

# 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始まる。電気設備は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を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。

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。

これにより、空気を絶縁体とした気中絶縁開閉装置から、SF<sub>6</sub>（六フッ化硫黄）ガスを絶縁媒体としたガス絶縁開閉装置（GIS）が主流となり、大型の開閉装置からコンパクトで保守性や安全性に優れた開閉装置となった。さらに最近では、温室効果ガス削減のため、絶縁媒体をガス（SF<sub>6</sub>ガス）から乾燥空気にするなど環境対応の設備が導入されている。

自家発電設備においては、電力会社から停電等で送電が停止した時に、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、当初、ディーゼルエンジンを原動機とした発電機を設置してきた。

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、雨水ポンプ用電動機も大容量となった。このため、発電機については、原動機として単機大容量の航空機転用エンジン（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てきた。

しかしながら近年では、国産の産業用ガスタービンが6,000kVAまでカバーされてきたため、中容量の範囲にもディーゼルエンジンに代わって、冷却水不要なガスタービンが導入されるようになった。

## 8.2 受変電設備

### （1）特別高圧受電設備

雨水ポンプ電動機の大容量化に伴い、ポンプ所や水再生センターの需要（契約）電力が大きくなり、受電電圧も22kVに加え66kV、154kVが採用されるようになり、受変電設備も大型化してきた。しかし近年では、GIS（SF<sub>6</sub>ガス絶縁開閉装置）の採用により機器の縮小化が図られている。

154kV受電は、砂町水再生センターと新河岸水再生センターの2カ所で採用されている。平成22年に砂町水再生センターの大型のコンクリートクラッド式（気中絶縁開閉装置）の受変電設備がコンパ

クトなGIS（三相一括形、円筒形）に再構築されたが、新河岸水再生センターでは昭和53年以来、コンクリートクラッド式が現在も稼働している。（図8-2-1）

66kV級では、機器の縮小化、保守省力化、安全性等の面から、近年では、GISが主流となっている。GISの形態には、相分離形、三相一括形（円筒形、キュービクル形）などがあるが、現在では、三相一括形（円筒形、キュービクル形）が主流である。

ガス絶縁開閉装置に絶縁媒体として広く使用されているガスは、CO<sub>2</sub>の23,900倍という高い地球温暖化係数を有する。そこで、「脱SF<sub>6</sub>ガス」として乾燥空気や固体絶縁物による絶縁技術の採用により機器の縮小化と環境負荷低減を実現している。キュービクル形乾燥空気絶縁開閉装置が、平成23年に南多摩水再生センターに導入された。（図8-2-2）

なお、C-GISは、角形低ガス圧力容器に収納されているガス絶縁開閉装置で、外観が角形である意味から、Cubicleの頭文字のCをとって、C-GISの略称を用いているものが一般的である。

22kV級では、従来、気中絶縁方式が用いられてきたが、近年では、設置面積が少なく、外部環境の影響を受けにくい、三相一括形ガス絶縁開閉装置（キュービクル形）のGISを採用する例が増えている。

しかし、特高配電盤を主変圧器と同部屋に設置するなど、スペースメリットが見出せない場合は、気中絶縁キュービクルが採用されている。

## （2）高圧受電設備

高圧受電設備は、当初は開放形の気中絶縁開閉装置が用いられてきたが、近年では、ほとんどが気中絶縁式の閉鎖配電盤となっている。

高圧用遮断器としては古くは油入遮断器、空気遮断器、磁気遮断器も用いられたが、現在では、オイルレス化により6kV級では真空遮断器が採用されている。

高圧受電設備は、小規模ポンプ所で採用されているが、水再生センター、ポンプ所全109カ所の受電設備の内、47カ所（43%）は高圧受電設備である。今後、小規模ポンプ所の狭い敷地での既存の高圧受電設備の更新を考慮すると、よりコンパクトな縮小キュービクルが望まれるであろう。

## （3）高圧変圧器

改正省エネルギー法により、2006年油入変圧器、2007年モールド変圧器の高圧受配電用変圧器が高効率化されることになった。この基準をクリアした変圧器をトップランナー変圧器と呼び、新設機場の高圧変圧器に導入されるようになった。



図8-2-1 砂町水再生センター 154 kV受電設備



図8-2-2 南多摩水再生センター 72kV乾燥空気絶縁C-GIS

これは、エネルギー消費の抑制、地球温暖化防止を目指して、1979年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法・省エネルギー法）が制定された。また、1999年の改正省エネルギー法により「エネルギー消費効率の向上と普及促進」を目的にトッランナー方式が導入された。

このトッランナー方式には、従来から冷蔵庫やエアコンなどの家電品や乗用自動車を対象となっていたが、我々の生活に欠かせない電気を目的の電圧に変換するため、大量に使用されている変圧器が、産業用機器としてはじめて対象機器に指定された。

変圧器の電気エネルギー変換効率は98%を越えているが、社会全体の変圧器総容量に見合う損失に着目して、高効率化の実現に向けた動きとなった。

下水道施設における高圧変圧器の負荷となる低圧動力電源（400 / 200 V）、照明電源（200 / 100 V）などは、下水道機能を発揮、維持するために必要不可欠な電源である。このため、各機場に必ず設置されている高圧変圧器の総容量は大きく、より広範囲で高効率化を図ることが省エネ、地球温暖化への環境対策のうえでも重要である。また、2014年にはトッランナー判断基準が見直され、さらなる効率化が進む。今後も、電気設備の再構築や高圧変圧器の更新にあわせて導入が見込まれる。（図8-2-3）



図8-2-3 トッランナー変圧器の設置状況

## 8.3 自家発電設備

### (1) 産業用ガスタービンの採用

これまで、発電機用の原動機には、ディーゼルとガスタービンがあるが、単機容量が10,000 kVA以上の場合、航空機転用形のガスタービンが用いられてきた。

10,000 kVA未満の場合は、ディーゼルが多いが、最近になって国産産業用ガスタービンが6,000 kVAまでカバーされていることから、冷却水の不要なガスタービンが用いられてきている。ガスタービンが導入されてきている水再生センター、ポンプ所43カ所の内、23カ所で産業用ガスタービンが採用されている。（図8-3-1）



図8-3-1 明石町発電機（3,000 kVA産業用ガスタービン）搬入工事中

### (2) 燃料の多様化

ガスタービンの使用燃料には灯油が用いられてきたが、大震災時の燃料供給体制を考慮し、灯油単独から灯油・都市ガス併用型のデュアルフューエル式発電機が、中川水再生センターで導入されようとしている。（図8-3-2）

都市ガスを燃料として供給する場合は、都市ガスネットワークの中圧からガス圧縮機で昇圧してからガスタービン燃焼器に供給する必要がある。また、ガス圧縮機の冷却塔が必要となるため、このための設置スペースを確保することとなる。



第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

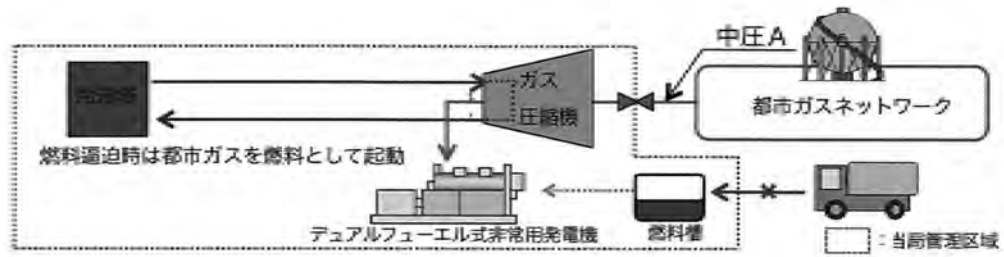


図8-3-2 デュアルフューエル式発電機イメージ

### (3) 簡易設置型電源ユニット

発電設備は、一般的に環境対策や騒音対策のしやすさから発電建屋内に設置している。しかしながら、ポンプ所等の狭い敷地の中で発電設備の増設やリニューアルとなると建屋スペースの確保が困難な場合がある。

このため、パッケージタイプのガスタービン発電設備に吸気フードや排気消音器と排気フードを取り付けた外部防音パッケージで覆った、簡易設置型電源ユニットが導入されてきている。外部パッケージによりエンクロージャは二重構造となり、排気消音器も特殊設計で超低騒音化され、機側1mで騒音規制値をクリアできている。

また、パッケージ化されたユニットのため、現地工事期間の短縮も図れる。

#### 1) 羽田ポンプ所簡易設置型電源ユニット

平成22年に羽田ポンプ所に設置された簡易設置型電源ユニットは、トレーラに搭載された移動式であり、通常は屋外定置式として運用するが、リニューアル工事の長期仮設や他機場での発電設備長期故障時に、所定の手続きを行うことで移動用電源車として活用することができる。

また、屋外に設置することから地域社会との調和や設備イメージアップのため、地域の小学生たちが下水道設備を題材にして描いた絵を、発電設備のパッケージ部に貼り付けている。(図8-3-3)



図8-3-3 羽田ポンプ所簡易設置型電源ユニット (トレーラに搭載された移動電源車)



図8-3-4 隅田川台船からの電源ユニットの搬入 (排気フード、燃料タンクが船上)



図8-3-5 クレーン船による発電ユニットの搬入



図8-3-6 発電ユニットの設置（排気フード部分が未設置）



図8-3-7 敷地境界に隣接した防音壁

## 2) 町屋ポンプ所簡易設置型電源ユニット

平成25年に町屋ポンプ所に設置された簡易設置型電源ユニットは、ポンプ所内の車両による搬入ルートが確保できないため、隅田川から台船により運搬し台船クレーンで吊り上げ、ポンプ所内の発電機ヤードに設置した。（図8-3-4、図8-3-5、図8-3-6）

町屋ポンプ所のガスタービン発電機設置場所は、敷地境界に隣接しており、騒音規制への対応のため、低騒音パッケージの採用と併せ、防音壁を設置している。（図8-3-7）

# 8.4 NaS電池

## (1) NaS電池の構造

NaS電池は、負極としてナトリウム（Na）、正極として硫黄（S）を使用し、電解質としてナトリウムイオン伝導性を持つ固体電解質のベータアルミナセラミックスを使用している。300℃付近で充放電をおこなう高温作動型二次電池である。（なおNAS電池という表記は、東京電力と日本ガイシの登録商標である）

NaS電池は、1967年米国のフォード社が基本原理を発表。米国、欧州、日本で研究開発が進められてきた。1984年からは東京電力-日本ガイシで共同研究、実証・評価が進められ、2002年から事業化されている。（図8-4-1）

