

ハロ酢酸類の下水処理水放流域での分解速度

東京工業大学大学院理工学研究科 正会員 浦瀬太郎

東京工業大学大学院総合理工学研究科 名本伸介

1. はじめに

ハロ酢酸類は、消毒副生成物の一種で水環境中で広く検出される。筆者らの多摩川流域での下水処理場等の調査¹⁾によれば、i)ハロ酢酸の下水処理場への流入水の濃度レベルは、水道水に含まれる濃度と同じレベルであること、ii)下水処理場内で、難分解性のトリクロロ酢酸は十分に分解しないこと、iii)下水処理場の消毒で生成する量は一部の処理場を除けば極めて小さいこと、が示されている。さらに、今回は、下水処理場から放流されたハロ酢酸類が環境中でどのように挙動するかを明らかにするために、ハロ酢酸類の分解速度を様々な環境水について測定した結果について報告する。

2. 実験方法

本研究では、ハロ酢酸類が水環境中でどのように分解するのかを実験した。実験での解析対象ハロ酢酸は、モノクロロ酢酸、モノブロモ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸であり、この4種を混合して実験した。初期濃度依存性試験では、多摩川の感潮域となる直前の田園調布堰直上の河川水にハロ酢酸類を添加して実験を行った。また、試

表-1 試料水の一般水質項目

	Cl ⁻ (mg/L)	TOC (mg/L)	Color (Pt-U)
Tama River	35	2.5	4.5
Ara River	16	2.9	3.5
Sumida River	36	3.1	6.3
Tokyo Bay	13000	3.7	3.9
Treated WW	55	9.8	22.4

料の採取場所の分解速度へ与える影響を調べるため、前記の多摩川の水に加えて、荒川(江北橋)、隅田川(豊島橋)、東京湾(本牧ふ頭海釣り公園先)、下水処理水(川崎市等々力水処理センタ)の水にハロ酢酸を添加して実験を行った。また、温度依存性試験は、多摩川河川水についておこなった。ハロ酢酸希薄溶液に含まれる溶媒の影響を小さくするため、実験では、保存実験に使用するガラス器具にハロ酢酸溶液を予め添加し、溶媒を蒸発させたあと、試料水を添加し、試料を暗条件、20℃(一部 10℃)に保ち、適宜採水をした。この方法で、ハロ酢酸はガラスに吸着せず、全量定量的に試料に溶解することを確認している。ハロ酢酸類の濃度は、浄水試験方法にしたがって、MTBEによる抽出ージアゾメタンによる誘導体化の後、GC-MSにて分析した。

