

令和3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)
公衆浴場におけるレジオネラ症対策に資する検査・消毒方法等の衛生管理手法の開発のための研究

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

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	泉山 信司	国立感染症研究所 寄生動物部
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	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	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
研究協力者	小坂 浩司	国立保健医療科学院 生活環境研究部

研究要旨

公衆浴場等における循環式ろ過器はレジオネラ属菌による汚染源の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、後処理も含め、多くの労力・コスト負担が避けられない。本試験では、これに代替する方法としてオゾンに着目し、2施設の協力を得て実地試験を行った。A温泉旅館において、バイパス循環配管を設けて洗浄できるようにしたろ過器に対して、初めに週1回の頻度でオゾンガスをオリフィス混合器から溶解供給し、その効果を検証した。オゾン供給により、5日間程度はろ過水中のレジオネラ属菌が不検出となったが、排オゾン処理と安全性の確保が重要であった。次

に、同じろ過器に対して、オゾンガスの代わりに、水の電気分解で生成する電解オゾン水を週 2 回の頻度で供給した。逆洗水中に検出されていたレジオネラ属菌が不検出となるまで 3 週間を要した。最後に、B スーパー銭湯において、毎日のろ過器逆洗に電解オゾン水を供給した。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。

A. 研究目的

公衆浴場等の入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、洗浄や消毒が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、重要な管理の 1 つとなっている。特にろ過器を有する循環型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「循環型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して、多くの労力やコスト負担が避けられない。逆洗に用いる浴槽水がアルカリ性の場合には、

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。

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⁾。そこで、本試験ではオゾンに着目した。

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、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)と定めていた。なお、水溶液のオゾン水については、特段の基準値等はなかった。

B. 方法

オゾンの生成方法、ろ過器への供給方法および対象施設等を変え、RUN1~RUN3 の 3 条件で行った。それぞれの試験条件を表 1 に

示す。

B1. RUN1(A 温泉旅館で気相オゾン)

弱アルカリ泉質の A 温泉旅館における露天風呂系統(約 10 m³)の循環式ろ過器(砂ろ過槽、直径約 0.7 m×高さ約 0.3 m)に対して、ラインポンプ、オリフィス混合器、オゾン生成装置(CAP-10A、(株)石森製作所)等を有する洗浄・消毒用循環配管を別途接続した(図 1~5)。週 1 回の頻度で営業時間外 10:00~14:00 の間に、主配管のバルブを閉め、当該循環配管のバルブを開けて、ラインポンプにより約 100 L/min で循環しながら、オリフィス混合器を介して、無声放電により生成したオゾンガスを供給した。

オゾン供給は概ね週の初めに行い、試験期間は約 3 週間(オゾン注入は合計 3 回)とした。最初はオゾン生成量 5 g/h、次の 2 回はオゾン生成量 10 g/h とし、オゾンを供給している間、ろ過器通過前後の水中オゾン濃度を測定した。オゾン供給日の後に 1~3 日間隔で、浴槽水およびろ過水(ろ過器通過後)の水質を分析した。本試験における分析項目とその測定方法を表 2 に示す。

B2. RUN2(A 温泉旅館で電解オゾン)

RUN1 と同じ循環式ろ過器に対して、オゾンガスに代えて、電解オゾン水を供給した(図 6)。オゾン水の供給は、RUN1 同様、主配管のバルブを閉め、循環配管のバルブを開けて、ラインポンプにより約 100 L/min で循環しながら、ろ過器ドレン口より供給した(表 1、図 6)。

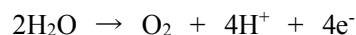
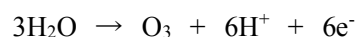
オゾン生成には、市販のオゾン生成電極を使用した(オゾンバスター、オゾンマート)。オゾン生成電極外観、オゾン供給装置外観およびオゾン生成電極仕様を図 7、図 8 および表 3

にそれぞれ示す。

オゾン供給頻度は、月曜日あるいは火曜日と、木曜日の週 2 回とした。通常の 2 分間の逆洗を行いながら、逆洗水を採水した後に電解オゾン水を供給した。オゾン供給後は再度逆洗を行い、続いて 2 分間のすすぎ(捨水)を行った。浴槽水の他、ろ過器の汚れ具合を調べるため、(ろ過水ではなく)逆洗水の水質を分析した。分析項目および分析方法は RUN1 と同様である(表 2)。

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),12)}。

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¹³⁾。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り、生成量も多くないが、液相に移動しやすいことからオゾンの利用効率は高く、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、本試験の範囲では不要であった。

B3. RUN3(Bスーパー銭湯で電解オゾン)

Bスーパー銭湯において、電解オゾン水を用いて試験した。本試験は、以下の理由により、RUN1・2より効率的な洗浄・消毒操作方法が必要であった。施設全体の1日の入館者数は、先のA温泉旅館に比べ概ね約20倍と格段に多く(表1)、汚染の負荷が多いと考えられた。営業が終了し、洗浄可能となる時間が深夜(0:00～)であった。本来は専門的な人員の配置が望ましいのだが、管理業務は専門的な知識に乏しいパートやアルバイト等が担当していることが通例であり、とにかく簡易な操作が望まれた。実際、当該Bスーパー銭湯には、試験対象としている浴槽(井水、約1m³、図9)のろ過器(砂ろ過槽、直径約0.5m×高さ約1.0m、図10)以外にも、炭酸風呂、露天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た。装置の設置に際しては、既存設備の改変を極力少なくすることが求められた。

