

広域水運用システムを用いた中規模水道システムの総合自動化

村山 忠義* 宮島 康行** 結城 博司*** 井上 章*** 金子 幸弘***

* (株) 東芝 公共システム事業部

** (株) 東芝 重電技術研究所

*** (株) 東芝 府中工場
東京都府中市東芝町1

概 要

上水道分野では、限られた水資源の有効活用、施設の効率的な運用、運転管理の省力化を目的とした都市レベルでの総合自動制御システムの整備に力が注がれ始めている。

ここでは、給水人口10万人、2配水場から直接給水する上水道システムを対象例として実現した広域水運用システムについて紹介する。本システムには、10分単位24時間の需要予測機能、2配水場の配水流量負荷分担計画機能、無人配水場の自動起動停止機能、各配水場の取水ポンプ群の自動管理機能、配水圧力自動制御機能が組み込まれている。

これらの機能を、当社のCIE統合システムCIEMAC_{TM}を用いたTOSWACS_{TM}-IDシステム上で構築し、実プロセスにおいてオンライン化した。

キーワード

上水道 水運用 需要予測 運転計画 配水圧力制御 送水制御 維持管理

1. まえがき

上水道分野では、高普及率・維持管理の時代を迎え、限られた水資源の有効活用、施設の効率的な運用、運転管理の省力化を目的とした都市レベルでの総合自動制御システムの整備に力が注がれ始めている。ここでは、給水人口10万人の都市において、取水から配水までの一連の施設の広域管理と自動化を実現した事例について、プロセスの構成と特徴、監視制御システムの構成と特徴を紹介し、今回開発した予測・計画機能および制御機能を紹介する。

2. 対象プロセス

今回対象としたプロセスは、平成3年現在104,000人に給水している都市水道である。給水地区は、比較的平坦な市街地部分と、北部の丘陵地帯とから形成されている。市街地に対しては2つの配水場から直接配水している。丘陵地帯に対しては増圧ポンプを用いて調整池に揚水し、自然流下で給水しているが、丘陵地帯への給水量は全給水量の10%程度である。

プラントの特徴としては次の点があげられる。

- (1) 2つの配水場とも深井戸群を水源としており、県条例により1日の揚水量は井戸毎に規制されている。
- (2) 市街地への配水は、単一の配水管網に対して2配水場から行っているため、両配水場間の押し合いの問題がある。
- (3) 需要量の少ない夜間には、無人の配水場を停止させる必要がある。
- (4) 自己水源（深井戸）の他に、広域水道からの受水がある。受水点は、両配水場の配水ポンプの吐出側であり、広域水道の配水圧力で直接配水している。

- (5) 需要家には、ビール工場などの大口需要家が含まれている。
- (6) 圧力観測点で市街地の代表圧を計測し、この地点の圧力が一定となるよう、配水場のポンプを制御する必要がある。
- (7) 上記の制御は、有人配水場の大容量ポンプ（75kw×5台）と小容量ポンプ（37kw×2台）の組み合わせと1台の可変速ポンプ（75kw）の回転数制御により行う必要がある。
- (8) 配水圧力の目標値は、昼/夜別々に設定され、その切換は需要量と時刻との組合せにより自動的に行う必要がある。

このような特徴をもち、かつ市内全域に点在するプラントの総合自動運転化が今回のシステムの目的である。従来は、熟練オペレータの経験と勘により、大半の設備が遠隔手動運転されていた。そのため、オペレータの負担は非常に大きかった。総合自動運転化により、オペレータの負担を大幅に軽減することも、今回の目的の一つになっている。

3. 広域水運用システム

総合自動運転化にあたっては、予測技術、計画技術、制御技術が重要になる。今回のシステムではFig. 1に示す機能構成を採用した。需要予測、負荷分担計画などリアルタイム性が要求される予測・計画機能をデータベースサーバ（DBサーバ）内で実現し、ポンプ制御などの制御機能を分散設置したプロセスコントローラ（PCS）に組み込んでいる。これらの監視操作は、オペレータ・インターフェイス・ステーション（OIS）に集約している。また、シミュレーション機能、需要予測モデル作成機能など扱うデータ量が多く、リアルタイム環境で動作する必要がない機能についてはエンジニアリングワークステーション（EWS）を用いている。

