

図 1.4.2 超音波浴槽の実験装置

(3) 残留塩素の測定器は、T 社製 (RM-51) のポーラログラフ式連続測定器に水槽内から検水を送水させて、再び水槽に戻す方法とした。

1.4.2 実験条件

(1) 気泡浴槽 水量当たりの空気量を基本条件とした。水量は 400L, 500L, 600L, 700L, 800L, 900L の 6 種類とし、水槽内の空気の放散は、500mL のボックスの上部に 2φ、4φ の穴 4 個から 38L/min と 43L/min の空気を放出した。水温は 35, 40, 45℃ の 3 種類とした。ボックスは、図 1.4.3 に空気穴 2mm φ と 4mm φ を示す。

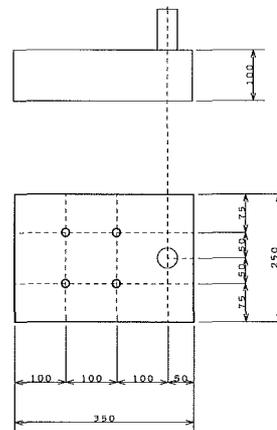


図 1.4.3 ボックスの詳細図
(空気穴 2φ、4φ)

(2) 超音波浴槽

浴槽水を循環させながら、ノズル部から誘引させた空気を浴槽内に放出させた。ノズルはノズル部の径の差異によって「大」と「小」の 2 種類とした。水温は 40℃ に設定した。ノズル図は写真 1.4.1 にノズルの大と小を示す。

また、水中の残留塩素濃度は 0.6mg/L を初期濃度とした。この調整は S 市の水道を使用し、0.6mg/L 以上に残留塩素が存在する水道水は、運転しながら気散させ 0.6mg/L に

なった時点から記録することとした。

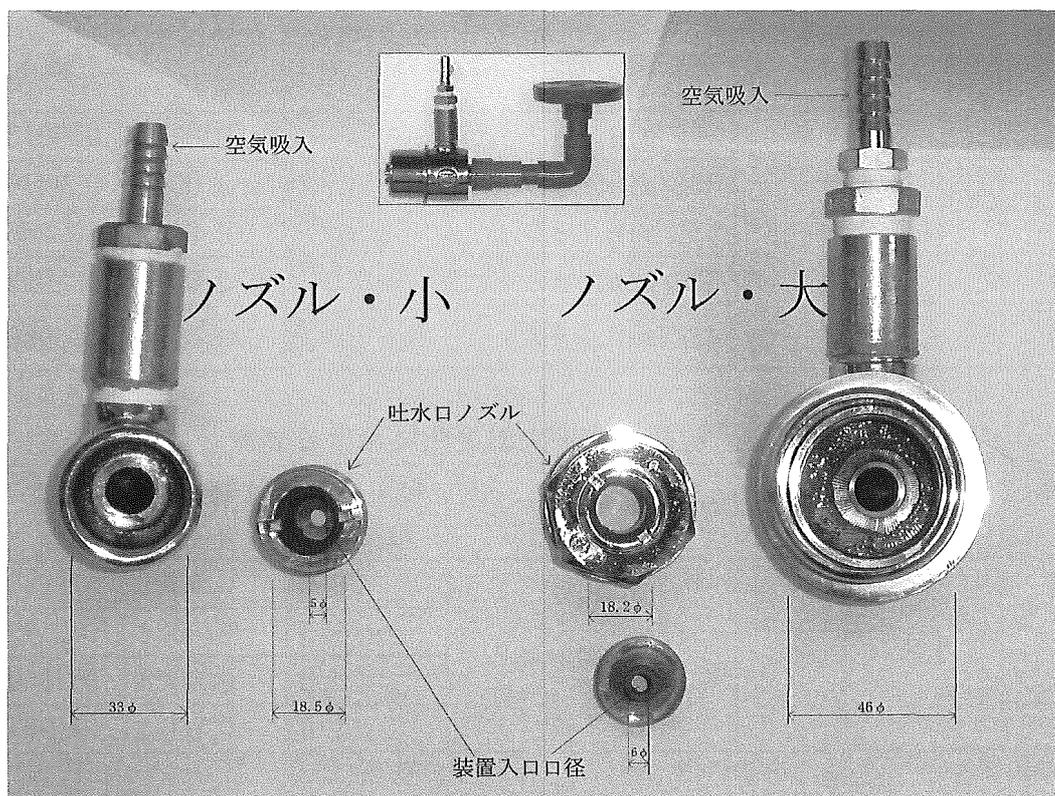


写真 1.4.1 ノズルの大・小

1.4.3 評価方法

溶存水中物質の気中への発散現象は、下記の式によって通常表示されている。この式で経過時間と残留塩素濃度の関係の評価を行った。

$$y = e^{-kt}$$

y : C_0/C_t (C_0 :初期濃度(mg/L)
 C_t : t 時間後の濃度 (mg/L)
 k : 発散係数 (1/min)
 t : 経過時間(min)

1.4.4 実験結果

(1) 気泡浴槽

表 1.4.1 に水温を 35, 40, 45℃の 3 種類について、空気穴 2φで水深 600mm、空気量 43, 38L/min の発散係数を示した。表 1.4.2 は初期濃度によって発散係数の異なりを示した。

表 1.4.3 は空気量を一定とし水深を変化させて、空気量 (m³/h) と水量 (m³) の比を A/W で示し発散係数を示した。

図 1.4.4 は 7 種類の実験条件の経過時間ごとの残留塩素濃度を示した。水温 35℃が最も 0.2mg/Lに到達する時間が遅く、次に 40℃、最も速い条件が 45℃である。水深 600mm、空気量 38L/min の条件下では、水温 35℃は 0.2mg/L に達する時間は 450 分、40℃で 150 分、45℃で 90 分である。図 1.4.5 は初期濃度の差異による発散係数である。初期濃度によって速度が異なることが認められる。発散係数は初期濃度 1mg/L と 0.6mg/L の比較では 40℃では 3.3 倍、35℃では 2 倍の差が現われている。

表 1.4.1 水温変化における発散

水温 (°C)	A/W(1/h)	水深 (mm)	空気量、径	初期濃度 (mg/L)	発散係数 (k)	R2
45	3.8	600	38L/min、φ2	0.6	0.0131	0.9973
40	3.8		38L/min、φ2		0.0068	0.9376
40	4.3		43L/min、φ2		0.0080	0.986
35	3.8		38L/min、φ2		0.0025	0.8093
35	4.3		43L/min、φ2		0.0028	0.960

表 1.4.2 初期濃度・水温変化における発散

水温 (°C)	A/W(1/h)	水深 (mm)	空気量、径	初期濃度 (mg/L)	発散係数 (k)	R2
40	3.8	600	38L/min、φ2	0.6	0.0080	0.986
40				1.0	0.0024	0.773
35				0.6	0.0028	0.960
35				1.0	0.0014	0.954

