

オゾン処理水質制御システムの構築

藤生昌男^{*}、津倉 洋^{*}、島崎弘志^{*}、
月足圭一^{*}、青柳重夫^{*}

^{*}株式会社 明電舎 総合研究所
東京都品川区大崎2-1-17

概 要

オゾン処理水質制御システムの構築にあたり、効果的なオゾン処理を行うための浄水工程水（着水井原水、凝集沈澱水、塩素処理沈澱水）の選定実験、および、選定された浄水工程水に対するオゾン処理実験を行った。その結果、凝集沈澱水でオゾン処理効果が最も期待できた。また、腐葉土抽出水を凝集沈澱処理した人工沈澱水に対するオゾン処理を行い、低減化対象物質の一つであるトリハロメタン生成能と相関性の高いE260（波長260nmにおける紫外線吸光度）によりオゾン処理の程度を把握できる結果が得られ、オゾン処理の水質制御用指標としての有効性を確認した。水質制御用水質計器として、E260と近い測定波長254nmでセル長20mmの低濃度対応のUV計を試作し、これを用いて連続オゾン処理水質制御実験を実施し、オゾン注入量の変化に応じたUV計計測値の変化が得られた。以上のことから、低濃度対応のUV計をオゾン処理水質制御用計測器とし、気相・液相両オゾン濃度計と組み合わせたオゾン処理水質制御システムを構築した。

キーワード

水道凝集沈澱水 オゾン処理 オゾン注入率 吸収効率 オゾン濃度計 かび臭物質
紫外線吸光度(E260) トリハロメタン生成能 ファジィ推論 水質制御 上水用UV計

1. 緒言

近年、異臭味被害、地下水汚染、ゴルフ場農業による水道水源の汚染などの問題が深刻化するなか、水道水水質基準の改定作業が進められている。安全でおいしい水の供給を旨とする高度浄水施設の補助金制度が創設され、水道事業者でオゾン・活性炭による高度浄水処理システムの導入検討が活発化しており、一部の大都市圏では施設が設計・建設中であり、すでに共用を開始した施設もある。高度浄水処理システムでは、オゾン処理と活性炭処理が中心である。前段でのオゾン処理により、後続の活性炭処理の負荷低減化し活性炭寿命の長期化等が期待されている。高度浄水処理システムの運転管理については、処理水量の変化や水質の変動などの負荷変動に対して、いかに制御して処理性能を維持するかが課題である。また、生物活性炭付着微生物の活性は水温により影響を受けるため、季節によりオゾン処理と活性炭処理の負荷配分制御をすることも必要である。オゾン処理水質制御システムの実現によりこれらの課題を解決するために、オゾン処理水質制御システムの構築にあたり浄水工程中での効果的なオゾン処理対象水の選択と人工沈澱水によるオゾン処理特性と水質制御用の指標の検討をし、更に、オゾン処理水質制御用水質計器の試作を行い、これと気相・液相両オゾン濃度計などを用いたオゾン処理の水質制御試験を実施して有効性を確認し、オゾン処理水質制御システムを構築したので提案する。

2. 実験方法及び実験条件

2.1 浄水処理工程水の回分オゾン処理実験

表1に示すオゾン処理の操作条件と実験条件に従って、浄水場の着水井原水、凝集沈澱水、塩素処理沈

澱水の各浄水工程水の回分オゾン処理実験を行い、どの工程水がオゾン処理効果が高いかを検討した。

2.2 凝集沈澱水の連続オゾン処理実験

腐葉土抽出液を凝集沈澱処理したのち脱塩素水道水により濃度調整した人工沈澱水を、図1に示すオゾン処理実験装置により連続オゾン処理実験を行った。オゾン処理は向流接触方式により、オゾン処理用原水をオゾン接触槽へ連続通水した。有効容積50ℓのオゾン接触槽の底部にはセラミック散気管(φ80×200mmL)を設置し、総括オゾン移動容量係数(KLa)が、注入オゾンガス流量2ℓ/分の条件で、 $KLa=0.088 \cdot (1.026)^{T-15}$ 、(T:水温(°C))

