

〈研究発表〉

下水道施設における監視制御システムの現状と今後の方向性

戸田 剛, 芦澤 謙司

横浜市 環境創造局 下水道施設部 下水道設備課 (〒231-0016 横浜市中区真砂町 2-22 関内中央ビル 8階
E-mail:ts00-toda@city.yokohama.jp, ke00-ashizawa@city.yokohama.jp)

概要

横浜市では、処理区内にある下水処理施設について、所管する水再生センターの中央操作室から 24 時間体制で監視制御を行っている。下水処理施設の監視制御システムは、施設の特徴を踏まえて構築されているが、システムを更新する際には、各設備の重要性等を考慮して再度機器構成等を見直す必要がある。今回は、本市の監視制御システムを更新する際の方針や標準的なシステム構成を示すとともに、最近の更新事例や更新に対する今後の方向性について報告する。

キーワード：下水道施設、監視制御システム、更新方針、更新事例、今後の方向性

1. はじめに

横浜市では、昭和 37 年に最初の終末処理場として、中部下水処理場（現：中部水再生センター）の供用を開始し、本格的な下水処理を開始した。それ以降、着実に下水道の整備を進め、現在では普及率もほぼ 100%に達している。

大規模で多数の下水道施設を効率的に運転管理するために、本市では監視制御システムを積極的に活用している。監視制御システムの機器構成等は、システムの信頼性から施設の効率的な維持管理まで様々な面に影響するため、標準的な機器構成をもとに各水再生センターの特性を勘案した上で、監視制御システムの更新時期や範囲を検討し、計画的に更新を行っている。

2. 施設の運転管理体制

Fig.1 には、本市における水再生センター等の位置を示す。本市では、11 か所の水再生センターで水処理、2 か所の汚泥資源化センターで汚泥の集約処理を実施している。また、26 か所の汚水中継・雨水排水ポンプ場、52 か所のマンホール形式ポンプ場等の小規模ポンプ場を有している。

複雑で広範囲な水再生センターの管理及び自動化を高い信頼性を持って実現させるため、本市では監視制御システムとして集中監視分散制御方式を採用している。また、各水再生センターと所管ポンプ場には遠方監視制御設備を導入し、水再生センターより監視制御を行っている。これらの監視制御システムの活用により、最適な制御を用いた省エネ、プロセスの安定化及び安全性の向上を実現し、現在では水再生センターにおいては夜間・休日は 2 人、汚水中継ポンプ場におい

ては夜間・休日は無人、雨水排水ポンプ場においては 24 時間無人の体制で、各水再生センターから 24 時間体制で監視制御し、各施設の運転管理を行っている。

なお、平成 22 年度より本市初の試みとなる水再生センターの統合化を行っており、夜間・休日には栄第一水再生センターを無人とし、同センターは隣接する栄第二水再生センターから遠方監視を行っている。



Fig.1: Location of wastewater treatment plants and pumping stations

3. 現在の更新方針

3.1 更新時期

本市では、監視制御システムの各機器については、

毎年の委託点検や適切な時期に修繕を行うことで、国で定められた標準的耐用年数 10 年に対して、目標耐用年数を 20 年に設定し、長期的な更新計画を策定している。策定の際には、従来の LCC 評価等に加えて、以下の内容について主に考慮している。

(1) 機器の期待寿命及び機能向上

近年設置されている機器の中には、本市の目標耐用年数に比べて期待寿命が著しく短い汎用品も多いため、目標耐用年数までに部品交換が何度も必要になる場合がある。また、電子部品の技術革新が早いため、納入機器が設置後間もなく旧機種となって修理部品の長期確保が難しい場合や、更新した方が大幅な機能向上が見込まれる場合も考えられる。このような場合には、修理部品の確保状況や機能向上等を総合的に判断し、更新計画を見直すことも考慮する必要がある。

(2) 機械設備等との整合性

コントローラ等の現場監視制御設備は、機械設備や負荷設備と密接に関わっており、これらと同時に更新することが基本であると考えられる。しかしながら、機械設備と負荷設備は、標準的耐用年数が現場監視制御設備よりも長い上に、長寿命化対策等でさらに更新までの期間は長くなる傾向にあるため、現場監視制御設備のみを更新することも視野に入れる必要がある。

3.2 更新範囲

監視制御システムを更新する際には、維持管理性、交換部品の確保、システムの簡素化等を考慮すると、同時期に一括で更新することが望ましいと考えられる。しかしながら、更新に必要な設備投資費の確保や新旧システムの切替に必要な工期の問題等から、部分的に更新を行っているのが現状である。

