの充分管理

に、高圧用は油入遮断器(OCB)、磁気遮断器(MCB)、真空遮断器(VCB)、ガス遮断器(GCB)の順に移り変わってきている。各遮断器の原理、特徴を表8-2に示す。機器のオイルレス化や省力化の要請から特別高圧用、高圧用ともガス遮断器や真空遮断器が多用され、空気遮断器、磁気遮断器の採用は少なくなっている。

油入遮断器は、最初に開発された遮断器であり、昭和30年代以前は主流を占めていた。昭和40年頃、絶縁油量を少なくした小油量遮断器が開発され小型化が一層進み、配電用遮断器として多く採用された。

昭和49年に、新装なった芝浦処理場では、特高用油入遮断器(定格電圧23kV・定格電流600A・遮断容量1,000MVA)が設置され、同時に稼働した送風機用遮断器等にも油入遮断器が使用された。昭和41年には銭瓶ポンプ所で、昭和44年に湯島ポンプ所で空気遮断器が採用された。また、湯島ポンプ所では、配電用遮断器に磁気遮断器を採用した。特別高圧用(20kV級)の真空遮断器は、昭和49年に、堀切ポンプ所で最初に採用されたが、近年は、60kV級でも真空遮断器が多く採用されている。

ガス遮断器は、昭和54年に、前述のように森ヶ崎処理場でガス遮断器(GCB: 定格電圧72kV・定格電流800A・遮断容量2,500MVA)が導入された。昭和55年に大森南ポンプ室、昭和59年に篠崎ポンプ所、昭和63年に小岩ポンプ所でガス遮断器が採用された。

その後の60kV級の施設では、ガス絶縁開閉装置(GIS)が採用されており、組み込む遮断器は真空遮断器、またはガス遮断器が使われている。高圧受変電設備で受電遮断器には、ほとんどの施設で真空遮断器が採用されている。遮断器の投入、開放(切)の操作方式は、昭和30年頃まで、ハンドルを握って梃子の原理で

直接入り・切りする手動操作方式が多く、操作性や安全性に劣るものであったが、その後遠隔電磁操作に変わって取り扱いが容易になった。

## 2) 変圧器

変圧器の分類には、単相か3相かの相数による分類、絶縁方式による分類、冷却方式による分類等がある(表8-3)。

表8-3 変圧器の特徴

	ガス絶縁変圧器	油入変圧器	モールド変圧器
概略構造	変圧器の外箱を密封し、電気絶縁性の高いSF <sub>6</sub> ガスを充填、絶縁並びに冷却用として使用した構造。	ガス絶縁変圧器の構造と同じで、絶縁並びに冷却用として絶縁油を使用したもの。	巻き線を樹脂で注型または含浸モールドした構造。樹脂絶縁で冷却は空気による。
適用電圧	22kV・66kV	22kV・66kV・140kV	22kV
絶縁の種類	E種	A種	F種・H種
耐震性	油入変圧器に比べ軽量であり耐震性に優れる。	乾式変圧器に比べ耐震性にある。	ガスや油を密封しない構造なので耐震性に優れる。
据付面積	やや大きい	普通	小さい
安全性	不燃性・非爆性	可燃性	難燃性・非爆性
騒音	外箱が遮音効果を生ずるので、比較的少ない。	変圧器に油が高たされているため、遮音効果はあまりない。	鉄心・巻き線が露出しており、油入変圧器より高い。
冷却方式	SF <sub>6</sub> ガスの静容量が小さいので3MVA程度以上は他方式となる。	絶縁油を媒体としており自然冷却が標準である。	空気を媒体としているため一般に1,000kVA以上は強制風冷式である。
保守点検	完全密封であるため点検は容易。ガス漏れ監視を要する。	通常点検は、容易である〔内部点検は期日を要する〕	保守点検は最も容易で、風冷の場合ファン・フィルターの清掃が必要。
経済性	最も高価である	安価である	高価である
製作上限	77kV・25MVA	500kV・100MVA	33kV・10MVA

### ①単相変圧器と3相変圧器

変圧器には、単相変圧器と3相変圧器がある。昭和40年以前は単相変圧器が主流で、1964年版(昭和39年版)の下水道施設基準においても、3相変圧を行う場合には、単相変圧器3台1組で1バンクとし、1バンクに予備器1台を置く方式が標準であった。

当時は、単相変圧器を標準としていたが、信頼性の点から単相変圧器3台を△結線で使用し、1台故障の場合にはV結線で使用することができるようにしたものであった。昭和34年に、新装なった芝浦処理場の受変電設備は、単相変圧器7台(一次電圧20kV・二次電圧3kV・容量2,000kVA)で2バンクを構成し、残り1台を各バンクの共通予備とした。昭和37年に稼働開始の小台処理場でも同様の構成(20/3kV・単相2,000kVA)で現在も使用中である。

3相変圧器は、絶縁材料や製造技術が著しく向上して、故障もほとんどなくなってきたので、経済性、保守性、省スペースを考慮して、その採用を標準にすることに変わっている。それ以降の受変電設備においては、3相変圧器が主流であ

る。

### ②絶縁方式

変圧器の絶縁方式は、絶縁材の発達により、油入式、乾式、モールド式、SF<sub>6</sub>ガス式等に分類される。この中で、樹脂等でモールド加工したモールド式変圧器の出現は、当時センセーションを起こした記憶がある。また、冷却方式は、自冷式、他冷式等に分類される。変圧器の絶縁は油入自冷式でスタートしているが、油温の変化により絶縁油が膨張・収縮し、その呼吸作用の際、絶縁油と空気が接触、空気中の湿気と酸素が取り込まれ、絶縁油が劣化して絶縁性能が落ちるため、絶縁油の耐圧試験や交換が比較的頻繁に必要であった。この防止策としては、変圧器タンク内に窒素ガスを封入し、絶縁油と外部空気が直接接触しないようにしたものが開発された。これが、窒素封入式油入変圧器である。現在、ポンプ所、処理場で使用されている変圧器は、そのほとんどが窒素封入式油入自冷式変圧器である。60kV級の特別高圧変圧器では、油入変圧器とガス絶縁変圧器を比較すると、価格面で油入方式が有利である。

自冷式は、変圧器の表面に冷却用のフィンを付けたり、外部に冷却用パイプ群を設け絶縁油を循環させて空冷するもので、他冷式は、ファン等で強制風冷するものである。ちなみに、超大型変圧器では、水冷のものもあるが下水道局では採用された例はない。昭和34年に三河島処理場で初めて窒素封入式油入自冷式変圧器が採用された。

乾式強制空冷式変圧器は、日種絶縁を採用し、キュービクル内に変圧器を納めファンで強制的に冷却する型式である。昭和40年に銭瓶ポンプ所、昭和44年に湯島ポンプ所において、乾式強制空冷式変圧器（各1,500kVA）が採用された。銭瓶ポンプ所は共同ビルの地下、湯島ポンプ所は全地下室のポンプ所であることから、遮断器と同じく火災等の防災を考慮して乾式変圧器を採用したものである。その後の更新工事で、昭和62年に湯島ポンプ所は乾式自冷モールド変圧器（20/3kV・容量2,000kVA）に、平成11年に銭瓶ポンプ所は、SF<sub>6</sub>ガス絶縁変圧器（20/3kV・容量2,500kVA）に更新されている。

昭和57年、大森南ポンプ所（60kV場内変電所）で、SF<sub>6</sub>ガス絶縁変圧器が採用された。SF<sub>6</sub>ガス絶縁変圧器は、窒素封入式油入自冷式変圧器より軽いので更新工事等の際、変圧器容量を増加したいが、荷重がもたない等の場合を除き、価格の面から窒素封入式油入自冷式変圧器の採用が多いだろう。

### 3) 配電設備

配電設備（高圧・低圧配電設備、動力設備）には、高圧で電力を供給する高圧配電設備と低圧に変成された電力を低圧動力設備（沈砂機械設備や汚泥処理設備の低圧負荷）及び建築付帯設備に給電する低圧配電設備がある。昭和40年代に高圧及び低圧動力の電圧は、送電損失を少なくするためとケーブルを細くして、工事の作業性及び工事コストの削減のため、高圧で3kVから6kVに、低圧は200Vから400Vに昇圧している。また、低圧の400V化は高容量の電動機を低圧で運転できるようになり、取り扱いが容易になった。

高圧配電設備は、金属閉鎖型コントロールギヤ（JEM1425）（以下「高圧配電盤」という）及びコンビネーションスタータ等がある。低圧配電設備は低圧金属閉鎖形スイッチギヤ（以下「低圧配電盤」という）及びコントロールセンター（運転操作用の盤）や手元操作盤で構成される。

#### ①高圧配電設備

昭和30年以前に設置された施設では、高低圧配電設備は開放型が主流で、鋼製パイプや山形鋼で組み上げた架構に、開閉器として手動操作式の油入遮断器や断路器等を取り付けたものであった。現在は、全て高圧遮断器が閉鎖配電盤に収納され充電部が隠蔽されて、安全性は非常に高いものになっている。写真8-6に旧配電盤を示す。

昭和30年代、芝浦水処理場の主ポンプ設備の油入遮断器を「弁当箱」と呼んでいたが、概略寸法30cm×40cm×50cmほどの中に刃形開閉器を組み込んだもので、遮断容量も定かでないようなもので、絶縁油の交換や刃を磨く（接点調整）等の作業を頻繁に行っていた。高圧動力の開閉装置には、金属閉鎖形スイッチギヤ、コントロールギヤ（以下「高圧配電盤」という）（JEM1425）及びコンビネーションスタータの使用を標準としている（1994年度版下水道施設設計指針と解説）。



写真8-6 旧配電盤写真

高圧配電盤は、遮断器により短絡保護と過負荷保護を同時に行わせるものである。また、遮断器の小型化等により、遮断器の保守点検を容易にするため、引き出せる構造や多段積み構造のものが出てきている。

高圧コンビネーションスタータは、昭和40年頃から高圧負荷用開閉器で、力率調整用の進相コンデンサの制御用として使われはじめ、真空電磁開閉器と電力ヒューズを組み合わせたものである。通常の負荷電流の開閉と過負荷保護は、真空電磁開閉器で短絡事故時の異常電流を電力ヒューズが受け持つ方式である。この方式は、真空電磁開閉器の耐高開閉頻度や電氣的・機械的寿命が真空遮断器に比べ格段に良く、安価で、かつ小型化ができて多段積みが可能にした。しかし、遮断器を使用しないため短絡領域の保護協調が難しい面がある。

### ②低圧配電設備

低圧配電設備には、低圧金属閉鎖形スイッチギヤ、コントロールセンター等がある。低圧配電設備は、高圧配電盤と同じく昭和30年頃までは、大理石板に穴を穿ち、ナイフスイッチやヒューズを取り付け、電磁開閉器と組み合わせ運転、停止操作をしていたが、操作時に感電の恐れもあった。

昭和30年以降、大理石が鋼板に変わり、これまでの自立開放型から金属製箱内に納めた閉鎖型配電盤に変わり、安全性、保安全性は向上したが、盤内に組み込む機器は、区画せずに任意に配置してあるため、ナイフスイッチの開閉操作や点検作業には、慎重を要するものであった。

昭和40年に入ると、ナイフスイッチとヒューズに変わり配線用遮断器（MCB）が開発・導入された。低圧配電盤は、配電用遮断器の操作面のみを前面に出し、配線等の充電部を金属板で遮蔽した、より安全性を増したスイッチギヤが使用されはじめた。また、機器数が多くなった対応として、画期的なのは、配線用遮断器と電磁開閉器等を用途により組み合わせ、一つのユニット内に収納し、それを4段から6段に積み上げたロードセンター（写真8-7）やコントロールセンター（写真8-8）が出現したことである。コントロールセンターは、主回路と制御装置を収納した



写真8-7 ロードセンター



写真8-8 コントロールセンター

複合盤により保守性、保護能力、拡張性等に優れていたため、開発後、すぐに主流の機器となった。収納機器の小型化により、7段積みや両面配置のものも開発された。コントロールセンターは、昭和42年に新田ポンプ所にはじめて導入された。このコントロールセンターの採用により、掘付面積は、従来の60～70%に縮小された。

#### 4) 力率改善設備

下水道設備の負荷は、大部分が電動機等の誘導負荷であるため、電流位相が電圧位相よりも遅れ、力率低下（遅れ力率）の状態となる。遅れ力率の状態となると、種々の弊害が出るため力率改善が必要である。

##### ①改善効果

力率改善の効果には、①需要家で力率が遅れて無効電力が増加すると、電力会社側では、電力損失、送電効率の低下に伴う電源設備、送電設備投資が増大する。このため、電気供給約款では、力率改善が推奨され、遅れ力率が85%を上回る場合には力率1%につき基本料金を1%引き、力率が遅れ85%を下回る場合には、力率1%につき基本料金を割増しする。ただし、進み力率は力率100%として計算する制度としている。従って、力率改善を行うことにより電気料金の低減を図ることができる、②力率改善により無効電力が減少するので変圧器励磁電流が低下し、変圧器容量に余裕が生じるため、有効利用ができる、③力率改善により無効電力が減少するので電圧降下が小さくなる等がある。

##### ②目標力率

力率は、100%であることが最良であるが、一般的に力率改善に必要な進相コンデンサ95%程度を境に設備投資額が著しく増加する。そのため下水道局では力率改善目標を95%としている。改善前の力率95%を100%にするための進相コンデンサ容量は、改善前の力率90%を95%にするための進相コンデンサ容量の倍以上となる。ただし、設計上の改善目標は晴天日の時間最大負荷時を想定しているため、通常は98～100%力率改善が可能である。

##### ③力率改善の設備

力率改善の設備としては、高圧コンビネーションスタータ、進相コンデンサ、放電コイル、直列リアクトル等である。力率改善は、高圧負荷（電動機）と並列に進相コンデンサを設置するのが一般である。近年、母線に複数の進相コンデンサを設置した自動台数制御方式が増えてきている。

一方、進相コンデンサは、絶縁抵抗が高く、進相コンデンサを開路した時に進

相コンデンサには電荷が残留し、放電に相当の時間がかかる。しかし、保守点検時の安全確保、また、再投入時には電源の投入位相の関係で、ほぼ放電を完了させる必要があり、残留電荷を速やかに放電させるために放電コイルが設けられる。放電コイルの場合は、5秒後に50V以下にできるものとする（JIS C 4902-1998）。また、進相コンデンサに高調波が流入した場合は、高い高調波に共振し、配電系へ流出する場合がある。これを低減させるために直列リアクトルを設置する。

## 8.4 自家発電設備

自家発電設備は、下水道のような公共施設において、住民の安全を確保する上で非常に大切である。特に下水道事業のような装置型事業では、電気に依存する分野が多いので、電力会社での都合や停電でも常に機能を維持して、住民にサービスを提供する義務がある。この対応措置としては常用発電機を設置してきている。最近では、電力費削減により常用発電設備化が注目されてきている。また、焼却炉廃熱を利用した常用発電設備もクローズアップされている。

