

## 都市における地区別漏水量の推定に関する一考察

首都大学東京大学院 (正) 稲員 とよの (F) 小泉 明  
 首都大学東京大学院 (正) 荒井 康裕 (学) ○竹内 教宏  
 東京都水道局給水部 佐々木 史朗 佐藤 大樹

### 1. はじめに

水道事業にとって、漏水の防止は、貴重な水資源を有効に活用し、住民サービスを向上していく上で重要な課題と言える。漏水の多くは地下で発生しており、これが地上に流出した場合は都市活動に多大な影響を及ぼす。このため、東京都は漏水防止対策として、地上で発生した漏水について住民の通報に対応する機動作業と、地下で発生している漏水を計画的に発見・修理する計画作業を行っている。機動作業は数日のうちに修理されるのに対し、地下で発生する漏水は直接人目に触れず長期間漏水していることが多く、漏水防止量に占める割合が大きい。近年は、夜間における都市活動の活発化に伴い、地下漏水の発見がより困難になってきており、図1に示すように、計画作業による漏水防止量は減少傾向にある。

一般に、事業者は水の使用実態を分析し漏水量を算定しているが、事業者全体の漏水量である。東京都においても全体の漏水量把握のみで、行政区等の地区別の漏水量は把握していない。そこで本稿では、東京都において、夜間最小流量測定から求まる地下漏水発生量について要因分析を行い、夜間最小流量を目的変数とする重回帰モデルを作成する。さらに、地区別に漏水量を推定し、地上漏水との関係を考察する。

### 2. 夜間最小流量影響要因の検討

「計画作業実績通知」(東京都水道局)の平成16年度及び17年度のデータを分析に使用し、説明変数として、次の6変数を設定した。

- X1: 区画延長 (配水小管延長)
- X2: km 当たり給水栓数
- X3: 測定時水圧
- X4: 地盤区分
- X5: 給水管のステンレス管比率
- X6: 昭和53年(1978年)以前の配水管延長比率

X4の地盤区分は、土壌の腐食性に関する強弱で区部を西部と東部に分けた<sup>1)</sup>。西部はJR京浜東北線より西側に位置し、黒土を中心とした、管体への腐食性が弱い地盤である。東部は硫化物を多く含む粘土を中心とし、管体への腐食性が強い地盤であるとされている。西部を1、東部を2とするスイッチ変数として用いており、両者は表1に示す特性の差を有している。

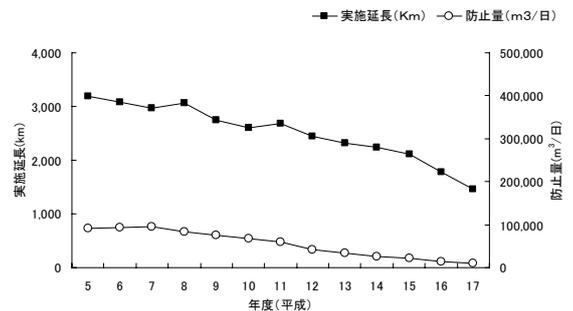


図1 計画作業実施延長の経年変化

表1 地盤区分別基本統計量

変数	単位	西部(データ数114)				東部(データ数105)			
		平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大
X1	km	2.29	0.82	0.89	4.69	2.28	0.89	0.91	4.80
X2	千件/km	0.236	0.096	0.050	0.497	0.202	0.077	0.013	0.478
X3	kgf/cm <sup>2</sup>	3.58	0.88	1.80	6.10	2.94	0.85	2.00	5.60
X5	-	0.990	0.021	0.892	1.000	0.977	0.099	0.168	1.000
X6	-	0.380	0.189	0.013	0.839	0.310	0.172	0.003	0.804
Y	L/min/区画	32.7	30.0	0.85	176	36.9	36.3	1.04	147
23区の種類		千代田区、港区、文京区、豊島区、新宿区、中野区、杉並区、品川区、大田区、目黒区、世田谷区、渋谷区、板橋区、練馬区				中央区、港区、文京区、台東区、墨田区、江東区、江戸川区、荒川区、足立区、葛飾区、品川区、大田区、北区、板橋区			

注) 標準偏差の値は不偏分散を用いて算出している。

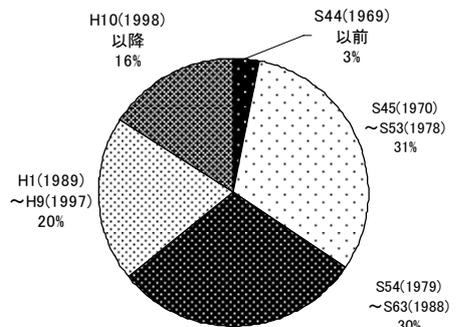


図2 埋設年度別構成比率

キーワード 漏水量, 夜間最小流量, 重回帰分析, 地区配分  
 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2789

また、東京都では昭和 53 年頃から配水管にポリスリーブを巻き始めており、それ以前の管路では漏水が起きやすいと考え、図 2 に示す埋設年度構成の中から、昭和 53 年(1978 年)以前の配水管延長を区画延長で除して X6 とした。

