

平成 29 年度厚生労働科学研究（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究

研究代表者 前川 純子（国立感染症研究所 細菌第一部）

分担研究報告書

空気洗浄と高濃度塩素消毒を併用した砂ろ過器のろ材の洗浄方法

（エアレーション・リフレッシュ法）の提案

研究協力者 中臣 昌広（文京区文京保健所）
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 田中 悠樹（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）
研究分担者 泉山 信司（国立感染症研究所 寄生動物部）

研究要旨

温浴施設に一般的に導入されているろ過器の 1 つに砂ろ過がある。砂ろ過器の内部には微生物の餌となる汚れ（有機物）が蓄積する。その汚れを排出するために週に 1 回以上の逆洗浄を行っているが、逆洗効果が不十分であれば汚れが残留し、砂ろ過器がレジオネラ属菌の温床、供給装置に成りかねない。砂ろ過器の逆洗浄の効果を高めるために、既存施設の砂ろ過器において、手動操作で行う空気洗浄と高濃度塩素消毒を併用した砂ろ過器洗浄方法（エアレーション・リフレッシュ法）を適用し、効果を検証した。本エアレーション・リフレッシュ法は、逆洗後の排出液と砂ろ過器内部の濁度等に大きな改善が認められ、砂ろ過器内の汚れの排出効果が大きいことを確認した。これを短い周期で行い、砂ろ過器内の衛生状態を良好に保つことを提案したい。

A. 研究目的

水と熱量の節約を目的に、浴槽水が連続使用されるようになった。一方、入浴者の汚れにより濁度が上昇し、お風呂が不衛生な状態に陥らないように、濁度が 2 度以下に制限されている（公衆浴場における水質基準等に関する指針）。濁度 2 度を超えずに浴槽水を連続的に使用する目的で、ろ過器が使用されるようになった。

一般的に用いられる砂ろ過器では、水を

逆流させる簡易な洗浄（以下、逆洗）により濃縮された汚れを排出する（図 1）。ところが、ろ材の砂を年余に渡って使い続けるのが一般的で、砂に付着した汚れはいつまでも残って不衛生であり、レジオネラの温床となることから問題となる。管理状態の悪い砂ろ過は、汚れが固着してろ過層が水を通さず、割れたろ過層の隙間に水の通道（水みち、水筋）ができたり、汚れの玉（マッドボール）が生じたりする⁽¹⁾。その

ような状態でも塩素消毒が適切になされれば、レジオネラ属菌の生きた菌は検出されない。しかし、濁質が塩素を消費して消毒の徹底が困難となり、塩素消毒が低下した際は大変に危険な状態となりえる。毎日砂ろ過器を高濃度塩素消毒する方法（フィルター・リフレッシュ法）がレジオネラ汚染の低減と塩素濃度の維持に有効ことが示されている⁽²⁾が、濁質の排除までは配慮されていなかった。一度設置された装置を交換、撤去したり、内部が見えない砂ろ過器の管理を徹底させたりするのは容易ではない。

砂ろ過器の洗浄効果を高めるには、単なる浴槽水の逆流では不足で、空気洗浄と高濃度塩素消毒の併用が、方法の一つとして提案できる。水道の急速ろ過池では、逆流洗浄と空気洗浄を組み合わせで行うことがある⁽¹⁾。空気洗浄は、ろ層の下部から空気を吹き込んで上昇気泡の振動により付着濁質を剥離し、逆流洗浄でろ層から濁質を排出する方法である。この空気洗浄を入浴施設向けに自動化した砂ろ過器洗浄システムがあり、高濃度塩素消毒が併用され、レジオネラ属菌の抑制効果が報告されている⁽³⁾。ただし、既設の砂ろ過器の改修は容易ではなく、別途対策を要する。

本研究では既存の砂ろ過器の対策として、空気洗浄と高濃度塩素消毒を併用した洗浄方法（以下エアレーション・リフレッシュ法）を手動操作で簡易的に行えるように考案し、効果の検証を目的とした。具体的には、空気洗浄用のポンプを増設し、手作業で回路を切り替えて、空気洗浄でろ過層をしっかりと攪拌しながら消毒を行き渡らせて、最後に逆洗浄を行う。結果として本法

