

令和4年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)

公衆浴場の衛生管理の推進のための研究

研究代表者 泉山 信司 国立感染症研究所 寄生動物部

分担研究報告書

電解生成オゾンを用いた温浴施設循環式ろ過器の消毒・洗浄試験

研究分担者	田栗 利紹	長崎県環境保健研究センター
研究分担者	柳本 恵太	山梨県衛生環境研究所 微生物部
研究分担者	森 康則	三重県保健環境研究所 衛生研究課
研究分担者	枝川 亜希子	地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所
研究分担者	小坂 浩司	国立保健医療科学院 生活環境研究部
研究協力者	陳内 理生	神奈川県衛生研究所 微生物部
研究協力者	長岡 宏美	静岡県環境衛生科学研究所 微生物部
研究協力者	斎藤 利明	株式会社ヤマト 温浴事業部
研究協力者	木村 哲也	株式会社ヤマト 温浴事業部
研究協力者	小森 正人	株式会社ヤマト 大和環境技術研究所
研究協力者	山本 哲司	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	細川 賢人	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	田中 孝典	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	杉山 寛治	株式会社マルマ 研究開発部
研究協力者	田中 慶郎	株式会社マルマ PC 営業部
研究協力者	市村 祐二	ケイ・アイ化成株式会社 機能性薬品部
研究協力者	茶山 忠久	ケイ・アイ化成株式会社 機能性薬品部
研究協力者	藤井 明	株式会社ヘルスビューティー

研究要旨

公衆浴場のろ過器はレジオネラ属菌の汚染源の1つであり、週に1回以上の頻度で高濃度塩素を用いた洗浄消毒が推奨されている。しかし、この方法は多量の薬液を必要とし、労力・コスト負担が避けられないばかりか、消毒が不足すればろ過器のレジオネラ属菌の繁殖が防げなかったりする。一方、塩素より高い酸化力を有するオゾンの場合、消毒効果への期待はあるが、人体に有害であり、特に空気(酸素)の無声放電で生成する場合に排オゾン処理が必須となる。これが水の電気分解により生成するオゾンであれば、相対的に生成量が少なく安全性の問題が少ないことから、当該研究では電解生成オゾンに着目した。スーパー銭湯の協力を得て、営業

終了後のろ過器に対して、オゾン濃度 0.8mg/L の電解オゾン水を毎日供給した。当初の供給量はろ過器有効容量(ろ材充填量)の半分程度としたが、逆洗水のレジオネラ属菌は減少しなかった。そこで、ろ過器を過酸化水素で洗浄し、オゾン供給量を有効容量となるように倍増させたところ、逆洗水のレジオネラ属菌は約 10 ヶ月間、概ね継続して不検出となった。

A. 研究目的

公衆浴場等の温浴施設で衛生上の問題となっているレジオネラ属菌は、設備に付着する生物膜中で保護され、洗浄や消毒の困難なことが知られている¹⁾。つまり生物膜を除去し、その増殖を抑制することは、重要な衛生管理の1つとなっている。特にろ過器を有する循環式浴槽はレジオネラ属菌に汚染されやすく、「公衆浴場における衛生等管理要領等について」において、「1週間に1回以上、ろ過器を十分に逆洗浄して汚れを排出するとともに、ろ過器及び循環配管について、適切な方法で生物膜を除去、消毒」するとされている²⁾。これを受けて「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」では、循環配管に2~3%の過酸化水素や5~10 mg/Lの高濃度塩素を用いる方法が紹介されている³⁾。「レジオネラ症防止指針」では、ろ過器に対して、1週間に1回以上の頻度で5~10 mg/Lの高濃度塩素を使用した逆流洗浄(以下、逆洗)が推奨されている⁴⁾。加えて、気泡装置等の汚染されやすい浴槽に対しては、毎日1回以上の頻度とされている。

しかし、これらのマニュアルや指針には、ろ過器の適切な生物膜の除去、消毒についての具体的方法や説明が不足しているかもしれない。例えば大容量のろ過器と配管に対応するための、多量の薬液と外付けタンク等を必要としたり、中和排水等の後処理が必要だったり、多くの労力やコスト負担が避けられない。

また、逆洗の浴槽水がアルカリ性のところに遊離塩素の高濃度を使う場合には、次亜塩素酸に比べて次亜塩素酸イオンの比率が高くなるため酸化力が低下し⁵⁾、消毒効果が不足する。消毒が不足するとろ過器にレジオネラ属菌の検出が続いたり、雑菌が繁殖したりすることになる。