DBサーバでは、1日に1回需要予測機能が動作し、1日分の需要予測を行う。この予測結果に基づいて、負荷分担計画機能で、各配水場毎の1日分の送水流量計画値を作成する。

取水ポンプ、送水ポンプの制御機能は、PCSに組み込まれ、DBサーバから送られた計画値に基づき、ポンプ群の制御を行う。無人機場の配水ポンプ制御機能では、送水計画値に基づいた流量制御を行い、有人

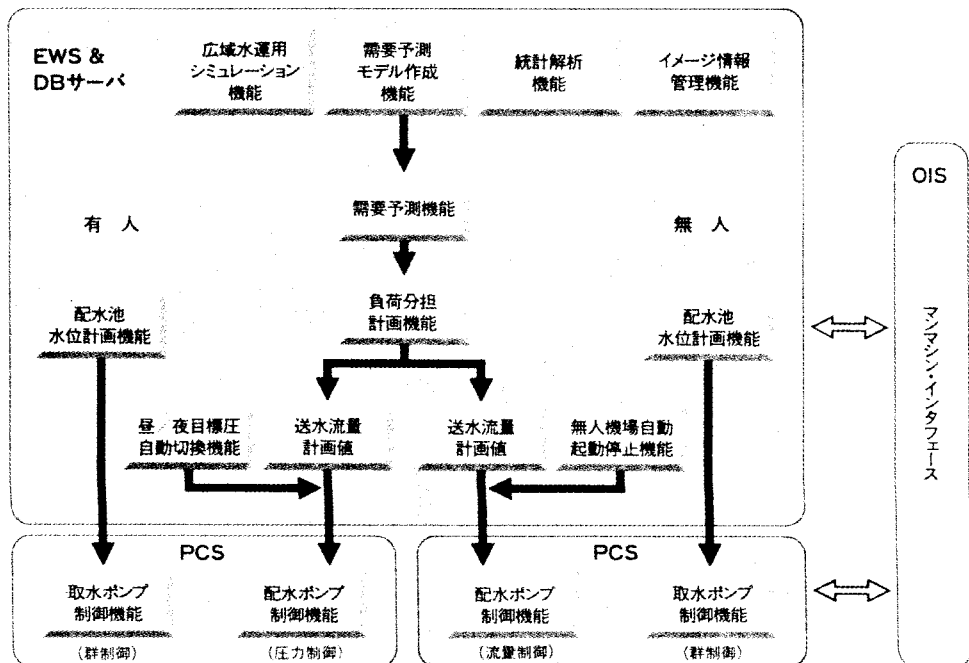


Fig. 1 広域水運用システムの機能構成

機場側の配水ポンプ制御機能で市内の配水圧力制御を行っている。

これらの機能を実現する動作環境としては、C（計算機）、I（計装）、E（電機制御）の各要素が融合したCIE統合制御システムを採用している。Fig. 2にシステム構成を示す。