表 1.4.3 水深の変化と空気穴の変化

水温 (°C)	A/W(1/h)	水深 (mm)	空気量、径	初期濃度 (mg/L)	発散係数 (k)	R2
40	4.56	500	38L/min、φ2	0.6	0.0131	0.9973
	3.80	600	38L/min、φ2		0.0068	0.9376
	3.20	700	38L/min、φ2		0.0080	0.986
	2.80	800	38L/min、φ2		0.0025	0.8093
	3.80	600	38L/min、φ4		0.0028	0.960

したがって、実験では初期濃度を同一にして実験を行った。図 1.4.6 は水温と発散係数の関係である。水温が高くなると、発散が速くなり発散係数が高い値となっている。10℃の差では発散係数に 0.0103 差があり、水温当たりの発散係数は、0.00103 {1/(min・°C)} であった。図 1.4.7 はボックス上部の空気穴の径の影響をみたものである。空気穴の径が小さい方が気泡の径が小さいので、塩素の発散を促進させていることが認められる。φ2はφ4の1.36倍、発散係数が高くなっている。図 1.4.8 は空気量と水量の比 (A/W) と発散係数の関係である。A/W と発散係数は比例関係が認められる。以上、気泡浴槽の水中の塩素の発散に影響する要因の抽出とその影響度を調査し、もっと影響する要因は水温であり、次が水量当たりの空気量となった。

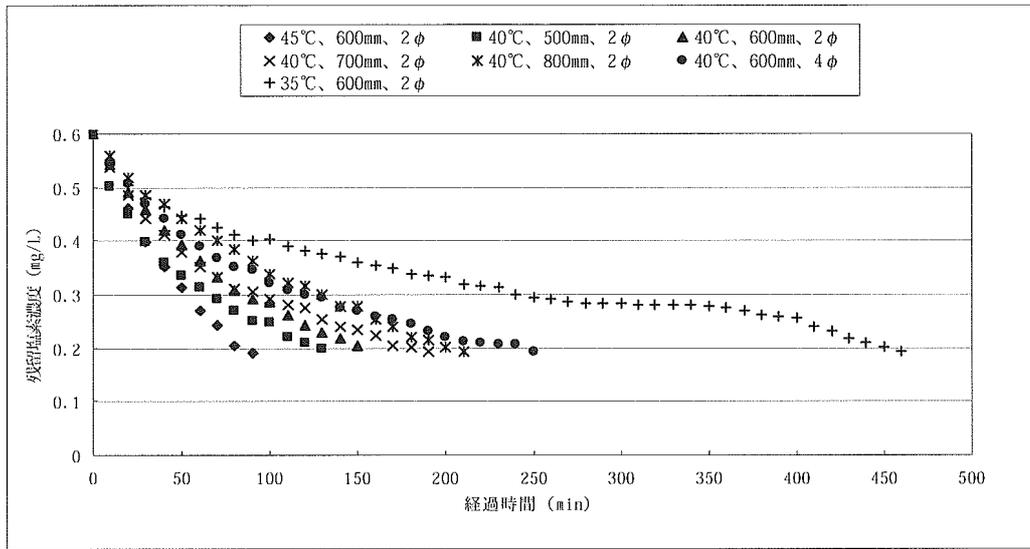


図 1.4.4 各条件の経過時間ごとの濃度変化

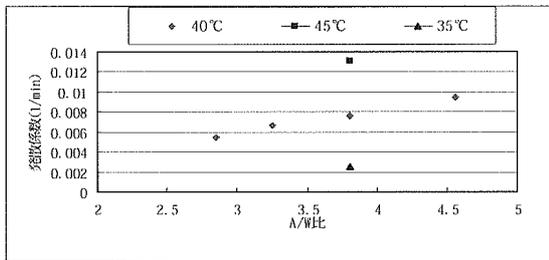


図 1.4.5 A/W 比と発散係数の関係

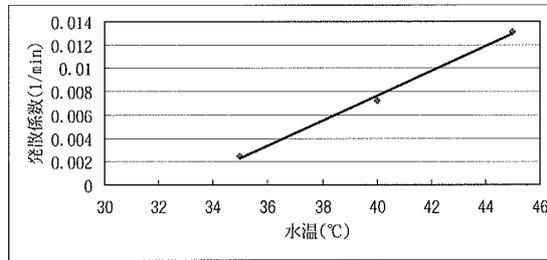


図 1.4.6 水温と発散係数の関係

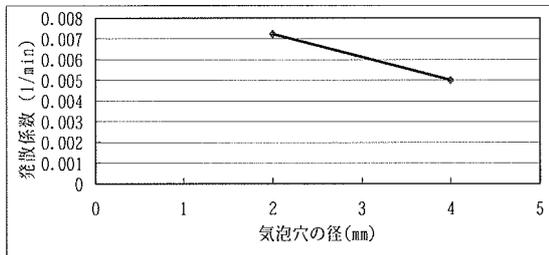


図 1.4.7 気泡の穴と発散係数の関係

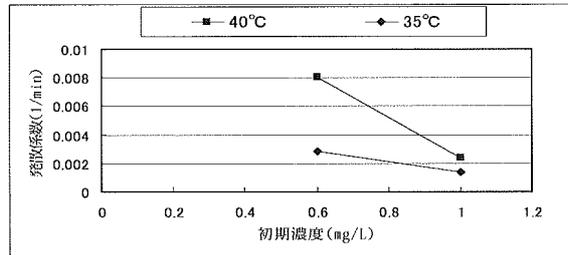


図 1.4.8 初期濃度と発散係数の関係

(2) 超音波浴槽

表 1.4.6 に水温は 40°C とし、ノズルの種類(大)の水深 400, 500, 600, 700, 800mm、ノズルの種類(小)の水深 400, 600, 800mm の各発散係数を示した。

表 1.4.6 水深、ノズルの種類による発散係数

水温(°C)	A/W(1/h)	水深(mm)	空気量 (l/min)	ノズルの種類	発散係数 (k)	R2
40	0.9	400	6	大	0.0071	0.9929
		500			0.0066	0.9906
		600			0.0061	0.9952
		700			0.0057	0.9885
		800			0.0052	0.9938
	0.6	小		400	0.0067	0.9982
				600	0.0063	0.9886
				800	0.0045	0.9944

