

(調査票記述：9件)、1日1回が6件(66.7%)、1日2回が2件(22.2%)、3日に1回が1件(11.1%)であった(図3.24)。

薬剤の注入・投入場所は(調査票記述：190件)、ろ過装置出口側が105件(55.3%)が最も多く、次いで浴槽に直接が48件(25.3%)、ろ過装置入口側が35件(18.4%)であり、その他としてヘアキャッチャーに投入している施設が2件あった(図3.25)。

公衆浴場等におけるレジオネラ汚染実態調査票

アンケート表の記載に際してのお願い;

1. 施設名を明記できない事情がある場合には、施設番号等で記載していただいても結構ですが、後日当委員会からのお問い合わせに際して、施設番号から施設名を検索できるようにご配慮ください。
2. 施設内の各浴槽についてそれぞれ(浴槽-1, 2, 3)のように分類してアンケート用紙にご記入下さい。
3. 選択事項「a), b), c)……」には○印を付けてください。

(1) 施設について

- ①地域 : _____ 県 _____ 町 又は _____ 温泉
- ②施設名称: _____
- ③種別: a) 公衆浴場法該当施設: 公衆浴場 ・ その他の浴場
b) 旅館業法該当施設 :
c) 福祉関係施設 :
- ④設置年月: _____ 年 _____ 月

(現在使用している循環ろ過設備の設置年月を記入して下さい。)

(2) 浴槽水について

- ①原水・原湯の種類: a) 上水道 b) 井水 c) 工業用水 d) 温泉 e) 混合
(温泉と井水の混合などと具体的に記載して下さい。)
- ②原水・原湯の水質: 上水道以外の場合、その水質概要を記入して下さい。
温泉 ; pH _____ 温度 _____ °C
その他の原水; pH _____ KMnO₄ 消費量 _____ mg/L 大腸菌群数 _____ CFU/mL
レジオネラ属菌数 _____ 100CFU/mL
- ③原水・原湯貯留槽 : a) あり b) なし
- ④貯留槽の容量 : _____ m³
- ⑤貯留槽の材質 : _____
- ⑥貯留槽の設置状況: a) 屋内 b) 屋外 c) 地上(床上)設置 d) 地中埋設

(3) 浴槽について(複数の浴槽がある場合はそれぞれについて記入して下さい。)

(浴槽-1)

- ①浴槽容量 : _____ m³
- ②浴槽形態 : a) 屋内 b) 露天
- ③浴槽完全換水の間隔 : _____ 回/週(又は月・年)
- ④浴槽補給水(温泉)の量: _____ m³/日(当該浴槽に補給される水量)

図 3.1 調査票

(4) 検査結果について(複数の浴槽がある場合はそれぞれについて記入して下さい。)

(浴槽-1)

- ① レジオネラ属菌検出の有無 : a) 検出 b) 未検出
- ② 検出されたレジオネラ属菌数 : _____ CFU/100mL
- ③ 検体水の遊離残留塩素濃度 : _____ mg/L
- ④ 水素イオン濃度(pH) : _____

(5) 循環ろ過装置について(複数の浴槽がある場合はそれぞれについて記入して下さい。)

(浴槽-1)

- ① 循環ろ過装置の有無 : a) あり b) なし
- ② ろ過機の種類 : a) 砂式 b) カートリッジ式 c) けいそう土式 d) バイオ式
e) その他(名称 _____)
- ③ ろ過機の外形寸法 : 直径 _____ mm 高さ _____ mm
- ④ ろ過装置の製造者名 : _____
- ⑤ ろ過機逆洗機能の有無 : a) あり b) なし
- ⑥ ろ過能力 : _____ m³/H
- ⑦ 浴槽水の循環回数 : _____ 回/時間
- ⑧ ろ過ポンプの容量 : _____ L/min
- ⑨ ろ過装置の運転時間 : _____ 時間/日
- ⑩ 逆洗間隔 : _____ 回/日(又は週)
- ⑪ 循環ろ過器の消毒 : a) している(_____ 回/年) b) していない
- ⑫ 循環配管の消毒 : a) している(_____ 回/年) b) していない
- ⑬ 循環ろ過装置の消毒に使用する薬剤名 : _____

(6) 消毒装置について

(浴槽-1)

- ① 消毒装置の有無 : a) あり b) なし
- ② 消毒方法 : a) 塩素剤(薬液・錠剤) b) 紫外線・オゾン c) 銅イオン
d) 銀イオン e) その他(名称 _____)
- ③ 薬剤の種類 : _____
- ④ 薬剤注入方法 : a) 連続注入 b) 間欠投入
- ⑤ 薬剤注入時間 : _____ 時間/日 (_____ 回/日)
- ⑥ 薬剤注入場所 : a) ろ過機出口 b) ろ過機入口 c) 浴槽直接
- ⑦ 浴槽の清掃時に使用する薬剤等 : _____

なお、アンケート用紙の電子データ(エクセル)をお望みの場合は下記にメールにてご連絡ください。 メールアドレス: takayanagi@bmec.or.jp

図 3.1 調査票 (つづき)

