

オゾンと紫外線を併用したトリハロメタン前駆物質（THMFP）、 トリハロメタン（THM）の除去

前澤工業（株） 小林 幸夫
○高橋 吉包

1. はじめに

近年、浄水処理に利用している塩素処理によりトリハロメタンを代表とする消毒副生成物が生成され問題となっている。そこで塩素処理の代替処理方法として、最近では紫外線を利用した殺菌やオゾン、過酸化水素等の酸化剤と紫外線を併用した促進酸化法等の研究が行われている。

促進酸化法とは、酸化剤から生成されるヒドロキシルラジカルを紫外線の照射等により反応を促進させる処理方法である。今回の実験では、オゾンと紫外線を併用した促進酸化処理によるトリハロメタン前駆物質（以下、THMFP）及びトリハロメタン（以下、THM）の処理効果についての報告をする。

2. 実験方法

2. 1 実験処理フロー

実験処理フローを図-1に示す。

原水タンクに実験対象水を貯留する。実験対象水は、循環ポンプにより流量1[L/min]でオゾン接触槽へ流入する。オゾン接触槽ではオゾン発生機からのオゾン化空気と向流接触し、オゾン反応処理後、紫外線反応槽へ流入する。紫外線反応槽の容量は0.85[L]、実験に使用した紫外線ランプの主波長は253.7[nm]、出力は8[W]である。紫外線処理後、再び原水タンクへ流入し、循環処理を行なう。

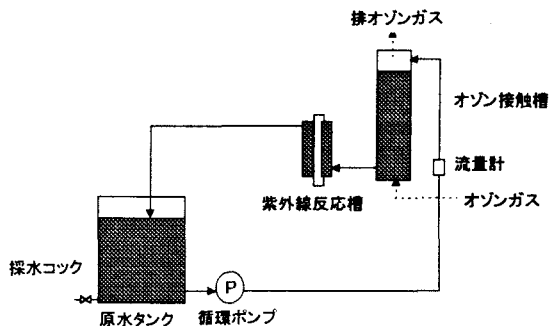


図-1 実験処理フロー

2. 2 実験内容

実験対象水は表流水を使用し、凝集剤（PAC）を注入後、凝集沈殿を行ないその処理水を実験対象水とした。表-1に実験期間中における実験対象水の平均水質を示す。また、実験内容を以下に示す。

実験-1：オゾン処理（以下、 O_3 処理）、紫外線処理

（以下、UV処理）、オゾンと紫外線の併用処理（以下、 O_3 +UV処理）、空気曝気処理（以下、Air処理）、紫外線と空気曝気の併用処理（以下、UV+Air処理）の5方式におけるTHMFPの処理効果についての実験を行なった。

実験-2：実験対象水を塩酸（1+100）あるいは水酸化ナトリウム水溶液（1W/V%）を用いてpH値を4、9に調整し、 O_3 +UV処理におけるpH値の影響を検討するための実験を行った。

実験-3：実験-1の各処理方式におけるTHMの処理効果を検討するため、実験対象水に次亜塩素酸ナトリウムを添加し、24時間反応後原水タンクに貯留し循環処理を行い実験を行な

表-1 実験対象水の平均水質

水質項目	単位	平均水質
pH		7.15
濁度	度	0.78
色度	度	6
E260	Abs	0.192
KMnO4消費量	mg/l	6.2
TOC	mg/l	2.1
THMFP	mg/l	0.052

った。実験対象水の 24 時間後の残留塩素は、1.0～2.0[mg/l]であった。

3. 実験結果

3. 1 実験－1

図－2、3に各処理方法における THMFP 除去率の変化、E260 除去率の変化を示す。THMFP 及び E260 は、 O_3 処理と O_3 +UV 処理を比較すると、 O_3 処理のほうが除去率が高くなる傾向を示した。とくに THMFP は、10%程度の差異が認められた。本実験では、オゾン注入率を O_3 処理での最適注入率として実験を行っており、 O_3 +UV 処理における最適注入率とは異なっているためにこのような現象が起こったのではないかと考えられる。また、 O_3 +UV 処理では処理対象物質に対する紫外線照射強度や反応時間が重要であり、この O_3 +UV 処理と O_3 処理の相違については現在実験を継続中である。

3. 2 実験－2

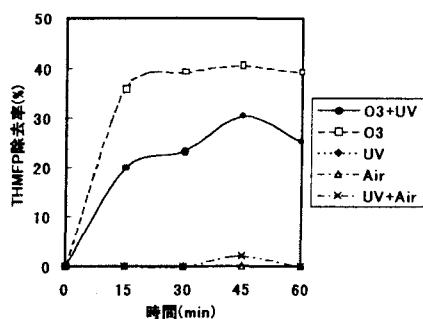
図－4、5に O_3 +UV 処理での pH 値の違いによる THMFP 及び E260 除去率の変化を示す。THMFP 及び E260 ともに pH 値が 7 付近で最も除去効果が高く、pH 値が 4、9 の場合には除去率が低くなる傾向を示した。これは、実験対象水の総アルカリ度が 80～90mg/l と高く、pH 調整をすることにより、炭酸イオンや重炭酸イオン等が生成され、反応を阻害されたことによる除去率の低下ではないかと考えられる。本実験対象水のように高アルカリ度では、 O_3 +UV 処理による処理条件を十分に検討する必要がある。

