

面的地域特性を考慮した 漏水量推定に関するシナリオ分析

稲員 とよの¹・小泉 明²・荒井 康裕³
○有吉 寛記⁴・横川 勝也⁵・本蔵 義弘⁵

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

²フェロー 首都大学東京大学院教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

³正会員 首都大学東京大学院助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

⁴学生会員 首都大学東京大学院後期課程/さいたま市水道局 (〒330-8532 さいたま市浦和区針ヶ谷 1-18-2)

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

⁵株式会社東芝 (〒105-8001 東京都港区芝浦1-1-1)

水道施設の老朽化が進む今日、地球規模も含めた環境影響を考慮しつつ、経済的な水道事業の展開が求められている。その中で、無効水量を削減する漏水防止対策は重要な課題であり、予防的対策の効率的な実施が望まれる。一方、水道サービス向上の視点より、貯水槽から直結給水への移行が進められているが、配水圧の上昇は漏水量の増加を招く恐れがある。

そこで本研究では、都市域を中心とするS市を対象とし、メッシュ単位の配水・給水管情報や維持管理情報を用い、漏水防止量率(漏水防止量と使用水量の比率)を目的変数とする重回帰モデルを構築し、得られたモデル推定値に配水量分析から求まる変換係数を加味し、メッシュ漏水量を推定した。さらに、将来における高階への直結給水の導入に際しては、給水管の材質改善に関するシナリオ分析を実施することにより、漏水防止効果の定量的検討が可能となった。

Key Words : *leakage prevention, management planning for water distribution network, water supply pressure, pipe material, mesh data*

1. はじめに

近年、多くの水道事業体において、高度経済成長期に建設した施設が更新の時期を迎え、老朽化への対応が求められており、一方では、給水人口の減少に伴う給水量の減少および水道事業収入の減少傾向が明らかとなってきた。今後も高水準な水道サービスを提供し続けて行くためには、老朽施設の延命化や予防保全対策とともに、無効水量の縮減に努め、よりいっそう効率的な維持管理を実現して行く必要があると考えられる。

平成16年6月に策定された「水道ビジョン」では、環境・エネルギー対策の強化に係る方策として、地球温暖化対策や廃棄物の減量化、健全な水循環系の構築など環境問題への取組みの重要性が指摘されている。その中で、限られた水資源を有効利用する観点より、大規模事業体の有効率は98%以上、中小規模事業体では95%以上とする数値目標が掲げられている¹⁾。

有効率向上のためには、無効水量のほとんどの部分を占める漏水量を削減することが必須となるが、水道管路で生じる漏水の大部分は地中で発生しており、漏水の実態把握は非常に難しい。漏水の発生は偶然性に左右され確率的な現象であると言われており^{2), 3)}、ひとたび漏水が発生すると給水停止に至るリスクもある。したがって、漏水発生リスクを定量化し、事前に漏水防止策を講じて漏水防止を図る予防保全対策が重要となり、漏水発生量に影響を与え得る要因として、配水管や給水管の材質、埋設環境、維持管理状況などが考えられている³⁻⁵⁾。これらの要因は複合的に影響するため、漏水量の定量化について十分な研究が行なわれているとは言えない。

一方、大規模事業体を中心に、配水区域内に点在する顧客データと、面的に広がっている送配水施設のネットワークデータを統合管理することで、日常の維持管理に利用し、水道サービスの向上に役立てようとする試みが始まっている^{6), 7)}。地理的情報をメッシュデータとして整備している事業体も増えつつあるが、メッシュデータ

の構築および更新には多くの手間と費用を要しており、技術的な改善案の検討も含め、積極的な利用が望まれている。

本論文では、今後の効率的な漏水防止計画の策定に向け、水道事業体で管理されているメッシュデータの活用に着目する。すなわち、メッシュデータとして得られる管路や埋設環境に関する情報を面的地域特性要因として用い、漏水量に影響を与える要因を検討し、重回帰分析を適用して漏水量のモデル化を試みる。さらに、得られたモデル式について、将来における直結給水の進展や管路材質の改善といった維持管理シナリオを想定し、各シナリオにおける漏水量の変化について分析する。

