

オゾン処理技術の技術評価に関する
報告書

平成21年4月

日本下水道事業団 技術開発部

審議の経過

平成20年	3月27日	第56回技術評価委員会
平成20年	4月23日	第1回オゾン処理技術専門委員会
平成20年	10月14日	第2回オゾン処理技術専門委員会
平成20年	12月12日	第57回技術評価委員会
平成20年	12月25日	第3回オゾン処理技術専門委員会
平成21年	2月23日	第4回オゾン処理技術専門委員会
平成21年	3月10日	第58回技術評価委員会

委員の構成

(平成 21 年 3 月 10 日現在)

技術評価委員会

会 長	東洋大学学長	松尾 友矩
委 員	日本大学教授	田中 和博
〃	京都大学大学院教授	津野 洋
〃	東京大学大学院教授	味埜 俊
〃	国土交通省都市・地域整備局下水道部長	松井 正樹
〃	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部長	藤木 修
〃	東京都下水道局技監	中村 益美
〃	大阪市建設局理事	永澤 章行
〃	埼玉県都市整備部下水道課長	山口 文平
〃	社団法人日本下水道協会理事	佐伯 謹吾
旧委員	北九州市立大学大学院教授	楠田 哲也
〃	国土交通省都市・地域整備局下水道部長	江藤 隆
〃	東京都下水道局長	前田 正博

(旧委員の所属職名は委員委嘱当時のもの)

オゾン処理技術専門委員会

委員長	京都大学大学院教授	津野 洋
委員	京都大学大学院教授	田中 宏明
〃	お茶の水女子大学大学院准教授	大瀧 雅寛
〃	国土交通省都市・地方整備局下水道部下水道企画課 下水道技術開発官	石井 宏幸
〃	国土技術政策総合研究所下水道研究部 下水処理研究室室長	南山 瑞彦
〃	滋賀県琵琶湖環境部下水道課主席参事	今堀 吉一
〃	東京都下水道局計画調整部技術開発課長	小団扇 浩
旧委員	東京都下水道局計画調整部技術開発課長	川本 和昭

(旧委員の所属職名は委員委嘱当時のもの)

目 次

(技術評価の経緯)	1
(技術評価の目的)	2
(評価の対象技術)	2
(評価の範囲)	3
(オゾン処理技術の特徴)	3
(オゾン処理技術の処理特性)	6
(オゾン処理技術の施設設計)	10
(オゾン処理技術の維持管理)	14
(オゾン処理技術のコストとエネルギー)	15
(留意事項)	16

(技術評価の経緯)

近年、下水道の普及拡大に伴って、水循環系に果たす下水道の役割はその重要性を増しており、湖沼や内湾などの閉鎖性水域におけるさらなる水質改善や、下水処理水の再生水利用の促進による健全な水循環の形成、微量化学物質や病原性微生物による水系リスクの低減が下水道における新たな課題となっている。このような新たな課題に対して、難分解性有機物や微量化学物質、病原性微生物などをさらに高度に除去するためには、活性汚泥法に代表される生物処理に加えて、物理化学的処理による付加的な高度処理の導入が必要とされる。

物理化学的処理による高度処理法の一つであるオゾン処理法は、オゾンの強い酸化力により、下水処理水中の処理対象物を酸化分解する方法である。オゾン処理法は、要求される処理水質に応じて、有機物や微量化学物質の除去、脱色・脱臭、消毒などの多様な処理効果を期待できることに加えて、オゾンは分解されて無害な酸素になることや、処理にともなって汚泥などの二次廃棄物が生じないことなどから、上述したような新たな課題に対する極めて有用な処理技術の一つと考えられる。また、オゾンを用いた促進酸化処理法は、オゾンよりも強い酸化力を有するため、近年、難分解性有機物や微量化学物質などのより効率的かつ効果的な処理方法として着目されており、今後、下水処理への適用が期待される。

