

(29) 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

國實 誉治^{1*}・稲員 とよの¹・小泉 明¹・有吉 寛記²・下村 政裕²

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)

* E-mail: ts_kunizane@opal.dti.ne.jp

水道施設において浄水場と需要者を結ぶ管路施設は、わが国の水道資産の約7割を占めると言われており、日本全国で埋設された管路は58万キロにも及んでいる。水道事業もこれまでの建設拡張から維持管理の時代を迎えている今日、管路施設の維持管理には多くの課題が残されている。特に管路施設の経年化に伴い発生する濁質は水質劣化を発生させ、多くの需要者に直接的な被害を与える。

本論文では、赤水などの濁水の発生要因である鉄錆に注目し、洗管の対象となる区域（以下、対象ブロックと呼ぶ）内の管路をモデル化した管網解析の結果および鉄錆の挙動推定式を用いて、鉄錆の堆積しやすい箇所や堆積量の推定方法を提案した。また、対象ブロックを実際に洗管し回収された鉄錆量と、推定によって得られた鉄錆の堆積量を比較して、今回提案した推定方法が実管路においても有効であることを確認した。さらに、提案した方法を用いて対象ブロック内の路線に優先順位を付けることで、洗管水量を極力抑えた効率的な洗管計画の立案が可能であることを示した。

Key Words : pipeline system, distribution network analysis, pipeline flushing, iron rust, water quality management

1. はじめに

わが国の水道は97.2%の高普及率を達成し、市民生活および産業活動には不可欠なライフラインである。水道事業体では、安全かつ安心できる水道水を供給するため、高度な浄水技術や災害に強い管路の導入など、高水準の水道システムを構築してきた。市民のニーズも安定供給といった量の確保は当然のこと、給水水質の確保・向上にも重点が置かれるようになった。原水由来による水質劣化については、近年の高度浄水処理技術の発展により浄水場内でほぼ解決できる時代となった。一方、浄水場と市民とを結ぶ管路由来の水質劣化要因として、鉄製管路の老朽化により発生する鉄錆や、管路の布設時に混入する土砂等が挙げられる。管路施設の老朽化対策として更新は最も有効な手段の一つであるが、水道資産全体の7割以上を占める管路施設の更新には膨大な時間と費用を要する¹⁾。そこで多くの水道事業体では、水質事故対策の一つとして、消火栓施設等を利用した放水による洗管方法を実施しているが、洗管等に用いられる水量は全国で年間約5億 m^3 に達すると言われている²⁾。今後の老

朽管の増加や水質についての需要者ニーズの高まりと共に、水道管路の維持管理のために使用される洗管水量は年々増加すると考えられ、水資源の有効利用に配慮した（洗管水量を削減できる）洗管方法が望まれる。

このような背景から、近年では水質劣化の原因のひとつである濁質の除去方法について実験的な研究がなされている^{3,4)}。しかし、時々刻々と変化する複雑な水理特性を示す実管路内での適用には課題も多く、未だ実管路での実証は行われていない^{5,6)}。

本論文では、水質管理の観点から赤水等の濁水の原因となる鉄錆に着目して研究を実施した。S市水道局が管理する実管路から洗管の対象となる区域（以下、対象ブロックと呼ぶ）を抽出し、対象ブロック内の管網解析結果から濁質挙動の予測を行い、相対的な割合として各管路に堆積する鉄錆堆積量を推定し、鉄錆が堆積しやすい管路を特定した。また一方で、実管路において対象ブロックの洗管を実施し、洗管により回収された実測値による鉄錆量と、管網解析結果によって得られた推定値との比較検証を行った。そして、洗管水量を極力抑えた新たな効率的洗管方法を提案するものである。

以下、2. ではS市水道局の管路から抽出した対象ブロック内の管網解析を行う。3. では管網解析結果から推定される鉄錆の挙動から、対象ブロック内での鉄錆の堆積箇所および堆積量の推定値を求める。また、実管路で実施した対象ブロック洗管により回収された鉄錆量の実測値を求め、推定結果および実測結果を比較検証する。最後に4. では、洗管水量を低減化できる効率的な洗管方法を提案する。

