

(31) 管路の実測データを用いた 配水管網における漏水量低減効果の推定

有吉 寛記^{1,2*}・小泉 明¹・稲員 とよの¹・國實 蒼治¹
下村 政裕²・本蔵 義弘³・池田 雅孝⁴

¹首都大学東京大学院都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

²さいたま市水道局 (〒330-8532 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 1-18-2)

³株式会社東芝 社会システム社 (〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1)

⁴フジ地中情報株式会社 東京支店 (〒173-0004 東京都板橋区板橋 2-62-8)

* E-mail: ariyoshi@water.saitama.saitama.jp

漏水の発生や漏水量は給水圧力に大きく影響を受けるため、漏水管理には配水管網での給水圧力動向を的確に把握する必要がある。また、給水圧力や流量は季節や天候および時間等による水需要の変動に大きく影響され時々刻々と変化するが、実測データを基に分析を行うことでより正確な実態把握が可能となる。

本論文では、多点注入系の広範囲な配水区域での詳細な水圧測定とモデルブロックにおける水圧と流量の測定調査により水圧・漏水量関係式を算出し、市内全エリアでその式を適用することにより得られた、漏水量低減効果を示す推定モデルを提案する。本モデルは、実管路で実施した調査結果データを基に作成したものであり、エリアごとに効率的な漏水防止計画の策定を行うことが可能である。

Key Words : water leakage control, leakage prevention, water supply pressure, effective water ratio, water distribution network,

1. はじめに

わが国の水道の普及率は97%を越え¹⁾、今や生活のみならず都市活動においても、水道は一時も欠くべからざるものとなっている。

しかしながら、昭和40年代以降、急激な水需要の増加に対応すべく、施設の拡張に明け暮れた時代が既に過去となった今日、当時の水道ブームにあわせて大量に構築されてきた水道施設が更新時期を迎えている。このことから、日本の水道事業は維持管理の時代と言われて久しい。さらに、人口構造の変化により、2050年には約25%の人口減が試算されている²⁾。これに伴い、節水型社会の確立等とも相まって給水量の減少が余儀なくされ、水道事業収入についても減少となる傾向が明らかとなってきた。

このような中、これまで構築してきた高度な水道サービスの水準を維持していくために、水道事業体としては現在の設備投資に比した水需要予測を再検討する必要がある。すなわち、減収を視野に入れた上で事業収支の再予測を行うとともに、無効水量の縮減³⁾、老朽施設の

延命化や予防保全^{4,5)}といった柔軟な対応が求められており、まさに今が漏水を始めとする無効水量対策を講ずる時期となっている。

一方、厚生労働省では平成16年6月に「水道ビジョン」を策定した。その中の環境・エネルギー対策の強化に係る方策では、地球温暖化対策や廃棄物減量化、健全な水循環系の構築など環境問題の重要性に鑑み、「現況91.8% (全国平均) の有効率の目標を、大規模事業98%以上、中小規模事業95%以上とする。」⁶⁾といった施策を掲げている。

また、平成19年度における全国上水道事業の無効水量は、年間で約11億m³にも上るものとなっている⁷⁾。これは今回調査を実施したS市水道局における年間総配水量の8倍以上にも相当し、環境に与える負荷は看過できないものであり、効率的な漏水管理手法の導入が必須となっている。

S市水道局では、有効率向上対策において多年にわたり実施してきた「水圧の適正管理」の効果により、低給水圧力地区は漏水の発生が少なくなり、有効率は着実に上昇してきた。しかし、3階直結給水の実施のため未

端水圧を上げたことにより、漏水が発生しやすくなっている。実際、平成12年度に95.7%に達した有効率は、平成16年度には93.2%まで低下している状況下であり、漏水量の増加への対応を余儀なくされている⁹⁾。このことから、将来の4階以上の直結給水をも視野に入れた水圧管理が重要な課題となっている。

以下、2. ではS市水道局が平成17年4月のI市との合併以前の旧市（以下、旧S市とする）内一円で実施した水圧動向調査結果を示す。3. では実際の管路施設において設定した小ブロックにより実測した水圧・漏水量関係式の算定結果を述べる。そして、4. では水圧管理による漏水量の抑制を図ることを目的とした、配水管網における漏水量低減効果の推定モデルを提案し、その有用性を示すものとする。

2. 水圧動向調査

(1) 調査対象エリア

本研究が調査対象としたS市の配水量分析の内訳を表-1に示す。S市の給水人口は約120万人で、水道普及率は99.9%である。その地形は標高が約5mから約20mと起伏に乏しく、ポンプ圧送のみによる配水形態となっている。また、総配水管延長は約3,300kmであり、その管路は90%以上がダクタイル鋳鉄管で構成されている。そして、配水管から分岐している給水管の数は約20万栓であり、その主な材質はステンレス管が63%、ポリエチレン管が27%、塩化ビニル管が9%となっている。

図-1に、旧S市にある300ヶ所の消火栓を用いて水圧測定した位置を示す。ここで、図-1に示した水圧測定の調査対象は、前述のとおり合併以前の給水エリアである。エリア内には9ヶ所の配水場があり、□で示した場所に位置している。