図 1.4.9 にノズルを用いた超音波浴槽のノズルの大小、水深の発散への影響を示す。

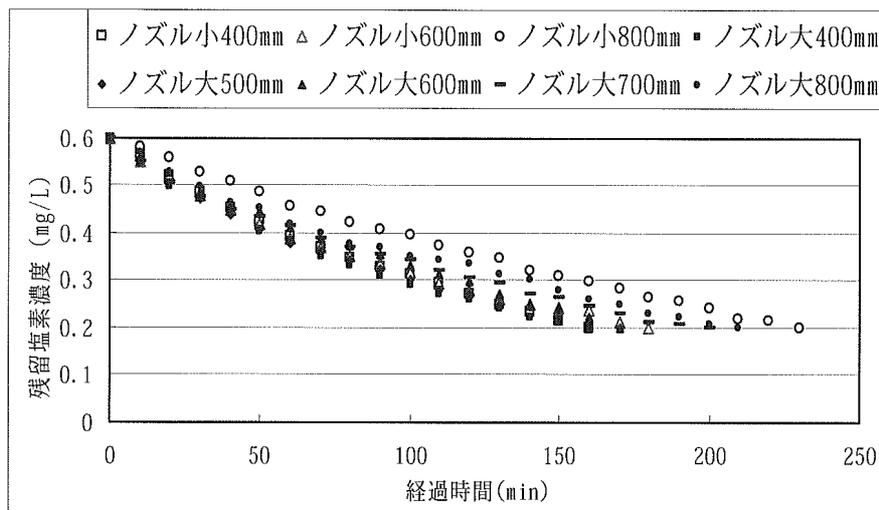


図 1.4.9 超音波浴槽の経過時間と発散係数の関係

図 1.4.10 は水深と発散係数、図 1.4.11 は空気量と水量の比(A/W)と発散係数を示した。ノズルの種類は循環量がノズル大小で 3L/min の差があるが、発散に大きく影響を与えていない。一定の空気量に対して水深が低くなると発散が多くなっている。

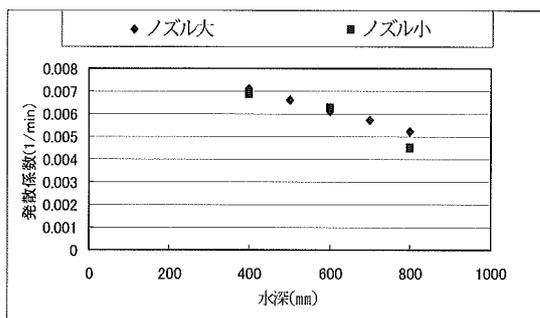


図 1.4.10 水深と発散係数の関係

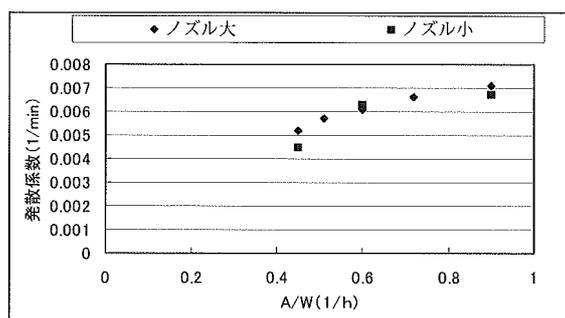


図 1.4.11 A/W と発散係数の関係

1.4.5 まとめ

気泡浴槽および超音波浴槽の塩素の消失が明らかになった。また、気泡浴槽は、超音波浴槽に比べて、水中の塩素の消失はやや速いことも明らかとなった。気泡浴槽の塩素の発散の大きな要因は、水中への空気の供給であり、超音波浴槽はノズルから噴出力による攪拌であると考えられる。

(担当者：岡田誠之)

1. 5 宮崎県日向市、鹿児島県東郷町の温泉施設の衛生管理方法

浴槽水のレジオネラ属菌対策を徹底して行なっている実際の温泉施設を視察することにより、現場で行なわれている具体的なレジオネラ属菌対策の管理手法を確認した。

今回視察した施設の衛生管理状況は、非常に水準の高いものであり考えられる殆ど全てのリスクポイントを押さえたものとなっている。このため、良好な管理状態を安定的に維持している。その半面、設備の改善に費用がかかっていること、及び日常の管理の人手や維持費用がかかっていることも否定できない。

多くの平均的な入浴施設における、必要十分な管理レベルの設定については今後の課題としたい。

1.5.1 宮崎県日向市の温泉施設

平成 14 年 7 月 1 日に開業、7 月下旬にレジオネラ症の集団感染が発生し、その後浴場施設を改修、消毒方法、管理方法を改善して平成 15 年 11 月 13 日に営業を再開した。

平成 17 年 12 月 14 日に訪問し、現地施設の視察、管理状況のヒヤリングを行なった。訪問者は、(財)ビル管理教育センター高柳、(株)ユニ設備設計小川、泉、(株)ユアテック赤井、アクアス(株)縣。面談者は、温泉会社の施設長、副館長、設備長、参与。

(1) 施設の概要

原泉：湧出温度は 37℃、駐車場の原泉タンク（30m³）に貯留後、使用している。

除鉄装置：原泉を 5m³/h の除鉄装置で処理して、鉄・マンガンを除去している。

高温槽：除鉄した温泉水を 60℃に加温（ボイラ使用）して貯留している。浴槽に供給する時には、混合槽に貯留した常温温泉と混合して湯温を調整している。

ただし、常温温泉が不足する場合には混合槽に市水を供給して温泉と混合して使用している。高温槽は営業終了後 22 時から翌朝 4 時の 6 時間で温泉を 30m³貯留し、60℃以上に加熱して殺菌して、7 時から 1 時間の浴槽湯張りで使いきる。高温槽に貯留した後、4 時から 7 時までの 3 時間で混合槽 15m³に温泉を貯留し、湯張り時の湯温調整用希釈水に使用し、営業中は常時混合槽に温泉を供給し、浴槽補給に使用しており、混合槽には塩素消毒装置が設置されている。

浴槽：12 あった浴槽を温泉湧出量に見合う 5 浴槽に減らし、全ての浴槽を毎日完全換水方式に改めた。大浴槽（ヒバ、緑石）、露天風呂（2 浴槽）、洞窟風呂及び水風呂は循環式で、浴槽ごとにろ過器を有する。ろ過器のろ材は、開業当初セラミックであったが天然砂に変更した。浴槽については、浴槽内における循環湯の分散状況を着色剤を投入して検証して、滞留部位が生じないように吐出口を増やし、大浴槽には短時間での湯張りを可能にするために吐出口を新設した。また全ての浴槽を常時満水状態の保つように補給湯を流し込みオーバーフローする構造とするとともに、循環配管および水位検知用の連通管を浴槽換水時に完全に水抜きが出来る構造とした。

この他、使用するたびに換水する多目的浴槽（2 浴槽）がある。

塩素剤注入装置：各浴槽循環系には塩素剤の注入装置と、残留塩素濃度の監視・制御装置が設けられており、常時残留塩素濃度を調整（0.4～0.6mg/l）している。各浴槽の残留塩素濃度は、浴場施設入口に表示されるようになっている。
 営業時間：10時～22時

(2) 管理方法

① 毎日全換水

毎日、22時の営業終了後全浴槽の水抜きを行い清掃している。循環式であるが、毎日全換水するので浴槽水中の汚れは翌日に残らない。

② 浴槽水中の塩素濃度を常時監視して管理

ろ過器の手前配管から採水して、残留塩素測定計器により残留塩素濃度を連続的に測定し塩素剤（自動塩素発生装置で製造）の注入を制御している。塩素剤の注入点は、ろ過器の入口である。

