

高度浄水処理におけるオゾン注入量制御

高橋 和孝 中江 拓司*

富士電機株式会社

公共システム事業部 高度処理推進室

千代田区有楽町1-12-1

概要

近年都市部で問題となっている上水中に含まれる異臭味(ジオスミン, 2-MIB)は、年間を通じてその濃度変化が著しく、安定かつ効果的に除去する方法としてオゾンと活性炭ろ過を組合わせた高度浄水処理が導入されている。原水に含まれる異臭味や有機物等の汚濁負荷変動に対応して効率的に処理を行うには、最適なオゾン注入量制御が不可欠であり、その制御方法には種々の方法が検討され今日に至っている。本報ではオゾン注入量制御の原理およびその実例を紹介する。

キーワード

異臭味, オゾン処理, オゾン注入量

1. はじめに

水道水源の水質悪化にともなう水道水の異臭味は、凝集沈殿や砂ろ過に代表される従来処理では完全に除去することができない。さらに従来処理に不可欠な塩素系の酸化剤は、発ガン性のトリハロメタンを生成させることも指摘されており、安全でおいしい水をつくるために、塩素(次亜)使用量の低減に加えてオゾンと活性炭ろ過を組合わせた高度浄水処理の導入が増加しつつある。

最適なオゾン注入量は被処理水の水量、水質、および処理目標によって決定される。実際に、上水においてオゾン処理を導入する場合は、実験結果等よりオゾン注入量を決定している。しかしながら、この注入率は年間を通じての最大オゾン注入量(オゾン発生装置の定格容量)のみを決定するものであり、実際に必要な注入量は、水道水のかび臭対策であれば夏期の一時期を除いては最大注入率に対して50%以下であることのほうが多い。したがって被処理水の水質に応じた、オゾン注入量の制御が非常に重要である。

2. オゾン注入量制御の方法

2.1 オゾンの注入と物質との反応

オゾン反応槽は、水に溶解している物質とオゾンとを反応させる重要な機能を有しているが、その機能を分析すると次のようになる。

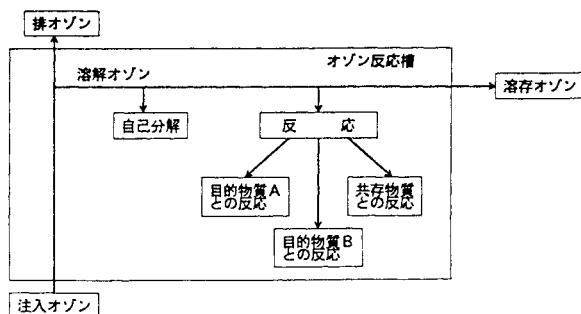
- (1) オゾンの溶解: オゾン(ガス)を被処理水に気液接触させ、オゾンを溶解させる
- (2) 滞留 : 水に溶解させたオゾンと物質を反応させる

また注入したオゾンのオゾン反応槽内における物質収支は図1の様になる。オゾン発生装置より発生させたオゾンは接触槽の下部よりディフューザを介して小さな気泡として被処理水に注入される。この注入されたオゾンは槽上部に達するまでに水中に溶解し、一部は排オゾンとして反応槽外へ持ち出される。水に溶解したオゾンは処理目的物質と反応する他、一部は処理目的以外の物質とも反応消費し、さらに自己分解によ

でも消費され、残ったオゾンは溶存残留オゾンとして反応槽外へ持ち出される。

オゾンと物質との反応は非常に複雑な反応過程を経由するものもあるが、オゾン反応槽内においては大別すると次の2種類に分類することができる。

- (1) オゾンによる物質の直接酸化
- (2) OHラジカル等のフリーラジカルや中間生成物による物質の酸化



オゾンによる物質の直接酸化は、鉄・マンガ
ンイオンの酸化に代表され、オゾンがイオンを直接酸化するする反応である。またOHラジカルは、被処理水に溶解したオゾンが加水分解する際に生成するオゾンよりも反応性の高い酸化剤であり、このOHラジカルは原水に含まれる臭気物質（かび臭物質）を分解することで知られている。

図1 オゾン反応槽内でのオゾンの物質収支

2.2 オゾン注入量制御

現在考えられている、あるいは行われているオゾン注入量制御について述べる。

(1) オゾン発生量一定制御

設備に必要なオゾン注入量を人の判断で設定し、そのオゾン量になるようにオゾン発生量を制御する。処理水量や水質の変動には追従しないが、設定変更に対する追従は早い。

(2) 注入率一定制御

処理水に必要なオゾン注入率を人の判断で設定し処理水に対して一定のオゾン注入率になるよう、オゾン発生量を制御する。処理水量の変動に対する追従は早い、処理水質や水温の変動には追従しない。

(3) 排オゾン濃度一定制御

人の判断で排オゾン濃度を設定し、その設定濃度になるようオゾン発生量を制御する。水質が悪くなった場合（有機物等のオゾンと反応する物質が増えた場合）、同じオゾン注入率であってもオゾンの消費量は多くなるため、排オゾン濃度は下がる。またその水質に対してオゾンを注入し過ぎた場合は、必要量に対してオゾンが多い事になり、排オゾン濃度は上昇する。このように、排オゾン濃度が反応槽内でのオゾンの過不足状態を示すため、この濃度が一定になるよう制御すれば処理水質や水量の変動に追従できる。

