



実証試験設備

1. 最適オゾン処理調査委員会とは

我が国の浄水場に本格的なオゾン処理が採用されたのは、1973年、尼崎市の神崎浄水場である。その後、原水水質の変動や住民ニーズ等に伴い、北海道から沖縄まで全国に広くオゾン処理が導入された。現在、43箇所の浄水場でオゾン処理が稼働している。

今後、オゾン処理は、**水質基準に関する省令の制定、より安全で良質な水道水の供給**に向け、主として**中小都市の水道事業者への導入**が考えられている。

一方、オゾン発生装置は、近年、放電技術の進歩により高濃度化され、オゾンの反応方法やオゾン処理システムの最適化という課題が生じてきた。

このような状況から最適オゾン処理調査委員会は、**経済的で高効率のオゾン処理システムの普及**を目的として設立された。

2. 研究課題

オゾン処理は活性炭と併用することが義務づけられているが、粒状活性炭施設は、高度浄水処理施設の建設費の約70%を占めている。このため、水道財政が厳しい今日、高度浄水処理を導入したくても導入できない事業者がある。

オゾン処理後の粒状活性炭施設は、処理性能の観点から必ずしも付加すべきか疑問の声があり、オゾン単独やオゾン処理後に生物処理を付加した処理など、原水水質により異なるケースもあると考えられる。現にアメリカにおいては、オゾン単独処理をしている浄水場がある。

また、オゾン処理に関しては、平成16年4月1日から施行される水質基準の改定で**2-メチルイソボルネオール、ジェオスミンが水質基準項目**となり、10ng/Lを粉末活性炭処理で対応することは容易ではない。このような状況を背景として、**オゾン処理の必要性が高まっている**と考えられる。

一方、オゾン処理副生成物である**臭素酸、1,4-ジオキサンも規制項目**になった（10ng/L）ことから、オゾン処理を総合的に判断して、最適なオゾン処理システムを選定することが重要となっている。

このようなことから、最適オゾン処理調査委員会は、次のような調査研究を行う。

(1) **オゾン処理システムの最適化**

- ・オゾン単独処理の可能性の研究
- ・促進酸化処理の取り組み

(2) **オゾン処理システムの個々の技術の最適化**

3. 研究期間（平成14年11月～平成17年10月までの3年間）

- (1) 平成14年度 実証試験計画の検討、アンケート調査、文献調査など
- (2) **平成15年度 実証試験（横浜市小雀浄水場）**、アンケート調査、文献調査など
- (3) 平成16年度 実証試験（関西）

4. 組織

日本水道協会と日本オゾン協会は、最適オゾン処理調査委員会を設置し、参加企業9社で構成した。委員会のメンバーは次のとおりである。

- ・委員長 宗宮 功 日本オゾン協会会長、京都大学名誉教授、龍谷大学教授
- ・副委員長 茂庭 竹生 東海大学教授
- ・副委員長 石井 健春 日本水道協会水道技術総合研究所長
- ・委員 山田 春美 京都大学助教授
- ・委員 田中 稔 (株)荏原製作所
- ・委員 新田 文枝 オルガノ(株)
- ・委員 岩部 秀樹 (株)クボタ
- ・委員 惣名 史一 水道機工(株)
- ・委員 山村 健治 住友重機械工業(株)
- ・委員 高瀬 格 (株)東芝
- ・委員 森岡 崇行 富士電機システムズ(株)
- ・委員 小林 幸夫 前澤工業(株)
- ・委員 久川 義隆 三菱電機(株)
- ・事務局 高原 博文 特定非営利活動法人日本オゾン協会
- ・事務局 中山 繁樹 特定非営利活動法人日本オゾン協会
- ・事務局 佐藤 敬一 (社)日本水道協会

5. 実証試験

5.1 実証試験設備

(1) 設置場所

神奈川県横浜市戸塚区小雀町2470、横浜市小雀浄水場

(2) 実証試験設備の能力

施設能力：45m³/日

(3) 主要設備の仕様

オゾン接触槽：向流接触方式、2段、200×5000H、透明PVC

オゾン滞留槽：240×5000H、PVC

オゾン発生器：10g/h、PSA酸素発生方式

生物濾過塔 4塔

・活性炭濾過塔：200×5000H、透明PVC、石炭系1mm

・生物濾過塔1：200×5000H、透明PVC、アンスラサイト1mm

・生物濾過塔1：200×5000H、透明PVC、アンスラサイト2mm

・生物濾過塔1：200×5000H、透明PVC、セラミック1mm

複層濾過塔：200×3000H、透明PVC、珪砂厚400mm、アンスラサイト厚200mm

過酸化水素槽：PVC、100L、2槽

PAC貯槽：PVC、100L

次亜貯槽：PVC、200L

5.2 実証試験の内容

(1) 最適オゾン処理システムの妥当性の証明及び設計データの作成

最適オゾン処理システムの処理性能、オゾン処理による副生成物の除去性、水理学的特性等を確認する。

オゾン単独処理、オゾン - 生物濾過処理における水質改善効果の検証

オゾン反応副生成物（アルデヒド、臭素酸）の抑制、除去技術の確立

適用水質（範囲）の見極め

促進酸化処理（AOP）併用効果の検証

水理特性の把握、オゾン混合反応の解析

(2) オゾン処理、促進酸化処理（AOP）性能の確認

オゾン処理

オゾン処理に関しては、すでに多くの研究が報告されている。この実験においては、**向流接触方式2段に滞留槽**を加えた設備で、オゾン処理性能を確認する。

オゾン接触池の性能に影響する代表的因子を表 - 1 に示す。

表 - 1 オゾン接触池の性能に影響する代表的因子

原水	水質	目的物質濃度（目的物質の反応速度定数） 共存物質濃度（共存物質の反応促進、阻害の程度） オゾン消費性物質濃度（オゾン消費速度定数） pH、水温
	水量	流量変動
	溶解装置	オゾンガス風量、オゾンガス濃度、L/G（液ガス比）、

