

# 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

An examination of disinfecting a filter for circulating bathwater using ozone made by electrolysis.

○小森正人\*、住谷敬太\*、齋藤利明\*、泉山信司\*\*、田栗利紹\*\*\*

\*：株式会社ヤマト、\*\*：国立感染症研究所、\*\*\*：長崎県環境保健研究センター

## 論文要旨

温浴施設の循環式浴槽で使用されているろ過器は、レジオネラ属菌に汚染されることから、高濃度の塩素で消毒することが推奨されている。本研究は塩素消毒を、オゾン消毒で代替する方法について検討した。装置として、一度のボタン押下で一定量の電解オゾン水を自動供給するシステムを構築した。温浴施設のスーパー銭湯の協力を得て、毎日のろ過器逆流洗浄前に、ろ過器容積分の電解オゾン水を供給する実地試験を行った。試験開始前に検出されていた逆洗水のレジオネラ属菌は、3ヶ月以上、継続して不検出となった。

キーワード：温浴施設、レジオネラ属菌、ろ過器

## 1. はじめに

温浴施設の循環式ろ過器は、レジオネラ属菌に汚染されやすく、定期的に高濃度塩素を使用して洗浄することが推奨されている<sup>1) 2)</sup>。しかし、多量の薬液を用いる方法は、設備や中和処理等、多くの労力やコスト負担が避けられない。オゾンであればそうした負担を軽減でき、塩素より高い酸化力を有するので消毒効果への疑問はなく<sup>3)</sup>、空気（酸素）の無声放電や水の電気分解<sup>4)</sup>により必要量を現場で生成できる。前者の無声放電で生成する場合、高濃度なオゾンは人体に危険であり、多量に使用するには排オゾン設備が必要となる。後者の水の電気分解で生成する場合、電解オゾン水は多量の使用には適さないかもしれないが、家庭用の電極が販売されており、比較的安全な方と考えられる。そこで本研究では、循環式ろ過器を電解オゾン水で安全に消毒する方法について検証した。

## 2. 試験場所、装置および方法

### 2. 1 試験場所

協力頂いたスーパー銭湯は、施設全体の入館者数が1000～2000人/日であり、炭酸風呂、露天風呂、ジェット風呂等、循環式浴槽を複数備えている。試験では、その中の小規模浴槽（井水、約1m<sup>3</sup>）の循環式ろ過器（砂ろ過槽、直径約0.5m×高さ約1m、写真-1）を対象とした。各系統ろ過器の逆流洗浄（以下、逆洗）は、営業終了後の深夜（0：00～）に管理担当者が制御盤のスイッチを操作することにより開始され、自動的に行われていた。

### 2. 2 試験装置

装置の設置に際しては、通常の管理業務と同程度の簡易さが求められたことから、一度のボタン押下のみで、タイマー制御により一定量の電解オゾン水を、ろ過器ドレン口から自動供給するシステムを構築した（図-1、写真-2）。



写真-1 循環式ろ過器

オゾン生成には、一般消毒用に市販されているオゾン電極を使用した（商品名：オゾンバスターPRO、定格電力：120W・AC100V、販売元：オゾンマート）。オゾン電極は、4枚の陰極間に同形状で3枚のオゾン生成陽極が挟まれた構造となっており、電極1枚の寸法は、幅5cm×長さ10cm厚さ1mm、電極間隔は1.5mmであった。オゾン供給装置として、当該オゾン電極をアクリル容器に収めた状態で、2個を直列に設置した（写真-2）。始動ボタンを一度押すと、電動弁が開き、加圧給水ポンプにより活性炭（塩素除去）を介して井水が給水され、電気分解（オゾン生成）を行いながら、下部ドレン口より電解オゾン水がろ過器へ供給される。電解オゾン水による押し出し流れにより、ろ過器内の浴槽水は逆流しながら徐々に電解オゾン水へと置換される。