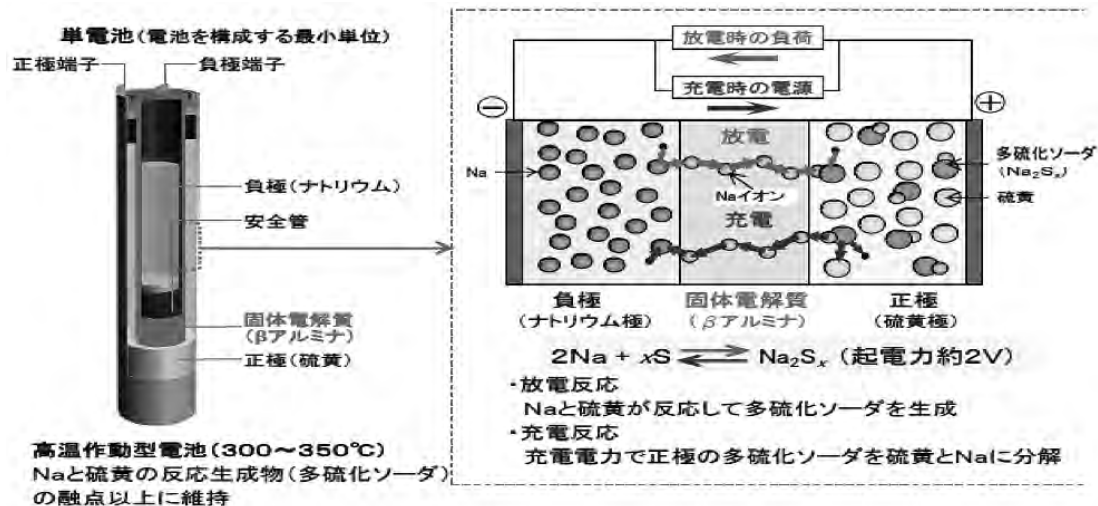


図8-4-1 NaS電池の動作原理と構造（単電池）

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

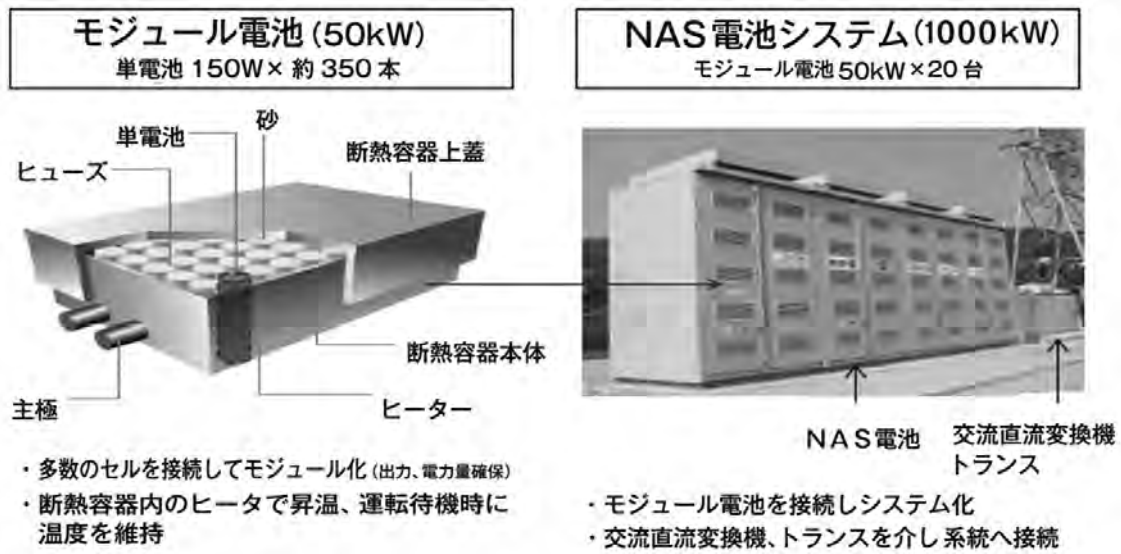


図8-4-2 NaS電池の動作原理と構造 (モジュール)

NaS電池は、多数の単電池を接続してモジュール電池化し、これを単位として、NaS電池システムを構成している。(図8-4-2)

(2) NaS電池の特徴

NaS電池は、鉛電池の約3倍の高いエネルギー密度を持つコンパクトな大容量型蓄電池である。(図8-4-3)



|                      | NAS                              | リチウムイオン                    | 鉛 長寿命型                     | ニッケル水素                     |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| システム規模<br>(納入実績あるもの) | 大<br>200MWh                      | 中<br>32MWh                 | 中<br>10MWh                 | 小<br>0.1MWh                |
| コンパクト性               | 小(コンパ外)<br>10m <sup>3</sup> /MWh | 中<br>15m <sup>3</sup> /MWh | 大<br>20m <sup>3</sup> /MWh | 大<br>50m <sup>3</sup> /MWh |
| 期待寿命                 | 長<br>15年                         | 中<br>10年                   | 長<br>17年                   | 短<br>7年                    |
| システム<br>価格           | 電気量当り<br>(kWh当り)                 | 低                          | 高                          | 中                          |
|                      | 出力当り<br>(kW当り)                   | 中                          | 低                          | 高                          |

図8-4-3 NaS電池の特徴 (他の2次電池との比較)



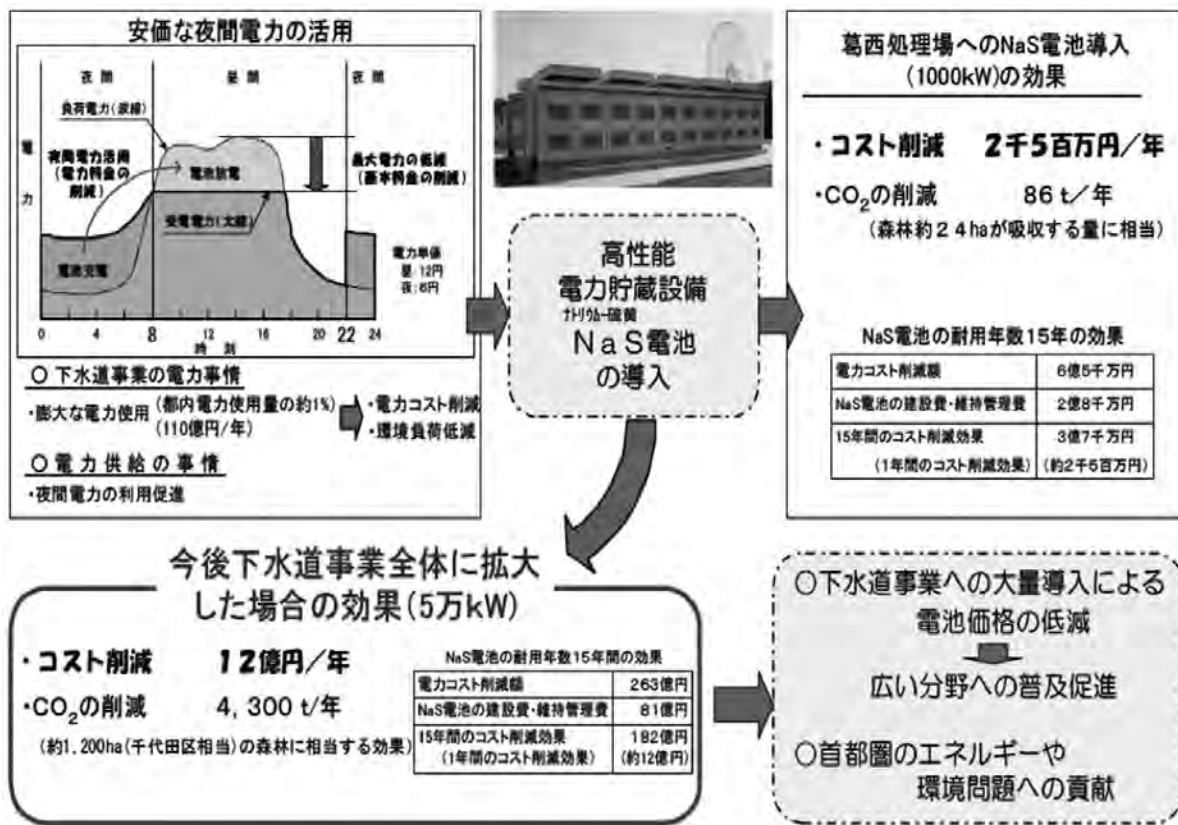


図8-4-4 葛西処理場で高性能電力貯蔵設備(1,000 kW)が12月稼働

### (3) 水再生センターにおける導入効果

平成13年12月、葛西処理場において、1,000 kWの電力貯蔵設備が稼働した。実用施設で稼働するのは、全国で初めてのことで、東京に発電所を設けたのと同じ効果が得られます、と発表されている。

水再生センターに流入する下水の量は昼間が多く夜間は少ないことから、使用電力のピークは昼間に発生する。契約電力は使用量のピークにあわせた契約となるため、使用量が多いほど契約料金は高くなる。

NaS電池で受電電力量が平準化されることにより、契約電力料金が削減できるとともに、夜間の電気料金の安い時に充電し、昼間の高い時に放電することで使用電気料金も削減できる効果がある。

また、NaS電池に化石燃料比率の低い夜間電力を充電し、昼間に使用(放電)することにより温室効果ガスを削減でき、葛西水再生センターの1,000 kW電力貯蔵設備の稼働に伴い、CO<sub>2</sub>の年間削減量が86 tと見込まれていた。(図8-4-4)

その後、順次、水再生センターに導入が進み、区部の水再生センターには平成21年度末で18,000 kWの電力貯蔵設備が運用されている。また流域下水道本部の水再生センターには2,500 kWの電力貯蔵設備が運用されている。

平成23年3月の東日本大震災発生後、同年夏には電力需給がひっ迫し、昭和48年のオイルショック以来となる電気の使用制限令(電気事業法第27条)が発動され、契約電力500 kW以上の大口需要家について電気の使用制限が課された。

表8-4-1 NaS電池の設置状況

| No | 水再生センター名      | 規模 [kW] | 設置年度  |
|----|---------------|---------|-------|
| 1  | 葛西水再生センター(1号) | 1,000   | 平成13年 |
| 2  | 葛西水再生センター(2号) | 1,000   | 平成15年 |
| 3  | 砂町水再生センター     | 2,000   | 平成17年 |
| 4  | みやぎ水再生センター    | 2,000   | 平成18年 |
| 5  | 三河島水再生センター    | 2,000   | 平成20年 |
| 6  | 新河岸水再生センター    | 2,000   | 平成21年 |
| 7  | 森ヶ崎水再生センターPFI | 8,000   | 平成16年 |
|    | 区部合計          | 18,000  |       |
| 8  | 南多摩水再生センター    | 500     | 平成20年 |
| 9  | 北多摩一水再生センター   | 1,000   | 平成19年 |
| 10 | 多摩川上流水再生センター  | 1,000   | 平成21年 |
|    | 流域合計          | 2,500   |       |

その際、NaS電池による電力貯蔵設備が設置されていた水再生センターでは、この設備の活用により電力の抑制に大きな効果を発揮し、電気の使用制限に的確に対応できた。(表8-4-1)

平成25年度から平成27年度の経営計画期間で、停電や電力不足に対応する自己電源の増強施策の一つとして、区部では中川水再生センターや浮間水再生センターなど11カ所で18,000kWの設置が計画されている。また流域下水道においても、電力不足時の下水道機能を確保するため、清瀬水再生センターなど4カ所で2,000kWの増設が計画されている。

これにより、水再生センターには、既設の設備とあわせて約40,000kWの電力貯蔵設備が整備されることになる。

加えて、NaS電池による電力貯蔵設備により、各水再生センターでの契約電力の低減が図られ、夏季のピーク時間調整契約による電力料金の節減に大きく寄与している。

今後、NaS電池による電力貯蔵設備は自己電源の増強という危機管理対応の役割も担っていくことになる。

## 8.5 今後の動向

受変電設備は、安定した下水処理の要となる設備であり、高い信頼性を確保しながら、高効率化や環境適合性、高機能化を達成してきた。

今後は、外部電源による電力供給の管理から、増強されるNaS電池による電力貯蔵設備や太陽光発電、小水力発電などによる分散電源、さらに、自家発電設備を含む内部電源との協調、電力の最適化管理が求められるものとする。

どこにどれだけの電力があるのか「見える化」を図り、施設全体で無駄なく電力を効率的に活用する電気エネルギーの「スマート化」を司る設備へと発展していくことを願うものである。

一方、大震災等の災害時に外部電源が失われた場合の対策も必要である。水再生センターなど機場ごとに応急処置や復旧の仕方が異なるが、最低限必要な電力を太陽光発電やNaS電池、自家用発電設備などの内部電源で賄えるようにしておくことも重要である。