2. 対象地域と使用データ

本研究の対象は、人口約120万人、1日平均給水量約38万 m^3 の規模を有する都市である。本市は、数年前に隣市と合併し現在の市域を構成しているが、ここでは合併前の旧市域をS市と呼び、分析の対象とする。S市における年給水量及び漏水率の変化を図-1に示す。給水人口は若干の増加傾向にあるものの、年給水量は平成14年度(2002年度)をピークに微減傾向を示している。

S市における漏水率は昭和63年度(1988年度)において約12.6%であったが、給水管を含む管路の材質改善や漏水調査など種々の漏水防止対策に積極的に取り組んできた結果、平成12年度(2000年度)には約3.8%となるまで漏水を削減している。しかし、2001年度から段階的に開始した3階直結給水の普及による配水圧の上昇に伴ない、漏水率は再び上昇傾向を示した⁸⁾。

配水コントロールを行うため、水圧を常時モニタリングしている21地点のうち、途中年度欠測のあった3地点を除いたAからRの水圧管理定点について、24時間平均水圧の年度別比較を図-2に示す。この図より、2001年度以前の配水圧に比べ、2002年度以降の配水圧は0.04から0.07MPaほど上昇しており、測定地点で程度の差は多少あるものの、配水区域全体において水圧が高い状態に移

行したことが読み取れる。

一般的に、水圧が高いほど漏水量が増加すると言われており^{5), 9), 10)}、図-1における2001年度からの漏水率の増加は直結給水開始の影響を受けていると予想されるが、2004年度以降の漏水率は再び減少傾向を示しており、漏水修理の実施状況、老朽配水管の更新や給水管対策なども漏水率の増減に影響を与えていると考えられる。

また、漏水修理件数の配水管・給水管別内訳を図-3に示す。年度によって配水管と給水管で異なる変化も示しているが、過去の全期間を通じ、給水管の漏水修理件数が漏水修理全体の98%から99%程度と非常に高い割合を占めていることが読み取れる。

以上のことより、本論文では、件数が多く需要者へのサービス低下が懸念される給水管の漏水修理を対象とし、直結給水開始後、配水圧の移行が配水区域全体で完了した2002年度から2004年度に着目することとした。過去の漏水修理において既に得られている管路の口径や漏水原因と流出量実績値との関係を用いて算出した漏水防止推定水量をメッシュ(S市のマッピングシステムで用いている350m×500mのメッシュ)毎に集計し、2002年度から2004年度の平均を求めて直結給水開始後の「漏水防止量Z($\text{m}^3/\text{日}$)」とした。ここで、データに欠測した箇所が認められる場合や、配水管延長が100m未満のメッシュは除外した結果、878メッシュが今回の分析対象となった。