### 1) 発電機

自家発電設備は、ポンプ所、処理場が電力会社からの電源供給が停止（停電）した場合でも、雨水ポンプ用電力や最小限の水処理用電力を確保して浸水防止、処理機能の維持をするための設備で発電機及び原動機で構成されている。自家発電設備が下水道局に採用されたのは、昭和29年の山谷ポンプ所が初めてである。これは、エンジン掛ポンプ補機用の発電機として200V、20PS、10kVAである。

それ以後、昭和40年に尾久ポンプ所に、発電電圧3kV・発電容量1,500kVAの発電機が設置されたのを皮切りに、昭和41年に志茂ポンプ所（2,500kVA）に引き続き、順次設置されて今日に至っている。発電機は一般に回転界磁形3相同期発電機が採用されているが、小型の場合は、誘導発電機も採用されている。例えば、昭和59年に小台処理場での消化ガスを利用した発電（1,000kVA×3台）には、誘導発電機が採用されている。

自家発電設備は、機能上信頼性の高い電源供給システムと負荷の運用に最適な電力供給システムを確保して、異常時に迅速に対応することが求められる。設備的には発電機関の信頼性の向上はもとより、買電と発電の2重母線に対応している。

大型発電機の採用は、これまで雨水ポンプとしてディーゼルエンジン直結形ポンプが多く採用されていたが、始動時の黒煙や臭気、騒音等の苦情、多量の燃料

を保有するため危険物規制等の問題もあって、操作性の良い電動機直結雨水ポンプが採用されるようになってきた。

さらに最近では、都市化による雨水流入水量の増加や大深度化する流入幹線のため、ますますポンプ所は、大型化、揚水ポンプの高揚程化で電動機容量が大きくなっている。これは必然的に需要電力の増加を招き、停電時の非常用電力としての発電機も大容量のものになった。

陸用ディーゼルエンジンでは、発電容量10,000kVA程度が製作限界とされ、さらに市街地に設置されるポンプ所等は敷地も狭いことや、ディーゼルエンジンの重量及びサイズが大きいこと、騒音問題等からも設置が難しくなってきた。そこで、航空機用ガスタービンを原動機とした大型発電機が採用されるようになった。表8-4にディーゼルエンジンとガスタービンの原理・特徴を示す。

表8-4 ディーゼル機関とガスタービン

	ディーゼル機関	ガスタービン
原理	簡欠燃焼爆發する燃焼ガスの熱エネルギーを一旦ピストンの往復運動に変換し、それをクランク軸の回転運動に変える。	連続燃焼している燃焼ガスの熱エネルギーを直接タービンで回転運動に変換する。
燃料	A 重油・軽油	A 重油・軽油・灯油・ガス
燃料消費率	0.15~0.23(kg/ps・h) 0.20~0.31(kg/kW・h)	0.25~0.50(kg/ps・h) 0.34~0.60(kg/kW・h)
回転数	750~1,800rpm	10,000~50,000rpm
排気温度	350~450°C	500~650°C
負荷投入	投入率は機関の平均有効圧力により異なる	一轉型100%投入可能 二轉型70%投入可能
始動方式	空気始動・電気始動	空気始動・電気始動
始動時間	10~20sec(フライミンク時間含まず)	70~40sec
冷却方式	水冷	空冷
燃費効率	燃料の完全燃焼が得られにくい。潤滑油アップ量が増し、燃料室内又は過熱機にカーボン付着が多い	特に問題はない
騒音	全周波域105~110db	高周波域110~125db
振動	往復運動のため大きい	回転運動のため少ない
重量等	大きく重い	小型軽量
基礎	大きい	小さい
設置スペース	機関本体は大きい。排気管・消音器のスペースは小さい	機関本体は小さい。排気管・消音器のスペースは大きい

## 2) ディーゼルエンジン

ディーゼルエンジンは、その性能の改良を加えながらも、今日まで構造的には、ほとんど変わらず、「下水道施設設計基準1994年(平成6年)版」に、はじめて発電機用原動機としてガスタービンの採用が記載されるまで、自家発電機の原動機として採用されてきた。昭和59年に、下水道局最大のディーゼルエンジン(V型単動4サイクル16気筒直接噴射式、10,300PS、9,000kVA)の発電機が、篠崎ポンプ所(計画排水量108m<sup>3</sup>/S)に導入された。これは、陸用ディーゼルエン

ジンでは製作限界のものといわれている。

### 3) ガスタービン

下水道局で最初のガスタービン（航空機転用オープンサイクルフリー型）発電機は、昭和52年森ヶ崎処理場に導入された。発電機出力は10,000kVAのものである。ガスタービンは、①ディーゼル機関に比べ熱効率は悪いこと、②コンパクトのため設置スペースが小さく軽いので、建物建設費が安いこと、③冷却水が不要でかつ騒音対策は高周波のため処理が容易なこと、④振動が少ないこと等の特徴があり、その後、森ヶ崎処理場をはじめ、昭和62年に砂町処理場で発電容量が最大の25,000kVAが設置されたのを含めて6処理場10数カ所のポンプ所に採用されている。

## 8.5 今後の動向

受変電設備には、重要な役割を担っている各種保護継電器がある。保護継電器は、多くの技術開発により性能が一段と向上して、電力の安全性及び安定性に大きく貢献している。当初アナログ式であったものも、今日ではデジタル式も開発・採用されている。この他に、無停電源装置は蓄電池及びインバータの性能の向上に目を見張るものがある。

下水道局では、東部スラッジプラントで焼却炉の廃熱発電や、最近では葛西処理場や南多摩処理場で電力貯蔵設備（NaS電池）の採用や、森ヶ崎処理場では、PFIによる消化ガス発電等が稼働開始している。また、電力を取り巻く環境は、電力の自由化、維持管理要員の少子高齢化、地球温暖化防止のための省エネルギー化等が潮流となっている。電気設備は、諸々な技術開発が行われており、施設の改築、更新にあたり、ますます小型化するGISの採用による省スペース化や、低圧配電設備や手元操作盤等では伝送技術の進歩から携帯端末を利用した省ケーブル化や手元操作盤等の削減、省エネルギー・省力化製品の出現が期待される。

## 第9章

# 監視制御設備

### 9.1 監視制御設備の歩み

監視制御設備は、下水処理プラントを構成する多様な機械、電気設備を適時適切に水処理、汚泥処理等の目的にあわせて稼働させるための、機械とオペレーター（運転職員）を結びつけるマンマシンインターフェイスである。

古い時代の監視制御設備は、下水処理に直接関わるものでなく、技術的・機能的に適した機器がなかったため、十分ではなかった。監視制御設備は、近年の下水道の全国的な普及とともに、処理施設の効率的な運営、作業環境の改善、維持管理費の抑制等、社会的要請の高まりと、電気通信技術、情報処理技術の飛躍的進歩によって、この50年間に急速な発展を遂げた。

この間、下水道局の下水処理施設数は、昭和30年の面積普及率15.6%の時代で、3処理場、10ポンプ所から、平成6年度に普及率100%を概成して、平成15年に19処理場（流域処理場含む）、82ポンプ所へと拡大した。しかし、その施設数の増加割合よりも非常に少ない職員増で、施設の管理体制を整えることができたのは、監視制御設備の発展に負うところが大きい。

昭和30年以前の処理場、ポンプ所のオペレーターの仕事は、もっぱら個々の機器の運転・停止操作と日常の点検補修であった。監視制御設備といえば、機側の現場操作盤（手元盤）と受変電、主ポンプ等の主要機器の計器盤のみであった。例えば、主ポンプの運転は、「封水弁開」「真空ポンプ運転」「主ポンプ満水」「OCB（高圧しゃ断機）-入」「二次抵抗器-減-二次短絡」「制水弁-開」という操作のため現場を走りまわる、極めて労力集約的な作業であった（写真9-1）。

昭和39年の東京オリンピックに対応するため、下水道普及率の急伸が計画された。この20年間に、昭和37年に小台、昭和39年に落合、昭和40年に森ヶ崎の三処



写真9-1 芝浦処理場旧主ポンプ室（昭和35年頃）  
ステージ上に高圧配電盤が並んでいる

理場が建設され、昭和36年には三河島、芝浦、砂町の既存の三処理場には散気式ばっ気槽が導入された。また、21カ所のポンプ所も建設された。そして、これらの新設の処理場、ポンプ所には、必ず監視室（中央監視室）が作られ、ベンチボード型監視制御盤が設置された。監視制御盤の導入で、場内の主要機器、主要設備

の監視・制御は、一人のオペレーターで行えるようになった。このことは、オペレーターが「機械のお守り役」から「下水処理プラントの管理要員」として、大きな役割の変化をもたらした。

遠方監視制御は、昭和41年に自営多芯ケーブルによる監視のみだったが、芝浦処理場と品川埠頭ポンプ所間で採用した。昭和43年に浮間ポンプ所と志村ポンプ所間、昭和45年に平和島ポンプ所と鮫洲ポンプ所間等には、監視・制御の両機能を持った監視制御が導入され、今日の遠方監視制御の基礎を築いた。

計算機導入の第1号は、昭和47年に芝浦処理場の主ポンプ棟の更新に合わせて、導入された制御用コンピューターである。このときのCPUは、1台のミニコンピューターのみで、主にデータログとメッセージタイプライターでデータ管理と制御、グラフィックパネルの表示灯の点滅等、簡単なものであった。その後、計算機システムは、昭和48年に森ヶ崎処理場に、昭和50年に砂町処理場の砂ろ過施設に採用された。しかし、ハード及びソフト面で技術的未熟な面があり、初期トラブルも多く、プラント制御には、不安の残る時代でもあった。

昭和52年に小菅処理場、昭和56年に葛西処理場、昭和59年に中川処理場が相次いで稼働した。この三処理場の監視制御は、計算機制御を軸にして計画・設計され、複数のCPUと大容量の磁気ディスクメモリー、高速データウェイの採用で、現在の計算機システムと基本的には変わらないシステムであった。この頃には、水処理・汚泥処理のプロセスにSPCからDDC分散制御システム等のプラント制御システムが実用化されはじめた。大型グラフィックパネルと、CRTモニターを搭載した操作卓（オペレーターズコンソール）は、これまでの下水道施設のイメージを大きく変えたものであった。

区部では、昭和52年に梅田ポンプ所、昭和59年に篠崎ポンプ所等、大小合わせ

て22カ所のポンプ所が建設された。多くのポンプ所では省スペース及び省エネルギーの観点から、ミニグラフィックパネルとCRTモニターと二挙動操作スイッチのキーボードを一体化した監視制御卓が主流であった。昭和63年には、気象レーダーを用いた「降雨情報システム（東京アメッシュ）」が完成し、ポンプ所の雨水ポンプ運転の適時・適切化と信頼性に大きく寄与した。平成元年には、最初の下水道光ファイバーケーブルを用いた遠方監視制御が、後楽ポンプ所と湯島ポンプ所間で導入され、下水道に本格的に光ファイバーケーブル採用の先鞭となった。従来の公社線（メタリックケーブル）の伝送速度（50～9,600bps）に比べて、極端に高速（Gbps）の光ファイバーは、①光損失が少ないこと、②情報の高速・多量伝送が可能であること、③電磁誘導の影響が少ないこと等の特徴があり、信号伝送路としては理想的で、以後の遠方監視制御装置には自営の光ファイバーケーブルが引けない特別な場合以外に必ず採用されている。

平成7年に中野処理場及び有明処理場、平成13年に新河岸東処理場の3処理場のほか、平成9年に白髭西ポンプ所、平成9年に汐留第二ポンプ所、平成12年に東糞谷ポンプ所等、大規模の雨水ポンプ所5カ所を含む14ポンプ所が稼働した。監視制御設備では、グラフィックパネルに代わって、IT技術の発展によりCRTや大型スクリーンと呼ばれるマルチスクリーンディスプレイが採用された。

シーケンスやデジタル計装による自動制御回路には、各ローカルステーションにマイクロコントローラーが導入された。写真9-2に示すようにCRTモニターや大型スクリーン等ビデオディスプレイを中心にした監視制御設備は、ソフトウェアの変更で多様なプロセスの変更に対応が可能で拡張性に富んでおり、非常に完成度の高いものになってきた。



写真9-2 新河岸東処理場の中央監視室  
(大型スクリーンとCRT操作卓)

## 9.2 監視制御方式

監視制御技術は、電気設備の中で頭脳に該当するもので、非常に重要な役割を果たしている。また、技術的進歩には目を見張るものがあり、監視制御の高度化は、電気設備の信頼性の向上、維持管理の省力化に大きく貢献している。

1) 操作場所による監視制御方式

監視制御方法は、いくつかのパターンに分類されるが、技術の進歩とともに自動制御理論が具体化され、制御目的に応じて導入されてきた。図9-1は、集中監視制御システムに関わる機器と制御信号の流れを表わした略図である。

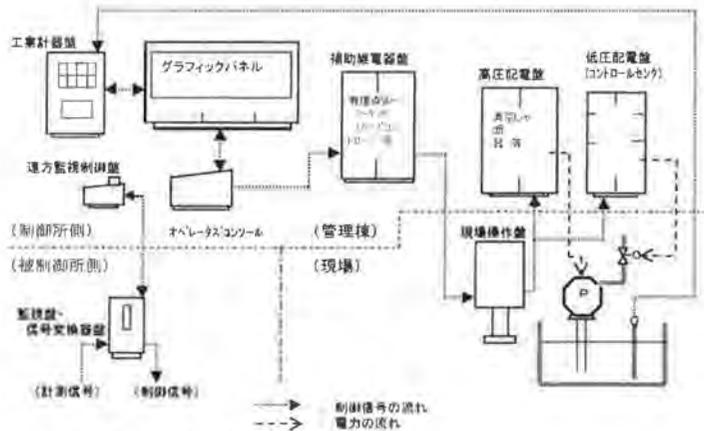


図9-1 集中監視制御システムの例

①現場個別制御 (現場単独操作)

現場個別制御は、昭和30年以前に一般的な方式であり、複数の機器が連携し作動する必要がある場合に、オペレーターが機側の現場操作盤で一台一台を運転確認しながら制御する方法である。昭和30年代以降は、主に機器の調整試運転の時に使われている。

②監視一人制御 (遠方操作)

監視一人制御は、中央監視室のように機側以外の離れた場所からオペレーターが個々の機器を単独に、あるいは連動して制御する方法であり、昭和30年代～昭和40年代からは一般的になっている。

③遠方監視制御 (テレコン・テレメーター)