過酸化水素や塩素以外の方法として、前述のマニュアルや指針には、オゾン、紫外線、銀イオン、光触媒等の利用が挙げられている^{3),4)}。そのうちオゾンは、先進的な管理要領が高知県で制定されており、有力な候補の一つと考えられる⁶⁾。オゾンは、空気(酸素)の無声放電⁷⁾や水の電気分解⁸⁾により必要量を現場で生成できて、多量の薬剤を搬入するための労力は不要となる。高pHでは、自己分解して酸化力の高いヒドロキシラジカルを生成し⁹⁾、pHの影響は無視できるか、むしろ消毒効果が高まる傾向を持つこともある¹⁰⁾。オゾンは塩素消毒より高い酸化力を有し、消毒効果への疑問はない¹¹⁾。一方で気体のオゾンは高濃度になると人体に危険であり、多量に使用する場合には排オゾン設備が必須となる等、厳重な注意を要する。

日本産業衛生学会では、作業環境基準(1日8時間労働)としてのオゾン許容濃度(健康上の影響がないと判断される濃度)を0.1 ppm(0.2 mg/m³)と定めている¹²⁾ものの、水溶液のオゾン水については特段の基準値等は見受けられなかった。水の電気分解により生成する

オゾンは、相対的に生成量が少なく、安全性の問題が少ない。本試験では、電解生成オゾンに着目し、当該オゾンを用いたろ過器の消毒・洗浄方法について検討した。

B. 方法

某スーパー銭湯における小規模なアトラクション浴槽(井水、約1m³、図1)の循環系統を試験対象とし、営業終了後、逆洗前のろ過器に対して、電解オゾン水を毎日供給した。試験条件を表1に示す。この検討は令和3年度より開始して当初の成果を一部報告したところで、さらに年余にわたって継続することで本結果を得ている。一部内容は繰り返しになるが、理解のために本報告にも詳細を記載する。

当該スーパー銭湯には、試験対象とした浴槽のろ過器(砂ろ過槽、直径約0.5m×高さ約1.0m、図2)以外にも、露天風呂、炭酸風呂およびジェット風呂等があり、複数のろ過器を制御盤にて自動逆洗している。従って試験を行うに際しては、既存設備の改変を極力少なくすることが求められた。また以下の理由により、試験装置はより効率的で簡易な操作方法とすることが望まれた。①施設全体の1日の入館者数が1,000人を超える多さであり(表1)、汚濁量が多いと考えられた。②営業が終了し、電解オゾン水の供給が可能となる時間が深夜(0:00～)であり、時間的制約があった。③専門的な知識に乏しいパートやアルバイト等が管理業務を担当していた。

以上のような観点から、試験装置は、単相100V電源のコンセントへ接続するだけで稼働し、ろ過器へ電解オゾン水を自動供給するだけの単純なシステムとした。電解オゾン水は、施設で使用している井水を市販のオゾン生成電極(オゾンバスターPRO、オゾンマート製)で

電気分解することにより生成した。オゾン供給装置、設置状況および試験装置概略を図3、図4および図5に示す。また、オゾン生成電極の外観、電気分解時の状況および仕様を図6、図7および表2にそれぞれ示す。

オゾン供給装置は、始動スイッチを一度押すだけで、ろ過器下部のドレン口より電解オゾン水の供給を開始し、タイマー制御により一定時間経過後停止する(図5)。前述の通り、当該スーパー銭湯は営業終了後に複数ろ過器の自動逆洗を行っており、試験対象ろ過器の逆洗を開始する前に、オゾン供給装置の始動スイッチを押すよう施設担当者へ依頼した。これにより、逆洗前の当該ろ過器に対して、電解オゾン水を毎日供給することが可能となった。

当該オゾン供給装置の目的は、一定量の電解オゾン水を断続的にろ過器へ供給して消毒・洗浄を行うことである。試験では、この操作を連日継続して行い、1回当たりの消毒・洗浄効果は1日の汚濁量を上回ることが求められる。電解オゾン水は注入後、そのほとんどがろ過器内で消費されるか、わずかに残留しても逆洗により施設外へ排水されるため、作業空間中へのオゾン漏洩は実質ゼロに近いレベルとなる。

なお、オゾン生成電極は、水道水の利用を想定して所定の電圧で電解を行うよう設計されており、目的外の成分が生成しない様に、電圧は調整変更をしていない。温泉水や海水等の電気伝導度が高い水の場合、電解電流が過大になると安全装置が働き停止することに注意を要する。電極にオゾン生成量(電解電流)をコントロールする機能は無く、電解に供する水の電気伝導度に伴って、オゾン生成量が決定する。従って、水質および水温が一定の条件では、電解オゾン水のオゾン濃度は流