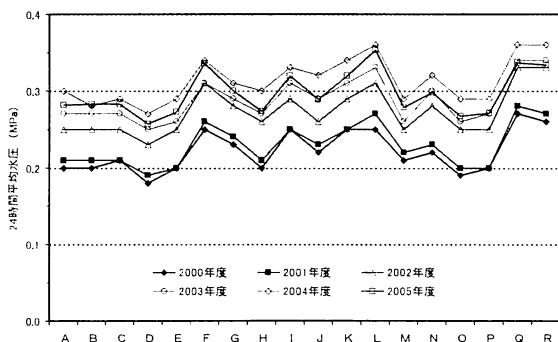


図-2 定点における水圧の比較

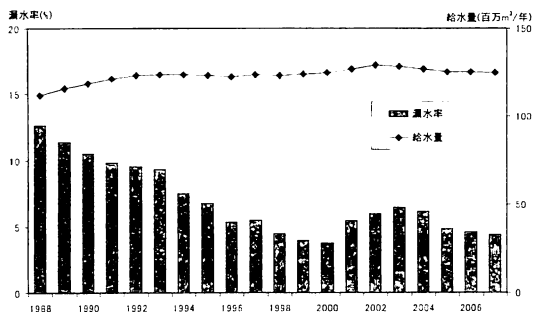


図-1 給水量および漏水率の経年変化

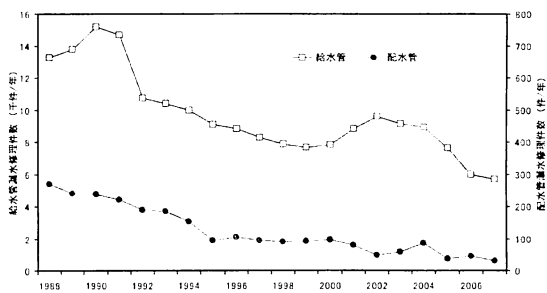


図-3 漏水修理件数

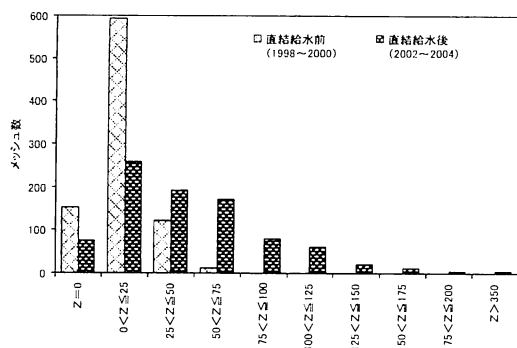


図-4 メッシュ漏水防止量(m³/日)の比較

直結給水開始後の漏水防止量のヒストグラムを作成し図-4に示す。図中には、比較のため、直結給水開始前の漏水防止量(1998年度から2000年度の平均)の度数分布も併記する。図-4において、漏水修理が発生しなかったメッシュ数は直結給水開始前で2割弱であるが、直結給水開始後は1割弱と減少し、漏水防止量の大きいメッシュ数が増加している。すなわち、直結給水開始前の漏水防止量は比較的少なく狭い範囲に分布していたが、直結給水開始後は、平均値が大きくなり広い範囲に分布するように変化していることが明らかとなった。

3. メッシュデータを用いた漏水量推定モデル

(1) メッシュデータの設定

まず、有収水量をメッシュ毎に集計して得られる日平均使用水量により漏水防止量を除し「漏水防止量率 $Y(\%)$ 」を求め分析の対象とした。つまり、漏水防止量率は、漏水発見時における漏水地点からの流出が単純に1日継続していたと仮定し、各メッシュの日使用水量との比をとっており、漏水防止量率100%とは、日使用水量

に相当する漏水量が1年間の間に発見されたことを意味している。

つぎに、配水圧を含む面的地域特性が漏水量に与える影響を分析するため、表-1に示す16変数を漏水防止量率影響要因として設定した。なお、配水管の情報における「延長比率」とは、メッシュ内の配水管延長に占める当該管種延長の割合[%]を意味し、給水管の情報に見られる「管比率」とは、メッシュ内の給水件数に対する当該管種件数の割合[%]である。また、圧力水頭は各メッシュ内の数地点で水圧測定を実施し¹⁾、得られた実測値の平均を取ったもので、全水頭は上述の水圧測定点について各地点の地盤高を加算した上でのメッシュ平均値を意味する。なお、「液状化危険率」については、別に定めたS市地域防災計画の50mメッシュデータを重ね合わせて作成したものを用いている。

配水管の材質としては、3階直結給水の段階的開始(2001)年度において、石綿セメント管の解消はほぼ終了し、铸铁管延長比率の平均も約1%と非常に低いが、表-1内に示すように、ごく少数のメッシュにおいては铸铁管比率が1割を超えている場合もある。一方、給水管の材質としては約3分の2がステンレス管、残り約3分の1がポリエチレン管となっており、その他の管種はごく僅かである。ただし、各メッシュにおける管比率は、ステンレス管が100%となっているメッシュから、ポリエチレン管が70%を越えているメッシュまで多様な構成となっている。

過去の研究成果より、水圧は漏水量と非線形な関係にあると考えられるので²⁾、説明変数のうち X_3 (全水頭)と X_4 (圧力水頭)については、それぞれの値を0.5乗、1.0乗、1.5乗、2.0乗したもので単回帰分析を行い、目的変数との関係を事前に検討した。そのため、 $Y = aX^b$ ($b=0.5, 1.0, 1.5, 2.0$)という式を仮定し、最小二乗法より a を推定してその適合性を比較する。水圧に関する検討結果を表-2に、

