

＜研究発表＞

京都市における下水道ポンプ施設の集中管理と支援システムの活用

古川 信博¹, 大塚 保雄²

京都市上下水道局下水道部 設計課(〒601-8004 京都市南区東九条東山王町12 E-mail:n.furukawa@suido.city.kyoto.jp) 1
(E-mail:ys.ootsuka@suido.city.kyoto.jp) 2

概要

京都市ではポンプ場が市内の各地域に点在している。そのためこれらの施設を効率的に運用するための集中管理を行っている。また、いわゆる都市型水害への対策が強く求められているが、本市の久世ポンプ場においては放流先河川の制約があり精密な運転が求められる。そのため流出解析モデルを使用した運転支援システムを導入した。

キーワード: 下水道, ポンプ施設, 集中管理, 運転支援システム

1.はじめに

京都市は、三方を山で囲まれ北が高く南が低い地形であり、自然流下を利用して汚水、雨水の排除を行ってきた。そのため他都市に比べ大規模のポンプ場は少ない。しかし比較的小規模なポンプ場が市内に点在することになり、これらの施設を効率的に管理することが重要である。

そこでこれらのポンプ場の管理基地を設け、遠隔監視を行なうことにより効率的な管理につとめてきた。各ポンプ場は民間の専門業者に委託し、運転管理を行なっている。

また、西羽東師川の流域では雨水幹線とポンプ場整備による浸水対策事業を進めてきたが、西羽東師川に排水する久世ポンプ場は放流先河川の制約があり高度な運転管理が求められる。放流先の西羽東師川は通常自然流下で桂川に流れ込む。しかし、桂川の水位が高くなった場合は、本市建設局河川課所管の西羽東師排水機場において雨水ポンプにより排水を行なうため、久世ポンプ場との間で運転調整が必要となり放流に制限を受ける。そのため雨水幹線への流入量や、ポンプ場の水位を算定する流域の流出解析モデルを構築した。雨水幹線とポンプ場の基本的な運用計画をたて、更にポンプ場の具体的な運転マニュアルを作成した。今回、ポンプ場のより効率的な運転を行うため、このモデルを簡略化しオンライン対応が可能なポンプ運転支援システムを導入した。

ここでは、本市のポンプ場の監視システム及び久世ポンプ場に新たに導入した運転支援システムについて報告する。

2.ポンプ施設の集中管理

本市のポンプ場は、平成17年度末現在、汚水用32箇所、雨水用22箇所、汚水・雨水用1箇所その他関連ゲート設備数箇所が稼動している。(Fig.1)

これらのポンプ場を効率的に運用するために山科及び木津川流域関連下水道処理区の6箇所のポンプ場について

は石田水環境保全センター内の雨水ポンプ場に、その他の地域にある50箇所のポンプ場については住吉ポンプ場にそれぞれ管理基地を設けている。この内、住吉ポンプ場を主たる管理基地とし、最近増設されたポンプ場については、監視制御装置を住吉ポンプ場に設置してきた。しかし、ポンプ場の増設によりその数が著しく増加したため、より効率的な運転が必要になってきたことから、平成6年度に集中管理システムを導入した。

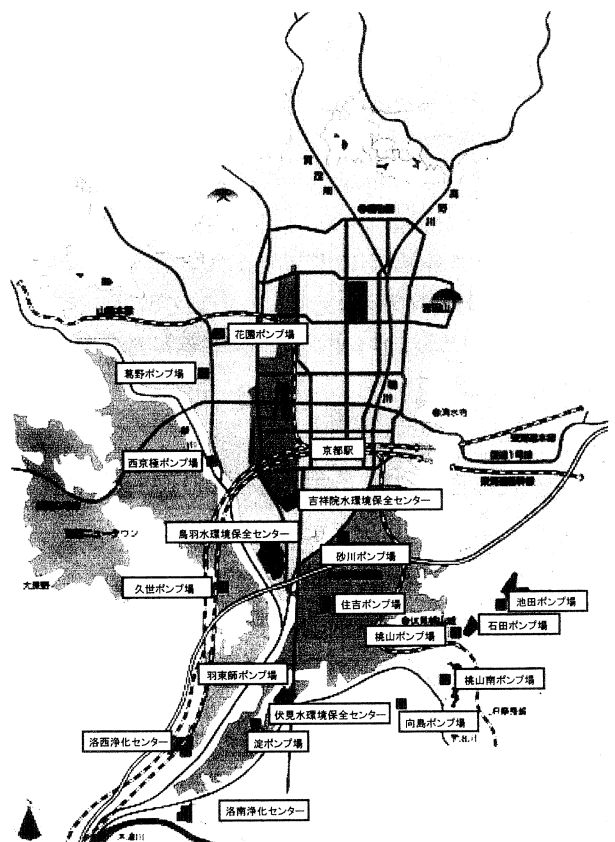


Fig.1 Placement of pumping stations
(except small-scale stations)