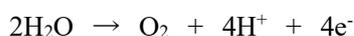
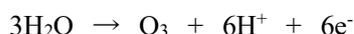
量に伴って一定になる。換言すると、オゾン濃度は流量に従い、オゾン供給量は供給時間に従い、この2つを調整することになる。

試験対象ろ過器の清浄化を確認するために、週1回の頻度で、営業終了後、オゾン供給前に逆洗水の水質を分析した。逆洗水の採水は、ろ過器をブローによりエアレーション(約200 L/min、約5分間)¹³⁾した後に行った。これにより、ろ材に残存する汚れを分析評価できるようにした。水質分析は試験対象に加え、他の浴槽についても行った。本試験における分析項目と分析方法を表3に示す。

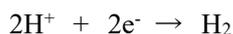
電解オゾン水は、機械室内の井水貯留槽からの井水を用いて生成した。井水の水温は約20℃で安定しているが、陰極や電解槽内へのスケール付着が多いため、100g/L クエン酸溶液を電解槽内に1時間浸漬させる薬品洗浄を月に1回の頻度で行った。

オゾン(O₃)は空気(酸素)を原料とする無声放電の他、SnO₂、PbO₂あるいはBDD(ボロンドープダイヤモンド)電極等の酸素生成過電圧の大きい電極を陽極に用いて水を電気分解することにより、次式のように生成することができる^{8),14)}。

陽極反応



陰極反応



水の電気分解によりオゾンを生成する際には、上式の通り、酸素(O₂)や水素(H₂)も同時に生成されている。すなわち、電解オゾン水は溶存オゾンの他に、溶存酸素や溶存水素、未

溶解のオゾンガス、酸素ガス、水素ガス等が混在しており、特に分離工程等を経ない限り、電解オゾン水はこれらの気液二相混合流体となっている。本試験においても特段の分離処理を行わず、当該混合流体を電解オゾン水として用いた。

水の電気分解で生成したオゾン、酸素および水素等は、Fickの法則により、電極表面と液相との濃度勾配および生成した微細気泡表面と液相との濃度勾配によりそれぞれ液相へ移動(溶解)する¹⁵⁾。水の電気分解でオゾンのみを大量に生成することは困難であるが、低電流密度条件では、オゾンの利用(溶解)効率は高く、生成量の多寡は問題ではないと考えられた。加えて、排オゾン処理の必要性が大きく低減し、環境中のオゾン濃度を測定した結果、本試験の電解条件では、排オゾン処理は不要(0.1ppm未満)であった。

C. 結果および考察

浴槽水と逆洗水のレジオネラ属菌、浴槽水の残留塩素(DPD)、浴槽水と逆洗水の一般細菌数およびオゾンを供給していない浴槽を含めた各浴槽水のATP、それぞれの測定結果を図8から図11に示す。なお、レジオネラ属菌数の1CFU/100mLは不検出(検出限界10CFU/100mL未満)を示している。

当該スーパー銭湯は、施設全体で通常1日に約1,000~1,500人の入館者数があり、年末から正月にかけての繁忙期には2,000人に届く日も見受けられた。コロナウイルス感染拡大による緊急事態宣言下(2021年8月20日~9月30日)においても、平均して1日に約1,200人の入館者数があった。この人数が全て試験対象の浴槽へ入るわけではないものの、ろ過器への汚濁量は日常的に非常に高く、ろ過器

内で汚れが蓄積していることが疑われた。オゾン供給前の汚濁状況を調べるために、オゾン供給 56 日前(2021 年 8 月 14)より水質分析を開始し、この日を試験開始日とした。浴槽水は、遊離残留塩素が 0.1~0.2mg/L と低い場合に、レジオネラ属菌が 10~60 CFU/100 mL の間で検出され、逆洗水では、連続して 30~330 CFU/100 mL の間でレジオネラ属菌が検出された(図 8、図 9)。

オゾン供給開始当初は、オゾン濃度 1 mg/L 程度を目標に供給量を 10 L/min に設定した。この時、電解オゾン水のオゾン濃度は 0.7~0.9 mg/L (平均 0.8 mg/L)であった。供給時間は暫定的に当初 10 min(100 L)としたが、63 日目の逆洗水からレジオネラ属菌が 240 CFU/100 mL 検出され(図 8)、オゾン供給量の不足が感じられた。試験対象ろ過器の有効容量は、約 200 L(直径約 0.5 m×高さ約 1.0 m)であることから、66 日目の施設側による配管洗浄(過酸化水素+塩素化イソシアヌル酸塩、以下同様)を挟んで、77 日目より電解オゾン水の供給時間を 20 min とし、電解オゾン水の供給量をろ過器の有効容量(ろ材充填量)となる 200 L と倍に増やした。

