

〈特集〉

下水道施設における最近の計装制御システムの適用事例

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: ke00-ashizawa@city.yokohama.jp)

概 要

横浜市では、下水処理施設の効率的な運転、維持管理性の向上等のため、計装制御システムを積極的に導入してきた。特に、近年の目覚ましい情報処理技術の進歩によって、これまでにない計装制御が可能となった。今回は、本市における最近の計装制御システムの適用事例について報告する。

キーワード：下水道施設、計装制御システム、遠方監視制御、水再生センターの統合、業務効率化

原稿受付 2012.5.11

EICA: 17(1) 32-35

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）が稼働して以来、現在では 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、下水道の普及率もほぼ 100% に達している。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、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、計装制御システムを積極的に導入してきた。今回は、本市における計装制御システムの導入と自動化のための条件について示した後、最近の適用事例について報告する。

2. 本市における計装制御システムの導入経緯

2.1 水再生センター

本市の水再生センターにおいて、導入された計装制御システムは、昭和 42 年の北部第一水再生センターが初めてである。導入された方式は「集中監視集中制御方式」であり、これにより処理プロセスの監視を中央監視室で一元管理することが可能となった。

集中監視集中制御方式は、各水再生センターの供用開始に合わせて順次導入された。本方式は、中央監視室の運転員が、集約されたプロセス情報を選択・整理・加工して、直接プラント運転等の意思決定を行うものであった。このため、本来メリットであった中央監視室へのプロセス情報の集中によって、運転員の負担が増大し、水再生センターの適切な運転管理が難しくなってしまう。

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の中で実現させるため、新たな監視・制御システムとして「集中監視分散制御方式」が昭和 53 年に神奈川水再生センターに導入された。集中監視分散制御方式の導入により、プラント全体の統合的な管理が可能となり、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できた。集中監視分散制御方式は、神奈川水再生センター以降に稼働した水再生センターに導入されていった。導入の結果、

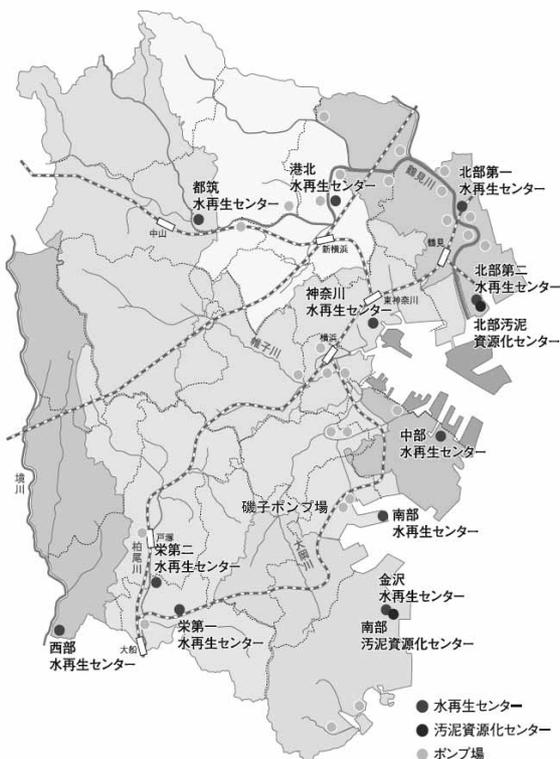


Fig. 1 Location of wastewater treatment plants and pumping stations

現在では夜間・休日は2人で水再生センターの運転監視を行っている。

2.2 ポンプ場

本市下水道処理区内にあるポンプ場の運転監視を水再生センターから遠方監視制御するために、本市では、昭和44年桜木ポンプ場にデジタルサイクリック式遠方監視制御装置を初めて導入した。導入によって、ポンプ場の無人化及び省力化が可能となり、現在11か所の汚水中継ポンプ場において夜間・休日は無人、15か所の雨水排水ポンプ場においては24時間無人の体制で、運転管理されている。

3. 自動化の条件

3.1 下水処理施設の主な特徴

下水処理施設の主な特徴としては、下水が人々の生活に合わせて、日変動や時間変動を伴い24時間休むことなく流入している。

また、降雨があった場合には、流入する雨水に合わせてポンプの運転・停止及び速度制御を行い、雨水排除を行う。雨水は、降雨によって流入速度や流入量が異なるため、制御にはこれらに追従する幅と速度が必要となる。