2.1 現システムの概要

管理するポンプ場すべてを同一のレベルで集中管理を行うことは経費もかかり効率的でない。したがって住吉ポンプ場で管理するポンプ場群を、用途、施設規模、地理的重要度により位置づけ、Table 1 に示すようにA～Cランクに分類し、ランクに応じた監視方法とすることとした。

Table1 Monitoring control system

ランク	位置付	監視方法
A	施設の規模が大きく、エンジン掛ポンプ、自家発電設備を有し、複雑な操作を必要とするポンプ場。	ポンプ場単位での、ミニグラフィック操作卓による常時監視及び操作を行い、また、CRTで画面選択による詳細監視及び操作を行う。
B	施設の規模は比較的大きいが、無人による自動運転が可能なポンプ場。	常時監視は行わず、CRTで画面選択による詳細監視及び操作を行う。
C	マンホールポンプ場等、施設の規模も小さく無人の自動運転で運営できるポンプ場。	ポンプ場毎の個別監視は行わず、地図監視画面による統括監視を行う。

2.2 運用の現状と課題

CRTオペレーションでは画面を検索し操作するため緊急時の対応に時間がかかる等の問題があるため、一部施設についてはミニグラフィックパネルを設置して常時監視を行ない複数の機器の操作も行なえるようにしている。しかし、監視員がCRT操作に慣れるに従いミニグラフィックパネルの重要性も薄れ、現状ではかえってシステムが煩雑になっているきらいがある。

また、今後建設局より移管されるものも含め、ポンプ場、マンホールポンプ場がさらに増加することが予想されるため、管理基地、管理システムの見直しを行なっている。次期計画として、今後増加してゆくポンプ場に柔軟に対処できるシステムを検討している。

3. 支援システムによるポンプ場の運転管理

久世ポンプ場は、次のように複雑な運転が求められるため流出解析モデルを構築し、その結果に基づき運転支援マニュアルを作成した。

まず、久世ポンプ場の放流先である西羽東師川は桂川に合流しており、桂川の水位が上昇した場合は西羽東師排水機場により内水排水を行なうことになる。

ここで、久世ポンプ場の排水能力は最大 24 m³/s で、西羽東師川の流下能力は自然排水時には 100 m³/s であり全量運転が可能である。しかし、放流先の桂川の水位が高くなった場合は、西羽東師排水機場により桂川へポンプにより排水されるが、その時の流下能力は西羽東師排水機場の排水

能力である 60 m³/s となる。そのため、西羽東師川下流の浸水防止のために久世ポンプ場の運転は 24 m³/s 未満に制限される。

西羽東師川雨水幹線の概要、支援システムによる久世ポンプ場の運転管理計画の策定及び運転管理状況は次の通りである。

3.1 西羽東師川雨水幹線の概要

西羽東師川は京都市、向日市、長岡京市にまたがる面積 1,880ha (京都市域分: 約 768ha) の一級河川であり、その流末は桂川へ流入する。地盤が低い土地が多く、古くから水害に悩まされてきた。さらに近年急激な都市化により、その状況に拍車がかかっている。このため、10年に一度の大雨(時間最大降雨量 62mm/時、日降雨量 164mm)においても浸水被害の解消を図るため、貯留機能を有した西羽東師川雨水幹線と久世ポンプ場の整備を行った。(Fig-2)
(雨水幹線 口径 3.25m～5.25m 延長約 6.6km)



Fig.2 Nishihazukashi drainage area

3.2 流出解析モデルによる運転管理計画の策定

西羽東師川雨水幹線の貯留能力は 78,000 m³ を有している。豪雨時には雨水幹線の貯留能力を活用して、西羽東師川への流出量を抑制しながら、内水排水を軽減する効率的なポンプの運転計画を立てる必要がある。

このためには、あらかじめ雨水幹線への流入量を予測し西羽東師川の水位情報を把握しつつ、ポンプ放流量を決定することが不可欠である。すなわち、予測結果により雨水幹線の雨水流入が貯留能力からみて余裕がある場合は、貯留

能力を活用し高めの水位による運転を行い、貯留能力を超えるような流入が予想される場合は西羽東師川の水位、西羽東師排水機場の運転状況を制約条件として考慮に入れながら早めに排水する低水位運転を行なうことになる。