77 日目以降、オゾン供給装置は順調に稼働していたが、186 日目にアクリル製電解槽の接着部が剥離し、1L/min 弱の漏水が生じたため、オゾン供給を一時停止した。その後、229 日目の施設側による配管洗浄を挟んで、新規の電解槽に交換し、245 日目にオゾン供給を再開するまで、約 2 ヶ月間オゾン供給は停止となった。しかしながら、1 週間後(252 日目)の確認時に、フランジ蓋の変形によりゴムパッキン(図 7)から数 mL/min 程度の少量の漏水が確認された。そこで、板厚 5mm のアルミ板で蓋ごと電解槽をボルト締めで挟み込むことによ

り応急対応したが、1 分間に数滴程度の極少量の漏水が突発的に繰り返し発生した。漏水時には、隙間からオゾンガスも同時に漏洩していた可能性は否定できない。また、322 日目以降は、オゾンによる腐食に起因すると思われるリード線の断線により、2 個付設した電極の 1 個が停止した。このため、電極面積が半減することとなり、オゾン濃度は、平均で 0.8 mg/L から 0.4 mg/L へと減少した。

逆洗水のレジオネラ属菌は、オゾン供給前は、30~330 CFU/100 mL の間で検出されていたが、ろ過器の有効容量(200L)となるようにオゾン供給を開始した 77 日目から継続して不検出となった(図 8)。浴槽水のレジオネラ属菌は、91 日目に 10 CFU/100 mL で検出された以外は継続して不検出となった(図 8)。この検出は、逆洗水からレジオネラ属菌が検出されていないこと、遊離残留塩素が 0.09 mg/L と低かったこと、前後の測定は不検出が続いていたことから、生物膜の塊を偶然に測定したと考えられた。オゾン供給を一時停止する 186 日目までの間、浴槽水の残留塩素はオゾン供給を開始した 56 日目前に比べ増加傾向となり、塩素消費が抑制されていたことが分かる(図 9)。一般細菌数は浴槽水と逆洗水で概ね同様の挙動を示しており、逆洗水では、 10^6 CFU/mL 程度だったものが 10^1 CFU/mL 程度にまで、概ね 5-Log 減少した(図 10)。ATP はレジオネラ属菌の検出リスクの指標として使用できることが報告されている^{16,17)}。浴槽水の ATP は、危険ゾーン(検出率 22%)とされる 125RLU 以上¹⁶⁾だったものが、要注意ゾーン(検出率 3.1%)とされる 40 以上 125RLU 未満¹⁶⁾から安全ゾーン(検出率 0.3%)とされる 40RLU 未満¹⁶⁾まで減少し、オゾンを供給していない他の浴槽に比べて最も低い値で推移した(図 11)。

77 日目からのオゾン供給により、ろ過器は徐々に清浄化され、オゾン供給を停止した後もレジオネラ属菌はしばらく検出されずに済んだものと伺えた。オゾン供給を一時停止した186 日目から245 日目までの間は、レジオネラ属菌不検出で済んだものの、遊離塩素は減少傾向、一般細菌数と ATP が増加傾向であった(図 8)。229 日目の配管洗浄の効果も限定的であった(図 9)。一般細菌数は、浴槽水と逆洗水ともに 10^2 CFU/mL 程度まで増加した(図 10)。浴槽水の ATP についても、安全ゾーンとされる40RLU 未満¹⁶⁾から、要注意ゾーンとされる40 以上125RLU 未満¹⁶⁾へと増加傾向となった(図 11)。

オゾン供給を再開した245 日目からは、電解槽からの極少量の漏水が突発的に発生しており、オゾン供給量が不足していたことが懸念された。266 日目に逆洗水から10 CFU/100 mL のレジオネラ属菌が検出された。

オゾン電極が1 個停止した322 日目までは、浴槽水の遊離残留塩素は、0.5~1.0mg/L の間で一定に推移していたものの(図 9)、一般細菌数は浴槽水と逆洗水で増加傾向となり、逆洗水で 10^1 CFU/mL 程度だったものが、 10^4 CFU/mL 程度まで、3-Log 増加した(図 10)。浴槽水の ATP は、オゾンを供給していない他の浴槽に比べ低いか同程度であったが、要注意ゾーンとされる40 以上125RLU 未満¹⁶⁾の間で概ね推移した(図 11)。316 日目にも浴槽水からレジオネラ属菌が20 CFU/100 mL 検出され(図 8)、電解槽からの極少量の漏水によるオゾン供給不足が考えられた。

