

<研修報告>

令和4年度研究課程

原水の水質変動に対応する高度浄水プロセスの  
水質改善効果や運転条件に関する研究

森田久男

A study on treatment performance and operation conditions of  
advanced drinking water treatment process to cope with  
fluctuations of raw water qualities

MORITA Hisao

Abstract

Pilot-scale experiments of ozone/biological activated carbon (BAC) process were conducted to reduce disinfection by-products and their precursors, especially trihalomethane formation potential (THM-FP). There were no organic indicators (ultraviolet absorbance (E260), fluorescence intensity, and total organic carbon (TOC)) that were related to the behavior of THM-FP in all treatment processes. Two indicators, E260 and fluorescence intensity, of water after coagulation and sedimentation were used to predict THM-FP after ozonation. It was shown that precursors of dichloroacetic acid and trichloroacetic acid could be controlled using chloroform as an indicator. The ozone consumption per TOC to reduce THM-FP sufficiently was about 0.6 to 1.0 mg/mg C. Bromate formation after ozonation was controlled by feedback control of 0.1 mg/L of dissolved ozone at the inlet of biological activated carbon treatment.

**keywords:** ozonation, trihalomethane, organic indicator, ozone consumption, haloacetic acid

I. はじめに

トリハロメタン (THM) は水道原水中に存在するフミン質などの有機物の塩素との反応で生成することが知られており、その低減化のためには前駆物質である有機物の除去が有効な手段とされている。有機物の量を示す指標としては主に紫外部吸光度 (E260)、蛍光強度、全有機炭素 (TOC) が用いられ、THM生成能 (-FP) 代替指標やTHMの生成量の予測に用いられている。

本研究では高度浄水プロセス (オゾン/生物活性炭 (BAC) 処理) のパイロットプラント実験を行い、THMの制御の観点から、THM-FPの処理工程での低減性を検討し、有機物指標との関連性やオゾン処理条件の影響を検討した。また、THM-FPの低減性とハロ酢酸生成能 (HAA-FP) の低減性の関連性について評価した。さらに、これらの制御を達成するオゾン処理条件での臭素酸 (BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>) の生成抑制について評価した。

II. 実験方法

1. パイロットプラント実験

実験設備の概略図を図1に示す。荒川から取水する大久保浄水場の凝集沈澱処理水(凝集沈澱水)を前段オゾン接触槽(前段)に導入し、オゾン注入は2段向流接触方式、注入制御はオゾン滞留槽出口(D)における溶存オゾン濃度(0.1 mg/L)のフィードバック制御で行った。オゾン処理の後段にはBAC吸着槽を設置し、さらに砂ろ過槽を設置した。

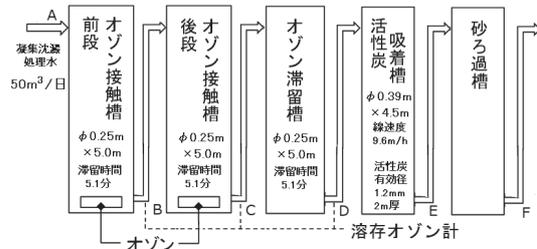


図1 高度浄水プロセスの実験設備の概略図

指導教官：小坂浩司，秋葉道宏（生活環境研究部）

2. 測定項目及び方法

試料採取は原水及び図1のA, D~F点について2009年5月から2011年12月まで日1回の頻度で行った。有機物指標としてはE260, 蛍光強度, TOCを測定した。THM-FP, HAA-FP, BrO<sub>3</sub>は, 週1回の頻度で, 上水試験方法に準じて測定した。また, 高水温期の2010年7~8月と低水温期の2011年1月にオゾン処理の各槽でのTHM-FPの挙動を把握するため, 各槽出口(B~D点)でもTHM-FPを測定した。

III. 結果及び考察

1. 有機物指標及びTHM-FPの推移と処理工程での低減率の比較

原水の有機物指標やTHM-FPの変動を見ると, いずれも夏季に高くなる傾向を示すが, 処理工程での挙動は異なった(図2)。E260は凝集沈澱処理, オゾン処理, BAC処理までで, それぞれ平均46%, 71%, 80%低減された。蛍光強度では, 16%, 85%, 89%, TOCでは, 25%, 26%, 48%, THM-FPでは, 27%, 61%, 74%低減された。

原水や凝集沈澱水でのTHM-FPと有機物指標の相関は比較的高かった。オゾン処理水でのTHM-FPと蛍光強度やE260との相関係数は, それぞれ, -0.219, 0.419と低いが, 凝集沈澱水のE260と蛍光強度の2指標を用いることにより, 重相関係数は0.718と向上し, オゾン処理水でのTHM-FPが概ね予測可能になった(図3)。