発電設備は、停電時の電源確保のため、ポンプ所、水再生センターに設けるものであり、震災時の大規模停電を考慮し、すべての機場に設置するとしている。

また、発電設備は、非常時の運転に必要な最低限の電力を確保するとしているが、これまでの設計基準は社会情勢によって変化してきた。1970年頃の設計基準では、発電設備は揚水電力の1/2程度であった。したがって、このような機場においては現設計基準の揚水電力(汚水ポンプ予備機を除く)+ブローワー1台分を満たすような再整備が必要なものと考えられる。

しかしながら、機場によっては設置場所や搬入ルートが狭小であったりする。このような条件下においては、移動用電源車と定置式屋外型発電装置の機能を組み合わせた簡易設置型発電装置が一つの手段であると考えられる。

さらに、大規模停電時において必要最小限の水処理機能を確保した場合、水処理から発生する汚泥を適正に処理しなければならない。放流水質の確保や臭気などの環境対策の面から、汚泥処理への発電電源を確保しておくことも考慮が必要と思われる。

阪神・淡路大震災では、発電機補機の被害によりディーゼル発電機の稼働が不可能となったケースが多かった。また、東日本大震災においても自家用発電設備への燃料移送ポンプなどの補機類が浸水したため発電不能に陥った場合があった。補機類の少ないガスタービン発電機の採用や補機類を設置する場合の耐震性や耐水性を確保し、被害を軽減させることが重要と考える。



# 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、下水道処理プラントの水処理、汚泥処理等の目的に合わせて稼働させるため、下水道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、機器とオペレータ（運転員）を結びつけるマンマシンインターフェイスである。

近年の下水道の全国的な普及と共に、処理施設の効率的な運営、作業環境の改善や維持管理費の抑制など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、急速な発展を遂げた。

この間、東京都下水道局の下水道施設も急激に整備され、平成6年に普及率100%概成を達成し維持管理の時代に入るとともに再構築の時代に入っている。

近年、「団塊の世代」と言われる職員が退職を迎え下水道職員の減少とともに運転員の減少により、各ポンプ所の無人化と遠方制御が必然となってきており、監視制御設備についての見直しが必要となってきている。

昭和30年以前は、処理場、ポンプ所の各機器の運転は機側の操作盤で行い、監視制御設備は受変電と主要機器の操作盤と主要機器の計器盤の構成であった。

昭和30年から40年代には集中化時代が進められ、中央監視室が設けられるようになりベンチボード型監視制御盤が採用された。

その後、電子計算機が導入されデータログとメッセージタイプライターの制御装置の導入とグラフィックパネル表示の制御が行われた。

電子計算機を制御用に導入した当初は、ハードおよびソフト面で技術的未熟なところがあって、初期トラブルが多く、不安の残るものであったが、昭和50年代に入ってデジタル技術の開花とともにDDC（Direct Digital Control）分散制御システムが採用され監視制御設備では、大型グラフィックパネルとCRTモニターと操作卓の組み合わせになり、下水道施設のイメージを大きく変えた。

平成を迎えるころには、光ファイバーケーブルを用いた遠方監視制御も始まり、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大型グラフィックパネルからミニグラフィックパネルとCRTモニターそしてキーボードを一体化した監視制御卓が主流になった。

光ファイバーケーブルについては、従来の公社線に比べ極端に高速で、多量の情報伝達が可能で、電磁誘導の影響が少なく長距離伝送が可能であるため、特別な理由がない限り遠方監視制御装置に採用され、さらに処理場内等の場内制御LANにも採用されるようになった。

平成10年頃には、IT技術の発展によりグラフィックパネルに代わって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とCRT（Cathode Ray Tube 陰極線管）に代わってFPD（flat panel

display：フラットパネルディスプレイ）のLCD（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）が採用されるようになってきた。

このころからビデオディスプレイを中心に監視制御設備は、ソフトウェアの変更で多様なプロセスに対応が可能で、拡張性に富み大型スクリーンや監視画面に映像と各種の情報を同時表示が可能となった。

## 9.2 監視制御設備

### (1) 監視制御システム

監視制御システムは、プラントの運転を監視制御と運転情報を処理するもので、現場操作盤からPI/O（Process I/O）盤、プロセスコントローラ、Ry盤等からなる運転操作設備と、中央の監視盤、操作卓、計装盤に監視コントローラからなる監視制御設備。さらに、情報処理設備として区分されるデータロギングコントローラとプリンターで構成する帳票作成装置などの管理・運用設備からなる。（図9-2-1、図9-2-2）

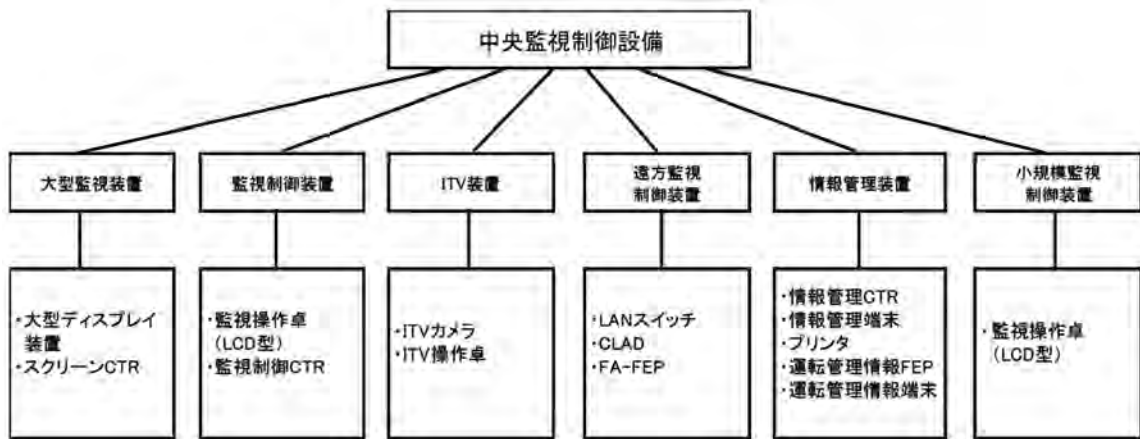


図9-2-1 監視システム概念図

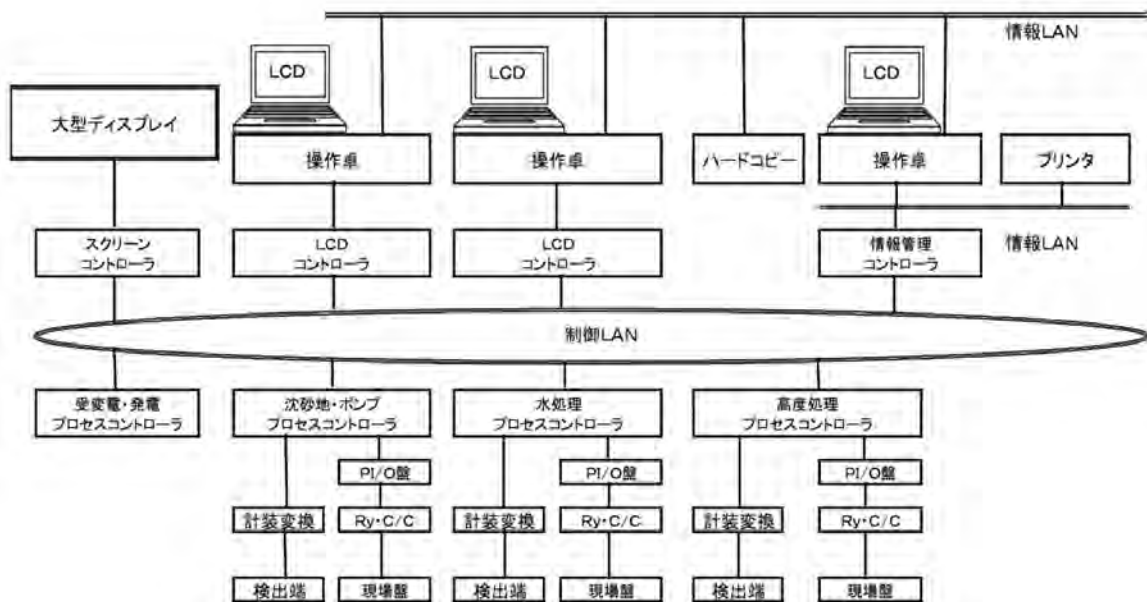


図9-2-2 処理場の監視制御システム構成例



図9-2-3 中央監視制御設備（砂町水再生センター）

&lt;パノラマ写真&gt;

この監視制御システムは安全かつ効率的なプラントの運転操作を行う設備で、維持管理費の低減、省力化、労務環境の改善及び作業性の向上等の目的で設置され、時代を追って変化してきている。

監視制御システムの制御方式については、施設の規模、施設の配置、処理方式、拡張性、維持管理体制に経済性等を考慮して選定される。

監視制御方式には、運転管理形態を主に考慮して、個別監視操作方式、集中監視個別操作方式、集中監視集中制御方式、分散監視分散制御方式、集中監視分散制御方式、と中央管理形分散監視分散制御方式が有り、何れかが選定される。

東京都下水道局においては、通常の処理施設では集中監視分散制御方式で、処理場等の遠方監視制御を実施している施設では、中央管理形分散監視分散制御方式が採用されている。

監視・制御の項目については、監視制御の形態、省力化や自動化及び運転管理の合理化の程度を考慮し、さらに将来計画と拡張性等についても考慮して選定される。

監視制御項目の主なものは、運転の状態表示や制御のための操作と設定の表示、そして処理過程の計測値の表示がある。また必要に応じて、I T V装置からの映像を監視制御項目に合わせて表示することができるようになってきている。制御とは別に、受変電、水処理等の計測値と故障及び運転の状態を情報管理装置に集め、記録するとともに帳票を作成する装置がある。

中央監視制御設備の例（図9-2-3）では、実際には写真の両サイドにも同様の設備が設置され、大規模な中央監視制御設備となっている。

## （2）遠方監視制御システム

遠方監視制御については、昭和41年ごろから自営多心ケーブルによって芝浦処理場と品川埠頭ポンプ所間で監視のみに使用されはじめ、昭和45年には平和島ポンプ所と鮫洲ポンプ所間で、監視制御が始まった。

そして、平成元年には後楽ポンプ所と湯島ポンプ所間の遠方監視制御に下水道光ファイバーケーブルが導入され、本格的に下水道光ファイバーケーブルが採用された。

その後、遠方監視制御設備については、ポンプ所施設の規模と製作会社により統一されていないことから、平成16年頃より工業用パソコンを使用した設備が導入され、その能力としては、最大入力点数DI：3,000点程度で始まったが、被遠制ポンプ所の規模によって入力点数が、わずかに超える場合に複数台の設置で対応するものや、大型の監視制御設備能力を抑えて設置するさまざまな対応を行っている。

入力点数がDI：500点未満の場合は、経済性と

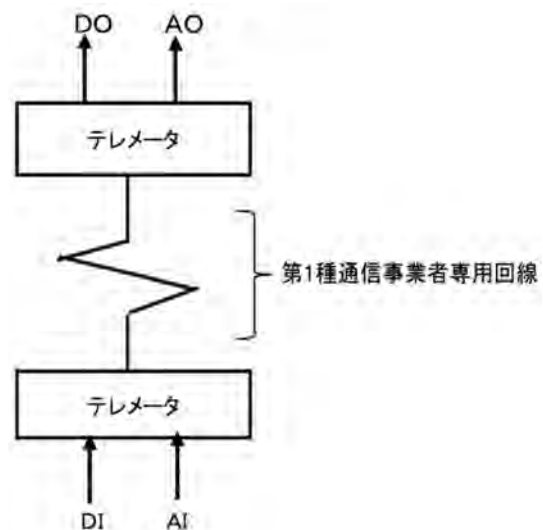


図9-2-4 テレメータ方式による構成例



維持管理費および運転管理面を考慮して、簡易な監視制御設備が導入される。

さらに小規模の幹線等の仮排水ポンプ所や、雨水貯留池等のプラント設備の監視項目だけを監視する場合は光モデムを利用した伝送装置を検討し、さらには光ファイバーケーブルが敷設されていない場合は、通信会社の専用回線を利用した伝送装置（テレメータ方式）を検討する。（図9-2-4）