2. 対象ブロック内の管網解析

配水管網内の濁質は、水使用に伴う水の流れにより管路内を移動するため、管網解析を行って対象ブロック内を流れる水の流向・流速等を把握する。図-1にS市水道局が管理する対象ブロックのモデルおよび管網解析結果（管内流速および流向）を示す。対象ブロック内の総管路延長は約4,420m、使用されている管種はダクタイル鋳鉄管である。管口径は主に $\phi 100$ で構成され、一部に管口径 $\phi 200$ 、 $\phi 150$ 、 $\phi 75$ を含んでいる。図中の●印は、洗管時に使用する消火栓の設置位置を表す。図-1は、後述するステップ1からステップ4に示す解析条件および手順により得られたものである。

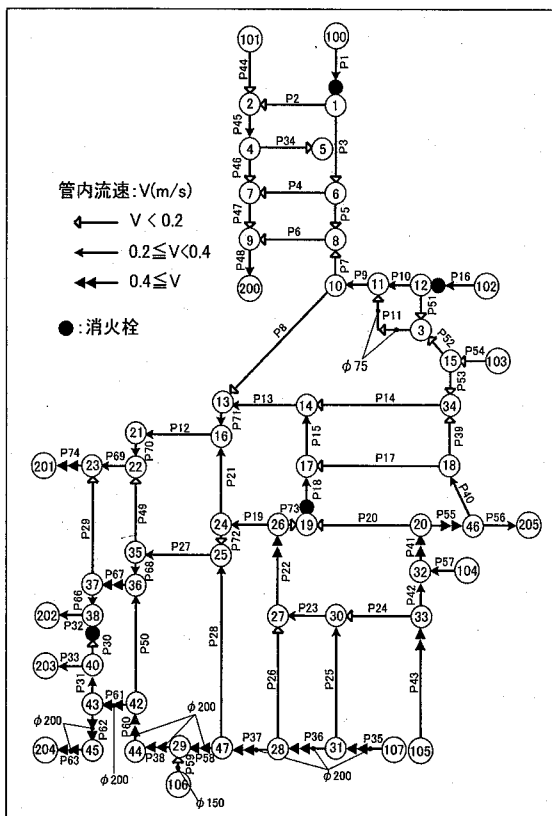


図-1 対象ブロックの管網モデルおよび管網解析結果

(1) ステップ1

まず、基本条件となる対象ブロックへの流入点と流出点における有効水頭および流入水量、流出水量を求めるため、S市水道局が保有する管網解析ソフト「WATNASS (Water Network Analysis System)」を用いて管網解析を行った。管網解析は市内の全管路を対象として計算するため、総管路延長は2,789km、節点数は291,162個、管路数は302,047本となる。解析管網へ流入する水量の合計は、S市水道局が管理する各配水場から送られる総給水量に該当し、今回は平成16年度の最大給水日(7月18日)の時間最大給水量(午前9時)を用いる。これは、発生した管内濁質が最下流へ到達する可能性が最も高い条件であり、一度下流まで移動した濁質はその場に留まり続けると考え、最大給水日の時間最大給水量を用いた。また節点放水量は、2ヶ月単位で算出される水道料金データから、各戸の水使用量(7月分)に基づく比率で時間最大給水量を分配した値を用いている。水力計算はHazen-Williams式を用い、流速係数は $C=110$ とした。「WATNASS」の管網解析結果より、対象ブロック内へ水が流入する点は、図-1の節点100から節点107の8箇所であり、節点200から節点205の6箇所が対象ブロック外へ水が流出する流出点であった。表-1に管網解析結果から得られた流入点と流出点における有効水頭および流入水量、流出水量を示す。

表-1 対象ブロックの流入・流出点における解析結果

	流入水量 (L/s)	流出水量 (L/s)	有効水頭 (m)
流入点	100	9.09	36.11
	101	4.45	36.08
	102	7.22	35.56
	103	4.70	41.80
	104	9.00	41.84
	105	16.73	37.94
	106	10.70	36.27
	107	88.88	37.94
流出点	200	7.08	35.21
	201	9.04	35.24
	202	7.72	35.07
	203	5.67	35.18
	204	58.02	35.41
	205	5.25	35.60