表-1 漏水防止量率影響要因の基本統計量

情報分類	説明変数	単位	平均	標準偏差	最小	最大	備考
維持管理情報	X_1 1haあたりの世帯数	世帯	32.51	25.03	0.06	134.46	
	X_2 kmあたり給水栓数	件/km	112.17	56.66	0.00	297.41	
	X_3 全水頭	m	42.18	3.34	31.93	54.60	2800箇所の測定値から算出
	X_4 圧力水頭	m	31.84	4.13	19.65	43.20	
配水管に関する情報	X_5 铸铁管延長比率	%	1.00%	3.41%	0.00%	39.25%	普通铸铁または高級铸铁管
	X_6 PSなし管延長比率①	%	45.8%	22.9%	0.0%	100.0%	口径300mm以下のポリスリーブ無し
	X_7 PSなし管延長比率②	%	47.5%	22.6%	0.0%	100.0%	全口径におけるポリスリーブ無し
	X_8 耐震化管延長比率	%	29.4%	19.7%	0.0%	100.0%	継手がNS,S II,S型であるもの
給水管に関する情報	X_9 ステンレス管比率	%	65.2%	18.4%	0.0%	100.0%	ステンレスまたはコルゲート管の割合
	X_{10} ポリエチレン管比率	%	32.7%	17.6%	0.0%	100.0%	
	X_{11} ステ+ポリ管比率	%	97.9%	5.9%	0.0%	100.0%	ステンレスまたはポリエチレン管の割合
	X_{12} 鉛管比率	%	0.22%	1.09%	0.0%	25.0%	
	X_{13} その他の管比率	%	2.12%	5.88%	0.0%	100.0%	銅、銅、石棉管などの割合
埋設環境に関する情報	X_{14} 地形分類比率	%	27.7%	32.2%	0.0%	100.0%	谷底平野、三角州、自然堤防の割合
	X_{15} 液状化危険率	%	35.7%	37.8%	0.0%	100.0%	
	X_{16} 地盤高	m	10.34	2.74	3.33	18.22	

表-2 水圧の次数の検討結果

変数	単回帰推定式	R^*
全水頭	$X_2^{0.5}$ ① $Y = 0.0497 X_2^{0.5}$	0.772
	X_3 ② $Y = 0.00765 X_3^{1.0}$	0.774
	$X_3^{1.5}$ ③ $Y = 0.00117 X_3^{1.5}$	0.774
	$X_3^{2.0}$ ④ $Y = 0.000179 X_3^{2.0}$	0.773
圧力水頭	$X_4^{0.5}$ ⑤ $Y = 0.0576 X_4^{0.5}$	0.776
	X_4 ⑥ $Y = 0.0102 X_4^{1.0}$	0.779
	$X_4^{1.5}$ ⑦ $Y = 0.00179 X_4^{1.5}$	0.780
	$X_4^{2.0}$ ⑧ $Y = 0.000309 X_4^{2.0}$	0.777

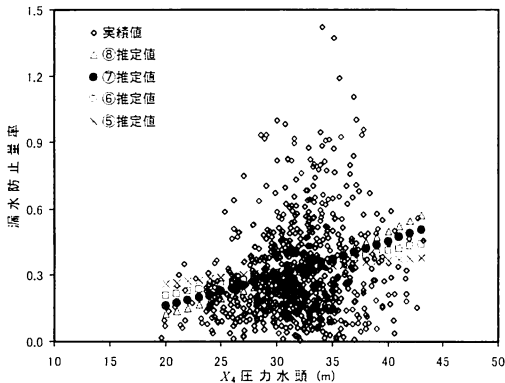


図-5 圧力水頭の実績値と推定値

X_4 (圧力水頭)における実績値と推定値の散布図を図-5に示す。漏水を浸透流と仮定した実験より漏水量は水圧の1.15乗に比例する言う過去の知見⁹⁾、表-2における自由度調整済み重回帰係数 R^* 、並びに、図-5における推定値の適合傾向を総合的に判断して、表-2のうち1.5乗を用いることが適当であると判断した。

(2) 漏水量推定モデルの作成

ここでは、漏水発生は偶発的現象であることを考慮し、目的変数(漏水防止量率) Y の値によって878メッシュデータを層別した上で、各層に含まれるメッシュについて目的変数と説明変数(影響要因)の平均値を求め、これを実績データとして重回帰分析を行っていく。 Y の層別は、モデルの自由度を確保するため21層とし、0%から5%刻みでとり、100%以降を最上位層とした。ただし、漏水無し($Y=0\%$)の75メッシュは分析対象から除いている。なお、21層の中で最上位に近い層においてサンプル数が少ない層もあるが、説明変数の平均値はその影響を受けていないことを相関プロットの検討により確認している。