このとき排オゾン濃度の最適な設定値は処理水質の検証を行いながら決定しなければならない。また排オゾン濃度の設定値は、水温の変動を考慮して設定しなければならない。それは気体が水に溶解する場合、水温が高いときには溶解しにくく、水温が低いときは溶解しやすいという性質があるからである（図2）。したがってもし水質が悪い時に水温が上昇した場合、水に対するオゾンの溶解効率は低下するため排オゾン濃度は上昇し、制御としてはオゾン注入量を下げようとする。このようなことがないように、四季を通じて適正な排オゾン濃度に設定しなければならない。また、一般に排オゾンの応答には数分～十数分のむだ時間があり、水量や水質の急激な変動に対しては追従が遅れる。

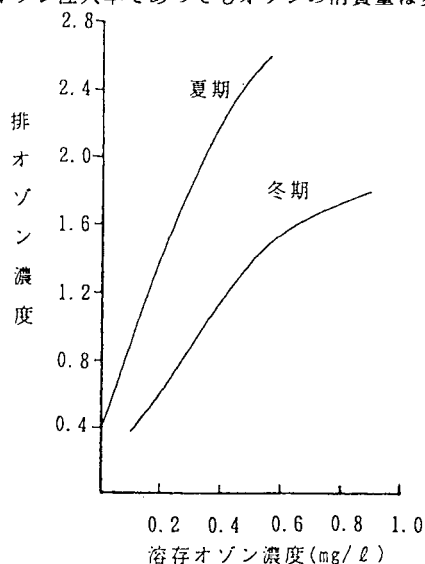


図2 排オゾン濃度～溶存オゾン濃度の関係例

（4）溶存オゾン濃度一定制御

オゾン反応槽出口の溶存オゾン濃度は、排オゾン濃度と同様、オゾン処理効果の代替指標となる。すなわち、オゾン注入量が不足している場合は、水中のオゾンは自己分解と物質との反応により消費され、ゼロに近くなり、オゾン注入量が過剰な場合は、水中により多くのオゾンが残留するため、溶存オゾン濃度が高くなる。したがって水量、水質、水温の変動にも追従し、制御指標として排オゾン濃度よりも処理水質と密接な関係があり、排オゾン制御よりも理想的な制御であるといえる。

しかしながら、溶存オゾン濃度の設定値（SV）が、0.2mg/l程度の低い値に設定されることが多く、濃度計の感度およびサンプリングシステムの汚れや目詰まり等の問題で、安定した計測そのものが困難である場合が多いという欠点がある。また排オゾン濃度制御と同様に、数分～十数分のむだ時間があり、急激な水量、水質の変動に対しては追従が遅れる。

これらのオゾン注入量制御には、それぞれに長所と短所があるため、設備に合わせて制御方法を検討しなければならない。

3. オゾン注入量制御の実施例

東京都金町浄水場で行われている制御例および処理効果を紹介する。

3.1 処理目的および処理効果

かび臭（2-MIB）除去対策を主目的として、オゾン+生物活性炭ろ過（BAC）を組合せた高度浄水処理設備が導入された。その処理効果を図3に示す。

3.2 設備構成

オゾン処理設備の概略の設備構成を示す

（1）オゾン発生装置

18kgO₃/h × 3台

（2）オゾン接触池（反応槽）（図4）

接触時間 約12分

滞留時間 約6分

池数 5池

3.3 オゾン注入量制御

オゾン注入量制御フローを図5に示す。溶存オゾン濃度一定制御を基本としているが、溶存オゾン濃度より最適な注入率を求めてその注入率と水量の積でオゾン発生量を制御する方法を採用している。これにより水量変動に対する追従を早くしている。また溶存オゾン濃度が安定して計測できるよう、サンプリング配管に直接隔膜ポーラロ電極式のセンサーを取付け、センサーの前段にはフィルター等は取り付けしていない。サンプリング位置は反応槽内の流れが安定している滞留槽出口としている。また制御に用いる溶存オゾン濃度計の濃度測定値は、5台（各オゾン接触池）の平均としている。