表-1 S市の配水量分析

平成19年度		
総配水量	139,136,000m ³	100%
有効水量	132,086,237m ³	94.9%
有収水量	129,224,910m ³	92.9%
料金水量	129,208,784m ³	92.9%
その他	16,126m ³	—
無収水量	2,861,327m ³	2.0%
メータ不感水量	2,778,806m ³	2.0%
局事業用水量	69,283m ³	—
その他	13,238m ³	—
無効水量	7,049,763m ³	5.1%
漏水量・その他	6,403,868m ³	4.6%
減額測定水量	645,895m ³	0.5%

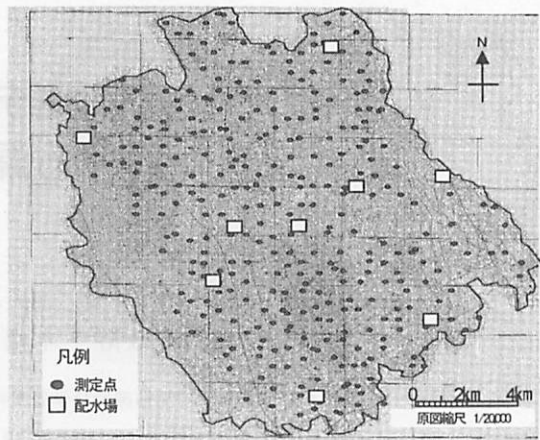


図-1 水圧測定位置図

管路状況としては、配水ブロックが構築されておらず多数の配水場からの流入により、多点注入系⁹⁾の複雑に入り組んだ配水管網となっている。なお、合併後においても合併以前の両市間の配水管は接続されておらず、給水形態となる配水管網は現状と同様となっている。

このことから、効率的な漏水コントロールの実施にあたっては、漏水量と給水圧力の関係を明確にし、地域毎の適正水圧の設定や漏水量の把握を可能とする要求が高く、今回の検討が必須であった。

(2) 調査方法

水圧動向の調査を実施する測定位置の選定に当たっては、図-1に示す調査対象エリアを、一辺が縦350m横500mを1メッシュとする計1,080の小メッシュに区切ったS市のマッピングデータベースを利用した。そして、各地域の水圧状況を的確に反映するため、管路が殆ど埋設されていないメッシュ等を除いた約700の小メッシュを抽出した。抽出に当たっては、水圧に影響する要因となる高低差を重視した上で、管末部や管路の密度等を考慮した。あわせて、測定ヶ所の偏りを極力避けることを念頭に300ヶ所の水圧測定ヶ所を選定した。

また、水圧の測定期間は、平日の水圧変動に加え週末の水圧変動をも把握したいことから、金曜日から火曜日までの5日間とした。なお、測定機器の台数に制限があったことから、測定には100台の測定器を用いた。そのため3週間にわたって、100ヶ所ずつ測定を実施した。その上で曜日と時刻を合致させて全域の時系列表示とした。測定周期は出来るだけ実態に沿った一日の水圧変動の再現を可能とすると共に、時々刻々と変化する水圧変動状況を確実に観測するため10秒間隔とした。実測データはデジタルデータで採取される¹⁰⁾。ここで得られたデータを用いて、1)測定ヶ所名、2)小メッシュNo、3)口径、

4)測定点の標高, 5)水圧の最高値, 6)水圧の最低値, 7)水圧の平均値, 8)水圧の変動幅, 9)最大需要時間帯(8～9時, 20～22時台)での平均水圧について観測した。

(3) 水位等高線図の作成

漏水の発生や漏水量は水圧に大きく影響される^{11, 12)}。したがって、漏水防止対策をより効果的に行うためには地域ごとの水圧を把握することが重要である。また、漏水防止対策実施の効果についても、水圧による影響を差し引くことでより的確な評価が可能となる。このような背景から、300ヶ所での水圧測定結果を用いて、各地域の水圧動向が視覚的にも容易に確認可能な水位等高線図を作成した¹³⁾。図-2に水位等高線図の表示イメージを示す。本研究で作成した水位等高線図は、10秒、1分および1時間単位の各測定周期での時系列水圧変動表示、標高表示、さらに測定点の標高に水圧を加えた全水頭の表示も可能な機能を有している。

この水位等高線図を分析して得た水圧変動の特徴を次に記す。

- ・平均水圧が0.25MPa～0.41MPaであり、調査対象エリア内の給水圧力は全般的に高い傾向にある。
- ・水圧変動幅の実測値は0.11MPa～0.25MPaとなっており、平均でも0.17MPaと高い。
- ・☆で示した主要3配水場の配水圧力が常時影響するそれぞれのエリア内で、測定点の標高が最も低い地

域ではこれら配水場周辺と比べて約0.1MPa高いことなど、ほぼ終日、高い値が観測された。

・平均給水圧力が低い地域は、ほぼ中央に位置する旧市街地とエリアの北西側の一部であり、朝8:00頃になると給水圧力が3階直結給水に必要とする0.27MPaに近づく。

