

V. 維持管理

(1) 換水・清掃を実施する目安として、何かよい指標はありませんか。

基本的には、レジオネラ属菌についての水質検査結果から判断されるべきものですが、平成12年度に行われた調査²⁾では、表-14に示した外観に関する項目も一つの参考になると報告されています。

この表は、水の色・濁り・泡立ち・壁面のぬめり・藻の発生といった外観に関する項目とレジオネラ属菌の検出状況の関係を示したものです。レジオネラ属菌が検出された検体は、外観等の項目でも多数指摘される傾向にありました。また調査例が少ないため、今後データの積み重ねが必要ですが、ある程度の目安にはなると思われます。なお、具体的な確認方法は、目視と触感を用いて水そのものの状態や水景施設の壁面・底面の状態を観察することにより行います。

表-14 水景用水の外観項目とレジオネラ属菌の検出状況

検体番号	外観等					レジオネラ属菌 (CFU/100mL)
	色	濁り	泡立ち	ぬめり	藻の発生	
1	—	—	—	●	—	不検出
2	—	—	—	●	—	不検出
3	—	—	—	—	—	不検出
4	—	—	—	—	—	不検出
5	—	—	—	—	—	不検出
6	●	●	—	●	●	不検出
7	—	—	—	—	—	不検出
8	—	—	—	—	—	10
9	—	—	●	●	—	20
10	●	●	—	●	●	20
11	●	●	●	●	—	40
12	●	●	●	●	—	50
13	●	●	●	●	—	120

●：あり —：なし

(2) 水景施設の維持管理にはどのような項目を設ければよいですか。

水景施設の維持管理項目としては、以下のような項目が考えられます。

- (1) 補給水
補給水量
- (2) (完全)換水
実施月日
- (3) 清掃
実施月日、方法、部位
- (4) 水質検査
採水月日、検査項目、検査結果
- (5) 残留塩素の測定
測定月日、測定結果
- (6) 水温の測定
測定月日、測定結果
- (7) 外観の検査
検査月日、検査結果（色・濁り・泡立ち・ぬめり・藻の発生）
- (8) ろ過装置の点検
実施月日、点検結果
- (9) 消毒装置の点検
実施月日、点検結果
- (10) その他

表-15及び表-16に、これらの項目を網羅した記録表の一例を示します。

表－15 水景施設維持管理点検表（1）

年

項目	回数	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
		(完全)換水	回/年										
清掃	回/年												
消毒	回/年												
水質検査	回/年												
ろ過装置の点検	回/月												
消毒装置の点検	回/月												
補給水の記録	回/週	別紙『水景施設維持管理点検表(2)』参照											
残留塩素の測定	回/週	別紙『水景施設維持管理点検表(2)』参照											
水温の測定	回/週	別紙『水景施設維持管理点検表(2)』参照											
外観の検査	回/週	別紙『水景施設維持管理点検表(2)』参照											

表－16 水景施設維持管理点検表（2）

年 月

実施日時			担当者名	補給水量(m ³)		遊離残留塩素 (mg/L)	水温 (°C)	外観						
日	曜日	時刻		指針	使用量			色	濁り	泡立ち	ぬめり	藻の発生		

VI. その他

(1) 感染の危険因子について教えてください。

感染症の発症には、病原体－宿主（人）－環境の三要素が深く関わっています。一般的には、レジオネラ属菌の感染性はさほど強くはないといわれており、この菌の本感染症は、宿主の感染防御機能が低下している場合（「II. 感染源および感染経路」を参照）に多くみられます。しかし、何ら基礎疾患を有しない宿主（人）であっても、新生児や高齢者など生理的に感染症に対する抵抗が弱い宿主（人）は、レジオネラ属菌によって高度に汚染されたエアロゾルを肺に吸引すれば、感染することがあります。

(2) レジオネラ症に罹らないようにするにはどうしたらよいのでしょうか。

レジオネラ属菌によって汚染されたエアロゾルを、直接、肺に吸い込まないように心掛けることによって、その感染を回避することができます。噴水、落水などの演出形態は、超微細粒子を形成しやすく、かつ肺に吸引する機会が多い水景施設と言えます。そのため維持管理に注意を払う必要があります。水景水以外に超微細粒子を形成しやすく、かつ肺に吸引する機会が多いものとして、循環式浴槽、打たせ湯、バブルジェット式浴槽、シャワーの水、非加熱式加湿器、冷却塔水の飛散水などがあり、管理に一層の注意が喚起されています。その他、工事現場の砂塵を吸い込んで感染した事例も報告されていますので、そのような場所では、マスクなどの着用も効果があるでしょう。

(3) レジオネラ症が疑われる患者が発生した場合の対応を教えてください。また、その後の水景施設の復帰手順はどうしたらいいのでしょうか。

患者発生は、医師の診断及び保健所への届け出で確認される事が多く、届け出の時点ですでに感染の成立から、相当時間が経ている場合があります。問題が生じた時には、直ちに噴水、落水などを止め、エアロゾルが発生しないようにします。噴水などの消毒を行わず、そのままの状態を保存し、保健所等の指示を待ちます。