まず、漏水防止量率と影響要因との相関係数を求め(表-3)、有意水準5%で相関ありと見做されたもの(表中**で示す)で、相関係数の符号が論理的適合性を有する要因(漏水増加要因の場合は、相関係数の符号が+であれば論理的適合性ありと判断する)を説明変数候補として選択し

表-3 相関分析結果

影響要因	相関係数	統計的有意性	論理的適合性
X_1 1haあたりの世帯数	-0.840	**	×
X_2 kmあたり給水栓数	-0.178		
X_3 全水頭	0.636	**	○
X_4 圧力水頭	0.868	**	○
X_5 鉄管延長比率	-0.104		
X_6 PSなし管延長比率①	0.031		
X_7 PSなし管延長比率②	0.046		
X_8 耐震化管延長比率	-0.506	**	○
X_9 ステンレス管比率	-0.691	**	○
X_{10} ポリエチレン管比率	0.690	**	×
X_{11} ステーパー管比率	-0.152		
X_{12} 鉛管比率	-0.538	**	×
X_{13} その他の管比率	0.152		
X_{14} 地形分類比率	0.501	**	○
X_{15} 液状化危険率	0.459	**	○
X_{16} 地盤高	-0.789	**	○

表-4 重回帰分析結果

ケース	説明変数						定数項	F値	R [*]	
	X ₄ ^{1.5}	X ₁₆	X ₉	X ₈	X ₁₄	X ₁₅				
	圧力水頭	地盤高	ステンレス管比率	耐震化率	地形分類比率	液状化危険率				
	相関係数									
	0.868	-0.789	-0.691	-0.506	0.501	0.459				
1	0.014 1.869	-0.367 -3.220	-1.684 -1.742	0.113 0.159	0.245 0.360	-1.175 -1.929	2.974	15.734 F95=2.848	**	0.903
2	0.014 2.134	-0.371 -3.439	-1.680 -1.798		0.243 0.369	-1.180 -2.006	3.155	20.188 F95=2.901	**	0.910
3	0.018 2.811	-0.238 -2.565	-1.148 -1.174		-0.344 -0.535		0.318	20.375 F95=3.007	**	0.892
4	0.019 3.061	-0.219 -2.603	-0.850 -1.081				-0.294	28.257 F95=3.197	**	0.896
5	0.023 4.481	-0.221 -2.611					-1.535	41.415 F95=3.555	**	0.895
6	0.032 7.628						-5.481	58.190 F95=4.381	**	0.861

注)表中上段の値は偏回帰係数、下段はt値を示す。データ数は21である。

た。その際、 X_3 と X_4 については内部相関が非常に高かったため、以降の分析では、目的変数との相関がより高い $X_4^{1.5}$ のみを採用することとした。

重回帰分析では、係数の符号の適合性を加味し、偏回帰係数のt値(絶対値)の小さいものから順次1変数ずつ削りながらモデルを推定する変数減少法を適用し、表-4を得た。表-4において、論理的適合性(漏水増加要因の場合は、偏回帰係数の符号が+であれば論理的適合性あり)を満たすケース4から6の中で、自由度調整済み重回帰係数 R^* が最も高いケース4を漏水防止量率モデルとして選定した。

$$Y = 0.019X_4^{1.5} - 0.219X_{16} - 0.850X_9 - 0.294 \quad (1)$$

得られたモデルの説明変数は、 X_4 (圧力水頭)と X_9 (ステンレス管比率)および X_{16} (地盤高)の3要因であった。対象地域において、地盤高の低いメッシュは三角州または谷底平野に地形分類される比率が高く、地盤高の高いメッシュは台地に地形分類される比率が高いことより、埋設環境を反映した要因として X_{16} が選択されたと考えられる。実績値と推定値の散布図を図-6に示す。