遠方監視制御は、制御場所の敷地以外の場所にある機器を、信号伝送路を使って監視制御する方法である。昭和40年代初期から導入され始め、現在では約20の制御場所と約50の被制御場所がある。昭和63年までは、公社線を使用して運用開始した。しかし、公社線の伝送周波数帯域は狭く、信号伝送速度に限界があって、制御の速度があげられず、操作指令が相手に届くまで秒単位の遅れがあり、動画が送れない等の不満が最後まで残った。

平成元年以降の遠方監視制御では、下水道局自営の光ファイバーケーブルを伝

送線に使用している。光ファイバーは、伝送速度が大きいので制御の速度が速く、また、ITVの映像も鮮明な動画で送れる等、技術的には理想的な伝送路といえる。

## 2) 制御方法による監視制御方式

制御方式は、手動操作と自動制御に大きく分類されるが、自動制御に対する理論的確立は半導体とそれに伴いコンピューターの出現で確実となってきたと同時に、小型化、操作性が著しく向上した。手動制御はオペレーターが個々の機器を直接運転-停止する制御である。一連の連動運転のスタートスイッチを入-切する場合も含まれる。自動制御には、①シーケンス制御、②フィードバック制御、③フィードフォワード制御、④ファジー制御等がある。

### ①シーケンス制御

シーケンス制御は、複数の機器を予め定められた順序や条件に従って自動的に運転-停止させて、1個の装置としての機能を発揮させる方法であり、最も一般的な自動制御方法である。

### ②フィードバック制御

フィードバック制御は、温度、水位、流量等のプロセス値を、定めた目的値に係る自動調節制御の一つの方法で、調節後のプロセス値（計測値）と目標値の偏差を常にゼロに近づけるようにする制御方法である。アナログ計装からデジタル計装へと進展して今日の計算機制御に結びつき、一般的なプロセスの自動制御方法である。下水道では、昭和30年代半ば頃、アナログ計装で消化槽加温ボイラーでの温度制御に用いられたのがはじめてである。

### ③フィードフォワード制御

フィードフォワード制御は、自動調節制御の一種で制御結果に係らず、プロセス値を入力値として、既知の演算式に従って制御するもので制御応答が速いといわれるが、下水道ではほとんど例を見ない。

### ④ファジー制御

ファジー制御は、計算機を用いて行う制御で複雑なプラント制御が必要な場合、これまでのオペレーターの成功経験を計算機に記憶させ、最適制御を図るものである。平成元年、湯島ポンプ所のポンプ運転制御に導入された。

## 9.3 監視制御機器

監視制御機器は、オペレーターと電気・機械設備を仲介するマンマシンインターフェイスの役割を果たすものであるが、それを構成する機器も時代とともに進

化・発展してきた。

### 1) 現場操作盤

昭和30年代以前は、現場操作盤だけが設備の操作手段であったが、制御の集中化、遠方化とともに、もっぱら現場での調整試運転用となった。

#### ①高圧現場操作盤

昭和40年代はじめには、芝浦処理場の地下の第一沈殿池汚泥ポンプ室で、手動で入-切する高圧油入しゃ断器盤（裏面開放型配電盤）が使用されていたが、昭和40年頃には、地上の配電盤室に閉鎖型高圧しゃ断器盤が設置され、機側にはポスト型の現場操作盤が設けられた。

#### ②低圧動力盤

昭和40年代以前、沈砂池機械は、沈砂池室の壁面に取り付けた低圧動力盤（ナイフスイッチ、ヒューズ、マグネットスイッチ内蔵）の表面扉にある集合押ボタンスイッチで入-切をしていた。その後、更新されて電気室の低圧配電盤と現場操作盤の組み合わせに変わった。

#### ③手元操作盤

手許操作盤は、昭和30年代頃から現在まで機側盤の主流である。形式には壁掛け型、ポスト型と自立型に分類される。写真9-3に示すように盤の表面に押ボタンスイッチ、またはCS、COSスイッチ、電流計、R（赤）G（緑）ランプ、故障表示灯等で構成されている。自立型は圧力、温度等の計測機器を必要とする主ポンプ、ブロワ等の高圧、または大容量機器に使用され関連補機と一緒に、また、数台の機器を一つの盤で入-切をする場合に用いられている。



写真9-3 現場操作盤  
(左：自立型、右：ポスト型)

### 2) 集中監視制御盤

監視制御機器が大きく進歩発展した一つには、集中監視制御機器がある。最近では集中監視制御盤を設置せず、パソコン一台で対応するようになってきている。

#### ①ベンチボード型

ベンチボード型は、昭和30年代、昭和40年代の中央監視制御方式の普及に伴い、

中央監視室に設置された。写真9-4に示すように、手前の斜面部には、模擬母線に捻回式のスイッチとRGランプ、奥の垂直面には、メーター類と故障表示器、また、手前足元の垂直面には、故障表示機、制御電源スイッチ等を取り付けたものである。中にはリレーケースや工業計器を組み込んだものも作られたが、その後グラフィックパネルとオペレーターズコンソールの出現で急速に陳腐化していった。

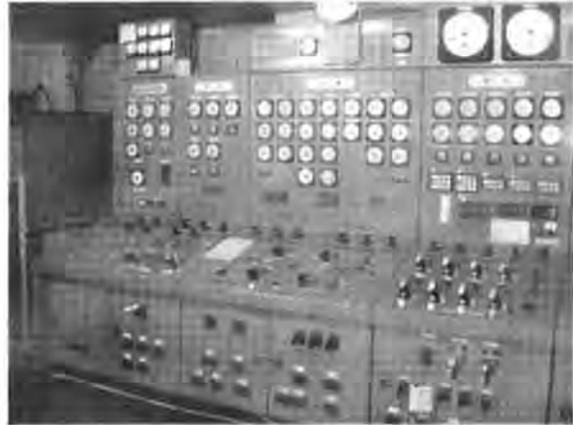


写真9-4 ベンチボード型監視制御盤  
(吾嬬ポンプ所)

#### ②グラフィックパネルとオペレーターズコンソール

グラフィックパネルは、見た目が豪華で簡単にプロセス模型を変更できるため、昭和40年代後半から下水道設備に普及した。昭和47年に芝浦処理場に設置された中央監視盤では、グラフィック面が自立盤式のものであった。この方式は、その後、昭和56年葛西処理場等に導入された。また昭和52年には写真9-5に示すように、小菅処理場に壁埋込式が採用された。これは意匠性に富んだ大型パネルに、プラントのフローシートと点灯する機器シンボルが描かれて、オペレーターに対する視認性を高めるとともに、見学者へのアピール効果が向上した。



写真9-5 グラフィックパネルとオペレーターズ  
コンソール (小菅処理場の旧中央監視盤)

オペレーターズコンソール (操作卓) は、グラフィックパネルとセットで設置された。手前の平面にプラント機器の操作を行うキーボード (集合押ボタンスイッチ板)、奥の傾斜面にはメーター類、集合故障表示灯、CRTモニター等が組み込まれていた。スイッチは「選択」と「入-切」又は「開閉停」の二挙動式で、受変電設備等の重要部は、専用蓋付スイッチにする等、誤操作防止策が施されていた。

③ミニグラフィック盤

ミニグラフィック盤は、昭和50年代半ばから多くのポンプ所に導入された。小型のグラフィックパネルとオペレーターズコンソールを一体化した形式で、手前の平面にはキーボード、奥の傾斜面にミニグラフィックパネル、メーター類、集合故障表示灯が配置されている。写真9-6の初期のものは、奥の表示面の高さが小さく傾斜の角度も緩やかだったが、工業計器類が組み込まれると高さも、奥行きも大きくなり、傾斜も垂直に近くなってきた。



写真9-6 ミニグラフィック盤（加平ポンプ所）  
（グラフィック面が低い比較的初期のタイプ）

④オペレーターズデスク操作卓

オペレーターズデスクは、平成13年に稼働した新河岸東処理場や平成14年に稼働した両国ポンプ所の操作卓に、キーボードがなくなり、フラットデスクにCRTモニターや液晶モニターが置かれただけのシンプルなものになった（写真9-7）。



写真9-7 CRTだけの操作卓（両国ポンプ所）

⑤大型スクリーンパネル（大画面CRT，マルチスクリーン）

大型スクリーンパネルは、モザイクタイル式のグラフィックパネルに代わってコンピューターグラフィックスの画像を利用して、ソフトウェアだけで自由に画面を作れるビデオディスプレイが今日の主流となった。ディスプレイの種類には、大画面CRT（平成元年芝浦処理場）、マルチスクリーンディスプレイがある。大型スクリーンパネルは、平成13年に新河岸東処理場、平成14年に森ヶ崎水処理センター、平成15年に小菅処理場で導入された。この原型というべきものとして写真9-8のように、昭和60年頃、砂町処理場の汚泥処理監視用として盤内にビデオプロジェクターを組み込んでスクリーンに照射させた画像を見る形式で、当時として画的であったが、今のCRTほど鮮明に表示されなかった。



写真9-8 内蔵ビデオプロジェクターのグラフィック画面（砂町水処理センター旧汚泥棟監視室）

をクリックして機器の制御をする等、マンマシンインターフェイスのツールとして重要な位置を占めるようになった。

#### ⑦帳票端末装置

帳票端末装置は、昭和40年代前後から計算機の導入によりデータロガー（日報・月報記録）、高性能のメッセージタイプライター（警報、機器運転記録）等の導入を容易にして、手書きの帳票機能を自動化して業務の簡素化と正確性を向上した。写真9-9に示すように、最新のシステムでは、帳票端末装置として1台の卓上プリンターが多目的に使用されている。



写真9-9 帳票端末装置

#### ⑧遠方監視制御盤

下水道局の遠方監視制御は（1：1）×N方式を採用しているので、制御所側の監視室には、被制御所の数だけ監視制御ユニットを組み込んだ制御盤、または操作卓があった（写真9-10）。平成元年以降に構築された遠制システムでは、光ファイバー伝送路が用い



写真9-10 遠方監視制御盤（平和島ポンプ所）

られ、動画ITVによる監視や複雑な制御も可能となったので、CRTモニターを制御盤や操作卓の代わりに用いるようになった。

### 3) 工業計器盤

汚泥消化槽の温度制御やばっ気槽のDO、MLSS制御に工業計器による自動制御を行うため、中央監視室に工業計器盤が設置された。昭和50年代までのアナログ計装時代には、演算機、調節計、警報設定機等の個別の機能を持った工業計器が多数取り付けられた。アナログからデジタル技術への進化に伴い、マイクロコンピュータ内蔵のデジタル調節計や、シングルループコントローラーが導入されると、工業計器盤面はシンプルになり、やがてコンピューター制御が普及すると制御ループもソフトで構成され、CRT画面で調節計パネルが表示され、設定調整も簡単になってハードウェアの工業計器盤は不要になった。

### 4) 補助リレー盤

昭和40年代後期まで、シーケンスを構成する有接点リレー類は、低圧盤やコントロールセンターの内部に取り付けられていたが、シーケンスが複雑になると補助リレーが多くなり、専用の補助リレー盤が出現した。

昭和50年代に両面型コントロールセンターの普及とともに補助リレーを取り付けるスペースがなくなり、独立した地位を占めるようになった。また、その内蔵機器類は、制御技術の進歩とともに変化してきた。

### 5) 制御システム

監視制御の心臓部は、制御回路に左右される。簡単なものはリレーシーケンスであり、工業計器であるが、半導体の開発・利用で高度の制御回路が容易にできるようになった。代表的なものはコンピューターである。

#### ①ワイヤードロジック（リレーシーケンス）

昭和40年代半ばまでシーケンスは、もっぱら有接点リレーと機械式、または電子式タイマー等を配線で繋いで構成された。リレーシーケンスは、拡張・変更に対する対応性が悪く、寿命が短い等の弱点があり、電子式のシーケンサー等に変わってきた。

#### ②プログラマブルコントローラー（ピンボード式設定器等）

プログラマブルコントローラーは、複数の機器が決まったタイミングや条件のもとで一斉に入一切をするようなプロセスに用いる。砂ろ過設備の逆洗工程等に採用された。

#### ③シーケンサー

シーケンサーは、汚泥焼却炉の運転制御のような複雑なシーケンスになると、そのステップ数は膨大なものとなり、有接点リレーで組んだ場合、工期は相当なものになるのでシーケンスを計算機の論理演算に置き換えたシーケンサーが開発された。そこで昭和47年に、砂町処理場の汚泥焼却炉の制御に導入したのが最初である。シーケンサーは、無接点で高信頼性、配線もソフトウェアで構成されるので工場製作工程が大幅に省力化されたと同時に、現場でシーケンスの変更を容易にしたもので画期的であった。

④マイクロコントローラー

昭和50年代以降、マイクロコントローラーや制御用計算機の時代になると、シーケンスのほかに演算制御回路もソフトで構成されるようになり、補助リレー盤は、高低圧配電盤と制御システムとのインターフェイスとしての機能が重視されることになった。

9.4 計算機制御システム

下水道施設への計算機制御の導入は、昭和47年の芝浦処理場に始まるが、この時は管理データの処理等、ごく限られた用途に用いられた。水処理、汚泥処理プロセス制御に用いられたのは、昭和56年の葛西処理場からといわれている。

1) 初期の計算機制御システム

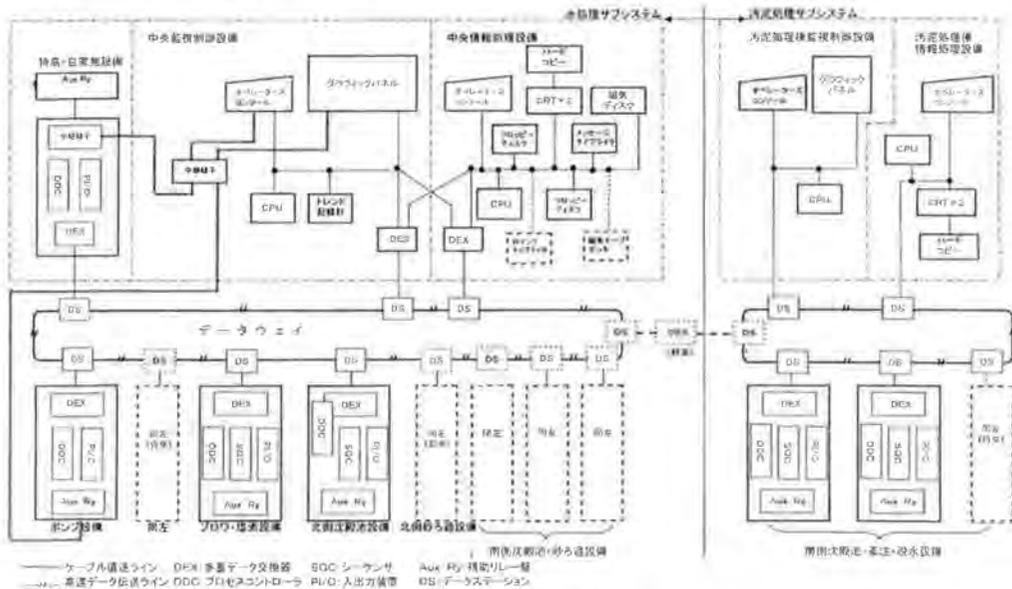


図9-2 葛西処理場の計算機制御システム（昭和56年当初）

初期の計算機制御システムは、昭和56年に導入された葛西処理場の計算機制御システムで系統図を図9-2に示す。CPUは、4カ所の管理拠点に分散配置され、プロセス毎のローカルステーションを結ぶデータウェイも、水処理系と汚泥処理系の2つに分けて計画された。データウェイは、大量の制御ケーブルや補助リレーを無くす画期的なものであった。特高受変電設備、自家発電設備、ポンプ設備等の重要な設備には、コンピューターダウン時の対策として直接ケーブルを用いた冗長設計で万全を期した。オペレーターズコンソールには、二挙動操作のキーボードがシステムへの操作端として設けられていた。