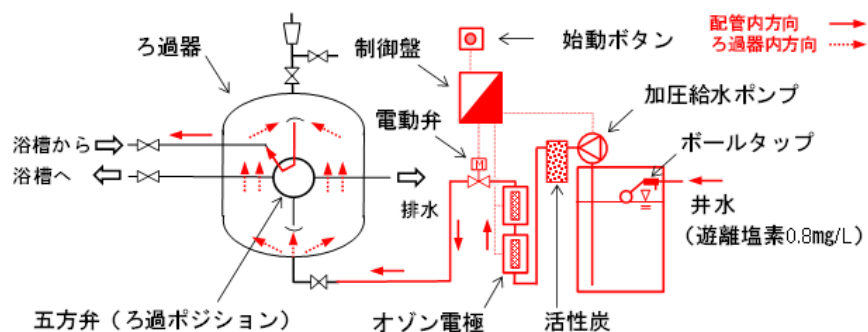


図-1 オゾン供給装置概略図



写真-2 オゾン供給装置

### 2. 3 試験方法

営業終了後、ろ過器の逆洗操作前に、オゾン供給装置の始動ボタンを押すよう施設側へ依頼した。これにより、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。供給流量は10L/minで一定とし、この時の水中オゾン濃度は0.7~0.9 mg/L（平均0.8mg/L）、供給時間を開始当初は10min（100L）、開始77日目より20min（200L）とした。

電解オゾン水によりろ過器内を消毒した後、逆洗により汚れと共に電解オゾン水をろ過器外へ排出した。本試験では、この操作を毎日継続することにより、ろ過器内が徐々に清浄になることを期待した。なお、オゾン生成に井水を電気分解しているため、陰極やアクリル容器内へのスケール付着が多く、月1回の頻度で、100g/L クエン酸溶液による漬け置き洗浄を行った。

週1回の頻度で、営業終了後のオゾン供給前に、浴槽水および逆洗水を採水し、水質を分析した。なお採水日のみ、逆洗前にろ過器をブローによりエアレーションし（約200 L/min、約5分間）<sup>5)</sup>、その後の逆洗水を採水することで、蓄積していた汚れを分析できるようにした。安全確認のため、試験開始時と供給時間を変えた際に、浴槽とろ過器周辺の気相オゾン濃度を測定した。分析項目および分析方法を表-1に示した。

表-1 測定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	オゾンガスモニタ OZG-EM-010K、(株)アプリクス
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 <sup>6)、7)</sup> キッコーマンバイオケミファ(株)

### 3. 試験結果および考察

#### 3. 1 試験結果

オゾン消毒の56日前より、浴槽水と逆洗水の測定を開始した。レジオネラ属菌の分析結果を図-2に示した。オゾン供給前は、浴槽水で10~60 CFU/100 mL、逆洗水で30~330 CFU/100 mLのレジオネラ属菌が検出された。電解オゾン水の供給は、10 L/min、10min (100L) のろ過器分量で開始したが、逆洗水のレジオネラ属菌が減っていなかった。オゾンの不足が疑われたことから、66日目の配管洗浄(過酸化水素付加物+塩素化イソシアヌル酸塩)を挟んで、77日目より供給量を10 L/min、20 min (200 L) の、ろ過器容積分に増やした。その結果、91日目に浴槽水から10 CFU/100 mL 検出されたものの、逆洗水は3か月以上継続して不検出であった。なお、浴槽とろ過器周辺の気相オゾン濃度は不検出であった。

浴槽水残留塩素の測定結果を図-3に、一般細菌の分析結果を図-4に、浴槽水ATPの測定結果を図-5に示した。浴槽水の遊離残留塩素は、オゾン供給前は0.1mg/L程度であったが、オゾン供給開始後は1.0mg/L程度にまで上昇し、途中、一時的に低下することがあるものの、残留しやすい傾向となった。一般細菌は、配管洗浄前は、浴槽水で $10^4 \sim 10^6$  CFU/mL、逆洗水で $10^5 \sim 10^6$  CFU/mLだったが、浴槽水で $10^1 \sim 10^2$  CFU/mL、逆洗水で $10^1 \sim 10^3$  CFU/mL程度まで、概ね3~4-Log減少した。浴槽水のATPは、 $10^3$ RLU程度だったが $10^2$ RLU程度まで減少し、レジオネラ属菌検出率が0.3%になるとされる40RLU<sup>6),7)</sup>近辺を推移した。(オゾン供給量を増やした77日より参考として)他の浴槽もATPを測定したところ、オゾンを提供していない炭酸風呂、露天風呂およびジェット風呂等と比べて概ね低かった。

#### 3. 2 考察

66日目の配管洗浄後から逆洗水等のレジオネラ属菌が不検出となったため、オゾン消毒の効果を強調しづらいかもしれない。しかし、その後3か月以上継続して不検出であることから、毎日のろ過器へのオゾン供給は消毒効果があると推察された。消毒を行っていないモデル循環式浴槽では、一日目で雑

