

## <教育報告>

平成28年度研究課程

### 水道原水中の塩素消費原因物質に関する検討

清宮佳幸

### Study on chlorine-consuming substances in water source

Yoshiyuki SEIMIYA

#### Abstract

**Objective:** The objectives of this study were to investigate origin and treatability of the causes of chlorine consumption and combined chlorine at the Edo River which is a water source of Kuriyama water purification plant.

**Study Design and Methods:** Continual measurement of combined chlorine was conducted at Kuriyama water purification plant. Additionally, combined chlorine formation potential test was conducted for waters of the Edo River and its tributaries and model compounds. Furthermore, treatability of combined chlorine precursors in the river water by water purification processes was examined.

**Results and Discussion:** From continual measurement of combined chlorine at Kuriyama water purification plant, combined chlorine were constantly detected in sand filtered water regardless of ammonia concentration in raw water. From formation potential test of combined chloramine, organic chloramine was formed from the waters of some tributaries with high concentration of dissolved organic carbon. From the combined chlorine formation potential test for model compounds, formation of organic chloramine was confirmed from several amines. Removal of the precursors of combined chlorine by powdered activated carbon and ozone treatment process was limited.

**Conclusion:** Combined chlorine precursors existed in the tributaries of the Edo River at high concentration. Treatability of the combined chlorine precursors was limited during water purification processes. However, it was suggested that concentration of combined chlorine could be used as a water quality parameter of raw water, and a control parameter of water purification process.

**keywords:** chlorination, river water, combined chlorine, organic nitrogen, organic chloramine

**Supervisors:** Koji KOSAKA

## I. 目的

日本の水道水は、水道法で塩素による消毒が義務づけられている。これは衛生上の点から必要な事であるが、消毒副生成物抑制などの理由で残留塩素の低減化も求められ、管理が難しくなっている。

千葉県水道局栗山浄水場は江戸川下流を水源にしており、流域には水質汚濁が進んだ流入河川が多数存在する。流入河川の影響で原水水質が大きく変動するため、塩素の適正管理には苦慮してきた。

主な塩素消費物質であるアンモニアは塩素と反応して結合塩素（クロラミン）を生成する。このクロラミンは十分な塩素が存在すれば分解するが、ろ過池（浄水）で

しばしばクロラミンが検出された。

本研究の目的は、アンモニア以外の塩素を消費してクロラミンを生成する物質の由来と処理性を明らかにして、浄水場の運転管理に利用することである。

## II. 研究デザインと方法

### 1. 浄水プロセスでの残留塩素の挙動

栗山浄水場での浄水処理は、アンモニアの分解を目的に前段での塩素処理（前塩素）、消毒・マンガンを金属の除去を目的に中間・後段での塩素処理（中間塩素・後塩素）の三段階で塩素処理を行っている。アンモニアが前塩素によりどの程度除去されるのか、定期的なクロ

ラミンの測定により検討を行った。クロラミンの測定は、水道では一般的に使用されているDPD（ジエチル-p-フェニレンジアミン）による吸光光度法で行った。

## 2. 河川水, モデル物質の塩素処理による結合塩素生成試験

栗山浄水場の水源である江戸川及びその流入河川の水（6箇所）を対象に結合塩素生成能試験を行い、無機および有機のクロラミンの生成を検討した。DPD吸光光度法では、無機クロラミン、有機クロラミンのいずれも検出される。無機のモノクロラミンはインドフェノール法で選択的に検出できるため、DPD吸光光度法による結果と比較することで有機クロラミンの生成を評価した。また、有機クロラミン前駆物質候補として構造の単純な28種のアミン類（1～3級アミン）とアミノ酸、スルファミン酸、アンモニアを対象に結合塩素生成能試験を実施し、その生成特性について検討した。

## 3. 河川水のオゾン, 粉末活性炭処理による結合塩素生成能の処理性

流入河川を対象に、粉末活性炭処理、オゾン処理の処理前後の水を対象に結合塩素生成能試験を行い、低減効果の評価した。

## Ⅲ. 結果及び考察

栗山浄水場でクロラミン濃度を測定した結果、前塩素処理後のクロラミン濃度と原水中のアンモニア態窒素濃度の間には相関が見られた。一方、中間塩素処理後には原水のアンモニア態窒素濃度に依らず、一定濃度のクロラミンが存在していることが分かった。中間塩素処理前の水のアンモニア態窒素は、ほとんどの場合定量下限値未満であり、結合塩素の要因はアンモニア以外、すなわち有機クロラミン前駆物質の存在が示唆された。