復帰には清掃・消毒を実施し、レジオネラ属菌の検査を再度行い、不検出を確認した後、

水景施設を復帰します。

(4) 水景用水のレジオネラ属菌の検査はどこに依頼すればよいですか。

最寄りの保健所や衛生研究所などに相談して下さい*1。

注*1：検査機関に検査を依頼する場合は、試料採取法、採取容器、検査方法、検査日数など事前によく聞いて知っておく必要があります。

(5) 検査を行うにあたり、検体の採取や輸送などで注意しなければならないことは何ですか。

1) レジオネラ属菌検査の場合

①採水容器

ガラス製またはポリエチレン製などの滅菌した容量 200mL の容器を用います。滅菌容器がないときには、市販の飲料水（ミネラルウォーター等）のペットボトル（500～1000mL）の新品を空にして使用します。ただし、塩素添加されている検水については、あらかじめチオ硫酸ナトリウムを 0.2～0.5g/L*1 加えて滅菌した容器でなければなりません。チオ硫酸ナトリウムは、採取後検水中のレジオネラ族菌が残留塩素で殺菌されないようにするために、残留塩素を中和するために加えてあります。

②採水方法

容器を検水に浸し、8 分目まで満たします。チオ硫酸ナトリウムが入っている容器の場合は、採取後すぐに密栓してチオ硫酸ナトリウムの濃度を一定にするために良く振ります。検査精度を最低 10 CFU/100mL にするため、検水は 200mL 以上を採取します。採取後に区別が出来るように、採取日、採取場所等を明記します。

③スライムや沈殿物の場合の採取

滅菌綿棒で水に浸っていた部分の一定範囲を拭い取ります。拭い範囲を一定面積にするには、長方形を切り抜いた厚紙*2を当てて内部を拭います。拭った綿棒は乾燥を防ぐため、極少量の滅菌水または検水を入れたねじ栓つきの滅菌小型広口容器（プラスチック製滅菌遠心管など）に入れて密封します。

沈殿物の場合は、検水の場合と同様な容器を用い、沈殿物を柄杓ですくい取ります。採取後すぐに密栓します。

④検体の搬送

レジオネラ属菌は環境細菌ですので、数日間の遠距離輸送では死滅することは、まずありません。採取した検体は、なるべく早く採取後 1~2 日以内に検査施設へ届けます。検体の輸送または保管中に混在する他の細菌が増殖してレジオネラ属菌が死滅したり、生菌数が増加することが知られているので、保管・搬送時の温度は 4~10℃とし、直射日光を避ける必要があります。

2) 他の細菌を検査する場合

①採水容器

この場合、レジオネラ属菌検査の場合とは異なり、ペットボトルでは検査が出来ません。ガラス製またはポリエチレン製などの滅菌した専用容器を用います。塩素添加されている検水については、レジオネラ属菌の場合と同様に、あらかじめチオ硫酸ナトリウムを 0.2~0.5g/L 加えて滅菌した容器を使用します。

②採水方法

容器を検水に浸し、満水にします。チオ硫酸ナトリウムが入っている容器の場合は、採取後すぐに密栓してチオ硫酸ナトリウムの濃度を一定にするために良く振ります。

③検体の搬送

採取した検体は、採取後なるべく早く検査施設へ届けます。検体の輸送または保管中に生菌数が増加することが知られているので、保管・搬送時の温度は 4~10℃とし、直射日光を避ける必要があります。

3) 理化学項目を検査する場合

①採水容器

検査機関の専用容器か、専用容器がないときには、市販の飲料水（ミネラルウォーター等）のペットボトル（500~1000mL）を空にして使用します。

②採水方法

容器を検水に浸し、満水にします。採取後に区別出来るように、採取日、採取場所等を明記します。

③検体の搬送

採取した検体は、採取後なるべく早く検査施設へ届けます。この場合も水の変質が予想されるので保管・搬送時の温度は 4~10℃とし、直射日光を避ける必要があります。

注*1：衛生試験法 2000、上水試験方法 2001 年版参照

注*2：例えば縦×横が 4×2.5cm では 10cm²の面積を対象としたこととなります。

引用・参考文献

- 1) 桑高文雄、第11版空気調和・衛生工学便覧III「噴水および散水設備」、p.509
- 2) 平成12年度厚生科学研究補助金「室内空気中の微生物汚染に関する調査研究報告書」
- 3) 「水景技術標準(案)解説」平成10年版：平成10年5月、日本水景協会
- 4) 「給排水衛生設備規準・同解説 H A S S 2 0 6 -2000」,平成12年3月,(社)空気調和・衛生工学会, p140
- 5) 「水景技術標準(案)解説」平成10年度版：平成10年5月、日本水景協会を修正
- 6) 「水景技術標準(案)解説」平成10年度版：平成10年5月、日本水景協会

2. 循環式浴槽における微生物に関する研究

2.1 はじめに

2.1.1 循環式浴槽水のレジオネラ属菌汚染状況

レジオネラ属菌は環境細菌とされ、土壌や淡水中に少数生息しているが、冷却塔水、循環式浴槽水では容易に増殖し、給湯水や修景水からも検出される。

当初ヒト・レジオネラ症の感染源として注目されたのは、冷却塔からの汚染された冷却水エアロゾルであったが、1990年代に入ってから温泉浴槽水や家庭用24時間風呂のレジオネラ汚染が注目され、入浴施設の循環式浴槽が感染源として指摘されるようになった。1995年には浴槽水を原因とする肺炎による死亡事例が報告された。最近では不特定多数が利用するレジャー入浴施設、宿泊施設の浴場での感染が疑われる例が報告されている。