オゾン処理技術に関して、本委員会では、平成9年3月に答申した「最近の消毒技術の評価」において、消毒技術の一つとして、オゾン消毒について評価を行っている。しかし、オゾン処理技術の多様な処理効果や、前処理設備や後処理設備を含む処理プロセス全体の設計や維持管理の考え方、オゾンを用いた促進酸化処理法の下水処理への適用性などについては、これまで体系的な整理

や評価は行われていなかった。そこで、今後増加が予想されるオゾン処理技術の新たな導入要求に応えるためには、オゾン処理技術の処理特性や設計および維持管理の考え方などを明らかにしておく必要がある。

このような理由から、平成 20 年 3 月 27 日、日本下水道事業団理事長より本委員会に対して「オゾン処理技術の技術評価について」の諮問がなされた。本委員会では、これに応じて、オゾン処理技術の処理特性や設計および維持管理の考え方などを明らかとするために審議を行い、その結果を本報告書として答申した。

(技術評価の目的)

本技術評価は、日本下水道事業団におけるこれまでの調査研究の成果、オゾン処理施設に関する実態調査の結果、ならびに、オゾン処理技術に関する既往の知見を体系的に整理し、オゾン処理技術の処理特性や施設の設計および維持管理に関する考え方、オゾンを用いた促進酸化処理法の適用性などを取りまとめることによって、下水処理におけるオゾン処理技術の利用の促進に資することを目的とする。

(評価の対象技術)

本技術評価では、放流または再生水利用のため、有機物や微量化学物質の除去、脱色・脱臭、消毒などを目的として、活性汚泥法に代表される生物処理後の処理水（以下、「生物処理水」という）に対してオゾンを適用する技術の評価の対象とする。また、評価の対象技術は、オゾンを単独で用いる「オゾン処理法」、および、オゾンに過酸化水素などを併用して用いる「オゾンを用いた促進

酸化処理法」に大別するものとし、本技術評価では、これらを合わせて「オゾン処理技術」という。なお、オゾンを用いた促進酸化処理法には、様々な方法があるが、本技術評価では、主にオゾンと過酸化水素を併用する方法（以下、「オゾン／過酸化水素処理法」という）について、日本下水道事業団と民間企業の共同研究の成果に基づき、評価を行っている。

（評価の範囲）

本技術評価では、オゾン発生設備、オゾン反応設備（オゾンを用いた促進酸化処理法に必要な付帯装置を含む）、排オゾン処理設備およびオゾン濃度計測設備から構成されるオゾン処理設備、ならびに、必要に応じてオゾン反応設備の前後に設ける前処理設備および後処理設備を加えた生物処理工程以降の工程を評価の範囲とする。

（オゾン処理技術の特徴）

1. オゾン処理法の特徴

（1）処理原理

オゾン処理法は、空気や酸素を原料に無声放電などにより生成したオゾンを生物処理水に注入し、オゾンの強力な酸化力を利用して、有機物や微量化学物質の除去、脱色・脱臭、消毒などを行う方法である。

（2）特徴

オゾン処理法は、オゾンが有する反応特性などから、次に示す特徴を有する。

- ① オゾン処理法は、オゾンが強い酸化力を有するため、広範な有機物および無機物の酸化、ならびに、脱色や脱臭の効果が期待できる。

- ② オゾン処理法は、オゾンが強い酸化力を有するため、細菌やウイルス、原虫などの広範囲の微生物に対する消毒効果を期待できる。
- ③ オゾン処理法は、有機物や微量化学物質の除去、脱色・脱臭、消毒などの多様な処理効果を同時に得ることができる。
- ④ オゾン処理法では、オゾンが被処理水中の還元性物質（亜硝酸性窒素、浮遊性物質（SS）、有機物質など）とも反応し、消費されることから、その処理効果は、被処理水の水質の影響を受ける。
- ⑤ オゾン処理法は、オゾンが直接には有機塩素化合物を副生成しないことや、オゾンは自己分解し放流水中にほとんど残存しないことから、放流水域に与える影響は塩素処理と比較して小さい。
- ⑥ オゾン処理法は、オゾンの強い酸化力により処理対象物を酸化分解することから、処理にともなって汚泥などの二次的な廃棄物を発生しない。
- ⑦ オゾン処理法は、オゾンを空気または酸素と電気からオンサイトで発生させるため、薬品などの保管や補給などが不要である。

