

水運用の変遷と最近の実施例

Execution Example which Changes Method of Volume of Water Administration and is Recent

南 浦 清 ^{*1}	二 宮 幸 夫 ^{*2}
MINAMIURA Kiyoshi	NINOMIYA Yukio
来 海 洋 治 ^{*2}	杉 谷 裕 通 ^{*2}
KIMACHI Youji	SUGITANI Hiromichi

上水道の運転管理においては、水量と水質の管理が重点管理項目である。本稿では、累積流量グラフを使用した水量管理手法について例題を挙げて説明する。累積流量グラフは、計画対象となる池の流入量・流出量の累積流量に着目した管理手法であり、流入量と流出量の積算値の差分が、計画対象池の貯水量の変動になることに着目している。

累積流量法においては、流量の瞬時値がカーブの傾きで表現され、流量の変化がカーブの変局点で表現される。このことを利用して設定した水位条件や流量条件等を逸脱しない範囲で、累積流量グラフ上により編曲点の少ない直線を引くことにより、最適な流入量計画が直感的にイメージできる。

累積流量グラフを利用した水量管理機能は、上水道用情報管理ステーション「水明」のアプリケーションパッケージのひとつとして、1990年に納入を開始した。本水量管理機能は、出荷した水明システム43システム中、8システムで稼動中である。

In the operation administration of waterworks, the administration of the volume of water and the administration of the water quality are the emphasised administration items. In this text, the volume of water administration technique, which uses the accumulation flowing quantity graph, is explained by enumerating the exercise. This accumulation flowing quantity method pays attention to the accumulation flowing quantity of the inflow and the outflow of the pond to be planned. This technique pays attention to that there is a difference between the inflow multiplication value and the outflow multiplication value in the change of the amount of the pond to be planned storing. And, in this technique, instantaneous value of flowing quantity is expressed by the size of the inclination of the graph, and the change in flowing quantity is expressed by the change in the inclination of the graph.

Pulling the straight line that the change in the inclination is few so as not to deviate from the water level condition and the flowing quantity condition, etc., set on the accumulation flowing quantity graph can intuitively plan the best inflow in the future.

The volume of water administration function to use the accumulation flowing quantity graph is an application package of information management station "SUIMEI" for waterworks, and the delivery began in 1990. This volume of water administration function is operating by eight systems of shipped "SUIMEI" of 43 systems.

1. はじめに

最近の上水道の運転管理においては、水量の管理と水質の管理が重点管理項目の双璧を成している。本稿では水量管理に関して、自動化運用システムの変遷と実施例について述べる。

一般的に、浄水施設の安定操業を実現するために、水処理量を極力安定させる事は、水質変化に応じて薬品を適正に注入する薬注制御機能への外乱要因を押さえる点においても有効である。

また、水量管理方式では、水道用水供給事業に代表されるような予め定められた契約量(責任水量)に基づく方式や、需要家に直接配水を行うために需要変動に応じた浄水処理を行う方式など、事業形態の違いにより種々の方式で運転されている。

*1 IA環境システム営業本部 技術部

*2 IA SI情報2部

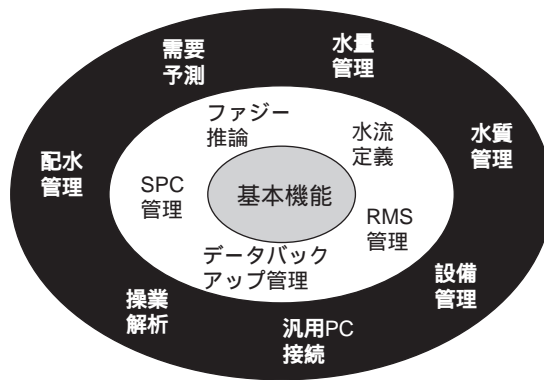


図1 水明の機能

一般需要家に直接配水を行う事業形態では、浄水使用量に合わせて適切な配水を行うために、配水池などの相当量の時間容量を持った池の貯水量の変動を利用する方法が行われている。近年、浄水の安定供給の観点から、配水池の時間容量を増大する方針が出されており、上水量の生産計画においても、運転計画の誤りによる回復動作が難しくなる方向となっている。そのため、従来に増して確実な運転計画を立案する必要性が生じている。