表1-1及び1-2に浴場施設等に関連したレジオネラ肺炎症例を示す。

この状況に鑑み、厚生省（現厚生労働省）は平成12年12月15日に「公衆浴場における水質基準等に関する指針」を策定して、浴槽水の水質基準に新たにレジオネラ属菌に関する項目を示すなどの改定を行った。更に「公衆浴場における衛生等管理要領」および「旅館業における衛生等管理要領」を一部改訂し、指導指針を通知した。平成13年9月11日、上記通知に基づく具体的な管理方法の周知を図るため「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」を作成して厚労省ホームページに公開した。

これまでに発生した浴場関連レジオネラ肺炎症例を通覧すると、①循環浴槽水の消毒が適切に行われていない ②浴槽水の換水が長期間行われていない ③循環ろ過システムの構造不備 ④施設責任者および設備管理者の知識不足 等がその発生要因と考えられる。

また現在も、循環式の浴槽水ではレジオネラ属菌が検出される施設が多く存在し、それら浴槽水は、上記マニュアルに示す管理が適切に行われていないことが指摘される。

表1-1 温泉または公衆浴場に関連したレジオネラ肺炎症例

No.	年齢	性別	旅行先*	感染要因	発病年月日	転歸	有病日数	原因菌、診断根拠	報告者 (文献)
1	59	男	片山津	不明	1982/7/2	死亡	30	<i>L. dumoffii</i>	村上ほか
2	37	男	伊豆下田	不明	1982/8/5	軽快	13	<i>L. pneumophila</i> SG 5	阿部ほか
3	70	男		不明	1985/1/1	軽快	28	<i>L. pneumophila</i> SG 1	未発表
4	60	男	愛知県	浴槽内 転倒誤嚥	1987/3/10	軽快	60	<i>L. pneumophila</i> SG 4	真柴ほか
5	63	男	札幌	不明	1988/6/13	軽快	90	<i>L. pneumophila</i> SG 1 尿中抗原のみ陽性	吉沢ほか
6	62	男		不明	1988/8/7	軽快	20	<i>L. pneumophila</i> SG 1	未発表
7	74	男	兵庫県	不明	1990/6/12	軽快	40	レジオネラ抗体価上昇	高橋ら
8	71	女	香川県	浴槽内溺水	1990/10/22	軽快	40	<i>L. pneumophila</i> SG 3	塩田ほか
9	63	男	東京都	温泉旅行	1991/6/13	軽快	72	<i>L. pneumophila</i> SG 1	上村ほか
10	72	男	東京都	温泉旅行	1991/3/24	死亡	42	PCR法のみ陽性	SG 1 上村ほか
11	72	男	東京都	温泉旅行	1991/2/28	死亡	43	<i>L. pneumophila</i> SG 1	上村ほか
12	57	男	東京都	泥酔, 溺水	1992/3/11	死亡	23	<i>L. pneumophila</i> SG 6	徳田ほか
13	52	男	岩手県	不明	1992/6/22	軽快		<i>L. pneumophila</i> SG 1**	中館
14	70	男	岩手県	不明	1992/6/26	軽快		<i>L. pneumophila</i> SG 1**	中館
15	72	男	岩手県	不明	1992/6/30	軽快		<i>L. pneumophila</i> SG 1**	中館
16	0	女	東京都	超音波加湿器	1992/1/31	死亡		<i>L. pneumophila</i> SG 6	永井ほか
17	0	女	愛知県	24時間風呂 水中分娩	1995/5/31	死亡		<i>L. pneumophila</i> SG 6	

* 症例報告論文に記載されているもののみを示した

** *L. pneumophila* SG 1に対する抗体価上昇

表1-2 報道されたレジオネラ症発症例

年 月	場 所	感 染 源	発病者	死者
平成14年1月	東京都板橋区の 公衆浴場	薬湯風呂の湯を誤嚥	1名	1名
平成12年6月	愛知県名古屋市の 大学病院	24時間風呂で感染	1名	1名
平成12年6月	茨城県石岡市の 市営入浴施設	循環式浴槽の消毒・換水が 不十分	45名	3名
平成12年3月	静岡県掛川市の 観光入浴施設	循環式浴槽の消毒・換水 が不十分	23名	3名

2.1.2 調査の目的

循環式浴槽水の望ましい維持管理手法を検討する目的で以下の調査を行った。

- (1) 遊離塩素濃度を連続的に維持した場合の消毒効果
- (2) 化学洗浄後に間歇的に塩素添加した場合の消毒効果
- (3) 循環式浴槽水におけるレジオネラ属菌汚染の実態アンケート