THM-FPのうち, クロロホルム生成能(CF-FP)が処理工程で低減されやすく, 消毒副生成物の臭素化体の割

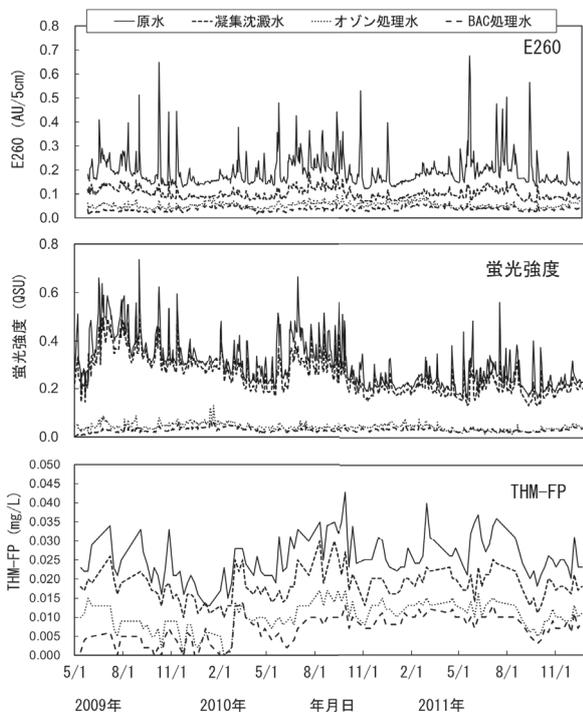


図2 処理工程でのE260, 蛍光強度及びTHM-FPの推移

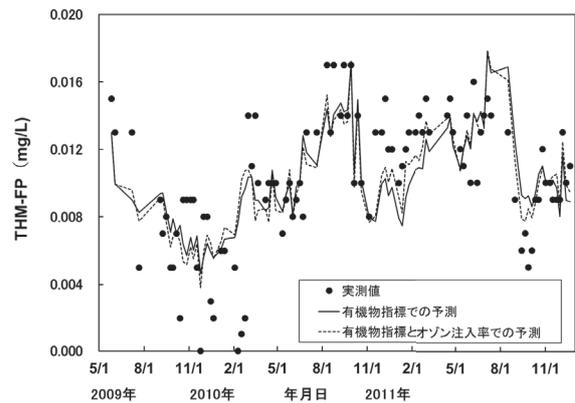


図3 オゾン処理水のTHM-FPの実測値と予測値の推移

合は処理が進むほど高くなった。

2. THM-FPとHAA-FPの比較

オゾン/BAC処理ではトリクロロ酢酸(TCAA)及びジクロロ酢酸(DCAA)の生成能の方がCF-FPより大きく低減された。CFを指標として, その低減が十分に行われている条件で運転していれば, DCAAやTCAAも満足できる低減が行われていることがわかった。

3. オゾン処理工程でのTHM-FPの挙動

THM-FPは, 高, 低水温期で凝集沈澱水に対し, オゾン処理では40~60%低減され, その多くは前段で低減された。THM-FPを低減するのに十分なオゾン消費量/TOCは0.6~1.0 mg/mg C程度であった。また, 溶存オゾン濃度が0.1 mg/Lのフィードバック制御で, BrO<sub>3</sub>も0.005 mg/L以下に抑制された。

IV. まとめ

パイロットプラント実験を行い, 処理工程での消毒副生成物やその前駆物質, 特にTHM-FPの低減性を評価した。有機物指標(E260, 蛍光強度, TOC)との関連性を見たところ, 全ての処理工程でTHM-FPの挙動と一致する有機物指標はなく, 特にオゾン処理では挙動が異なった。溶存オゾン濃度でのフィードバック制御により, オゾンとの反応性が高い物質が分解された場合, オゾン処理水のTHM-FPは, 凝集沈澱水のE260と蛍光強度により, 概ね予測可能であった。オゾン/BAC処理ではDCAA, TCAAはCFを指標として制御可能であった。オゾン処理でTHM-FPの多くは前段オゾン接触槽で低減され, THM-FPを低減するのに十分なTOCあたりのオゾン消費量は0.6~1.0 mg/mg C程度であり, 溶存オゾンが0.1 mg/Lのフィードバック制御で, BrO<sub>3</sub>も十分抑制されることが示された。