この管理法により、浴槽水の残留塩素濃度は常時一定範囲に維持されている。

計器による残留塩素濃度の設定範囲は、0.4～0.6mg/lであり、実際の浴槽水の残留塩素濃度は0.5mg/lであった。

計器による連続監視制御に加えて、1日3回程度、人手による残留塩素濃度の測定（DPD法）を行って検証している。

③ ろ過器の消毒の徹底

ろ過器は設備改善によりろ材をセラミックから天然砂に変更した。ろ過器の手前の循環配管に塩素剤を添加するとともに、ろ過器は毎日逆洗するとともに、逆洗後塩素濃度1mg/l以上の浴槽水をろ過器循環系に1時間通水して消毒している。

④ 各種清掃と消毒

集毛器（ヘアーキャッチャ）は毎日、消毒・清掃を行う。浴槽のレベル管は毎日排水し、水位検知器（電極棒）付近から塩素剤を投入して消毒する。

⑤ 各種水槽の消毒管理

温泉水の高温貯湯槽は、温度を常時60℃以上に維持することで、細菌類の増殖を抑制している。湯温調整用の混合槽には塩素剤を添加し残留塩素を維持することで微生物の増殖を抑制している。また、各貯槽の汚れは週に一度点検し、生物膜の発生を確認した場合は槽内の清掃消毒を行う。生物膜の発生が無い場合も、1年に一度は槽内の清掃消毒を行ない、レジオネラ属菌検査を行っている。

(3) 水質等測定結果（平成17年12月14日15時 採水）

① 温泉の泉質（除鉄装置出口水）

項目	値 (mg/l)
pH	7.2
濁度	<0.5
色度	1
電気伝導率 (mS/m)	890

カルシウム硬度	440
マグネシウム硬度	88
アンモニウムイオン	<0.1
塩化物イオン	700
硫酸イオン	110
酸消費量 (pH4.8)	26
硝酸イオン	10
亜硝酸イオン	0.7
シリカ	10
鉄	<0.05
マンガン	<0.05
過マンガン酸カリ消費量	3
残留塩素濃度	0.3

除鉄装置の出口水であり、鉄・マンガンは除去されている。アンモニウムイオンが無く、pHはほぼ中性であり塩素剤の殺菌効果が発揮しやすい水質である。

② ヒバの大浴槽水

項目	値
pH	7.8
残留塩素濃度	0.5mg/l
酸化還元電位(Ag/AgCl)	570mV
レジオネラ属菌数	不検出 (10CFU/100ml未満)

緑石の浴槽水

項目	値
pH	7.9
残留塩素濃度	0.5 mg/l
酸化還元電位(Ag/AgCl)	550 mV

③ 水質について

塩化物イオン濃度が高く、食塩成分を多く含む水質である。アンモニウムイオンが存在せず、pHは8以下、除鉄処理されていることもあり、塩素剤の添加により遊離残留塩素が確実に確保され、殺菌効果が発揮されやすい水質である。

(4) 衛生管理のポイント

- ① 浴槽水の遊離残留塩素濃度は、計器による連続的な監視制御により常時0.4から0.6mg/lの範囲内で安定に維持されている。温泉水質は塩素剤が殺菌効果を発揮しやすい水質であり、この遊離残留塩素濃度の維持により浴槽水の殺菌効果は十分に確保されている。
- ② 浴槽水は、毎日全換水を行っており入浴者起因の汚れは翌日に持ち越されない。
- ③ ろ過器は営業終了後、毎日逆洗し捕捉された汚れを確実に排出するとともに、逆

洗後に 1mg/l 以上の塩素を含む浴槽水をろ過器循環系統に 1 時間循環することで、配管、ろ材の消毒を行なっている。また、営業時間中はろ過器の手前に塩素剤を注入、安定した濃度の遊離残留塩素を含む循環水（浴槽水）を通水することで、ろ過器内部ろ材の微生物汚染を抑制できている。

- ④ 貯槽類は 60℃ 以上の高温維持、あるいは遊離残留塩素濃度により微生物の増殖を抑制している。
- ⑤ 集毛器（ヘアーキャッチャ）や、浴槽のレベル管の消毒・清掃を徹底している。

ろ過器を有する循環式浴槽であり、設備ごとの殺菌処理を適切に行なうことで衛生管理が行なわれている。循環浴槽系は塩素剤の安定維持による管理、高温貯槽は 60℃ 以上の高温維持による管理、湯温調整用の混合槽は塩素剤による管理となっている、ろ過器のろ材の微生物汚染には特に注意した管理となっており、毎日の逆洗、その後の塩素水による循環消毒が行われている。本温泉施設は、温泉の水質が水道水と同様に塩素による殺菌効果が得やすいこともあり、塩素による処理を徹底することで良好な衛生管理が行なわれている。

1.5.2 鹿児島県の温泉施設

平成 14 年 8 月 10 日に開業、8 月下旬にレジオネラ症の集団発生があり、改善策を実施し同年 11 月末に再開業。開業当初はろ過器を有する循環式であったが、設備改善によりかけ流し方式（プラス塩素殺菌）に変更し、衛生管理を強化した。

平成 17 年 12 月 15 日に訪問し、現地施設の視察、管理状況のヒヤリングを行なった。訪問者は、(財)ビル管理教育センター高柳、(株)ユニ設備設計小川、(株)ユアテック赤井、アクス(株)縣。面談者は、温泉施設の支配人、副支配人、設備管理担当の主任。

(1) 施設の概要

原泉：湯温は 57℃、湧出量は 222L/min (13.3m³/時間)。温泉施設から約 500m 離れた原泉井近くの 20m³ タンクからポンプで送っている。

井水：湯温調整用に井水を使用、井水貯槽は塩素殺菌を実施。

原泉と井水は機械室の混合弁にて混合、湯温調整し塩素剤を添加している。

浴槽：洋風（リラックス、イベント、露天、歩行）。和風（リラックス、イベント、露天、歩行）があり、合計の保有水量は 112m³。

付帯設備：ジェット、歩行浴の水流装置を有しそのための循環系統がある。

営業時間：朝 6 時～9 時、昼夜 10 時～22 時

入浴者数：平日 300～400 人 休日 800 人 程度（年間 13,000 人）

(2) 管理方法

① 毎日全換水

毎日、22 時の営業終了後全浴槽の水抜きを行い清掃している。作業としては深夜 0 時を過ぎて 2 時頃まで掛かっている。

湯張りは夜中に行い、朝 6 時の営業開始に備える。湯張り時間は 3.5 時間。

② 掛け流し方式

温泉の湯量が豊富なため、ろ過循環をせずにかけて流し方式としている。清掃時間を除き、約 20 時間での湯量は 260m³、これに湯温調整の井水が加わるため湯張り後、一日あたり約 2 回は湯が入れ替わっていると思われる。

③ 浴槽水中の塩素濃度を管理

原泉系統は湯温が 57℃と高いため塩素は添加していない。温度調整の加水に使用する井水は塩素を添加している。

機械室で温泉水と井水が混合された後、塩素剤を添加して補給湯中の塩素濃度を確保、及び浴槽水中の残留塩素濃度を維持している。

塩素濃度の測定は、10 時、15 時、20 時に実施。

残留塩素は、0.2～0.5mg/l 程度に維持されている。

④ 清掃

機械室と浴槽の間の配管は、1 年に一度洗浄。

ジェット・パイプの循環系配管やノズル類は、月に一度洗浄実施。

温泉水タンク (20m³) は、月に一度洗浄実施。

⑤ 浴槽の維持管理には 3 名あたり、2 交代制となっている。

(3) 水質等測定結果 (平成 17 年 12 月 15 日 15 時 採水)