以上のような観点から、オゾンによる消毒に重点を置いた。すなわち、毎日のろ過器逆洗前に、ろ過槽の有効容量分(ろ材充填量)以上の電解オゾン水を自動注入する単純なシステムとした。試験装置概略、オゾン供給装置およびオゾン供給装置設置状況を図11、図12および図13に示す。また、オゾン生成電極外観、電気分解時の状況およびオゾン生成電極

仕様を図14、図15および表4にそれぞれ示す。オゾン供給装置は、開始ボタンを一度押すだけで所定流量にてオゾン供給を開始し、タイマー制御により一定時間経過後オゾン供給を停止とした(図11～13)。前述の通り、Bスーパー銭湯は営業終了後に各ろ過器の自動逆洗を行っており、対象ろ過器の逆洗ボタンを押す前に、上記オゾン供給開始ボタンを押すよう施設担当者へ依頼した。これにより、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。Bスーパー銭湯ではオゾン生成に井水を用いており、陰極や電解槽内へのスケール付着が多いため、1回/月の頻度で、100g/Lクエン酸溶液による漬け置き洗浄を行った。

当該方法は、電解オゾン水をろ過器へ供給してろ過器内を消毒した後、直ちに逆洗により汚れと共にろ過器外へ電解オゾン水を排出するものである。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、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。

週1回の頻度(毎週土曜日)で、営業終了後のオゾン供給前に、各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200L/min、約5分間)¹⁴⁾、その後の逆洗水を採水することで、蓄積されていた汚れを狙って試験できるようにした。分析項目および分析方法はRUN1・2と同様である(表2)。

C. 結果および考察

レジオネラ属菌数、浴槽水残留薬品(塩素)

濃度、一般細菌数および ATP の測定結果を図 16 から図 27 にそれぞれ示す。なお、レジオネラ属菌数の 1 CFU/100 mL は不検出(検出限界 10 CFU/100 mL 未満)を示している。

C1. RUN1(A 温泉旅館で気相オゾン)

A 温泉旅館は薬品臭を極力抑制するため、臭素系錠剤(有効臭素 61%、有効塩素 28%)により浴槽水の消毒を行っており、オゾン供給前は DPD 試薬による遊離塩素相当で概ね残留濃度 0.1 mg/L で管理されていた(図 16)。この間レジオネラ属菌は浴槽中からは検出されていなかったが、ろ過器通過後のろ過水からは 10 CFU/100 mL や 20 CFU/100 mL で検出されることがあり(図 17)、ろ過器内のレジオネラ汚染が懸念された。

水質測定開始後 26 日目からオゾンガス洗浄を開始した。最初の週はオゾンガス生成量を 5 g/h としたところ、120 分間の循環中、水中オゾン濃度はろ過器通過前で 0.0 mg/L から 0.6 mg/L(表 1)へ、ろ過器通過後で 0.1 mg/L から 0.2 mg/L へ増加する傾向を認めたが、オゾン量としては不足だったかもしれない。そこで、次の週からは、オゾンガス生成量を 10 g/h としたところ、オゾン濃度は 20 分程でほぼ一定となり、ろ過器通過前で 1.2 mg/L から 1.4 mg/L(表 1)、ろ過器通過後で 0.42 mg/L から 0.6 mg/L となった。

40 日目と最終日 47 日目の、入館者数が増える休日(土日祝日)の後に、レジオネラ属菌が検出されることがあったものの、オゾン供給後 5 日間程度は浴槽水およびろ過水からレジオネラ属菌は不検出となった(図 17)。また、ATP は浴槽水のレジオネラ属菌検出率が 0.3%になるとされる 40RLU^{15),16)}を概ね下回る結果となった(図 18)。特にオゾン供給量を 10

g/h にしてからは、浴槽水の残留薬品濃度(遊離塩素相当)は最大で 0.6 mg/L となる等、明らかな増加傾向となり(図 16)、一般細菌は概ね 10 CFU/mL 未満にまで減少した(図 19)。

これらの結果から、オリフィス混合器を介してオゾンガスを供給しながら専用配管により一定時間ろ過器を循環洗浄する方法は、週 1 回以上の高濃度塩素洗浄に代替し得る、ろ過器の洗浄方法と言えた。

しかしながら、オゾン生成装置(図 5)や試験装置の周辺でオゾン臭が微かに認められることがあった。気相中のオゾン濃度は、作業環境基準 0.1 ppm 未満に対して、0.05~0.1 ppm になる場所があった(表 2)。RUN1 のろ過器(図 2)は、ろ材有効容量が約 120 L(直径約 0.7 m × 高さ約 0.3 m)と比較的小規模なものであった。一般に洗浄が必要なるろ過器はこれより数倍大きくなることも珍しくはなく、その分、必要なオゾン量と、作業環境へのオゾン漏洩が大きくなると懸念された。労力および安全性等の観点から、次に電解オゾンに着目した。