テレメータ方式では、運転状況、故障情報や火災関係情報を、通常8～16点ほどに絞り込んで遠制場所に送られ、場合によっては携帯端末等に送られる。

遠方監視制御に当たっては、東京都下水道局では、二重送信、制御応答高速化の機能で遠方監視制御の高信頼性を確保している。

さらに施設の信頼性を確保するため、下水道光ファイバーケーブルが何らかによって二重の路線とも切断された場合等の条件が揃った場合は、緊急時自動実行機能を設けられていて、運転員が来るまで最低限の自動運転がされ、ポンプ所の機能を確保している。

東京都下水道局での遠方監視制御装置のシステムは、ポンプ所、処理場（水再生センター）、事業所の統括管理と情報の統合化及び事業の効率的運営を図ることを目的としたソフトプラン（下水道光ファイバーネットワークを利用）を使用することを推奨し、機器の構成としては、機室内制御LANに接続された監視制御装置、FEP盤、ルータとATM（伝送装置）が基本となっている。

通信の信頼性と制作会社共通接続を行うために、FAデータ伝送装置（FEP）を介して通信を行っている。このFEP（Front End Processor フェップ）はFAプロトコルと呼ばれる東京都下水道局独自の共通通信規約にて通信する装置で、通信異常検出と制御応答高速化を実現している。

最近の遠方監視制御システムの構成では、伝送装置にLANスイッチが使用されている。（図9-2-5）  
 現在では、小規模監視制御設備として通常規模のポンプ所をカバーする能力を、最大入力点数DI：

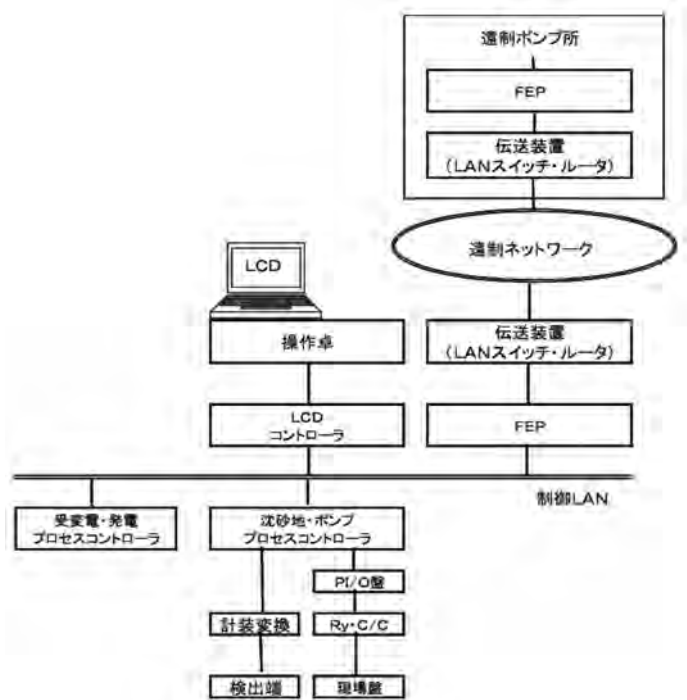


図9-2-5 被遠制ポンプ所の基本構成例



図9-2-6 小規模監視制御設備を設置した被制御ポンプ所（明石町ポンプ所）



図9-2-7 遠制ポンプ所の監視制御設備（桜橋第二ポンプ所）

4,000点と定め、処理場等の大規模な被遠制施設の場合は、小規模監視制御設備を複数台で構成するか、運転管理やローカル設備との整合性をふまえ、処理場に導入する監視制御設備と同規模の設備を導入するか検討される。遠方監視制御では、適切な設備を検討し、導入される。(図9-2-6)

数個所の被遠制ポンプ所を抱えた遠制ポンプ所の監視制御設備では、大型監視装置と大型表示そして、工業用テレビシステム（ITVカメラ）が設置されている(図9-2-7)

伝送装置を使用しての遠方監視制御が始まった平成16年頃は、伝送装置にATM方式(Asynchronous Transfer Mode 非同期転送モード)が使用されていたが、安価で高速な機器のLANスイッチ(通称L2, L3スイッチと呼ばれている)が、ATMの老朽化と部品調達に多額な費用を必要とすることから使用され始め、平成18年にはコスト縮減対策の一つとして、このLANスイッチを使用する事となった。当初のLANスイッチはL2が使用されたが、数カ所に及ぶ被遠制ポンプ所を抱える遠方監視制御の関係上ルーティング機能が必要であるために、L3スイッチに近い機能を持たせたL2.5スイッチまたはL3スイッチが現在使用されている。

### (3) 情報管理装置システム

情報管理装置については、プラントのデータを収集し、編集したものを必要な場所に維持管理情報端末を設け、帳票形式、あるいは施設の機器配置画面によって閲覧するもので情報管理コントローラ、情報端末、プリンター、運転管理情報FEPと運転管理情報端末で構成されている。(図9-2-8)

情報管理装置システムでは、運転管理情報を遠制ネットワークでなく、情報ネットワークを通じ、マスターステーションに集められ、必要な場所に配信され運転状況を閲覧できる。

近年では地方都市の小規模処理場、マンホールポンプ所において、同じようなシステムを情報NW(ネットワーク)の代わりに通信会社の専用回線を利用したネットワークによって、閲覧だけでなく遠方監視制御に使用されている例がある。その場合、運転管理情報端末には施設の規模により、PC(パソコン)タイプから携帯端末(携帯電話、スマホ、タブレット)によるものがある。

携帯電話等の携帯端末を利用することによって、より少人数による管理と緊急対応が可能となる。

このシステムを東京都下水道局のように情報量が多い施設に採用するには、通信異常検出、制御応答高速化の機能で遠方監視制御の高信頼性に対する検証が必要である。

### (4) 工業用テレビ（ITVカメラ）システム

工業用テレビ（ITVカメラ）については、運転管理の効率化や省力化、異常発生時の迅速な対応のため、工業計器による検出が不可能または、困難な

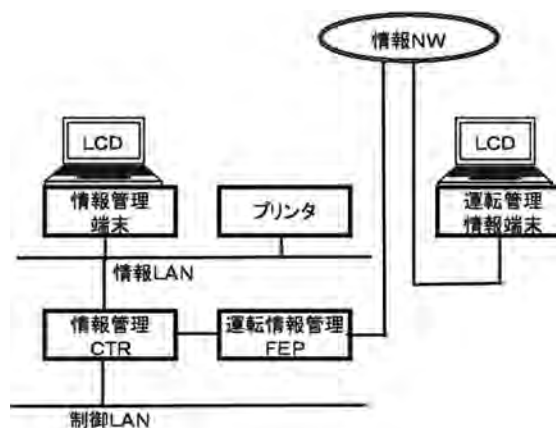


図9-2-8 情報管理装置の構成例

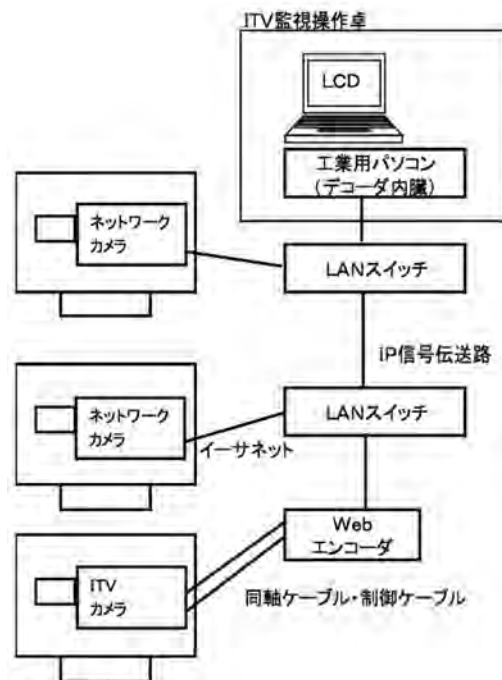


図9-2-9 IPネットワーク型の工業テレビシステム構成例

場所の監視、また人が近寄れない悪環境下での施設状態の監視のために設置することを基本とし、監視の目的、施設の規模と重要度によって検討し設置される。

システムの構成は、ITV監視操作卓、ITV制御装置（映像切替機、制御論理部と音声切替機等で構成される。）、ITVカメラで、信号伝送路に同軸ケーブルまたは、光ファイバーケーブルが使用される。（図9-2-9）

平成19年には、ネットワーク通信技術のイーサネットによる大容量・高速通信が可能となったこととネットワーク型のITVシステムが採用されるようになり、従来の制御装置の代わりに、Webエンコーダ、LANスイッチを介してネットワークに接続されるIPネットワーク型工業用テレビ（ITVカメラ）システムが採用されるようになってきている。

最近ITVカメラの代わりに汎用カメラを使用するWebカメラシステムが有るが、カメラ部が耐環境性に関する仕様変更ができないなどから、プラント監視には適用されていない。

### (5) 大型監視装置システム

大型監視装置については、監視操作卓のバックアップ監視と施設全体を一括監視するために、グラフィックパネルを導入してきた。大型監視装置は現在グラフィックパネル型と大型ディスプレイ型に大きく分類され、大型ディスプレイ型では、さらにLCD方式、DLP方式（Digital-Light-Processing方式投射型ディスプレイ）、PDP方式（Plasma Display Panel プラズマディスプレイ）とCRT方式（CRT投射型ディスプレイ）等に分類される。

グラフィックパネル型はモザイクパネルの組み合わせによりプラント施設全体を表示し、各機器の状態をLEDにより表示する。

LCD型監視制御システムが一般化し、信頼性が向上したことにより、LCD型監視操作卓が複数台設置され、冗長化を図ってきている。

グラフィックパネル型は、大型ディスプレイ型に比べれば寿命が長い、広い設置スペースを必要とすること、またプラント施設の増設、改良に対応したモザイクパネル変更に多額な費用と工期が必要のため、大型ディスプレイ型に置き換えが進んでいる。

ただ、小規模監視装置でも大きいような小規模施設の監視または特別高圧受変電設備の受電室内に設置される監視盤等には使用されている。

最近の大型監視装置は、処理場（水再生センター）の中央監視に用いられることが多く、ポンプ所では、導入することによって運転管理上大きな効果が期待できることが見込まれる遠隔ポンプ所などで導入されるぐらいで、被遠隔ポンプ所では導入されなくなってきた。

大型ディスプレイ型の中では、低消費電力、高輝度、高精細で低価格のLCD方式（液晶投射型ディスプレイ）が多く採用されているが、まだまだ液晶パネルの期待寿命が短く、メーカー保証も短いので、故障対応は本体交換になるため多額な費用が掛かってしまう。