（3）システム構成

オゾン処理法は、オゾンガスを発生させ供給するための「オゾン発生設備」、オゾンガスを生物処理水中に溶解させ反応させるための「オゾン反応設備」、未反応で放出されるオゾンを分解し処理するための「排オゾン処理設備」、ならびに、オゾン処理設備全体の運転制御および安全管理のための「オゾン濃度計測設備」から構成される。さらに、生物処理水の水質やオゾン処理の目的、目標処理水質などの必要に応じて、急速ろ過設備や生物膜ろ過設備などの「前処理設備」、ならびに、生物活性炭処理設備や生物膜ろ過設備、塩素消毒設備などの「後処理設備」が、オゾン反応設備の前段または後段に付加される。

2. オゾンを用いた促進酸化処理法の特徴

(1) 処理原理

ヒドロキシルラジカル (HO ラジカル) は、オゾンの自己分解反応などによって生成され、オゾンよりも強い酸化力を有する。

オゾンを用いた促進酸化処理法は、オゾンと過酸化水素や紫外線などを併用することにより、オゾンの分解速度を高め、HO ラジカルの生成を促進させることにより、HO ラジカルのより強力な酸化力を利用して、生物処理水中の有機物質などを酸化分解する方法である。

(2) 種類

オゾンを用いた促進酸化処理法には、オゾン／過酸化水素処理法、オゾンと紫外線を併用する方法（以下、「オゾン／紫外線処理法」という）などがある。

(3) 特徴

オゾンを用いた促進酸化処理法は、オゾン処理法が持つ特徴に加えて、HO ラジカルが有する反応特性などから、次に示す特徴を有する。

- ① オゾンを用いた促進酸化処理法は、HO ラジカルが分子オゾンよりも高い酸化力を有し、かつ、反応速度が大きいため、オゾン処理法と比べて短時間で処理が可能である。
- ② オゾンを用いた促進酸化処理法は、HO ラジカルの反応の選択性が低く、水中に共存するほとんどの物質と反応することから、オゾンと反応しない物質や反応性の低い物質についても、効率的な処理が可能である。
- ③ オゾンを用いた促進酸化処理法では、HO ラジカルが炭酸イオンや重炭酸イオンなどの被処理水中に共存するラジカル消費物質（ラジカルスカベンジャー）とも反応して、無効に消費されるため、その処理効率は、

被処理水の水質の影響を受ける。

- ④ オゾンを用いた促進酸化処理法では、HO ラジカルがオゾンや過酸化水素とも反応するため、添加されたオゾンや過酸化水素は、HO ラジカルを生成するだけでなく、HO ラジカルを消費する。そのため、オゾンを用いた促進酸化処理法では、その処理効率を最大にする最適な処理条件が存在する。

(4) システム構成

オゾンを用いた促進酸化処理法では、オゾン処理法のシステム構成に加えて、HO ラジカルを生成を促進するための過酸化水素の添加装置や紫外線の照射装置などのオゾン反応設備の付帯装置が必要となる。

(オゾン処理技術の処理特性)

日本下水道事業団におけるこれまでの調査研究の成果、オゾン処理施設に関する実態調査の結果、ならびに、既往の知見を整理した結果より得られたオゾン処理技術の処理特性は、以下のとおりである。