C2. RUN2(A 温泉旅館で電解オゾン)

オゾンガスの代わりに電解オゾン水の供給を行った RUN2 では、ろ過器へのオゾン供給量は RUN1 の約 1/100 と極めて少なかった(表 1)。電解オゾン水のオゾン濃度は 0.9 mg/L 程度であったが、供給後にろ過器内で希釈されてしまうため、ろ過器通過前後のオゾン濃度は測定しなかった。作業環境中へのオゾン漏洩は認められず、狙い通り、安全性が高まったと考えられた。

電解オゾン使用前の浴槽水・逆洗水のレジオネラ属菌は、10~60 CFU/100 mL の間で検出されていた(図 20)。

水質測定開始後 29 日目から電解オゾン水

を週2回の頻度で供給したところ、浴槽水では一定の効果が伺えたものの、浴槽水・逆洗水共にレジオネラ属菌が継続して不検出となるまでに3週間を要した(図20)。

RUN1程ではないが、電解オゾン水供給により、浴槽中の残留薬品濃度(遊離塩素相当)は増加して残留傾向となり(図21)、ATPも浴槽水のレジオネラ属菌検出率が0.3%になるとされる40RLU^{15),16)}を概ね下回る結果となった(図22)。他方、一般細菌については、電解オゾン水供給の前後で浴槽水には減少傾向が僅かに伺えるものの、逆洗水には特に減少傾向は認められなかった(図23)。

電解オゾン水を供給しながら専用配管により一定時間ろ過器を循環させる方法は、ろ過器の洗浄方法として一定の効果を有していたかもしれない。しかし、効果が高いとは言えず、負荷の高いろ過器では困難な可能性、循環操作の必要性や供給頻度、操作の簡易化等々、検討すべき課題が多かった。電解オゾン水は、電解しながらの連続供給が使用方法として想定され、高くても1mg/L程度がオゾン濃度の上限であった。

C3. RUN3(Bスーパー銭湯で電解オゾン)

Bスーパー銭湯は入館者数が多く、ろ過器への負荷が高いことから、逆洗前に毎日電解オゾン水を供給した。RUN3におけるオゾン供給量は、RUN2の2倍から5倍となった(表1)。2021年8月14日より浴槽水および逆洗水の水質測定を開始したが、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)にも関わらず、Bスーパー銭湯では、施設全体で1日に約1,200人もの入館者数があった。オゾン利用前は、浴槽水で10～60 CFU/100 mL、逆洗水で30～330 CFU/100

mLの間でレジオネラ属菌が検出された(図24)。

水質測定開始後56日目のオゾン供給開始当初は、電解オゾン水の供給量を10 L/minで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24)、オゾンの不足が感じられた。試験対象としている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)を挟んで、77日目より電解オゾン水の供給量を10 L/minで20 min(200 L)と倍に増やした。

その77日目以降は、91日目に浴槽水のレジオネラ属菌10 CFU/100 mLが検出された以外は、2か月以上継続して不検出であった(図24)。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、遊離残留塩素濃度が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。

逆洗水のレジオネラ属菌は、オゾン利用中の約3か月間不検出であった。浴槽中の残留塩素濃度は増加し、残留しやすい傾向となった(図25)。浴槽水のATPは40RLU^{15),16)}近辺を推移しており、オゾンを使用していない炭酸風呂、露天風呂およびジェット風呂等に比べて概ね低かった(図26)。一般細菌は $10^4\sim 10^6$ CFU/mLだったものが、 $10^1\sim 10^3$ CFU/mL程度にまで、概ね3-Log減少した(図27)。

以上のBスーパー銭湯で行った、連日の逆洗にオゾンを使用する方法は、ろ過器の高濃度塩素処理を代替できると考えられた。多量の薬液、外付けタンク、中和の後処理が不要であった。

D. 結論

オゾンガスを用いたろ過器の循環洗浄は、高濃度薬品洗浄に代替し得るものではあるが、排オゾンガスの処理設備が必須となり、コスト、労力および安全性等の観点から、電解オゾンの利用がより好ましいと考えられた。

毎日のろ過器逆洗に電解オゾン水供給を組み合わせる方法は、オゾン漏洩のリスクがほとんど無く、ろ過器を清浄化させ、浴槽水の消毒剤濃度を維持し易くし、継続して逆洗水のレジオネラ属菌を不検出とすることが可能であった。

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/1113050/0/000577571.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)
- 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) 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
- 13) 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
- 14) (社)日本水道協会:水道施設設計指針、pp.219-220、2000年
- 15) (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.

- 16) 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

1. Edagawa A, Matsuda N, Ogura T,
Uezono K, Izumiyama S, Fujii A.
Microbial Contamination of Rubber
Ducks Floating in Bathtubs of
Bathing Facilities, and an Evaluation
of Their Washing Methods. *Biocontrol
Sci.* 2021;26(4):187-192.
2. 柳本恵太, 堀内雅人, 山上隆也, 植松香
星, 久田美子, 杉山寛治, 田中慶郎, 茶
山忠久, 市村祐二, 泉山信司, 山梨県の
アルカリ性 (pH10 程度) 温泉における
モノクロラミン消毒の有効性の検討,
日本防菌防黴学会誌, 49(6), 261-267,
2021.