2. 水運用機能の変遷

2.1 水明^{*3}の今昔

過去の当社の上水道事業体へのコンピュータシステムやDCS(Distributed Control System)の納入経験をもとに1990年に納入を開始した上水道用情報管理ステーション「水明」は、現在までに43システムを納入(1998年7月現在)し、各事業所において稼働を続けている。また当年度納入予定の数システムについても現在、設計制作中である。

水明は、上水道用情報管理ステーションとして、データロギング・帳票管理機能を核とする基本機能に加え、需要予測機能、需要解析機能、水量管理機能、水質管理機能、操作解析機能、設備管理機能等の上水道運転管理に必要なアプリケーション機能をオプションとして用意している。

当初、水明はUNIX^{*4}サーバ/UNIXワークステーションの動作環境からスタートしたが、1997年度納入システムからはUNIXサーバ/Windows^{*5}PCワークステーション環境のサーバ/クライアント形システムへ移行している。PCワークステーション上では、スプレッドシート等の汎用市販アプリケーションパッケージを利用したEUC(End User Computing)環境を利用可能とするなど、時代の要請に合わせたプラットフォームでの動作環境を実現してきた。

2.2 水量管理機能

水量管理機能は水明のアプリケーション機能として1990年に納入以来、8システムが納入され日々の運転管理業務の一助を担っている。

水量管理内容についても、納入開始当初の、単一浄水場・単一配水系統での最適化運用管理の実現を機に、納入を重ねながら、複数の浄水系統・配水系統で適正管理が可能となるように改良を続けてきた。

以下に、水明の水量管理機能の概要を述べる。

3. 水量管理

従来の水量計画手法では、水量制御用として使用する流入量を決定する方法として、配水池の水位変動予測結果に重点をおいた制御手法が採用される事が多かった。

しかし、実際の運用においては、流入量を直接決定する事ができない制御方式では、直感的な運用ができない等の問題があった。本制御方式では、水量制御の対象となる池の累積流入量に着目し、需要予測データなどをもとにした累積流出量の予測値との関係から、将来の流入量を計画する手法を採用し、これを改善する事によって実用域に達する手法を開発してきた。

累積流量の概念を導入した事により、送水計画の立案業務において、配水流量と流入計画量の関係が直感的なパターンとして認識が可能となり、オペレータが介在した送水計画を行う場合でも、画面上に表示された計画パターンから容易に送水計画を立案可能となった。

3.1 モデリング

計画の対象となる施設(池や配管など)の接続状況等の情報を表1に示す用語の定義によりモデリングする。

図2は上記により表現される標準的なモデルを示しており、多くの送水施設はこれらの組み合わせにより表現ができる。池への送水にポンプにより圧送している場合においても、モデル上は同様に表現している。

表 1 用語と定義

用語	説明
バッファ池 又は、池	水量変動を吸収するために水位を変動させることが可能な池で、通常、配水池、浄水池が該当
ライン	池と池を結ぶ水路、需要区域への配水を行う配水管路
分岐・合流点	一つのラインが複数のラインに分岐したり、複数のラインが一つのラインに合流するときの流量の分配、合計演算を行うポイント
計画グループ	複数の池、ライン、分岐、合流点からなるモデル単位で、水量計画は、計画グループ単位で実施

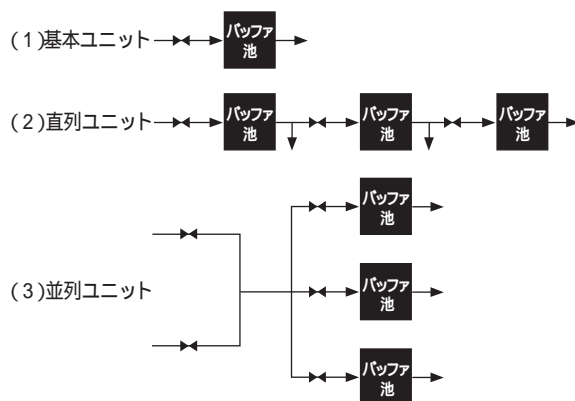


図 2 標準モデル図

(1) 基本ユニット

一つの(バッファ)池の流出流量が予測できる場合に、流入側の設定流量を計画する。

(2) 複数ユニット(直列, 並列)