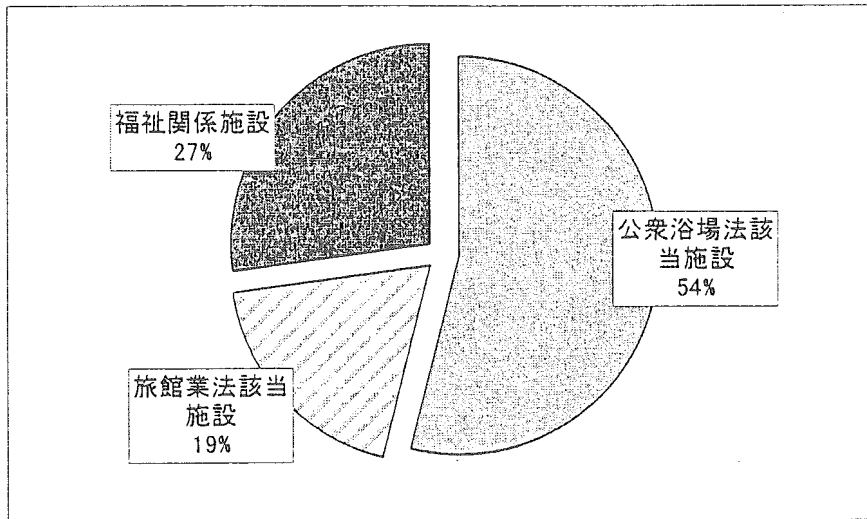


図3.2 施設の属性

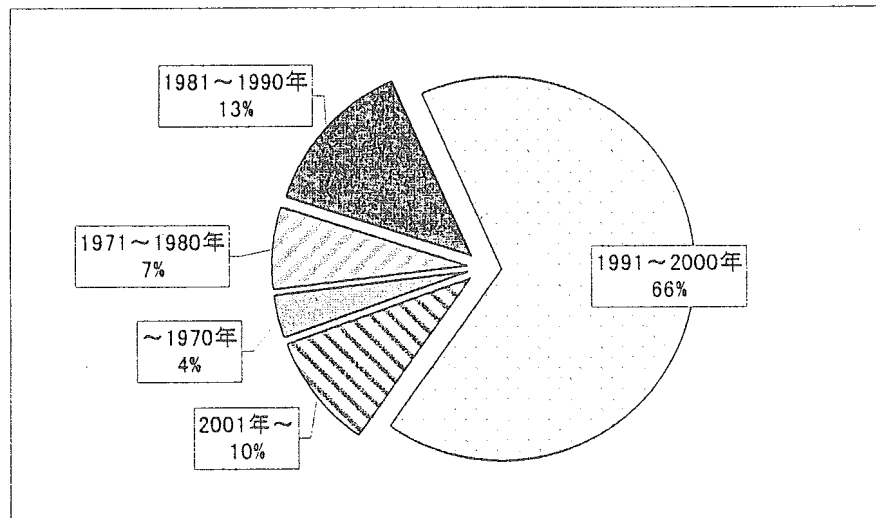


図3.3 循環ろ過装置の設置年

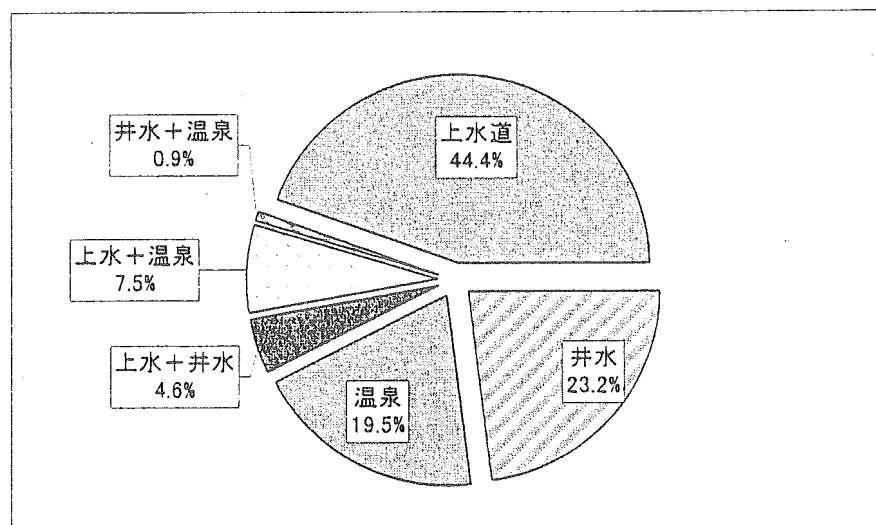


図3.4 浴槽水原水の種類

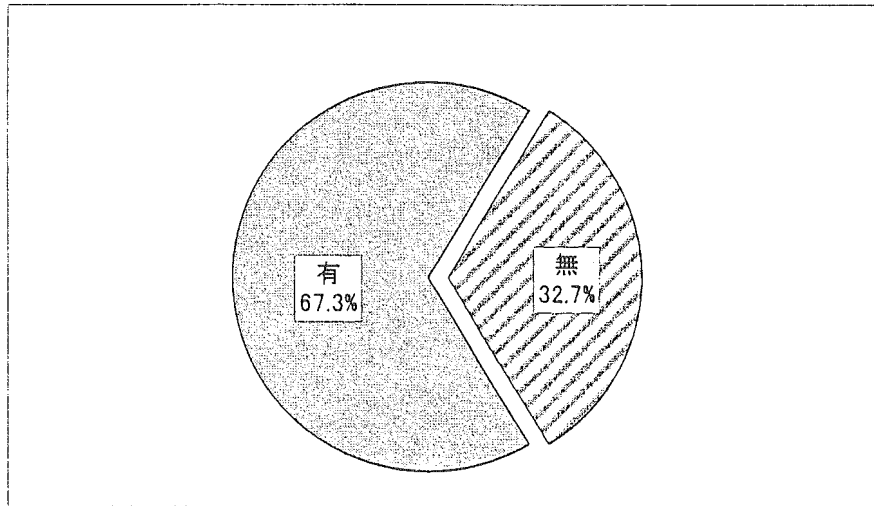


図3.5 貯湯槽設置の有無

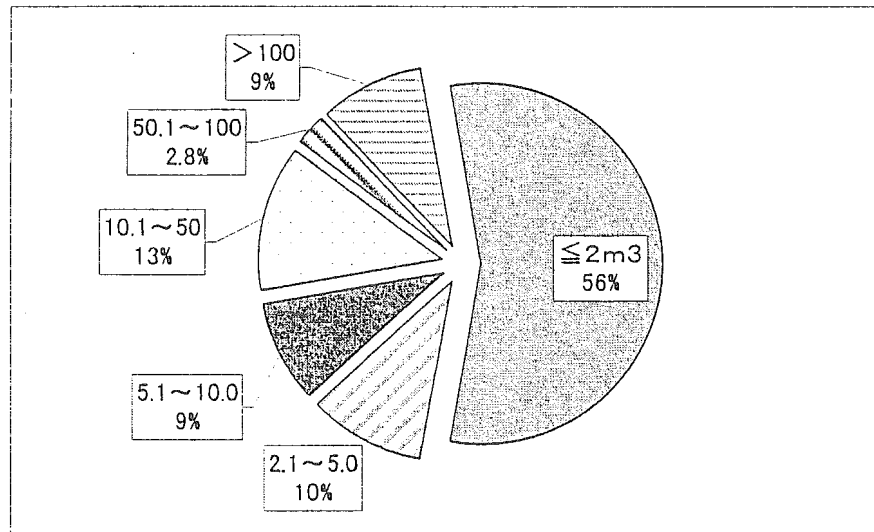


図3.6 浴槽の容量(m³)

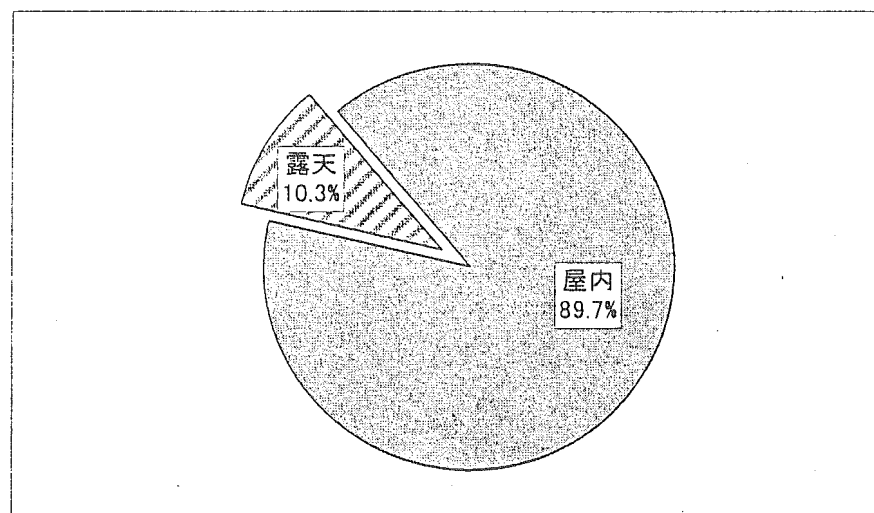


図3.7 浴槽の設置場所

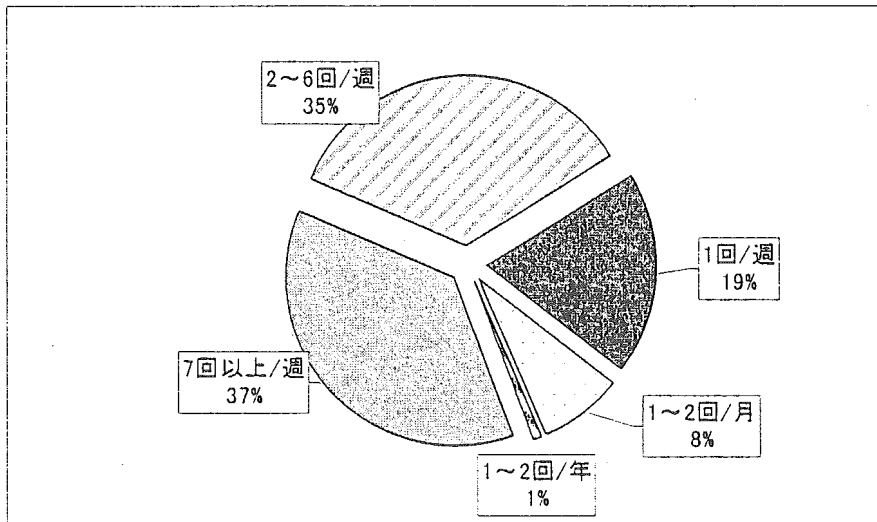


図3.8 浴槽水の換水頻度

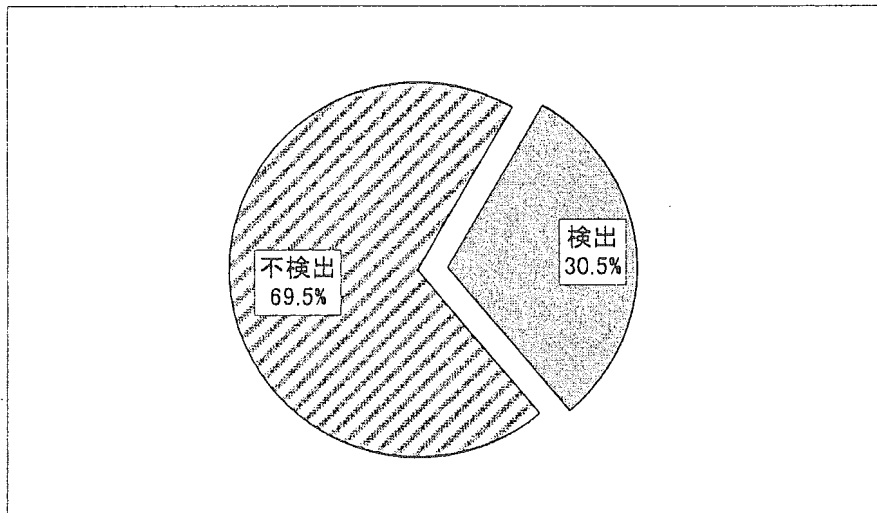


図3.9 レジオネラ属菌検出状況

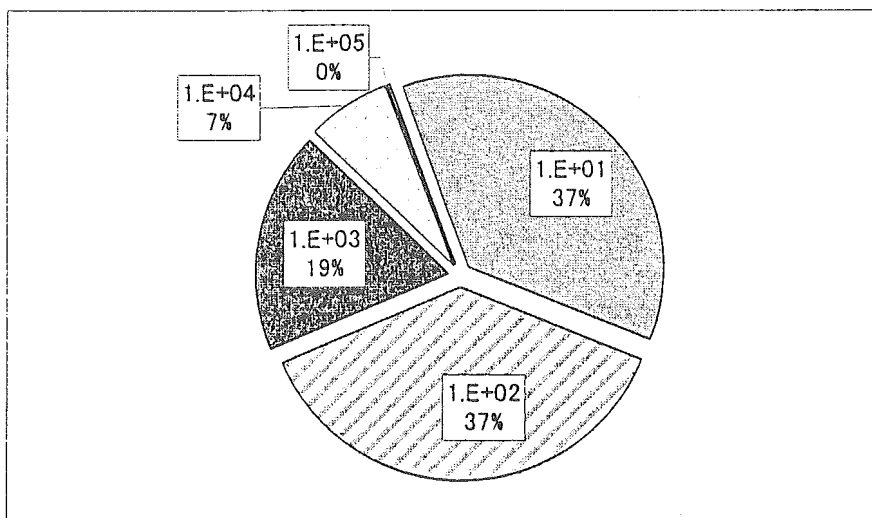


図3.10 レジオネラ属菌数(CFU/100mL)