口頭発表

なし

- G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含
む)
なし

表 1 試験条件

	オゾン生成方式	オゾン濃度	オゾン供給流量		供給時間 min	頻度 回/週	オゾン供給量 g/週	試験施設
		mg/L	g/h	L/min				
RUN1	無声放電	0.6~1.4	5、又は10 ^{*1}	-	120	1	10、又は20	A温泉旅館 入館者数：30~100人/日 試験浴槽 pH：7.6~7.9
RUN2	水電解 (水道水)	0.9	-	1	120	2	0.22	
RUN3	水電解 (井水)	0.8	-	10	10、又は20	7	0.56、又は1.12	Bスーパー銭湯 入館者数：1000~2000人/日 試験浴槽 pH：7.0~7.6

*1 オゾンガス



図 1 露天風呂 (RUN1、RUN2)



図 2 循環ろ過器 (RUN 1、RUN 2)

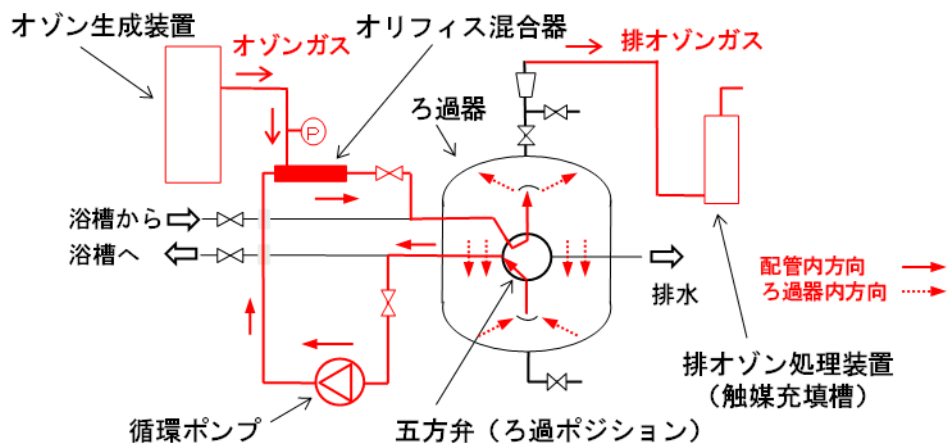


図3 試験装置概略図(RUN 1)

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。

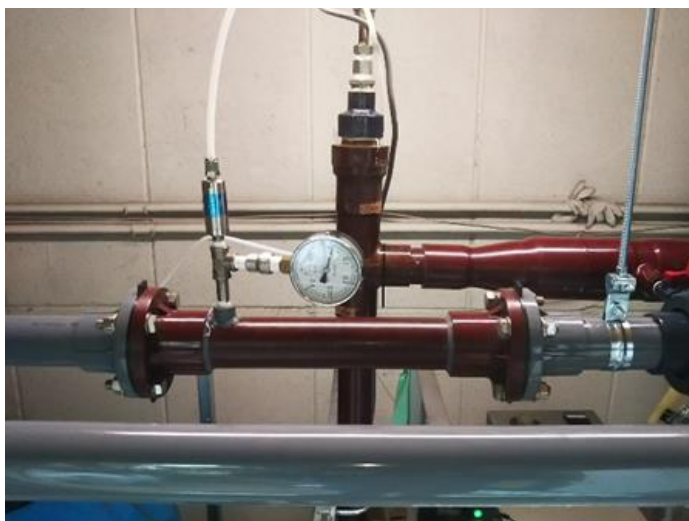


図4 オリフィス混合器



図5 オゾン生成装置

表2 分析項目および測定方法

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 ^{15),16)} 、 キッコーマンバイオケミファ(株)

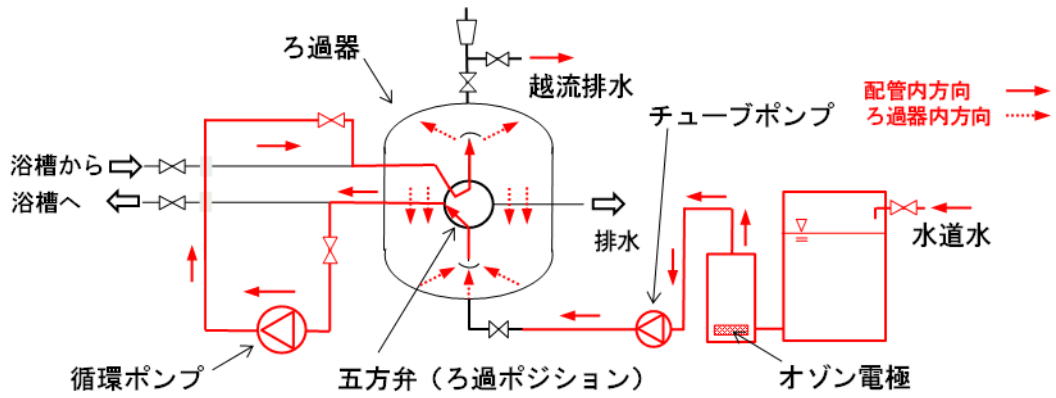


図 6 試験装置概略図 (RUN 2)