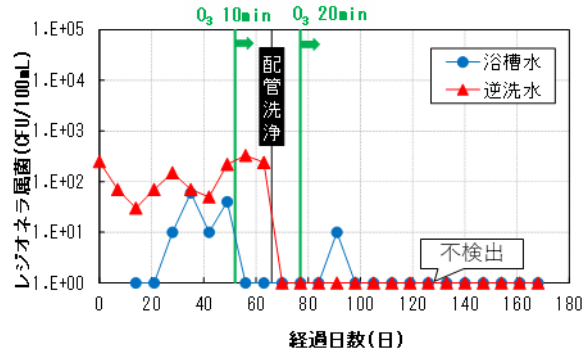


図-2 レジオネラ属菌分析結果

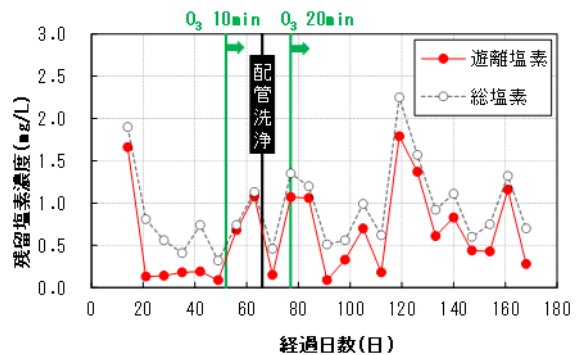


図-3 浴槽水残留塩素測定結果

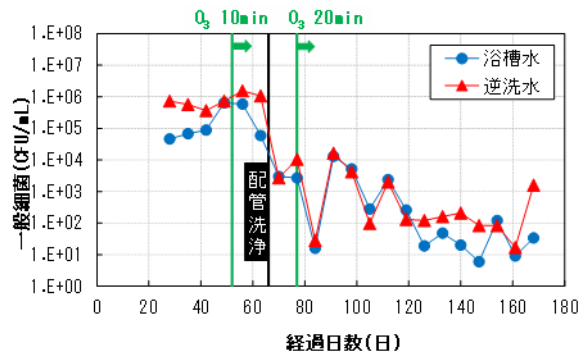


図-4 一般細菌分析結果

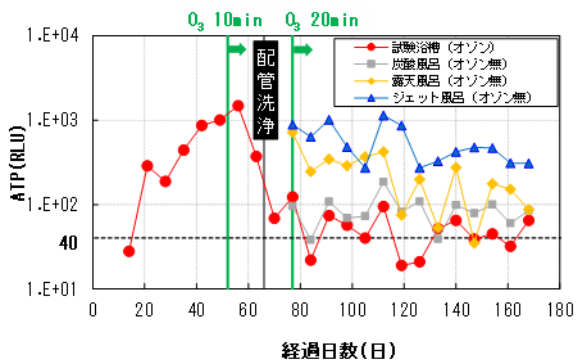


図-5 浴槽水ATP測定結果

菌、二日目で自由生活性アメーバ、3日目でレジオネラ属菌の増殖が実験的に示されている<sup>8)</sup>。なお、91日目に浴槽水からレジオネラ属菌が検出された要因としては、その前後で不検出が続いて消毒効果自体は安定していたこと、その時に限って遊離残留塩素が0.09 mg/Lと低かったことがあり、生物膜の塊を偶然に測定したと考えられた。

#### 4. まとめ

オゾン生成電極を用いて、オゾン濃度0.7~0.9 mg/L (平均0.8mg/L) の電解オゾン水を生成し、ろ過器容積分の量を、毎日逆洗前にろ過器内へ供給することにより、温浴施設における循環式ろ過器を継続して清浄な状態に維持することが可能であった。

#### 5. 謝辞

本研究の一部は厚生科研(19LA1006)により行われた。

#### 6. 参考文献

- 1) 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>) .
- 2) (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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) (社)日本水道協会：水道施設設計指針、pp.219-220、2000年.
- 6) (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.
- 7) 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.
- 8) 杉山寛治：講座 環境水からのレジオネラ・宿主アメーバ検出とその制御8、浴槽のレジオネラ対策① 浴槽のどこで、どのように増えるのか、*日本防菌防黴学会誌*、Vol.47, No.2, pp.83-89, 2019.