1. 有機物除去

- (1) COD は、オゾン注入率の増加に伴って減少するが、オゾン処理では有機物の完全な無機化には至らないため、オゾン注入率 10mg/L 程度以上では、単位オゾン消費率あたりの COD 除去量は横ばいとなる。一方、BOD は、難分解性有機物の易生物分解化により上昇する場合がある。
- (2) オゾン処理設備の前段に砂ろ過設備、後段に生物活性炭処理設備や生物膜ろ過設備を設けた処理システムでは、砂ろ過による SS 由来の有機物の除去、ならびに、生物活性炭処理や生物膜ろ過処理による易生物分解化さ

れた有機物の生物分解により、また、生物活性炭処理では難分解性有機物の吸着も生じることにより、オゾン処理単独よりも高度な COD の除去が可能である。

- (3) オゾン／過酸化水素処理法では、オゾンとの反応による COD 除去量よりも、過酸化水素添加後の促進酸化反応による COD 除去量が大きいいため、オゾン処理法よりも高い COD 除去効果を期待できる。

2. 脱色・脱臭

- (1) オゾンは、し尿や染色排水などに起因する着色原因物質が有する不飽和二重結合を酸化分解して、可視光線領域に吸収を持たない化学構造とすることにより、脱色効果を示す。
- (2) オゾン処理による脱色効果は、被処理水の着色の原因や着色の程度（色度）、共存物質の濃度などにより異なるが、オゾン注入率 5～10mg/L 程度以上の操作条件において、おおむね色度 10 度以下に脱色することが期待できる。
- (3) 亜硝酸性窒素は、オゾンにより速やかに酸化され、オゾンを消費するため、被処理水中の亜硝酸性窒素濃度がおおむね 1.0mg/L 以上では、脱色効果が著しく低下する。
- (4) オゾンによる脱色は、SS の酸化分解よりも速やかに生じるため、一般的な生物処理水の SS 濃度では、SS による脱色効果への影響は少ないと考えられる。
- (5) 脱色や消毒などを目的としたオゾン処理の操作条件において、生物処理水に対する効果的な脱臭を期待できる。

3. 消毒

- (1) オゾンは、微生物の細胞膜や核酸などを直接破壊し、あるいは、タンパク質を変性するなどにより、細菌、ウイルスおよび原虫に対する消毒効果を示す。
- (2) 大腸菌群数については、オゾン注入率 5~10mg/L 程度以上、反応時間 10 分程度以上の操作条件において、おおむね 99%程度以上の不活化率を期待することができ、放流水の水質の技術上の基準である 3,000 個/cm³ 以下を達成できる。
- (3) 細菌に対する消毒効果は、被処理水の SS 濃度の影響を受けるが、一般的な生物処理水の SS 濃度では、急速ろ過などの前処理設備を設けない場合でも、消毒効果への影響は少ないと考えられる。
- (4) 亜硝酸性窒素は、オゾンにより速やかに酸化され、オゾンを消費するため、被処理水中の亜硝酸性窒素濃度がおおむね 1.0mg/L 以上では、細菌に対する消毒効果が著しく低下する。
- (5) オゾン処理は、ウイルスや原虫に対して、塩素消毒と比較して、より高い消毒効果を期待することができる。

4. 微量化学物質除去

- (1) トリハロメタン生成能 (THMFP) や全有機ハロゲン化合物生成能 (TOXFP)、全有機ハロゲン化合物 (TOX) は、COD の除去に伴って低減される。なお、オゾン処理工程の後段に生物活性炭処理設備や生物膜ろ過設備などを設けることにより、THMFP の更なる除去が期待できる。
- (2) エストロゲンなどの内分泌攪乱物質や医薬品および日用生活品 (PPCPs : Pharmaceuticals and Personal Care Products) の多くは、脱

色や消毒などを目的とするオゾン注入率 5mg/L 程度以上の通常の操作条件において、おおむね 90%程度以上の除去を期待できる。また、オゾン処理により、内分泌攪乱物質自体の除去に加えて、エストロゲン様活性の低減も期待できる。

- (3) HO ラジカルは、オゾンと反応しない物質や反応性の低い物質とも高い反応性を示すことから、オゾンを用いた促進酸化処理法では、内分泌攪乱物質や PPCPs などの微量化学物質について、オゾン処理法よりも高い除去効果を期待できる。