① 原泉の泉質

項目	値 (mg/l)
p H	8.5
濁度	0.8
色度	3
電気伝導率 (mS/m)	210
カルシウム硬度	26
マグネシウム硬度	16
アンモニウムイオン	5.1
塩化物イオン	12
硫酸イオン	<5
酸消費量 (p H 4.8)	1200
硝酸イオン	<0.1
亜硝酸イオン	0.15
シリカ	45
鉄	0.07
マンガン	<0.05
過マンガン酸カリ消費量	12
酸化還元電位(Ag/AgCl)	200mV

温泉水はアンモニウムイオンが存在するので、塩素剤を添加した場合、残留塩素は結合型で存在している可能性が高い。

② 浴槽水（和式リラックス浴槽）

項目	値
残留塩素濃度	電極法では 0.1mg/l DPD 法では 0.8~1.0mg/l（徐々に発色が強くなる）
酸化還元電位(Ag/AgCl)	390mV
レジオネラ属菌数	不検出（10CFU/100ml 未満）

③ 水質について

本温泉水は酸化還元電位が低く、浴槽水でも 390mV であった。また、アンモニウムイオンが存在するため、添加した塩素剤は結合型となりやすい。

酸消費量 pH4.8 が高い値であり、pH もアルカリ性のため塩素剤の効果が弱くなる傾向がある水質といえる。

（4）衛生管理のポイント

- ① かけ流し方式なので、ろ過器がなくろ材の洗浄が不要である。
- ② かけ流し方式なので、ヒト由来の汚れが浴槽水に溜まることなくオーバフローにより排出される。しかも、毎日完全換水なので浴槽水の汚れが翌日に残らない。
- ③ 原泉は 57℃なので、塩素殺菌を行っていない。原泉タンクは毎月 1 度清掃を行っており高温に加えて清掃で衛生管理が出来ている。
- ④ 温度調整用の井水には貯槽から塩素を添加して殺菌している。
- ⑤ 原泉と井水の混合後は、塩素剤を加えて殺菌処理している。このため、混合後の供給配管、浴槽水は塩素による殺菌効果を持たせた管理としている。
- ⑥ 浴槽にはジェットや歩行浴の流水系統があるが、残留塩素を含む浴槽水が循環している。また、月に一度、殺菌洗浄を行っている。
- ⑦ 浴槽は毎日全換水により、清掃を行っている。
- ⑧ 浴槽のバイブラ装置はスケールが付着するので月に一度清掃している。

かけ流し温泉の利点を活かして、汚れを浴槽系に溜めない管理となっている。原泉にはアンモニウムイオンが含まれ、塩素は結合型となっている可能性が高く、浴槽水の pH も高いことから塩素剤の効きが弱まる水質であるが、汚れ分が蓄積しないこと及び毎日の全換水+清掃の徹底により浴槽水のレジオネラ属菌は不検出となっている。

かけ流し式の利点に加え、日常的な清掃の徹底が、重要であることを示している。

1.5.3 まとめ

宮崎県の温泉施設では、塩素剤が効きやすい泉質であり、遊離残留塩素を確実に維持することで管理している。循環式であるため、ろ過器のろ材の汚染管理の徹底と、毎日の全換水による溶解性汚れの蓄積防止を併せて行なっている。

鹿児島県の温泉施設では、塩素剤の効果が弱まる泉質であるが、かけ流し方式とすることにより、ろ過器のろ材や循環系への汚れ蓄積の懸念をなくした設計となっている。これに毎日の全換水と清掃を加えて浴槽系の微生物汚染の定着が無いような管理となっている。

各施設とも、供給系統の貯槽水では高温処理、あるいは塩素剤処理により微生物汚染防止対策が行なわれている。

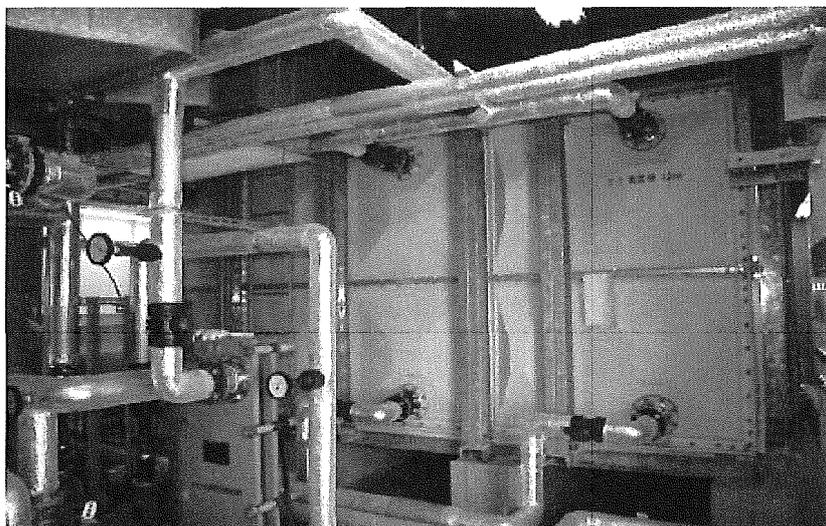
両施設とも、レジオネラ症の集団感染発生の経緯から万全の維持管理体制を構築して、ほぼ理想的な安全対策を施している。設備構造はレジオネラ症集団発生当時とは大きく改造されており、微生物制御がしやすい設備となっているが、依然として複雑な配管構成などの設備上の課題を管理運用面でカバーしながら設備を運用するために、維持管理経費がかなり高額になり、同様の体制を一般の民間施設に適用するのは経済的に困難と思われる。

設備設計において最初からレジオネラ属菌対策を目的とした配慮を適切に行なうことにより、経済的に運用可能な維持管理手法を検討・確立する必要がある。

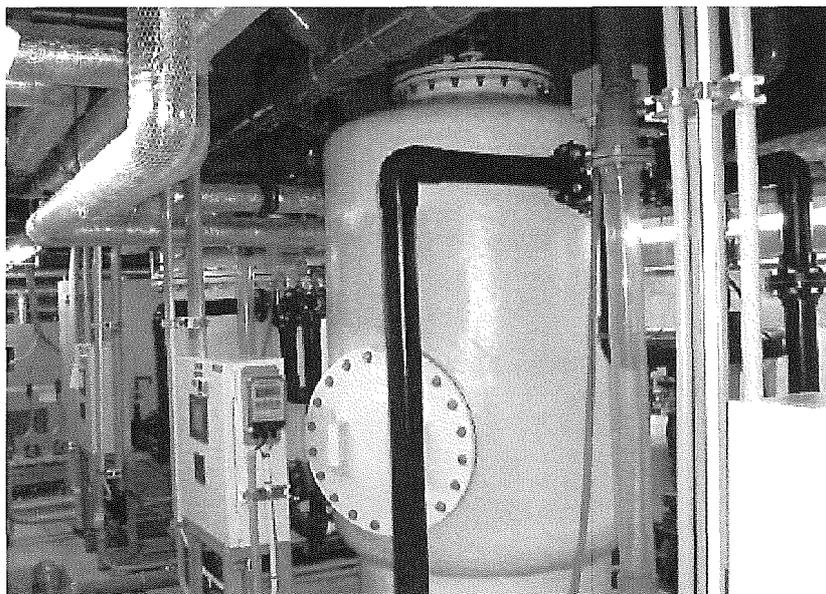
(担当者：縣 邦雄)