・2ヶ所の測点(O地区, D地区)で急激な圧力変動を引き起こすウォータハンマ現象を観測した。特に図-2の円内に示すO地区において昼間に多くウォータハンマ現象が発生しており、その特徴として測定期間中の6:00から18:00の時間帯で約20回、18:00から翌6:00の時間帯で約10回の規則性があることが判明した。S市の配水コントロールは、配水圧力制御ではなく、需要予測に基づく配水流量パターンを目標値とした配水流量制御である。このため、実配水流量と予測配水流量に差異があると、圧力にその差分の変動が表れることが課題となっている。さらに、配水管網内の標高の高い水圧観測点のデータを常時監視し、この水圧が規定値以上になるように配水流量設定値を変更していることから、給水圧力が全般的に高くなる傾向にあると判断される。

また、今回観測したウォータハンマ現象の原因については、本調査データに基づき圧力波の伝播状況を解析することにより、中規模貯水槽への流入量変動によるものと解明でき、流入バルブの調整によって対処した。

本研究で作成した水位等高線図では、地域特性による

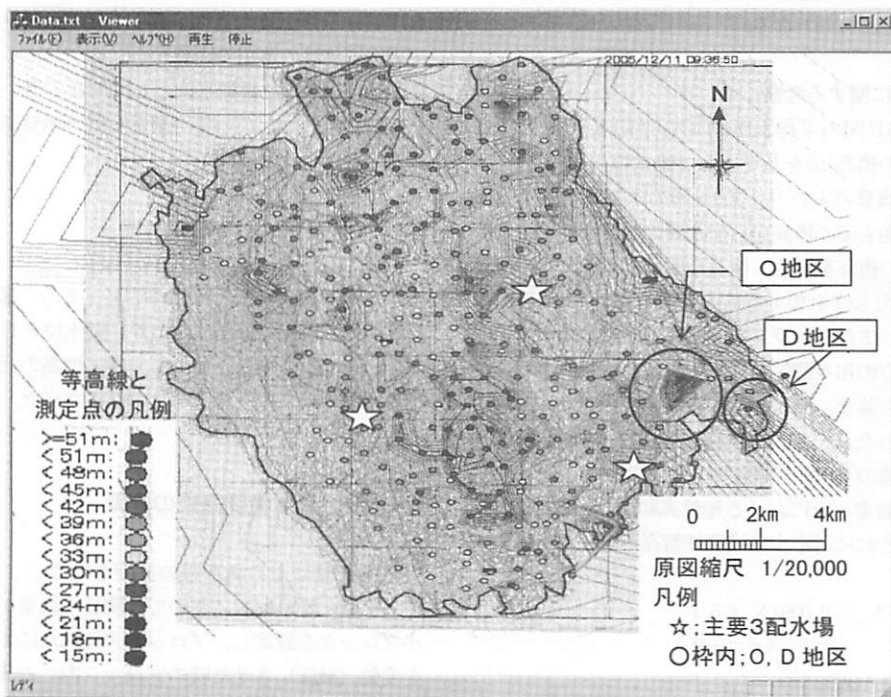


図-2 水位等高線図表示画面

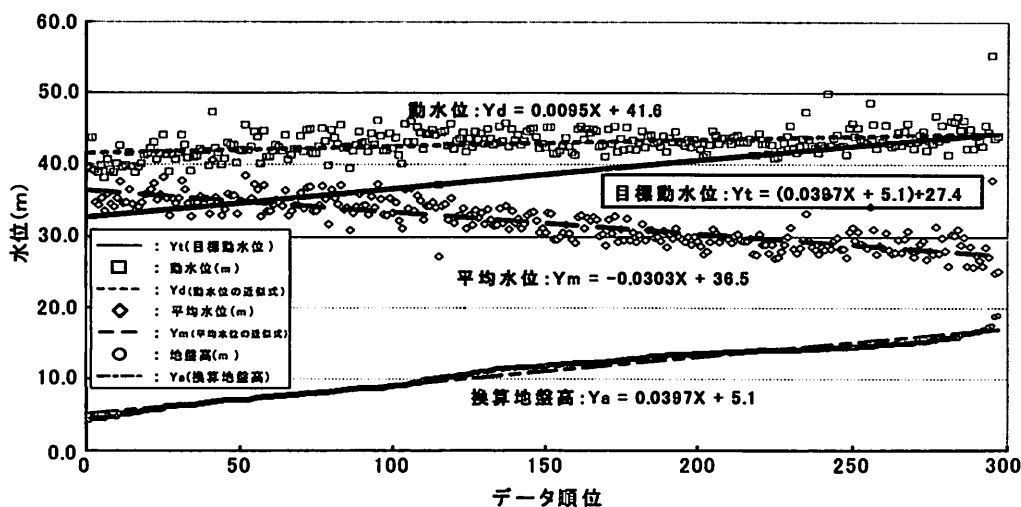


図-3 地盤高順位と目標動水位

給水圧力の高低や、時々刻々と変化する水需要の影響を大きく受け変動する給水圧力の分布状況等について、実測データを用い表示することができた。また、10秒と短い間隔で測定を行った結果、瞬時に発生するウォーターハンマ現象も観測することもできた。さらに、現状の配水管網で生じている上記給水圧力に起因する問題点を視覚的に時系列で表すことが可能であり、給水エリア内の水压均等化に向けた改善策や、今後の施設変更等に向けた継続的な検討に有効となる。