5. 反応副生成物

- (1) オゾン処理によりアルデヒド類やカルボン酸類などの有機酸化物が副生成されるが、その量が微量であることや生分解性が高いことなどから、一般的に放流水域への影響は問題にはならない。なお、これらの有機酸化物は、オゾン処理工程の後段に生物活性炭処理や生物膜ろ過処理などを付加することにより、効果的に除去することができる。

- (2) 被処理水中の臭化物イオン濃度やオゾン注入率などの条件によっては、臭素酸や有機臭素化合物が副生成される。そのため、流入下水中の臭化物イオン濃度が高く、かつ、放流先が水道水源上流などにあたる場合には、オゾン処理工程において生成を抑制することが必要になる場合がある。なお、オゾン処理による臭素酸などの生成は、オゾン注入率の低減やオゾン／過酸化水素処理法により抑制することが期待できる。

6. その他

- (1) オゾンは、水に溶解しやすいため、水温変動による溶解効率への影響は小さいが、低水温では処理効果が低下する。

- (2) オゾンは、水中で速やかに自己分解するため、放流水中にほとんど残留せず、残効性はない。

(オゾン処理技術の施設設計)

オゾン処理技術の施設設計にあたっては、以下の点に留意する必要がある。

1. 施設設計の基本的な考え方

- (1) 処理目的に応じた処理対象項目および目標処理水質を設定し、これに応じたオゾン処理設備の最適な設計操作条件や前処理設備・後処理設備のシステム構成の検討を行う。なお、目標処理水質などによっては、効率的かつ効果的なオゾン処理を行うため、生物処理水の水質向上について考慮する。

- (2) オゾン注入率は、一般的に $5\sim 15\text{mg/L}$ 程度で設計されるが、処理目的や目標処理水質、被処理水の性状などにより、オゾン注入率と処理効果の関係は異なる。そこで、オゾン注入率の設定にあたっては、類似の実施事例などを参考にするとともに、必要に応じて、実験などによりオゾン注入率と処理効果の関係を把握する。

2. オゾン発生設備

- (1) オゾン発生原料には、空気と酸素があり、酸素原料の方が高濃度のオゾンが得られ、また、エネルギー効率も優れている。オゾン発生設備の建設コストは、オゾン発生量が大きくなるのに伴って、酸素原料の方が低くなる傾向にあるため、対象処理水量や必要オゾン濃度などを考慮して選定する。

- (2) オゾン発生設備の容量は、オゾン注入率および対象処理水量により決定

し、台数構成は水処理施設などの系列数や予備機の考え方などにより設定する。また、オゾン発生設備の予備機の設置は、オゾン注入率に余裕を見込むことにより省略するなど、維持管理性や経済性を考慮して決定する。

- (3) 被処理水の水量や水質に応じたオゾン発生量の制御を行うため、排オゾン濃度一定制御やオゾン注入率一定制御、溶存オゾン濃度一定制御などが用いられる。

3. オゾン反応設備

- (1) 反応タンクにおけるオゾンと被処理水の接触時間は、処理効率やオゾン吸収効率、経済性の観点から 10 分程度とし、接触部は 2 段に分割することが望ましい。また、オゾン接触後の滞留部は、残留オゾン除去の観点から 5 分程度の滞留時間を確保することが望ましい。
- (2) 反応タンクの接触水深は、処理効率やオゾン吸収効率、経済性の観点から、4～6m 程度が一般的である。
- (3) 反応タンクにおけるオゾンと被処理水の接触方式は、気液向流接触方式が一般的である。
- (4) オゾンの吸収効率は、反応タンクの水深や発生オゾン濃度、ガス空塔速度などにより異なるが、90%程度を目途とする。
- (5) 反応タンクは、耐腐食性や安全性の観点から、コンクリートもしくはステンレス製の密閉構造とし、内部の腐食対策について考慮する。
- (6) オゾン注入装置は、オゾン溶解効率や維持管理性、経済性を考慮して、一般的にディフューザー方式が用いられる。また、送気するオゾンガス量に応じて、散気筒と散気板のいずれかを選定する。