は、従来の逆洗浄のみより、砂ろ過器内に蓄積する汚れの排出効果が大きいことを確認した。

B. 研究方法

実験施設は、東京都文京区 A 銭湯に協力していただいた。A 銭湯は循環式浴槽（図 2A）で浴槽容量 4.5 m³である。砂ろ過器は直径 600 mm であり（図 2B）最後にろ材の交換をしたのは平成 25 年頃であった。ろ過流量は 200～250 L/min 程度を想定し、ターン数は 3 ターン/h 程度と算出された。消毒薬剤は、通常営業時はトリクロロイソシアヌル酸を使用し、逆洗は毎日実施していた。空気洗浄には、常用圧力 20 kPa、風量 350 L/min の市販ブロウポンプを使用し、循環ろ過ポンプの圧力計接続部に接続した（図 3）。高濃度塩素消毒には食塩分 4%以下、有効塩素 12%の次亜塩素酸ナトリウムを使用した。実験日は平成 29 年 7 月 3 日と平成 29 年 12 月 11 日の計 2 日である。

エアレーション・リフレッシュ法の操作は以下の通り行った（図 4）。まず、循環ろ過ポンプを停止し、バルブ A、B を閉めた。ろ過タンク内の遊離塩素濃度が 50 mg/L になる様に、次亜塩素酸ナトリウム 50mL をヘアーキャッチャーに投入した。砂ろ過器の 5 方弁を逆洗ポジションに切り替えて、バルブ C、D を開け、循環ろ過ポンプを 10 秒間稼働させ、塩素をろ過タンク内に移送した。そしてバルブ E を閉め、ろ過ポンプに接続したブロウポンプを稼働させ、30 分間ろ過タンク内にエアーを吹き込み、空気洗浄した。最後にブロウポンプを止め、バルブ F を開け、逆洗を行い終了とした。

砂ろ過器内の衛生状況を確認するために、

以下の通り、水質分析を行った。1回目(平成29年7月3日)は、1.初めに従来の逆洗水を採水、2.続けて(空気洗浄を行い内部を攪拌してから)砂ろ過器内水を採水(以上、従来の逆洗の効果確認)、3.空気洗浄と高濃度塩素消毒後の逆洗時に採水(以後、本洗浄法の確認)、4.最後に砂ろ過器内水を採水した(表1)。

2回目(平成29年12月11日)は、A.従来の逆洗水、B.砂ろ過器内水を採水(以上、従来の逆洗効果を確認)、C.空気洗浄と高濃度塩素消毒後の逆洗時に採水(以後、本洗浄法の確認)、D.砂ろ過器内水を採水、E.からH.逆洗時間を検討するためにさらに2回の操作を追加し、その都度採水した(表2)。

分析項目はレジオネラ属菌、大腸菌群、一般細菌、濁度、SS(Suspended Solid、浮遊物質、懸濁物質)を計測した。分析方法は定法に従い、株式会社ヤマト分析センター(大和環境技術研究所)にて分析した⁽⁴⁻⁶⁾。

C. 研究結果及び考察

初めに平成29年7月3日に実験した時の水質分析データを示す(表1)。

逆洗水の状況は、従来の逆洗と、エアレーション・リフレッシュ法のいずれも一般細菌、大腸菌群、レジオネラ属菌は検出されなかった(表1)。逆洗に使用した浴槽水の塩素消毒が予定外に2mg/L以上あったことから、微生物が検出されなかった。

従来法の逆洗水の濁度は6.5度、SSは3.8mg/Lと高くないのに対して、エアレーション・リフレッシュ法では97度、SSは160mg/Lと桁違いに高かった。すなわち、エアレーション・リフレッシュ法による汚れの

排出効果が大きかった。

次に砂ろ過器内水は、従来の逆洗後の濁度は100度、SSは170mg/Lと高く、エアレーション・リフレッシュ後は濁度が7.0度、SSは12mg/Lと低かった。すなわち、従来の逆洗では砂ろ過器内がきれいにならなかったことが示唆された。