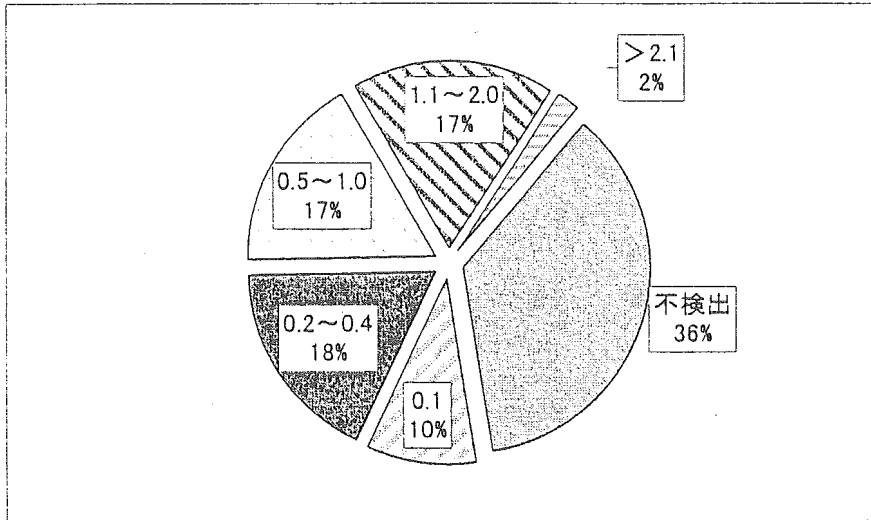


図3.11 遊離残留塩素濃度 (mg/L)

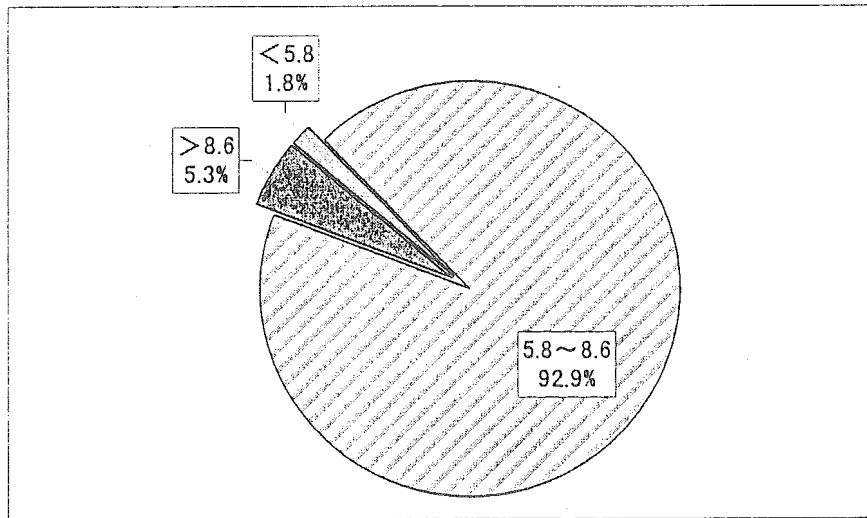


図3.12 水素イオン濃度

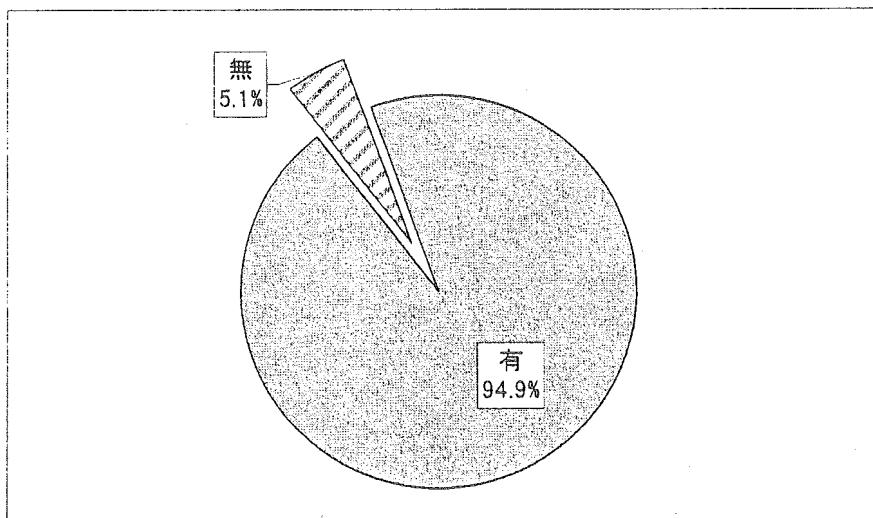


図3.13 循環ろ過装置の設置有無

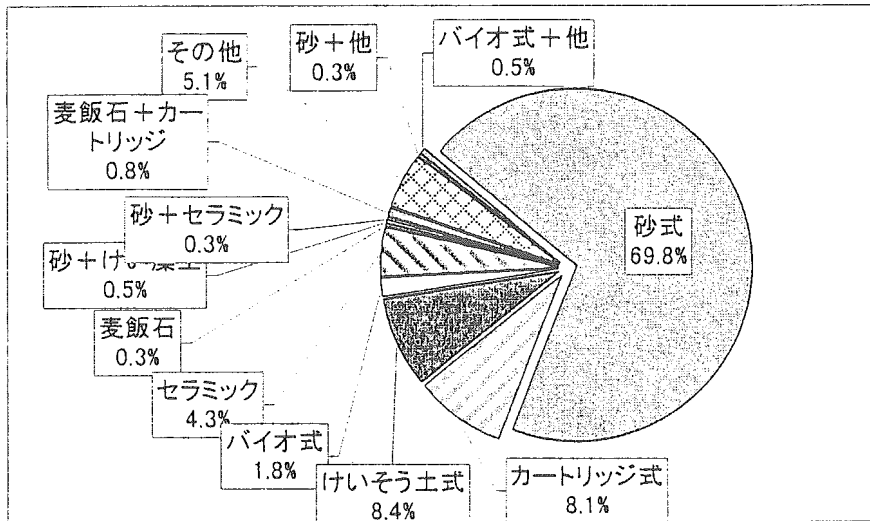


図3.14 ろ過方式の種類

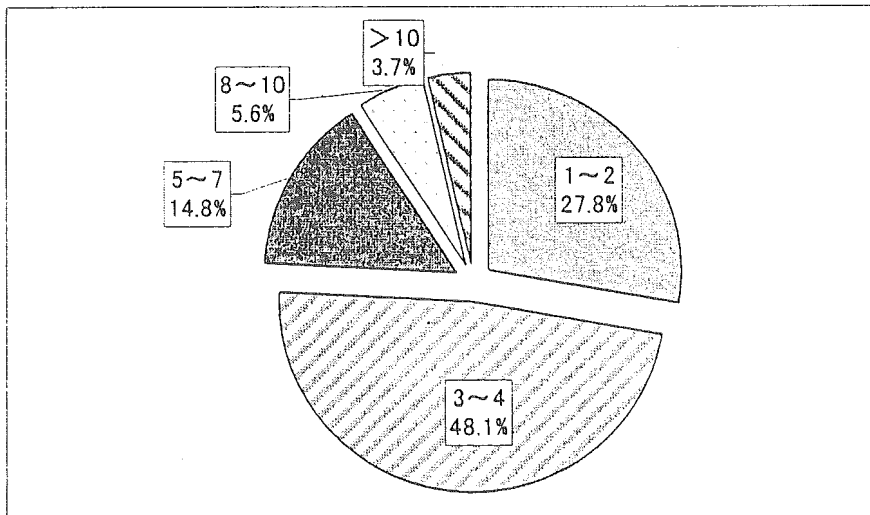


図3.15 浴槽水の循環頻度(回/時間)

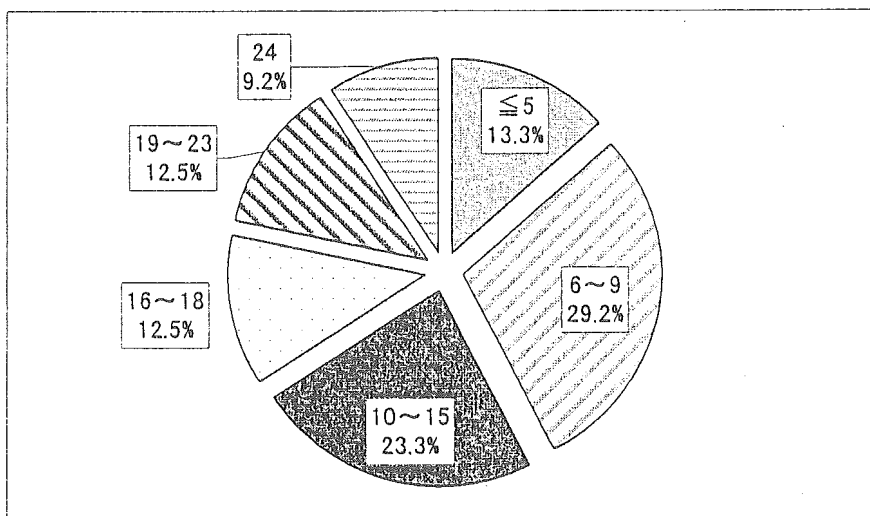


図3.16 ろ過装置の運転時間(時間/日)