3.2 計装制御システムに求められる要件

水処理施設を自動制御で運用するためには、前項で示した下水処理施設の特徴を踏まえた上で、信頼性と安全性が高い計装制御システムを構築する必要がある。具体的には、以下の要件に考慮して構築することが考えられる¹⁾。

- ① システムが二重化されていること
- ② 複数の伝送経路が確保されていること
- ③ システムがロックしないこと
- ④ 故障時に短時間で復旧できること
- ⑤ 常に変化する状況に対して高い応答性と柔軟性が確保されていること
- ⑥ システムに拡張性や継続性があること

3.3 本市の標準システム構成

本市では、集中監視分散制御方式による計装制御システムの整備開始当初は、受変電・発電設備等の設備ごとに、「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。しかしながら、中央監視制御装置、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、現在更新を行う際には各設備の重要性に合わせた機器構成としている。

Fig. 2に示したのは、標準的な計装制御システムの

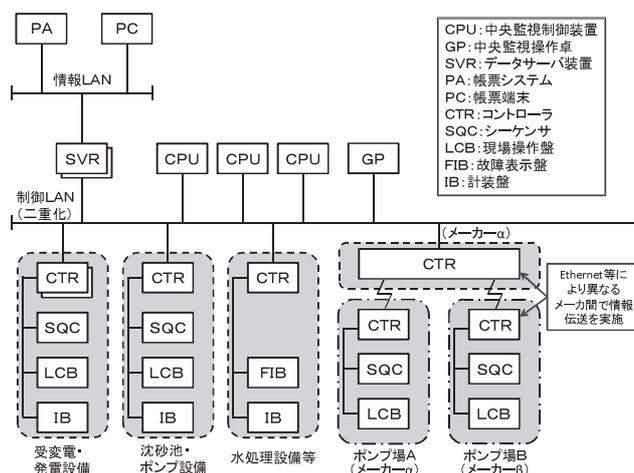


Fig. 2 Standard configuration of instrumentation and control system

構成図である。Fig. 2に示す通り、本市では、設備ごとに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、発電設備及びポンプ設備を除き、基本的にシーケンサは設置していない。また、「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については動作する必要があるため、機器の現場盤レベルの手動回路ではハードリレーシーケンスによる回路構成となっている。

本市では、自営の光ファイバーネットワークの構築を進めており、平成24年度末には、汚水中継・雨水排水ポンプ場の全てが、所管の水再生センターより下水道管渠内に敷設した光ファイバーケーブルによる遠方監視制御が可能となる。また、通信方式に汎用性のあるイーサネット等を採用することで、異なるメーカー間の「コントローラ」でも情報伝送を実施している。

4. 適用事例

4.1 水再生センターの統合化²⁾

(1) 背景

本市では、ポンプ場については、遠方監視制御システムを活用して、夜間無人化等の効率的な管理体制を実施してきた。一方で、水再生センターは、施設規模が大きく、降雨警報や故障発生時の人員体制の確保、遠方監視制御システムの処理能力等に課題があり、ポンプ場のような管理体制を取るようなことはできなかった。

しかし、周辺幹線の整備や遠方監視制御装置の機能向上等を受け、本市として初の試みとなる水再生センターの統合化を行うため、平成20年度に栄第一水再生センター（以下「栄第一」という）を隣接する栄第

二水再生センター（以下「栄第二」という）から遠方監視する設備を整備した。栄第一と栄第二の施設の諸元は **Table 1** のとおりである。

ここでは、適用事例の一つとして、水再生センターの統合について紹介する。

(2) 統合化の条件

栄第一と栄第二の統合化については、他の水再生センターに比べ、以下のような有利な条件があり実施できた。統合化の結果、夜間・休日の栄第一は無人とし、栄第二からの遠方監視を行っている。

- ① 両水再生センター間は直線で約 2 km しか離れておらず、故障発生時等にも栄第二から出動し、迅速な対応が可能であること。
- ② 栄第一に流入する汚水幹線は分流式の上、流入水質が安定し、水処理も比較的良好であること。
- ③ 栄第一と栄第二の間には、ネットワーク下水道幹線が整備されており、栄第一で処理能力不足となった場合には栄第二で補うことが可能なこと。
- ④ 両水再生センター間を結ぶ幹線内に光ファイバーネットワークを構築できること。