**3. 重回帰モデルの作成と区別漏水量の推定**

重回帰分析では、まず 6 つの説明変数によるべき乗式を用い推定を行なった。その後、係数の符合の論理的適合性を加味し、偏回帰係数の t 値(絶対値)の小さいものから順次削りながらモデルを推定していく変数減少法を適用した。表 2 に示すように、説明変数が 2 つになるまで分析を行ったが、偏回帰係数の統計的有意性より、ケース 5 を夜間最小流量定量化モデルとして選択した。本モデルによる推定値と実測値の散布図を両対数軸で図 3 に示す。

$$y = 14.2X_1^{1.77} X_2^{0.594} \dots\dots(1)$$

最終的に X4 や X6 が説明要因として残らなかったことは、地盤条件を考慮した管路の材質改善や経年管の更新が積極的に行われてきた結果、対象地域の平均的な傾向を記述する要因としては採用されなかったものと考えられる。

次に、得られた重回帰モデルに平成 16 年度末の配水小管延長と給水件数を代入して、区部の夜間最小流量を求めた。さらに区部の夜間最小流量から、夜間使用水量(40%と設定)、及び計画作業と機動作業による年間漏水防止量を控除して、23 区全体の年間漏水量推定値とした。これを配水量分析による漏水量(H17 年度)と比較したところ、ほぼ一致する結果が得られた。

最後に、各区の夜間最小流量の割合を用い、23 区全体の年間漏水量推定値を地区配分して得られる漏水量推定値と、機動修理件数との比較を行った(図 4)。地下漏水量として推定された区別漏水量と、地上漏水として発見された機動修理件数は、ほぼ同様な傾向を示し、得られた重回帰モデルの妥当性を確認することができた。

**4. おわりに**

本稿では、都市における漏水量を把握するために、東京都水道局の選別測定作業と漏水量調査の実績データを元に、配水施設状況や埋設環境の影響を考慮した夜間最小流量推定モデルについて検討した。さらに、得られた非線形回帰式を用い、夜間使用水量比率及び漏水防止量を控除することにより、地区別に漏水量を推定する方法を明らかにした。今後は、本稿で得られたモデルを精査し、地域特性と漏水発生量との関係を把握して、漏水防止作業の優先度等を検討できるよう研究を進展させていきたいと考えている。

**【参考文献】**

- 1) 渡辺映一：東京都水道局における管路更新への取り組み，水道技術ジャーナル，No.40，水道技術センター，2006

表 2 重回帰分析結果

ケース	説明変数						定数項	F値	R*
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>			
1	1.80	0.643	-0.011	0.103	-0.264	-0.180	1.07	25.2**	0.632
	11.419	4.774	-0.045	0.550	-0.579	-2.317			
2	1.79	0.642		0.106	-0.261	-0.180	1.06	30.4**	0.634
	11.543	4.848		0.611	-0.581	-2.326			
3	1.78	0.612		0.173	-0.199		1.13	35.9**	0.625
	11.367	4.595		1.003	-0.439				
4	1.77	0.617		0.181			1.14	47.9**	0.626
	11.506	4.655		1.057					
5	1.77	0.594					1.15	71.3**	0.626
	11.479	4.542							

注) 表中上段の値は偏回帰係数、下段の値はt値を示す。またデータ数は219サンプルである。

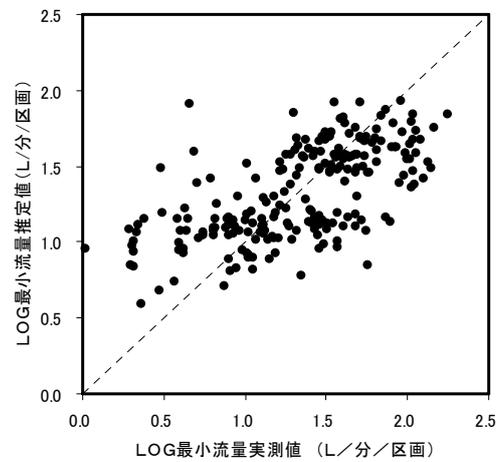


図 3 ケース 5 における実測値と推定値の散布図

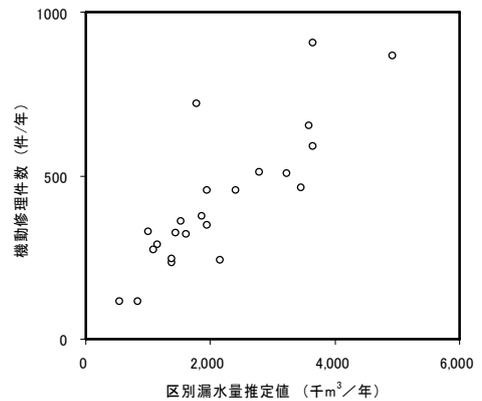


図 4 区別漏水量推定値と機動修理件数の散布図