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 7 オゾン生成電極 (RUN2)



図 8 オゾン供給装置 (RUN2)

表 3 オゾン生成電極仕様 (RUN2)

	寸法	枚数	定格電力	使用数
	cm	枚	W	個
オゾン生成陽極	5 W × 5 L × 0.1 t	3	60 (AC100V)	1
陰極		4		



図9 浴槽(RUN 3)



図10 循環ろ過器(RUN 3)

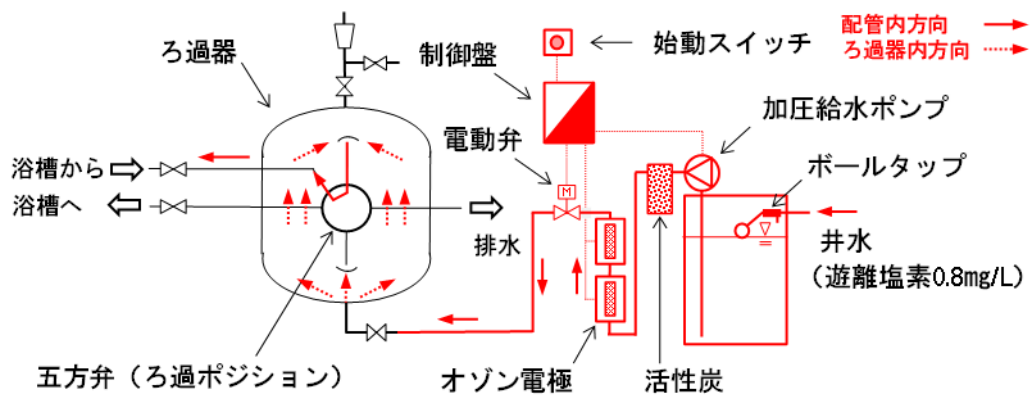


図 11 試験装置概略図(RUN 3)

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 12 オゾン供給装置 (RUN3)



図 13 オゾン供給装置設置状況 (RUN3)



図 14 オゾン生成電極 (RUN3)



図 15 電気分解時の状況 (RUN3)

表4 オゾン生成電極仕様(RUN3)

	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		

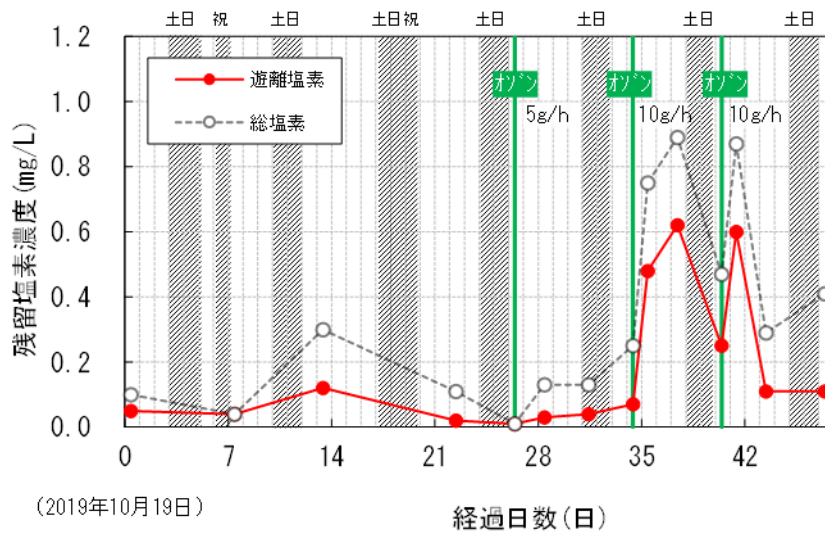


図16 残留塩素経日変化(RUN1)

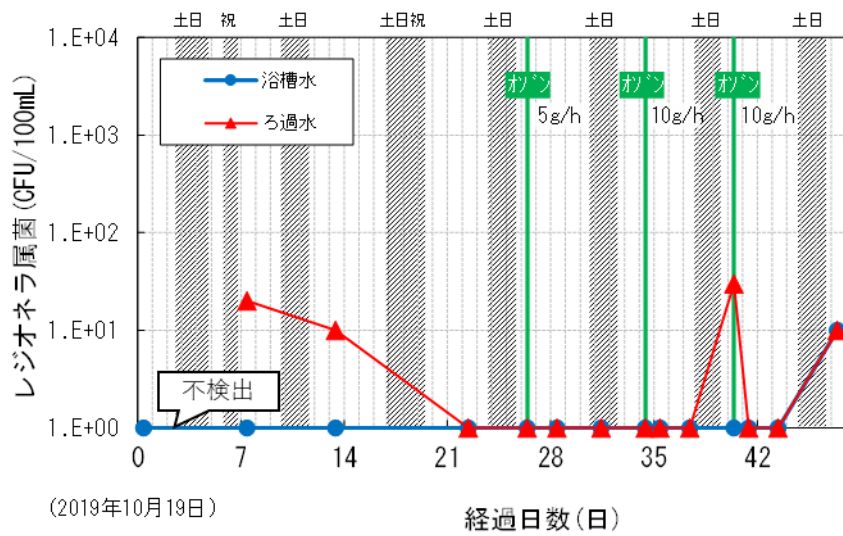


図17 レジオネラ属菌経日変化(RUN1)