基本ユニットが直列または並列に配置されており、各池からの流出量が各々独立して予測できる場合に、各池の流入側の設定流量を計画する。

3.2 流出量予測データ

計画の対象となる(バッファ)池の流出量の予測データは、水量計画モデルの目的によって、種々のパターンがある。

(1) 需要予測データを使用する場合

計画の対象となる池の流出管が一般需要家に直接接続される配水管の場合は、天候の変化、気温の変動予測データや過去の配水量実績などを基に短日予測を行う「需要予測機能」により将来48時間分の1時間毎の需要量を求め、これを流出量予測データとして使用する。

流出量の予測方式には、これまでも各種の方式が提案されており、当社においても各種研究発表会などで事例発表をしているので、ここでは省略する。

(2) 固定パターンデータを使用する場合

広域水道事業に代表されるような、受水団体との間で締結された予め定められた契約量(責任水量)に基づく送水運用を行っている場合は、その契約内容に基づいて策定した時刻別送水計画量を流出量予測データとして使用する。

また、曜日や天候の変動による影響があまりない、対象となる池の容量に対して送水計画量が十分に少ないなど流出量を一定値と見なしても全体に影響が無い場合は、その値を固定パターンとして使用する場合がある。

(3) ユーザアプリケーションから設定する場合

水量計画の前処理として、上記(1)(2)に示した標準入力以外からの時刻別流出量予測パターンを読み込んで設定可能な様に、アプリケーションインタフェースを持っている。

DCSのヒューマンインタフェースを通じて手入力した時刻別流量パターンを読み込んで、計画対象となる池の流出量予測データとして使用する場合などにも適用可能である。

3.3 水量計画の条件

実際の水量計画においては、満たしたい条件をすべて満たした流量計画を求めて、制御を行う事が最善の方法であるが、計画内容や施設状況などにより、すべての条件が満足できない状態では制御量を決定しなければならない場合が存在する。

本手法では、すべての条件が満足できない時は、優先順位の低い順に条件を除いて再計画する機能を用意しており、オペレータが手動操作で配水池の運用を行っている場合に経験的に行っていると思われる「妥協」の概念を組み込んだ。