2) 最新の計算機制御システム

最新の計算機制御システムは、平成13年に稼働した新河岸東処理場の計算機制御システムで系統図を図9-3に示す。

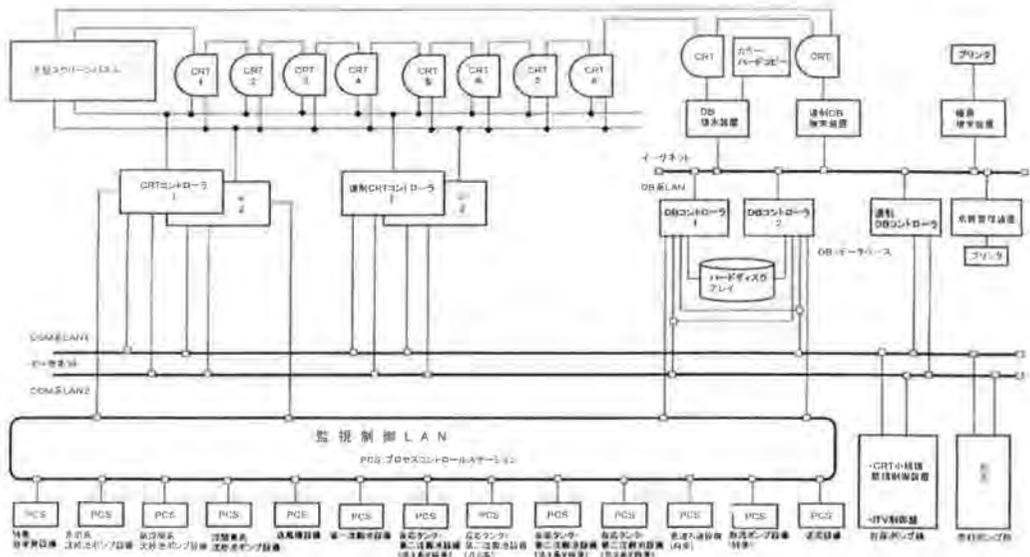


図9-3 新河岸東処理場の計算機制御システム (平成13年)

CPUは、CRTコントローラー用が4台、DB (データベース) コントローラー用が3台あり、主要部を2台ずつでカバーしている。管理用のCRTは、プロセス用が8台、DB用が2台ある。13個の場内プロセスコントロール用のサブステーションは、全て1個の監視制御用のLANに接続され、中央監視室の監視制御設備やDBに接続されている。これらは、ハイラーキシステムとも呼ばれている。葛西処理場の計算機制御システムとの大きな違いは、モザイクタイルの表示装置やキーボードの操作端末のように、その施設にだけ適合する特別なハードウ

エアが監視制御設備には見当たらないことである。このことは、プロセスの変更に対して、迅速で安価な対応を可能にしたところである。

## 9.5 今後の動向

監視制御設備の発展は、常に正確で迅速なプラント制御を目指して、新しい技術を開発し、積極的に導入してきた先輩技術者の努力の成果といえる。そして、多くの古くて非効率で、使い勝手の悪い設備は改良や再構築で改善されてきた。

今、下水道事業は、汚水の排除・処理による生活環境の改善、公共用水域の水質保全、雨水の排除による浸水防除等の従来下水道事業に加えて、健全な水環境の創造、循環型社会形成のための下水道資源の有効活用等の、新たな役割を担うことが求められている。そのために下水処理プロセスは、一層高度な処理方式が、それを支える処理プラントにはより高度のシステムが、導入されていくことは間違いない。

このようなプロセスやプラントの変化に柔軟に対応するとともに、省エネルギー・省資源・省力化の対応やシステムの安全性及び信頼性の向上を、低コストで構築されることが強く求められる。計算機制御システムに代表される監視制御設備は、ソフトの変更で柔軟に対応できるのでコストや工期上でのメリットは図り知れない。弛まぬ制御・情報技術の発展とともに、さらなる監視制御設備の進展に期待していきたい。



## 第10章

# 計装設備

### 10.1 計装設備の歩み

計装設備とは、測定装置、制御装置等を装備すること（JISZ8116-1972）である。昭和40年代まで、計測器単体は工業計器と呼ばれていたが、本章では計装設備として扱う。計装設備は、①プロセスの状態監視、②プロセスの経済的・効率的な管理、③自動制御のセンサー、④法令上の設置義務等のために進歩・発展してきた。プロセス上の計装設備には、水位、流量、圧力等の物理量を計測する量的計測と溶存酸素(DO)、汚泥濃度、COD等を計測する質的計測に分けられる。

下水道の計装設備は、大正11年に三河島污水処分場において、開設当初より、ベンチュリ式及び堰式流量計とフロート式水位計等の計測器を導入したことにはじまる。計装設備は、三河島污水処分場に導入されてからの30数年間、流入汚水量の計測場所の変更以外には、大きな変化は見られなかった。最初に導入したベンチュリ式流量計、堰式流量計及び水位計は、商社経由で輸入された機器を使用している。昭和8年の水道年報に「大正9年（水柱式自記計量型415,800円×2基）、昭和3年に（銭瓶町ポンプ所用650,895円×2基と砂町処理場用172,200×2基）」が記載されている。輸入品で非常に高価なものであった。

三河島污水処分場にはじめて設置された流入汚水量計のベンチュリ式流量計は、図10-1に示すように、沈砂池とポンプ室との間に大きなスペースを割いて、常時、満管状態を確保し、沈砂・し査の影響を避けるため、沈砂池の後段に浅い伏せ越しを設けて設置された。昭和30年代迄の約40年間にわたり使用されていた。また、ポンプの吐出配管に設置された銭瓶町ポンプ所のベンチュリ式流量計は、旧ポンプ所が廃止される昭和41年まで、図10-2に示す砂町処理場のベンチュリ式流量計の短管は、昭和62年にポンプ室が休止されるまで稼働していた。

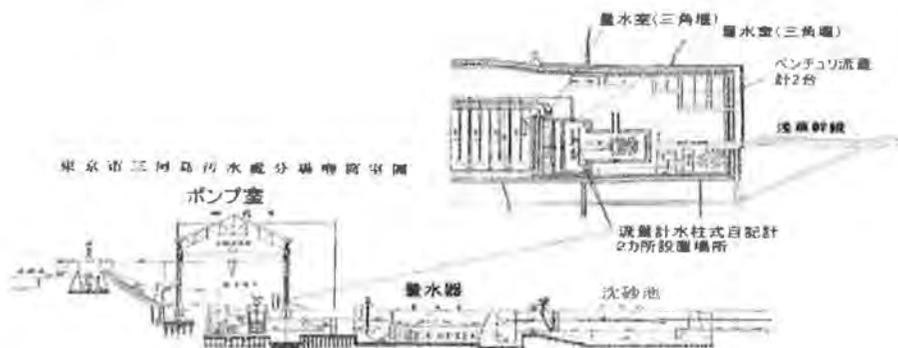


図10-1 開設当初の三河島処理場（浅草系沈砂池・ポンプ室廻り）

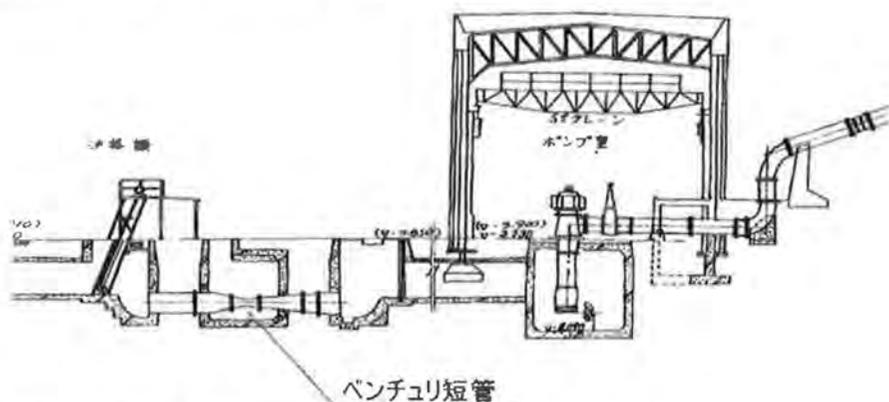


図10-2 砂町処理場ポンプ室縦断図

昭和30年代に入ると産業界では、大型プラントに数多くの計装設備（工業計器）が導入され、自動化が図られてきた。それに伴い国内の計装技術は大きく発展する。その頃の計測用信号の伝送方式には、表10-1に示すように電気式、空気圧

表10-1 計装設備の変遷

年代	計装設備	機器名称
大正12年～昭和29年	量的計測	物尺式レベル計、フロート式レベル計、差圧式流量計、開水器式流量計、圧力計、降雨量計
	制御方法	手動運転
昭和30年～昭和45年	量的計測	エアバージ式レベル計、静電容量式レベル計、電極式レベル計、垂錘式レベル計、電磁式流量計、超音波式流量計、機械秤式重量計、各種温度計、各種圧力計
	質的計測	γ線密度計、超音波式汚濁濃度計、pH計、溶存酸素濃度計
	制御方法	アナログ調節計による自動運転
昭和46年～昭和59年	量的計測	超音波式レベル計、投込式レベル計、超音波式空気流量計、熱線式流量計、風向風速計、大気圧計
	質的計測	加圧式超音波濃度計、光学式汚濁濃度計、ケーキ含水率計、残塩計、濁度計、HCL計、ORP計、MLSS計、UV計、SV計、Rst計、TOC計、NO計、SO計、O <sub>2</sub> 計
	制御方法	DDCによる最速制御、CRTによる集中監視、大型計算機による多変数モデル制御
昭和60年～	量的計測	光ファイバー水位計、ドプラー式超音波流量計、非満水電阻流量計、脱水ケーキ流量計
	質的計測	マイクロ波式濃度計、近赤外光式濃度計、脱水ケーキ水分計、近赤外線式含水率計、無試薬式残塩計、全固形・全リン計
	制御方法	LANによる集中監視とデータ管理、AI・ファジーによる自動制御

式、油圧式の三方式があり、腐食性ガスの発生等設置環境の悪い下水道では、耐腐食性と保守性に優れ、価格も安い空気式の導入もあるが、当時の設計者は、汚泥処理の一部を除き、集中監視が容易な電気式の採用に踏み切っている。

下水道設備に多くの計装設備が導入されたのは、昭和36年に稼働した芝浦処理場の汚泥処理工場である。例えば、図10-3に示すように用途に応じて、レベル計では、フロート式、電極式、エアパージ式が、流量計では、消化ガス流量の計測にオリフイス流量計、また、汚泥流量の計測には電磁式流量計がはじめて採用されている。

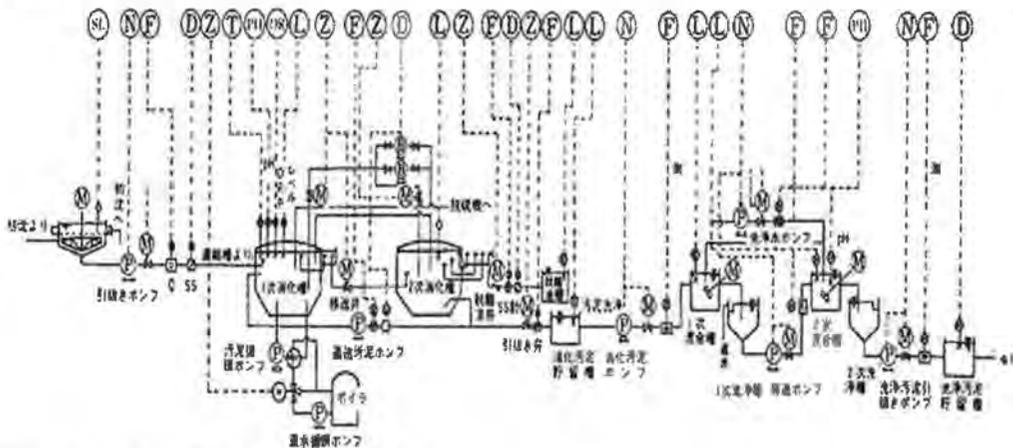


図10-3 汚泥処理計装フローシートの例

昭和37年稼働の小台処理場から監視盤室に工業計器盤が設置され、アナログの指示計、記録計、積算計、調節計等が集中管理された。記録計は1ペン、または2ペン式である。記録用紙は、幅20cmほどの一カ月間記録できるものが主流で、ペン先とインクの管理に気がつかった。

この時代の電気式伝送信号方式は、計装メーカーにより異なり、プロセス信号として、直流あるいは交流を、操作信号には直流が採用されていた。伝送方法は、交流給電4線式や直流2線式に大きく分かれていたので、補修工事での仕様を決定するのに苦労した。その後、原則として、伝送方式は、直流4～20mA及び1～5Vの信号に統一されている。

また、昭和30年代～昭和40年代は、水処理や汚泥処理方式の変化とともに、各種水位計や電磁流量計等の量的な計装設備を使用した制御が導入され、水処理、汚泥処理の量的制御が確立された時代である。また、従来の量的な計測に加えて、放射線(γ線)式密度計やDO計等の質的な計測器の開発・導入が行われ、運転の目安、維

持管理データの把握がはじまった時代でもある。

昭和50年代は、流入水位計等の重要部分における量的な計測器の二重化や監視制御の高度化に伴い、系列やセクション毎に計測点を追加してきたことや、さらにより多くの質的計測器の導入と、それを使用した制御が導入されてきた時代でもある。