循環式浴槽水のレジオネラ属菌汚染要因は、維持管理の良否の他、浴槽水の水質、入浴者数、ろ過循環システムの構成内容などが複雑に関係している。

本調査では、個別の浴槽水施設の特性を勘案した消毒方法を、網羅的に検討することは出来なかったが、循環式浴槽水におけるレジオネラ属菌抑制管理方法の要点を確認した。

2.1.3 調査の概要

- (1) 循環式浴槽水に遊離塩素濃度を連続的に維持した場合の消毒効果

小規模宿泊施設（旅館）において、浴槽水中の遊離塩素濃度を常時連続的に維持する管理を行った場合の浴槽水中のレジオネラ属菌の挙動等を調査した。

- (2) 化学洗浄後に循環式浴槽水に間歇的塩素添加した場合の消毒効果

- ① 員寮において、循環式浴槽系を過酸化水素を用いて殺菌洗浄した後、間歇的に塩素剤を添加した場合の浴槽水中のレジオネラ属菌等の挙動等を調査した。

この時、予備的調査として事前に、循環有無での遊離塩素濃度の消長、及び、遊離塩素濃度を維持した場合のレジオネラ属菌殺菌効果を調査した。

- ② 日帰り温泉入浴施設において、循環式浴槽系を過酸化水素を用いて化学洗浄した後、間歇的に塩素剤を添加した場合の浴槽水中のレジオネラ属菌等の挙動を調査した。

- (3) 循環式浴槽水におけるレジオネラ属菌汚染の実態アンケート

全国 90 自治体の当該部署に調査票を送付して、浴槽水のレジオネラ属菌実態調査に関するデータを収集し、分析した。

調査項目は、施設概要、浴槽水、浴槽形態、水質検査（レジオネラ含む）、循環ろ過装置、消毒装置に関する事項である。

2.1.4 調査・試験項目と方法

本調査研究における調査及び試験項目と方法は以下のとおりである。

- (1) レジオネラ属菌数

新版レジオネラ症防止指針に記載の試験法に準拠して測定した。

測定単位は CFU/100mL 又は CFU/mL で示した。

- (2) 水質分析

遊離塩素濃度、pH、濁度、過マンガン酸カリウム消費量、大腸菌群数などの水質測定項目は、上水試験法、下水試験法に準拠して測定した。

- (3) バイオフィルム生成量

浴槽循環系のヘアキャッチャーろ過かご内に、シリコンゴム板を設置し、一定期間

ごとに試験片の一定面積（ $2.5\text{cm} \times 4\text{cm} = 10\text{cm}^2$ ）を滅菌綿棒で拭き取り、 10mL の滅菌水に懸濁した。拭き取り試料水は、ATP量、一般細菌数、レジオネラ属菌数を測定した。ATP量はバイオフィーム中の、およその微生物量を知る目安とし、測定値は pmol/L の単位で表示した。

（4）過酸化水素による化学洗浄方法

浴槽水を水面が浴槽深さの $1/2 \sim 1/3$ 程度になるまで排水した後に、過酸化水素水を浴槽内に投入して循環ポンプを運転し、循環配管系のバイオフィームを除去する。過酸化水素濃度は $1 \sim 3\%$ とし、循環は $3 \sim 4$ 時間程度である。洗浄後は中和剤（亜硫酸塩など）や分解酵素（Catalase）を投入して過酸化水素を除去して、残留濃度を確認した後に放流する。その後浴槽内をブラシ等で清掃し、浴槽に清水を張り循環ポンプを運転して配管・ろ過器内を水洗洗浄する。

過酸化水素は「毒物および劇物取締法」で医薬用外劇物に指定されており、危険が伴う作業である。また循環ろ過設備に関する専門知識も必要なため、過酸化水素による化学洗浄作業は専門業者が行うこととなる。

（5）高濃度塩素による循環系統の殺菌

浴槽水にレジオネラ属菌が検出され、間歇的な遊離塩素濃度維持では菌数を抑制出来なくなった時、浴槽水の全換水に合わせて高濃度塩素による殺菌を行った。

塩素剤を投入して浴槽水の遊離塩素濃度を $40 \sim 50\text{mg/L}$ として $3 \sim 8$ 時間（一晚）循環ろ過を行う。循環終了後の浴槽水の遊離塩素濃度を測定して残留が認められない場合には、再度塩素剤を投入して遊離塩素濃度を 4mg/L 程度として、ろ過器の逆洗を行った後に浴槽水を全て排水（全換水）する。その後浴槽に湯を張り遊離塩素濃度を $0.2 \sim 1.0\text{mg/L}$ 程度に保ちながら通常の循環ろ過運転を再開する。

高濃度塩素殺菌を行った浴槽水を排水する場合には、亜硫酸ナトリウムを添加して遊離塩素を中和してから排水する。

2.2 循環式浴槽実態調査

2.2.1 調査の概要

循環式浴槽の実態調査は、現在営業あるいは使用されている3箇所の施設において、従来それぞれの施設で実施されている消毒方法を適用し、継続的に浴槽水中のレジオネラ属菌数測定およびバイオフィーム生成状況調査を行った。

調査を行った各施設のろ過器の種類および消毒方法は下記の通りである。

- （1）宿泊施設（旅館）：砂（セラミック材）のろ過器使用、次亜塩素酸ナトリウム溶液を残留塩素監視計器制御によりろ過器出口配管に自動注入して、遊離塩素濃度を 0.2mg/L 以上連続的に維持した。
- （2）社員寮：カートリッジフィルター＋石英斑岩ろ過器使用、毎朝浴槽にジクロロイソシアヌル酸ナトリウム顆粒剤を間歇的に投入して遊離塩素濃度を維持させた。
- （3）日帰り温泉入浴施設：砂ろ過器使用、毎夜22時の営業終了時、浴槽にジクロロイソシアヌル酸ナトリウム顆粒剤を間歇的に投入して遊離塩素濃度を維持させた。
なお、調査の途中から、塩素剤の添加を夜22時と朝6時30分の2回とした。

上記施設の（２）と（３）は、調査開始時に浴槽水中にレジオネラ属菌が検出されたので、過酸化水素による化学洗浄を行った後、継続的調査を行った。

調査は、約２週間ごとに浴槽水を採水し、遊離塩素濃度、レジオネラ属菌数及び大腸菌群、理化学的水質分析項目を測定した。同時にヘアキャッチャー内に設置した試験片（シリコンゴム 10cm²）表面をふき取り、バイオフィーム生成量を調査した。