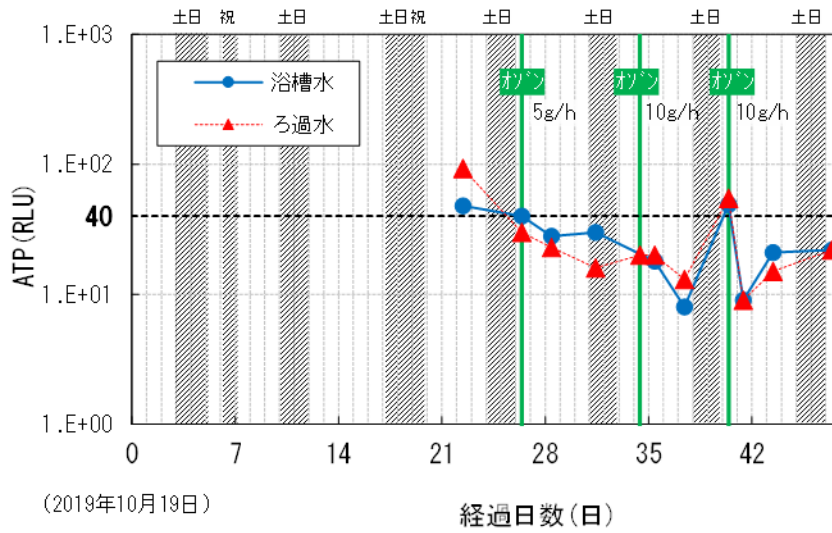


図 18 ATP 経日変化(RUN1)

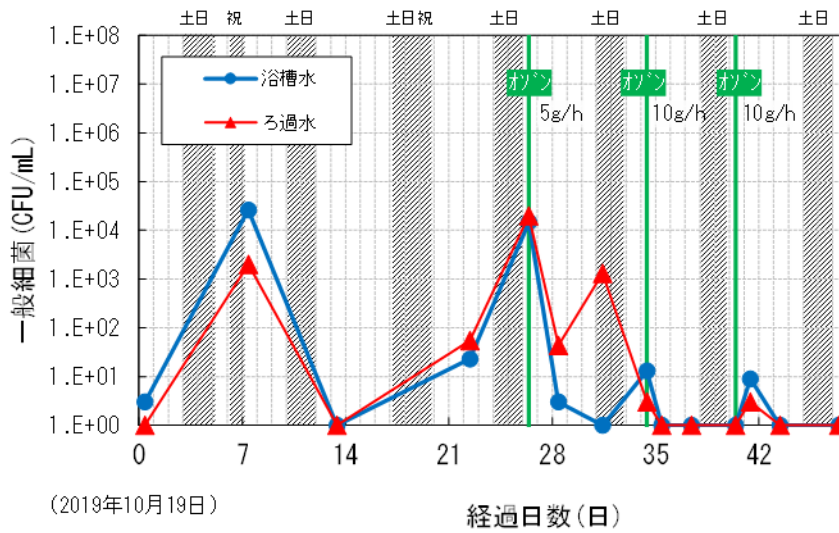


図 19 一般細菌経日変化(RUN1)

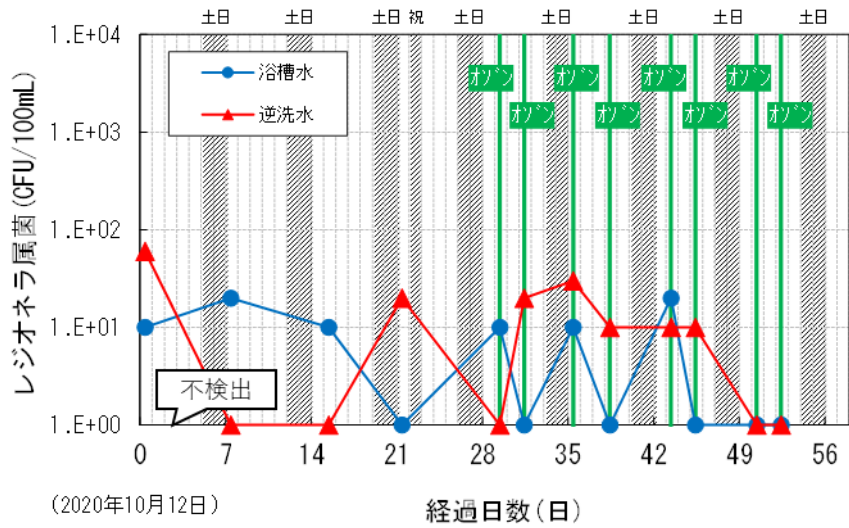


図 20 レジオネラ属菌経日変化(RUN2)

