

II-462 配水管網における水質変化の計算

京都大学工学部 正会員 住友 恒・松岡 謙
北九州市 延本浄見

1. はじめに

上水道配水施設における水質管理の問題は現状の水道システムに残された大きな課題の一つである。そのためには、配水拠点から給水装置までの到達時間、経路の把握、停滞水の状況、あるいは、管網内での水質変化の追跡などを定量的・科学的に行う必要があり、それらを基礎とした上で、水質管理を考慮した水道システムの計画・管理が望まれている。しかるに、実際の複雑にはりめぐらされた管網内での水質の追跡・変化予測の手法にかんしては、今までにも合田ら(1970)、小出(1982)、後藤(1982)などの研究があるものの、水量のそれに比肩する段階であるとは言い難く、一層の工夫を必要とする分野であろう。以上のような認識に立ち、本報告では、管網内での水質変化・追跡に関する実用的な手法の検討を行った。

2. 管網内での水質変化解析・予測手法

管網内と言えども、その水質の挙動は通常の水質伝播式に従う。いま、管網を構成する各管路に関し、断面内での水質変化は流下方向(x方向)に比べ重要ではないと仮定すれば、

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} = E \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \text{反応} \quad (1)$$

は管網内水質解析の基礎式となる。但し、管網においては、式(1)以外に各管の分合流関係も重要な要素であり、式(1)と分合流関係を手際よく取り扱う技法が必要となる。さらに、乱流の場合、式(1)中の拡散係数Eはせいぜい $0.1-5\phi U$ (U:流速、 ϕ :管径)であるから、通常の見積りにおいては流下方向ペクレ数は極めて大きな値となり、拡散項を無視することができる。すなわち、押し出し流れで近似でき、各管路での到達時間と分合流での水質負荷配分を組合せる事によって、管網内水質変化予測が可能となる。上にあげた研究はいずれもこの考え方に立つ。この考え方は、簡明、かつ、なじみやすいが、1)対象管網が大規模になると配水点から任意給水点への管経路数が激しく増大する恐れがあること、2)非定常流れになじみにくいこと、3)水質反応次数によっては、各管経路での変化水質を線形に重ね合わせることができないこと、などの理由により実際場への適用範囲も限られてくる。

以上の欠点を考慮し、本報告では次のような方法を使用した。

- (1)まず、初期節点濃度、および、解析時間ステップ幅 Δt を設定する。
- (2)管網水理解析から各構成管路の上下流節点、流量、及び、到達時間を内容とする配列を準備する。
- (3)各節点につき、a)到達時間が Δt である上流点位置(0個-複数個)を求め、分合流点では完全に混合するとの仮定から、流量情報をもとにその上流点の寄与率をもとめる。b)上流点の水質濃度を隣接節点濃度から補間する(高次補間を行うときには、各節点での濃度時間変化率をも節点濃度と同様に取り扱われる未知変数とする)。c)上流点濃度を寄与率および反応効果を考慮し重ね合わせ、 Δt 時刻後の節点濃度とする。
- (4)時刻を Δt 進め、(3)(場合によっては(2)、(3))をくりかえす。

流れが定常の場合、(3)a)は最初の1回のみ行えばよい。また、 Δt を大きくすると、各節点に寄与する上流点数が多くなり必要メモリーも大きくなるが、数値散逸などの効果は小さくなる。いっぽう Δt を小さくすると、数値的散逸は大きくなるがメモリーは小さくてすむ。

3. 計算例

図1はA町管網にて日平均給水量をもとに算出した水理状況から、2.の方法を使って各節点流出水のうち、流達時間12時間以上の水が占める割合を算出しプロットしたものである。図2は、図1の管網内での水質変化が、 $dc_1/dt = 8.3 \times 10^{-5} c_2 (P - c_1)^{2.60}$ 、 $dc_2/dt = -k c_2$ の反応式 (c_1 : THM濃度 mg/m^3 , c_2 : 残留塩素濃度 g/m^3 , P : THM生成能 ($45mg/m^3$ と仮定), k : 残留塩素消費速度定数 ($0.01/h$ と仮定)、住友ら(1983))に従う時のTHM濃度の計算分布である。また、表1はA町を含む6実際管網での計算例である。これらの計算にあたっては $\Delta t = 1 \text{ hr}$ 、(3) b)の補間は線形補間とした。