なるオゾン溶解効率特性のものを使用した。また、気相オゾン濃度は紫外線吸収式オゾン濃度計で発生/排オゾン濃度を切り換えにより計測し吸収効率を求めた。溶存オゾン濃度はポーラロ電極式オゾン濃度計を用いて連続計測した。凝集沈澱水のオゾン処理条件は、接触時間約8~11分間、オゾン注入率1.9~10mg/ℓ、オゾンガス流量2~3ℓ/分、注入オゾン濃度3.3~31.1g/m³、処理流量4.9~6.1ℓ/分で行った。

各水質の測定は、トリハロメタン生成能(THMFP)は溶媒抽出法によるECD付ガスクロマトグラフ測定で、2-メチルイソボルネオール(2-MIB)はC₁₈セップパックカートリッジで濃縮し塩化メチレン抽出液をガスクロマトグラフ-質量分析計で測定し、紫外線吸光度は分光光度計により、溶存オゾン濃度は残留塩素の存在しない状態でDPD法により測定し、また、その他の測定は上水試験方法85年度版およびSTANDARD METHOD17版に準じた。

3. 実験結果および考察

3.1 浄水処理工程水のオゾン処理効果^{1), 2)}

各浄水工程水に対するオゾン処理実験によるオゾン注入率とE260残存率の関係を図2に示す。本図からわかるように、THMFPと高い相関性が想定されるE260指標は、着水井原水や塩素処理沈澱水に比較して凝集沈澱処理水に対するオゾン処理が最も効果的であることがわかる。従って、オゾンの注入点を選定する場合、できるだけ低い注入率で高い処理効果が得られることが必要条件となる。原水では、鉄・マンガンや有機物がオゾンを消費し、また、塩素処理沈澱水では注入塩素の効果によりオゾン処理効果が低減するため、効果的なオゾンの注入点は凝集沈澱の後が望ましい。また、後続の生物活性炭(BAC)処理と組み合わせた処理システムにより、NH₄-Nの除去、活性炭の長寿命化が期待できる。

表1 浄水処理工程水
回分オゾン処理実験条件

条件	
(操作条件)	
オゾナイザ種類	空気源わなナイザ
発生電圧	50V
発生オゾン濃度	2~5g/m ³
オゾン吐出圧	0.7 Kg/cm ²
乾燥空気流量	5.5 ℓ/分
(実験条件)	
反応槽容積	2.5, 10 ℓ
オゾンガス流量	2.5 ℓ/分
オゾン注入率	3~70mg/ℓ
オゾン接触時間	5分/10分