原泉タンク
30 m³容量、温度は湧
出温度37℃～常温

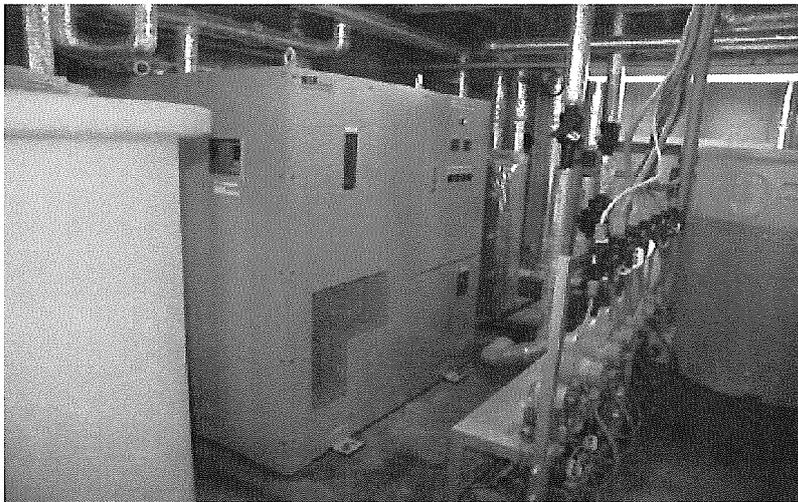


高温槽
除鉄した温泉水を60℃
以上で時留し浴槽に供給

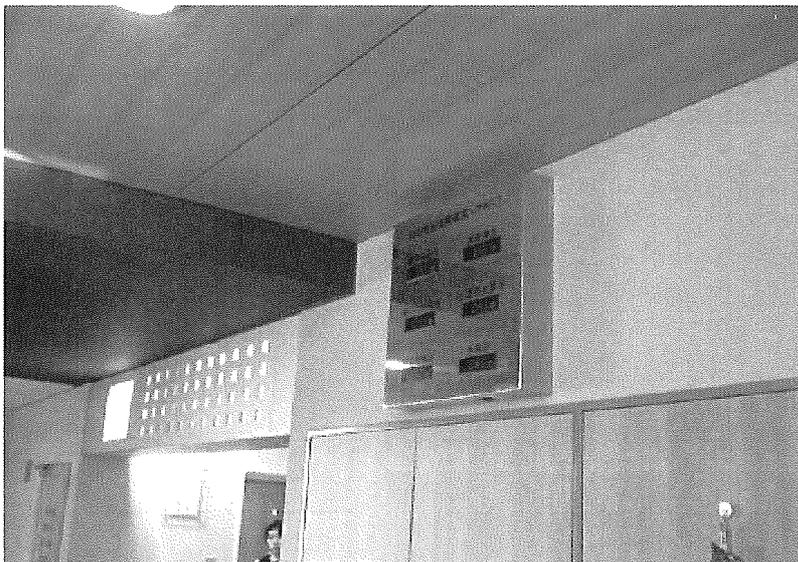


ろ過器と塩素管理計器
ろ材は砂を使用、入口水
の残留塩素濃度を連続的
に監視し、塩素剤の注入
を制御。塩素剤の注入点
はろ過器の入口配管。

写真 1.5.1(1) 宮崎県日向市の温泉施設



塩素剤注入装置
塩素剤の発生装置と各浴槽系へ塩素剤を注入する薬注ポンプ

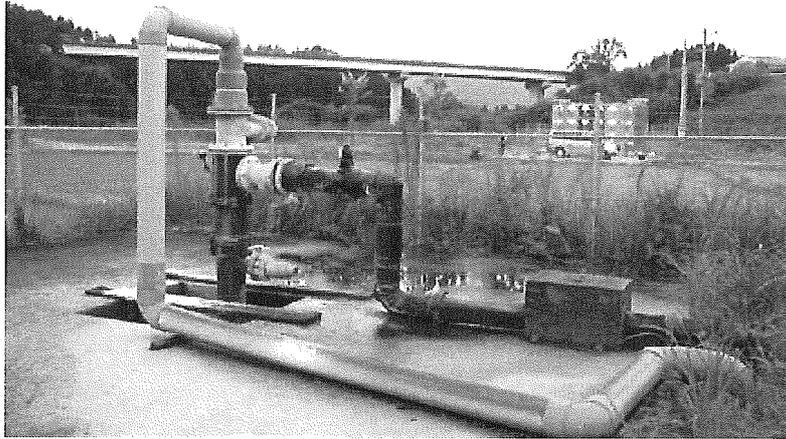


入口の塩素濃度表示
温泉施設の入口に、各浴槽の現在の残留塩素濃度を表示している。

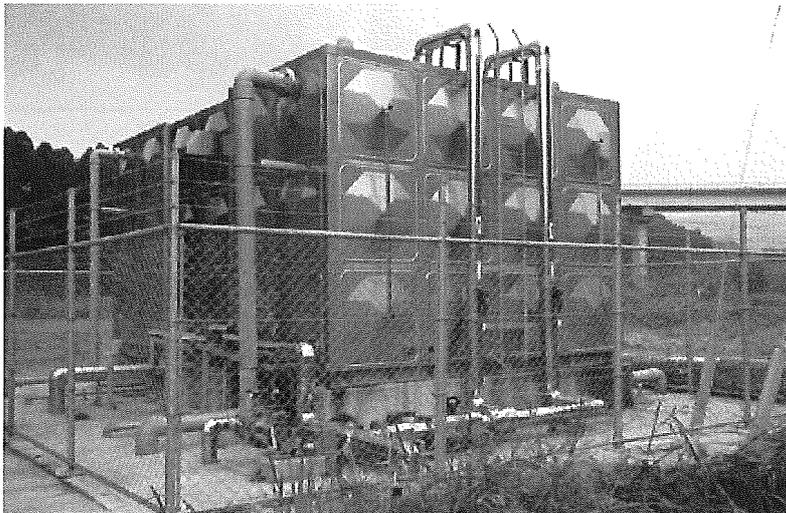


ボイラ設備
高温槽の温泉水を常時60℃以上に加温するために深夜電力ヒートポンプに加えてボイラを設置。これにより、高い温度の維持、湯量の供給量確保が可能となった。

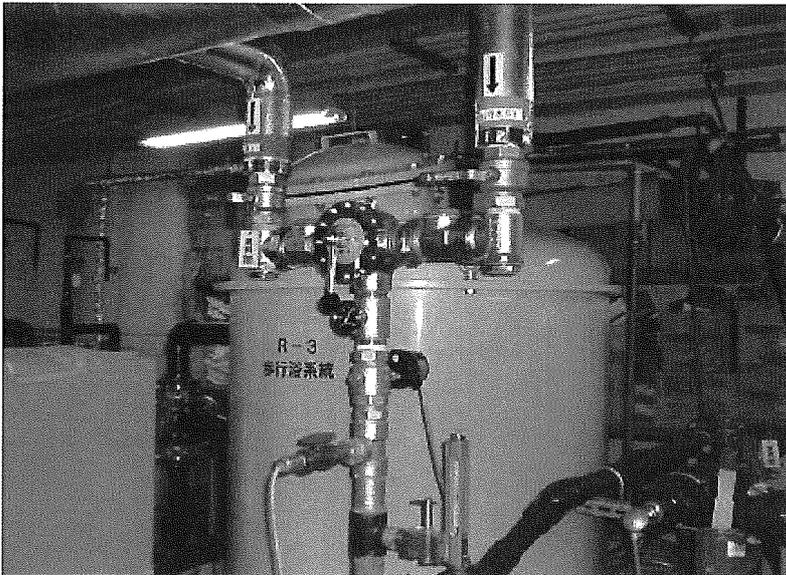
写真 1.5.1(2) 宮崎県日向市の温泉施設



原泉井戸
温泉施設から
約500m

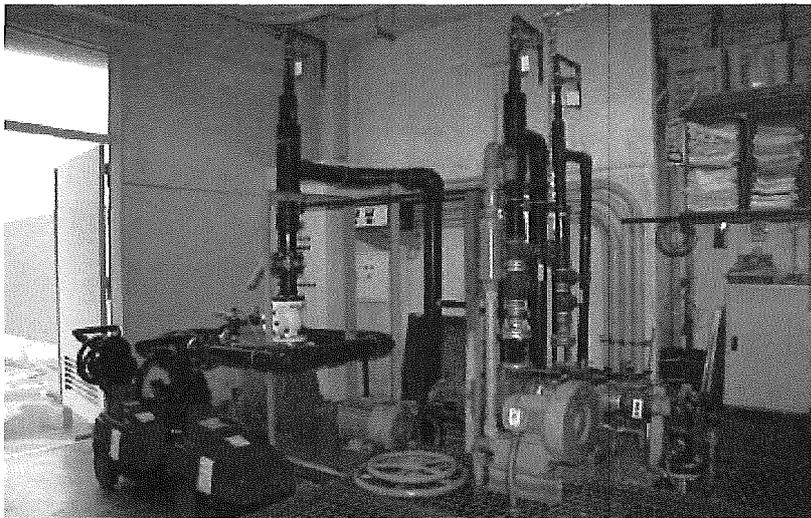


原泉タンク
(容量 20m³)



機械室の混合弁
温泉水と井水を混合
混合後の配管に塩素
剤を注入

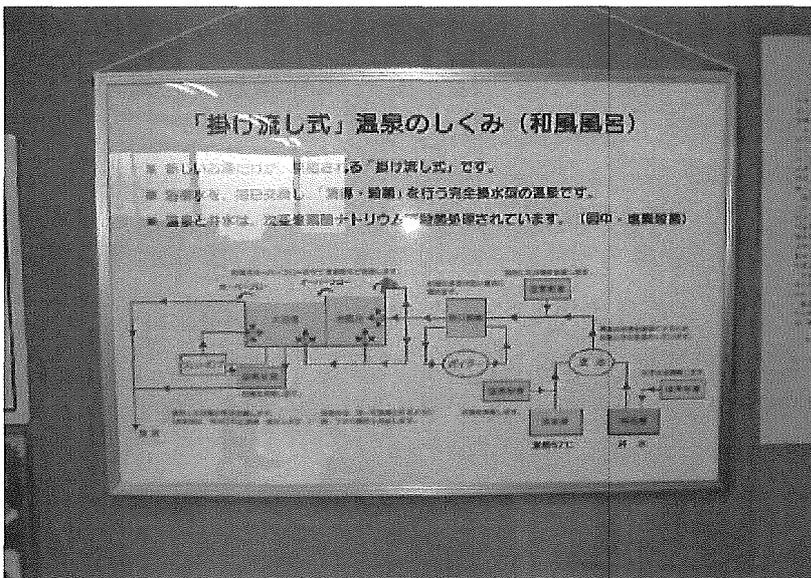
写真 1.5.2(1) 鹿児島県東郷町の温泉施設



ジェット循環ポンプ
と
歩行浴の流水ポンプ



和式浴槽の内部
窓の外が露天風呂
と歩行浴