平成元年以降では、前世代で需要が増えた各種質的計測器のさらなる改良・開発とその実用化により、安定した自動制御システムが実現できる時代となってきた（表10-2）。

表10-2 伝送方式の比較（昭和30年代後半の比較）

事項	伝送方式	電 気 式	空 気 式	油 圧 式
信号伝送		遅れなし	遅れ大▼（伝送距離100→150m）	遅れ小▼伝送距離は長いと不利
基本動作		比例（ON-OFF）	比例	積分
PID動作		容易	容易	困難
フィードバック要素		抵抗、位置	ペロー、振りリンク	リンク、タラシユボット
信号変換		容易	困難	困難
温度、温度特性		十分考える必要あり	考える必要なし	考える必要なし
操作速度		速いものは困難	遅れあり	速い
操作力		操作力を増すために特別な機械が必要	大きい	強大
配管、配線		配線のみで簡単	やや複雑（片道配管）	複雑な技術を要す（往復配管）
耐久性		経年変化あり	比較的丈夫	きわめて丈夫
防塵性		要注意、ただし防塵構造可能	最もよい	引火性である油漏れに注意
保守技術		高度の技術を要す	比較的容易	技術を要す
データロガー、計算機との接続		容易	困難	困難
留意点		温度、湿度、周波数、電圧保持	空気の浄化除塵	油のろ過、粘度
構造		複雑	簡単	簡単
価格		最も高い	最も安い	中間

一方、国内の計装関係の主な出来事には、①大正10年にメートル法に統一する度量衡法改正、②大正13年に改正度量衡法施行及びメートル法使用開始、③昭和26年に計量法公布、④昭和30年メートル法実施委員会設立、⑤昭和34年にメートル法専用へ移行、⑥昭和51年に騒音計・濃度計等環境計量器の検査を開始、⑦昭和53年に計量法改正、排水・排ガス用流量計が法定計量器へ追加、⑧平成4年新計量法の公布、国際単位系（SI単位）の採用、⑨平成5年に新計量法施行、施行日の11月1日を計量記念日に指定、⑩平成11年に法定計量単位が国際単位系（SI単位）へ全面移行等がある。

## 10.2 量的計装設備

量的計装は前記のとおり、昭和36年に、芝浦の汚泥処理工場より本格的に導入

されはじめた。しかし、当初に採用された量的計測器は、水道や一般の化学プラントより転用して使用されたものが多く、被測定物である下水の特質から検出部の汚れ、閉塞、腐食等により再現性が悪く、故障も頻繁に発生したため、その機能を保持するには、きめ細かな維持管理と多くの改善を必要とした。今日では、電磁流量計、超音波流量計、投げ込み式水位計等、下水専用ともいえる数多くの機種が開発され、性能的にもおおむね安定したものとなっている。

量的計測器は、圧力、流量、温度、水位等の物理量を計測するもので古くからは、ものさしと呼ばれていたものを電氣的に変換したものが多い。

### 1) 量的計測器

#### ①流入汚水量計測

三河島汚水処分場に最初に設置されたベンチュリ式流量計は、40φ程の配管を使用して約25m先のポンプ室まで引き込み、水柱式自記計量器へ差圧を伝送していた。その導圧管は毎日のゴミ清掃を必要としていた。昭和30年後半に、尾久系返送汚泥流量計（ベンチュリ式）で間欠パージの間隔（時間）を決めるための実験が行われている。それは導圧管の内部状態監視用として配管途中に透明管を取り付けて行われた。その結果を基に、浅草系の流入汚水流量計（ベンチュリ式）に間欠パージ方式が導入され、差圧管の清掃作業は大幅に改善されていった。

そのとき使用されていた自記計量器は、現在、三河島水再生センターの本館ロビー内に展示されている（写真10-1）。また、その頃の記録用紙は、一週間の記録可能な用紙が使用され、積算流入量は1時間毎の手書き日誌で記録処理されていた。

処理場の流入部での汚水量を計測する方式は、三河島処理場の浅草系と砂町処理場の旧砂系流入部に設けられた。その後の処理場、ポンプ所には設置されていない。それは設置スペースや建設経費の確保、流入汚水量計測の必要性の有無、計測器の輸入条件の変化等によるものと推測できる。

流入部での汚水量の計測が求められてくるのは、流域下水道の普及時期と一致している。それは各市の料金分担を決める必要性が出たことや運転管理上の必要性の高まりと同時に、安価で精度の高い各種の管内流量



写真10-1 水柱式自記記録計  
(現・三河島水再生センター本館ロビー内)

計測器が、下水管きょ用に開発・実用化される昭和50年代の半ば頃まで影を潜めていた。

流入汚水量の把握は、計測が容易な処理水を堰式で計測することによって、流入量を逆算する方式やポンプ揚水量を揚水性能曲線や運転時間等から、算出する方法が多く用いられている。その他に、昭和46年に三鷹市、武蔵野市の汚水の一部を区部下水道に取り込むに当たり、流入量把握にクッターの公式（円径管の勾配と流下水深で流下量を換算）を利用した汚水流量計と堰式流量計が管きょ内にはじめて設置されている。水位計測には両者とも気泡式水位計を使用していた。その空気圧縮機の設置場所は、住宅地区内のため、騒音対策と屋外設置の工業計器盤内の温度上昇対策に考慮が図られた。

#### ②汚水・汚泥の流量計測

昭和36年に稼働した芝浦処理場の汚泥処理工場には、汚泥流量計測に電磁式流量計がはじめて採用された。電磁式流量計の下水への導入は画期的であったが、導入当初は、電極に汚泥等が付着しゼロ点が安定しない等、計測に支障が生じた。その後、電極の構造改善と計測信号を交流から直流に変えて解決した。また、検出部の天然ゴムを使用した内面ライニング材は、膨張（劣化）による計測誤差の発生や励磁コイルの焼損等をもたらしたので、発信器素子の真空管から半導体への変更やライニング材質の変更等で、昭和40年半ば頃には安定した計測が可能となった。

このことは、製作メーカーと一緒に故障の種類を分析し、改善に向けた検討の結果、下水道用として信頼される計器に改良された代表例でもあるといえる。

現在、電磁式流量計は脱水ケーキの圧送ライン用も開発され、下水処理の主な流量計測箇所採用されている。その中で、返送汚泥流量計等は口径も大きく高価な電磁流量計はしばらく導入されず、長くパージセット付きのベンチュリ式流量計が使用されていた。

しかし、現在では敷地の制約や高さ制限等で堰式流量計が設置できない箇所が増えたことや、しゃ集管きょへの汚水取り込み量の把握のために、大口径の電磁式流量計が採用されている。芝浦処理場の東系簡易放流流量計に内径2,600mmのものも設置されてきている。

超音波流量計は水力発電所等に多く用いられていたが、下水道局では、昭和44年稼働の湯島ポンプ所でポンプ吐出配管と、芝浦処理場の開水路に取り付けられたのがはじまりである。ポンプ吐出配管に取り付けたものは、当初直管距離が短

いのと原理的な問題があり、うまく作動しなかったが、その後の改造により、現在も使用されている。開水路に取り付けたものも多少問題があったが、流速分布曲線の測定や発信器の取り付け位置の変更等で解決している。

下水のように気泡やゴミを含む流体の場合は、水力発電所等で利用している時間差式（線流速の測定）では補正に苦勞するため、下水中のゴミに注目したドップラー式（点流速の測定）が昭和40年後半に、三河島処理場の直線が長い浅草系第二沈殿池の流入きよに導入されている。この時は、土木の詳細設計時、流入きよに計測素子取り付けのための専用スリット等を設計に組み入れ、測定素子が水路の水の流れを阻害しないように配慮されて施工された。その後も、改良更新され現在にいたっている。

下水の流量計測は、ベンチュリ式流量計や堰式流量計を長く使用してきた。放流水の堰式流量計以外は、精度の高い電磁流量計が主体となってきた。電磁流量計が取り付けられない困難な個所に、超音波流量計や各種の管きよ内流量計が一部使用されている。今後、管きよ内流量計は、場内の返流水管理や管きよ網の流量把握に使用されていくものと考えられる。さらに最新型のポータブル形の超音波流量計を使用し、各種の流量把握や確認を行うことにより、運転や保全管理データの収集・分析に役立つものと考えられる。

### ③空気・ガスの流量計測

送風機の空気量や消化ガス量の計測には、オリフィス式流量計が長く使用されている。消化ガス量の計測は、ガス温度が外気と温度差があるため、ガス配管内に水が溜って流量変動が起こり、オリフィスの設置場所や配管途中での水抜きが必要となった。その他、差圧管の材質はS.G.P.(W)では腐食するため、銅管や塩化ビニール管等を使用したことや、発信器の取り付け位置はオリフィスより上部に取り付け、結露による差圧管内部での閉塞を防ぐ等の工夫を行った。

第一次オイルショックを契機に省エネルギーが検討される中、送風機の空気量にも、圧力損失がなく、空気量も計測できる超音波式流量計が採用されてきている。導入当初は、変換器と発・受信素子間の距離に制限があり、施工場所の選定に苦勞したが問題を解決し、今後、新規や更新時の超音波式空気流量計は大口径のものほど採用されるだろう。

### ④水位計測

水位計は、フロート式、電極式、エアパージ式、超音波式、圧力式、投込式、電波式、静電容量式等多種あるが、用途別、時代別に採用されてきている。維持

管理上の工夫では、①フロート式水位計のスカム発生を保護管上部に廃油の膜を作ることで解消、②オリバー脱水機の流入汚泥受け槽用水位計（電極式）は設置槽に水パージをすることで清掃作業の軽減が図られる等の工夫が数多くあった。

消化槽にはじめて導入されたエアパージ式水位計は、シンプルで空気槽を設ければ1,2時間の停電対応もでき、保全も容易なため水処理、汚泥処理の水位計測に多く採用されてきている。その中で、空気配管の延長も長くなり配管の途中に水溜まりができて、測定に支障が生じた時には、配管の最底部及び配管の谷（低い部分）にドレン抜きを兼ねて水だめ用にエアフィルターを設けて解決した。その後、エアパージ式水位計は空気圧縮機の出口にエアドライヤーを採用し除湿するケースが出てきている。

一方、消化槽の水位計としては、①水位検出用に爆発防止も兼ねて消化ガスを使用していたため、除湿が完全でなければ減圧弁が腐食し使用不能となる、②槽内圧変動による負圧側気泡管への逆流による閉鎖、③泡立ちによる誤差発生等に対応するため、きめ細かな保守管理が必要であった。そこで、昭和46年に静電容量式水位計が砂町処理場の消化槽に実験的に設置された。しかし、プローブの硬化や髪の毛等のからみつき等による動作不良や誤差が発生した。しかし、消化槽の水位計には、相当の保守管理が必要であるがエアパージ式水位計が現在でも使用されている。

フロート式水位計は、①スカム、ごみ等で動作不良を起こす、②鎖、ワイヤー等の切断及び滑車より鎖のはずれなどの支障、③水位が下限となるとフロートが宙づりになり、この繰り返しで零点がずれる、④機械的可動部があり雰囲気の悪いところでは、腐食による動作不良を起こす等の問題点があったが、現在は職員の工夫や構造・材質等の改善で問題なく使用されている。昭和40年代半ば頃までフロート式水位計の発信器と受信器間の伝送は、①値段が安く、②保守が比較的し易く、③精度がかなり保証される等でセルシン伝送方式を使用した。①正確な零点調整はオシロスコープが必要で簡単にはできない、②受信器の数に制限がある等から、その後、直流電流方式に変更されていった。フロート式水位計は、シンプルで目視校正も可能で現場に行けば、計装回路故障時も水位確認ができる等、水位計測に欠かせない計測器であるが、エアパージ式、超音波式、投込式等にとって代わりつつある。

昭和40年代後半には重化学工業のプラントにおいて、工場での破裂、爆発、炎上、危険ガスの漏洩、石油の流出等が相次いで起きた。その対策として、通商産

業省から計装による安全対策が発表された。その対策を参考に、重要部分のセンサー、例えば、ポンプ井水位計の二重化等が標準的に採用された。この頃には表10-3に示すように、フロート式、気泡式、投込式、超音波式、静電容量式等、多くの水位計が下水用として確立していた。ポンプ井水位計の二重化には、フロート式+気泡式、気泡式+投込式、投込式+超音波式等の組み合わせが採用されている。

表10-3 水位計測方式の概略

項目	方式	フロート式	静電容量式	超音波式	落下重錘式	気泡式	電極式
原理		水面に浮かべたフロートの上下変位をブリー、カムなどを介して水位に比例した回転角を電気出力に変換して指針に伝達する。	液体の誘電率を利用してその静電容量の変化を電気的に測定する。	水面に超音波を発信し、受信側でその反射速度を測定する。	落下重錘を算降させて、その下降距離を測定する。	水中の圧力は水位に比例するので、この圧力を測定して、水位を測る方法である。	水の導電性を利用して、レベル検知用の電極を水に挿入し、電気回路の一部として水位を測定する。
測定範囲		0~2m	制限なし	制限なし	0~30m	0~18m	制限なし
測定精度		±3%	±3%	±3%		±2%	—
特長		構造が簡単、比較的安価である。	非常に広範囲の測定ができる。構造、取付が簡単、検出部に可動部がないので取扱い保守が簡単。	非常に広範囲の測定ができる。タンクの外から測定が可能。	機械式のため、電氣的故障がない。連続測定可能、重錘が埋没した場合警報を発することができる。	構造が比較的簡単、取付が容易、密閉個所でも使用できる可動部がないので、摩耗による故障はない。	比較的安価、検出部に可動部がないので取付、取扱い、保守が簡単である。
欠点		密閉個所での使用は困難、フロートに浮遊物質が付着することがある。	誘電率が変化すると誤差を生じる。導電性の付着物がある場合は誤差の原因となる。	高価である。液体の中に気泡が混入している場合は誤差を生じるか、または測定できない。	液体面でコロガリがないよう重錘の形状に注意が必要。レベル面の傾斜による誤差の少ないよう平均値的位置に重錘が落下するように取付けに注意が必要。	比重の変化により誤差を生じるバージ管がつまることがある。取付位置に注意。	導電性のない流体の測定はできない。水温の変化により誤差を生じる。電極極に浮遊物が付着しやすい。

平成14年に下水道局職員の発案でスカム除去装置の位置検知には、ばっ気槽用の空気を常時使用することにより、位置検出部の閉鎖による誤動作を防止した圧力スイッチ式水位検知装置が実用化され、従来の電極式に比べ水位検知の精度が高く、ごみ詰まりによる誤動作もなく、危険個所でのメンテナンスも不要となった。現在、光ファイバー網の充実とともに、光ファイバーを利用した水位計も開発され、活用されているのは注目に値する。

## 2) 量的計測と自動化

昭和40年以前の汚水ポンプは、水位計測指示値を判断材料に、ポンプや流入阻水扉等を五感に頼って手動運転で行っていた。また、自然排水区域を持つ処理場の汚水ポンプは、流入水位計の指示値だけでなく、晴天時流入量と潮見表や降雨状況等を総合的に判断し、五感に頼った手動操作が長く行われていた。

昭和36年に稼働した芝浦処理場の汚泥処理工場では、ボイラーの運転管理のため温度計、圧力計、負圧計も採用されている。温度計や圧力計は産業界で実績があり安定していた。当初の消化ガスの流量制御には、爆発防止のため空気式計装