(2) ステップ2

次に、対象ブロック内の管網計算を、より汎用性の高い管網解析ソフト「Water GEMS[®]」を用いて、従来からの一般的な計算方法により行う。管網解析ソフト「WATNASS」では、配水管に給水管が接続する分水箇所(分水栓)を節点とするが、この方法は配水管の交点(分岐部)や管末部を節点とするものである。すなわち、図-1に示す対象ブロックの管網モデル(節点数:53、管路数:74)に、汎用管網解析ソフト「Water GEMS」を適用する。「Water GEMS」での初期設定として、節点100から節点107の流入点を配水池と仮定し、各流入点での流入水量並びに有効水頭は表-1に示す値に設定する。

(3) ステップ3

対象ブロック内の使用水量は、対象ブロック内に存在する各戸（計 879 戸）の 2 ヶ月単位で算出される水道料金データより平成 16 年 7 月の時間平均使用水量を用いる。表-1 に示す流入量と流出量は最大給水日の時間最大給水量であり、水道料金データから求められる使用水量は平成 16 年 7 月の時間平均使用水量である。したがって、（節点 100 から節点 107 の総流入量）=（節点 200 から節点 205 の総流出量）+（時間最大使用水量）の関係式から、時間最大使用水量は時間平均使用水量に時間係数 2.25 を乗じた値を用いている。

(4) ステップ4

ステップ3で求めた各戸の時間最大使用水量を、管網モデル中（図-1）の○印に数字で表す各節点へ振り分ける。振り分け方法として例えば管路2からは15戸への分水により計 0.460L/s（時間最大使用水量）の水が使用されている。管路2での時間最大使用水量の1/2を節点1と節点2に振り分けそれぞれの節点放出水量とする。なお、節点2には管路44および管路45、節点1には管路1および管路3での時間最大使用水量も振り分けられる。その結果、節点1と節点2の節点放出水量は、それぞれ 0.405L/s、0.276L/s と求められる。同様の手順より、対象ブロック中のすべての節点放出水量を求め、解析条件とすることで、図-1 に示す解析結果を得た。なお、対象ブロック内での「WATNASS」と「Water GEMS」の管網解析結果の比較検討を行ったが、双方の解析結果に差異が無いことも確認済みである。

3. 鉄錆堆積量の相対的割合の推定

(1) 鉄錆量の設定

管路内に堆積する鉄錆は、金属性の水道管や仕切弁等の配管付帯設備の経年化に伴い発生する。水道管路の経年化と洗管による鉄錆回収量については、昭和61年度以前に埋設されたダクタイル鋳鉄管路の延長と高い相関関係にあると報告されていることから⁹⁾、本稿では昭和61年度以前に埋設された管路内面から鉄錆が発生すると仮定した。直管では昭和40年頃まで、異形管では昭和50年頃まで、仕切弁では昭和60年頃までコールタール系塗装が内面に施されていた¹⁰⁾。その後、防食性に優れたモルタルライニングやエポキシ樹脂粉体塗装の開発により¹¹⁾、

昭和60年以降にS市で採用された主な管路の塗装仕様が現在と同様になった経緯があり、昭和61年度以前は旧来の塗装仕様の時期と位置付けられる。

対象ブロックの総延長は4,420m（ダクタイル鋳鉄管路）あり、そのうち昭和61年度以前に埋設された管路の延長は2,474mである。対象ブロック内で発生する総鉄錆量を単年度の調査で把握することはできないが、鉄錆が発生し易い管路を相対的な割合として求めることは可能である。以下では、総鉄錆量が100ml発生すると仮定した場合の割合について検討する。各管路における鉄錆は、「昭和61年度以前に埋設された管路延長」に比例して発生すると仮定し、各管路の鉄錆発生量を求めた結果を表-2に示す。なお、本稿では鉄錆量の単位として見かけ容積（ml）を用いて表すものとする。また、表-2では、鉄錆の発生が無いと推定された管路については省略しており、布設年度の項目で「不明」と記された管路は布設年度が不明な古い管路を示す。