同じく低消費電力で高信頼性のあるDLP方式は、ランプ光源にLE

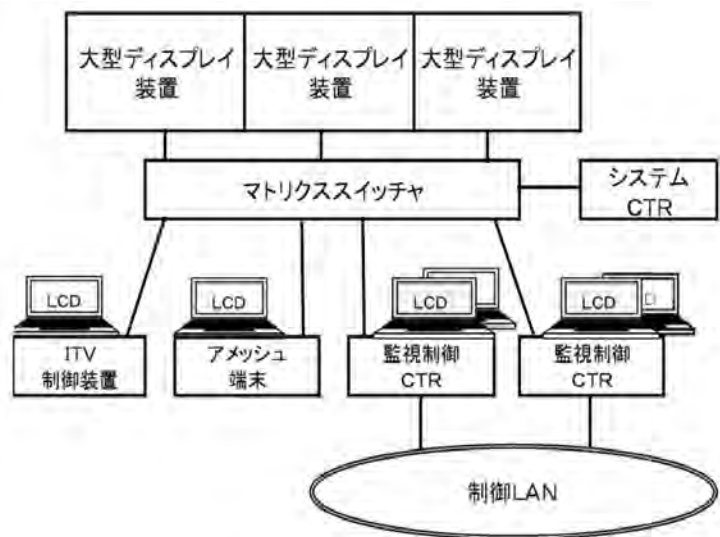


図9-2-10 大型ディスプレイ装置のシステム構成例



Dを採用しており、長寿命で消耗部品の交換周期も長いなどの特徴があるため最近では、DLP方式の採用が多くなってきている。

PDP方式は、薄型で良いが、焼き付きを起こしたり、消費電力も大きいためあまり普及しておらず、CRT方式は旧来の標準であったが、PDP方式同様に焼き付き等の問題と輝度不足等のため、LCD方式かDLP方式に置き換わってきている。

大型ディスプレイでは、複数台設置することにより、マルチスクリーンとして使用できるため、監視領域が広がるだけでなく、複数の施設を同時に表示し、各種の映像信号（気象データ、雨水流量とITV画像など）も表示することが可能なため、マルチメディア化を図ることができ、マクロ監視が可能となる。（図9-2-10）

監視操作卓のLCDが本格的に採用されるようになってきたのは、平成16年頃の小規模監視制御装置で、ほとんどの処理場中央監視制御装置に使用されるようになった。そして現在ではLCDが小型・軽量であるため、自在可動金具（架台）を使用し、数台のLCDを集中させ監視できるように、通常時は大型ディスプレイに置き換わり、操作卓に居ながら全体把握をし、運転されている。

現在では、監視制御CTRのモニターは、デュアルモニターが標準となっている。

### 9.3 情報ネットワーク設備

#### (1) ソフトプラン

情報ネットワーク設備は平成元年頃より、下水道管内に光ファイバーケーブルを敷設したころより始まり、以後ソフトプラン（SOFTPLAN: Sewer Optical Fiber Teleway Network PLAN）として推進されてきた。

これは、下水道局独自の情報ネットワークで、利用する情報は、データ系、音声系、映像系に大きく分け、データ系では、プラント運転等に関わる情報をFA系とし、事務処理関係を主にしたOA系に分けている。（図9-3-1）

平成15年度に東京都のTAIMSと接続され、接続に当たっては、ソフトプランのATMネットワークとTAIMSのL3スイッチによるものとの二重構成にし、障害時の相互迂回等を実現し、信頼性の高いネットワークとした。

その後パソコンによるインターネット通信や、ITに代表される情報通信分野の技術革新が加速し、下水道局では遠方監視制御にLANスイッチが採用されたのが始まりで、平成18年頃より、FA系のATMネットワークのLANスイッチ（L2、L3）化が進んできている。

平成23年からFA系とOA系を統合しネットワークが構成されることになり、更に平成24年には、マスターステーション（MS）と都庁（CH）のL3が二重化され信頼性の向上が図られ更にKS（キー

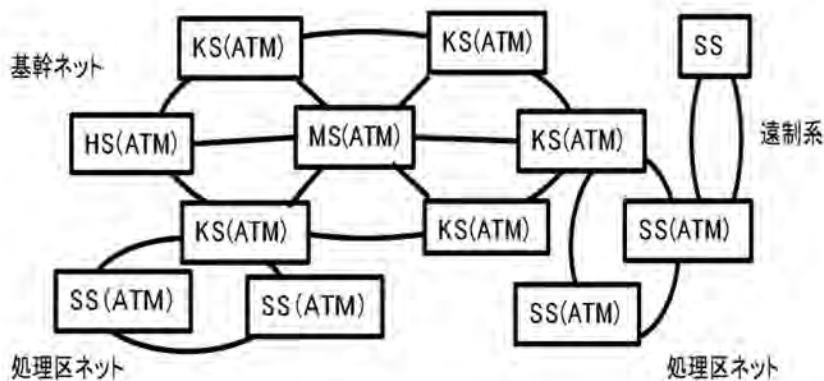


図9-3-1 ソフトプラン（当初）概念図

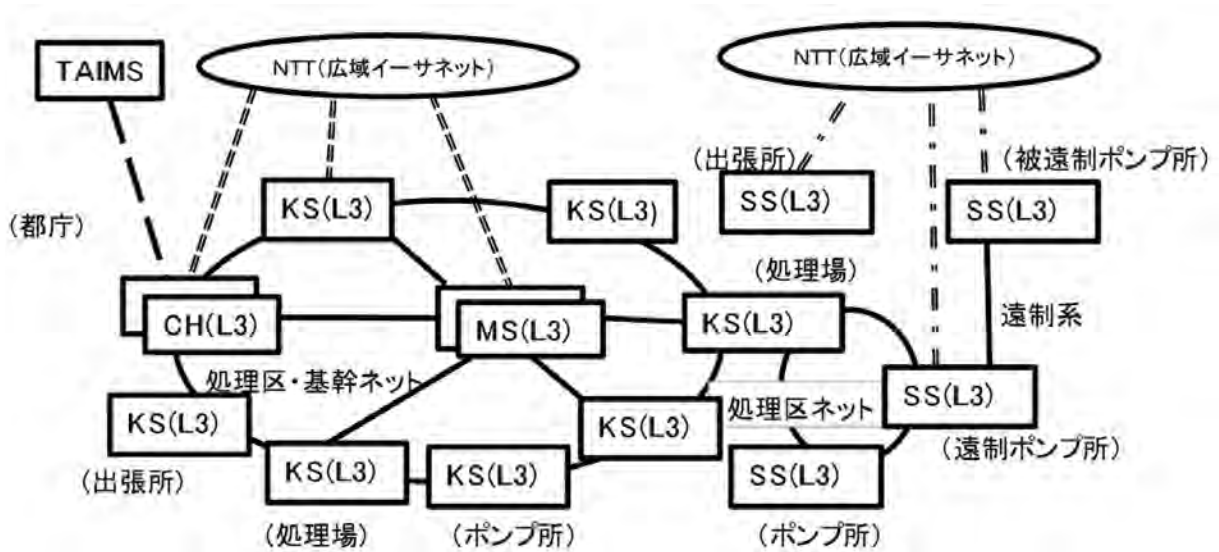


図9-3-2 ソフトプラン概念図

ステーション：処理場）とSS（サブステーション：ポンプ所・出張所）の概念を同じ位置づけにすることによってネットワークを網の目状に接続する。このことにより、利用度と信頼性の向上を図るよう、ソフトプランの見直しをしている。（図9-3-2）

これは一部処理区ネットと遠制系の中でケーブル接続が、1回線のところとケーブル接続のない出張所等がNTT回線で接続されているところが残っている現状と、図9-3-2の左側のように、CHとMSを除くKSとSSが、KSとSSの区別を無く一つのステーションとして位置づけ、ループとスター接続でなく、ネット（網）接続にすることで、早期にネットとしての機能の拡大を目指し、迂回ルートが確保されている。

将来は、全体がネット化され、下水道光ファイバーケーブルによる情報ネットワークの信頼性の向上を図り更に災害に強いものにしていくことになる。

## (2) テレビ会議システム

平成16年頃より、音声系に含まれていたテレビ会議システムでは、端末のLANの伝送容量が10MbpsでATMネットワークに接続する際に通信速度を384kbps制限したものが、テレビ会議システムの技術進歩とLANスイッチネットワーク化により、端末側のLANが100Mbpsを確保できるようになったことから、当初の会議システムは、多地点同時会議に制限があることと、会議場所が固定されるとともに老朽化したために、IPテレビ会議システムが新たに展開されることとなった。

平成17年頃よりテレビ会議システムは遠隔地連絡装置に置き換わりFA系によって接続され、平成19年には本庁の総務部にも設置され、防災の意味合いが強くなった。

平成23年3月の東日本大震災時には通業者による公衆通信網が輻輳するなか、ソフトプランネットワークが有効に機能したことにより、「災害に強く、震災前を上回る都市力を備えた東京の実現」対策の一環として、災害時の映像を含めた情報連絡体制の強化を図るため、遠隔地連絡装置を設置、導入することになった。

このTV会議システムとともにIP電話化が進み各機場にVoIP-GWが設置されることになった。

## 9.4 降雨情報システム（東京アメッシュ）

### (1) 導入背景

下水道施設の役割の一つに雨水排除があり、雨水排水対策として降雨状況を把握し、効果的な雨水ポンプの運転を行ったり、そのための的確な人員配備は都市を浸水被害から防ぐため必要不可欠なものになっている。そこで、降雨状況をリアルタイムで正確に把握するため、昭和63年度に降雨情報システム(東京アメッシュ500)を導入した。降雨情報システムは、半径50kmの範囲内を観測する気象レーダーを2基(港レーダー基地局(港区)、稲城レーダー基地局(稲城市))配備し、東京都全域の降雨状況を観測している。(図9-4-1、図9-4-2、図9-4-3)

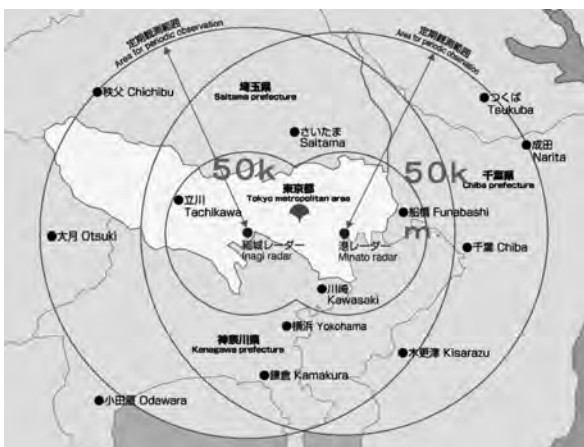


図9-4-1 東京全域の降雨観測



図9-4-2 稲城レーダー(第2世代)



図9-4-3 港レーダー(第2世代)

### (2) 基本原理

降雨情報システム(東京アメッシュ)における降雨観測の基本原理は、レーダー基地局から連続的に360°全周に対して、レーダービーム(Xバンド 9,700 MHz帯)を照射し、降雨に当たり返ってくるエコー(反射エコー)の強さから、降雨の強さや降雨分布状況を観測している。2基のレーダー基地局から蔵前中央処理局に届けられた降雨情報を合成処理し、東京都内の約80台の地上雨量計の雨量データに基づく較正処理(キャリブレーション処理)を行い、下水道局内のアメッシュ端末(約115台)に配信している。(図9-4-4、図9-4-5、図9-4-6)

