

観測値を用いた配水管における塩素消費パイプの推定方法に関する研究

環境計画研究室 尹陽陽

1. 研究の背景と目的

- 浄化された水が私達のもとへ送られる前に消毒するために塩素の投入が必要である
- 配水管の老化で投入した消毒用塩素が水に均一消費されるわけではない
- 現在の方法（一本ずつ検査すること）で老化パイプの検出に時間と費用がかかる

残留塩素の観測値を用いて問題のあるパイプを検出する方法を検討する

2. 塩素減少の要因

- 水中の有機物との反応（減少係数 k_b ）
配水管ネットワーク中のどこでも同じ

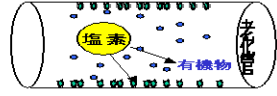
$$\frac{dc}{dt} = -k_b c \rightarrow c = c_0 \exp(-k_b L/v)$$

- 配水管内面との反応（減少係数 k_w ）
老化管の壁で発生する

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{4}{d} k_w \frac{L}{v} \rightarrow c = c_0 - \frac{4}{d} k_w \frac{L}{v}$$

反応係数 k_b を推定する

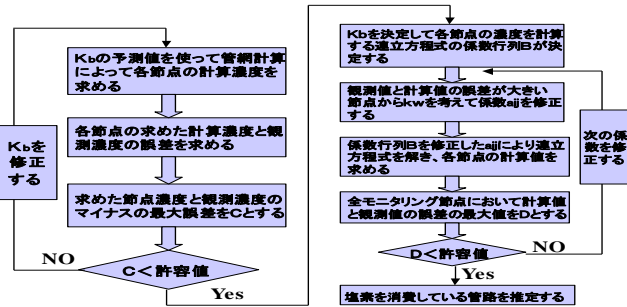
反応係数 k_w の発生位置を探す



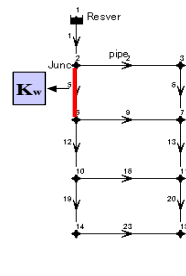
(L:管長 v:流速)

塩素消費するパイプを推定することができる

3. 推定方法のフロー



4. 観測値



観測値

Node ID	Chemical mg/L
Junc 2	9.96
Junc 3	9.96
Junc 4	9.90
Junc 5	9.78
Junc 6	9.39
Junc 7	9.62
Junc 8	9.62
Junc 9	9.48
Junc 10	9.34
Junc 11	9.44
Junc 12	9.36
Junc 13	9.19
Junc 14	9.23
Junc 15	9.19
Junc 16	9.15
Junc 17	8.75
Resrv 1	10.00

5. 計算濃度の計算式

$$C_j = a_{ij} C_i \dots \text{式1}$$

C_i : 節点iの塩素濃度

C_j : 節点jの塩素濃度

$$a_{ij} = \frac{Q_{ij} e^{-k_b \frac{L_{ij}}{v}}}{\sum_i Q_{ij}} \dots \text{式2}$$

(L:管長 v:流速)

予測値

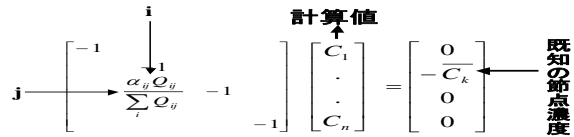
式1、式2によって

$$\sum_i a_{ij} Q_{ij} C_i - C_j = 0 \dots \text{式3}$$

6. 係数行列を作る

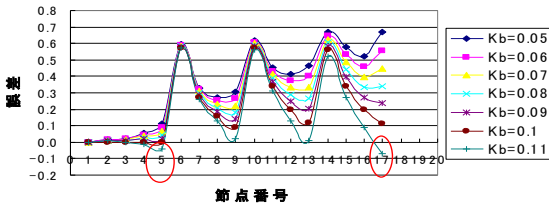
$$\sum_i a_{ij} Q_{ij} C_i - C_j = 0 \dots \text{式3}$$

式3によって濃度を計算する下の連立方程式の係数行列を作る



7. K_b の推定

- K_b の予測値を0.05から0.01きざみで増加させて管網計算によって各節点の計算値求める
- 各 k_b の予測値に対応する計算値と観測値の誤差を求める



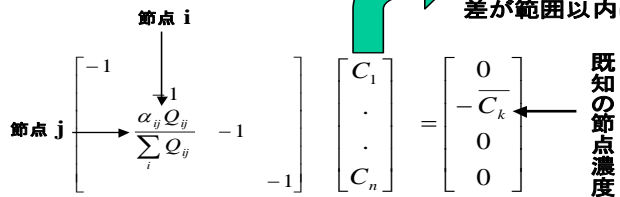
誤差がマイナスになる原因は予想した K_b の値が実際の K_b より大きいから K_b の増加が止まる

8. 係数の修正

$$a_{ij} = \frac{Q_{ij} e^{-k_b \frac{L_{ij}}{v}}}{\sum_i Q_{ij}} \leftarrow K_w \text{を考慮}$$

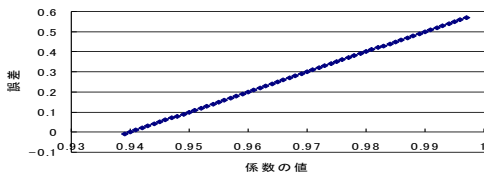
a_{ij} が小さくなる

係数を修正した後の全節点の計算値と観測値の誤差が範囲以内になるまで



9. 係数の修正

係数の減少量を0.001、計算値と観測値の誤差の許す範囲0.01として係数を修正する



係数 $a_{26} = 0.939$ の時節点6の計算値と観測値の誤差が許す範囲(0.01)以内になる

10. 問題にあるパイプの推定

係数 $a_{26} = 0.939$ の時全モニタリング節点において計算値と観測値の誤差が許す範囲(0.01)以内になる

節点2と節点6をつなっているパイプ中で塩素が管の内面との反応が起こった

5番パイプを問題があるパイプと判断できた