以上の通り、エアレーション・リフレッシュ法の洗浄効果は大きいと考えられた。追試として2回目(平成29年12月11日)を実施した(表2)。逆洗水からレジオネラ属菌、大腸菌群は検出されなかった。ただし前回と異なり一般細菌数が高かったが、浴槽水の塩素消毒が維持されない定休日に行われたのが理由であった(定休日であっても消毒を維持し、バイオフィルムの付着を避けたほうが良い)。エアレーション・リフレッシュ法後の逆洗水では、高濃度塩素消毒が理由で20CFU/mLと一旦低下するが、その後の逆洗には塩素消毒されていない井戸水を浴槽に補充しながら使い、2回目で64,000CFU/mL、3回目は88,000CFU/mLとなった。本試験で行った不定期な高濃度塩素消毒の条件では、砂ろ過器の消毒が不足で、毎日、あるいは毎週の洗浄の徹底が必要と考えられた。本研究では洗浄操作を研究者が行い、従業員は行わず、砂ろ過器の洗浄に施設の関心を得るまでには至らなかった。

濁度、SSについては従来の逆洗では19.0度、SSは18mg/Lと低いのに対して、エアレーション・リフレッシュ法では濁度71.0度、SSは150mg/Lと高く、1回目と同様の洗浄効果の高さを確認した。

追加して行った逆洗2回目と3回目の濁度とSSは低く、汚れの多くは1回目に除

かれると考えられた。

砂ろ過器内では、逆洗工程後にレジオネラ属菌、大腸菌群は検出されなかった（表2）。一般細菌数については、従来法の逆洗後の砂ろ過器内水が740 CFU/mLに対して、エアレーション・リフレッシュ法逆洗後は3,600 CFU/mLと高くなり、洗浄効果の改善に伴って、砂ろ過器内に潜んでいた菌が洗い出されたと考えられた。その後、砂ろ過器内の一般細菌は逆洗工程2回目（逆洗計10分間）実施後までは増加したが、3回目（逆洗計15分間）実施後は減少した。長めの逆洗で若干の改善は得られたものの、消毒の徹底には高頻度な洗浄と消毒が必要と考えられた。

以上のことから、エアレーション・リフレッシュ法は、砂ろ過器のろ材から汚れを排出し、洗浄効果があると考えられた。オーバーフロー水の再利用施設では、浴槽の水面付近の水質のわるい湯を処理するため、ろ過器への負荷が大きい。ろ材への有機物等の汚れの付着の可能性がある。そうしたオーバーフロー水再利用施設の砂ろ過器のろ材から汚れを取るには、エアレーション・リフレッシュ工程及び逆洗浄工程の施工が向いていると思うのである。本法を、公衆浴場、旅館などの砂ろ過器に対して、高頻度な使用を提案する。反対に本法を実施しなければ、汚れは砂ろ過器にいつまでも残ると推察される。濁質の排除の徹底は、重要と考えられる。現在、塩素消毒により浴槽水は見かけ上の安全性が維持されているが、砂ろ過器への注意が不足で、消毒の失敗により、一時的にでも入浴者の安全性が損なわれると危惧される。塩素消毒は、微生物増加とバイオフィーム定着の抑制、

並びに洗浄しきれずに残る危険に対する抑えであって、洗浄をサボるための手段ではないことを改めて強調しておく。本法は、比較的安価な装置の改修と手動の操作によって実施が可能である。

D. 結論

砂ろ過器内のろ材に対し、後付けで空気洗浄を行う装置を設置し、同時に高濃度塩素で消毒する、エアレーション・リフレッシュ法を実施した。本法は、砂ろ過器内に蓄積する汚れを排出する効果が大きいことを確認した。