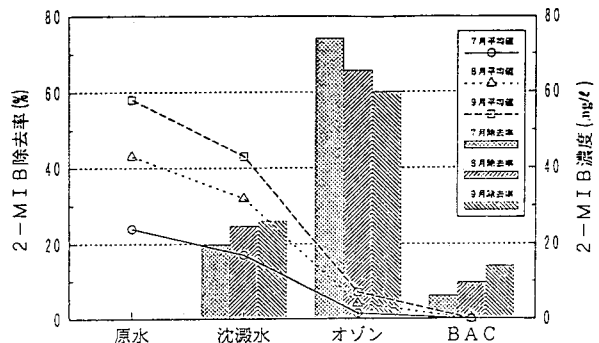


図3 各処理工程水の2-MIB除去状況⁽¹⁾

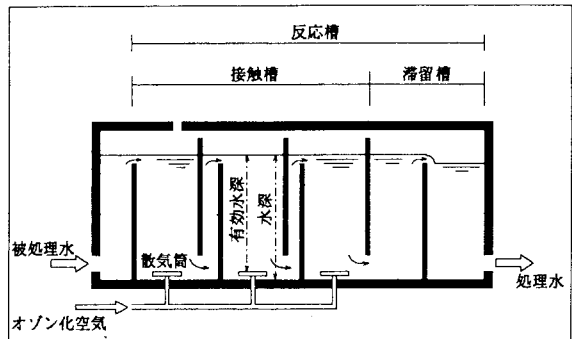


図4 オゾン接触池（反応槽）

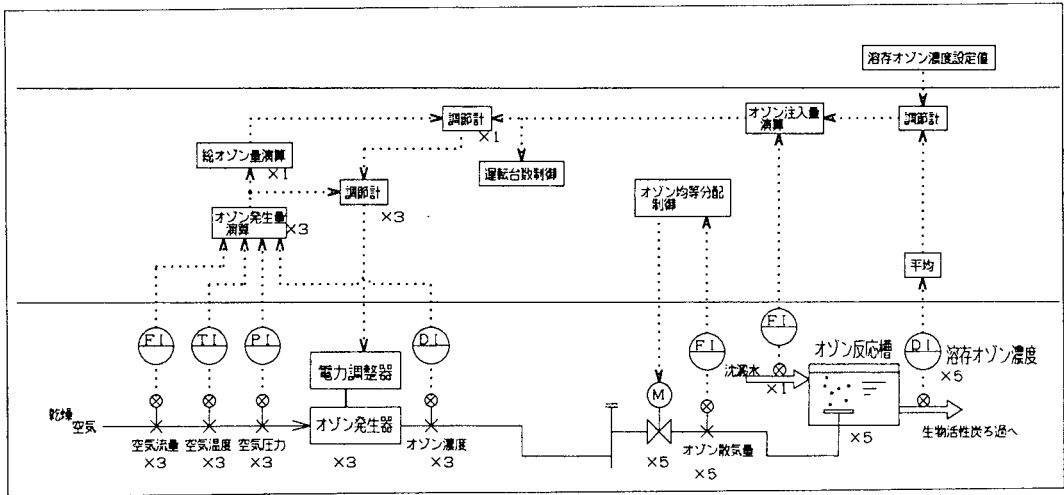
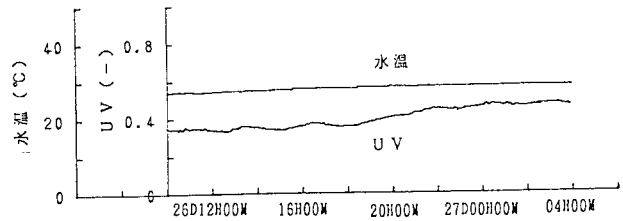


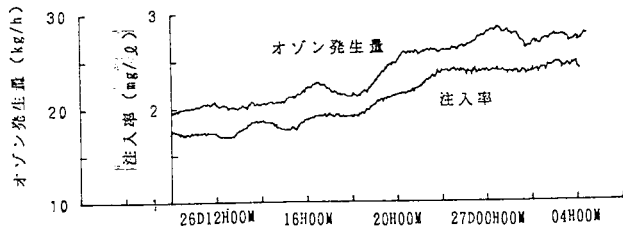
図5 制御フロー

図6に溶存オゾン濃度制御を行ったときの制御例を示した。水質汚濁の指標であるオゾン反応槽入口の紫外線吸光度（ UV_{260} ）の値の上昇と共に、オゾン注入率が上昇しており、水質の変動に対してオゾン注入量が十分に追従しているといえる。



4. おわりに

最適なオゾン注入量制御は、安定した処理を行うとともに設備のランニングコストを低減させる重要な役割を担っている。今までのオゾン処理においては、オゾン注入量制御はあまり重要視されていなかったが、今後はオゾン注入量制御を含めた、効率的なオゾン処理設備の運転管理技術の確立が必要になるとと思われる。



参考文献

- (1) 植木誠, 西野二郎 (東京都水道局)
 : オゾンと活性炭を用いた異臭味等の除去について (第3回日本オゾン協会年次研究講演会 講演集)

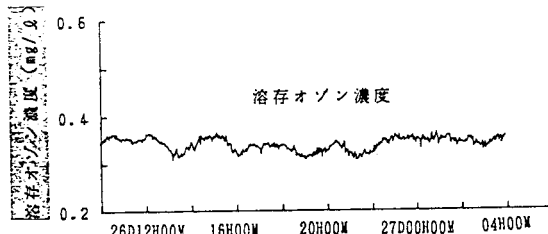


図6 溶存オゾン濃度制御の実施例⁽²⁾

- (2) 高橋 和孝 (富士電機)
 : 高度浄水処理プロセス制御 (日本オゾン協会, 第11回オゾンに関する講演会)