3. 3 実験－3

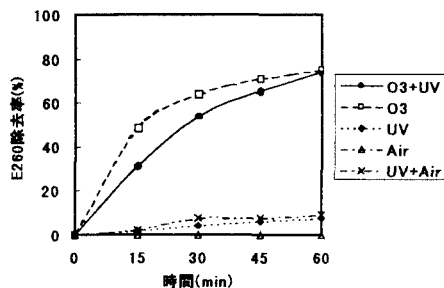
図－6に各処理方法における THM 除去率の変化を示す。 O_3 +UV 処理 > O_3 処理 > Air 処理 > UV 処理の順で除去率が小さくなる結果となり、時間 60 分での各処理方法における THM 除去率を比較すると O_3 +UV 処理で 28%、 O_3 処理で 20%、Air 処理で 13%、UV 処理では除去することは出来なかった。

図－7に O_3 +UV 処理での各 THM 成分についての構成比を示す。本実験では、THM 4 成分中のブロモホルムは検出されなかったため、THM 3 成分中で比較すると、ジブロモクロロメタン > ブロモクロロメタン > クロロホルムの順で除去効果が小さくなる傾向となった。これは、THM がハロゲン化合物であり塩素よりも臭素のほうが結合力が弱く、 O_3 +UV 処理で分解されたため臭素を多く含むジブロモクロロメタンの減少の割合が大きくなったためである。

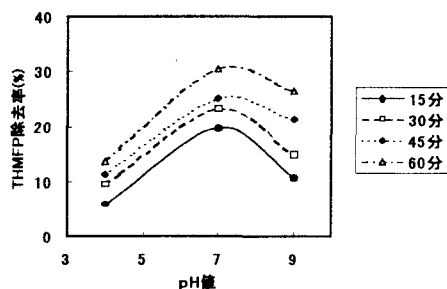
図－8に各処理方法における E260 除去率の変化を示す。



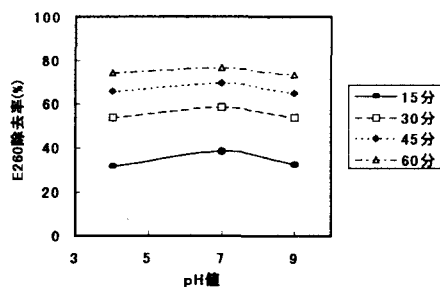
図－2 各処理方法における THMFP 除去率の変化



図－3 各処理方法における E260 除去率の変化



図－4 pH 値の違いによる THMFP 除去率の変化



図－5 pH 値の違いによる E260 除去率の変化

O₃+UV 処理の除去率が最も高く、時間 60 分での除去率を比較すると O₃+UV 処理で 57% , O₃ 処理で 43% , UV 処理で 34% , Air 処理では除去することは出来なかった。

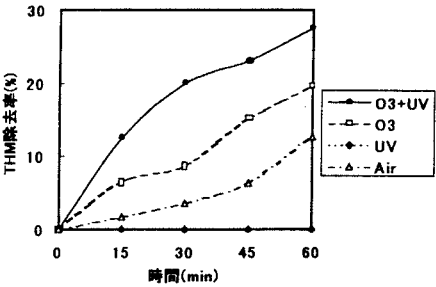
以上の結果、THM は O₃ 処理よりも O₃+UV 処理によって約 1.5 倍、E260 でも同様に約 1.5 倍の除去効果が確認できた。

4. まとめ

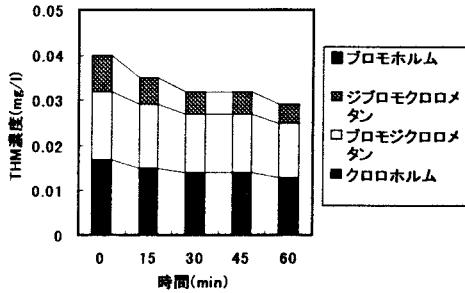
実験結果のまとめを以下に示す。

- ① THMFP 及び E260 は、オゾン処理のほうが除去率が高くなる結果となった。
今回の実験では、オゾン注入率をオゾン処理での最適注入率で実験を行なった結果であり、オゾンと紫外線の併用処理における最適オゾン注入率及び処理対象物質に対する紫外線照射強度、反応時間等については現在実験を継続中である。
- ② pH 値の影響について THMFP と E260 の二項目について検討したが、いずれも pH 値が 7 付近の除去効果が最も高くなる傾向になった。これは炭酸イオンや重炭酸イオン等のスカベンジャーの影響ではないかと考えられる。
- ③ THM 除去は、オゾン処理よりもオゾンと紫外線の併用処理のほうが 1.5 倍程度除去率が高くなった。
また、THM 成分中では、ジブロモクロロメタンの除去効果が高くなる傾向が見られた。
前塩素処理方式の浄水場においては、THM の低減対策として、オゾンと紫外線の併用処理が有効であると考えられる。
- ④ THMFP の処理では、オゾンと紫外線の併用処理効果が認められなかったが、THM の処理においては、併用処理による有効性が認められた。THMFP の除去に関しては、原水水質に対応したオゾンの処理条件、反応時間、紫外線照射強度等を考慮しなければならないと考えられる。

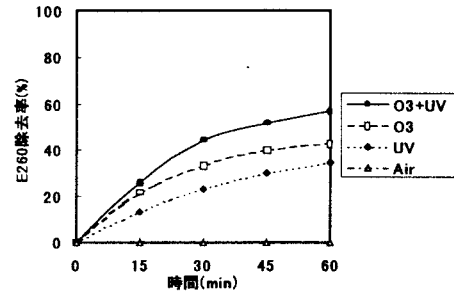
今後は、オゾン処理では処理が難しい物質について、オゾンと紫外線を併用した場合の処理条件、処理効果や連続運転での処理特性等について検討する。



図－6 各処理方法における THM 除去率の変化



図－7 O₃+UV 処理における THM 構成比



図－8 各処理方法における E260 除去率の変化