設備が導入されている。汚泥処理工場の制御設備は、消化ガスの流量制御、ボイラーの温度・圧力制御、脱水の汚泥と薬品の比例制御等で、初めてPID制御が採用された。調節計、指示計、記録計、積算計は、アナログ方式で大型であり、計装設備としては初期的なものであった。制御は簡単なものであるが、自動化と省力化等の目的を十分に達していた。

昭和40年代はじめには、ポンプ井水位計の計測値のみでの汚水ポンプとその吐出弁制御による汚水ポンプの自動運転が確立している。この時はポンプメーカー、制水弁メーカーから、機械の寿命や信頼性の低下等が予想されるため、運転停止回数の予測を要求された。流入水量の時間変動、沈砂池・ポンプ井の容量、ポンプ井水位と汚水ポンプ揚水量関係、汚水ポンプ吐出弁の開度と吐出量等の関係を整理して説明し、電気メーカーの協力を得て、当時の最新鋭の電子計算機で汚水ポンプ及び吐出弁の運転停止回数を予測して実施した。この自動運転回路は、ポンプ井水位計の情報と水位設定器+タイマーの組み合わせで構成されたシンプルなものであったが、運転結果は、予測より運転停止回数の少ない良い結果が得られた。

この頃の運転制御機器は、有接点リレーでシーケンス回路の変更が困難であり、簡単に条件変更もできなかった。手動運転から自動運転への切り替えは、一定水位以下で選択された自動対応ポンプ（5台中2台）が停止中であることを条件としたため、トラブル対応時あるいは豪雨時運転後や定期的に行われていた管きょ内の沈砂の引き上げ作業等の後には、運転員による自動運転への移行作業が必要であった。

一方、下水の計装設備面からいえば、昭和40年代は、量的計測器とアナログ調節計等を組み合わせた自動制御系が一応確立された時代であるといっても過言ではない。しかし、計装設備の拡大は、計測器の誤差、再現性、直線性等の精度の向上、信頼性の確保、保全性の向上に向けて、技術的挑戦がスタートした時代で、精度の検証に実更生方法が積極的に取り入れられた。さらに精度、信頼性を確保するためには、土木構造物や機械設備との調和が取られたものが必要で、計画時から密接な打ち合わせと設計が重要視されるようになった。

昭和50年代に入り、演算装置の進歩（シーケンスコントローラー・ワンループコントローラー・マイクロコントローラー・電子計算機等）とともに、汚水ポンプの回転数制御装置や先行待機形雨水ポンプの導入等、ハード面の対応でより運転しやすく、安定した自動運転システムが提供されるようになった。

汚泥処理では、平成の初期に流動焼却炉の炉内温度を基にファジー制御との組み合わせにより、経済的で安全な自動昇温システムの導入に成功している。

### 10.3 質的計装設備

質的計測は、pH、MLDO、DO等のようなプロセスの質的变化を、従来手分析で行っていたものを下水処理の高度化に伴い、手分析を物理的及び電氣的に変換するものや新たな質的計測素子の開発により、多くの質的計測器が出現してきている。

#### 1) 監視・制御用の質的計測

昭和44年に量的計測に加えて、質的計測器が導入された。小台処理場の第一沈殿池の汚泥濃度を測定するためセシウム137を使った放射線（ $\gamma$ 線）式密度計や、砂町処理場のばっ気槽内に溶存酸素を測定するためにDO計が設置された。

昭和40年代後半に入ると、水質規制の強化と環境保全への対応が強く打ち出された。オイルショックを契機とする省エネルギー化、省資源化が大きな社会的要請となってきた。このような要請に沿うべく、三河島、森ヶ崎処理場で質的制御に係わる調査が行われた。三河島処理場では、ばっ気槽における送風量を最適に保つため溶存酸素濃度の検出に基づくDO一定制御を、森ヶ崎処理場においては、余剰汚泥量を最適に引き抜くため汚泥総量制御が行われた。その結果、ばっ気槽の酸素移動平衡、あるいは総汚泥量と処理水質、余剰汚泥発生量等に基づくプロセスの動特性としての「比例ゲイン」「時間遅れ」「むだ時間」等、制御方式に必要な諸元が部分的ではあるが解明され、質的制御への基礎が築かれて、水処理制御のシステム化に先鞭をつけた。

三河島処理場の調査では、図10-4及び図10-5に示すように、汚泥沈降速度測定装置（SV計）や酸素消費速度測定装置（Rr計）が試作されている。Rr計は資料採取配管内の詰まりを考慮し、内部配管に口径32mmのものを使用した。そのため大きさは、約2.5m角の大きなものであった。返送汚泥の濃度測定に超音波式汚泥濃度計を採用して性能確認を行った。

サイホン式汚泥かき寄せ機を使用した第二沈殿池では、活性汚泥の堆積量を調査するため、巻き取り装置付きの汚泥界面計も試作し採用したのもこの時代である。この形式の汚泥界面計は、巻き取り装置等に改良が加えられ、汚泥濃縮槽や第一沈殿池の汚泥界面測定に採用されている。

昭和50年代半ば頃から、処理場への質的計測器の導入は全国的に広がった。そ

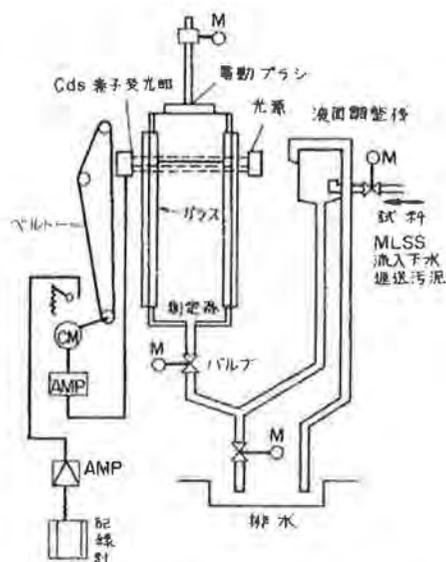


図10-4 汚泥沈降速度測定装置 (SV計)

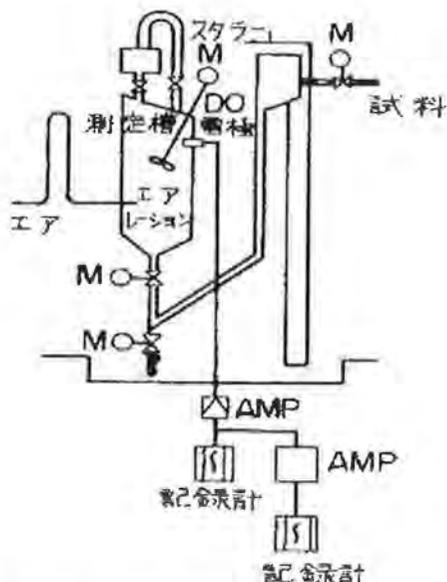


図10-5 酸素消費速度測定装置 (Rr計)

れに伴い、質的計測器の採用が国庫補助の対象となった。しかし、設置個所や台数に制限がかかったのは、残念なことであった。その中で着実に普及したのは、超音波汚泥濃度計である。これは計測器の信頼性の向上と汚泥濃度測定の必要性とが合致したためである。

マイクロ波汚泥濃度計は、平成2年から民間企業と東京都が共同研究開発をして実用化された。測定方式は、マイクロ波の反射強度を利用したもので、黒色かつ高濃度汚泥や高導電率汚泥にも対応できる新方式の汚泥濃度計である。また、現在は近赤外線式の汚泥濃度計や脱水ケーキ含水率計等も出てきている。

汚泥処理関係の計装設備の調査・改善では、高粘度計の採用、ろ液監視制御システムによる脱水機の自動運転が、平成に入り確立している。

DO計及びMLSS計制御は定着してきているが、DO計にしても取り付け場所・取り付け角度や保守点検等にまだ改善する点がある。

## 2) 法規制と質的計測

昭和56年のCOD総量規制には、COD測定に公定分析法と異なった、UV（紫外線）による吸光度から換算式で算出するUV計が採用されている。これは、COD計やTOC計等の計測器に比べ連続測定ができて薬品も使用しないため、維持管理が容易である等の特徴がある。

また、昭和56年度の大気汚染防止法の強化により、排ガス規制に伴い焼却炉排

ガスには、SO<sub>x</sub>計、NO<sub>x</sub>計等が採用された。これは、下水プラント用に改善されたものであるが、現在でもガス吸入口のプロープの維持管理と吸引配管の布設に工夫等の注意が必要であり、更正にも専門的知識を必要としている。

窒素及びりん計測は、東京湾のような閉塞性水域の水質向上を図るために、その計測の必要性がクローズアップされ、全窒素計・全りん計が実用化された。全窒素計・全りん計は、公定分析法と同じように、薬品を加えて加熱分解して測定するため、一時間に一回程度の測定である。実用化されて日が浅く、導入に当たり葛西処理場のフィールドで主な機種について性能調査を実施した。

その結果、異常値や欠測、手分析値との相関、測定手法の技術的検討、経済性等の評価を行い、東京都が先陣を切って、数機種が各処理場に導入された。導入後も、細い配管の詰まりや吸光度を測定するセルの結露等、想像以上の手間がかかっている。現在は、月に2回の保守点検と薬品の補充や日常的に手分析値との比較を行うことで、信頼できる測定値を得ている。特に、りんは手分析値とほとんど差がない値で推移しており、高い信頼性を得ている。これにより放流水質のりんの時間変動がより良く把握できるようになってきた。既存処理場の放流水基準値を表10-4に示す。

表10-4 既設処理場の放流水基準値 (mg/ℓ)

	濃度規制	総量規制
適用年度	平成11年度	平成16年度
根拠法令等	都条例(上乘せ基準)	第5次総量規制
COD	35(海域放流)	20
窒素	30(50)	28(35)
りん	3(4.5)	2.8(3.5)

( )内は、平成20年までの汚泥集約処理場の暫定規制値

変化の反応速度が異常に遅い、④制御対象が管路網を含め、大規模で複雑なネットワーク化等によるものである。下水処理における主な制御方法を表10-5に示す。

その中で、溶存酸素の測定は昭和30年代後半に、ばっ気槽内の酸化状態の指標として欧米において認められ、昭和40年代に入りDO制御が普及した。昭和47年にイギリスのオックスフォード、昭和48年にアメリカのパロアルトでは処理水質(TOC)を13%改善、送風量を11%低減の結果が報告されている。

わが国においては、昭和49年に、三河島処理場でサンプリング制御付PI調節計

3) 制御システムへの導入  
 下水道の自動制御は、難しいといわれている。それは被制御対象である下水道固有の特性、すなわち、①流入下水流量・質の変化に対し受身である、②処理メカニズムが複雑を呈する微生物反応、③質的

表10-5 下水処理における主な制御方法

プロセス	主要機器	主な制御方法	
水 処 理	ゲート	ゲート	停止時自動閉 流入量予測による自動制御
	沈砂池機械	揚砂機 スクリーン コンベア 洗砂機	タイマー制御 水位差制御
	ポンプ	ポンプ 制水弁	水位制御 流入水位差制御
	最初沈殿池	コレクター スクラムスキマ 汚泥引抜ポンプ	引抜時間制御 引抜汚泥量制御 濃度制御
	ばっ気槽	送風機 返送汚泥ポンプ	送風機制御 ①吐出圧カー定制御 ②風量一定制御 風量制御 ①流入量比例制御 ②DO制御 返送汚泥量制御 ①返送汚泥量一定量 ②汚水流入量比率制御 ③MLSS制御
	最終沈殿池	コレクター スクラムスキマ 余剰汚泥ポンプ	余剰汚泥量制御 ①流量一定制御 ②汚泥界面レベル制御 ③総汚泥量制御
減菌処理	薬液注入ポンプ	処理水量比率制御 残留塩素濃度制御	
汚 泥 処 理	汚泥濃縮	重力濃縮槽 機械濃縮機	重力濃縮 ①タイマー汚泥引抜制御 ②汚泥界面制御 遠心濃縮 ①投入汚泥量及び差速一定制御 ②投入汚泥量及び濃縮汚泥濃度一定制御 ③濃縮汚泥濃度及び回収率一定制御
	消化槽	消化槽 ボイラ ガスブロワ ガス攪拌機	汚泥投入、引抜汚泥制御 ①流量制御 ②水位制御 攪拌制御 発生ガス引抜制御 消化槽温度制御
	洗浄槽	洗浄槽	汚泥量に対し一定比率制御 汚泥量に対し比率制御
	脱水機	脱水機	薬品制御 ①汚泥濃度比率制御 ②固形物比率制御 汚泥脱水機制御 ①差速制御 ②分離液濃度監視制御
	汚泥焼却炉	焼却炉	ケーキ投入量制御 炉内圧一定制御 温度制御 ①炉内温度制御 ②流動空気温度制御 ③フリーボード温度制御 排ガスO <sub>2</sub> 濃度制御 ①循環排ガス量制御 ②軸冷空気循環量制御

を用いたアナログフィードバック制御の結果が報告されている。ばっ気槽の出口DOを設定値±0.2mg/lに維持することに成功している。これらの質的計測器の導入は、余剰汚泥の引き抜き量や送気量の最適な制御を可能にし、薬品費や電力費の節減とともに、プロセスの科学的な制御への足がかりとするためのものであった。

汚泥処理においては、汚泥濃度計を使用した汚泥引抜量制御や高粘度計の適用と、ろ液監視制御システムによる脱水機の自動運転の確立等がある。

汚泥焼却炉においても、O<sub>2</sub>計やCO計を利用して燃焼空気量制御等により、安定燃焼と省エネルギー運転に寄与している。

### 10.4 計装制御設備

昭和50年代に入り計装制御設備は、アナログによるPID

調節計に代わって、シーケンスコントローラー、ワンループコントローラー、DDC（ダイレクト・デジタル・コントロール）等のデジタル制御方式が開発され、積極的に導入された。デジタル制御方式は、多種のアルゴリズム機能を持っており、アナログのPID調節計ではできない制御を容易にしたことや、機能の分散化を可能にした。さらにデータロガーによりデータの表示・記録方法も大き

く変化した。

計装制御設備の電源に無停電電源設備が導入されたのは、昭和40年半ば頃で、当時は停電時でも監視制御の必要性があり、その機能を確保しておかなければならない負荷設備のみに無停電電源を供給していた。しかし、その後の電子計算機の導入により、計測器にも無停電電源設備を利用するのが当たり前になってきている。