(2) 対象ブロック内で発生した鉄錆の挙動推定方法

管網解析の結果および鉄錆堆積量の結果より、対象ブロック内における鉄錆の挙動推定を行った。

管内で発生し沈降する鉄錆は管内の水流によりゆっくりと管底部を移動し、図-2に示すように分岐部に到達すると直進と分岐のそれぞれの方向へ分配される。分岐部での濁質分配比率を求める式は、次に示す(1)式から(4)式の濁質分配推定式¹²⁾¹³⁾があり、実管路において採取された鉄錆による実験でも実証されている⁹⁾。よって、本研究においても(1)式から(4)式の濁質分配推定式を用いた。なお、濁質分配推定式の(1)式から(4)式では、非沈降性の微細な鉄錆粒子は対象としていない。

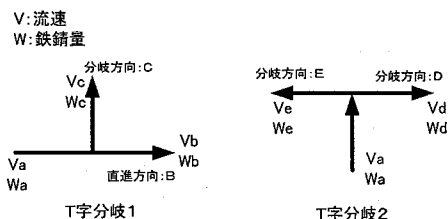


図-2 分岐部における鉄錆分配の模式図

a) 分岐部における鉄錆分配式（T字分岐1）

図-2に示す「T字分岐1」の場合に用いる濁質分配推定式は直進方向：B、分岐方向：Cの口径比により次の(1)式から(3)式を適用した。

表-2 各管路における鉄錆発生量

管路No.	P1	P2	P3	P5	P6	P7	P8	P12	P13	P14	P17	P19	P21	P23	P24	P25	P27	P28	P29
口径(mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
延長(m)	29.43	102.24	72.88	46.56	99.04	52.99	122.40	47.64	47.40	53.34	62.61	57.99	55.85	183.00	72.27	95.08	74.00	46.26	158.00
布設年度(年度)	S56	S54	S56	S56	S61	S56	S56	S61	S61	S44	S58	S61	S55	S61	S47	S47	S61	S55	S53
鉄錆発生量(ml)	1.19	4.13	2.95	1.88	4.00	2.14	4.95	1.93	1.92	2.16	2.53	2.34	2.26	7.40	2.92	3.84	2.99	1.87	6.39
管路No.	P30	P31	P39	P40	P41	P42	P43	P49	P51	P52	P53	P54	P57	P63	P66	P68	P68	P70	P71
口径(mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
延長(m)	89.64	67.80	93.94	61.67	42.44	39.78	75.44	192.48	29.12	56.79	5.00	5.00	5.00	5.00	11.20	2.82	3.65	5.00	3.18
布設年度(年度)	不明	不明	S58	S58	S50	S50	S50	S52	S58	S58	S44	S44	S57	不明	S61	S61	S61	S61	S61
鉄錆発生量(ml)	3.62	2.74	3.80	2.49	1.72	1.61	3.05	7.78	1.18	2.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.45	0.11	0.15	0.20	0.19

【同口径分岐】

直進方向Bと分岐方向Cの管口径が等しい場合
(例 $\phi 100 \times \phi 100$ の分岐)

$$y = e^{-4.1(1-x)} \quad \dots\dots (1)$$

【異口径分岐 (B:C = 3:2)】

直進方向Bと分岐方向Cの口径比が3:2の場合
(例 $\phi 150 \times \phi 100$ の分岐)

$$y = \frac{1}{1 + e^{(18.5-24.8x)}} \quad \dots\dots (2)$$

【異口径分岐 (B:C = 2:1)】

直進方向Bと分岐方向Cの口径比が2:1の場合
(例 $\phi 150 \times \phi 75$ の分岐)

$$y = \frac{1}{1 + e^{(5.0-10.0x)}} \quad \dots\dots (3)$$

ここで、(1)式から(3)式に示す y は濁質分配比で Wb/Wa を、 x は流速比で Vb/Va を表す。

b) 分岐部における鉄錆分配式 (T字分岐2)

図-2に示すT字分岐2での鉄錆分配比は(4)式に示すが、「分岐方向:D」および「分岐方向:E」の流速比と等しくなる。

$$Vd:Ve = Wd:We \quad \dots\dots (4)$$

以上の手順により、対象ブロック内での鉄錆挙動の推定を行った。なお、管内流速 0.2m/s 以上より停滞していた鉄錆が管底を流れ始めるという実験結果³⁾から、鉄錆は管内流速 0.2m/s 未満の管路で停止し堆積するものと仮定した。