2.2.2 宿泊施設（旅館）における調査

（１）施設と浴槽の概要

- ・種類：旅館（ホテル営業）
- ・所在地：東京都中央区
- ・浴槽設備の竣工年月：平成13年9月
- ・浴槽の使用時間：6:00～10:00, 17:00～24:00
- ・浴槽水の原水：水道水
- ・利用者数：30～40人/日
- ・浴槽容積：4.45(m)×1.38(m)×0.62(m)≒3.8 m³
- ・ろ過器の種類：砂式（セラミック材）
- ・浴槽水の循環回数：約2.6回/時（ろ過水量10m³/時）
- ・消毒設備：次亜塩素酸ナトリウム溶液の自動制御注入（塩素注入点はろ過器の後）
- ・ろ過器の運転時間：午前5時～翌朝午前1時
- ・逆洗：浴槽水水質調査開始から117日目までは実施せず、118日目からは月・水・金の深夜に実施
- ・換水の頻度：週1回、土曜日の午前中
- ・清掃の頻度、方法：週1回土曜日の午前に浴用洗剤とブラシを用いて浴槽を清掃

（２）調査項目と方法

調査開始から126日目まで、約4ヶ月間にわたり、2週間ごとに調査した。

① 浴槽水

採水は原則として、水質が最も劣化すると考えられる換水・清掃実施前日の金曜日に実施した。長方形の浴槽であったため、長手方向の両端から採水した。

検査項目は、水温、遊離残留塩素濃度、過マンガン酸カリウム消費量(KMnO₄)、濁度、大腸菌群、レジオネラ属菌。

② バイオフィーム生成量

ヘアキャッチャー内に設置したバイオフィーム試験片（シリコンゴム 10cm²）及びヘアキャッチャー底部（ステンレス 85cm²）を試験開始後、2週間ごとに拭き取り、10cm³の滅菌水に懸濁した試料を検査した。バイオフィーム試験片は、0日設置時からの積算量を、ヘアキャッチャー底部は前回採取後からの期間の量を調査した。

③ 浴槽水原水

浴室内の給水栓から採水し、水道法の簡易 10 項目及び鉛、亜鉛、鉄、銅を検査した。

(3) 調査期間の処理経緯

- ① 調査開始前、浴槽新設後約 3 ヶ月間は遊離残留塩素を 0.2mg/L 以上維持していた。
- ② 調査開始後、浴槽水の遊離塩素濃度測定・自動制御装置により遊離塩素濃度は連続的に 0.2~0.5mg/L の範囲に維持されていた。
- ③ 調査開始 98 日の採水時、塩素注入装置故障により、遊離塩素濃度 2mg/L 以上。その後修理対応。
- ④ 調査開始 112 日の採水時、薬液タンク空であり、遊離塩素濃度 0mg/L であった。前日には遊離塩素濃度 0.6mg/L 有った。6 日後修理実施し、遊離塩素濃度適正化。

(4) 調査結果

① 浴槽水

調査期間中レジオネラ属菌は 1 回も検出されなかった（表 2-1）。レジオネラ属菌以外の項目についても問題はなかった。5 回目の調査で過マンガン酸カリウム消費量が高めであったのは、採水直前まで入浴者がいたことによる影響と推察される。8 回目の調査で遊離残留塩素濃度が 2mg/L 以上と高濃度であったこと、9 回目の調査では不検出(0mg/L)であったのは、当施設管理者が塩素自動注入装置の定期点検を怠っていたために、装置の故障及び薬液の補給遅れが有ったためである。しかし、残留塩素濃度が不安定の期間が短かったため、水質への影響は見られなかった。

表 2-1 浴槽水水質検査結果

調査回数	採水場所	水温 (°C)	遊離塩素濃度 (mg/L)	KMnO ₄ (mg/L)	濁度 (度)	大腸菌群 (個/mL)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)
1回目 (0日後)	A (左)	43.1	0.2	8.2	0	0	<10
	B (右)	43.1	0.2	7.2	0	0	<10
2回目 (13日後)	A (左)	43.3	0.2	6.1	0	0	<10
	B (右)	43.0	0.2	5.8	0	0	<10
3回目 (28日後)	A (左)	43.3	0.5	8.7	0	0	<10
	B (右)	43.3	0.5	5.6	0	0	<10
4回目* ¹ (49日後)	A (左)	43.4	0.4	7.5	0	0	<10
	B (右)	43.4	0.4	7.5	0	0	<10
5回目* ² (56日後)	A (左)	43.3	0.2	13.9	0	0	<10
	B (右)	43.3	0.2~0.3	13.9	0	0	<10
6回目 (70日後)	A (左)	43.1	0.5	10.5	0	0	<10
	B (右)	43.3	0.4	10.8	0	0	<10
7回目 (84日後)	A (左)	43.1	0.3~0.4	2.8	0	0	<10
	B (右)	43.4	0.3~0.4	3.6	0	0	<10
8回目* ³ (98日後)	A (左)	42.4	2以上	3.6	0	0	<10
	B (右)	42.4	2以上	3.9	0	0	<10
9回目* ⁴ (112日後)	A (左)	42.5	0.0	5.6	0	0	<10
	B (右)	42.6	0.0	6.3	0	0	<10
10回目 (126日後)	A (左)	42.4	0.3	10.6	0	0	<10
	B (右)	42.5	0.3	9.9	0	0	<10