3. 実験結果と考察

3. 1 初期濃度の影響

図-1 に初期濃度を河川水そのままのものから 100 $\mu\text{g/L}$ の添加の範囲で

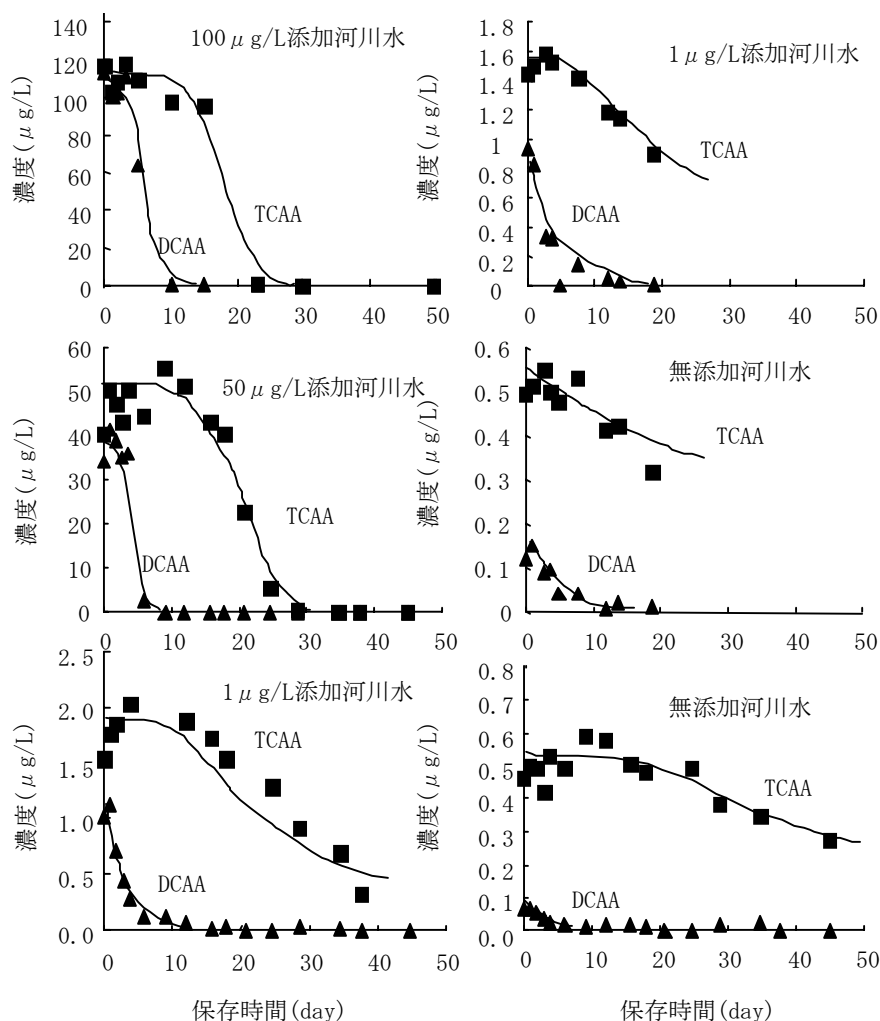


図-1 異なる初期濃度で実験を開始した場合のハロ酢酸類の挙動(20℃)

キーワード：ハロ酢酸，トリクロロ酢酸，下水処理水，分解速度，河川環境，沿岸域の環境

連絡先：〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1, Tel: 03-5734-3548, E-mail: turase@fluid.cv.titech.ac.jp

変化させた場合のハロ酢酸の分解挙動を示す。ハロ酢酸類の中でも、最も難分解性であるトリクロロ酢酸については、高濃度に添加した場合には、初期に20日ほど分解しない期間があり、その後、数日間で、急速に分解した。一方、低濃度では、初期の分解しない期間が存在しない場合もあり、また急速に濃度が減少することはなかった。見かけ上は、高濃度の場合も低濃度の場合もともに初期濃度の半分にまで分解するのに、20日程度を要した。また、濃度の急低下が見られない低濃度の場合には、濃度が $0.1 \mu\text{g/L}$ 以下にまで下がることがなかった。ジクロロ酢酸の場合では、高濃度で実験を行った場合は分解をしない期間のあと、5日目に急な濃度減少があるのに対して、低濃度では、ほぼ1次反応的に半減期約3日～4日で濃度減少が見られた。モノクロロ酢酸、モノブromo酢酸は、ジクロロ酢酸よりもさらに短い静止期間、半減期が観察された。

3. 2 試料水の種類の影響

$100 \mu\text{g/L}$ で添加した場合について図-2 に結果を示す。トリクロロ酢酸の場合、高濃度添加系であるので、前述のように初期に分解の起こらない期間があるが、

荒川、隅田川では11日目と14日目の測定の間で、下水処理水では15日目と23日目の測定の間で、下水処理水の影響の強い多摩川では14日目と23日目の測定の間で、それぞれ著しい濃度減少を観察した。一方、海水中でのトリクロロ酢酸の減少は緩慢で50日程度の半減期が想定された。また、ジクロロ酢酸では、すべての場合で約4日のラグフェーズを観察し、その後5日目の測定では濃度が0付近まで急低下していた。多摩川河川水では、やや分解が遅れたものと考えられる。