無停電電源設備は、時代の経過とともに大きく変革している。昭和20年代までは開放形据置用鉛蓄電池がその主力で充電器には回轉變流器が使われた。昭和30年代に密閉形据置用鉛蓄電池に代わり、充電器は、水銀整流器、セレン整流器が主流をなした。昭和40年代にポケット形アルカリ蓄電池、充電器にシリコン整流器が出現した。昭和46年頃、アルカリ蓄電池が焼結形となり、充電器には、通称サイリスタと呼ばれる半導体が導入された。その後、無停電電源設備はCVCFと呼ばれ半導体素子にトランジスタ、GTO等が採用され、装置の効率向上とコンパクト化が一段と改善されている。

無停電電源設備の利用は、例えば、停電時や停電作業時にも流入渠やポンプ井の水位を連続測定・監視することが可能になり、異常時の監視操作が容易になる等、計装設備の信頼性の向上に大きく貢献している。

話が変わるが、屋外設置の計装機器には、計装用避雷器が設置されるが、接地抵抗値が確保しにくい処理場で、近くに落雷を受け、室内設置の機器が地電圧上昇により接地側から被害を受けた例があり、室内設置の機器でも避雷器を設置する必要がある場合が生じている。

## 10.5 今後の動向

下水道の計装設備は、民間企業のプラント用に開発・実用化された計測器を多く導入した昭和36年からはじまり、監視制御の発展とともに、省力化・省エネルギー化・省資源化に大きく貢献してきた。近年、パワーエレクトロニクス及びインフォメーションエレクトロニクス技術は、飛躍的に進歩し、開発速度はますます加速され、下水道施設の機能をより効率化し、確実に発揮するため、これらの技術を活用し、高度な制御技術が確立されるだろう。反面、それを支えるセンサーの役割を担う新たな計測器の開発を期待したい。特に、制御技術のセンサーとして既存の計測器は、もとより新製品においても、精度及び信頼性がより高く、しかも維持管理の容易なものに着眼し、改良・改善をしていくことが重要である。

量的計測においては、各流入管きよの水位計及び流量計のフィールドの適応性（高湿度・水圧・腐食・衝撃の各対策）と光ファイバー対応が確立されて光ファイバー網を利用した管きよ内への配置により、汚水及び雨水の流入量予測精度が格段に向上し、揚水設備のより安全で確実な運転が確保されるとともに、経済的で安定した水処理運転が実現される。

汚泥処理においては、汚泥濃度計及び脱水ケーキの含水率計が、今より正確な測定と、汚泥中の有機・無機成分の比が確認できる計器の出現である。汚泥濃度計は、脱水時のよりきめ細かな薬品制御が、脱水ケーキの含水率計は、汚泥焼却炉の安定燃焼がより可能となり、省エネルギーや排ガス量（CO<sub>2</sub>）の削減等が期待できる。

さらに今後、その実現性の高いもの、あるいは期待される機器としては、臭気の周辺環境対策の確認や設備の異常を早期発見するための臭気濃度計と、滅菌設備の経済的運転を行い大腸菌群の確実な低減による良好な水環境形成のために、大腸菌自動測定装置の実現がある。

東京湾のような閉塞性水域の水質向上のため全窒素計・全りん計の精度の向上と維持管理の容易なものが強く求められる。質的計測器は、運転管理指標として計測値として大いに活用される。

しかし、計装設備の高度化及び急速な技術革新は、システムのブラックボックス化を進ませ、故障時の適切な対応や効果的な保全業務が難しくなっている。いかに技術が発展し、多くの効果が生じたとしても、あくまで人間が機械（システム）に使われるのではなく、人間が計装設備を使っていく立場であることが求められていることを肝に銘じたい。

## 参考文献一覧

- 1) 東京都下水道施設概要 (東京都下水道局)
- 2) 東京下水道100年史 (東京都下水道局)
- 3) 東京都下水道事業年報 (東京都下水道局)
- 4) 東京の下水道・100年のあゆみ (東京都下水道局)
- 5) TOKYO・下水道物語 (東京都下水道局)
- 6) 局報 下水道 (東京都下水道局)
- 7) 技術開発推進計画 (平成11年東京都下水道局)
- 8) 下水道設備設計マニュアル (案) (昭和52年4月, 東京都下水道局整備拡充部電機設計)
- 9) し尿消化槽の足跡 (東京都下水道局)
- 10) 下水道脱臭技術調査報告書 (東京都下水道局)
- 11) リサイクル読本 (東京都下水道局)
- 12) 技術開発白書 (平成11年東京都下水道局計画部)
- 13) 下水道ポケットブック2000 (東京都下水道局)
- 14) 下水道脱臭技術調査報告書 (東京都下水道局)
- 15) 東雲ポンプ所脱臭設備調査報告書 (東京都下水道局)
- 16) ポンプ所・処理場臭気の現状及び対策 (東京都下水道局)
- 17) 脱臭設備設計マニュアル (東京都下水道局)
- 18) 脱臭方法の選定についてのプロジェクトチーム報告書 (東京都下水道局)
- 19) 日本の下水道 (国土交通省)
- 20) 下水道施設設計指針と解説 ((社)日本下水道協会, 1972年版, 1984年版, 1994年版)
- 21) 下水道施設維持管理指針 ((社)日本下水道協会, 昭和41年版, 1979年版)
- 22) 下水汚泥建設資材化のガイドライン (案)((社)日本下水道協会)
- 23) ターボポンプ (ターボ機械協会編, 日本工業出版)
- 24) 荏原製作所技術概史, エバラ時報100号記念
- 25) 現代の下水道技術 (野中八郎著 日本水道新聞社)
- 26) 江戸東京の下水道のはなし (東京下水道史探訪会)
- 27) 処理場覚え書 (岡本正二著 日本水道新聞社)
- 28) 下水処理機械計算法 (真島卯太郎著 工学図書出版)
- 29) 月刊下水道Vol.16, 特集How-To窠素・リン
- 30) 創立20周年記念史 (平成13年 日本下水道施設業協会)
- 31) 下水汚泥の処理・処分 (岡田和男編著 環境新聞社)
- 32) 悪臭防止技術マニュアル (Ⅱ) (公害対策技術同友会)
- 33) 月刊下水道, 2003年10月号 (環境新聞社)
- 34) 下水道協会誌, 1994年10月~1995年3月 (日本下水道協会)
- 35) 電気保安技術 (下水道局研修テキスト)
- 36) 50年の歩み (明電舎)
- 37) 明電舎技術史 (明電舎)
- 38) 東芝100・125年史 (株式会社東芝)
- 39) 自家用変電設備ハンドブック, 昭和48年版 (電気書院)
- 40) 計装と監視制御 (柏谷衛編 山海堂)
- 41) 下水道の計装とその評価論 (内田眞吾 水道公論)
- 42) 下水道設備便覧 (明電舎)
- 43) 設備の制御と計測 (日本下水道事業団)
- 44) 公共施設の情報ネットワーク (コロナ社)
- 45) 明電舎下水道電気設備便覧 (明電舎)
- 46) 機関誌「下水道設備」((社)東京下水道設備協会)

# 索引

## <ア行>

アーバンヒート	68, 78
RO膜法	40, 41
悪臭防止法関連	87
圧力式(水位計)	139
後沈砂池	2, 19
粗目ろ格機	5
1回線受電方式	104
一括閉鎖配電盤(キュービクル)	107
移動床式砂ろ過設備	40
みのくち式ポンプ	14
インレットベーン付高効率プロワ	33, 35
雨水沈砂池	2, 3, 5, 6
雨水ポンプ	11, 14, 103, 116
渦流防止技術	18
渦巻ポンプ	11, 12, 13, 14, 15
エアバージ式(水位計)	135, 139, 140
SF6絶縁開閉装置(GIS)	101, 105, 108
MF膜法	41
エンジン直結ポンプ	103
遠心脱水機	51, 57, 59
遠心濃縮	51, 53
塩素滅菌式消毒設備	34
円筒型(GIS)	109
遠方監視制御(制御方式)	120, 122, 127
オープンストラクチャー方式	101, 106
汚水沈砂池	2, 3, 4, 6, 90
汚水ポンプ	11, 13
オゾン式消毒設備	35
オゾン脱臭法	70, 93, 96
汚泥界面計	143
汚泥資源化設備	71
汚泥消化設備	54
汚泥焼却炉設備	61
汚泥焼却廃熱回収蒸気発電設備	81
汚泥処理設備	49, 65
汚泥脱水設備	57, 97
汚泥沈降速度計(SV計)	143
汚泥燃料化システム	73

汚泥濃縮設備	51
汚泥ポンプ設備	11, 12, 20
汚泥ポンプ	11, 20, 28
汚泥溶融システム	76
オリパー型真空脱水機	50, 57, 60
オリフィス式(流量計)	135, 139

## <カ行>

加圧脱水機	57, 58, 60, 64
加圧浮上濃縮	52, 53
改善目標(力率)	115
改善効果(力率)	115
回転ドラム式し渣洗浄機	7
開閉器(DS)	109
海洋処分	49, 51
ガス遮断器(GCB)	109
ガス絶縁式(SF6・Tr)	111
ガスタービン	102, 117
活性汚泥法	23, 30, 38
活性炭吸着法	86, 89, 93
簡易走行ロープ式懸垂型ろ格機	5
間欠式(ワンレーキ)ろ格機	5
乾式(Tr)	112
乾式強制空冷(Tr)	112
乾式自冷モールド(Tr)	112
監視制御設備	119
監視制御方式	121
監視一人制御(制御方式)	122
機械掻揚チェーン式ろ格機	6
機械式エアレーション	25, 28
気中絶縁キュービクル型開閉装置	105, 107
起伏腕式バケットエレベーター	3, 4
逆浸透法	40, 41
急傾斜コンベヤ式沈砂搬送機	8
急速砂ろ過法	38, 39, 43
吸着法	89, 92
キュービクル形(GIS)	109
凝集沈殿法	37, 38, 42
近赤外線式汚泥濃度計	144
金属閉鎖形スイッチギヤ	102, 113
空気圧式(伝送方式)	134
空気遮断器(ABB)	109, 110
グラフィックパネル型	125, 126
クラブバケットジブクレーン	3

クランプバケット門型クレーン	3	CRTモニター	127
計装関係の出来事	136	シーケンサー (制御システム)	128, 142, 146
計装設備	133	シーケンス制御 (制御方法)	123
軽量細粒材	68, 72	自家発電設備	18, 116
計算機制御	129	磁気遮断器 (MCB)	110
ゲート設備	2	軸流ポンプ	11, 12, 13, 15
下水エネルギーの利用設備	78	資源化設備	67, 69, 71, 83
結晶化ガラス	77	し渣洗浄設備	1, 7
嫌気・好気活性汚泥法 (AO法)	42, 43	自走式サンドポンプ	4
嫌気性消化	49, 50, 54, 57	遮断器 (CB)	109
嫌気・無酸素・好気活性汚泥法 (A <sub>2</sub> O法)	38, 44	斜流ポンプ (立軸・横軸)	11, 13, 15
建設残土改良プラント	82	臭気発生源と主な臭気成分	87
原動機	17, 102	充填塔式生物脱臭法	89, 95
現場個別制御 (制御方式)	122	周辺牽引型ドル式クラリファイヤー	24
現場操作盤	124	重力濃縮	51, 52
高圧現場操作盤	124	受電回線数	103
高圧配電設備	112, 113	受電方式	104
降雨情報システム	121	受変電設備	101
工業計器盤	128	主ポンプ設備	11, 12, 17, 19, 113
合成樹脂製チエーン	27	焼却灰等を民間企業に提供して資材化	77
高速ばっ気槽 (エアロアクセレーター)	30	消化ガスの熱利用	79
高度処理	37, 46, 70	消化ガス発電	79, 116, 118
コントロールギヤ	102, 113	消化ガス	79, 116
混気ジェットポンプ	4, 5	消化ガス発電設備	50, 79
コンクリートキュービクル	107	焼結型 (アルカリ蓄電池)	147
コントロールセンター	102, 114	昇降式バケットコレクター	4
コンパートメント型受電設備	106	昇降式バケットコンベヤ	4
コンビネーションスタータ	113	上向流式急速ろ過法	39
コンポスト化	68, 71	触媒酸化法 (脱硝脱臭法)	89, 97
<サ行>		除砂設備	1, 3
酸アルカリ洗浄法	89, 90, 91, 92	消毒設備	9, 23, 34, 38
酸化剤洗浄法	89, 90, 91, 92, 93	処理水供給装置	39, 40
酸化法	89, 96	処理水再利用設備	39
散気式ばっ気槽	29, 30, 31, 120	処理水の広域循環方式	70
散気設備	28, 29, 31, 35	処理水の資源化設備	69
散気筒	30	真空電磁開閉器	114
三次処理	37, 38	真空遮断器 (VCB)	110
散水ろ床法	23, 24, 28	真空脱水機	57
3相一括形 (GIS)	109	進相コンデンサ	115
3相変圧器 (Tr)	111	深槽ばっ気槽	24, 31
酸素消費速度計 (Rr計)	143	シンプレックス式ばっ気槽	23, 24, 28, 29
次亜塩素酸ソーダ式消毒設備	35	水撃対策	19
次亜塩素酸ソーダ (脱臭剤)	86, 91, 92	水中モーターポンプ	12

スーパージャー	30
スキップホイスト	8
スクリーコンベヤ	4, 5, 7, 59
スクリー式集砂装置	4
スクリー式沈砂搬送機	8
スクリー式渦巻ポンプ	12
ステップ流入式嫌気・無酸素・好気法	45
砂ろ過法	39
スポットネットワーク方式	105
静電容量式(水位計)	139, 141
生物脱臭法	89, 95, 96
生物脱臭法+活性炭吸着法	89, 96
生物膜ろ過法	38, 43, 44
清流復活用水	35, 67, 70
清流復活事業	40
堰式(流量計)	133, 138, 139
絶縁方式(Tr)	111
接触脱りん法	37, 42
先行待機型ポンプ(無注水型)	12, 17, 21
洗浄槽スクリー型し渣洗浄機	7
走行型旋回腕バケット式	3
走行起伏腕式バケットエレベーター	3
送風機	23, 32, 101, 139
<b>&lt;タ行&gt;</b>	
第一沈殿池生汚泥ポンプ	12, 20, 124
多孔管式	30
脱臭方法	87, 89, 98
多段焼却炉	50, 61
多段ターボブロウ	23, 32
脱臭設備	8, 85, 87, 89, 100
脱硝脱臭法	89
単一レーキ式ろ格機	1, 5
単位閉鎖配電盤(スイッチギア)	107
単相形(GIS)	108
単相変圧器(Tr)	111
担体添加活性汚泥法	38, 43
単段増速ブロウ	32, 33
チェーンフライト式汚泥かき寄せ機	23, 25, 26, 27
窒素除去設備	43
窒素封入変圧器(Tr)	112
窒素・りん同時除去設備	43
中心駆動型クラリファイヤー	25