(3) システム構成

統合化によって、栄第一の監視は栄第二で主体的に行うことになる。このため、栄第一の既設中央監視制御設備と同等の監視制御設備を栄第二に整備した。

Fig. 3 には、統合後のシステム構成を示す。

Table 1 Plant specifications of Sakae1 and Sakae2 wastewater treatment plants

	栄第一	栄第二
敷地面積 [m ²]	31,260	92,000
計画処理面積 [ha]	2,139	4,232
計画処理人口 [人]	180,000	401,000
計画処理能力 [m ³ /日]	93,600	211,800
運転開始年	1984 年	1972 年

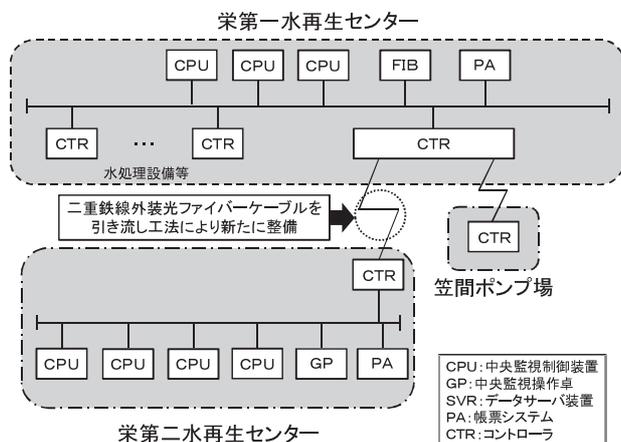


Fig. 3 System configuration of Sakae1 and Sakae2 wastewater treatment plants

(4) 工夫

水再生センターを統合するために整備したシステムの構成はシンプルだが、水再生センターを広域監視し、管理体制を無人化・少人数化するためには、信頼性の問題などについてクリアしなければならない。本市では、統合化にあたって、以下の点について工夫した。

- ① 栄第一が無人の時間帯は、光ファイバーケーブルを通じて栄第二で運転監視を行っているため、張力強度の高い二重鉄線外装光ファイバーケーブルを採用し、断線が起きないように配慮した。
- ② 距離が離れている場所からの操作にもリアルタイムで応答するように、センター間の通信方式には Ethernet 100Base-FX を採用した。
- ③ 栄第一の現場機器に対して、2 か所の水再生センターから操作可能となったため、誤操作防止対策として操作権を導入し、操作可能な水再生センターは 1 か所とした。

(5) 効果

統合により、少数の職員で効率的に 2 か所の水再生センターを管理できるようになったため、統合前は栄第一と栄第二を合わせて 65 名で管理していたが、統合後は 54 名で管理することが可能となった。

4.2 ポンプ場遠方監視制御システムの更新

(1) 背景

本市のポンプ場における各機器の制御は、各ポンプ場内に設置されたコントローラ等で行っている。これは、ポンプ場のコントローラと常時監視を行っている水再生センターの中央監視制御設備との伝送が途絶えた場合にも、ポンプ場の制御を継続し、各機器は自動運転を行うことができるという利点がある。

ポンプ場のコントローラと中央監視制御設備との伝送項目は、各機器の運転状態及び故障信号、手動介入の運転操作信号、流入渠等の水位、降雨量等となっている。ポンプ場における各機器の運転状態等の情報を数多く伝送することは、水再生センターでポンプ場の状態を詳細に把握できることにつながる。特に、機器に故障が発生した場合は、センター側で故障内容を詳細に把握することにより、迅速かつ適切な人員配備が可能となるため、伝送項目を精査し、センター側に多くの情報を伝送できるように努めている。

本市では、計装制御システムについて、標準耐用年数を 10 年、目標耐用年数を 20 年とし、順次更新を行ってきた。ここでは、ポンプ場における遠方監視制御の更新について、適用事例として紹介する。