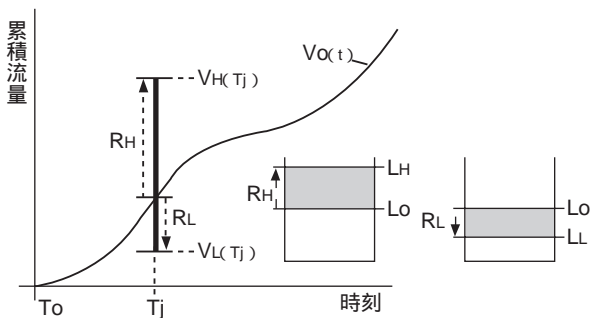


図 3(a) 水位上下限範囲

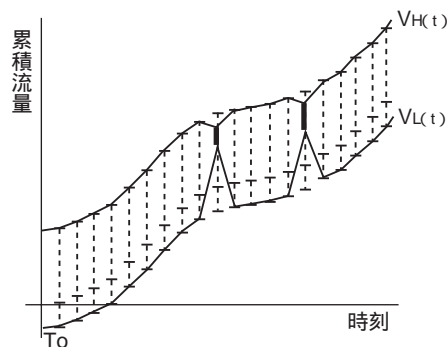


図 3(c) 累積流入量の上下限範囲

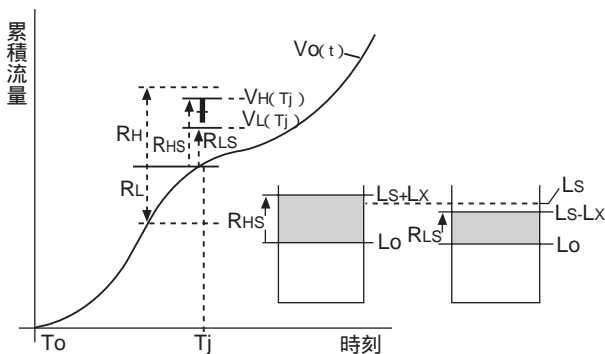


図 3(b) 目標水位

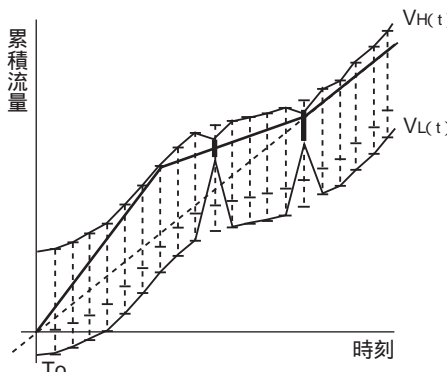


図 3(d) 流量計画の例

4. 累積流量による水量計画

水量計画において、流入と流出の累積流量に着目したグラフを用いた手法を採用したことにより、流入流量の瞬時値が流量カーブの傾きで、流入流量の変化が変曲点で表現されることを利用して、設定した水位条件や流量条件等の条件を逸脱しない範囲で、より変曲点のすくない直線を引くことにより、最適な流量計画が直感的にイメージできるようになった。

4.1 累積流量グラフ上の流量と水位の関係

ここでは流量計画を模擬的に行うことにより、累積流量グラフ上の流量カーブと水位条件の関係を説明する。

図 3 は、計画対象(パツファ)池の流出予測量を $V_O(t)$ を累積流量表現したグラフである。

図 3(a)(b)の右側の図は、現在水位 L_0 における水位を基準とした各累積流量グラフ上での水位変化を模擬的に示している。この池の上下限水位を各々 L_H, L_L とすると、任意時刻 T_j における水位 L から上限水位、下限水位までの余裕量 R_H, R_L は、累積流量グラフ図 3(a)において、時刻 T_j 上の太線として表される。

任意時刻 T_j において目標水位 L_s が設定されている場合は、上記と同様に、累積流量グラフ図 3(b)において、時刻 T_j 上の太線として表される。

図 3(a), 図 3(b)の表現を使用して、計画対象池の各時刻における上下限水位までの水量余裕量をカーブとして表現すると、図 3(c)の $V_H(t), V_L(t)$ となる。

計画対象池の流出量予測データと運転条件(ここでは水位条件)が図 3(c)の様に設定されていることを前提とする。

累積流量グラフにおいて計画対象池の流入計画を計画開始時刻の流入量と同量の流入を行うとすると、図 3(d)の破線で示すようになる。しかし、この配水池では、計画時間内に二つの水位目標があり、予想水位が一つ目の目標水位を下回る時刻があることがわかる。

この場合、実線で示す流入量計画のように、二回の流入量設定変更を行うことにより、配水池の上下限水位を逸脱することなく、かつ、二つの目標水位を通過する流入量計画が立案できる。