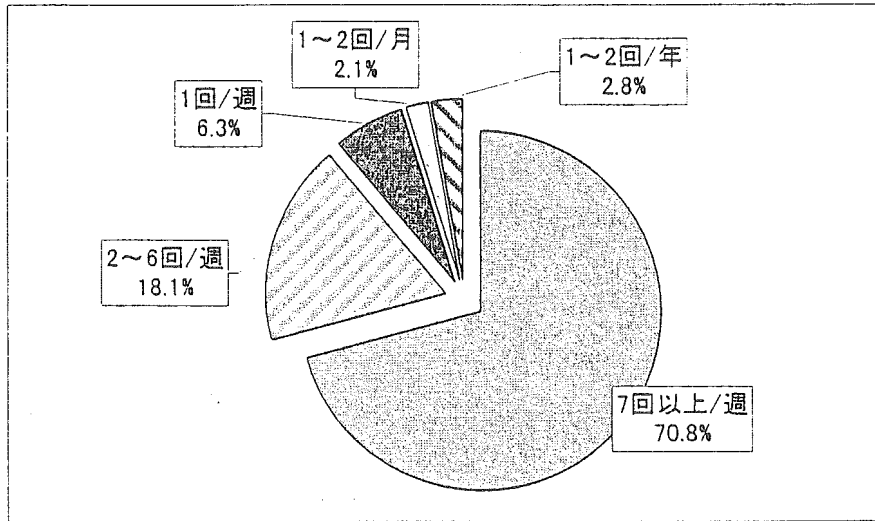


図3.17 ろ材の逆洗頻度

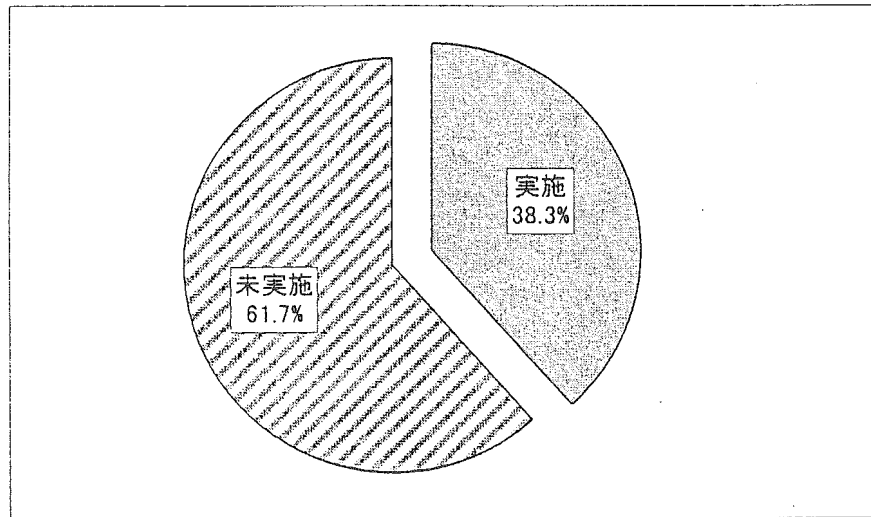


図3.18 ろ過装置のろ材の定期消毒

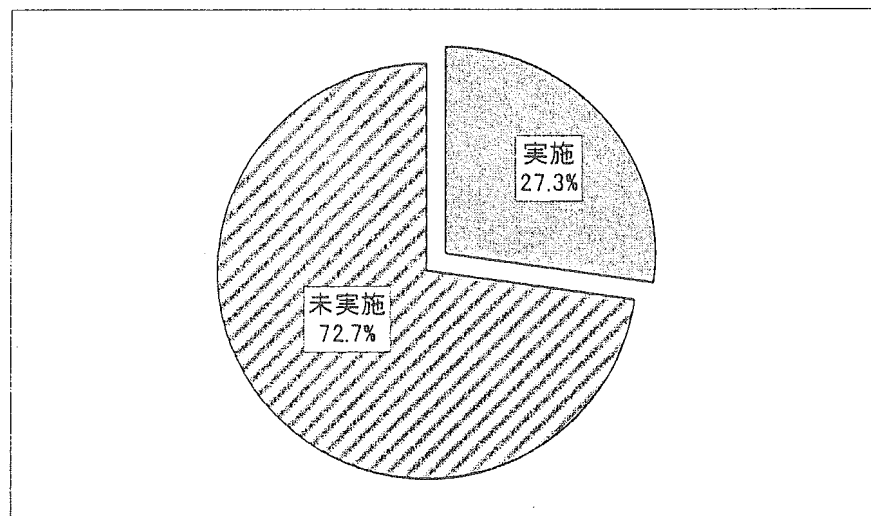


図3.19 循環配管の消毒実施状況

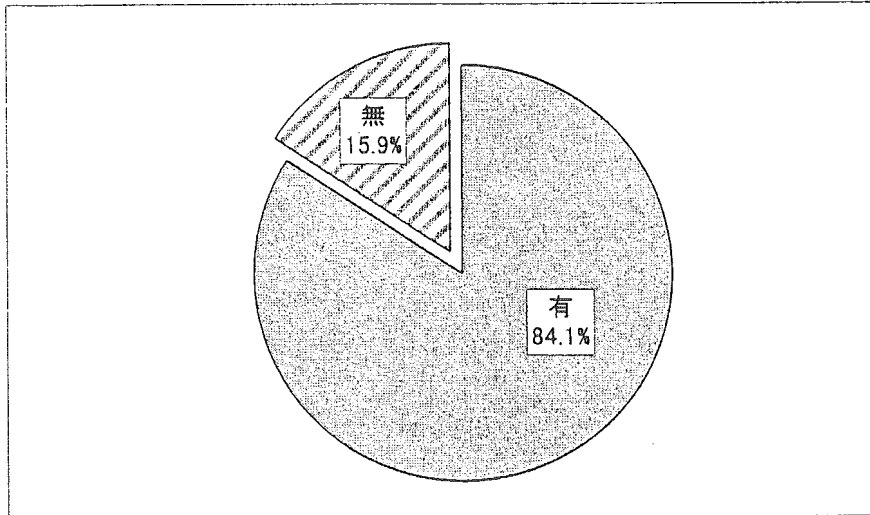


図3.20 消毒装置の設置

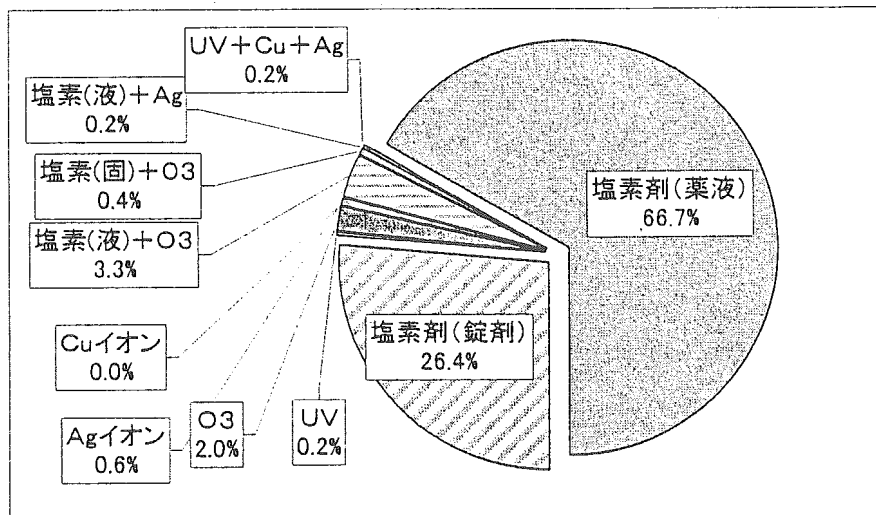


図3.21 消毒方法の種類

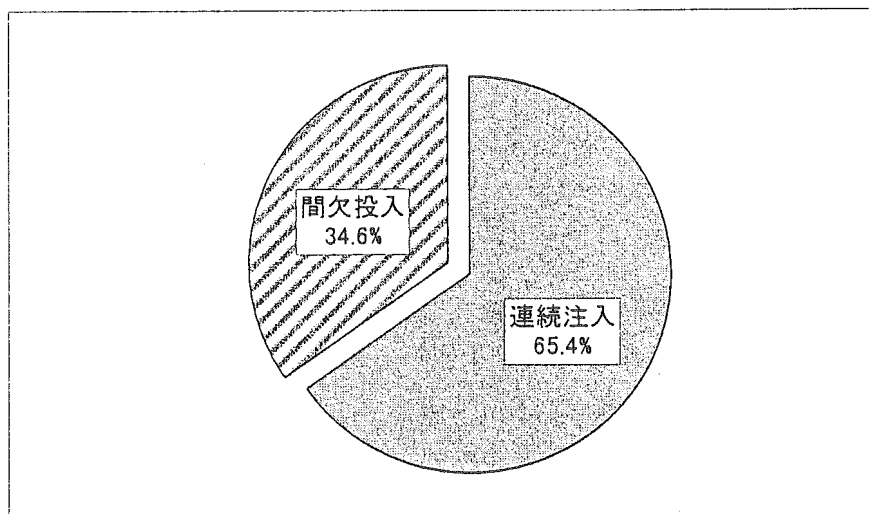


図3.22 塩素剤の注入方法

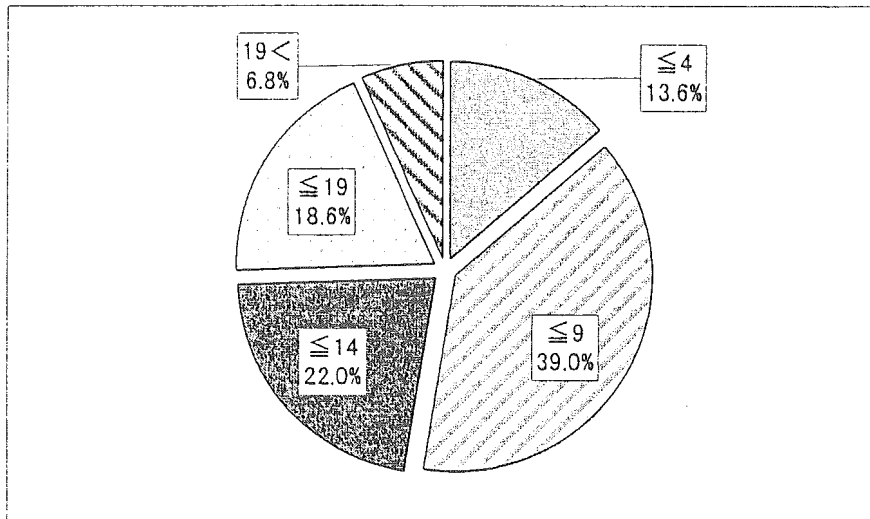


図3.23 塩素剤の注入時間(時間/日)