E. 参考文献

1. 日本水道協会、5.6 急速ろ過池の 5.6.10 洗浄方式、水道施設設計指針 2012 より（厚生労働省、5. 浄水施設（抜粋版）<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000103930.pdf>、2018年5月1日現在）
2. 杉山寛治、循環式浴槽の衛生管理 フィルター・リフレッシュ法の有用性、温泉工学会誌 30 巻 2/3 号 pp.98-104 (2008)
3. 住谷敬太、木村哲也、齋藤利明、新井孝雄、高田勇人、吉住正和、横田陽子、藤田雅弘、小畑 敏、小澤邦寿、森田幸雄、野田雅博、木村博一、新たに開発した次亜塩素酸処理循環浴槽システムのレジオネラ属菌・大腸菌群及び一般細菌の制御、防菌防黴、Vol.39, No.12, pp.749 - 756 (2011)
4. 日本水道協会、II-3 一般理化学より、3. 濁度の 3.4 積分球式光電光度法、および

- | | |
|---|------------------------------------|
| <p>12.浮遊物質（懸濁物質） 上水試験方法
2011年版 II.理化学編より pp. 47-49,
92-93.</p> | <p>pp.28 ~ 32, 2009</p> |
| <p>5. 日本水道協会、V-2 現存量指標の 1.一般
細菌、および V-3 糞便性指標の 2.大腸菌
群、上水試験方法 2011 年版 V.微生物編
より pp. 43-47, 72-77.</p> | <p>F.研究発表
試上発表、口頭発表
なし</p> |
| <p>6. レジオネラ症防止指針（第 3 版）公益財
団法人日本建築衛生管理教育センター .</p> | <p>G. 知的所有権の取得状況
なし</p> |

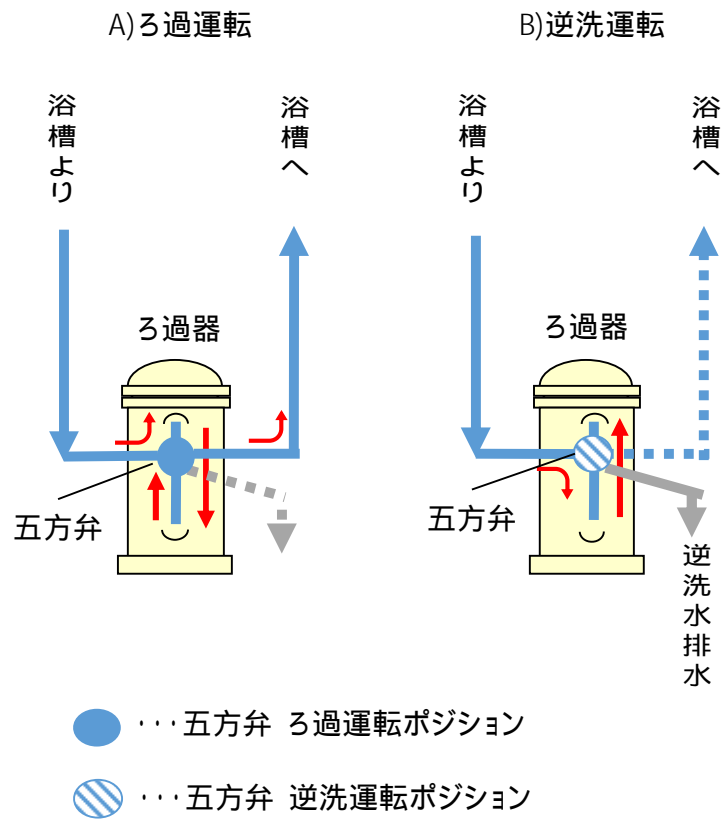


図 1. ろ過運転と逆洗運転

A)ろ過運転：浴槽水を砂ろ過器上部から底部に向け、通水しその後、浴槽へ戻す。B)逆洗運転：浴槽水を砂ろ過器底部から上部に向け、通水し砂ろ過器内のろ材を簡易に洗浄し、逆洗排水管より排水する。