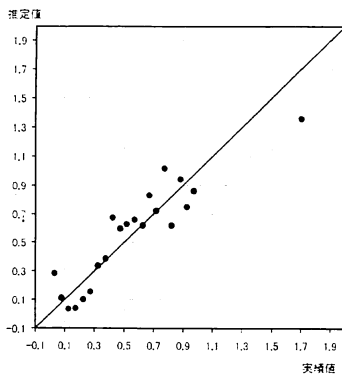


図-6 漏水防止量率の実績値と推定値

4. 漏水量の将来シナリオ分析

(1) 配水圧の変化に関するシナリオ分析

将来において高階への直結給水を導入する場合を想定して、配水圧を現状に比べ+5m, +10m, +15mとしたシナリオA1からA3を考え、3.で得られたモデル式に使用水量を乗じて各メッシュにおける漏水防止量を推定し、配水量分析から求まる変換係数を用いて漏水量に換算した。各シナリオにおける現状(3階直結給水)からの漏水量の増分を4ランクに区分し、図-7に示す。ここで、現状のメッシュ当たり漏水量平均値(27m³/日)と比較して、各ランクについて微増(現平均値の数倍以内; 100m³/日以下)、中増(現平均値の5倍内外; 100から200m³/日)、準大幅増(現平均値の10倍程度; 200から300m³/日)、大幅増(現平均値の10倍以上; 300m³/日より大きい)と呼ぶこととする。なお、本シナリオ分析は、将来において現状より高階までの直結給水を実施した場合の状況を予測するものであり、現状の圧力水頭が約20mから43mとなっているのに対し、約1.5倍高圧側へモデルを拡張した条件下での分析となる。

図-7を見ると、5m程度の配水圧上昇であれば、殆どのメッシュにおいて漏水量の増加は中程度に収まるのに対し、10m程度水圧が上昇する場合は30%以上のメッシュにおいて準大幅ないしは大幅な漏水量増加が見込まれ、限りある水資源の無効消費を避けるためには、新たな漏水防止対策が必要になると判断される結果となった。

シナリオA1からA3について、各メッシュにおける漏水量増分を同様なランク分けで着色表示し図-8から図-10に示す。これらの図において、赤色に近いほど直結給水の導入により漏水量増加の可能性が高いことを意味しており、配水区域の中ほどに南北に広く分布していることが分かる。なお、図中の数値はメッシュ番号を示し、無着色表示されている所は、配水管延長が短い等の理由により分析対象外のメッシュである。