このような複雑な運転条件に対応するため、西羽東師川雨水幹線、及び久世ポンプ場の運転計画を策定するにあたって、流出解析モデルを構築した。このモデルは、分布型流出解析モデルの下水道モデル(MOUSE)と河川モデル(MIKE11)を統合した「統合流出解析モデル」である。このモデルを用いて、雨水幹線への流入量やポンプ場の水位、放流河川の状況を算定し雨水幹線の能力を活用した運転管理計画を策定した。また、詳細なポンプ場の運転マニュアルの策定にも利用し、運転調整の水位の決定を行った。

このモデルは流域内の水路を含めた流量の実測調査も行って、キャリブレーションも実施し、ポンプ運転支援のための流入量予測に適したものであることを確認している。

3.3 流出解析モデルによる運転支援

流出解析モデルを用いて久世ポンプ場の基本的な運転管理計画を策定し、詳細な運転マニュアルも策定した。しかし、実際の運転操作に当たっては、ポンプの運転操作のタイミングや幹線への流入位置にポンプ場保護のために設けた緊急遮断ゲートの閉操作の時機を判断するには十分でない部分がある。そのため、オンラインでの運転支援システムを構築することとした。

流入予測を利用したポンプ運転支援システムの機能の概要を示す。(Table 2)

Table 2 Function of operation support system

	機能
支線別 流入量予測	幹線の合流地点において合流する支線から幹線への雨水流入量を予測
幹線 流入量予測	支線の流入量、ポンプ場の水位、雨量情報から幹線への雨水流入量を予測
貯留水量 変化予測	流入予測値、放流量計画値、放流量実績より貯留水量ならびに流入渠水位の変化を予測
貯留水量 ガイダンス	貯留水量変化予測値に基づくガイダンス画面(現状のポンプ運転継続時、ポンプ運転計画値に基づき運転した場合)
ポンプ 運転計画	・貯留水量変化予測値、現状の貯留水量、放流量規制値からのポンプ台数・回転数制御系への放流量設定値を算出 ・西羽東師排水機場とのオンライン接続後は、放流規制値をリアルタイムに計画処理に反映
ポンプ運転 ガイダンス	ポンプ運転計画値(放流量設定)ガイダンス

このシステムの構築は、すでに構築した「統合流出解析モデル」をオンライン対応に簡略化することによって行った。計画策定に用いるオフラインモデルの場合では、対象降雨があらかじめ決まっており問題なくシミュレーションができるが、オンライン化した際には、あらゆる降雨状況においてもモデルが安定したものになっている必要がある。また演算時間も実用に耐えるものでなければならない。一方、運転支援システムでは雨水幹線の流入予測や貯留水量の変化予測が主体となるため、運転支援に必要な水位などは省略が可能である。そのため、モデルの大胆な簡略化が可能となり、オンラインのモデルを構築できた。

なお、実用化の前に、簡略化モデルにより実績降雨の再現計算を実施し、再現精度が良好であることを確認した。

運転支援システムの流入量予測画面の例を示す。(Fig.3, Fig.4)

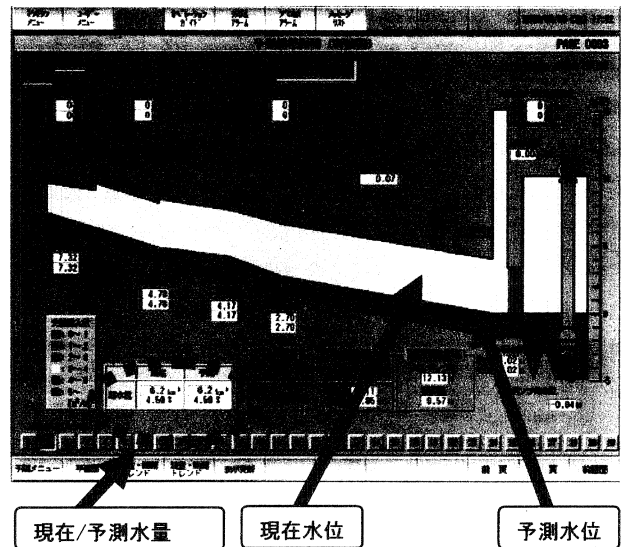


Fig.3 Calculation of influent quantity (longitudinal section)