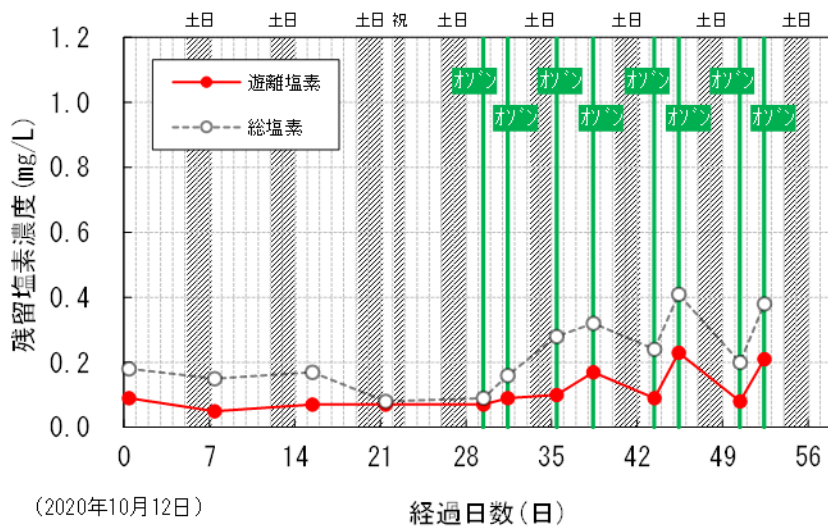


図 21 残留塩素経日変化(RUN2)

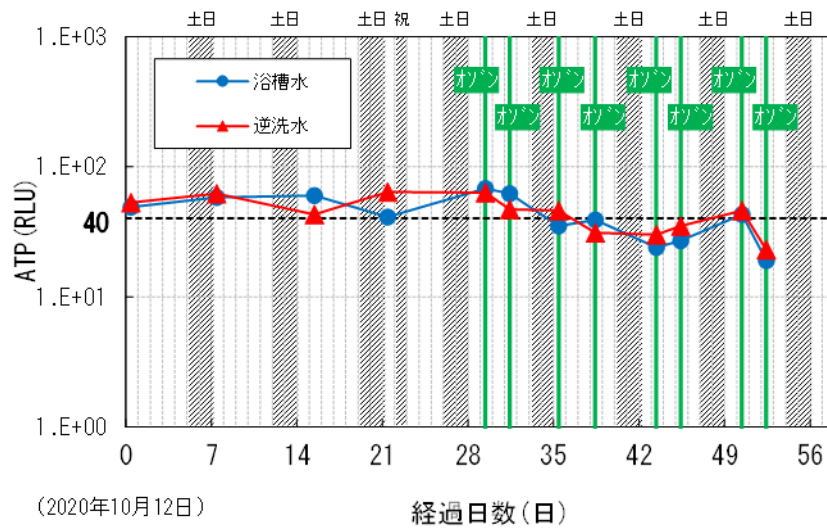


図 22 ATP 経日変化(RUN2)

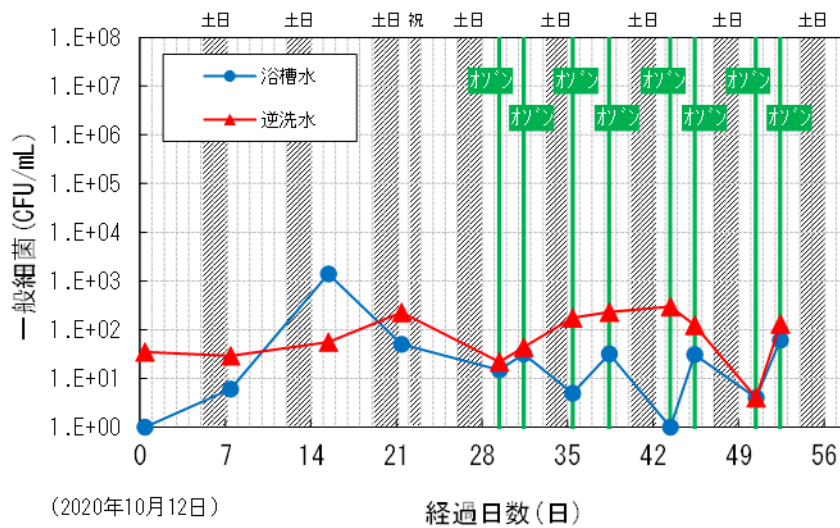


図 23 一般細菌経日変化(RUN2)

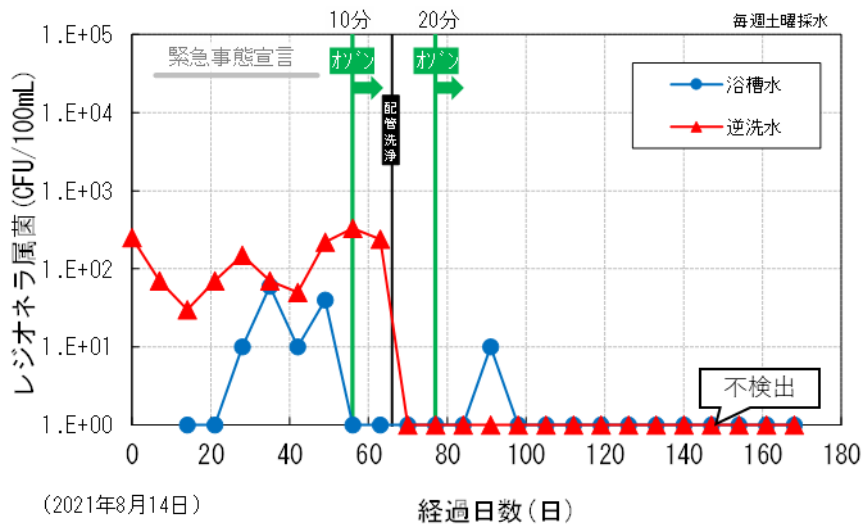


図 24 レジオネラ属菌経日変化 (RUN3)