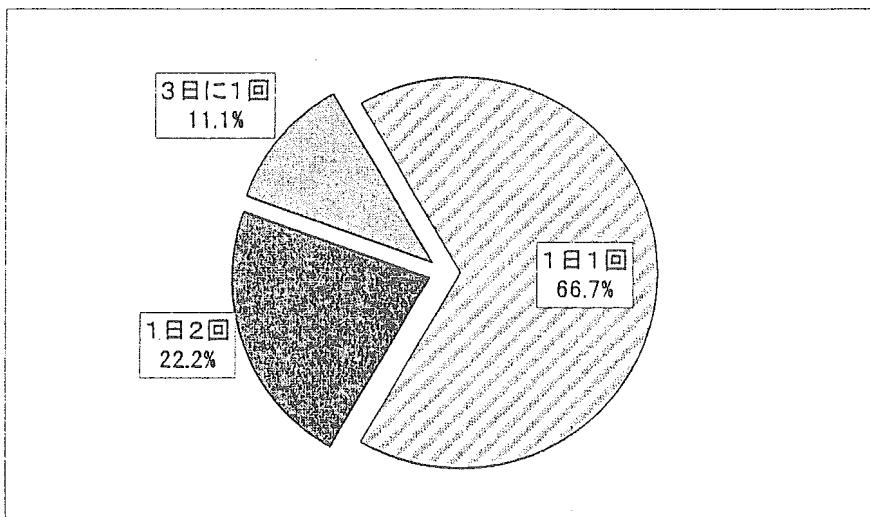


図3.24 塩素剤の投入回数(回/日)

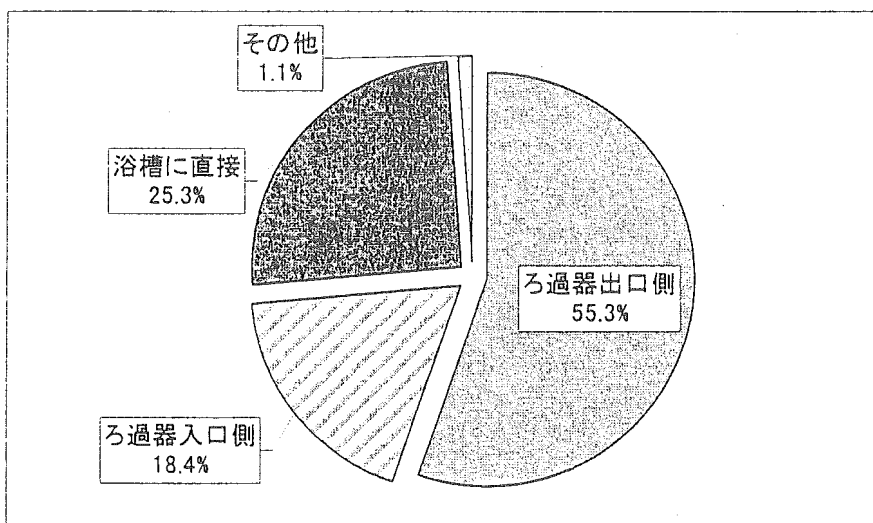


図3.25 薬剤注入・投入場所

2.3.5 考察

(1) レジオネラ属菌検出状況と遊離残留塩素濃度

浴槽水の遊離残留塩素濃度を、不検出、0.1mg/L、0.2mg/L、0.3mg/L、0.4mg/L、0.5～1.0mg/L、1.1～2.0mg/L、2.1mg/L以上の8つに分類し、各濃度域におけるレジオネラ属菌の検出率を求めた。遊離残留塩素が不検出の場合はレジオネラ属菌検出率が62.3%であり、0.1mg/Lが45.9%、0.2mg/Lが22.0%、0.3mg/Lが28.0%、0.4mg/Lが4.3%、0.5～1.0mg/Lが6.5%、1.1～2.0mg/Lが2.7%、2.1mg/L以上が0.0%となっている。遊離残留塩素濃度が0.4mg/mL以上になると検出の割合が急激に低下している状況が認められる(図3.26)。

また、浴槽水中に遊離残留塩素が検出している場合と不検出の場合とのレジオネラ属菌検出の有無を χ^2 検定したところ危険率1%で有意差が認められた。このことから遊離残留塩素はレジオネラ属菌の抑制に効果があることが改めて確認することができる。

なお、高濃度域でレジオネラ属菌が検出されているが、これは各自治体の調査にあたって、施設の管理者が塩素剤の直前投入によることなどが考えられる。

レジオネラ属菌の検出数は、遊離残留塩素が不検出の場合は 10^1 ～ 10^5 CFU/100mLの範囲となっているが、0.2mg/L以上では 10^1 ～ 10^2 CFU/100mLの範囲となり、レジオネラ属菌の増殖が抑制され菌数が減少していることわかる(図3.27)。

(2) 原水の種類とレジオネラ属菌の検出状況

原水の違いによる浴槽水でのレジオネラ属菌の検出状況は、上水での検出率が20.6%、井水が11.4%、温泉水が55.9%、上水+井水では0.0%、上水+温泉水では60.0%、井水+温泉水では37.2%となっている(表3.2)。温泉水を原水とする浴槽水の検出率が高い傾向にあるが、これは、浴槽水の遊離残留塩素が上水や井水を原水としている場合に比べ、検出率も低く低濃度であったことが一因と考えられる(図3.28)。

しかし、温泉水を原水とする浴槽水においても約5割から遊離残留塩素が検出されており、一般に温泉に消毒剤を添加することに対する感覚的な拒否感が強い傾向にあるが、温泉水においてもレジオネラ属菌対策としての消毒が必要なことを理解し、実践している管理者も多いことが窺えた。

しかし、温泉成分によっては塩素剤による影響が出る温泉もあり、温泉成分に対する塩素剤の影響を明確にすることが重要で、影響の少ない温泉に対しては塩素剤による消毒の有効性を周知させる必要があると考える。

(3) 浴槽設置場所とレジオネラ属菌検出状況

浴槽設置場所の違いによるレジオネラ属菌の検出率に有意差は認められないが、屋内浴槽が検出率33.3%に対して屋外(露天)風呂では43.2%であり、屋外(露天)風呂の方が検出率が高い傾向を示している(図3.29)。

(4) ろ過装置とレジオネラ属菌検出状況

ろ過装置の設置の有無によるレジオネラ属菌の検出状況は、ろ過装置の有する浴槽水での検出率は30.7%、ろ過装置が無い浴槽水は34.4%であり(図3.30)、設置の有無による有

意差は認められない。これはろ過装置以外の循環配管等システム全体がレジオネラ属菌の生息・増殖域になり得ることを示しており、ろ過装置だけに止めずシステム全体の管理の重要性が指摘される。

ろ過装置の種別によるレジオネラ属菌の検出状況では、砂式が 24.7%、カートリッジ式が 24.0%、バイオ式（生物処理式）では 55.6%となり、バイオ式の検出率が際だって大きく示され、バイオ式以外は同様の値を示した（図 3.31）。

（5）浴槽水の換水（完全換水）頻度とレジオネラ属菌検出状況

浴槽水換水頻度の違いによるレジオネラ属菌検出状況は、1～2 回/年では 25.0%、1～2 回/月で 41.9%、1 回/週では 31.7%、2～6/週では 25.3%、毎日 1 回以上では 23.7%となっている。今回の結果からは浴槽水の換水はレジオネラ属菌の防止対策として有効性は認められず、循環式浴槽システム全体に対する対策と日常の維持管理の必要性が明確となった（図 3.32）。

（6）ろ過装置の逆洗機能とレジオネラ属菌検出状況

ろ過装置の逆洗機能の有無によるレジオネラ属菌の検出状況は、逆洗機能を有する場合の浴槽水でのレジオネラ属菌の検出率は 30.4%であり、無い場合は 50.0%となっている（図 3.33）。有意差は認められないが、逆洗機能が無い浴槽水の方が検出率は高い値となっている。