322 日目からは、2 個あったオゾン電極の1 個が停止したことに加え、330 日目から、試験浴槽の配管系統から漏水(試験とは無関係)があり、338 日目までの約1 週間、試験浴槽の

使用が停止された。この間、逆洗は行われていないが、電解オゾン水の供給は継続された。水質分析は322 日目で一旦停止し、344 日目より再開した。レジオネラ属菌は364 日目まで浴槽水と逆洗水ともに不検出であったが、370 日目から両者ともに10 CFU/100 mL の値で検出されるようになった(図 8)。この間、浴槽水の遊離残留塩素は、0.5~1.5mg/L で概ね一定に推移していたものの(図 9)、一般細菌数は浴槽水と逆洗水で増加傾向となり、逆洗水では、 10^2 CFU/mL 程度だったものが、 10^5 CFU/mL 程度にまで、3-Log 増加した(図 10)。浴槽水の ATP は、オゾンを供給していない炭酸浴槽と同程度に達し、要注意ゾーンとされる40 以上125RLU 未満¹⁶⁾の間で推移した(図 11)。370 日目よりレジオネラ属菌が浴槽水と逆洗水から検出され始めた。極少量の漏水に加え、オゾン濃度が0.8 mg/L から0.4 mg/L へと減少したことにより、オゾンの供給が不足した様子であった。

電解槽の抜本的な更新が必要になったことを受けて、385 日目(2022 年9 月3 日)に本試験を終了した。

D. 結論

某スーパー銭湯の小規模アトラクション浴槽を試験対象として、逆洗前のろ過器へ電解オゾン水を毎日供給し、逆洗水のレジオネラ属菌を指標として、ろ過器の消毒・洗浄効果を検証した。オゾン濃度が0.8mg/L の条件で、電解オゾン水をろ過器の有効容量(200L)となるように供給したところ、浴槽水の残留塩素は増加し、一般細菌数および ATP は減少した。逆洗水のレジオネラ属菌は、途中1 回検出された以外は、約10 ヶ月間継続して不検出となった。10 ヶ月間の内約2 ヶ月間は、オゾン供給を行

わなくても、逆洗水と浴槽水ともにレジオネラ属菌は不検出となった。しかしながらその間、浴槽水の残留塩素は減少し、一般細菌数は増加しており、オゾン供給を行わないことによる汚れの蓄積が懸念された。電解オゾン水の漏水に加えて、電極の半減によりオゾンの供給が不足した模様で、逆洗水と浴槽水ともにレジオネラ属菌が検出されるようになったことを受けて、本試験を終了した。

以上より、逆洗前の循環式ろ過器へ電解オゾン水を毎日供給する方法は、設備が単純で操作が簡易であり、オゾン漏洩のリスクがほとんど無く、逆洗水中のレジオネラ属菌を不検出にすることができた。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省:入浴施設におけるレジオネラ症防止対策、pp.2、2019年12月、(<https://www.mhlw.go.jp/content/1113050/0/000580777.pdf>)
- 2) 厚生労働省:公衆浴場における衛生等管理要領等について、pp.13、2020年12月、(<https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000556111.pdf>)
- 3) 厚生労働省:循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル、pp.22-23、2019年12月、(<https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/000577571.pdf>)
- 4) (公財)日本建築衛生管理教育センター:レジオネラ症防止指針(第4版)、pp.110、2017年7月。
- 5) 藤田賢二 監修:水道工学、pp.273、技報堂出版(株)、2006年10月
- 6) 高知県、オゾン殺菌方式による浴室等の衛生及び安全に関する管理要領 (<https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/131901/h24-ozonikenkoubo-kekka.html>、2022/3/24時点、2023/2/13リンク切れ)。
- 7) (特非)日本オゾン協会:オゾンハンドブック(改訂版)、pp.151-158、2016年10月。
- 8) Foller, P. C. and Tobias, C. W.: The anodic evolution of ozone, *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 129, No.3, pp.506-515, 1982.
- 9) Staehelin, J. and Hoigne, J.: Decomposition of ozone in water in the presence of organic solutes acting as promoters and inhibitors of radical chain reactions, *Environmental Science & Technology*, 19, pp.1206-1213, 1985.
- 10) 宮崎朋美、安田奏平、中川健斗、高鳥浩介、釜瀬幸広、黒松久、櫻井美栄、白井淳資:オゾン水の殺糸状真菌(カビ)効果におけるpHの影響、*家畜衛生学雑誌*、44, pp.1-7、2018年。
- 11) 金子光美 著:水の消毒(初版)、pp.172-175、(財)日本環境整備教育センター、1997年8月。
- 12) (公社)日本産業衛生学会:許容濃度等の勧告(2022年度)、*産業衛生学雑誌*、pp.255、Vol.64、No.5、2022年。
- 13) (社)日本水道協会:水道施設設計指針、pp.219-220、2000年。
- 14) 潮 俊希、榊原 豊、小森正人:オゾンの生成と還元を伴う電気化学的促進酸化処理法に関する基礎的研究、*土木学会論文集 G(環境)*、Vol.73、No.7、III_329-III_335、2017年。
- 15) 小森正人、榊原 豊:固体高分子電解質(SPE)膜電極を設置した固定床生物膜反