部分的に更新を行う際には、設置年度により機種が異なるコントローラやシーケンサが混在することになる。これらのコントローラやシーケンサが、中央監視制御設備と直接伝送できない場合には、ゲートウェイ等を設置して、複数の制御ネットワークを構成する必要がある。ゲートウェイ等が故障した場合には、1つの制御ネットワークをすべて監視制御できなくなるなど、多大な影響を受けるため、極力ゲートウェイの設置が必要とならないように更新範囲を設定している。

3.3 機能向上

本市では、監視制御システムの更新に際しては、本来の目的である機能改善と信頼性の向上に加えて、管理運営性を向上させるために、以下の項目について検討し、必要に応じて導入を行っている。

(1) 取込信号の個別化

従前の監視制御システムでは、処理能力等の条件により、複数の故障を集約して一括故障としている場合が多い。このため、更新後は個別信号として監視制御システムに取り込み、出来る限り現場の状況を中央操

作室にいる操作員が把握できるようにする。

(2) 効率的な運転制御方法の導入

下水処理施設では、多くのエネルギーを使用しているため、トップランナー変圧器やインバータ等を導入し、省エネ対策に積極的に取り組んでいる。しかし、これらの省エネ機器は、制御目標値を時間帯別に設定する等の運転制御方法を取り入れることによって、更なる省エネ効果が期待できる場合も多い。このため、導入機器に合わせた運転制御方法を導入する。

(3) 監視制御画面の工夫

監視制御システムの中でも、監視制御画面が更新された場合は、これまで監視できなかった様々な情報が表示される。一方で、一つの画面に多くの情報が凝縮されていることも多く、重要な情報が分かりにくくなってしまいう可能性もある。このため、新たな監視制御画面の作成に際しては、実際に監視業務を実施する観点から、効率的に業務を行えるようにする。

4. 標準的なシステム構成

4.1 更新時の機器構成

本市では、集中監視分散制御方式による監視制御システムの整備開始当初は、安全性を高めるため、受変電・発電設備等の各設備に、「コントローラ」、「シーケンサ」、「現場操作盤（監視操作盤）」、「計装盤」等を監視制御設備として設置していた。しかし、これらの監視制御設備を更新する際、昨今の厳しい財政事情を鑑みると、システムを構築する各機器の技術革新による信頼性や処理能力の向上を考えずに、同様の機器構成で更新することは経済的ではない。このため、本市では、各設備の重要性や故障時における影響等を考慮し、更新する際の標準的なシステム構成を検討した。ここでは、検討の結果、機器構成等を変更した3項目について示す。

(1) 中央監視制御画面の台数

中央監視制御設備は監視制御システムの中心であり、故障した場合の影響が大きいため、水処理施設やポンプ場の新規稼働に合わせて機器を増設し、信頼性を向上させてきた。しかし、これらを更新する場合には、更新前の機器構成でなくても信頼性を確保できる可能性がある。このため、受変電・発電設備や沈砂池・ポンプ設備等の各設備を監視制御するために必要な中央監視制御装置の監視制御画面の台数を各水再生センターにヒアリングを行い、その結果をもとに監視制御画面の標準的な台数を Table 1 のとおりとした。

Table 1 において、受変電・発電設備及び沈砂池・ポンプ設備は、受電電力や揚水量等を常時監視制御する必要があるため、中央監視操作卓の設置の有無にかかわらず、監視制御画面を 1 台設置することとした。

また、水処理設備については、情報量は他の設備に比べて多いものの、常時監視制御が必要な内容は乏しいため、標準活性汚泥法及び高度処理法ごとの水処理2系に1台とした。最後に、ポンプ場については、中央監視操作卓で監視制御を行うことのできるため、操作卓がある場合には、汚水中継ポンプ場毎に1台とした。

(2) シーケンサの設置基準

本市ではこれまで、数値演算制御はコントローラ、論理演算制御はシーケンサがそれぞれ制御を行うように、各設備にコントローラとシーケンサを1台ずつ設置していた。しかし、コントローラ等の処理速度、処理点数、信頼性等の向上により、数値演算制御と論理演算制御を1台で行うマルチコントローラをコントローラとして設置し、基本的にシーケンサは設置しないこととした。ただし、発電設備及びポンプ設備については、下記の理由によりシーケンサも設置している。