逆洗頻度の違いによるレジオネラ属菌検出状況は、逆洗頻度が 1～2 回/年では 75.0%、1～2 回/月程度では 33.3%、1 回/週では 66.7%、2～6/週程度では 8.3%、1 回以上/日では 19.6%であった（図 3.33）。

今回の調査結果からはレジオネラ属菌の汚染防止に有効な逆洗頻度を示す結果には至らなかったが、逆洗機能を有するろ過装置の方が、レジオネラ属菌検出率が低かったことから、ろ過装置の逆流洗浄はろ材内にレジオネラ属菌を生息させないための手段として有効であると考えられる。

（7）消毒装置の設置とレジオネラ属菌検出状況

消毒装置の設置の有無によるレジオネラ属菌の検出状況は、消毒装置を有する場合の浴槽水でのレジオネラ属菌の検出率は 25.8%であり、無い場合の 46.2%に比べ低い値となっている。x²検定からも有意の差が認められる（危険率 1%）。装置が無い場合には塩素剤の人為的な浴槽への投入となるが、定期的な注入（投入）、濃度管理などが疎かとなり、これが原因で検出率が高くなっていると考えられる（図 3.34）。

（8）消毒方法とレジオネラ属菌検出状況

消毒方法別レジオネラ属菌の検出状況は、薬液タイプの塩素剤を用いている場合の浴槽水におけるレジオネラ属菌の検出率は 24.4%、錠剤・顆粒タイプの塩素剤の場合は 24.6%となっている。その他の方法では、紫外線使用が 100%、オゾン使用が 60.0%、銀イオン使用が 100%となっており、どれもレジオネラ属菌の検出率は高く、塩素剤とは危険率 1%で有意差が認められている。また、併用で行われている薬液タイプ塩素剤とオゾン、顆粒タイプ塩

素剤とオゾンは 50.0%、薬液タイプ塩素剤と銀イオンおよび紫外線と銅イオン、銀イオンは 100%の検出率であった（図 3.35）

（9）塩素剤注入方法とレジオネラ属菌検出状況

消毒方法に塩素剤（薬液、錠剤）を使用（併用も含む）している浴槽水は 477 件で、そのうち 122 件（25.6%）からレジオネラ属菌が検出されていた。塩素剤の注入・投入場所をろ過装置入口側と出口側に分けてみると検出率は 10.4%と 19.1%で入口側の方が低い値となっており有意差（危険率 5%）が認められた。なお、浴槽に直接投入では 15.7%となっている（図 3.36）

ろ過装置の入口側への注入は、ろ過装置内の消毒が行われ、装置内のバイオフィルム生成やレジオネラ属菌の増殖が抑制されたために、浴槽水での検出率の低下に繋がったと考える。

2.3.6 まとめ

（1）殺菌の必要性

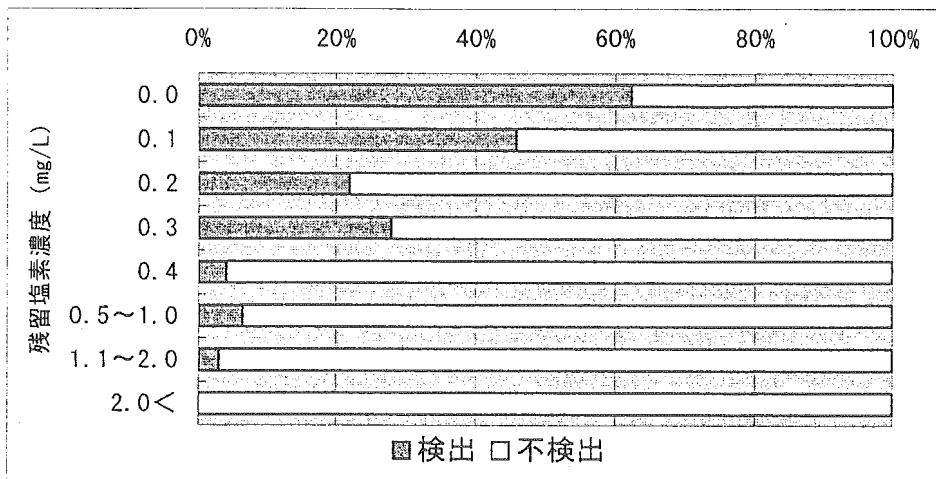
日常の清掃と換水だけではレジオネラ属菌の増殖を抑制できず、殺菌の必要性が明らかになった。特に塩素剤の有効性が認められた。その用法は引き続き検討する必要がある。

（2）循環システム全体がレジオネラ属菌増殖の温床

今回の調査結果からはろ過器に加え、循環システム全体にレジオネラ属菌が生息・繁殖している実態が明らかになった。

（3）ろ過装置の管理の重要性

ろ過装置の逆洗機能の充実や殺菌薬剤など、ろ過装置内でのバイオフィルムの生成や、レジオネラ属菌の増殖の抑制に特に注意が必要で、指針に示されているように塩素剤の注入はろ過装置の直前で行うことを励行することが重要である。



残留塩素濃度 (mg/L)	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
0.0	144 (62.3)	87 (37.7)
0.1	28 (45.9)	33 (54.1)
0.2	9 (22.0)	32 (78.0)
0.3	7 (28.0)	18 (72.0)
0.4	2 (4.2)	46 (95.8)
0.5~1.0	7 (6.5)	101 (93.5)
1.1~2.0	4 (5.3)	125 (94.7)
2.0<	0 (0.0)	13 (100.0)

図3.26 残留塩素濃度別レジオネラ属菌の検出状況

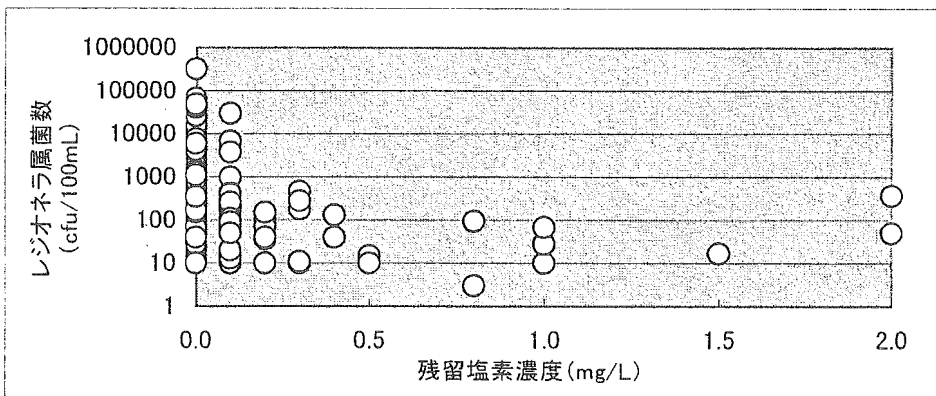
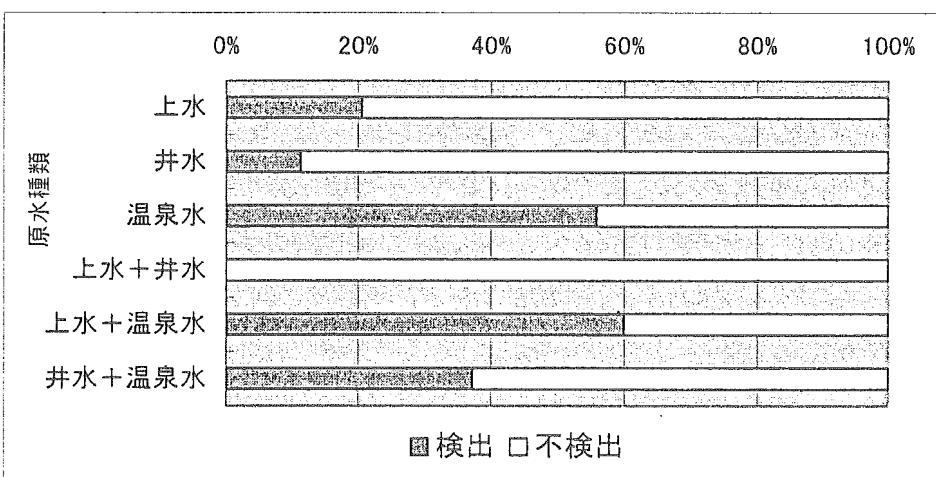
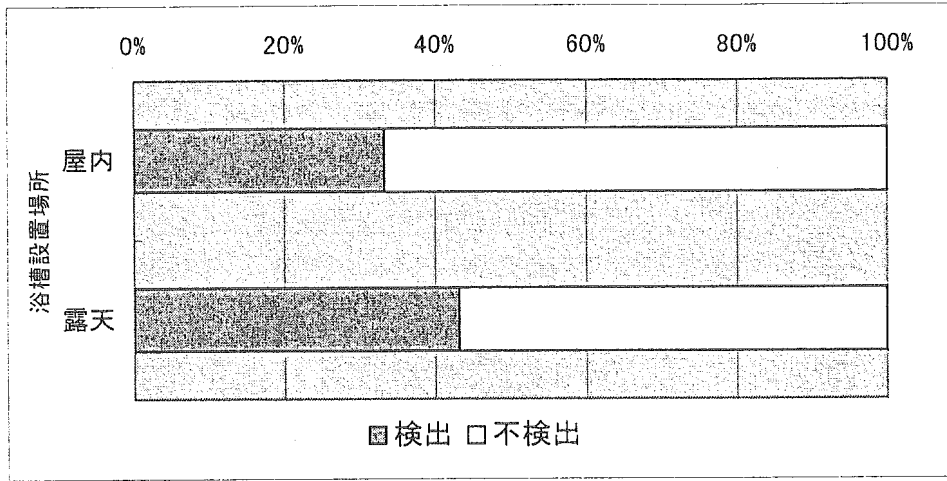