(4) 適正水压に関する考察

実測した5日間の平均水压[MPa]を平均水位[m]に換算し、測定点の標高[m]を基準として動水位[m]を求めグラフ化した。換算にあたり、300ヶ所の水压測定器を設置した地点の地表面の標高から配水管の埋設深度を差し引いて配水管の標高を求め、換算地盤高とした。その換算地盤高に平均水位を加えたものを動水位とし単位は[m]に統一した。また、グラフでは換算地盤高に対する平均水位と動水位の相互関係を検討するために欠測データを含む3ヶ所を除き、測定ヶ所の標高順に並べて一次線形近似を行なった。それらの関係を図-3に示す。図-3より水压管理実態の平均的傾向について考察する。

ここに、測定ヶ所における地盤高順位(1~297)をXとしたとき、それに対応する換算地盤高 Y_a は、

$$Y_a = 0.0397X + 5.1 \quad \dots\dots(1)$$

$$(r = 0.99)$$

で示される。

グラフからは次のような事項が読み取れる。

- ・動水位 Y_d は、換算地盤高 Y_a と正の相関がある。
($r=0.43$; t検定において95%有意)
- ・平均水位 Y_m は、換算地盤高 Y_a と負の相関がある。
($r=0.84$; t検定において95%有意)

通常の水圧管理では平均水位が測定点の標高に対して均等であることが理想であると考えられる。今回の測定データでは、図-3に示す通り換算地盤高が高くなるほど平均水位が低くなる傾向が見られる。これまでのS市での水道施設の運用の実績から、グラフに示す平均水位の最低値27.4mは目標水位として問題の無い適切な水位と判断した。したがって、測定ヶ所の地盤高順位Xにおける目標動水位 Y_t を、

$$Y_t = (0.0397X + 5.1) + 27.4 \quad \dots\dots(2)$$

とする水運用を行なえば効率的と言える。図-3において、換算地盤高が低くなるにしたがい動水位と目標動水位の差が大となっていることから、特に標高の低い地域における水压管理が重要であることが示された。

3. 水压 - 漏水量関係式の構築

水压管理による漏水量の抑制を図ることを目的として、実際の管路施設において夜間最小流量が計測可能な小ブロックを設定し、ブロックの注入点において動水位を変動(減圧)させた時のブロック内への流入点での夜間最小流量の変化を一秒間隔で測定した。測定された水压と夜間最小流量データから水压と漏水量の関係式を導

き、一般式との比較検証を実施した。

ここで、夜間最小流量とは、漏水の有無の判定のために給水区域内で配水管路延長を数kmの小ブロックに分割して深夜に計測した最小流量を指す。水道需要量が最も少ない時間帯で測定された流量値の内、一定水圧の基で連続した最小流量となったものを、そのブロックの漏水量と見なすことができる¹⁰⁾。

(1) 計量用小ブロックの設定

図4に示すH地区は給水区域の南東側末端に位置し、区画整理された地区である。よって、夜間最小流量が計測可能な小ブロックの区画設定の容易さと、弁操作等により発生する濁水の影響範囲が小さいことから、同地区に計量用の小ブロックを設定した¹⁵⁾。設定したブロックの規模は、管路延長3,523m、給水人口1,078人となった。計量ブロック設定にあたっては、S市のマッピングシステムを用いて、給水戸数、管路延長、弁、栓類の配置、濁水対策、水圧調整による出水不良等の検討を行った。

なお、計量調査は午前1時にバルブ操作を行い、注入点1ヶ所のみの流入量を確認した後、午前4時までの間に実施した。

(2) 小ブロック計量調査

調査に際し、図4に示す6ヶ所のブロック設定弁を計量開始前に全て閉止し、流量測定用のバイパス管のみからブロック内に注入した。このとき、完全にブロックが仕切られていることを確認するため、瞬間的にバイパス



図4 計量用小ブロック

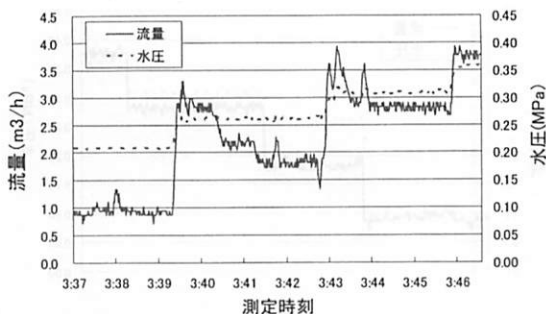


図5 注入点水圧と流量の測定値

管の流入バルブを閉止し、水圧低下により断水を確認した。計量ブロック内で夜間最小流量と思われる値が安定して記録されることを確認後、減圧装置を用いて注入点水圧を段階的 (0.05MPa程度) に変化させ、夜間最小流量の変化を測定した。注入点付近の一次側 (減圧前) 圧力は約0.4MPaであり、水圧調整は約0.2MPa～0.35MPaまでの4段階とした。

減圧後の二次圧 (ブロック注入水圧) は、一次圧の変化や水量の変化が生じて比較的稳定しており、減圧装置による水圧調整は良好であった。ただし、二次圧を安定させるため、ブロックへの流入量に応じた減圧弁の微調整が必要であった。午前3時半過ぎに水道の使用水量が少なくなり、安定した流量を示すようになった時点を手間最小流量と判断し、水圧を段階的に変化させて水量の変化を確認した (図5)。なお、この時間帯においては流量が安定していたことから、水道の使用がない空き時間の漏水量として定量した。水圧の増加直後は流量変動が大きくなるが、徐々に安定して夜間最小流量が段階的に増加していることが確認できる。