4. 排オゾン処理設備

- (1) 排オゾン処理設備の性能は、作業環境の保全や大気汚染防止のため、大気中への排出オゾン濃度を 0.1ppm 以下とする。
- (2) 排オゾン処理方式は、活性炭吸着法や触媒分解法などから、排ガス濃度やガス量、維持管理性、経済性などを考慮して選定する。また、一般的に水洗消泡塔を設ける。

5. オゾン濃度計測設備

- (1) オゾン処理設備を安全かつ効率的に運転するため、自動化されたオゾン濃度計により、発生オゾン、排オゾン、排出オゾン、溶存オゾンおよび環境オゾンの測定を行う。
- (2) オゾン濃度計は、測定する箇所、濃度に応じて、適正な濃度範囲を表示するものを選定する。

6. 前処理設備

- (1) 前処理設備には、必要に応じて急速ろ過設備や生物膜ろ過設備、凝集沈殿設備などが用いられる。
- (2) 前処理設備は、生物処理水の水質や処理目的、目標処理水質などに応じて、その処理効果や経済性などを考慮して、設置の有無やシステム構成などを検討する。
- (3) 急速ろ過（砂ろ過）設備は、以下の場合に設置を検討する。なお、急速ろ過設備には、ろ層の型式により固定床型と移床型があるが、設置スペースや経済性などを考慮して選定する。
 - ① 再生水利用用途の場合には、「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル（平成 17 年 4 月）」の施設基準に基づき設置する。

② 放流用途のうち、COD 除去を目的とする場合には、被処理水の水質および目標処理水質により、SS 性の COD の除去を目的として設置を検討する。なお、目標処理水質により、さらに凝集剤添加について検討する。

③ 放流用途のうち、脱色や消毒を目的とする場合には、被処理水の SS 濃度が高い場合に設置を検討する。

(4) 生物膜ろ過設備は、生物処理水の亜硝酸性窒素濃度が高い場合などに、亜硝酸性窒素や SS、COD などの除去を目的として設置を検討する。

7. 後処理設備

(1) 後処理設備には、必要に応じて生物活性炭処理設備や生物膜ろ過設備、膜処理設備、塩素消毒設備などが用いられる。

(2) 後処理設備は、目標処理水質や処理水の利用用途などに応じて、その処理効果や経済性などを考慮して、設置の有無やシステム構成などを検討する。

(3) 生物活性炭処理設備や生物膜ろ過設備は、COD 除去を目的とする場合、目標処理水質により設置を検討する。また、放流先の水質保全や再生水の水質確保などの観点から、易分解性有機物や THMFP などのさらなる低減が必要な場合などに設置を検討する。

(4) 塩素消毒設備は、再生水利用用途の場合において、再生水利用先で残留塩素濃度の維持が要求される場合などに設置する必要がある。

8. オゾン／過酸化水素処理法の施設設計

(1) オゾン／過酸化水素処理法の反応タンクは、促進酸化反応を効率的に行うため、オゾンの被処理水への注入と反応を行うオゾン反応部と、過酸化水素の添加と促進酸化反応を行う促進酸化反応部とに区分する。なお、反

応段数は、処理効率および経済性の観点から 2 段とする。

- (2) 促進酸化反応部は、HO ラジカルの効率的な生成と反応を行うため、その入口付近で過酸化水素を添加するとともに、急速かつ十分な攪拌混合効果が得られる構造とする。
- (3) 過酸化水素は、HO ラジカルを生成する作用とともに、無効に消費する作用もするため、オゾン注入率に対する過酸化水素添加率の比には、処理効率を最大にする最適値が存在する。この最適値は、被処理水の水質やオゾン注入率により異なる。
- (4) HO ラジカルを効率的に生成し、処理効率を高めるため、溶存オゾン濃度が最適値に維持されるように、オゾン反応部出口付近の溶存オゾン濃度を測定し、オゾン注入率の制御を行う。