(3) 洗管グループ別鉄錆堆積量の推定

対象ブロック内に堆積する鉄錆堆積量の推定結果を検証するため、図-3に示す洗管グループ(グループ1からグループ10)を設定する。ここで洗管グループとは、対象ブロック内の実際の洗管を想定して作成した洗管計画に基づくもので、バルブや消火栓等の設置位置を考慮して決定している。表-3には各10グループのそれぞれの概要を示す。なお、表-3に示す平均流速とは、各洗管グループを構成する表-2に示す各管路の流速を、管路延長を用いて平均化した値(加重平均)である。

対象ブロック内で発生する鉄錆量を 100ml と仮定した時に各洗管グループ内で発生する鉄錆量と、前述した(1)式から(4)式の濁質分配推定式を用いて、管内流速に

より対象ブロック内を移動した結果、各洗管グループ内に堆積する鉄錆量の割合を表-4に示す。推定結果ではグループ3で鉄錆の堆積率が最も高く、グループ1、7、10には鉄錆は堆積しない結果となった。

なお、対象ブロック外からの鉄錆の流入箇所として、図-1の節点100から節点107の流入点が考えられる。節点100から節点103は上流の $\phi 300$ から、節点104から節点107は上流の $\phi 500$ の幹線から水が供給される流入点である。鉄錆が発生する管路から、節点100から節点107の流入点までの鉄錆挙動をこれまで検討を行った手順に従って推定したところ、ほとんどの鉄錆はそれぞれの流入点まで移動してこないと推定された。これは、幹線と支線の分岐部では幹線の流速の方が早く、口径比が2:1であるため幹線内を移動する鉄錆は、その支線へは移動しにくいことが(3)式より求められた。したがって、本検討では対象ブロック外からの鉄錆の流入は無いものと判断している。

4. 洗管による検証と効率的な洗管方法の提案

(1) 洗管プロセス

対象ブロック内に堆積する濁質を回収する目的で洗管調査を実施し、表-4に示す堆積する推定鉄錆量との比較を行う。洗管調査は周辺の住民に配慮して、水道使用量の少ない午後11時から午前5時の間で行った。前述した図-3に示す洗管グループ毎に、グループ1→2→4→5→3→6→7→8→9→10の順で洗管を実施した総管路延長は約 $2,900\text{m}$ であった。洗管は管路中に設置されたバルブ操作により、洗管を行う路線毎に一定方向の水流を作り、その下流に設置された消火栓を開放し、水道水と一緒に濁質を管外へ放出する。各洗管グループ内の管路は、同一方向の上流からの流れによって洗管が実施されたグループであり、例えばグループ2の管路は節点101および節点200から、グループ3の管路は節点201の上流からの水流によって洗管が行われた。

管路末端となる消火栓には、流量計と消火ホースを接続した。流量計は、消火栓の開度調整を管理する目的で設置し、管内に堆積する濁質を効率良く回収するため管内流速が 0.5m/s 以上になるよう調整した。消火用ホースは放水された水を適正な施設に排水する目的で使用した。また、消火栓より水と一緒に放出される濁質は、消火ホース先端にセットした 100メッシュ の回収ネット(目開き $149\mu\text{m}$)で回収し、後日回収された濁質の成分や回収量を測定した。洗管は消火栓からの濁水および濁質の流出が目視で確認されなくなるまで行った。その結果、洗管水量は 211.7 m^3 となり、総管内容量 22.8 m^3 の約9.3倍の水量を要した。