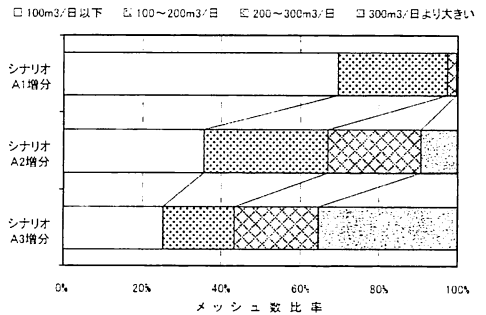


図-7 シナリオA1からA3における漏水量の増加

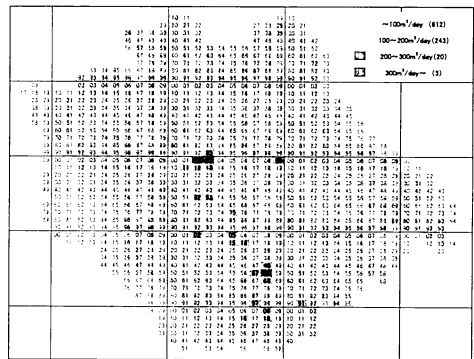


図-8 シナリオA1の結果マップ

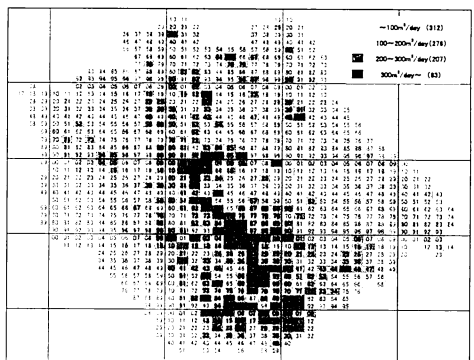


図-9 シナリオA2の結果マップ

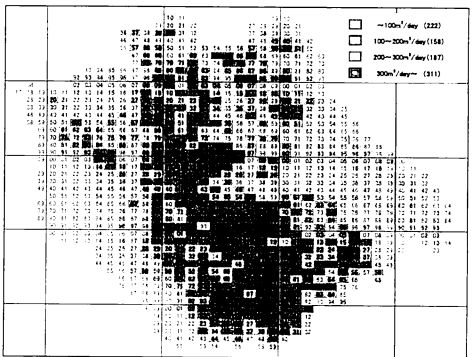


図-10 シナリオA3の結果マップ

(2) ステンレス化に関するシナリオ分析

(1)のシナリオ分析は、現状のステンレス化率(全メッシュ平均65.2%、標準偏差18.4%)を前提としたものであるが、ここでは5階直結給水(配水圧+10m)に先立って、ステンレス化率の低いメッシュを対象に給水管の材質改善を行ない、全メッシュにおいてステンレス化率85%以上とした場合(シナリオB2)と、100%のステンレス化が実現した場合(シナリオB3)について、(1)と同様な方法で各メッシュの漏水量および現状(3階直結給水)からの漏水量増分を推定し、材質改善を行わずに5階直結給水する場合(シナリオB1=前述のシナリオA2)と比較考察する。

図-11 および図-12 にステンレス化促進シナリオの結果を示す。ただし、図中の数値はメッシュ番号である。両図を図-9 と比較することにより、5 階直結給水相当の配水圧力状態における漏水防止効果を推定できる。すなわち、中心付近から南側に位置する旧市街地(図中の点線内)について、ステンレス化率が40%ないし50%程度のメッシュは、図-9 において赤色に近かったのに比べ図-12 では黄色に近く変化しており漏水防止効果が大きく現われている。この区域には鉛管を主とした経年給水管が多く残存しているため、現在、8 箇年計画で進めてい

る鉛給水管対策事業に加え、老朽化したポリエチレン管等の給水管をステンレス管に更新する事業を実施しており、進行中の事業の有効性が示されたものと考えられる。

以上示したように、本分析は、配水圧を増加させた場合における漏水量の増加を、定量的に比較評価することが可能となり、また本稿で示した相關分析以降のプロセスを、対象とする他の配水区域に適用することにより、当該区域の埋設環境と管路材質との関係の把握が可能となり、管路材質の改善効率の向上が図れることから、今後の漏水防止対策の検討に資する情報を得るためのツールとして有用であると考えられる。

5. おわりに

本論文では、給水サービス向上のための直結給水の導入による漏水量増加リスクと、漏水量削減を目指す予防的対策の効果とのバランスを把握するため、配水区域のメッシュデータを利用した重回帰分析による漏水量推定モデルとシナリオ分析を組合わせた方法を提案し、配水区域への具体的な適用結果の検討を通し、提案した方法の有効性を明らかにした。

以下、今回の研究で得られた主要な成果を列記する。

- 1) 本論文では、直結給水による漏水量の増加に若日し、漏水防止量率を目的変数とした重回帰分析を行った結果、圧力水頭およびステンレス管比率と、地形特性を表わす地盤高とを説明変数とすることにより適合性の高いモデルを得ることができた。
- 2) 得られたモデルを用い、圧力水頭の値を変化させてシナリオ分析を行うことで、高階への直結給水の導入に伴う配水圧の増加によって漏水量が顕著に増加していく傾向を定量的に推定可能とした。
- 3) 漏水防止のための予防的対策の1つである給水管の材質改善に着目したシナリオ分析を行ない配水区域マップに照らし合わせることで、漏水防止効果が大きいメッシュを把握することが可能となり、漏水防止対策の検討に有用なツールを提供できると判断された。

なお、本論文における配水圧は24時間平均値を考えているが、通常の地域では夜間における使用水量の低下に対応し夜間水圧の上昇が生じており、水圧の時間変動に対する制御により得られる漏水量低減効果についても検討していく必要があるものと考えられる¹⁰⁾。

また、本論文で提案した方法を他の具体的な配水区域に適用するためには、配水管および給水管の情報や、維持管理情報に関する経年的なメッシュデータの蓄積が重要である。その際には、管路の更新が行われた場合であっても配水管データと給水管データの整合性を担保可能