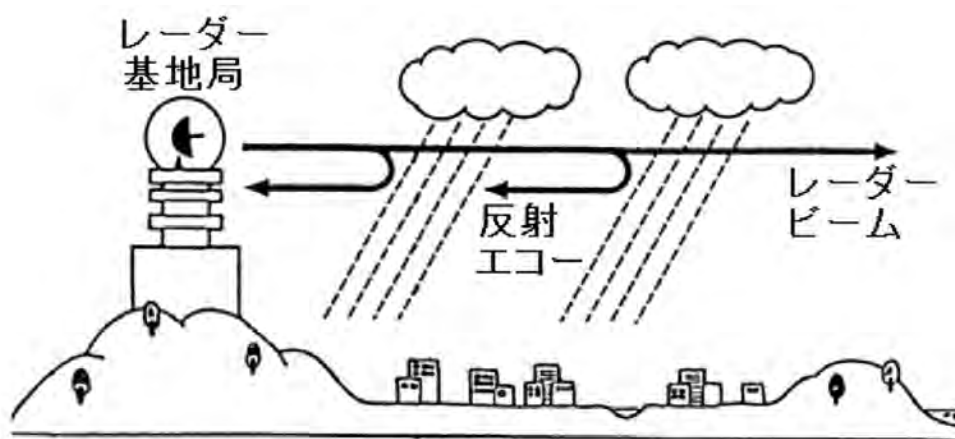


図9-4-4 降雨観測の原理



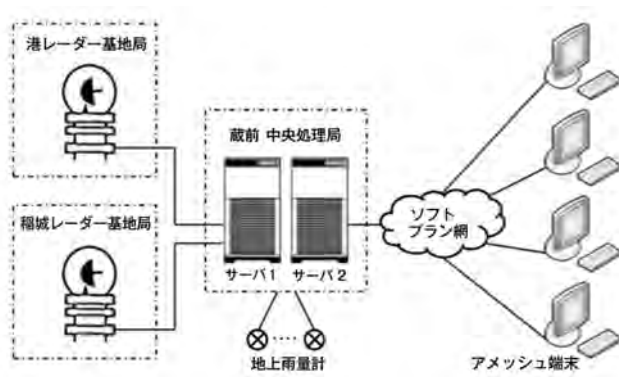


図9-4-5 システム構成図

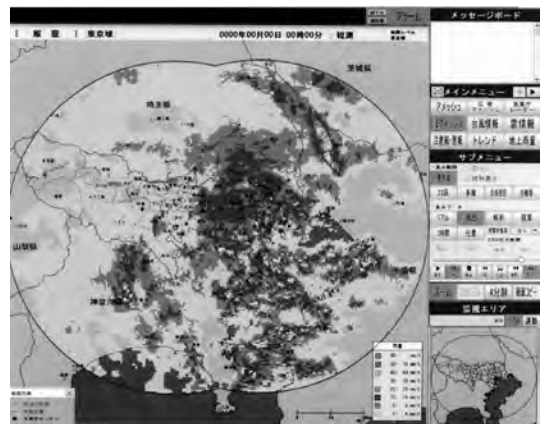


図9-4-6 東京アメッシュ画面(例)

(3) 変遷

降雨情報システムは、昭和63年度に初号機(東京アメッシュ500)が導入され、現在では3世代目(東京アメッシュ：新アメッシュ)になっており、レーダー技術や、情報処理技術の進歩により、降雨観測精度が向上してきた。

表9-4-1 降雨情報システムの変遷

| 世代 | 導入年度  | 基本性能     |       |                            |                  |
|----|-------|----------|-------|----------------------------|------------------|
|    |       | 送信機      | アンテナ径 | 観測距離とメッシュ単位                | 偏波方式             |
| 第1 | 昭和63年 | マグネトロン   | φ2m   | 40km-500m                  | 水平偏波             |
| 第2 | 平成13年 | マグネトロン   | φ3m   | 0~20km-250m<br>0~50km-500m | 水平偏波             |
| 第3 | 平成25年 | 固体化(半導体) | φ3m   | 50km-150m                  | 二重偏波<br>(MPレーダー) |

以下に、世代毎の特徴を示す。

①第1世代：初号機導入

日本で初めて自治体が運用する気象レーダーとして導入され、リアルタイム(2.5分周期)に気象状況を把握しながら雨水排除活動ができるため、画期的なシステムであった。

②第2世代：細密化

半径0~20kmの範囲内の観測メッシュを250mに細密化し、観測周期を1分にし、観測精度とリアルタイム性の向上を図った。

③第3世代：2重偏波(MPレーダー)

水平偏波に加え、垂直偏波も同時に照射でき、2つの偏波から多くの種類の情報が得られるMP(マルチパラメーター)レーダーを導入し、強い降雨の観測精度向上、メッシュ単位150mに細密化した。また、将来的に、風向・風速の観測や、降雨・降雪・霰の判別が可能になる。

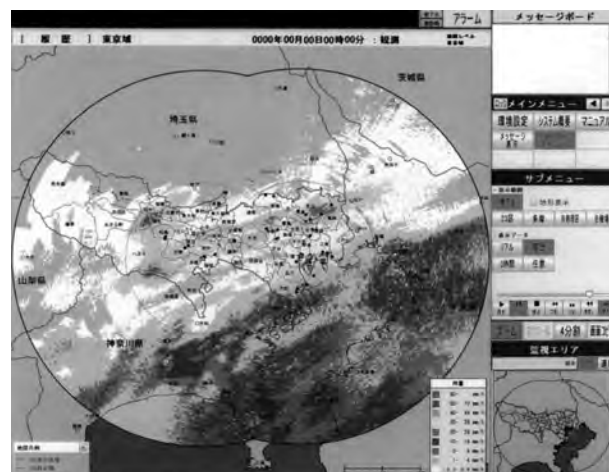


図9-4-7 東京アメッシュ 150mメッシュ画面(例)

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

(4) 広域化

降雨情報システム（東京アメッシュ）の有効性が評価され、近隣自治体においても気象レーダーが配備された。

表9-4-2 近隣自治体が運用する気象レーダー

| 自治体 | システム名           | 導入年度   | 観測距離とメッシュ単位  |
|-----|-----------------|--------|--|
| 川崎市 | レインネットかわさき      | 平成3年度  | 0～40km 500mメッシュ<br>40～100km 1000mメッシュ                    |
| 横浜市 | レインアイよこはま（現：停止） | 平成4年度  | 0～20km 250mメッシュ<br>20～40km 500mメッシュ<br>40～50km 1000mメッシュ |
| 埼玉県 | アメネットさいたま       | 平成14年度 | 0～20km 250mメッシュ<br>20～50km 500mメッシュ                      |

平成18年度に、これら近隣自治体の気象レーダーの観測情報を取込み合成・補完することで、観測範囲の広域化と降雨情報の信頼性向上を図った。これにより東京アメッシュは、中央処理・配信処理装置を中心に、東京の2つのレーダー基地局（港レーダー、稲城レーダー）と近隣自治体3つのレーダー、約150台の地上雨量計（下水道局、建設局、近隣自治体）、端末局から構成されることとなった。（図9-4-8、図9-4-9）

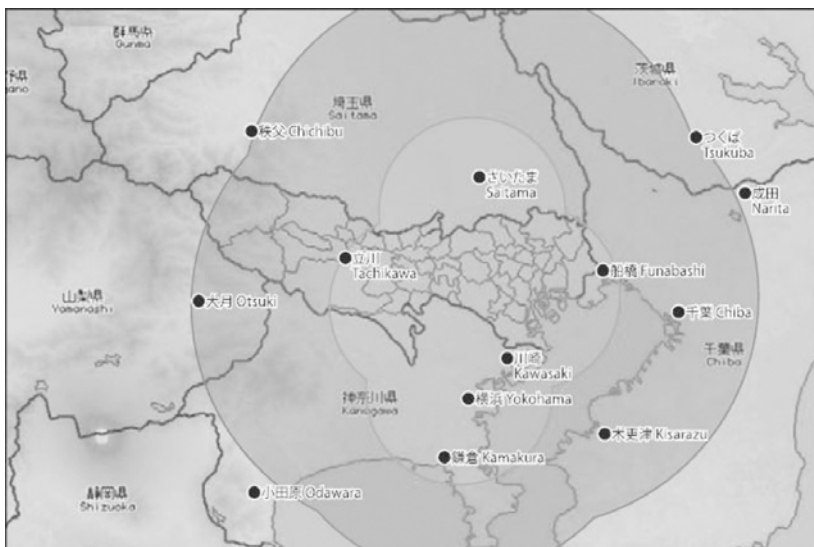


図9-4-8 広域化合成範囲

また、この広域化された降雨情報はインターネット配信するサービスも始め、アクセス件数は年間約4,000万件を超える優良コンテンツに成長しており、下水道利用にとどまらず都民や近隣住民にも幅広く利用されている。（ホームページ <http://tokyo-ame.jwa.or.jp/>）

9.5 今後の動向

監視制御設備では、近年の通信技術、通信事情の発展が急速に進み、それに合わせた監視制御設備も開発が進む中、下水道事業では健全な水環境の創造、循環型社会形成のため、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。それに応えながら

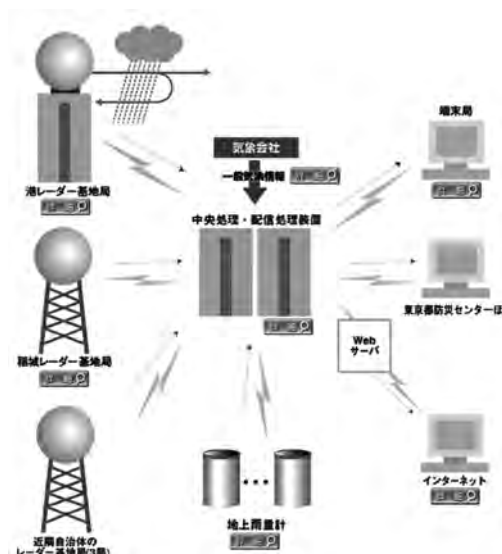


図9-4-9 全体システム構成

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

常に正確で迅速なプラント制御を目指すとともに、省エネルギー、省資源、省力化と少人数管理も念頭に置きながら新しい監視制御設備を構築していかなければならないため、たゆまぬ制御、情報技術の発展と、監視制御設備の進展が必要である。

情報ネットワークについては、「経営計画2013」の中で、光ファイバー通信網を活用した遠方監視制御などによる維持管理の効率化を目指すとしてあり、水再生センター、ポンプ所において、光ファイバー通信網のバックアップの確保などにより、遠方監視制御などの信頼性を向上するとともに、震災時の通信手段を強化するとしている。また、光ファイバー

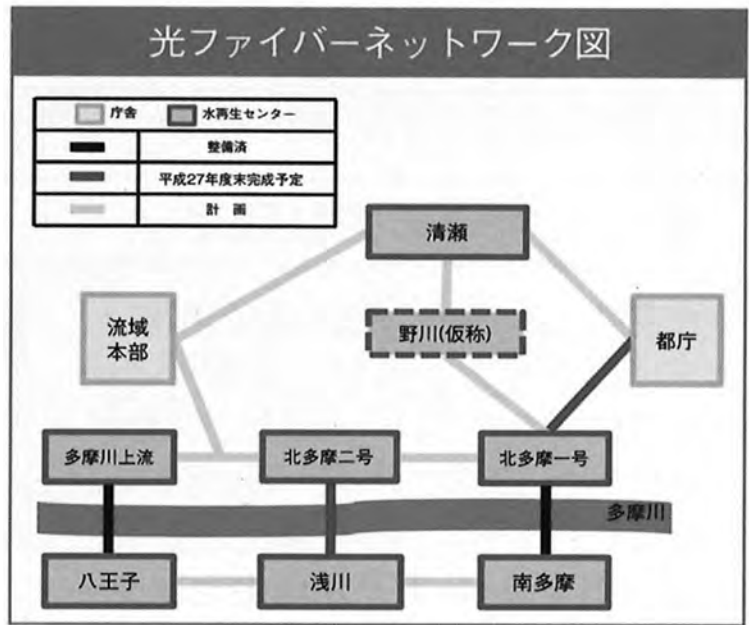


図9-5-1 流域光ファイバーネットワーク図

通信網を活用して、区へ下水道局管渠内水位情報を提供していくなど広く活用範囲を検討していく。

流域下水道本部においては、処理場間を下水道局専用連絡管に独自の光ファイバー通信網を構築し、遠方監視制御により維持管理を効率化するだけでなく、災害時の通信手段確保を目指すとしてあり、更に、23区内の光ファイバー通信網と清瀬水再生センターと北多摩1号水再生センターの2カ所で結ぶことによって、信頼性の高い通信手段を確保するとしている。(図9-5-1)