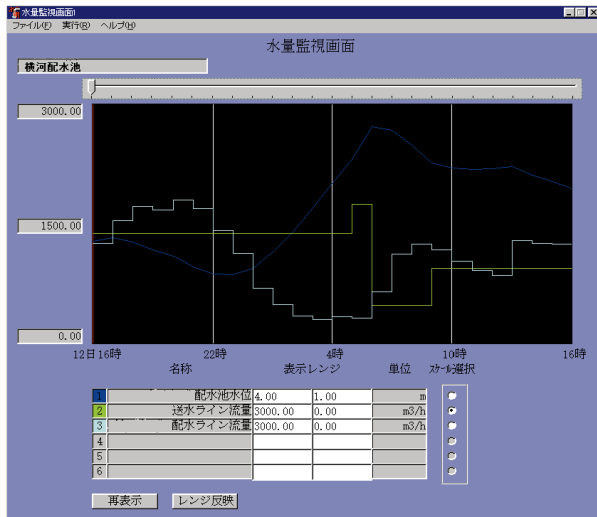


図4(a) 水量監視画面

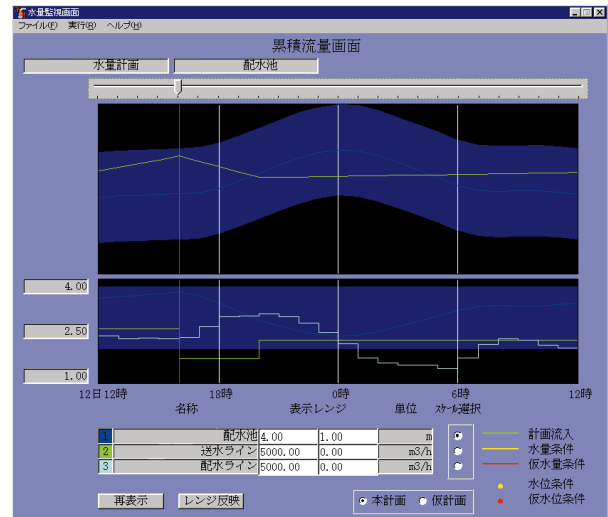


図4(b) 累積流量画面

4.2 計画条件

先に示した計画例では水位条件のみを計画条件としたが、実際の流量計画における計画条件は、以下に示す複数の運転条件が設定可能である。

下記の条件項目に、運転管理上の優先順位をつけ、水量計画時に条件を逸脱する場合は、自動的に優先順位の低い条件を解除して水量計画を練ることを可能とした。

(1) 池水位の上下限範囲

バッファとして変動可能な水位の範囲を、各時刻の水位を $L(t)$ として、 $L_L \leq L(t) \leq L_H$ の範囲とする。

(2) 基準水位とオペレータ設定水位

基準水位は、毎日定時刻に設定した水位目標値であり、オペレータ設定水位は、水量管理上一時的に設定した任意時刻の水位目標値である。いずれも計画条件としては同等に任意時刻(t_s)の水位を $L(t_s)$ として、 $L_s - L_x \leq L(t_s) \leq L_s + L_x$ の範囲とする。ここで、 L_s は目標水位、 L_x は目標水位への許容差とする。

(3) オペレータ設定流量

オペレータ設定流量は、水量管理上、流入流量を一時的に設定した任意時間の流量である。指定時刻から任意時間の流入流量をオペレータ設定流量として設定可能とした。

(4) その他

以上の他に、計画条件として、流量設定値の上下限範囲、流量調節が不可能な流入量制御系の離散条件範囲、流量変化幅の上限範囲などの計画条件を持つ。

4.3 複数ユニットの流量計画

複数の(バッファ)池を持った計画対象の流量計画においては、すべての池の計画条件を同時に満たす流量計画を見つける必要がある。本システムでは以下に示す項目を考慮に入れて最適条件を設定するようにした。

池の水位上下限を逸脱する回数をもっとも少ない計画を最適とする。

複数の池の水位変動は、各々の池の余裕量に応じて分配する。

計画グループ内のあらかじめ定めた判定ラインの水量変更回数をもっとも少ない計画を最適とする。一般的に計画グループの最初の流入ライン(取水ライン)を計画判定に使用する。

4.4 画面例

図4に本水量管理機能における代表的な画面例を示す。

図4(b)に示すように実際にオペレータが使用する累積流量画面では、図3に示した理論グラフの軸を変換することにより見やすく表示している。

5. おわりに

上水道事業の重要な運転管理項目の一つである水量管理について、配水池の貯水量を有効に利用しながら浄水生産量を極力一定に保つ手法として、累積流量の概念を導入することにより、流入量計画が直感的に行えることを示した。

また、最近の時代の要請であるサーバ/クライアント環境で動作する水明については、新たに水明²¹と命名し、先に述べた各種アプリケーション機能が、独立した複数のサーバ上での動作も可能とし、オプション機能の

増設時には、最新のアプリケーションサーバを必要に応じて適宜導入しながら、水明トータルシステムとして、ライフサイクルを延長する方向でのシステム化を目指している。

今後は、上水道運転管理だけに留まらず、下水道運転管理に業務においても、実際の運用に即したアプリケーション機能の開発を進めていきたい。

*3 横河電機(株)の登録商標です。

*4 Unix System Laboratories, Inc. の登録商標です。

*5 Microsoft Inc. の登録商標です。