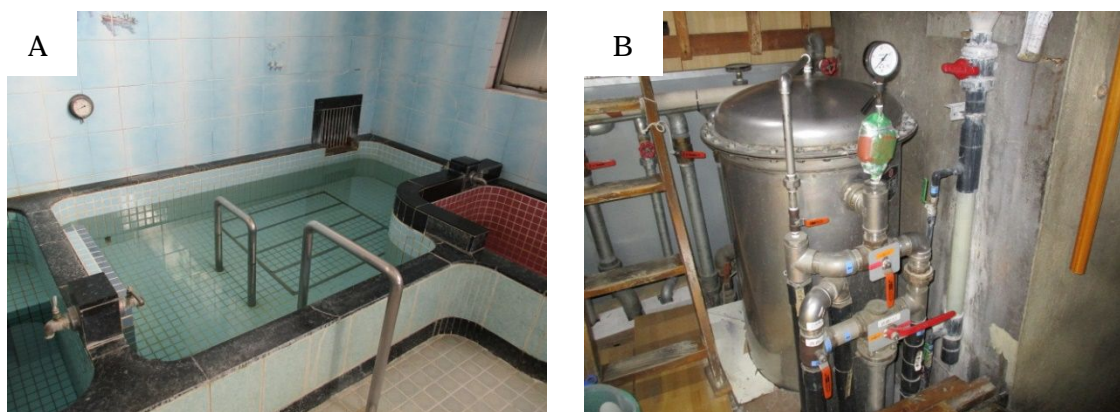


図 2. 浴槽 (A) と砂ろ過器 (B)