応槽による合成地下水の高速水素利用脱窒処理、土木学会論文集 G、Vol.65、No.3、pp.153-163、2009 年.

- 16) (財)日本公衆衛生協会:平成 22-23 年度地域保健総合推進事業「保健所のレジオネラ対策における簡易迅速な検査法の実用化と自主管理の推進に関する研究」報告書、2011 年.
- 17) 千葉県山武健康福祉センター:入浴施設におけるルシパック Pen 及びルシパック A3 surface の測定値の比較について、千葉県公衆衛生学会分科会、2019 年.

F. 研究発表

紙上発表

なし

口頭発表

1. 小森正人,住谷敬太,齋藤利明, 泉山信司,田栗利紹, 電解オゾン水を用いた温浴施設循環式ろ過器の消毒試験, 日本オゾン協会 第 31 回年次研究講演会, 2022 年.

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

なし



図1 試験対象浴槽

表1 試験条件

オゾン 生成方式	濃度	流量	供給時間	供給量		頻度	試験施設
	mg-O ₃ /L	L/min	min	L/回	mg-O ₃ /回	回/日	
水電解 (井水)	0.7~0.9 (平均0.8)	10	10	100	80	1	スーパー銭湯 入館者数：1000~2000人/日 試験浴槽 pH：7.0~7.6
			20	200	160		