- ① 下水処理施設の中で特に重要な設備であること。
- ② 各種自動運転や補機類との連動回路が多くあるため、故障した場合の対応が煩雑であること。
- ③ 負荷別に独立性が高くシーケンサを用いて危険分散した場合の効果が高いこと。

(3) 故障表示盤の設置

中央監視制御設備がある中央操作室で各設備の監視制御ができなくなった場合に備え、各設備の制御室には現場操作盤が設置され、中央操作室と同等の監視制御が可能となっている。しかし、プロセス監視が他の手法で可能であること等の理由により、故障した場合に現場での機側運転が比較的容易である水処理設備等については、現場操作盤における故障表示機能のみを持たせた故障表示盤を設置することにした。

Table2には、設備毎の現場操作盤と故障表示盤の設置基準を示す。

4.2 本市の標準システム構成

Fig.2は、前項における検討を踏まえて策定した標準的な監視制御システムの構成図である。従来の構成に比べて、主に水処理設備に設置されている監視制御設備を見直す内容により、信頼性のあるシステムの構築と設備投資費の抑制を実現している。

なお、図中には記載していないが、各設備にはコントローラやシーケンサが停止した場合でも、機器の運転停止操作や重要な故障等によるインターロック機能が動作するように、機器の現場盤レベルの手動回路はハードリレーシーケンスによる回路構成としている。

5. 更新事例

5.1 更新対象

本市磯子区にある磯子ポンプ場は、昭和40年より稼働している汚水中継ポンプ場である。本ポンプ場は、

Table1: Number of instrumentation and control displays

監視制御対象 設備等	中央監視操作卓	
	設置無	設置有
受配電・発電設備	1台	1台
沈砂池・ポンプ設備 (滯水池含む)	ポンプ設備毎 に1台	ポンプ設備毎 に1台
水処理設備	各処理方法で 2系毎に1台	各処理方法で 2系毎に1台
ポンプ場	汚水中継及び 雨水排水ポン プ場毎に1台	汚水中継ポン プ場毎に1台

Table2: Selection table of local control board and failure indication board

設備名	現場操作盤	故障表示盤
受変電・発電設備	○	
沈砂池設備		○
ポンプ設備	○	
送風機設備	○	
最初沈殿池設備		○
反応タンク設備		○
最終沈殿池設備		○
消毒設備		○
処理水設備		○
汚泥調整設備		○
雨水滯水池設備		○

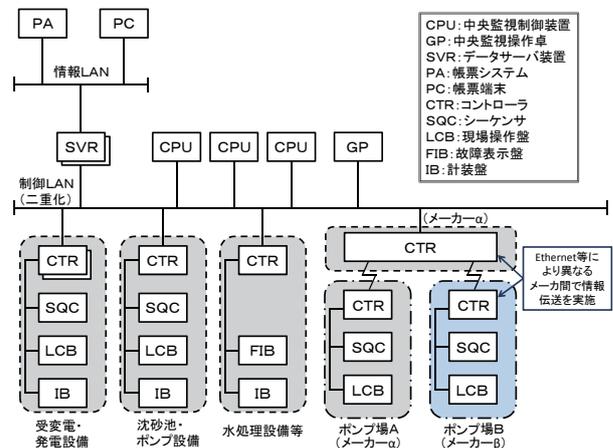


Fig.2: Standard configuration of instrumentation and control system

本市でも規模が大きく、全ポンプ16台（合計能力42.2m³/s）が整備されている。平成21・22年度に、本ポンプ場と所管する南部水再生センターの監視制御システムを更新したので、更新事例として報告する。

5.2 更新前後のシステム構成

更新前の磯子ポンプ場のシステム構成を Fig.3 に示

す。更新前は、南部水再生センター～礮子ポンプ場間の伝送は、光ファイバーを利用した光モデムにより行い、センター側にある1台の中央監視制御装置で監視制御を行っていた。また、礮子ポンプ場側は、コントローラ1台、二重化CPUシーケンサ1台等でシステムを構成していた。なお、礮子ポンプ場では礮子第二ポンプ場との伝送用に入出力装置を設置していた。