3. 3 温度の影響

図-3 に冬場の河川水を想定して、 10°C という低温での分解特性を示した。トリクロロ酢酸の半減期は、35日となり、ジクロロ酢酸は7日となり、 20°C の場合に比較して1.5倍程度の半減期となり、低い温度では分解が抑制されることが明らかになった。

4. 結論

消毒副生成物のハロ酢酸類の水中での分解速度を調べたところ、河川水中に存在する程度の低濃度では、ジクロロ酢酸は半減期3日～4日程度の1次反応的に分解し、トリクロロ酢酸は、反応曲線は1次反応的ではない場合もあったが、濃度が初期濃度の半になるのに、20日から40日程度を要していた。高濃度に外部からハロ酢酸類を添加すると、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸とも、初期に分解をしない期間をおいた後、急激に濃度減少が起こるロジスティック曲線型分解となった。高濃度での実験では、河川水中での分解速度に比べて、下水処理水中での分解が遅く、さらに海水中での分解速度は著しく小さいことがわかった。また、 20°C のときに比較して 10°C では半減期が1.5倍程度となり分解が遅くなることがわかった。

参考文献: (1) 名本伸介, 浦瀬太郎, 根橋和哉 (2002): ハロ酢酸類の下水処理過程および水環境における挙動, 水環境学会誌, 25, 5, 285-288.

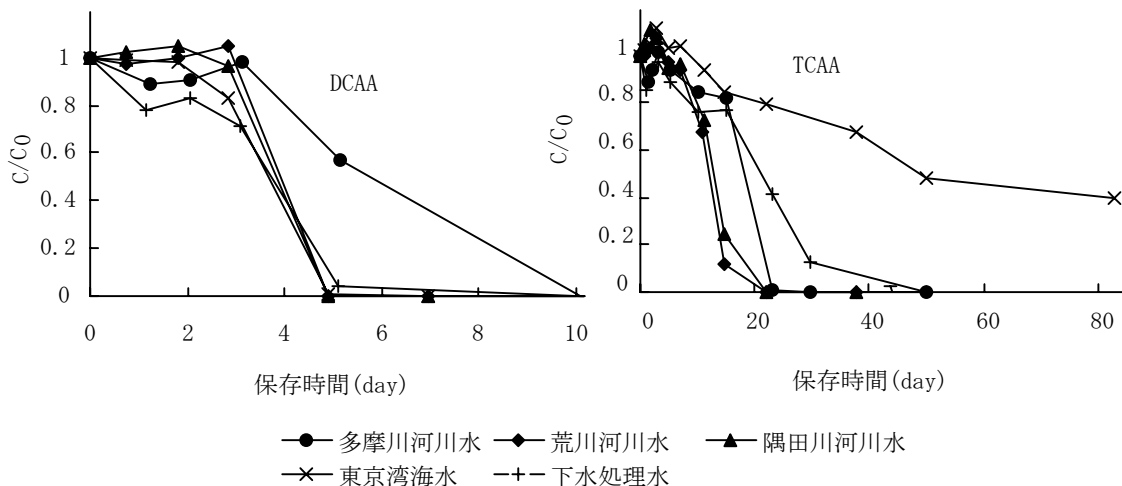


図-2 様々な溶液環境でのハロ酢酸類の分解挙動(20°C)

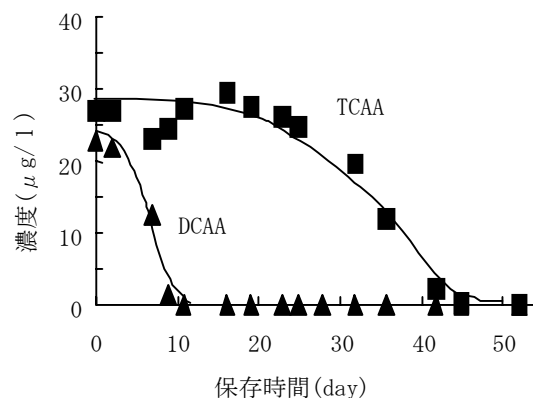


図-3 水温 10°C での保存実験(多摩川河川水)