図2 試験対象ろ過器



図3 オゾン供給装置



図4 オゾン供給装置設置状況

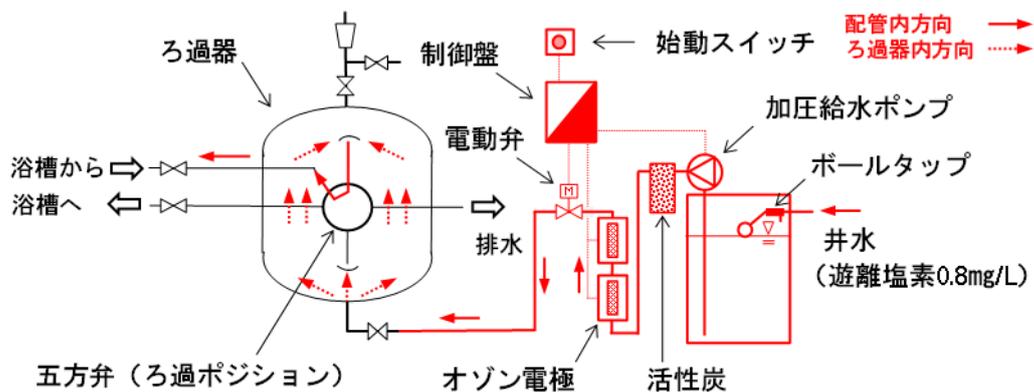


図5 試験装置概略

実線矢印および破線矢印は、それぞれ洗浄中の配管内オゾン水通水方向およびろ過器内オゾン水通水方向を示している。



図6 オゾン生成電極

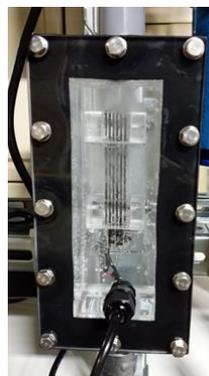


図7 電気分解時の状況

表2 オゾン生成電極仕様

	寸法	枚数	定格電力	使用数
	cm	枚	W	個
オゾン生成陽極	5 W × 10 L × 0.1 t	3	120 (AC100V)	2
陰極		4		

表3 分析項目および分析方法

項目	単位	測定方法
レジオネラ属菌	CFU/100mL	平板培養法
残留塩素濃度	mg/L	デジタル比色計DP-3F、笠原理化工業(株)
水中オゾン濃度	mg/L	デジタル比色計O3-3F、笠原理化工業(株)
気相中オゾン濃度	ppm	オゾンチェッカー OC-300、(有)オゾンテクニカ オゾンガスモニタ OZG-EM-010K、(株)アプリアス
一般細菌	CFU/mL	標準寒天培地法
ATP	RLU (Relative Light Unit)	ルミテスター・ルシパックA3法 ^{16),17)} 、 キッコーマンバイオケミファ(株)

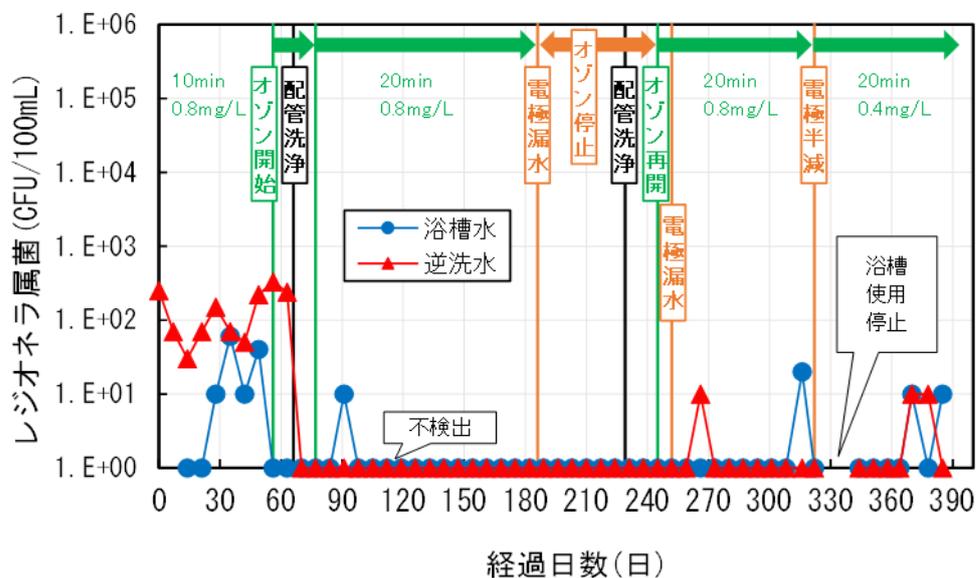


図8 レジオネラ属菌経日変化

レジオネラ属菌の1CFU/100mLは不検出(検出限界10CFU/100mL)を示している。オゾンは56日目より開始して、77日目より電解オゾン水の供給時間を20分間に倍増している。66日目と229日目に過酸化水素によるろ過器と配管の化学的洗浄を行った。186日目に漏水してオゾンを停止、オゾン電解槽を交換して245日目に再開、322日目に断線により電極面積が半減した。370日目よりレジオネラ属菌が浴槽水と逆洗水から検出され始めた。385日目に本試験を終了した。