* 1 : 3回目との間で調査期間が離れているのは建物補修工事につき浴槽水が排水されていたことによる

* 2 : 調査直前まで入浴者あり

* 3 : 塩素自動注入装置故障 塩素濃度 2mg/以上あり 調査後、メンテナンス業者点検実施

* 4 : 薬液タンク空 しかし、前日 PM2:00 には塩素濃度 0.6mg/L あり 6日後再度メンテナンス業者点検・修理実施

② バイオフィルム生成量

10回の調査で、試験片・ヘアキャッチャー底部ともアメーバ、レジオネラ属菌ともに全て不検出であった。一般細菌数、ATPについても調査期間中変化も少なく、問題となる状況ではなかった（表2-2）。このように、この施設では、配管系にバイオフィルムの生成を予測させる傾向は見られなかった。

表2-2 バイオフィルム検査結果

調査回数 (経過日数)	採水場所	ATP (pmol/L)	一般細菌 (CFU/mL)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	アメーバ (個/mL)
1回目 (-7日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	0	<10	-
	試験片	-*1	-	-	-
2回目*2 (0日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	39	<10	0
	試験片	-	-	-	0
3回目 (14日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	0	<10	0
	試験片	<10	0	<10	0
4回目 (45日)	ヘアキャッチャー-底部	50	250	<10	0
	試験片	70	7	<10	0
5回目 (56日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	25	<10	0
	試験片	22	0	<10	0
6回目 (70日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	2	<10	0
	試験片	<10	0	<10	0
7回目 (84日)	ヘアキャッチャー-底部	29	5	<10	0
	試験片	230	45	<10	0
8回目 (98日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	10	<10	0
	試験片	-	-	-	-
9回目 (112日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	230	<10	0
	試験片	<10	5	<10	0
10回目 (126日)	ヘアキャッチャー-底部	<10	3	<10	0
	試験片	<10	1	<10	0

*1：検査せず

*2：ヘアキャッチャー-内部に試験片を設置

③ 浴槽水原水

浴槽水の原水は、この地区のタンク水の水質として平均的なものであった(表 2-3)。

表 2-3 浴槽水原水水質検査結果

調査回数	一般細菌 (CFU/mL)	大腸菌群	NO ₃ ⁻ ・NO ₂ ⁻ (mg/L)	塩素イオン (mg/L)	KMnO ₄ (mg/L)	pH	味
1	0	陰性	2.63	30.9	1.8	7.2	異常なし
2	0	陰性	2.66	29.8	1.7	7.2	異常なし

臭気	色度 (度)	濁度 (度)	鉛 (mg/L)	亜鉛 (mg/L)	鉄 (mg/L)	銅 (mg/L)
異常なし	0	0	0.00	0.02	0.01	0.07
異常なし	0	0	0.00	0.01	0.01	0.07

(5) まとめ

連続的に塩素剤を注入し遊離残留塩素を維持することは、バイオフィルムの生成を防止する上で有効であり、レジオネラ属菌抑制対策として効果的であることがわかった。一方、塩素自動注入装置が設置されていても、メンテナンスを怠ると残留塩素濃度が不安定になることがあるので、定期的な保守・点検が欠かせないことがわかった。

2.2.3 社員寮における調査

(1) 施設と浴槽の概要

- ・種類：企業の社員寮
- ・所在地：神奈川県川崎市
- ・竣工年：平成4年
- ・浴槽の使用時間：24時間
- ・浴槽水の原水：水道水
- ・利用者数：約20名/日
- ・浴槽容量：2.55(m)×1.80(m)×0.60(m)≒2.8m³
- ・ろ過器の種類：カートリッジフィルター＋石英斑岩、逆洗機能なし、いわゆる24時間風呂システム
- ・浴槽水の循環回数：約3回/時
- ・ろ過器の運転時間：24時間
- ・消毒設備：なし(浴槽内へ塩素剤を1日1回約20g人手により投入)
- ・塩素剤の種類：ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム顆粒
- ・換水の頻度：2週間に1回
- ・清掃方法とその頻度：浴用洗剤＋ブラシにより浴槽内を換水時(2週間に一度)に清掃、ヘアキャッチャーは月1回ゴミを除去
- ・ろ材の交換：カートリッジフィルターは一年に2回実施、石英斑岩は実施せず

(2) 調査項目と方法

① 清掃によるレジオネラ属菌抑制効果

通常の運転状態で管理されている浴槽水を採水後、浴槽水を排出し、浴用洗剤とブラシなどを用いて浴槽内を清掃した。新湯を張り1時間循環システムを稼働させた後、浴槽水を採水し、清掃前後のレジオネラ属菌を検査した。

② 遊離塩素濃度の循環稼働時および停止時における消長

上記管理状態の、浴槽水に次亜塩素酸ナトリウム溶液を投入し、投入直後の遊離塩素濃度を測定した。その後、10分毎に遊離塩素濃度を測定し、0.2mg/Lを下回りそうな時点で次亜塩素酸ナトリウム溶液を追加し遊離塩素濃度の消長を調査した。この調査は、循環稼働時に3日間(3回)、循環停止時に1回実施した。