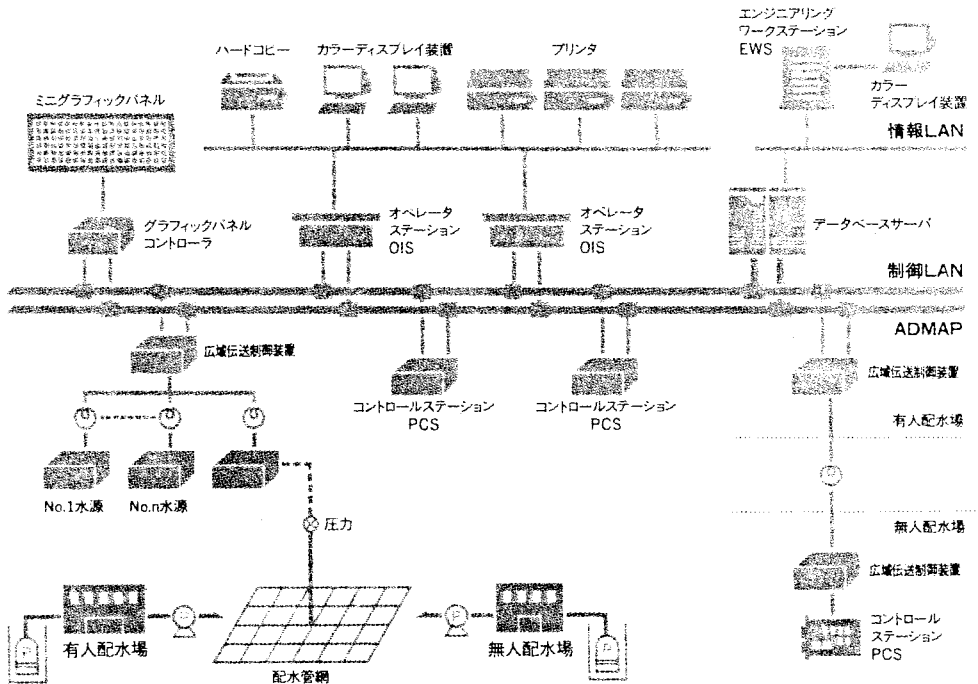


Fig. 2 監視制御システムの構成

3. 1 需要予測機能

従来、上水消費量の需要予測では、1時間単位または30分単位程度で1ないし2日分を予測することが一般的であった。しかし、30分単位では、朝方の需要の急峻な立ち上がりを予測し、この結果に基づいて無人機場を起動する運転計画を作成するためには精度が不十分であった。

ここでは、1日分の総送水量、すなわち2配水場の送水流量の合計値を統計手法の1種類であるGMDH (Group Method of Data Handling) を用いて予測し、10分単位の需要パターンを掛け合わせることによって、10分単位1日分の需要予測値を演算する。10分単位の需要パターンは、日々蓄積する総送水流量実績値から学習する構造となっている。

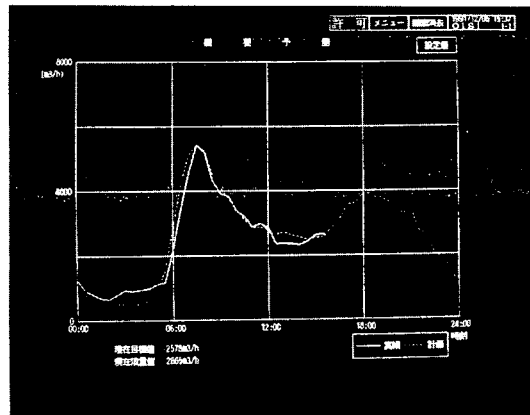


Fig. 3 需要予測値と実績値

Fig. 3に、需要予測値と実績値とを表示するOIS画面表示を示す。破線が需要予測値を、実線が需要実績値を表している。朝方の予測値の立ち上がりが実需要よりも若干早くなっている。これは、天候予報を晴と入力して需要予測を行ったにもかかわらず、朝方の天候実績が曇であり、水需要の立ち上がりが遅れたために生じた誤差である。この部分を除けば、概ね予測値と実績値とが一致していることが分かる。

3. 2 負荷分担計画機能

負荷分担機能では、需要予測値に基づき、有人配水場と無人配水場の1日間の送水流量計画値を作成する。

ここでは、無人配水場を、夜間休止し朝方、需要の急峻な立ち上がりに伴って起動する運転方法を用いている。従来、無人配水場の配水ポンプ起動停止タイミングは、熟練オペレータの経験に基づいて決定されていた。負荷分担機能では、熟練オペレータの経験を計算機プログラム内に組み込み、両配水場の1日分の積算送水流量の比が予め設定された分担比となり、かつ、無人配水場の配水ポンプ起動停止回数が最小となるように、負荷分担計画値を作成する。Fig. 4は、Fig. 3の需要予測値に基づいて、有人配水場と無人配水場の送水流量パターンを計画した結果と、計画値に基づき両配水場を自動運転した際の送水流量実績値とを示している。