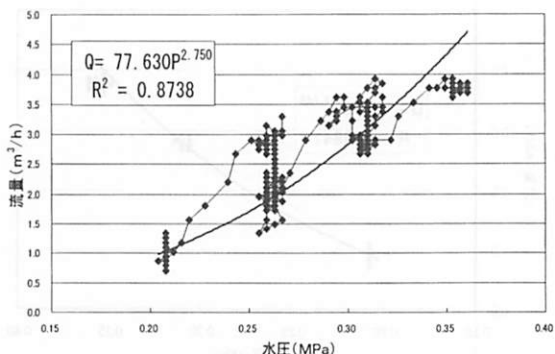


図6 操作水圧と流量の変動 (測定データ)

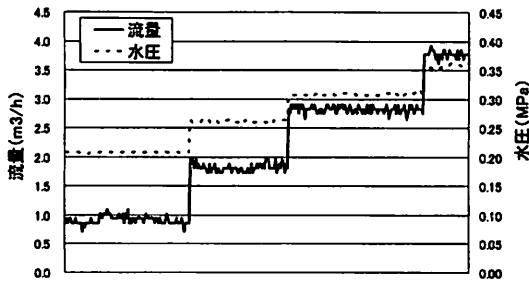


図7 水圧安定区間の注入点水圧と最小流量の変化

(3) 水圧 - 漏水量関係式の算定

夜間最小流量が安定して生じる時間帯において操作水圧と流量の変動を測定データのままグラフにしたものが図-6である。これを見ると、明らかに近似式に乗らない流量データが見られる。

そこで、各水圧値における最小流量に着目し、使用水量や水圧変動によるばらつきを排除して、再度グラフを作成し、近似式の算定を実施した。

a) 安定データの抽出

水圧は比較的安定していることから、水圧操作直後や使用水量の影響と思われる水量の変化を目視判断により排除した。すなわち、流量が安定して最小値を示している範囲のみのデータを抽出したものが図-7である。なお、X軸は抜き出した318個の測定データ個数を示すもので、データ抽出により無次元とした。

上記図-7の水圧安定区間での流量と水圧についての関係を図-8に示す。また、図-8より求められる水圧と漏水量との関係式を(3)式に示す。

$$Q = 70.16 P^{2.748} \quad \dots\dots (3)$$

$$(R^2 = 0.9841)$$

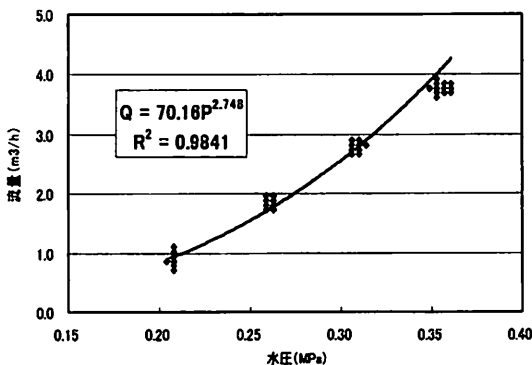


図8 操作水圧と流量の変動（抽出データ）

b) 指数nの設定

図-8で示した近似式について、水圧比から流量を換算する一般式に変換し、実用的な圧力の指数nを設定した。一般的に目標となる水圧を P_c に設定したときの漏水量 Q_c と、測定時の水圧 P_0 における漏水量 Q_0 との換算式は次式となる¹⁰⁾。

$$Q_c = (P_c / P_0)^n \times Q_0, \quad n = 2.7 \quad \dots\dots (4)$$

ここに、

P_c : 換算水圧 (目標とする水圧)

P_0 : 測定水圧 (水圧測定時の平均値)

Q_c : 換算漏水量 (目標とする水圧で換算した漏水量)

Q_0 : 実績漏水量 (水圧測定時の漏水量)

n : 指数

とする。

ここで、小規模な計量ブロックでは、夜間最小流量を漏水量と見なすことができ、上記の水圧 - 漏水量関係式を適用することは妥当である。ただし、算定された指数nについては、今回測定したブロックでの値のため検証や他地区への適用については検討が必要となる。一般に漏水量の換算式に使われている指数は、 $n = 0.5$ (漏水孔をオリフィスと考えた場合) または $n = 1.15$ (継手や亀裂から周辺土壌への浸透流と考えた場合の実験値)¹⁰⁾ となっているが、本稿では図-8により得られた水圧 - 漏水量関係式(3)より、実用的な値として $n = 2.7$ を用いることとした。

ここにおいて、これまで一般に使用されている水圧 - 漏水量関係式は、個々の漏水に対して設定された実験値であるため、複数箇所での漏水を勘案した場合には適用外となることが考えられる。実際には管網条件 (ブロックを形成する管路の水理条件)、漏水量、漏水箇所数や状態、使用水量等によっても異なってくると推測する。しかし、今回設定した $n = 2.7$ という値は実測値であり、多様な漏水形態に対応できるものとする。ただし、この値を全域に適用可能か否かの判断を含め、今後、各地区 (小ブロック) での指数nを実証することで、地区ごとの指数nまたはエリア全域としての値を確定できるものとする。