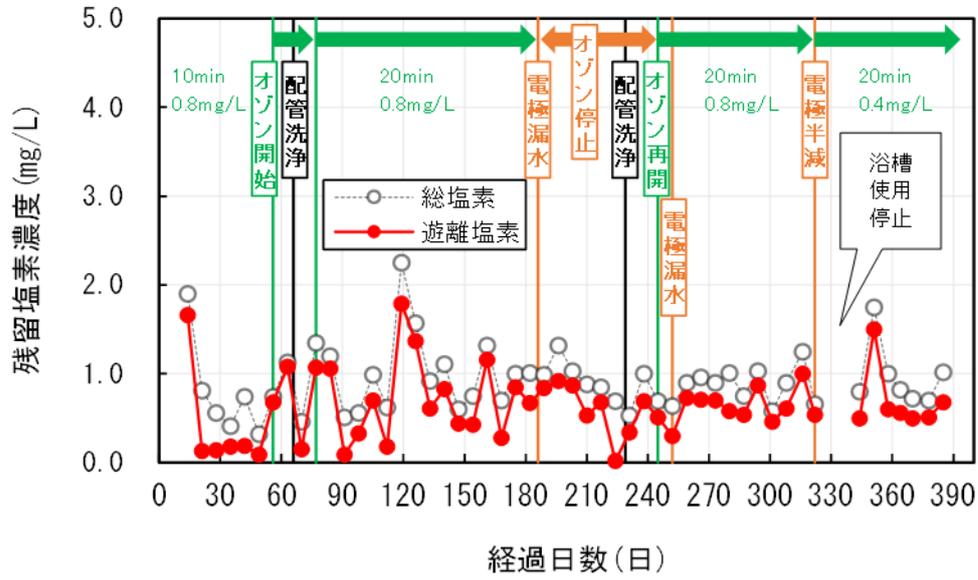


図9 浴槽水残留塩素経日変化

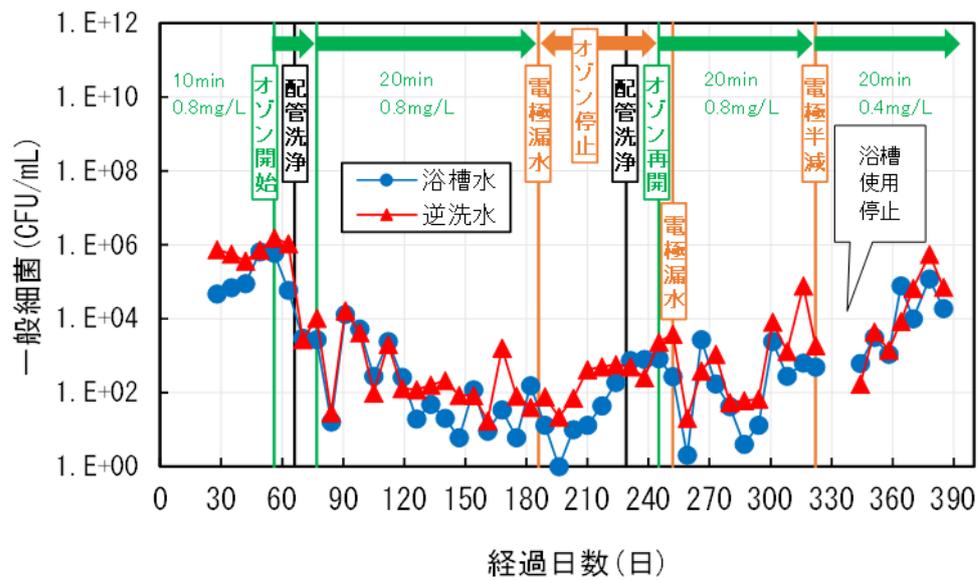


図10 一般細菌経日変化

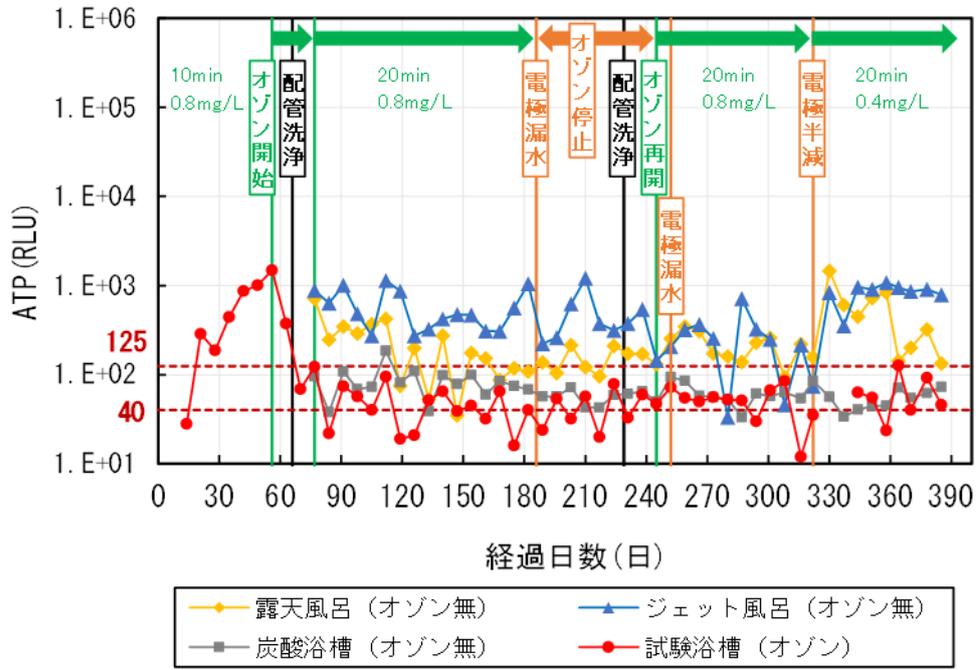


図 11 浴槽水 ATP 経日変化