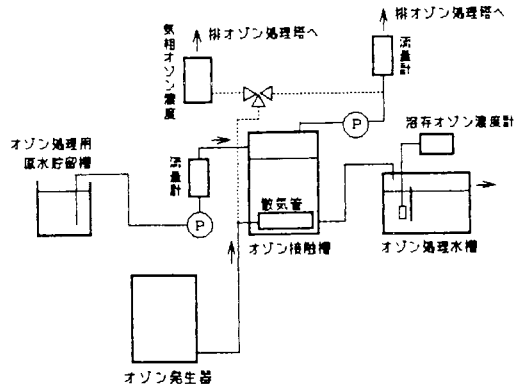


図1 オゾン処理実験装置概要図

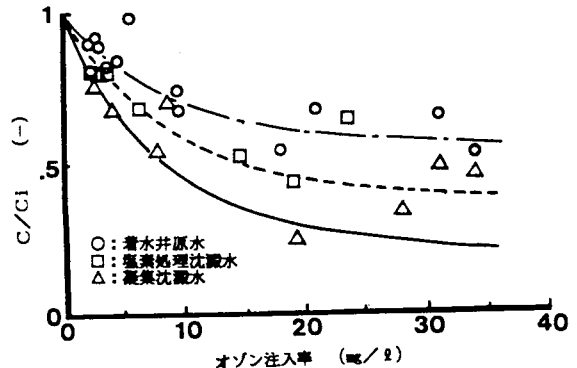


図2 オゾン注入率とE260の関係

3.2 凝集沈澱水のオゾン処理特性^{3),4)}

3.1でオゾン処理が凝集沈澱処理水に対して最も効果的であったことから、凝集沈澱水のオゾン処理実験を行い、かび臭物質(2-MIB)や有機物の一つの指標となる紫外線吸光度(E260)の処理特性を把握し、水質制御システムで使用する水質計測器の選定検討を行った。本実験では、注入オゾン濃度を低濃度(3g/m³程度)から高濃度(30g/m³程度)にわたり変化させ、人工沈澱水をオゾン処理用原水とするオゾン処理実験を行った。その結果について以下に述べる。オゾン処理実験では、オゾン濃度による影響をみるために、Q_L(オゾン処理流量:ℓ/分)及びQ_G(オゾンガス流量:ℓ/分)をほぼ一定となるようにした。オゾン処理条件は、平均Q_L=5.5ℓ/分、平均Q_G=2.5ℓ/分(平均気液比 Q_G/Q_L=0.45)、また、平均接触時間(HRT)は9.5分、注入オゾン濃度を低・中・高オゾン濃度(各々10以下、10~20、20g/m³以上)に設定した。凝集沈澱水をオゾン・活性炭処理する室内実験から、3年以上の長期間通水しても生物活性炭は破過は破過に至らず長寿命化が確認できた。また、オゾン処理により処理水に発ガン性物質と言われるホルムアルデヒドの生成が数10μg/ℓ認められたが、後段の活性炭処理で100%除去された。

注入オゾン濃度と各水質指標との除去率について、それぞれ図3(a),(b)に示す。2-MIBの除去特性(図3(a))については、注入オゾン濃度3g/m³程度で約80%の高除去率が得られ、容易にオゾンで酸化されオゾン処理効果が高いことが本実験でも確認された。また、E260の除去特性(図3(b))では、E260で測定される有機物成分が2-MIBに比較し除去されにくいものの、浄水処理工程水の場合と同様に注入オゾン濃度の増加にしたがってE260除去率は増加した。図4に示すようにE260とTHMFPとは高い相関性が得られ、オゾン処理によりかび臭およびTHMFP成分の除去を目的とするとき、E260を処理の指標とすればオゾン処理制御が可能であると考えられる。オゾン処理水質制御を構築する場合に使用する水質計として、測定波長が260nmと近い254nmの紫外線吸光度を連続計測可能な耐オゾン性を有した低濃度用UV計(セル長20mm)を試作し、これを上水用UV計としてオゾン処理水質制御用試験に用いた。

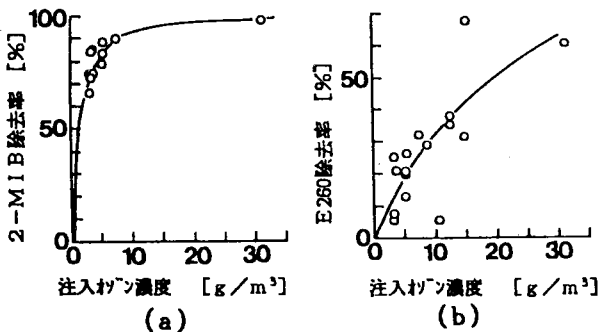


図3 人工沈澱水オゾン処理実験における2-MIB、E260の除去特性

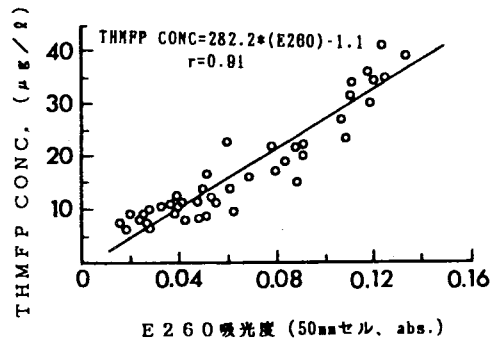


図4 THMFPとE260の相関関係

4. オゾン処理水質制御システムの構築

オゾン処理における従来のオゾン注入量の制御方式としては、オゾン注入率、排オゾン濃度、溶存オゾン濃度の各一定制御など考えられるが、いずれの方式もオゾン処理水質を評価する水質計測器を用いていないため、オゾン処理用原水の水質負荷変動に対して適切・迅速なオゾン処理の水質制御の実施ができない問題点がある。そこで、水質測定用計測器として上水用UV計を組み合わせることで、オゾン処理水質制御システムを構築し、従来のオゾン処理制御方式の問題点の解決を図った。図5は、図1の実験装置により連続オゾン処理を行った際の、注入オゾン濃度変化による上水用UV計の測定結果である。この結果からわかるように、オゾン注入率を2mg/ℓから5mg/ℓに変化させることにより、オゾン処理水