図3.27 残留塩素濃度別レジオネラ属菌数



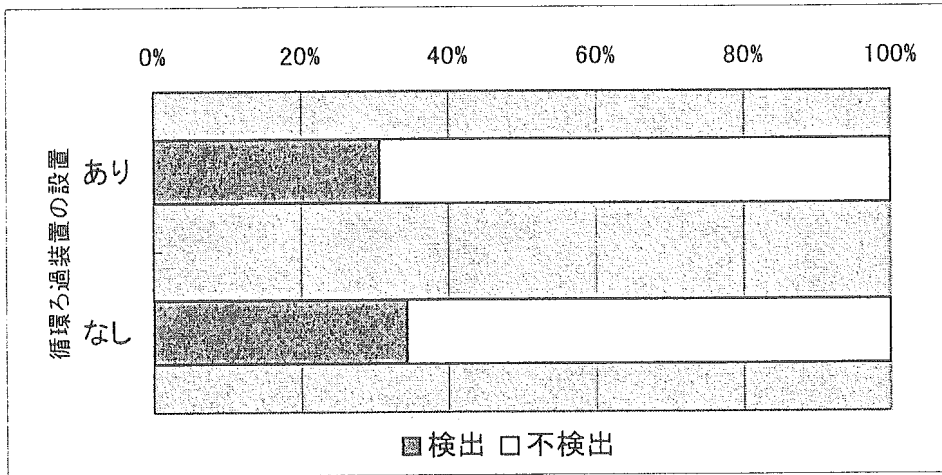
原水種類	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
上水	52 (20.6)	201 (79.4)
井水	15 (11.4)	117 (88.6)
温泉水	62 (55.9)	49 (44.1)
上水+井水	0 (0.0)	26 (100.0)
上水+温泉水	3 (60.0)	2 (40.0)
井水+温泉水	16 (37.2)	27 (62.8)

図3.28 原水の種類とレジオネラ属菌検出状況



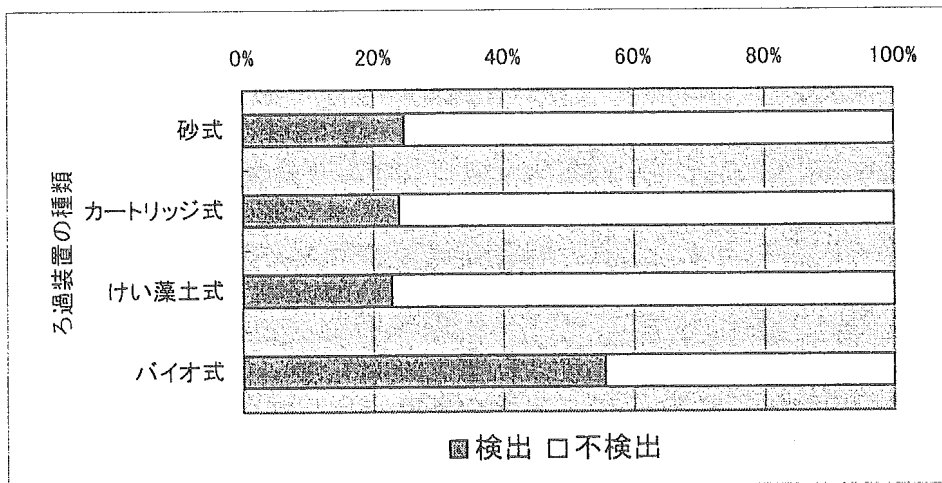
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
屋内	14(33.3)	28(66.7)
露天	19(43.2)	25(56.8)

図3.29 浴槽設置場所とレジオネラ属菌検出状況



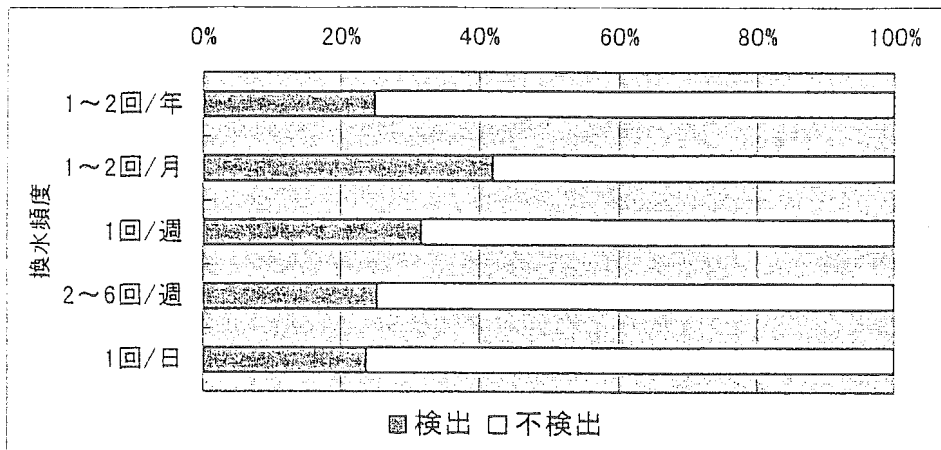
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
あり	182(30.7)	410(69.3)
なし	11(34.4)	21(65.6)

図3.30 循環ろ過装置とレジオネラ属菌検出状況



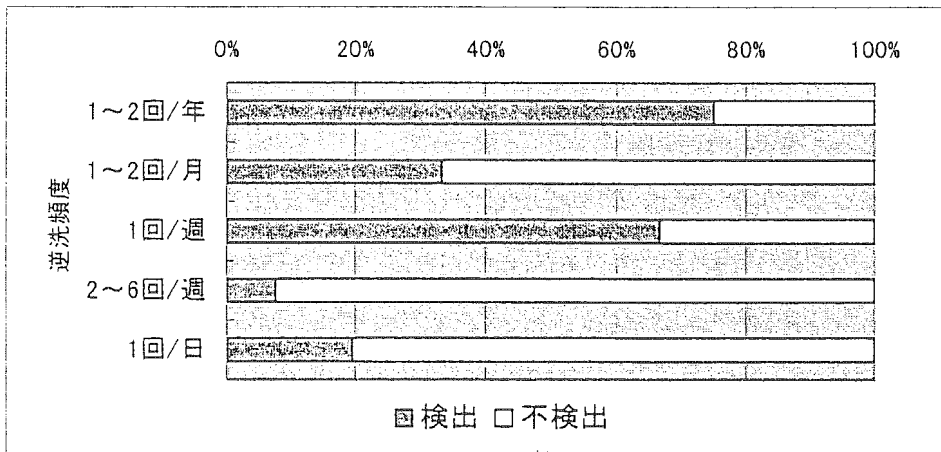
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
砂式	69(24.7)	210(75.3)
カートリッジ式	6(24.0)	19(76.0)
けい藻土式	8(22.9)	27(77.1)
バイオ式	5(55.6)	4(44.4)

図3.31 ろ過装置の種類とレジオネラ属菌検出状況



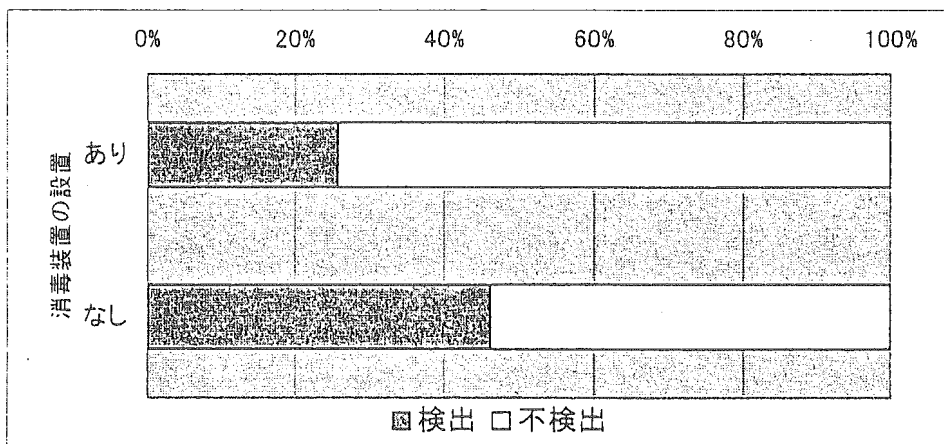
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
1~2回/年	1(25.0)	3(75.0)
1~2回/月	26(41.9)	36(58.1)
1回/週	26(31.7)	56(68.3)
2~6回/週	37(25.3)	109(74.7)
1回/日	37(23.7)	119(76.3)