4. 水圧管理による防止効果

(1) 漏水量低減効果の検討方法

得られた水圧 - 漏水量関係式をエリア全域に適用した場合、適切な水圧管理により、漏水量低減効果がどうかを検証する。そのため、前述の水圧測定結果より算出

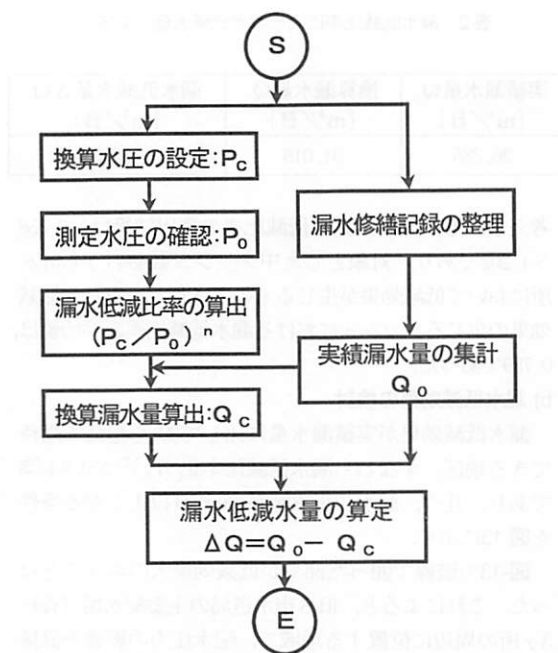


図-9 漏水低減水量算定フロー

される換算漏水量と、日常的な維持管理における漏水修繕記録を集計した実績漏水量を用いて、漏水低減水量を算定し水圧管理による漏水防止効果を考察する。漏水低減水量算定のフローを図-9に示す。

(2) 水圧 - 漏水量関係式による漏水量の算出

a) 換算水圧 P_c の設定と測定水圧 P_o の確認

まず目標とする換算水圧 P_c を設定する。S市では、給水サービスの向上を目指し、3階までの直結給水と10階程度までの直結増圧給水方式を導入している。ただし、将来の4階以上の直結給水をも視野に入れた水圧管理が求められていることから、市内全域において十分安定した水圧の確保が必要となっており $P_c = 0.3 \text{ MPa}$ とした。そして、測定水圧 P_o は、先に実施した300ヶ所の水圧測定データとし、中メッシュ単位での平均水圧を集計したものを採用した。

なお、中メッシュは25からなる小メッシュの集合体であり、縦1,750m横2,500mのエリアとなる。S市では全域で73の中メッシュを設定しているが、前述のとおり今回の検討では合併以前の旧S市エリアを対象とし調査を実施していることから、図に示す範囲としている。

漏水防止効果を発揮することが可能な場所は、水圧が常時高いエリアである。図-10に測定水圧の分布をプロットした。平均給水圧力の低い地域は、ほぼ中央に位置する旧市街地とエリアの北西側であることがわかる。

b) 実績漏水量 Q_o の集計

実績漏水量 Q_o は、平成18年度に発生した漏水防止推定水量を中メッシュで集計したものとした。この結果を図-11に示す。

なお、ここで言う漏水防止推定水量とは配水管、ならびに、給水管のうち分水栓からメータまでの区間（給水管の一次側）を対象とした、漏水ヶ所別算定法によるデータを指すものであり、現地調査で漏水が発見された場合、その修繕によって防止された漏水量を別に定めた換算表を用いて推定したものである。この換算表は、漏水修繕時に修繕を行った者が記録した情報を基に、日量換算した推定水量 $[\text{m}^3/\text{日}]$ を得るために策定され、漏水原因と当該ヶ所の水圧や口径の関係を分析した結果が考慮されている。

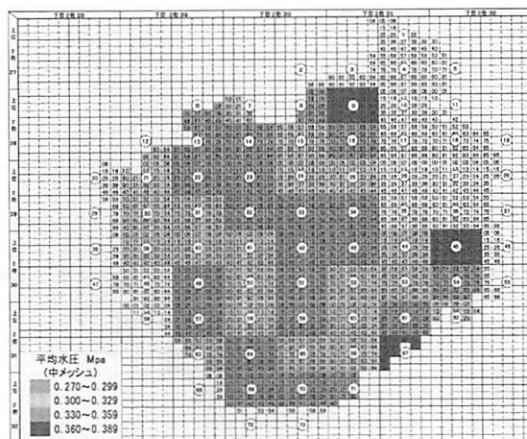


図-10 中メッシュ単位での測定水圧: P_o

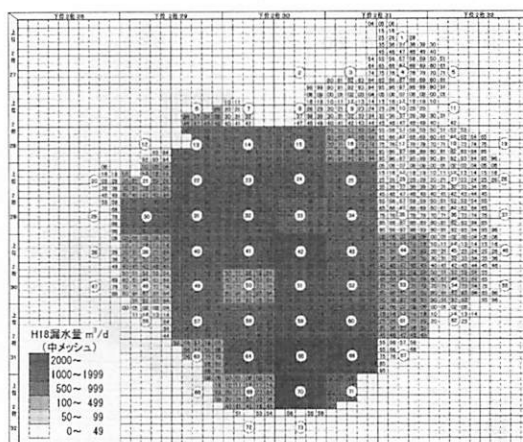


図-11 実績漏水量 Q_o (H18)