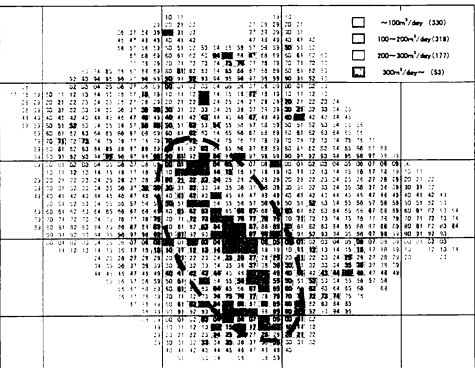


図-11 シナリオB2の結果マップ

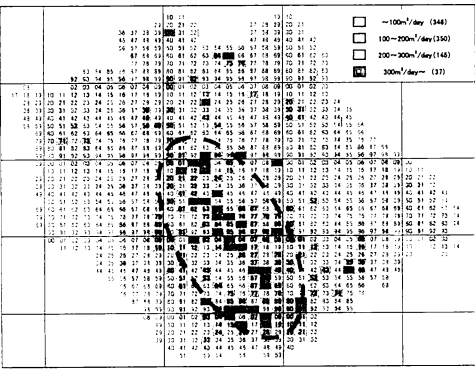


図-12 シナリオB3の結果マップ

なデータベース修正・管理方法が実現できるよう注意する必要がある。したがって、配・給水管の材質や布設延長等について、時系列に沿った履歴の表示・集計を可能とする、より使い勝手の良い水道GISソフトの開発が望まれる。

謝辞：本研究の遂行に際し、データの整理並びに計算の協力をして下さった首都大学東京大学院都市環境科学研究科博士前期課程の秋山昇吾氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 厚生労働省：水道ビジョン改訂版，2008，
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/vision2/dl/01.pdf>.
- 2) 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，pp371-378，1999.
- 3) D.Kelly O'Day：Organizing and Analyzing Leak and Break Data for Making Main Replacement Decisions，*Jour. AWWA*，Vol.74，No.11，pp.588-594，1982.
- 4) 小泉明，荒井康裕，稲員とよの，國實蒼治，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) 稲員とよの，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.
- 6) 小泉明，荒井康裕，稲員とよの，新谷政秋，中野直樹：数量化理論を用いた水道管路システムの安全性評価に関する研究，環境システム研究論文集，Vol.35，pp.163-171，2007.
- 7) 高木啓介，有吉寛記，下村政裕，岩竹貴則，小泉明，稲員とよの他：濁質堆積のモデル化に向けた調査研究—濁質対策技術に関する調査研究—，第58回全国水道研究発表会講演集，pp.400-401，2007.
- 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) (社)日本水道協会：漏水防止対策指針，pp.19-22，1977.
- 10) 有吉寛記，小泉明，稲員とよの，國實蒼治，下村政裕，本蔵義弘，池田雅孝：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，環境工学研究論文集，Vol.46，pp.259-276，2009.
- 11) 佐々木政雄，川上雅由，武笠倫之，大関繁，下村政裕，有吉寛記他：シールコートの挙動に関する基礎調査—濁質対策技術に関する調査研究—，第58回全国水道研究発表会講演集，pp.396-397，2007.
- 12) 國實蒼治，小泉明，有吉寛記，稲員とよの，荒井康裕，井本恭平：漏水量低減のための水圧制御効果に関する一考察，第61回全国水道研究発表会講演集，pp.364-365，2010.

SCENARIO ANALYSIS FOR THE WATER LEAKAGE AMOUNT ESTIMATION CONSIDERING REGIONAL CHARACTERISTICS

Toyono INAKAZU, Akira KOIZUMI, Yasuhiro ARAI,
Hiroki ARIYOSHI, Katsuya YOKOKAWA and Yoshihiro MOTOKUTA

Today, the deterioration of the water supply facilities continues, so that economical administration of the water service is demanded in consideration of global environmental influence. In such case, the water leakage prevention measures to reduce ineffective water are important problems. So the effective enforcement of preventive measures is wanted. On the other hand, the shifts from a water tank to direct connection water supply are pushed by a viewpoint of the better water supply service improvement. But there is a risk that the rise of the water supply pressure causes the increase of the water leakage amount.

Therefore, in this study, we built the multi-regression analysis models to assume water leakage prevention amount rate (the ratio of water leakage prevention amount and the quantity of water consumption) a purpose variable. We used distribution network / service pipe data and the maintenance information of the mesh unit in S City around the city area for it. And we added a transformation coefficient of distributed amount analysis to the estimated model data, and estimated leaked water volume of the mesh. Furthermore, the quantitative study of the leakage prevention effect was enabled by carrying out scenario analysis about the materials improvement of the service pipe on the introduction of the direct connection water supply to the high-rise floor in the future.