③ レジオネラ属菌に対する塩素剤の消毒効果

②項の調査実施の際に、塩素剤添加前後の浴槽水中のレジオネラ属菌数を測定した。同時に、遊離塩素濃度、pH、濁度、色度、過マンガン酸カリウム消費量、大腸菌群数を測定した。本調査により遊離塩素濃度0.2~0.4mg/Lを2時間維持した場合の、レジオネラ属菌に対する消毒効果を評価した。調査は3日間(3回)実施した。

④ 化学洗浄後の浴槽水のレジオネラ属菌挙動

ろ過装置及び循環系配管内を過酸化水素(1%濃度)を用いて化学洗浄し、その後塩素剤を間歇的に添加した場合の浴槽水中レジオネラ属菌挙動を調査した。

調査は、化学洗浄後3日目まで毎日塩素剤投入前後、その後48日目まで約2週間ごとに塩素剤投入前の浴槽水を採水し、レジオネラ属菌数及び③項実施の項目を測定した。洗浄後3日目までは、塩素剤投入時と投入2時間後の遊離塩素濃度を測定し、2時間後に0.2mg/L以上あることを確認した。その後の塩素剤の投入は、毎朝施設管理者が、ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム顆粒剤を浴槽内へ投入した。

⑤ バイオフィーム生成量

ヘアキャッチャー内に設置したバイオフィーム試験片(シリコンゴム10cm²)を試験開始後、約2週間ごとに拭き取り、10cm³の滅菌水に懸濁した試料を検査した。バイオフィーム試験片は、0日設置時からの積算量を調査した。

⑥ 浴槽水原水

浴室内の給水栓から採水し、水道法の簡易10項目及び鉛、亜鉛、鉄、銅を検査した。

(3) 調査期間の処理経緯

①調査開始前は、1日1回塩素剤を浴槽に添加していた。但し、前記(2)②項の遊離塩素濃度の消長に関する調査結果から、遊離塩素濃度の維持時間は20分以内であったと判断する。

②清掃実施後3日間は、(2)②項の調査で遊離塩素濃度0.2~0.4mg/Lを2時間維持した。

③その後、2週間、①の管理を継続した。

④過酸化水素による化学洗浄を実施した後、毎朝ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム顆粒剤を浴槽内へ投入した。

(4) 調査結果

① 清掃によるレジオネラ属菌抑制効果

レジオネラ属菌数の検査結果を以下に示す。

表 2-4 清掃前後のレジオネラ属菌数

採水条件	レジオネラ属菌数(CFU/100mL)
浴槽清掃前	7400
浴槽清掃後	4200

浴槽内の清掃と浴槽水の換水では、レジオネラ属菌汚染対策として効果がないことが確認された。これは、ろ過器や配管系にレジオネラ属菌が定着しているためである。

② 遊離塩素濃度の循環稼働時および停止時における消長

循環システムの稼働時と停止時の遊離塩素濃度消長調査結果を図 2-1～2-4 に示す。調査時の湯温はいずれも 40℃以上であった。循環稼働時は、3 日間とも次亜塩素酸ナトリウムの投入間隔はほぼ 20 分間であった。この施設のろ過器の能力が 3 回/時、つまり浴槽内の湯は 20 分で 1 回転することから、湯の循環時、ろ過器を通過する際に塩素が消費されるものとする。

循環停止時の遊離塩素濃度は、次亜塩素酸ナトリウム投入直後は 0.5mg/L であり、2 時間経過後も 0.2mg/L を維持していたことから、遊離塩素は湯が循環することにより循環システム内のろ過器や配管系で消費されることが確認された。

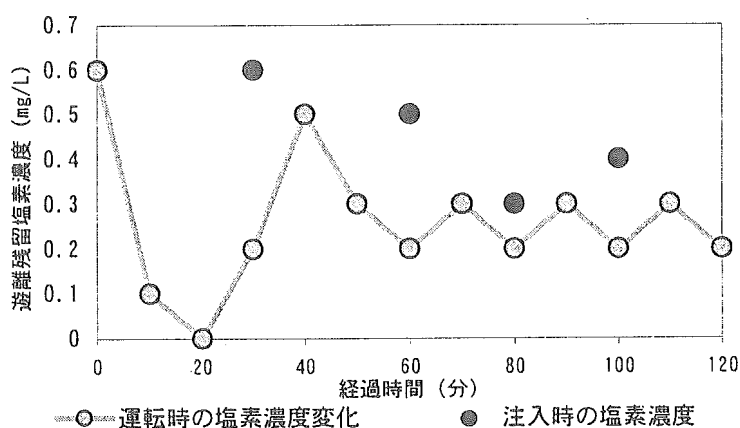


図 2-1 循環稼働時における遊離塩素濃度の消長(1回目)

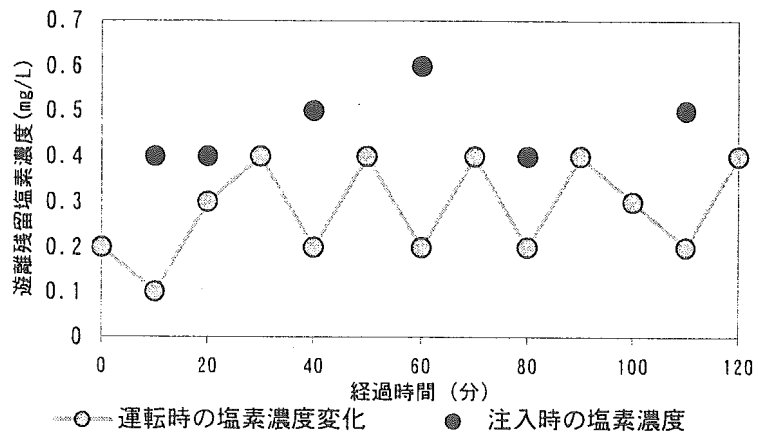


図 2-2 循環稼動時における遊離塩素濃度の消長(2回目)