更衣室にある浴場施
設の仕組みに関する
案内板

写真 1.5.2(2) 鹿児島県東郷町の温泉施設

2. 循環ろ過の性能

2.1 循環ろ過器による水質の影響

2.1.1 目的と実験概要

本実験は、ろ過器による塩素等消毒剤の捕捉量を把握することを目的に行った。実測は平成17年11月上旬に福岡県で行った。「2.2 ろ過器の性能評価法に関する実験」と同じ装置（写真2.1.1）を使用したのので、詳細はそちらを参照願いたい。

実験は、循環系に塩素等消毒剤等を水槽の中の水に投入し、30分以上ろ過循環させた後に一過式に切り替えて運転し、採水した。一過式でデータを採取した意図は、ろ過器で捕捉されて、徐々に消毒剤の濃度が希釈するのを防ぐためである。

採水はろ過器手前で採水して、その後120秒後にろ過器後で採水した。タイムラグを取った意図としては、ろ過器手前を通過した水と、ろ過器後でもほぼ同じ水を採取しようとしたためである。ただし、ろ過器内の外周部と中央部との流速の違いや予想遅れ時間と実際の採水遅れ時間の違い、誤差等もあるために、データにばらつきが生じていることは否めない。

本実験は、消毒剤にトリクロロイソシアヌル酸錠剤を使用した場合と二酸化塩素を使用した場合の2種類実施した。濁度は研究室に持ち帰って計測したが、遊離残留塩素濃度、結合残留塩素濃度と二酸化塩素濃度は、実験場で採水後、直ちに計測した。遊離残留塩素濃度は、電極式とDPD試薬による吸光度式の2方式で計測した。

実験の諸条件は、下記の通りである。

- (条件) ろ過器 LV 値 40m/h
水温 約 40℃
室温 トリクロロイソシアヌル酸錠剤による実験時：約 25.5℃
二酸化塩素による実験時：約 23.0℃
湿度 トリクロロイソシアヌル酸錠剤による実験時：約 42%RH
二酸化塩素による実験時：約 32%RH