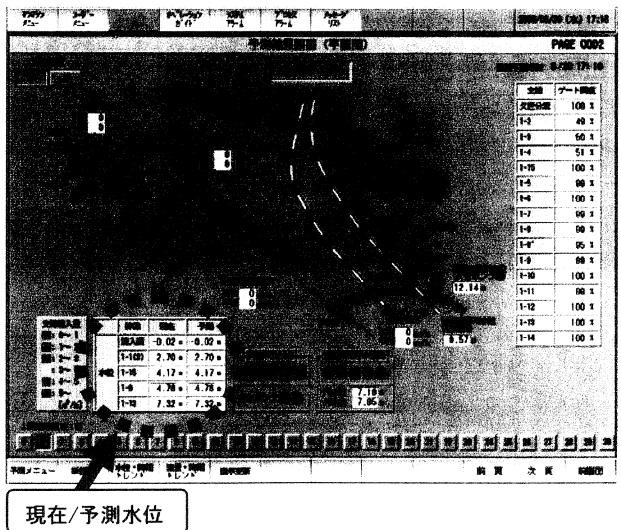


Fig.4 Calculation of influent quantity (plane section)

流入量の予測、水位の予測は最大 30 分の範囲で任意に設定できる。実際の操作に当たっては 15 分から 30 分の間に設定した予測水量、予測水位と現在値を比較することによってポンプの運転を決定している。すでに 2 年間の人的操作の支援実績があり、事前に流入量や水位を予測することにより操作の遅れの防止や的確な操作を可能とするとともにオペレータの負担を軽減している。

3.4 運転支援システムの更なる活用

今回のシステムはあくまで運転のガイダンスであり、ポンプの操作は人が行なう。しかし流入量の予測に基づき正確で速やかな対応が可能になるため、運転の判断に伴うストレスが大幅に軽減された。またポンプ運転の遅れによる上流側浸水の可能性も少なくなっている。

しかし、現状では放流先の水位が下流の西羽東師排水機場の運転によるため、電話による連絡で放流量の調整を行っている。このため現状では、久世ポンプ場より下流側の水位を予測することができず、ポンプ運転をリアルタイムコントロールに移行することが出来ない。西羽東師排水機場の監視システムは操作卓を用いた手動方式で、CRT監視制御装置をそなえておらず上流側の久世ポンプ場の運転状況も把握出来ないのが現状である。今後排水機場の設備更新時には、久世ポンプ場との信号の送受信を行ない 2 つのポンプ場を連携し、リアルタイムコントロールも含めた最適な運転計画の策定と運転操作の実施が課題である。

3.5 啓発ビデオでの活用

本市では西羽東師川雨水幹線及び久世ポンプ場による雨水対策については以前よりパンフレットを作成し、市民への周知に努めてきた。今回更に分かりやすく興味をもって理解してもらえるように、シミュレーション結果の動画を含め視覚的にもうたえる啓発用ビデオを作製した。(Fig5)

地域の歴史から始まるこのビデオは浸水対策を地域の特性と関連付け興味深く学んでもらえるようなものとした。今後市民への啓発、局内外の研修等幅広く活用できるものと考えている。このように、運転支援システムは技術的な目的だけでなく、市民啓発の支援にも活用している。

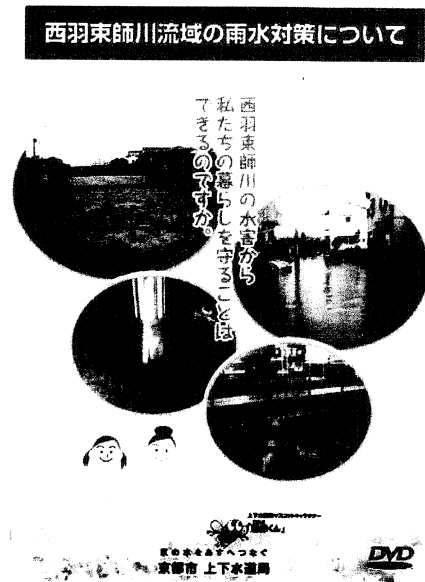


Fig.5 DVD for publicity

4 おわりに

本市では雨水、汚水ともにポンプ場の数がさらに増えていく予定である。今後整備予定の北部山間地域の整備が進むとマンホールポンプ場が増加する。これらのポンプ場の増加に対して現在の管理体制も見直す必要が出てきており、現在ポンプ場監視基地の再構築を計画している。

現状ではポンプ場が増加するたびに監視システムのソフト変更を含めた監視基地の機能の増設が必要となっており、その費用も増加する。今後はポンプ場の増加に対し経済的で柔軟な管理システムを検討していく必要がある。

また久世ポンプ場の支援システムも本運用をおこなっており、降雨時の運転に役立っているが、システムの運用を始めて2年であり、現在のところ10年確率の豪雨はまだ経験していない。運転の実績を重ねることにより運転支援システムの更なる効果的な活用をさぐっていききたい。

さらに、現状では久世ポンプ場の運転はシミュレーションモデルの支援により人の手で行っているが、今後西羽東師排水機場との連携を計りポンプ場下流側の水位予測を行い自動運転も含めたシステムの構築を検討していく予定である。