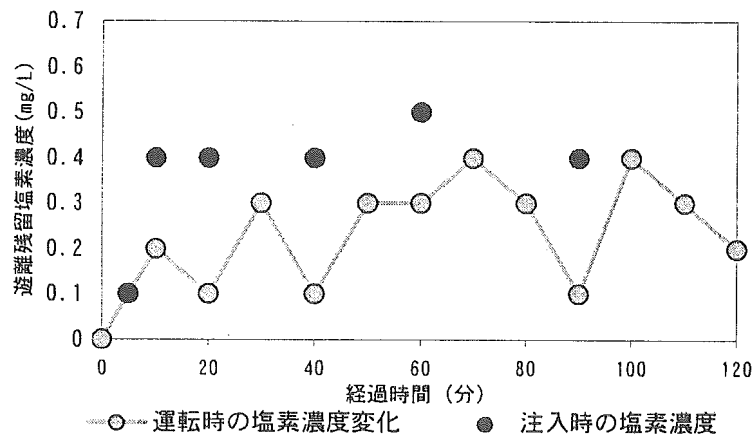


図 2-3 循環稼動時における遊離塩素濃度の消長(3回目)

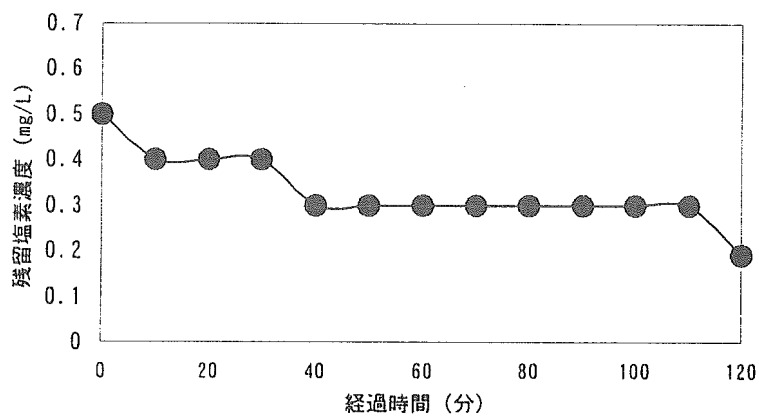


図 2-4 循環停止時における遊離塩素濃度変化

③ レジオネラ属菌に対する塩素剤の消毒効果

遊離塩素濃度とレジオネラ属菌数の調査結果を以下に示す。

表 2-5 遊離塩素濃度を維持した場合のレジオネラ属菌の挙動

調査回数	採水条件	pH	KMnO ₄ (mg/L)	濁度 (度)	遊離塩素濃度 (mg/L)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)
1 回目 (1 日目)	塩素投入前	7.4	0.9	0	0.0	4200
	2 時間経過後	7.6	1.5	1	0.2	<10
2 回目 (2 日目)	塩素投入前	7.5	1.5	0	0.0	1350
	投入 2 時間後	7.4	1.2	1	0.4	<10
3 回目 (3 日目)	塩素投入前	7.2	1.8	0	0.0	1350
	投入 2 時間後	7.3	1.9	1	0.2	<10

次亜塩素酸ナトリウムを添加して、遊離塩素濃度 0.2~0.4mg/L を 2 時間維持した場合、浴槽水中のレジオネラ属菌は不検出になることが確認された。しかし、翌日、遊離塩素濃度がなくなると再びレジオネラ属菌が同レベルの菌数検出された。このことから、循環システム内にレジオネラ属菌が定着していると考えられる場合は、常時浴槽水中に遊離塩素濃度を維持しないとレジオネラ属菌を不検出に出来ないことがわかった。

④ 化学洗浄後の浴槽水のレジオネラ属菌挙動

化学洗浄前はレジオネラ属菌が 12000CFU/100mL 検出されたが、洗浄後は不検出であった。洗浄後 48 日目までの調査では、塩素剤投入前でも遊離塩素濃度が検出され、洗浄により循環系の塩素消費物質(バイオフィルム)が除去されたものと判断する。この結果、48 日後の採水までレジオネラ属菌は不検出であった。

この結果は、化学洗浄により循環系内のバイオフィルムが除去されることで、レジオネラ属菌の供給源がなくなるとともに、遊離塩素濃度の消費が減少し一日 1 度の塩素剤添加でも翌日まで遊離塩素濃度が残留することで浴槽水中のレジオネラ属菌を不検出にしたものである。

その後の追跡調査では、48 日後の採水以降、浴槽水の濁りがひどくなったため、管理者が塩素剤投入量を減らした。この結果、70 日後、75 日後の採水では塩素剤投入前の遊離塩素濃度が 0mg/L となり、レジオネラ属菌もそれぞれ 1200、1700CFU/100mL 検出された。

⑤ バイオフィルム生成量

3 回の調査で、試験片からレジオネラ属菌、アメーバともに検出されなかった。一般細菌数、ATP についても調査期間中はさほど変化も少なく、問題となる状況ではなかった(表 2-7)。