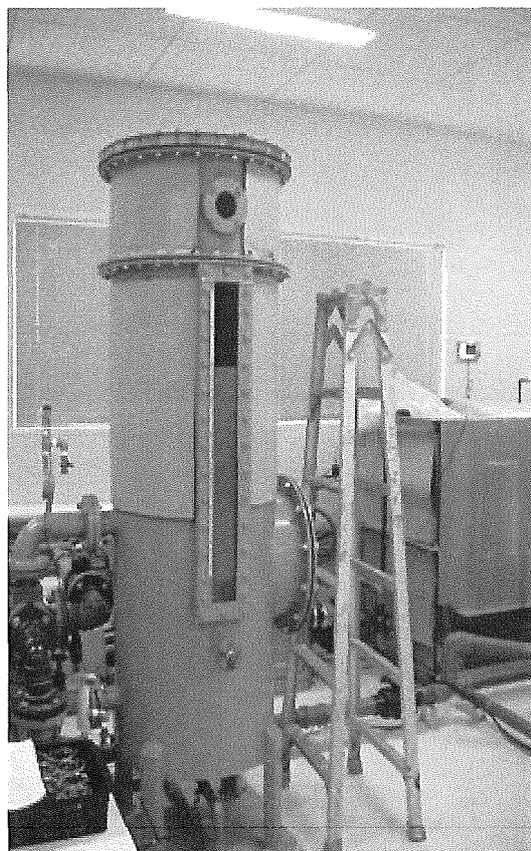


写真 2.1.1 使用したろ過器

2.1.2 試験結果

ろ過器前後の水質の変化は、表 2.1.1 と表 2.1.2 である。ろ過器前後の遊離残留塩素の濃度比率（残留率）には、トリクロロイソシアヌル酸錠剤を使用した場合でも、二酸化塩素を使用した場合でも、大きな違いは見られなかった。二酸化塩素そのものは、ろ過器ではほとんど消費されることがわかった。

表 2.1.1 トリクロロイソシアヌル酸錠剤使用時のろ過器前後の水質変化

ろ過器前後別	測定経過時間(秒)	濁度(度)	遊離電極式塩素(mg/L)	遊離吸光度法塩素(mg/L)	結合吸光度法塩素(mg/L)	総残留吸光度法塩素(mg/L)
ろ過器手前	0	0.34	0.78	0.76	0.05	0.81
	150	0.34	0.70	0.76	0.05	0.81
	300	0.13	0.70	0.76	0.11	0.87
	450	0.13	0.68	0.80	0.07	0.87
	平均	0.23	0.72	0.77	0.07	0.07
ろ過器後	120	0.16	0.70	0.74	0.01	0.75
	270	0.16	0.46	0.43	0.20	0.63
	420	0.16	0.69	0.79	0.11	0.90
	570	0.13	0.67	0.80	0.12	0.92
	平均	0.15	0.63	0.69	0.11	0.11
ろ過器前後差 (消費量)	0	0.19	0.08	0.02	0.04	0.06
	150	0.19	0.24	0.33	-0.15	0.18
	300	-0.03	0.01	-0.03	0.00	-0.03
	450	0.00	0.01	0.00	-0.05	-0.05
	平均	0.09	0.09	0.08	-0.04	-0.04
	標準偏差	0.12	0.11	0.17	0.08	0.10
ろ過器前後比 (濃度比)	0	45.3%	89.7%	97.4%	20.0%	92.6%
	150	45.3%	65.7%	56.6%	400.0%	77.8%
	300	124.8%	98.6%	103.9%	100.0%	103.4%
	450	100.0%	98.5%	100.0%	171.4%	105.7%
	平均	78.9%	88.1%	89.5%	172.9%	94.9%

表 2.1.2 二酸化塩素使用時のろ過器前後の水質変化

ろ過器前後別	測定経過時間(秒)	濁度(度)	遊離電極式塩素(mg/L)	遊離DPD吸光度法素(mg/L)	結合DPD吸光度法素(mg/L)	総DPD残留光度法素(mg/L)	二酸化塩素(比色式)(mg/L)
ろ過器手前	0	0.28	0.41	0.50	0.03	0.53	0.22
	150	0.34	0.48	0.51	0.08	0.59	0.13
	300	0.31	0.47	0.48	0.13	0.61	0.14
	450	0.28	0.46	0.46	0.14	0.60	0.13
	平均	0.30	0.46	0.49	0.10	0.07	0.16
ろ過器後	120	0.16	0.22	0.29	0.04	0.33	0.17
	270	0.13	0.42	0.47	0.10	0.57	0.16
	420	0.13	0.45	0.49	0.00	0.49	0.14
	570	0.16	0.47	0.52	0.10	0.62	0.14
	平均	0.14	0.39	0.44	0.06	0.11	0.15
ろ過器前後差 (消失量)	0	0.12	0.19	0.21	-0.01	0.20	0.05
	150	0.22	0.06	0.04	-0.02	0.02	-0.03
	300	0.19	0.02	-0.01	0.13	0.12	0.00
	450	0.13	-0.01	-0.06	0.04	-0.02	-0.01
	平均	0.16	0.06	0.05	0.04	-0.04	0.00
	標準偏差	0.05	0.09	0.12	0.07	0.10	0.03
ろ過器前後比 (濃度比)	0	55.7%	53.7%	58.0%	133.3%	62.3%	77.3%
	150	36.3%	87.5%	92.2%	125.0%	96.6%	123.1%
	300	39.9%	95.7%	102.1%	0.0%	80.3%	100.0%
	450	55.5%	102.2%	113.0%	71.4%	103.3%	107.7%
	平均	46.9%	84.8%	91.3%	82.4%	85.6%	102.0%

結合残留塩素濃度は、ろ過器後の方が大きな値になっている例が多く見られる。遊離残留塩素が反応して結合残留塩素に変わったとも推測できる。例えば表 2.1.1 のろ過器手前・150 秒の結合残留塩素濃度は 0.05mg/L であるが、ろ過器後・270 秒の結合残留塩素は 0.20mg/L に上昇している。ところが遊離残留塩素濃度 (DPD 吸光度法) で見ると、ろ過器手前・150 秒では 0.76mg/L であったものが、ろ過器後・270 秒では 0.43mg/L と大きく減少している。総残留塩素濃度で見ると、ろ過器手前・150 秒では 0.81mg/L であっ

たものが、ろ過器後・270秒では0.63mg/Lとなっている。

遊離残留塩素濃度のろ過器前後の濃度比(DPD吸光光度法)が56.6%と大きく減少し、結合残留塩素濃度が400.0%と増加し、総残留塩素濃度が77.8%と減少している。このことからろ過器内で遊離残留塩素が結合残留塩素に変化したものと考えられる。

換言すれば、アンモニア性窒素等と化学反応して遊離残留塩素濃度が結合残留塩素となる塩素と、反応の少ない二酸化塩素の性質の違いが、ろ過器前後の濃度変化にあらわれている。

濁度の濃度比率は、二酸化塩素での場合の方が、トリクロロイソシアヌル酸錠剤より大きいように見える。しかし、トリクロロイソシアヌル酸錠剤のろ過器手前の300秒と450秒の値(共に0.13)が、他の濁度の値(0.28~0.34)と比べて異常に小さい値となっていることから、全体を俯瞰的見地から見ると大差はないと判断する。

(担当：赤井仁志)