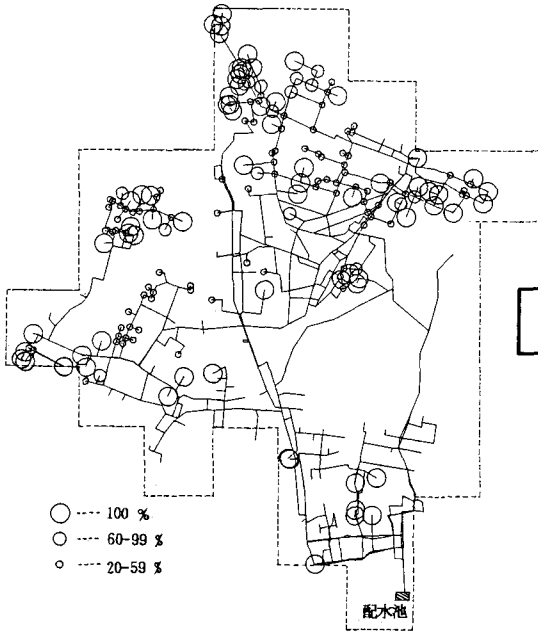


図1 A町管網内での水の挙動

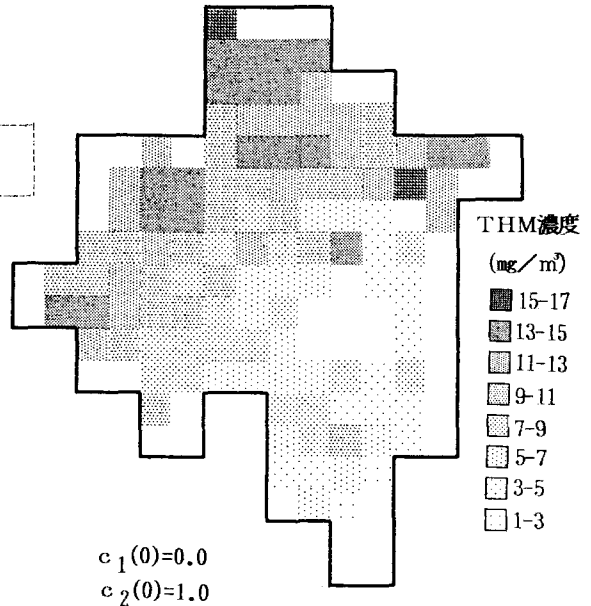


図2 図1管網での水質濃度の分布計算例

表1 配水点からの到達時間24時間以上の水がP%以上残存する節点数の全節点数に占めるパーセント

市町名	節点数	管路数	流入点数	ポンプ 減圧弁数	P (%)				計算時間 ⁺ (秒)
					20	40	60	80	
A町	587	668	1	0	2.6	1.2	1.0	1.0	1.1
B町	714	875	12	11	1.8	0.8	0.7	0.7	2.3
C市	1449	1966	6	16	48.7	38.6	30.5	20.8	8.3
D町	469	607	5	2	0.4	0.2	0.2	0.2	1.2
E町	496	582	6	16	5.0	3.4	3.2	2.4	0.9
F市	804	1035	8	9	1.5	1.2	0.6	0.1	1.5

⁺FACOM M382でのCPU使用時間

4. おわりに

本報告では複雑かつ大規模な管網内での水質変化予測手法の提案を行い、その適用例を示した。管網内水質変化を考慮に入れた水道システムの計画・管理を行う上で、有力な道具となることが期待できよう。

引用文献 合田健ら(1970):水協誌 429号 25,後藤圭司(1982):水協誌 569号 51,570号 16,小出崇(1982):水協誌 569号 31,住友恒ら(1983):水協誌 588号 25