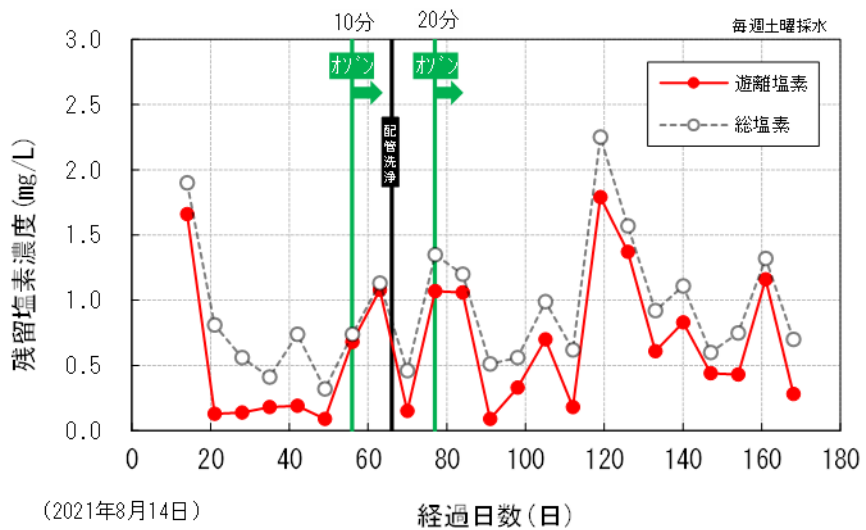


図 25 残留塩素経日変化 (RUN3)

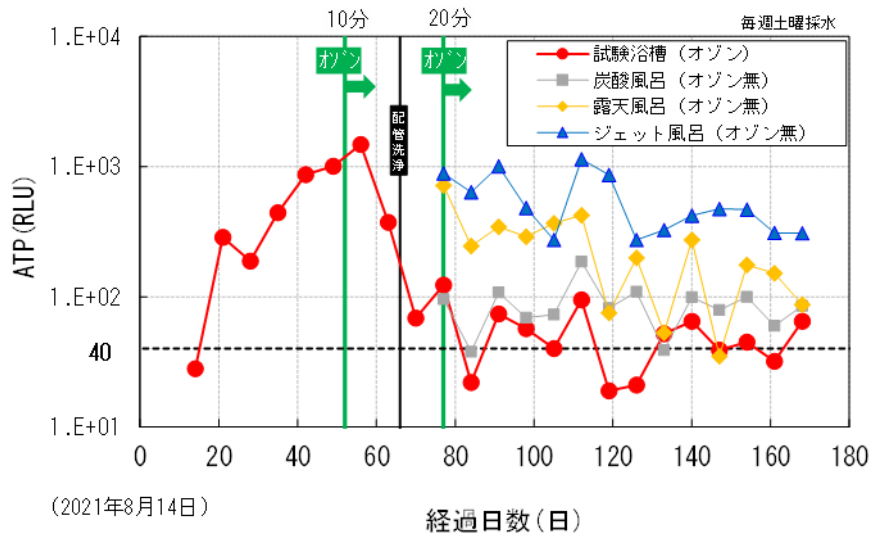


図 26 ATP 経日変化(RUN3)

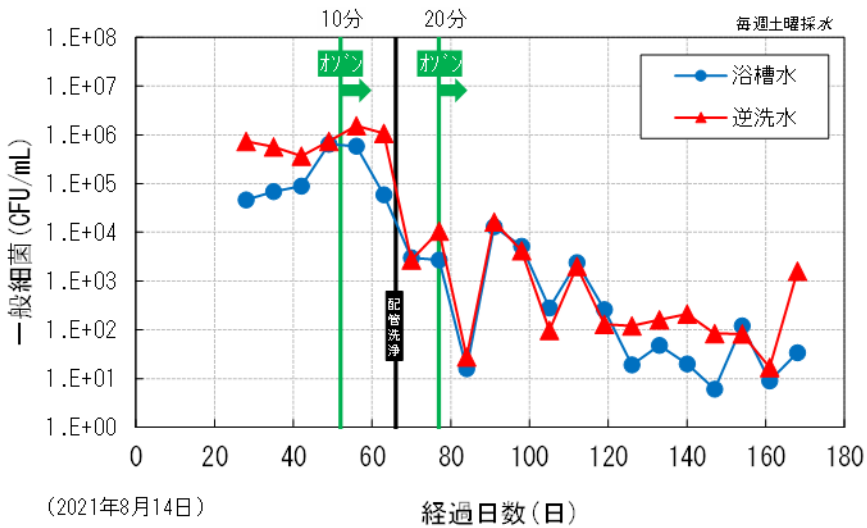


図 27 一般細菌経日変化(RUN3)