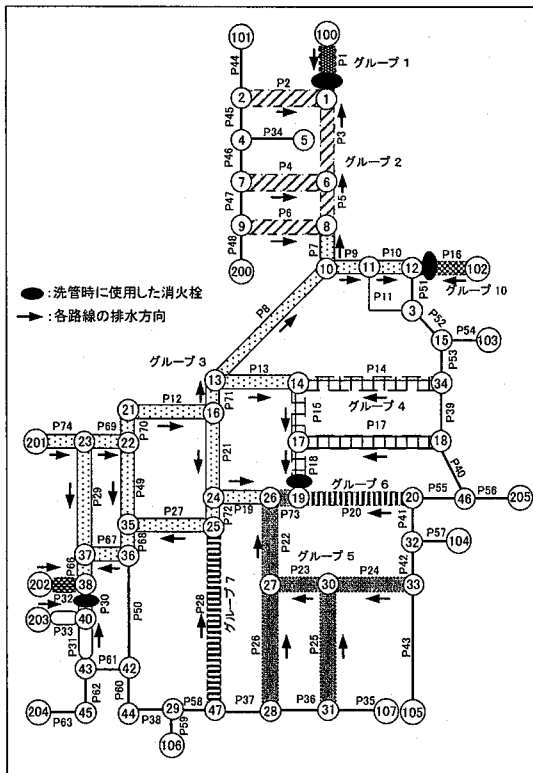


図-3 対象ブロック内の洗管グループおよび洗管時の水流方向

表-3 洗管グループの概要

グループ	管路口径	管路延長 (m)	昭和61年度以前の 管路延長(m)	平均流速 (m/s)
1	100	29.4	29.4	0.320
2	100	420.4	320.7	0.118
3	100	878.7	781.3	0.169
4	100	418.0	173.9	0.147
5	100	401.3	241.4	0.273
6	100	143.8	0.0	0.158
7	100	158.0	158.0	0.310
8	100	98.3	0.0	0.308
9	100	268.3	157.4	0.199
10	100	82.7	0.0	0.260
計	---	2899.0	1862.2	---

表-4 グループ別鉄錆の発生量
と堆積量の比較

グループ	鉄錆量の推定値(ml)	
	発生量	堆積量
1	1.190	0.000 (0%)
2	12.965	14.154 (18.2%)
3	31.582	30.883 (39.7%)
4	7.031	12.244 (15.7%)
5	9.756	6.604 (8.5%)
6	0.000	2.295 (2.9%)
7	6.387	0.000 (0%)
8	0.000	5.322 (6.8%)
9	6.364	6.364 (8.2%)
10	0.000	0.000 (0%)
計	75.275	77.867 (100%)

表-5 洗管により回収
された鉄錆量

グループ	鉄錆量 実測値(ml)
1	148 (4.8%)
2	980 (31.9%)
3	1277 (41.6%)
4	380 (12.4%)
5	163 (5.3%)
6	36 (1.2%)
7	32 (1.0%)
8	14 (0.5%)
9	28 (0.9%)
10	12 (0.4%)
計	3070 (100%)

* 表-4および表-5中の()内の数値は、百分率に換算した値を示す。

今回の洗管調査で回収された濁質は主にシールコートおよび鉄錆であった。シールコートの比重は約1.1であるため、鉄錆との比重差を利用して鉄錆のみを回収した。なお、管路内でのシールコートと鉄錆の挙動は大きく異なるため¹⁴⁾、本研究ではシールコートは対象外とした。

表-5に、洗管によって回収された鉄錆の実測結果を示す。鉄錆はグループ3、グループ2、グループ4の順で多く回収される結果となった。

(2) 鉄錆堆積量の推定値および実測値の比較

鉄錆堆積量の推定値および実測値を、図-4、図-5のグラフを用いて比較考察する。図-4は洗管によって回収された鉄錆量の実測値を棒グラフで示し、それぞれの結果を比較したグラフであるが、共にグループ3でピークを示し実測値と推定値でグラフの凹凸の傾向が一致することが確認される。次に図-5は、洗管グループ毎に回収された鉄錆量を、それぞれ百分率で換算した実測値と推定値で作成した散布図を示すが、相関係数は $R = 0.914$ と非常に高い値が得られている。

つまり、対象ブロック内の管路の経年数（昭和61年度以前に埋設された管路延長）、管網解析による水力計算および濁質挙動シミュレーションを用いて、対象ブロック内における鉄錆の堆積箇所と堆積量の推定が可能であり、実管路においても有用である事が明らかになった。