(2) 更新するポンプ場

本市磯子区にある磯子ポンプ場は、汚水中継ポンプ場として昭和 40 年より稼働しているポンプ場である。**Table 2** に、磯子ポンプ場の施設の諸元を示す。

Table 2 Plant specifications of Isogo pumping station

敷地面積 [m ²]	4,960
汚水ポンプ台数 (合計能力 [m ³ /s])	7台 (13.15)
雨水ポンプ台数 (合計能力 [m ³ /s])	9台 (29.05)

磯子ポンプ場は、本市でも規模が大きいポンプ場で、全ポンプ16台が整備されている。また、新しい計装制御技術を積極的に導入してきたポンプ場であり、昭和47年に本市で初めてポンプの回転数制御を導入し、昭和57年11月からは本ポンプ場を所管する南部水再生センターから遠方監視制御を行っている。

(3) 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. 4 に示す。更新前は、南部水再生センター～磯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運転監視を行っていた。また、磯子ポンプ場側は、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、磯子ポンプ場では磯子第二ポンプ場と直接伝送を行うため、入出力装置を設置していた。

Fig. 5 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～磯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、既設の磯子第二ポンプ場用中央監視制御装置2台に磯子ポンプ場用として1台を増設し、合計3台で磯子ポンプ場と磯子第二ポンプ場を運転監視できる構成とした。磯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。

(4) 工夫

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を各1台設け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、センター側は磯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。

(5) 効果

更新により、機器の機能や信頼性が向上した。特に、伝送項目数が大幅に拡張されたため、集約していた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。また、ポンプの制御目標値、給排気ファンの運転時間等を新たに南部水再生センターから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

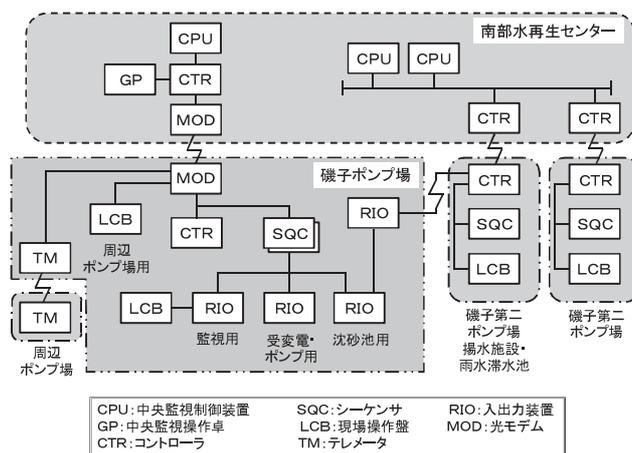


Fig. 4 System configuration of Isogo pumping station (before)

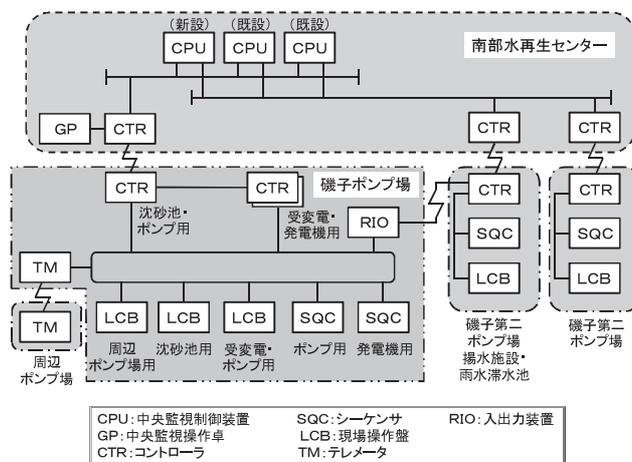


Fig. 5 System configuration of Isogo pumping station (after)

のタイマ運転による省エネが可能となった。

5. ま と め

今回は、本市における計装制御システムの適用事例として、水再生センターの統合化及びポンプ場遠方監視制御システムの更新について報告した。

計装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可能となる運転方法や制御内容等も多い。今後も、設計にあたっては機器の信頼性向上にとどまらず、維持管理における効率化や省エネを念頭において、システム構成や機器選定を実施していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 芦澤謙司：下水道における安全・安定運転の考え方と監視制御システムの要件，計装，Vol. 55, No. 2, pp. 9-12 (2012)
- 2) 芦澤謙司：水再生センターの統合化に向けた遠方監視制御について，環境システム計測制御学会誌，Vol. 15, No. 2/3, pp. 145-148 (2010)