3.3 無人機場自動起動停止機能

自動起動機能では、需要予測値と送水流量実績値とを監視して、無人配水場の起動停止タイミングを10分単位で補正する。この機能により、天候の急変などが原因となって需要予測値がはずれた場合にも、無人配水場と有人配水場の送水流量のバランスが保たれるようになっている。Fig. 4 (a)の無人配水場送水流量計画値と実績値のグラフでは、午前6時頃の起動タイミング実績値が計画値に対して30分程遅れている。これは、需要予測値に対して、実需要の立ち上がりが遅れたため自動起動機能が起動タイミングを修正した結果である。また、無人機場の起動タイミングが修正された結果、Fig. 4 (a) (b)の午前6時前後の2配水場の負荷分担も変化し、Fig. 4 (b)に示したように、有人機場側の送水流量が概ね送水流量計画値に追従していることが分かる。

3.4 取水ポンプ群制御機能

配水場の水源としては、有人配水場が12井、無人配水場が16井の深井戸を水源としている。これらの井戸は、各井戸毎に1日の揚水量の規制を受けており、規制値以上の揚水は禁じられている。

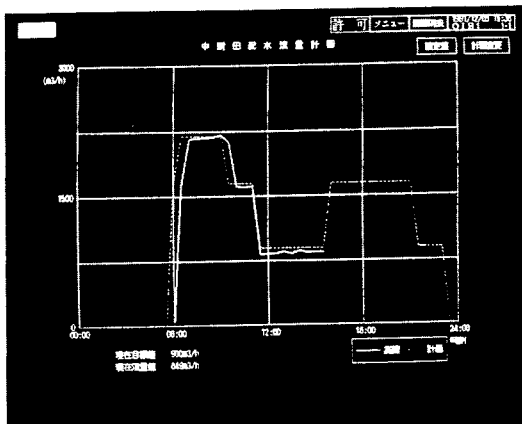
取水制御機能では、設定入力した配水池水位パターンに基づき取水する井戸数と井戸番号を自動演算し、どの井戸からも規制値内で均一に取水するように各井戸の揚水ポンプの起動停止を制御する。

3.5 配水圧力制御機能

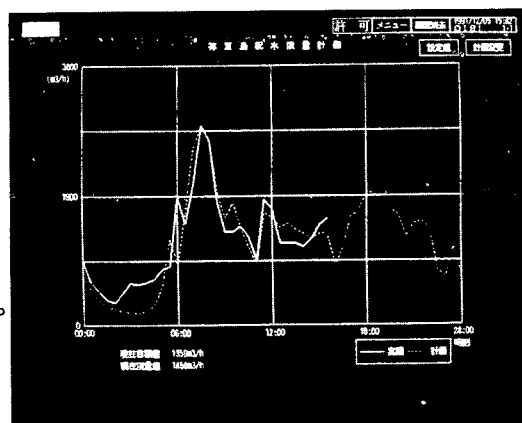
圧力制御機能は、市内の圧力検出点で検出した配水圧力を有人配水場に伝送し、配水圧力が水圧設定値に追従するようにフィードバック制御を行う。制御操作の対象は、有人配水場の回転数可変速形の配水ポンプ1台と、合計7台の固定速ポンプの運転台数である。これらのポンプを自動制御することによって、24時間を通じて配水圧力を目標配水圧力に保っている。

4. あとがき

CIE統合制御システムを用いた広域水運用システムの導入により、当初の目的であった市レベルでの水道施設の総合自動化が達成し、オペレータの負荷を大幅に軽減することができた。なお、本システムは、平成3年4月以来順調に稼働を続けている。



(a) 無人配水場の送水流量計画値と実績値



(b) 有人配水場の送水流量計画値と実績値

Fig. 4 負荷分担計画値と送水流量実績値