超音波式(水位計)	139
超音波汚泥濃度計	144
帳票端末装置(データロガー)	127
直接燃焼法(燃焼脱臭法)	89, 97
直列リアクトル	115
沈砂洗浄設備	1, 6
沈砂池設備	1, 2
沈砂分離槽付きスクリーコンベヤ洗浄機	7
低圧動力盤	124
低圧配電設備	113, 114
低圧配電盤	102, 114
低圧フィーダ盤	102
ディーゼルエンジン	102, 117
ディーゼルエンジン掛けポンプ	17
ディスクフューザー	30
DO制御	145
手元操作盤	113, 124
電気式(伝送方式)	134
電極式(水位計)	135, 139
電磁式(流量計)	135, 139
添着炭吸着法	89, 92, 94
電動機掛けポンプ	17
電動式ゲート	1, 2
天日乾燥	28, 49, 50, 51, 67
電力貯蔵設備(NaS電池)	118
電力ヒューズ	114
東京都下水道式油圧駆動揚砂機	4, 5
東京型走行サイホン式採泥機	25
特別管理産業廃棄物(PCB)	102
土壤脱臭法	8, 95
ドル式S型電動格子型ワイヤー式ろ格機	5
<b>&lt;ナ行&gt;</b>	
2回線受電方式(1CB)	104
2回線受電方式(2CB)	104
2階層式沈殿池(2層式沈殿池)	24, 26
二重化(水位計)	141
燃焼脱臭法	89, 97
燃焼法	89, 97
ノズル式集砂装置	4, 5
ノンクロックポンプ	12
<b>&lt;ハ行&gt;</b>	
排ガス処理装置	64
配線用遮断器(MCB)	114

配電設備	101, 112	メンブレン式散気装置	35
バイパススキマ	27	モールド式 (Tr)	112
投込式 (水位計)	139	<ヤ行>	
ばっ気槽設備	23, 28	薬液洗浄法	89, 90, 94, 95
バドル式ばっ気槽	23, 28	薬液洗浄法+活性炭吸着法	89, 94
PCB含有機器	102	ヤングフィルター型真空脱水機	50, 57
光ファイバーケーブル	68, 82, 121, 122	油圧式 (伝送方式)	136
微細気泡式散気板	29	油圧式ゲート	2
ファジー制御 (制御方法)	123, 143	UF膜法	41
フィードバック制御 (制御方法)	123	UV計	144
フィードフォワード制御 (制御方法)	123	油入式 (Tr)	112
フライトコンベヤ沈砂洗浄機	6	油入遮断器 (OCB)	109
フライト式沈砂搬送機	8	揚砂装置	4
ブレードレスポンプ	12, 20, 28	用水ポンプ	11, 12
フロート式 (水位計)	133, 139, 140	容積型プロワ (ルーツ型, 可動翼型)	32, 33, 34
プログラムブルコントローラー	128	ヨウ素酸添着炭吸着法	89, 92, 94
閉鎖配電盤方式	101	溶存酸素計 (DO計・質的)	135
ベインレスポンプ	20	翼車回転式ろ格機	1, 6
ベルトプレス脱水機	51, 57, 60	横軸機械攪拌式 (スクリュウ型) し渣洗浄機	7
変圧器 (Tr)	111	余剰汚泥ポンプ	12, 28
返送汚泥ポンプ	12, 20, 28	<ラ行>	
ベンチボード型監視制御盤	120, 125	力率改善	115
ベンチュリ式 (流量計)	133, 137, 139	流動焼却炉	50, 61, 62, 81, 97
放射線式 ( $\gamma$ 線式密度計)	135	流入ゲート	1, 2, 8
放電コイル	115	流量制御	18, 20, 28, 53, 142
放電脱臭法	89, 98, 99	リンクベルト式汚泥かき寄せ機	26
ポケット型 (アルカリ蓄電池)	147	りん除去設備	41
補助リレー盤	128	ループ受電方式	105
細目ろ格機	5, 6	ロードセンター	102, 114
ホッパー設備	8	ロープ式懸垂型 (定置式) ろ格機	5
ポンプ設備	11, 28, 130	ロープ式台車型ろ格機	5
ポンプ総合診断システム	19	ろ格機設備	1, 5
<マ行>		<ワ行>	
マイクロコントローラー	129, 142	ワーマンポンプ	20
マイクロ波汚泥濃度計	144	ワイヤードロジック (システム)	128
埋設防止型バケットコレクター	3, 4		
マスクング法	85, 89, 92		
マルチスクリーンディスプレイ	121, 126		
ミューダ型汚泥かき寄せ機	27		
水処理設備	2, 23, 24, 35		
水洗浄法	89, 90, 92		
無停電電源装置	147		
メトロレンガ施設	74		



## 資料

### 下水道局のポンプ所・水再生センターの現在の監視盤写真

監視制御設備は設備の変遷の中で最も変革の多きものがあります。今後も素晴らしい発展が期待されます。そこでポンプ所及び水再生センターの現在の監視盤の写真に掲載して、将来の技術進歩を検証するための参考にしたいと思います。

## ポンプ所(有人)監視盤



01-1 銭瓶町ポンプ所監視室



01-2 銭瓶町ポンプ所監視盤



02-1 浜町第二ポンプ所監視室



02-2 浜町第二ポンプ所監視盤



03-1 汐留ポンプ所監視室



03-2 汐留ポンプ所監視盤



04-1 桜橋第二ポンプ所監視室



04-2 桜橋第二ポンプ所監視盤



05-1 蔵前・監視室



05-2 蔵前・監視大型スクリーン



06-1 町屋ポンプ所監視室



06-2 町屋ポンプ所監視盤



07-1 尾久ポンプ所監視室



07-2 尾久ポンプ所監視盤



08-1 梅田ポンプ所監視室

## ポンプ所(有人)監視盤



08-2 梅田ポンプ所監視盤



09-1 志茂ポンプ所監視室



09-2 志茂ポンプ所監視盤



10-1 新田ポンプ所監視室



10-2 新田ポンプ所監視盤



11-1 王子ポンプ所監視室



11-2 王子ポンプ所監視盤



12-1 木場ポンプ所監視室



12-2 木場ポンプ所監視室



13-1 東雲ポンプ所監視室



13-2 東雲ポンプ所監視盤



14-1 小松川ポンプ所監視室



14-2 小松川ポンプ所監視盤



15-1 両国ポンプ所監視室



15-2 両国ポンプ所監視盤

## ポンプ所(有人)監視盤



16-1 吾郷ポンプ所監視室



16-2 吾郷ポンプ所監視盤



17-1 吾郷第二ポンプ所監視室



17-2 吾郷第二ポンプ所監視盤



18-1 千住ポンプ所監視室



18-2 千住ポンプ所監視盤



19-1 亀有ポンプ所監視室



19-2 亀有ポンプ所監視盤



20-1 東小松川ポンプ所監視室



20-2 東小松川ポンプ所監視盤



21-1 笹崎ポンプ所監視室



21-2 笹崎ポンプ所監視盤



22-1 新小岩ポンプ所監視室



22-2 新小岩ポンプ所監視盤



23-1 平和島ポンプ所監視室

## ポンプ所(有人)監視盤



23-2 平和島ポンプ所監視盤



24-1 大森東ポンプ所監視室



24-2 大森東ポンプ所監視盤



25-1 東糞谷ポンプ所監視室



25-2 東糞谷ポンプ所監視盤グラパネ

## ポンプ所(無人)監視盤



01-1 箱崎ポンプ所監視室



01-2 箱崎ポンプ所監視CRT



02-1 明石町ポンプ所監視室



02-2 明石町ポンプ所監視盤



03-1 桜橋ポンプ所監視室



03-2 桜橋ポンプ所監視盤



04-1 品川ふ頭ポンプ所監視室



04-2 品川ふ頭ポンプ所監視盤



05-1 天王洲ポンプ所監視室



05-2 天王洲ポンプ所操作盤



06-1 芝浦ポンプ所監視室



06-2 芝浦ポンプ所監視CRT



07-1 汐留第二ポンプ所監視室



07-2 汐留第二ポンプ所監視CRT



08-1 白鬚西ポンプ所監視室

## ポンプ所(無人)監視盤



08-2 白鬚西ポンプ所監視盤



09-1 日本堤ポンプ所監視室



09-2 日本堤ポンプ所監視CRT



10 山谷ポンプ所操作盤



11 和泉町ポンプ所操作盤



12-1 後楽ポンプ所監視室



12-2 後楽ポンプ所監視CRT



13-1 湯島ポンプ所監視室



13-2 湯島ポンプ所監視盤



14-1 加平ポンプ所監視室



14-2 加平ポンプ所監視CRT



15-1 東金町ポンプ所監視室



15-2 東金町ポンプ所監視盤



16-1 熊の木ポンプ所監視室



16-2 熊の木ポンプ所監視盤

## ポンプ所(無人)監視盤



17-1 志村ポンプ所監視室



17-2 志村ポンプ所監視CRT



19 東雲南ポンプ所監視盤



20 新砂ポンプ所監視室



21 新木場ポンプ所監視盤



22 若洲ポンプ所監視室



23-1 大島ポンプ所監視室



23-2 大島ポンプ所監視CRT



24-1 葉平橋ポンプ所監視室



24-2 葉平橋ポンプ所監視盤



25-1 隅田ポンプ所監視室



25-2 隅田ポンプ所監視盤



26-1 佃島ポンプ所監視室



26-2 佃島ポンプ所監視CRT



27-1 越中島ポンプ所監視室

## ポンプ所(無人)監視盤



27-2 越中島ポンプ所監視盤



28-1 千住西ポンプ所監視室



28-2 千住西ポンプ所監視盤



29 本田ポンプ所監視室



30-1 堀切ポンプ所監視室



30-2 堀切ポンプ所監視CRT



31-1 西小松川ポンプ所監視室



31-2 西小松川ポンプ所監視盤



32-1 新川ポンプ所監視室



32-2 新川ポンプ所監視盤



33-1 新宿ポンプ所監視室



33-2 新宿ポンプ所監視盤



34-1 細田ポンプ所監視室



34-2 細田ポンプ所監視盤



35-1 小岩ポンプ所監視室

## ポンプ所(無人)監視盤



35-2 小岩ポンプ所監視盤



36-1 鮫洲ポンプ所監視室



36-2 鮫洲ポンプ所監視盤



37-1 浜川ポンプ所監視室



37-2 浜川ポンプ所監視盤



38-1 京浜島ポンプ所監視室



38-2 京浜島ポンプ所監視盤



39-1 東海ポンプ所監視室



39-2 東海ポンプ所監視盤



40-1 八潮ポンプ所監視室



40-2 八潮ポンプ所監視盤



41-1 矢口ポンプ所監視室



41-2 矢口ポンプ所監視CRT



42-1 六郷ポンプ所監視室



42-2 六郷ポンプ所監視盤

## ポンプ所(無人)監視盤



43-1 羽田ポンプ所監視室



43-2 羽田ポンプ所監視CRT



44-1 雑色ポンプ所監視室



44-2 雑色ポンプ所監視CRT



45 城南島ポンプ所監視室

## 区部・水再生センター監視盤



01-1 芝浦・監視室



01-2 芝浦・監視大型スクリーン



02-1 三河島・監視室



02-2 三河島・監視盤



03-1 中川・監視室



03-2 中川・監視大型スクリーン

## 区部・水再生センター監視盤



04-1 みやぎ・監視室



04-2 みやぎ・監視盤



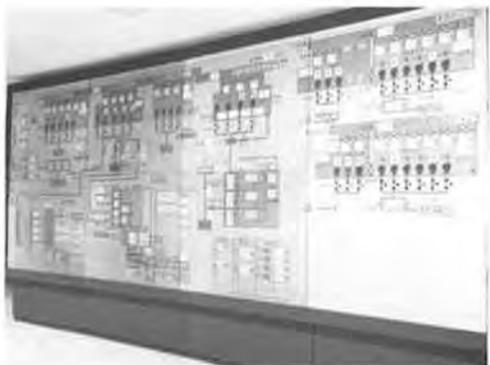
05-1 有明・監視室



05-2 有明・監視盤(画像表示)



06-1 小菅・監視室



06-2 小菅・監視盤

## 区部・水再生センター監視盤



07-1 葛西・監視室



07-2 葛西・監視盤



08-1 落合・監視室



08-2 落合・監視盤



09-1 中野・監視室



09-2 中野・監視盤

## 区部・水再生センター監視盤



10-1 新河岸・監視室



10-2 新河岸・監視盤



11-1 浮間・監視室



11-2 浮間・監視大型スクリーン



12-1 砂町セ・監視室

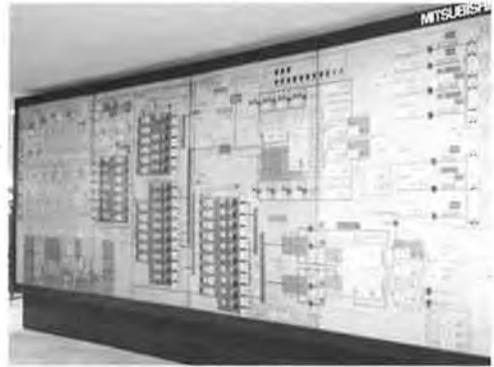


12-2 砂町セ・監視盤(受電系)

## 区部・水再生センター監視盤



13-1 森ヶ崎・監視室



13-2 森ヶ崎・監視大型スクリーン

## 流域・水再生センター監視盤



01-1 北多摩一号・監視室



01-2 北多摩一号・監視盤



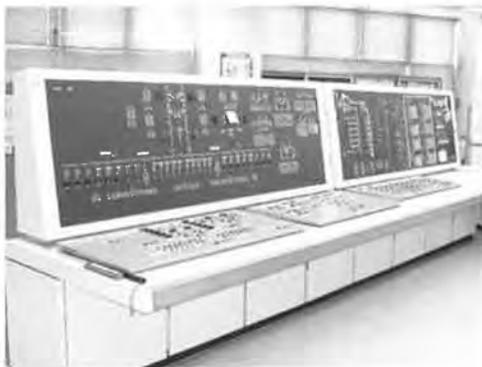
02-1 南多摩・監視室



02-2 南多摩・監視大型スクリーン



03-1 北多摩二号・監視室



03-2 北多摩二号・監視盤

## 流域・水再生センター監視盤



04-1 浅川・監視室



04-2 浅川・監視盤



05-1 多摩川上流・監視室



05-1 多摩川上流・監視盤



06-1 八王子・監視室



06-2 八王子・監視盤

## 流域・水再生センター監視盤



07-1 清瀬・監視室



07-2 清瀬・監視大型スクリーン



---

設立20周年記念出版

## 下水道設備の流れ

平成16年11月29日発行

発行者 藤村 宏 幸

発行所 社団法人東京下水道設備協会

東京都新宿区西新宿1-23-1 TK新都心ビル

〒160-0023 TEL (03) 3346-3051

URL <http://www.setubikyo.or.jp/main/>

制 作 株式会社水道産業新聞社

---