(3) 漏水低減効果の分析

a) 漏水低減水量 ΔQ の算定

実際の漏水防止効果を検証するため、換算水圧を0.3MPaとして小ブロックで算定した水圧-漏水量関係式を旧S市の全域に適用し、以下の式を用いて換算漏水量 Q_c と漏水低減水量 ΔQ を算定した。

$$Q_c = Q_0 \times (P_c / P_0)^{2.7} \quad \dots\dots (5)$$

$$\Delta Q = Q_0 - Q_c \quad \dots\dots (6)$$

表-2に平成18年度の実績漏水量を用いて算出した全域における漏水低減水量を示す。また、図-12に計算した各中メッシュの漏水低減水量を表示した。水圧を0.3MPaで管理することにより約1割強の漏水量を低減できると

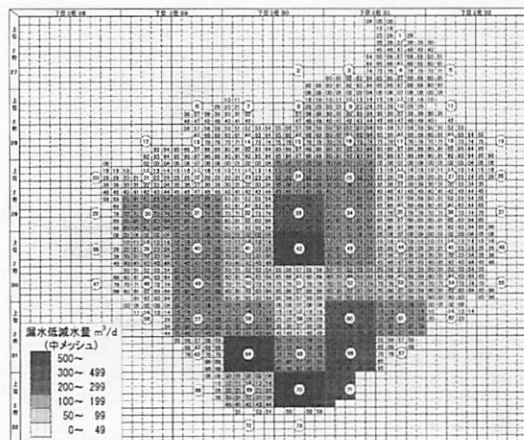


図-12 漏水低減水量 ΔQ

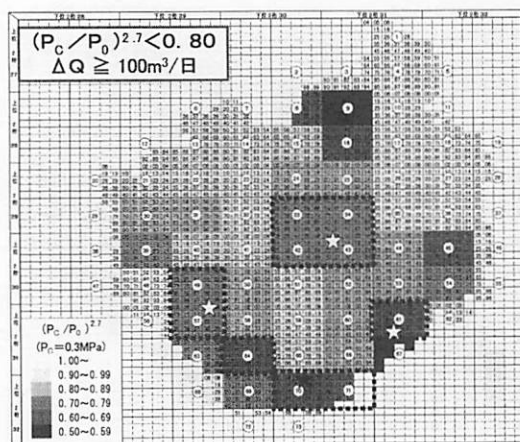


図-13 漏水低減効果

表-2 漏水低減比率による漏水低減水量（全域）

実績漏水量 Q_0 [m³/日]	換算漏水量 Q_c [m³/日]	漏水低減水量 ΔQ [m³/日]
36,285	31,018	4,813

考えられる。なお、漏水低減比率の算出結果は、0.358～1.202であり、対象とした中メッシュ数49のうち37ヶ所において低減効果が生じるものとされた。また、低減効果の生じるメッシュにおける漏水低減比率の平均値は、0.789であった。

b) 漏水低減効果の検討

漏水低減効果が実績漏水量に比して20%を超えて期待できる地区、すなわち漏水低減比率 $(P_c/P_0)^{2.7}$ が0.8未満であり、且つ、漏水防止実績が100m³/日以上となる条件を図-13に示す。

図-13の破線で囲った部分が低減効果大のエリアとなった。これによると、旧S市水道局の主要配水場（☆）3ヶ所の周辺に位置する地域で、配水圧力の影響を直接に受け易い範囲、および、近隣配水場（★）からの注入点と主要配水場を結ぶエリアの標高の低いメッシュにおいて、最も効果が高いことが示唆されており、具体的な水圧管理による漏水低減効果の判定が実現できるものとなっている。S市では漏水調査を実施するエリアの選定には、過去数年間の漏水発生件数を基に、漏水発生分布図を作成した上で多発地区を抽出している。本成果は漏水量の中メッシュにおける大小を判定可能としたものであり、漏水調査を効果的に実施するための調査エリアの優先順位付けに際し有効な手法として活用できるものと考えられる。

5. おわりに

漏水を防止するためには、漏水量や漏水の発生原因等、市内エリア全域のみならず、ブロックごとの漏水の特徴を知る必要がある。そして、漏水の発生や漏水量は、給水圧力に大きく影響を受ける。本論文では、S市の配水管網における水圧および流量測定データの分析結果を示すとともに、水道管路施設の維持管理の観点においても重要となる漏水量の低減効果を推定し、効率的な漏水防止エリアを抽出した上で、漏水防止計画を策定するという実用的な方法について述べた。

本論文で得た知見を以下に纏める。

(1) 広範囲なエリアにおける配水管内水圧の連続的な実測により水位等高線図の作成を行い、漏水量と水圧との相関を実データに基づき検証した。これにより、旧S市全域において適正水圧の目標が示され、水圧管理の方策