接触池	的機能	オゾンガス空塔速度、分配係数、水深
	反応器的機能	滞留時間、滞留時間分布、段数、注入率、各段の注入比率、水理学的特性、溶存オゾン濃度、オゾン自己分解速度、C T値

促進酸化処理 (AOP)

近年、オゾン処理に促進酸化剤を付加し、より酸化力を高めた促進酸化法が注目されている。酸化促進剤としては、**過酸化水素 (H₂O₂)**、紫外線 (UV) 照射などを用いられるが、いずれも**オゾンより強い酸化力を有するヒドロキシラジカル (・OH)**を生成させ、**効率的に対象物質を酸化分解するものである。**

オゾンを中心とした高度浄水処理プロセスは、浄水処理において重要な役割を担っているが、より効率的な処理への要求やオゾンによる分解性が低く、かつ、活性炭吸着効果もできない親水性の**難分解性有機物 (例えばMTBEや1,4-ジオキサン) の汚染が懸念されており、促進酸化の適用性の検討が必要とされている。**

(3) 生物濾過方法の検討

生物処理は、微生物の作用によって原水中の対象物質を除去する方法である。浄水処理では、アンモニア性窒素の除去を目的として導入されることが多い。それ以外にも、懸濁物質、一般細菌及びマンガンの低減化、pH値の安定化、臭気物質除去などにも効果があり、凝集沈澱処理の前処理として採用されている。

本実験における生物処理の目的は、オゾン処理で生成した副生成物及び生物易分解性に変換された有機物の除去であり、**生物処理を生物粒状活性炭処理 (BAC) の代替と位置づけている。**

したがって、活性炭吸着塔に充填する粒状活性炭を担体 (アンスラサイト、セラミック) に置き換えるだけで比較検討が可能であり、維持管理も比較的容易な生物濾過方式とした。生物濾過の処理性に影響する因子は、一般に、表 - 2 に示すようなものがある。

しかし、対象が生物であることから処理効果の判定に長時間を要するため、これらを全ての因子を組み合わせて確認することは、現実的には不可能である。

したがって、これらの中で主要な項目について選定した上で、条件を変化させた場合の実験を行うこととした。

表 - 2 生物濾過の処理性に影響する因子

原水水质面	水温、pH値、溶存酸素、有機物、リン、窒素、金属等
担体 (濾材) 面	材質 (アンスラサイト、セラミック、丸砂等) 粒径、比表面積、形状 (球状、破砕状等)、層厚等
通水面	空間速度 (SV)、通水速度 (LV)、通水方向 (下向流、上向流)、 濾材保持式 (固定床、流動床) 等
運転面	洗浄方法 (空気、水、空気・水同時等)、洗浄速度、洗浄時間、 濾過継続時間

また、実験ではこれらの因子がおよぼす処理性への影響だけではなく、基本的な運転・維持管理上のデータも把握する。すなわち、

濾材の選定
運転条件の確立
生物のリーク調査
後凝集の適正注入率及び塩素注入率、濾過水濁度の把握
オゾン・促進酸化処理副生成物の分解性能の究明

5.3 実証試験設備のフロー

実証試験設備のフローを別図に示す。フローを概説すると、沈澱水を沈澱水渠からポンプで受水槽に送り貯留する。受水槽からポンプでオゾン接触槽に沈澱水を送る。この配管途中で過酸化水素 (H_2O_2) を添加する。

オゾン接触槽は、上部から沈澱水を入れ、下部からオゾン化空気を散気させる向流式2段である。オゾン化空気は、オゾン発生装置 (10g/h) から供給される。オゾンの注入率は1段あたり1~3mg/Lである。

オゾン処理水は滞留槽に自然硫下で導かれ、溶存オゾン濃度が0.1mg/L程度に自己分解させる。さらに、分解塔を通過させ、オゾン処理水槽に導く。

オゾン処理水槽からは、ポンプで4系統の生物濾過塔に送る。

- ・ 1系 活性炭濾過塔 石炭系活性炭 1mm
- ・ 2系 生物濾過塔 アンスラサイト 1mm
- ・ 3系 生物濾過塔 アンスラサイト 2mm
- ・ 4系 生物濾過塔 セラミック 1mm

生物処理水は、濾過塔処理水槽 (4系統) に貯留される。生物処理水の一部は、生物濾過塔逆洗水槽に貯留され、生物濾過塔の洗浄水に使われる。生物濾過塔の洗浄は、濾抗到達で自動的に洗浄される。洗浄方式は、空気・水併用方式である。

濾過塔処理水槽からはポンプで複層濾過塔 (4系統) に導く。この途中で系統毎に凝集剤 (PAC)、次亜塩素酸ナトリウムを添加する。濾過水は、複層濾過逆洗水槽に貯留され、複層濾過塔の洗浄水に使われる。洗浄は、濾抗到達で自動的に洗浄される。

各水槽の水位がHWLに達した場合は、オーバーフロー管で越流する。オゾン関係の槽類を越流した水は、溶存オゾン処理塔でオゾンを分解して排水される。その他の槽類を越流した水は、マンホールに排水される。

オゾン接触槽、滞留槽の排オゾンは、排オゾン処理塔で分解処理され大気に放出される。