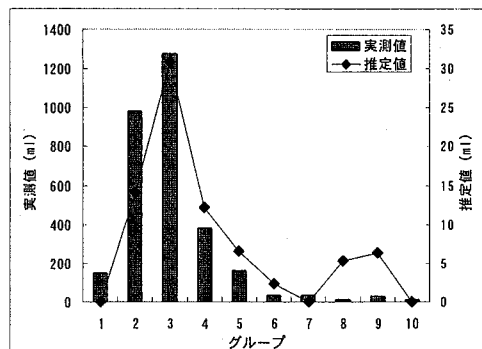


図-4 鉄錆堆積量の推定結果および実測結果の比較

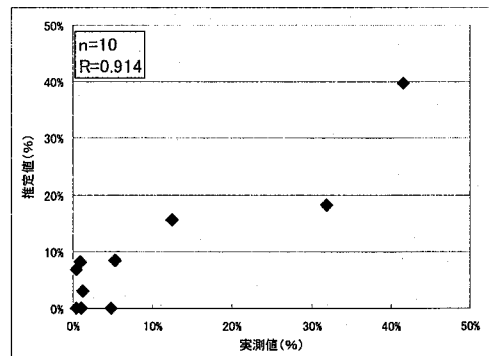


図-5 鉄錆堆積量の推定値および実測値

(3) 効率的な洗管方法の提案

最後に、グループ別鉄錆量を用い、効率的な洗管方法について検討する。

鉄錆堆積量の推定値および今回の洗管調査で使用された洗管水量の関係を図-6に示す。図-6の縦軸はそれぞれの総量に対する比率である。図中の棒グラフは、鉄錆堆積量の推定結果を、■で示す折れ線グラフは棒グラフで示した鉄錆堆積量推定値の累積値で、▲で示す折れ線グラフは、洗管時に使用された洗管水量の累積値でそれぞれ洗管グループ毎に比率を表している。

図-6より、全体の30.3%の洗管水量を要するグループ3のみを選択し洗管を実施すると、対象ブロック全体で39.6%の鉄錆が回収される結果となる。また、グループ3, 2, 4, 5, 9, 8, 6を選択し洗管を実施すると、全体の90.7%の洗管水量で対象ブロック全体で回収される100%の鉄錆が回収され、約1割の洗管水量の削減効果が期待される。また、洗管水量を効果的に活用できる一例として、全体の約6割の洗管水量で約3/4の鉄錆が回収されるグループ2, 3, 4の優先順位を他の洗管グループよりも高める等の計画案を選定することが可能である。

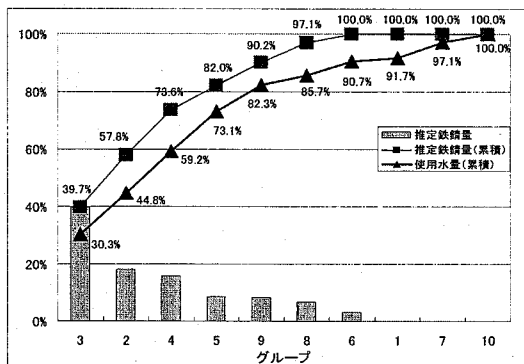


図-6 洗管グループ毎の鉄錆量と洗管水量

以上のように、対象ブロック内の鉄錆を従来の何%の洗管水量で効率的に除去できるか具体的な洗管計画の検討が可能となり、洗管を実施する路線の優先順位を明確にすることができる。また、制約が多く限られた路線数の洗管しかできない場合などにも、洗管を実施する路線の選定に有用な手法であると考えられる。

更に、洗管箇所を絞った計画的な洗管を実施することで、洗管水量の低減化、洗管を実施するエリア縮小等の効率化を図ることが可能であるとともに、通常洗管は夜間に実施されるため、対象ブロック内の住民および飲食店等への負担も軽減できると考えている。

5. おわりに

本論文では、比較的容易に入手可能である経年管延長とそのエリア内の管網解析結果から求められた鉄錆の挙動および堆積量の推定結果と、実管路の洗管による実測結果を比較し検証することで、提案した推定方法の有効性を確認した。さらに、本論文の推定結果に基づき、洗管水量を極力低減できる効率的な洗管計画の立案が可能であることを示した。

洗管は水道管内で発生する水質事故を未然に防ぐための重要な維持管理手段であるが、夜間時の断水等に伴う住民への負担が大きく、しかも多量の洗管水量を要することから、洗管作業の効率化が望まれている。また、洗管計画の立案時においても、これまでは過去の苦情情報や経験則によって対象ブロックや洗管方法を検討しているケースが多く見受けられる。本論文で提案した方法を用いることで、理論的に洗管箇所を選定し洗管箇所を絞ることで住民や洗管水量にも配慮した効率的な洗管計画を立案することが可能である。

