

## II-474

水道施設による熱輸送において水温上昇が水質におよぼす影響

東大・工・都市 学生会員 田嶋 淳 正会員 大垣眞一郎  
正会員 山本和夫 正会員 神子直之

### 1. はじめに

近年、エネルギー利用の効率化が叫ばれる中、水道施設を用いた熱輸送を行なおうという構想が浮上している。これは、都市部で大量に排出されている未利用エネルギーを利用して水道水を加温し、地域冷暖房に利用したり地域や各家庭に温水を供給しようというものである。しかし、この構想を実現するには、水道水の水温上昇による水質の変化を調べる必要がある。本研究は、残留塩素濃度、THMの一種であるクロロホルム濃度が水温上昇によってどのように変化するかを実験考察したものである。

### 2. 実験方法

残留塩素濃度約4～5mg/l、フミン酸濃度10mg/l、pHを7付近に調整したものを検水とし、テスト容器には、バイアル瓶、エポキシ粉体塗装管（管径47mm）、モルタルライニング管（管径70mm）を用いた。水温は20、30、40、60℃で測定し、測定時間は原則として反応開始から0.5、1、3、6、12、24時間経過後とした。以上の条件により、恒温攪拌槽で一定温度に保ちながら攪拌、反応させ、残留塩素濃度は電流滴定法により、クロロホルム濃度はガスクロマトグラフを用いて、ヘッドスペース法により測定した。

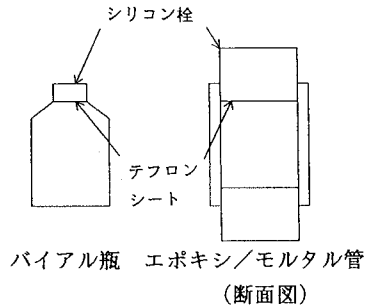


図1 使用したテスト容器

### 3. 解析に用いた式

$$-\ln(c_t/c_0) = k_1 t \quad \cdots(1) \quad c_t; t \text{ 時間後の残留塩素濃度 (ppm)} \quad c_0; \text{初期残留塩素濃度 (ppm)}$$

$$k_1; \text{残留塩素濃度減少速度係数 (1/hr)}$$

$$k_1 = A \exp(-E/(RT_a)) \quad \cdots(2) \quad A, R; \text{定数} \quad E; \text{反応活性化エネルギー} \quad T_a; \text{絶対温度 (K)}$$

$$k_1 = k_{10} + k_1^* (4/D) \quad \cdots(3) \quad k_{10}; \text{残塩濃度減少速度係数 (バイアル瓶)} \quad D; \text{管径 (mm)}$$

$$k_1^*; \text{壁面接触による残塩濃度減少速度係数 (mm/hr)}$$

$$[\text{CHCl}_3] = B (1 - \exp(-k_2 t)) \quad \cdots(4) \quad [\text{CHCl}_3]; t \text{ 時間後のクロロホルム濃度 (ppb)}$$

$$B; \text{クロロホルム最大生成量 (ppb)} \quad k_2; \text{クロロホルム生成速度係数 (1/hr)}$$

### 4. 結果と考察

#### 4-1. 残留塩素濃度の減少特性について

残留塩素濃度の減少速度は一次反応式、すなわち(1)式で表わされる。使用した3つのテスト容器について

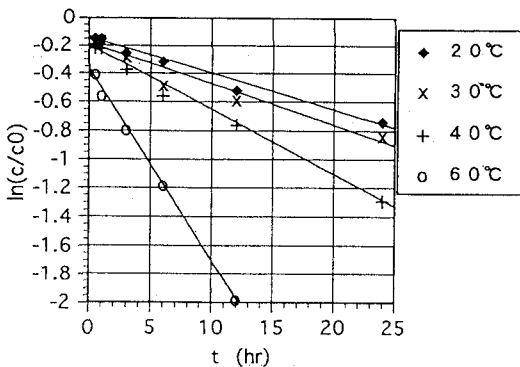


図2  $\ln(c/c_0)$  と  $t$  の関係 (バイアル瓶)

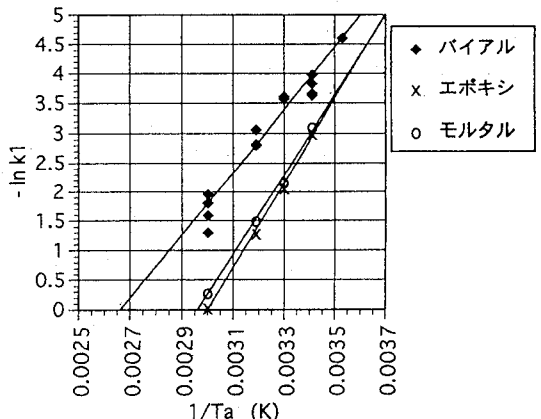


図3  $-\ln k_1$  と  $1/T_a$  の関係

はどれもおおむね(1)式が成立した。ここではバイアル瓶の結果のみを図に示す(図2)。残留塩素濃度減少速度係数 $k_1$ の温度依存性は、(2)式のArrheniusの式で表わされる。(1)式により求めた3つのテスト容器の $k_1$ 値について(2)式がおおむね成立した(図3)。さらに $-\ln k_1$ と $1/T$ の関係について回帰計算を行ない各テスト容器の $k_1$ を求め、(3)式によりエポキシ管とモルタル管の $k_1^*$ を算出した結果が図4である。エポキシ管とモルタル管では管壁が残留塩素濃度の減少に与える影響はほとんど変わらないことがわかる。