江戸川と流入河川水を用いて、結合塩素生成能試験によるクロラミン類の生成状況について調査を行った結果、図1に示すように、いずれの河川でもジラミン様+1/2トリクロラミン様物質が、また溶解有機物濃度の高い大

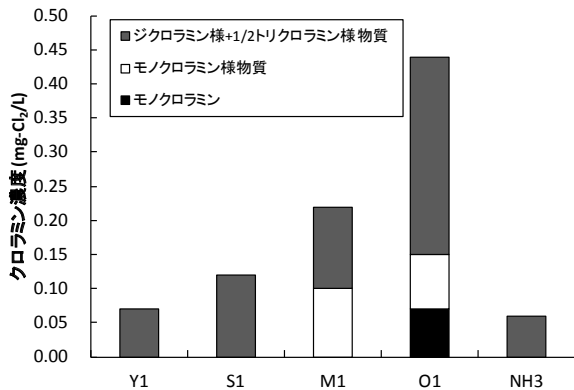


図1 河川水の塩素処理によるクロラミン類の生成 (NH3はアンモニア (0.14 mg-N/L) の結果)

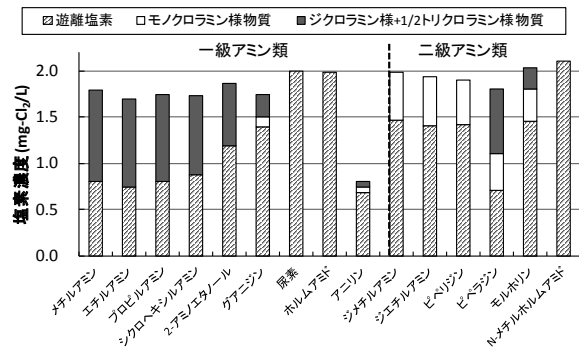


図2 モデル化合物の塩素処理後の塩素形態 (1級・2級アミン類)

場川・三郷放水路では、有機クロラミンのモノクロラミン様物質も確認された。

モデル化合物として低分子量のアミン類を選定し、結合塩素生成能試験によるクロラミンの生成特性を評価したところ、主に一級・二級アミン類からクロラミン類の生成が確認された(図2)。したがって、アミン類は、モノクロラミン様物質、ジクロラミン様物質+1/2トリクロラミン様物質の前駆物質であることが確認された。この結果と流入河川水の結合塩素生成能試験結果から、河川水中には、クロラミン前駆物質として複数の属性のアミン類が関与していると考えられた。また、実際の水道施設では、浄水場から末端の給水栓まで長いところでは1日以上かかるので、アミンから生成した結合塩素の時間安定性（1時間～24時間）についてメチルアミン（一級）、ジメチルアミン（二級）、トリメチルアミン（三級）について確認した。一級・二級アミンはほぼ安定していたが、三級アミンは時間経過とともに遊離塩素が消費されクロラミン濃度が増加した。栗山浄水場浄水のクロラミン類は比較的安定していたので、クロラミンの原因物質は一級・二級アミンに類似すると推測された。

有機クロラミン生成の抑制法について検討するため流入河川水をオゾン、粉末活性炭により処理したが、クロラミン類の抑制は限定的であることが分かった。しかし、浄水クロラミン濃度は原水水質の評価指標となるので、活性炭注入率など浄水場の運転管理に活用できると考えられる。

## Ⅳ. まとめ

栗山浄水場のクロラミンを継続的に測定したところ、有機クロラミンが生成していることがわかった。江戸川の流入河川水、モデル化合物のアミンの一部から有機クロラミン生成することが分かった。粉末活性炭処理、オゾン処理によるクロラミン類の前駆物質の処理性は限定的であったが、浄水プロセスでのクロラミン類濃度は原水水質の評価指標になり、また、運転管理の一助となることが分かった。