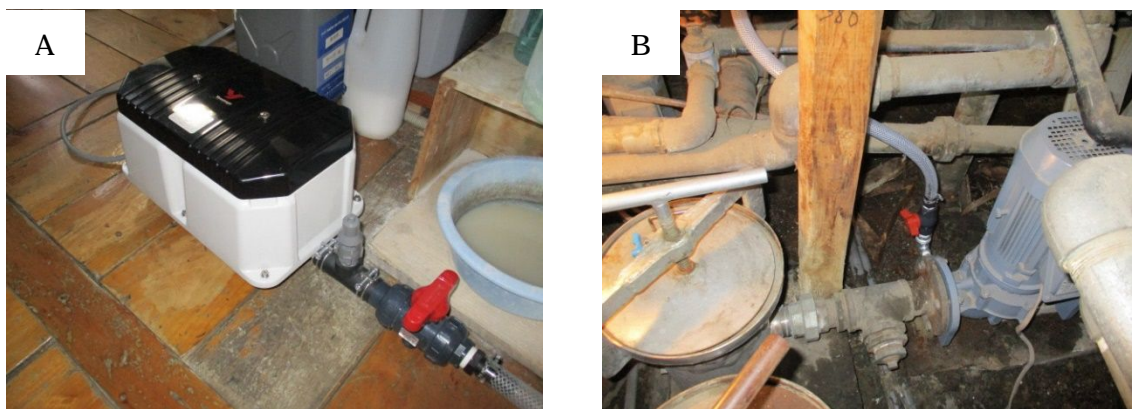


図 3. ブロワポンプの接続

A)ブロワポンプ、B)循環ろ過ポンプの圧力計部位へのブロワポンプの接続

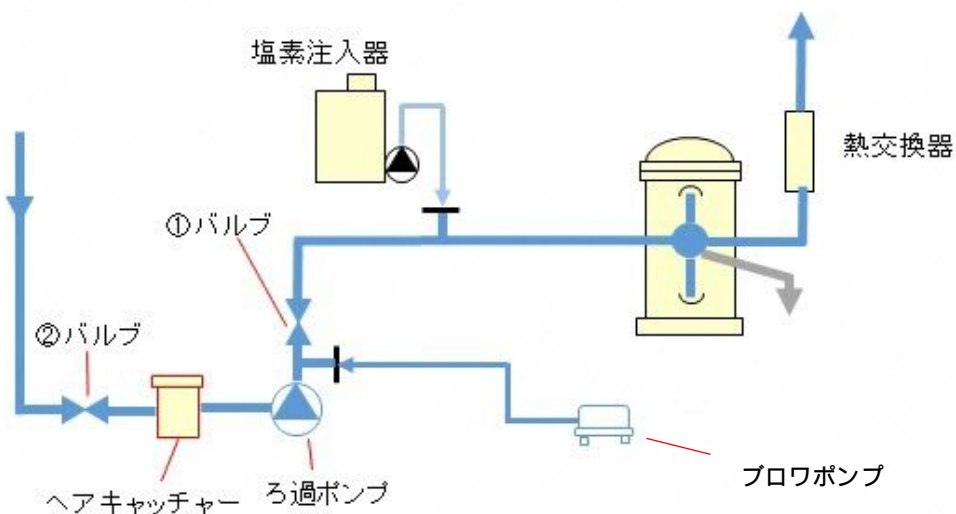


図 4. 循環配管の一部概略図とエアレーション・リフレッシュ法の手順

エアレーション・リフレッシュ法の操作方法の詳細は以下の通り。まず、循環ろ過ポンプを停止し、バルブ①、②を閉める。ヘアキャッチャーに次亜塩素酸ナトリウムを投入（A 銭湯の場合は 50 mL で砂ろ過器内が 50mg/L）。砂ろ過器の 5 方弁を逆洗ポジションに切り替えて、バルブ①、②を開け、循環ろ過ポンプを 10 秒間稼働させ、塩素を砂ろ過器内に移送する。そしてバルブ①を閉め、ブロワポンプを稼働させ、30 分間砂ろ過器内にエアを吹き込み、エア攪拌（空気洗浄）する。最後にブロワポンプを止め、バルブ①を開け、通常の逆洗・洗浄を行い終了となる。

表 1. 1 回目（平成 29 年 7 月 3 日）操作手順、採水タイミング、各種実測値

操作	採水タイミングと番号			実測値				
	逆洗(汚 れ排出)	ろ過器 内確認	目的、消毒の詳細	レジオネ ラ属菌 (CFU/1 00ml)	大腸菌 群 (個 /ml)	一般細菌 (個/ml)	濁度 (度)	SS (mg/ l)
逆洗工程 [逆洗3分、洗浄2分]	1		従来法の逆洗効果確認	10未満	不検出	30未満	6.5	3.8
エアレーション[5分]		2	従来法逆洗後のろ過器内確認	10未満	不検出	30未満	100	170
ヘアキャッチャーに塩素剤投入 ろ過ポンプ10秒運転 エアレーション[30分]			次亜塩素酸ナトリウム50mL投入、 ろ過器内残留塩素濃度40mg/L					
逆洗工程 [逆洗3分、洗浄2分]	3		エアレーション・リフレッシュ法の 逆洗効果確認	10未満	不検出	30未満	97	160
エアレーション[5分]		4	エアレーション・リフレッシュ法の ろ過器内状況確認	10未満	5	40	7	12

表 2. 2 回目 (平成 29 年 12 月 11 日) 操作手順、採水タイミング、及び各種実測値

操作	採水タイミングと番号			実測値				
	逆洗 (汚れ 排出)	ろ過器 内確 認	目的、消毒の詳細	レジオネラ 属菌 (CFU/10 0mL)	大腸菌群 (CFU/mL)	一般細菌 数 (CFU/mL)	濁度	SS (mg/L)
逆洗工程 [逆洗3分、洗浄2分]	A		従来法の逆洗効果確認	10未満	不検出	4.2E+03	19.0	18
エアレーション[5分]		B	従来法逆洗後のろ過器内確認	10未満	不検出	7.4E+02	26.0	40
ヘアキャッチャーに塩素剤投入 ろ過ポンプ10秒運転 ----- エアレーション[30分]			次亜塩素酸ナトリウム、70mL投入 ろ過器内残留塩素濃度60mg/L -----					
逆洗工程1回目 [逆洗3分、洗浄2分]	C		以下、エアレーション・リフレッシュ法の 逆洗効果確認	10未満	不検出	20	71.0	150
エアレーション[5分]		D	ろ過器内状況確認	10未満	不検出	3.6E+03	4.8	7.8
逆洗工程2回目 [逆洗3分、洗浄2分]	E		以下、洗浄時間による効果確認	10未満	不検出	6.4E+04	18.0	27
エアレーション[5分]		F		10未満	不検出	1.2E+05	7.7	13.4
逆洗工程3回目 [逆洗3分、洗浄2分]	G			10未満	不検出	8.8E+04	17.0	27
エアレーション[5分]		H		10未満	不検出	1.6E+02	4.6	8.4