図3.32 換水頻度とレジオネラ属菌検出状況



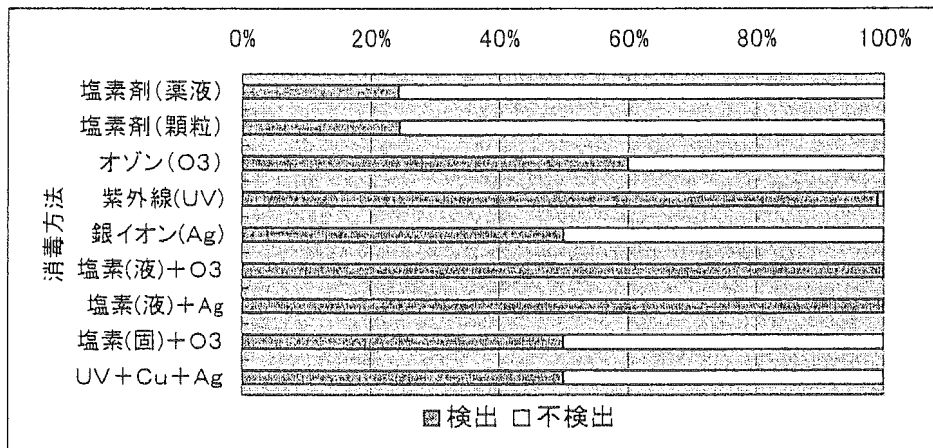
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
1~2回/年	3(75.0)	1(25.0)
1~2回/月	1(33.3)	2(66.7)
1回/週	6(66.7)	3(33.3)
2~6回/週	2(10.5)	17(89.5)
1回/日	20(19.6)	82(80.4)

図3.33 逆洗頻度とレジオネラ属菌検出状況



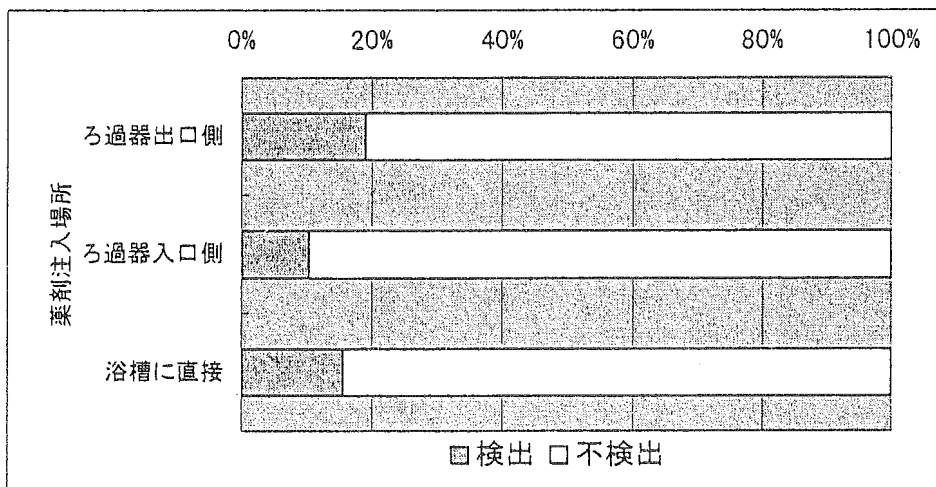
	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
あり	109(25.8)	314(74.2)
なし	37(46.3)	43(53.8)

図3.34 消毒装置の設置とレジオネラ属菌検出状況



	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
塩素剤(薬液)	76 (24.4)	235 (75.6)
塩素剤(顆粒)	31 (24.6)	95 (75.4)
オゾン(O ₃)	6 (60.0)	4 (40.0)
紫外線(UV)	1 (100.0)	0 (0.0)
銀イオン(Ag)	2 (100.0)	0 (0.0)
塩素(液)+O ₃	8 (50.0)	8 (50.0)
塩素(液)+Ag	1 (100.0)	0 (0.0)
塩素(固)+O ₃	1 (50.0)	1 (50.0)
UV+Cu+Ag	1 (100.0)	0 (0.0)

図3.35 消毒方法別のレジオネラ属菌検出状況



	レジオネラ属菌検出状況 (%)	
	検出	不検出
ろ過器出口側	33 (23.1)	140 (76.9)
ろ過器入口側	7 (10.4)	56 (89.6)
浴槽に直接	13 (15.7)	70 (84.3)

図3.36 薬剤の注入場所別によるレジオネラ属菌検出状況

2.4 総括

本調査研究では、循環式浴槽におけるレジオネラ属菌の増殖要因およびレジオネラ属菌抑制対策について検証したが、その結果を下記に示す。

(1) 実態調査の結果より

- 1) 循環式浴槽では浴槽水の消毒が行われない場合、システムを構成するろ過器、循環配管、ヘアキャッチャーの内面および浴槽底・壁面にバイオフィーム生成されて、レジオネラ属菌が生息・増殖する可能性は高くなる。
- 2) 塩素剤による浴槽水の消毒を行われていても、浴槽水の遊離残留塩素が消滅した状態が長時間におよぶ場合、循環システム構成機材の接水部にバイオフィームが容易に生成される。
- 3) 砂式ろ過機では逆洗や塩素消毒を行っていても、数年でろ材が固まり（砂塊：マッドボール）ろ過性能が著しく低下する。砂塊内部はレジオネラ属菌の増殖の温床となるため、年に1回程度は定期的ろ過機内部を点検し、ろ材の砂塊化が見られたら交換が必要である。
- 4) 浴槽水の遊離残留塩素濃度を1日2時間以上0.2mg/Lに保持していても、ろ過機や循環配管中にバイオフィームが生成される場合があるため、定期的に循環ろ過システムを消毒・洗浄してバイオフィームを除去する必要がある。
- 5) バイオフィームを除去するための消毒・洗浄は、過酸化水素や高濃度の塩素剤による化学洗浄が有効である。
- 6) 逆洗機能のないろ過機や生物浄化式ろ過機では、バイオフィームの生成が顕著に進展する。
- 7) 浴槽水の遊離残留塩素が検出され、レジオネラ属菌が不検出の循環式浴槽においても、ろ過器内にはレジオネラ属菌が生息していることが確認された。ろ過器内のろ材等も常時消毒しレジオネラ属菌の生息を抑制することが重要である。
- 8) バイオフィームの生成を抑制するためには、浴槽水循環システムの稼働中は常時浴槽水の遊離残留塩素濃度を保持することが必要であり、塩素剤は連続的に注入することが有効である。

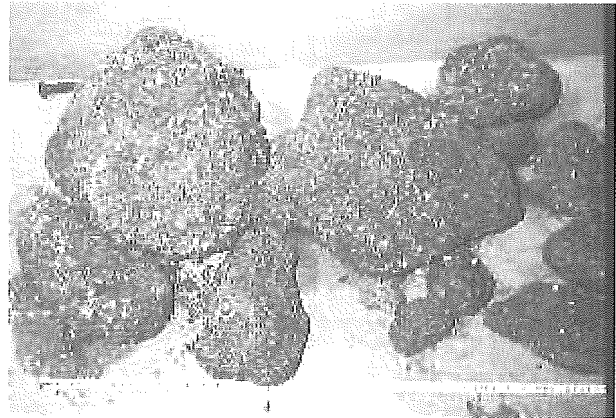


写真 4.1 砂塊(マッドボール)したろ材

(2) アンケート調査の結果より

- 1) 遊離残留塩素が不検出であった 62.3%の浴槽水からレジオネラ属菌が検出されており、遊離残留塩素濃度 0.4mg/L 以上では検出率が 4.3% (13/298) と顕著に

低下していることから、遊離残留塩素はレジオネラ属菌の抑制に効果があることが改めて確認された。

- 2) 換水頻度とレジオネラ属菌検出率に相関が見られないことより循環式浴槽では浴槽の清掃と湯の張り替え（完全換水）のみでは、レジオネラ属菌を排除することが困難なことが確認された。
- 3) 温泉水を原水とする浴槽水においても約5割の施設で遊離残留塩素の検出データが示されており、温泉水においてもレジオネラ属菌対策としての消毒が必要なことを理解し、実践している管理者も多いことが窺えた。しかし、泉質によっては塩素剤による影響が出る温泉もあり、泉質に対する塩素剤の影響を明確にすることが重要である。
- 4) 浴槽水の塩素剤による消毒は、オゾンや紫外線等の他の消毒法に比べ、レジオネラ属菌の検出率は低かった。
- 5) 塩素剤の注入・投入場所ではろ過装置入口側の方が検出率は低く、有意な差が認められた。このことから、塩素剤の注入場所は、ろ過装置の入口側に設けた方がろ過装置内におけるバイオフィルムの生成や、レジオネラ属菌の増殖の抑制に効果があり、指針に示されているろ過装置の直前に塩素剤を注入する方法の有効性が確認された。

以上の結果から、循環式浴槽におけるレジオネラ属菌抑制対策には、浴槽水の循環経路（循環配管・ろ過器・ヘアキャッチャー）をレジオネラ属菌が生息できない環境に保つこと、すなわちバイオフィルムが生成しないような水質管理を行う事が重要である。さらに、循環経路は目視点検できない個所だけに、1年1回程度は化学消毒・洗浄を行ってバイオフィルムを除去する必要がある。

浴槽水の消毒には、現在では定量的に消毒効果を判断できる塩素消毒が適している。浴槽水中の遊離残留塩素濃度は入浴者数や補給水量あるいは浴室の換気状況によって変動するため、間欠的な注入および投入では適正に維持することが困難であり、残留塩素濃度を計測して自動的に塩素剤を注入する自動式塩素注入装置を使用することが確実な方法である。

しかし、宿泊施設での実態調査に示されているように、自動式塩素剤注入装置を設置していても、適切な維持管理が行われない場合には適正な消毒が維持される保証はない。

浴場施設においては、循環式浴槽システムを理解し、衛生的に安全な水質・環境を保持するためには、浴槽設備のシステムを熟知し衛生上の知識をもった管理者を選任し維持管理することが最も重要であると言える。