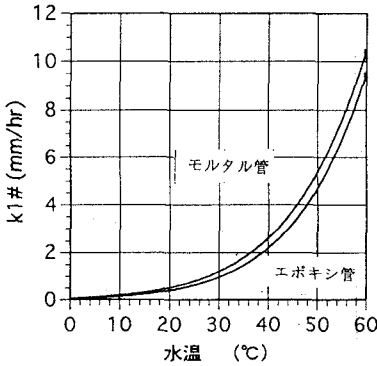


図4  $k_1$ と水温(°C)の関係

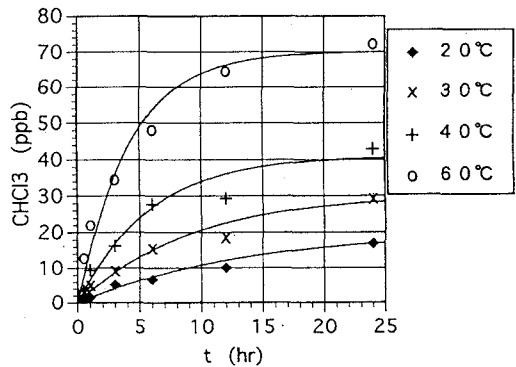


図5 クロロホルム生成量の経時変化(バイアル瓶)

#### 4-2. クロロホルムの生成特性について

バイアル瓶におけるクロロホルム生成量の実験値を図5に示す。今、(4)式のようにクロロホルム生成量の式を仮定する。図5に示した曲線は(4)式により回帰計算を行ない得たものである。他の2つのテスト容器についても同様の解析を行ない、最大生成量 $B$ 、生成速度係数 $k_2$ について得られた結果が図6、7である。 $B$ 値、 $k_2$ 値とも水温の上昇とともにおおむね増加する傾向が見られた。容器別にみると、モルタル管、エポキシ管の $k_2$ はバイアル瓶に比べ温度依存性が大きかった。また最も生成量が大きいのはモルタル管であり、エポキシ管、バイアル瓶の間には生成量に大きな違いは見られなかった。

#### 5. 結論

- ①残留塩素濃度の減少は一次反応式(1)式にしたがう。
- ②残留塩素濃度減少係数 $k_1$ は水温の上昇とともにArrheniusの式(2)式にしたがって増加する。
- ③モルタル管とエポキシ管では管壁が残留塩素濃度の減少に与える影響はほとんど変わらない。
- ④クロロホルム生成量の経時変化は(4)式にしたがう。
- ⑤バイアル瓶、エポキシ管、モルタル管のうち、クロロホルム生成量が最も大きいのはモルタル管である。

#### 6. 参考文献

- 1) 水道と地球環境を考える研究会編、「地球環境時代の水道」図7 クロロホルム生成速度係数 $k_2$ と水温の関係、技報堂出版、1992。
- 2) 後藤圭司、「配水管網における水質変化(I)~(III)」水道協会雑誌、569~571号、1982。

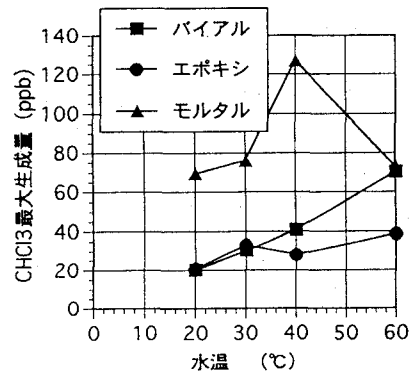


図6 クロロホルム最大生成量 $B$ と水温の関係

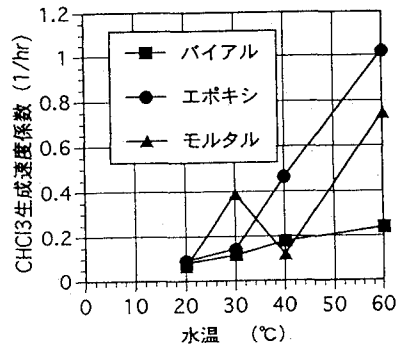


図7 クロロホルム生成速度係数 $k_2$ と水温の関係