のUV計測値は0.02程度低くなり、オゾンガスの吸収効率(%)は7ポイント低下した。また、溶存オゾン濃度もオゾン注入率の増加にともない上昇した。このことから、オゾン処理条件の変更にもなう水質変化を上水用UV計で計測できることがわかった。また、オゾン処理条件の変更は吸収効率と溶存オゾン濃度の変化として現れた。以上のことから、上水用UV計を水質制御用計測器とし、気相・液相オゾン濃度計を組み込んだオゾン処理水質制御システムを構築し、図6に示した。これは、上水用UV計をオゾン処理水槽の流入部と後段の反応槽に設置し、これらの水質計測信号と流入水量Q、注入オゾンガス濃度、排オゾンガス濃度、溶存オゾン濃度、水温などからファジィ推論によるオゾン注入率の演算を行い、オゾン接触槽へ注入するオゾンガス濃度の変更を自動制御するものである。

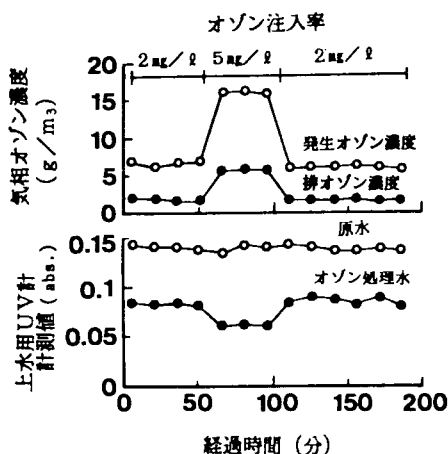


図5 上水用UV計水質制御試験結果

このようなオゾン処理水質制御システムを構築することにより、原水水質の季節変化や処理流量の変動およびオゾンガスの吸収効率が低下する夏期などへの対応も可能になり、さらには、オゾン処理と活性炭処理との負荷配分制御も可能になると期待される。

5. 結言

本報では、浄水処理工程水、凝集沈澱水のオゾン処理特性を調べ、オゾン処理制御指標と計測器の選定を行い、これを用いた水質制御システムの構築を行った。結果をまとめると以下に要約できる。

1) 浄水処理工程の中で凝集沈澱水のオゾン処理効果が最も期待でき、後続のBAC処理との組み合わせで、NH₄-N除去、活性炭の長寿命化が図れる。

2) 2-MIB等のかび臭はオゾン酸化により容易に嗅覚閾値以下まで除去でき、THMF Pと相関の高いE260を指標とすることによりオゾン処理水質制御が可能である。

3) 水質制御用水質計としては、UV計(測定波長254nm、セル長20mm)を試作し、気相・液相の各オゾン濃度計とを組み合わせたオゾン処理水質制御システムを提案した。このシステムにより、負荷変動等に迅速に対応できるオゾン処理が可能となり、オゾン処理工程の信頼性・安定性の向上が期待できる。

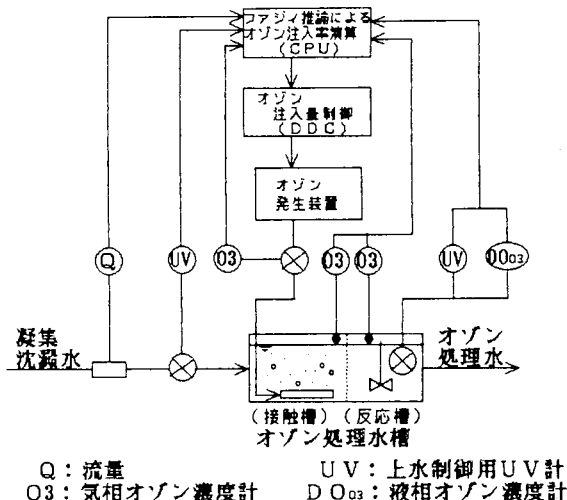


図6 オゾン処理水質制御システム

<参考文献>

- 1) 渡辺、津倉、松永(1989), 浄水工程水のオゾン処理実験, 第40回全国水道研究発表会講演集, 156-158
- 2) 津倉、島崎、月足、藤江(1990), 浄水場の水質制御の高度化, 明電時報, 212, 27-35
- 3) 藤生、津倉、青柳(1991), 高濃度オゾンによる溶解効率とオゾン処理特性, 第25回水質汚濁学会講演集, 226-7
- 4) 津倉、藤生、島崎、月足(1992), 上水沈澱水のオゾン処理特性, 第1回日本オゾン協会年次講演会講演集, 63-66