の設定を可能とした。さらに、管路施設で生じている水圧および流量の異常変動現象を的確に捉え、その原因究明と対応を効率的に実施することができた。

(2)小ブロックにおける水圧と漏水量の相関においては、配水管路の実測データに基づき、水圧管理による漏水防止効果を検討することができた。

(3)算定した水圧・漏水量関係式と実測した水圧値に基づき、エリア全域において水圧管理による漏水低減効果の大小の判定を可能とした。また、メッシュ単位での漏水低減効果が視覚的に表現可能となったことから、漏水量推定の精度向上により効率的な漏水調査エリアの判別の検討に有用なものとなっている。

これらの結果として得られた成果は、各経路の水圧変化が時系列的に記録され、有効率算定や施設整備に有用となる情報が得られていることから、現在S市においても検討している配水ブロック化の基礎資料に使用可能である。加えて、配水場などの吐出圧力や流量制御の設定値を改善できる可能性も併せ持つことから、配水圧力の適正化による更なる無効水量の削減に資する方策の具体化に有効な手法であることが確認された。

管路での水圧管理は、使用者への高度な給水サービスに加え漏水防止に直結する。今後も、継続した関連データの収集を行い、無駄な水資源の削減に向け、適切な情報収集により効率的な漏水防止施策を検討することが必要と考えている。

謝辞：最後に、300箇所測定にご協力いただいた、さいたま市水道局給水部維持管理課の皆様、および、本研究に際しご協力をいただきました関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成19年度 給水人口と水道普及率、下記のホームページ参照
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kiton/tukyuu.html>
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成18年12月推計）下記のホームページ参照
<http://www.ipss.go.jp/>

- 3) 國寶善治、稲貝とよの、小泉明、有吉寛記、下村政裕：配水管網管理のための濁質堆積量の推定並びに効率的な洗管計画、環境工学研究論文集、Vol.44, pp.239-245, 2007
- 4) 小泉明、荒井康裕、稲貝とよの、國寶善治、馬野仁史、有吉寛記：水道管路の安全性を評価するメッシュ診断モデルに関する研究、環境システム研究論文集、Vol.36, pp.115-123, 2008
- 5) 細井由彦、城戸由能、市平雅美：漏水調査と修理のモデル、環境工学論文集 Vol.36, pp.371-378, 社団法人土木学会, 1999
- 6) 厚生労働省：水道ビジョン改訂版, p.38, 2008, 下記のホームページ参照
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/vision2/dl/01.pdf>
- 7) (社)日本水道協会：水道統計「平成19年度」, pp.914-915, 2009
- 8) 石川智一、有吉寛記、下村政裕、本蔵義弘、池田雅孝、鈴木賢一他：有効率向上に向けてのプロジェクト始動、第57回全国水道研究発表会講演集, pp.344-345, 2006
- 9) 高桑哲男：配水管網解析の基礎と応用1992, pp.73-74, 財団法人水道管路技術センター
- 10) 福本真実、伊澤義博、池田雅孝：モバイル測定ユニットを活用した情報収集と管理手法について、第58回全国水道研究発表会講演集, pp.426-427, 2007
- 11) J. P. Vitkovsky, A. R. Simpson and M. F. Lambert : Leak Detection and Calibration Using Transients and Genetic Algorithms, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.126, No.4, pp.262-265, 2000
- 12) 稲貝とよの、片岡麻希、小泉明、荒井康裕、佐々木史朗、芦田裕志：実数値GAを応用した漏水発生シミュレーションモデルに関する研究、環境システム研究論文集、Vol.35, pp.155-161, 2007
- 13) 小日向鏡、有吉寛記、下村政裕、本蔵義弘、池田雅孝他：水位等高線図の作成・分析とウォータハンマ調査、第58回全国水道研究発表会講演集, pp.392-393, 2007
- 14) (社)日本水道協会：漏水防止対策指針, p.25, 1977
- 15) 池田雅孝、有吉寛記、下村政裕、本蔵義弘、鈴木賢一他：効率的な漏水防止計画策定への取組み(Ⅱ)、第59回全国水道研究発表会講演集, pp.320-321, 2008
- 16) (社)日本水道協会：漏水防止対策指針, pp.19-22, 1977

(2009.5.22 受付)

Estimation of Reduction Effect for Water Leakage Amount in Distribution Network Based on Investigation Study of Real Pipeline Measurement Data

**Hiroki ARIYOSHI^{1,2}, Akira KOIZUMI¹, Toyono INAKAZU¹, Takaharu KUNIZANE¹
Msahiro SHIMOMURA², Yoshihiro MOTOKUTA³, and Masataka IKEDA⁴**

¹ Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

² Saitama Municipal Waterworks Bureau

³ Toshiba Corporation Social Infrastructure Systems Company

⁴ Fuji Subsurface Information LTD.

The water leak from water distribution network and its leakage amount are greatly influenced by the water supply pressure. It is important to understand the water supply pressure trend in the water pipeline adequately for the sake of water leakage control. In addition, it is thought that more accurate grasp becomes possible by analyzing based on the real measurement data, though the various change of water supply pressure and flowing amount are greatly influenced by the condition of the water demand by the season, the weather, time, etc.

This paper proposes a formula to calculate the relation between amount of leakage and water pressure by the survey for entire city and the survey in model area. This paper also proposes the effect of the water leak amount in a decreased model case which achieved by calculating the relational expression of the water leak amount in the whole area. This model was made based on the investigation of the actual data executed with a real pipeline network, and it is possible to make a proper plan of water leakage prevention in each area by the model.