さらに、将来の水需要予測に基づいた管網解析を行うことで、鉄錆に起因する水質事故の発生リスクの予測や、濁質除去装置¹⁹⁾の設置箇所の検討などに有効であると考えている。なお、今後の課題として経年的な追跡調査を行い、鉄錆の再発生実態を明確にした上で、鉄錆発生量の時間経過に伴う予測手法を検討し、より適切な洗管計画手法を開発したいと考えている。

謝辞：最後に、本研究に際して多大なるご協力を賜りました、さいたま市水道局の関係各位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，参考資料，p2，2004，下記のホームページ参照
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/vision2/dl/sankou1.pdf>
- 2) (社)日本水道協会：水道統計「平成15年度」，pp.968-969，2005
- 3) (財)水道技術研究センター：水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究 報告書，2005
- 4) Jan Vreeburg & Martine van den Boomen: New concepts for self-cleaning networks and improved water quality, Water 21, pp.43-45, 2002
- 5) 小泉明，宮島昌克，藤原正弘，國實蒼治：管路内の濁質挙動に関する実験的研究，水道協会雑誌，第854号，pp.2-11, 2005

- 6) 小泉明, 宮島昌克, 宮内直, 藤原正弘, 陳健湧: 水道管路内の濁質挙動解析に関する研究, 2004 年日中水処理シンポジウム論文集, 日中部分, pp.33-37, 2004
- 7) 水道マッピングシステム(株): WATNASS 操作マニュアル, 2006
- 8) Bentley Systems Co. Ltd.: Water GEMS for User's Guide, 2003
- 9) 國實誉治, 稲員とよの, 小泉明, 有吉寛記, 下村政裕: 配水管網における洗管調査に基づいた濁質発生量の推定, 環境工学研究論文集, 第 43 巻, pp.569-575, 2006
- 10) 日本ダクタイル鉄管協会: 鋳鉄管類規格の変遷, pp.2-38, 2003
- 11) 日本ダクタイル鉄管協会: 塗装とライニング, p.6, 2003
- 12) 小泉明, 藤原正弘, 宮島昌克, 藤代辰美, 太田正博, 國實誉治, 長内晃, 安達徹: 管網内での濁質分配量推定に関する調査研究, 第 56 回全国水道研究発表会講演集, pp.364-365, 2005
- 13) 國實誉治, 小泉明, 宮島昌克, 藤原正弘: 管路内における濁質の挙動に関する研究, 環境衛生工学研究, Vol.20 No.3, 京都大学環境衛生工学研究会, pp.111-118, 2006
- 14) 小泉明, 藤原正弘, 宮島昌克, 平野芳一, 國實誉治: 管路内の濁質挙動の調査研究, 第 55 回全国水道研究発表会講演集, pp.354-355, 2004
- 15) 長岡裕, 藤原正弘, 大木畑敏文, 安部正樹: 管路内濁質除去装置 (ストレーナ方式) の開発, 第56回全国水道研究発表会講演集, pp.362-363, 2005

(2007.5.25受付)

A Study on Estimation of Sediment Substance Amount in Pipe and Efficient Pipe Cleaning Plan for Water Distribution Network Management

Takaharu KUNIZANE¹, Toyono INAKAZU¹, Akira KOIZUMI¹,
Hiroki ARIYOSHI² and Masahiro SHIMOMURA²

¹Graduate school of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

²Saitama Municipal Waterworks Bureau

Nowadays, the sum total length of pipeline system (transmission pipes and distribution pipes) amounts to 580 thousand kilometers, and it forms about 70% of the gross assets of the water supply facilities in Japan. Recently, the main concern moves from the construction to the maintenance and management subjects especially for pipeline system. Aging pipelines may be the cause of lower water quality (red water etc.), which makes great damage to many residents.

This paper proposes an estimation method of accumulated iron rust quantities and also places in water distribution network, by applying the distribution network analysis and the simulation of suspended solid's advection and sedimentation in pipelines. Through an execution of pipeline flushing, we survey the accumulated iron rust in real pipelines, and we confirm the good fitness between the measured value and the calculated iron rust amount by our model. By using this model, we show how to decide the priority sequence for pipeline flushing. As a result, we can suggest an effective pipe cleaning plan to minimize water drain volume of pipeline flushing for water distribution network management.