このため、光ファイバーケーブル敷設計画にあわせ、各水再生センターの運転情報集約機能やテレビ会議機能を備えた情報集約装置の操作性・信頼性を向上させるため、システムの改良を実施する。情報ネットワークの信頼性をより確実なものにしていくには、下水道施設の耐震対策と共に下水道光ファイバーケーブルの耐震対策を更に進める必要がある。

また、近年、地球温暖化の影響やヒートアイランド現象の影響から、都市特有の局地的な集中豪雨が発生しており、その発生頻度は年々増加傾向にある。浸水対策は、降雨状況把握から降雨予測にニーズがシフトしていくと考えられるため、降雨予測技術開発の進展に期待したい。

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料



# 第10章 計装設備

## 10.1 計装設備の歩み

昭和40年台後半から下水道設備の水処理状態監視や処理プロセスの数値を管理する技術として計装設備が利用されている。この水処理プラントのプロセス値管理は、水位・流量・圧力などの計測値を利用する量的制御と、DO値・COD値・汚泥濃度などの計測値を利用する質的制御に大別される。このプロセス数値は、下水道の処理状況を管理する水処理プラント制御の基本データとして活用されて、プラント監視制御システムに構築されている。

計装制御もアナログ制御からデジタル制御に移行され現在はデジタル制御全盛になっている。また旧来の電気式制御から光式制御の利用が進んでおり、制御情報の伝達手段である通信網として光通信網を利用している。特に現場と監視場所が離れている条件での光通信網の活用が進んでいる。

光情報通信網であるソフトプランによる施設間情報の伝送は、施設の多量な情報量を伝送し、一元管理のできるプラントシステムとして活用され、効率的な施設管理の手段になっている。さらに下水道管渠内に敷設された光ファイバー通信網は、震災に強く、安全な通信網として震災時の施設状況や事業継続を支える通信網になっている。

## 10.2 計装設備の標準化

下水道施設である管渠から水処理センターまでの各施設では、下水道プロセスの状況把握のため多種の計測器が利用されている。下水道施設の各所に質的および量的計測器がおかれプロセス状況の状態監視が行われている。

下水道施設の機能確保と集中管理化による遠隔制御による施設運転で一カ所にて多数の施設状況の状態監視が必要になり、下水道のプロセス状況管理に計測目的の明確化や計測方式の精度や再現性や応答性が求められている。この計測目的の明確化のため設置における計画と計測器の種類の標準化を進めて計測器の種類と計測項目の目安を定めている。

計測器の選定にあたって、必要条件を整理し採用の条件整備の標準化を目指して平成25年9月に計測設備設計標準化（案）を作成した。

### （1）標準化の選定ルール

計測設計の標準化策定を行い、下水道施設での利用計測器の種類でも31項目（レベル計から地震計まで）であり、その代表的計測器であるレベル計でも種々の測定原理に大別されており、圧力式／投げ

込み式／超音波式／マイクロ波式／光ファイバー式／レーザ式／水晶式／静電容量式／フロート式／エアパージ式／ディスプレイメント式などを選定している。

計装設備の標準化の記述では、各種の計測方式から選定した基準として測定原理／装置構成／設計上の留意点／施工上の留意点／維持管理の留意点／計測器仕様／計測箇所などの留意項目から一覧表にて設計や、採用時の基準が提示されている。

選定にあたっては、計測情報を重要度別にランク付けをしている。(表10-2-1)

表10-2-1 ランク付け表

Aランク：制御あるいは監視情報として標準的に計測するもの。  
 Bランク：制御あるいは監視情報として準標準的に計測するもの。  
 ただし、処理方式、処理施設の規模などにより、計測することによって運転管理上大きな効果が期待できる。  
 Cランク：原則として計測しない。

(2) 水処理施設(標準活性汚泥法)計装設備

処理プロセスでの測定場所の計測項目によるランク付けを、設備名や計測項目ごとに定めた。(表10-2-2)

ランク付けのAランクは法的に必要なものとし、Bランクは運転管理や、帳票に記載される情報であり、Cランクは、プロセス管理に必要な項目として標準化したものである。(表10-2-3)

表10-2-2 水処理施設(標準活性汚泥法)計測項目表1

| 設備名     | 番号 | 計測項目       | 適用ランク |
|---------|----|------------|-------|
| 第一沈殿池設備 | 1  | 一沈引抜汚泥濃度   | A     |
|         | 2  | 一沈引抜汚泥流量   | A     |
|         | 3  | 一沈流出準水位    | A     |
|         | 4  | 一沈スカムビット水位 | A     |
|         | 5  | 簡易放流ゲート開度  | A     |
|         | 6  | 一沈汚泥界面     | C     |
|         | 7  | 一沈流入層開度    | C     |
| 送風機設備   | 8  | 送風機吸込空気温度  | A     |
|         | 9  | 送風機吸込空気流量  | A     |
|         | 10 | 送風機吸込弁開度   | A     |
|         | 11 | 送風機吐出弁開度   | B     |
|         | 12 | 主管送風温度     | A     |
|         | 13 | 主管空気流量     | A     |
|         | 14 | 主管送風圧力     | A     |
|         | 15 | 送風機吸込圧力    | C     |
|         | 16 | 放風風量       | C     |
|         | 17 | 放風弁開度      | C     |

表10-2-3 水処理施設(標準活性汚泥法)計測項目表2

| 設備名          | 番号      | 計測項目       | 適用ランク  |
|--------------|---------|------------|--------|
| 反応槽設備標準活性汚泥法 | 18      | 反応槽流入水量    | A      |
|              | 19      | 反応槽風量調節弁開度 | A      |
|              | 20      | 反応槽空気流量    | A      |
|              | 21      | DO         | A      |
|              | 22      | MLSS       | A      |
|              | 23      | 反応槽水温      | C      |
|              | 24      | SV         | C      |
|              | 25      | 反応槽流出流量    | C      |
|              | 26      | 反応槽流入調節弁開度 | C      |
|              | 27      | 反応槽リンド酸濃度  | C      |
|              | 28      | 反応槽アンモニア濃度 | C      |
|              | 第二沈殿池設備 | 29         | 余剰汚泥流量 |
| 30           |         | 返送汚泥濃度     | A      |
| 31           |         | 返送汚泥流量     | A      |
| 32           |         | 返送汚泥調節弁開度  | A      |
| 33           |         | 返送汚泥ポンプ回転数 | A      |
| 34           |         | 二沈スカムビット水位 | B      |
| 35           |         | 余剰汚泥濃度     | C      |
| 36           |         | 二沈流入流量     | C      |
| 37           |         | 流出水pH      | C      |
| 38           |         | 二沈汚泥界面     | C      |
| 39           |         | 流出水濁度      | C      |

第1章

第2章

第3章

第4章

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

第10章

第11章

資料

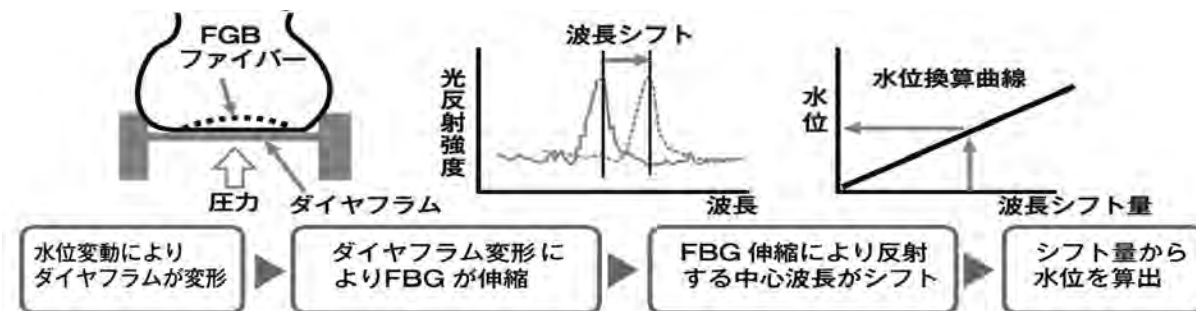


図 10-3-1 光ファイバー式水位計の測定原理図

計装設備標準化での計測設備計画では、下水道に採用されている計測器の種類と測定原理、設置場所の条件等の設計での方法を標準化としてまとめている。設計上の基本理解としてセンサの測定原理や各プロセスでの留意点まで多岐に纏めてあり計装制御の基本データ収集の方法まで記述してある。

この内容は、計測器の種類と計測項目の目安、量的計測方式、質的計測方式、計測項目表の標準化、計測設備施工時の配慮と適正化などに大別され記述されている。

さらに水質計測器に必要なサンプルポンプや洗浄装置などの付帯設備も記述してある。

計測場所の条件に絡む法的規制や防爆条件の記載もあり、下水道施設の計測目的に合致した標準化として編纂されている。



図 10-3-2 光ファイバー式水位計のセンサ写真

### 10.3 最新の計装・制御設備

近年採用された光式の水位センサ利用の例として、東京都の技術開発で実用化した計装システムを紹介し、新しい計装設備として述べる。

#### (1) 光ファイバー式水位計

従来利用されていた電気式のセンサでなく光ファイバーの入射光に対し特定波長に対応する光素子FBGをダイヤフラムに取り付けたセンサで、ダイヤフラムに加わる圧力に対し波長を利用した水位センサである。下水管に敷設された光ファイバー網を、情報通信利用だけでなくセンサ機能を利用した水位計測方式であり、無電源で1本の光ファイバーで多点計測できる水位計として利用されている。このセンサの利用状況は現在 80 台程度が下水道の幹線にて水位計測を行っており、豪雨時の浸水状況把握に利用されている。(図 10-3-1、図 10-3-2)

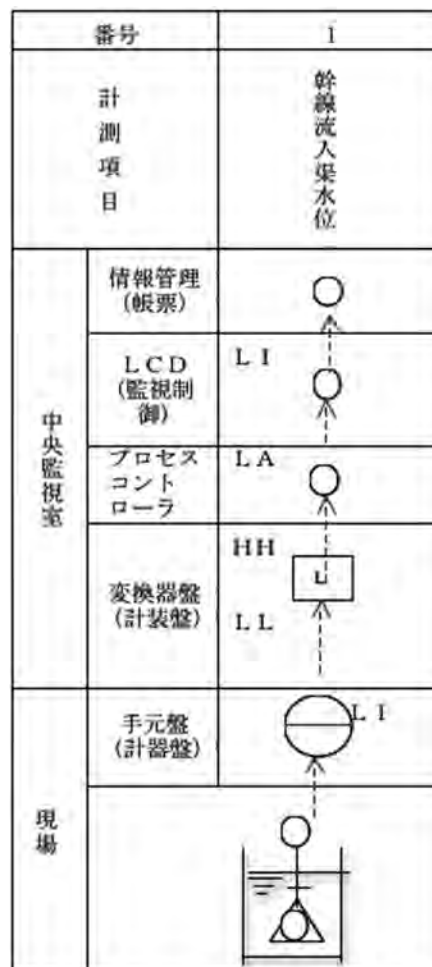


図 10-3-3 計測処理プロセスフロー図例



光ファイバー式センサ利用による計測は、水位計／流速計／流量計などに実用化されており、雷による支障もなく、無電源で長距離区間の計測をできるセンサとして期待されている。最近では、ICT技術進歩の影響により光計測技術の高性能化と装置価格の低価格化がすすんだ結果、電気式のセンサの弱点を補完し、リアルタイムに多量の計測値を得られる計器としてデジタル情報時代の計測器であり、DDC制御のセンサに馴染む状況ができた。多量のセンサ情報収集によるプロセスの状況把握がプロセス監視に有効な手段として確立している。