(オゾン処理技術の維持管理)

オゾン処理技術の維持管理にあたっては、以下の点に留意する必要がある。

1. 運転管理

- (1) 処理水量や水質の変動に対して、効率的かつ効果的なオゾン処理設備の運転管理を行うため、発生オゾン濃度や排オゾン濃度を測定して、オゾン吸収効率を把握することなどにより、処理の状態や運転状況を確認する。
- (2) オゾン処理後の水質について、処理目的や処理対象項目に適した水質試験を行うことにより、処理の状態を確認する。また、水質の変動に対して効率的な運転管理を行うため、オゾン処理前の生物処理水などについても、オゾン消費する還元性物質などの水質試験を行うことが望ましい。

2. 設備の保全

- (1) 異常を早期に発見し処置するため、装置・機器の稼動状況や負荷状況、設置環境などを考慮して、日常点検を行う。
- (2) 各設備を安全かつ効率的に運転するため、定期的な機器の点検、整備などを計画的に行う。

3. 作業安全管理

- (1) 環境オゾン濃度計により、作業環境中のオゾン濃度を常に監視し、オゾン濃度が許容濃度の 0.1ppm 以下であることを確認する。
- (2) 作業環境中のオゾン濃度が許容濃度を超過した場合やオゾン漏洩などの異常時が生じた場合には、自動的にオゾンの発生停止などを実行し、作業環境の保全を図るものとする。
- (3) オゾン処理設備内などでの点検作業の手順やオゾン漏洩時などの異常時の対処方法などについて、あらかじめ定めておく。また、保安ならびに衛生上必要な設備、用具を適切な場所に配備する。

4. 周辺環境対策

- (1) オゾン濃度計などにより、周辺環境の大気中のオゾン濃度や放流水中の残留オゾン濃度などを監視し、周辺環境に異常がないかを確認することが望ましい。
- (2) 周辺環境へのオゾン漏洩などの異常時の対処方法について、あらかじめ定めておく。

(オゾン処理技術のコストとエネルギー)

オゾン処理技術の建設および維持管理のコスト、ならびに、消費エネルギー

についての特徴は、以下のとおりである。

1. オゾン処理技術のコスト

(1) 実績によるオゾン処理法の単位処理水量あたりの維持管理費は、電力費と保守点検費が大部分を占め、対象処理水量が大きくなるほど、電力費の占める割合が増加し、保守点検費の占める割合が減少する傾向にある。

(2) ケーススタディーによるオゾン処理法の建設コストおよび維持管理コストを含む単位処理水量あたりの処理単価は、オゾン処理設備の建設コストのスケールメリットが働くため、対象処理水量が大きくなるほど低くなる傾向を示す。

2. オゾン処理技術の消費エネルギー

実績によるオゾン処理施設に係る単位処理水量あたりの電力消費量は、処理水量が大きくなるほど低くなり、下水処理場全体の電力消費量に占める割合は著しく小さくなる傾向にある。

(留意事項)

(1) オゾン処理技術の導入にあたっては、処理コストに加えて、その処理効果や処理水質などを総合的に考慮し、検討する必要がある。

(2) 本技術評価では、オゾンを用いた促進酸化処理法のうち、オゾン／過酸化水素処理法について、パイロットプラント実験により得られた結果に基づき、その処理特性や施設設計に関する評価を行っているが、オゾン処理法と比較した場合の処理効果や処理コストなどについては、被処理水の水質などの影響を受けるため、実施設への導入にあたっては、十分な検討が必要である。また、本技術評価では取り上げなかったオゾン／紫外線処理

法など、その他のオゾンを用いた促進酸化処理法についても、その適用性について考慮する必要がある。