Fig.4には、更新後のシステム構成を示す。更新により、南部水再生センター～礮子ポンプ場間の伝送は、汎用のメディアコンバータとレイヤ3スイッチによる方式を採用した。また、センター側では、既設の礮子第二ポンプ場中央監視制御装置2台に礮子ポンプ場用として1台を増設し、合計3台で礮子ポンプ場と礮子第二ポンプ場を監視制御できる構成とした。礮子ポンプ場においては、コントローラを用途別に2台（1台は二重化CPU）とし、シーケンサについてもポンプ用、発電機用に分けて設置した。

5.3 更新による機能の向上

更新前は、センター側及びポンプ場側ともにコントローラ1台によって遠方監視制御を実施しており、故障発生時や定期点検により機器が停止した場合の影響が大きかった。このため、更新にあたっては、危険分散と操作性の向上を念頭に置いたシステム構成とした。特に、センター側は礮子第二ポンプ場と中央監視制御装置を統合化することにより、システムの多重化による危険分散と同一画面で両ポンプ場の運転監視が可能となったことによる操作性の向上を実現した。

また、更新により伝送項目数が大幅に拡張されたため、一括故障信号を個別信号にすることができ、水再生センターで詳細な故障内容を把握できるようになった。さらに、ポンプの制御目標値、給排気ファンの運転時間等を南部水再生センターから新たに設定できるようになり、状況に合わせたポンプの自動運転や給排気ファンのタイマ運転による省エネが可能となった。

6. 今後の方向性

今後の監視制御システムの更新に際しては、以下の項目について検討し、維持管理性や信頼性の更なる向上に努めていきたいと考えている。

6.1 各種システムの導入

現在の監視制御システムにも、流入量予測によるポンプ運転支援システム等が導入されている。今後は、温室効果ガス排出量をリアルタイムで把握するシステム、故障発生時に対応マニュアルを表示する故障対応支援システム等を監視制御システムに導入することを検討する。

6.2 震災対策

下水道施設の耐震対策は、公益社団法人日本下水道

協会発行の「下水道施設の耐震対策指針と解説」等にもとづき、設備設計及び現地施工を行っている。しかし、監視制御システムの中には地下部に設置されているものも多く、津波に対する明確な対策は取られていない。このため、更新に際しては地上部への設置等を検討する。

7. おわりに

下水道はこれまでもインフラとして、重要な役割を果たしてきたが、近年では厳しい財政事情のもとで、業務の効率化や省エネ等が求められている。

一方で監視制御システムの機能は日々向上しており、最新機器を導入することによって、業務の効率化や省エネが可能となる運転方法や制御内容等も多い。このため、今後とも監視制御システムの更新にあたっては、機能改善と信頼性の向上にとどまらず、業務の効率化等を目指して、システムの構築や機器の選定を行いたいと考えている。

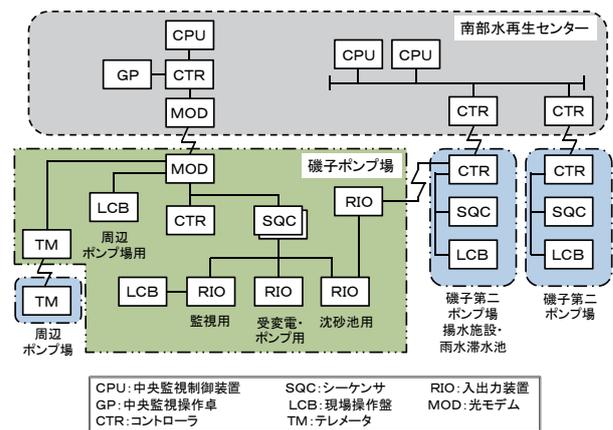


Fig.3: Former system configuration of Isogo pumping station

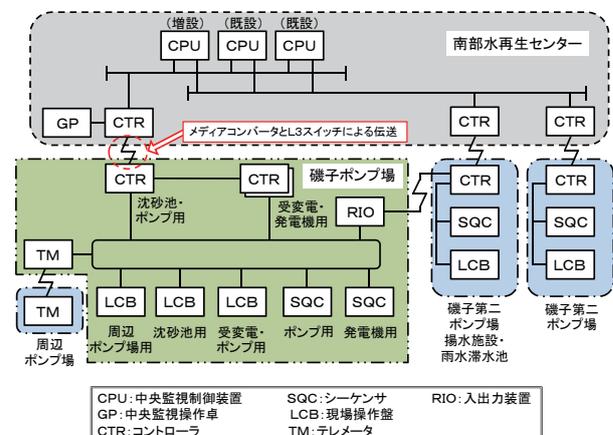


Fig.4: Replaced system configuration of Isogo pumping station