さらに計測情報の集約化が進み、センサ設置箇所の多数化によるシステム価格としても電気式と対抗できる製品開発が進んだ結果でもある。

計測信号の場所対応のフロー例として計装処理プロセスフロー図を示す。(図10-3-3)

計測項目による現場と中央監視室の各装置に計測信号の状態表示を例としたものである。

計測センサからの信号は、アナログ信号の4～20ミリアンペアの統一信号としての表示となっている。

## (2) アンモニア+DO制御(可変DO制御)

### 1) 概要

本技術は、アンモニア計を用いて処理水質を確保しつつ、反応槽送風量の削減を図る技術である。

地球温暖化対策は喫緊の課題であり、東京都では「カーボンマイナス東京10年プロジェクト」を策定し、下水道局では「アースプラン2010」を策定するなど徹底した温室効果ガス削減対策を進めている。

下水処理では多くのエネルギーを消費しており、特に下水処理場から発生する温室効果ガスの約3分の1が水処理用電力由来である。そのうち送風用電力使用量が大きな割合を占めているため送風量の削減、適正化が求められている。

また一方で、下水道局では東京湾の富栄養化対策として窒素、リンの除去など下水処理の一層の高度化に取り組んでいる。

処理水質の高度化は、ややもするとエネルギー消費の増大に繋がるため、水質改善と省エネルギーの両立を目指す必要があり、安定して処理水質を維持しつつ送風量を削減する送風制御システムの技術開発が課題であった。

通常、反応槽の送風量は、DO一定制御により反応槽出口付近のDOが一定となるよう制御している。窒素処理のため硝化促進運転を行う場合、反応槽内での硝化の進行が把握できなかつたため、余裕を持ったDO設定を行うと反応槽途中で硝化が完了するなど、送風量過剰となる場合がある。

送風量削減対策として、アンモニア計による硝化制御を導入したが、低水温など硝化が進まない場合送風量が設定上限に固定されてしまい、降雨後流入水のアンモニア濃度が低下すると硝化が完了したと判断し、有機物の酸化に必要な空気が供給されなくなる場合があった。この改善策としてアンモニアとDOの両方を指標とした送風制御方式を考案した。

本制御は、反応槽途中のアンモニア性窒素濃度を測定し、反応槽内の硝化状況に応じた過不足の無い空気を供給することで送風の無駄を省こうとするものである。アンモニア計以降の滞留時間、硝化速度から反応槽末端で硝化が完了するように自動でDO設定値を変更する。また、降雨時は持ち込みのDOがあるため、DOが高くなりがちである。この場合オペレーターが手動でDO設定値を下げることになるが、降雨対応中は随時設定変更を行うことは困難である。本来は手動で行うDOの設定変更を自動で行うため、余裕を持たせた運転が不要であり、送風量を低く抑えることができる。

平成22年7月小菅水再生センター東系に導入した実機の後評価調査では、DO一定制御と比較して処理水質は同等であったが、送風量(送風倍率で評価)は約10%低減された。

### 2) システムの構成

制御演算装置でアンモニア計の指示値によりDO目標値を演算し、既設のDO一定制御回路を介して曝気風量を制御する。監視盤からはアンモニア性窒素の目標値、DOの上下限值を入力する。水温によ

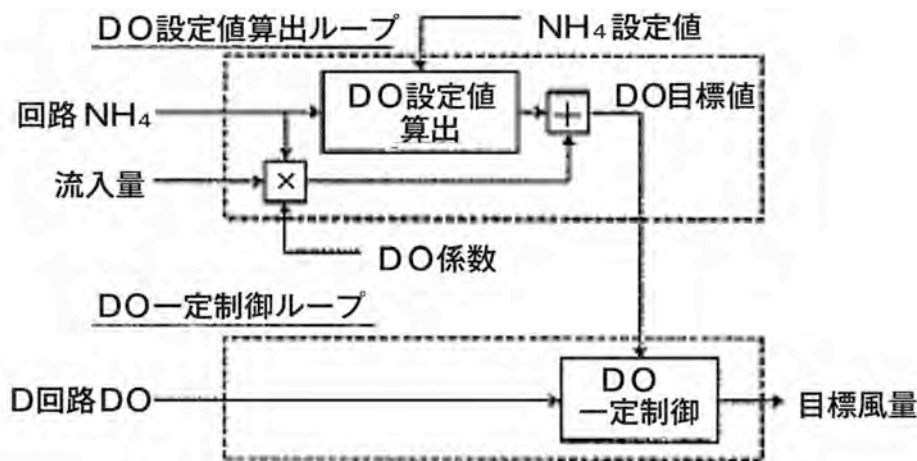


図 10 - 3 - 4 システム構成図 (アンモニア+DO制御フロー)

り硝化速度が変わるため、アンモニア性窒素の目標値は季節により適宜変更する。(図 10 - 3 - 4)  
アンモニア性窒素計センサは浸漬型、電極式で連続測定が可能である。

### (3) N<sub>2</sub>O連続測定計

#### 1) N<sub>2</sub>O測定の必要性

下水処理に使われる計装機器は、流量計など量を計測する機器から、有機物を安定して処理するためのDO計や水処理状況を把握するためのMLSS計、消毒剤注入管理のための残留塩素計など、求められる処理のレベルに応じて開発・導入されてきた。また、近年は処理水質だけでなく地球温暖化対策の視点も重要になっている。

本技術は、地球温暖化対策のひとつとして、アースプラン2010に基づき開発されたものである。

下水道事業では水処理における硝化や脱窒及び汚泥焼却処理の過程で多くの一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) を排出している。東京都の下水道事業から排出される地球温暖化ガスの排出内訳 (2011年度見込) を示す。(図 10 - 3 - 5)

N<sub>2</sub>Oは二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の310倍もの温室効果があり、地球温暖化防止対策としてN<sub>2</sub>Oの削減が求められている。汚泥焼却におけるN<sub>2</sub>O削減は、高温焼却などある程度対策がとられてきているが、下水道事業から排出される温室効果ガスの約17%を占めている水処理過程で発生するN<sub>2</sub>O削減は、N<sub>2</sub>Oを連続的かつ安定的に測定することができる装置が無かったため、発生の実態や運転の工夫による削減効果の把握が不十分で、有効な対応策を講じることができなかった。

焼却炉からの排ガスに含まれるN<sub>2</sub>Oの連続測定は、非分散型赤外線 (NDIR) 方式による検出装置が用いられており、実績がある。しかし、この検出装置を水処理からの排ガス測定に使った場合、水分や硫化水素 (H<sub>2</sub>S) などにより測定が妨害され正しく測定できない。簡易提供型共同研究により、平成20～21年度にかけて妨害物質を除去する前処理装置を開発し、従来の検出装置と組み合わせることで水処理から発生する排ガス中のN<sub>2</sub>Oを連続的に長期間安定して測定することが可能となった。

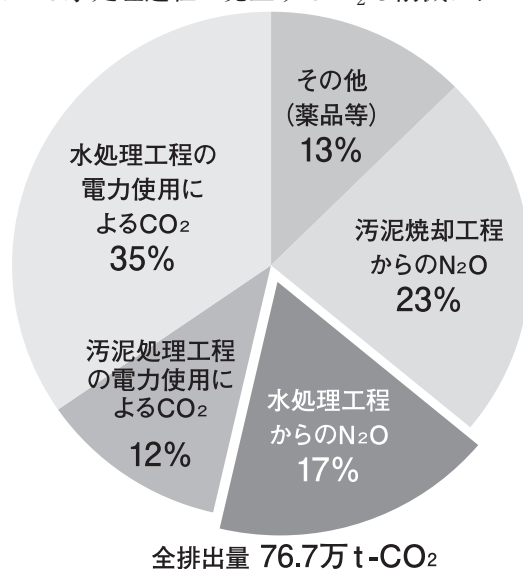


図 10 - 3 - 5 温室効果ガス排出内訳 (2011年度)

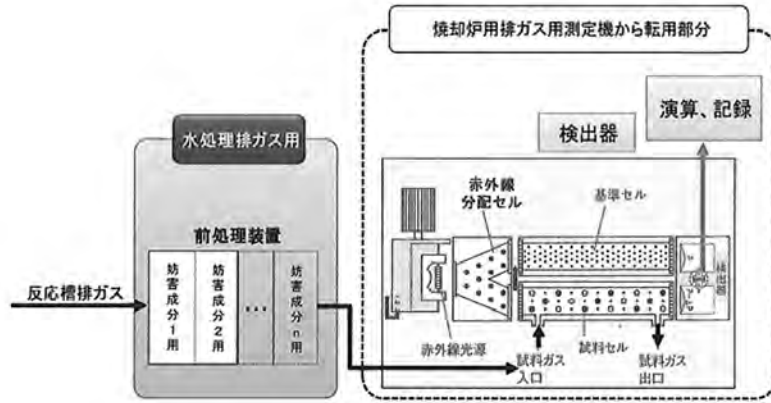


図 10-3-6 N<sub>2</sub>O連続測定計の概要

## 2) N<sub>2</sub>O連続測定計の概要

N<sub>2</sub>O連続測定計の概要を示す。(図 10-3-6)

N<sub>2</sub>O連続測定計の主な仕様は、次のとおりである。

測定原理：非分散赤外線方式、測定レンジ：0～500ppm。

## 10.4 今後の動向

下水道設備にて利用されている各種の計測設備は、産業界の多種の事業（エネルギーから化学工業、農業等）で利用されている計器を採用しているため下水道向けに利用するともう一工夫の必要が計測器に求められる。さらに計測器業界はグローバル化しており製品の品質管理や維持管理に世界標準が採用されて個別の産業別の対応が困難な側面が生じている。

計測目的である各下水道プラントの状態把握は、高速で多量の情報をリアルタイムに知り、判断し制御信号として出力する機能の最適利用が目的であろう。

このためには採用条件と利用目的を明確化し、さらにメンテナンスフリーの計測器選定が必要である。多種類の測定方式から目的にあう計測器の選定は経験や実績から判断しているが、下水道の設置環境条件の厳しい場所での利用はこれらの条件設定をいかに明確化することで計測機器の利用を最大に活用できることになる。計測信号のデジタル化と高速化により、プロセスの「見える化」すなわち「下水道の見える化」が進み、これにより効率的な運転や、情報の共有化が進んで、下水道施設の有効活用と、集中化による遠隔制御の施設運用が実現する計測器の利用を計り、下水道プラントの目や鼻や神経となり安全・安心な下水道計装設備に育つことを期待する

アンモニア性窒素計とN<sub>2</sub>O連続測定計については、この10年間の成果の顕著な例として上記に述べたが、それらについての今後の動向は次の様に考えられる。

アンモニア性窒素計については、下水処理において窒素処理を行う場合反応槽内の窒素（アンモニア、硝酸など）の挙動把握が直接計測できるセンサが開発され、実機で制御に使用できるようになってきた。今後はこのようなセンサを組み合わせた新しい制御技術の開発・導入や、窒素濃度と送風電力量の二つの管理軸を用いた運転管理（二軸管理）手法などを用いる維持管理によって、水質改善と電力消費量の削減の両立を目指して行くことが期待される。

N<sub>2</sub>O連続測定計については、これを利用して水処理から発生する発生状況の把握が可能となり、水処理におけるN<sub>2</sub>O発生メカニズムも共同研究により解明されてきている。この成果を活かし、水処理運転制御の工夫等による水処理過程におけるN<sub>2</sub>O削減技術を開発し、地球温暖化防止対策を進める一助となることが期待される。本装置は、砂町水再生センターに導入された。今後、各水再生センターに順次導入していく予定となっている。