

(3) 夜と翌朝の挙動

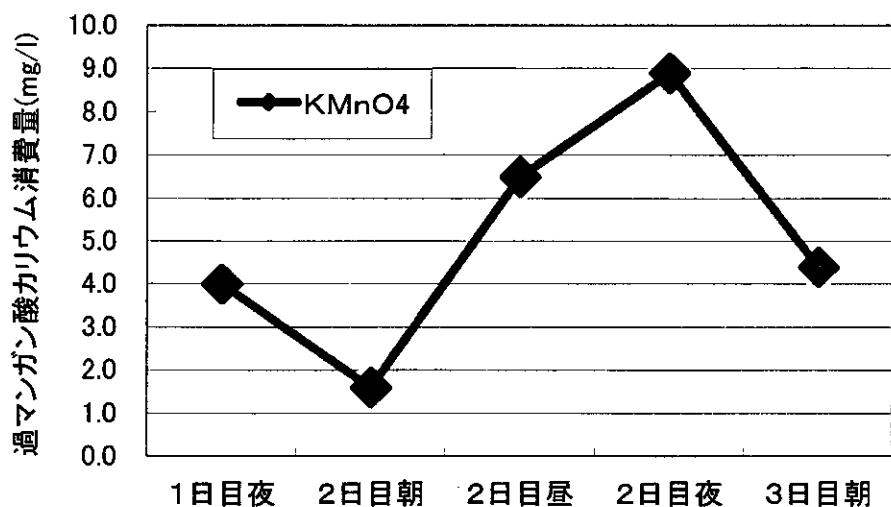
土曜日の夜から、月曜日の朝にかけて、夜と翌朝の過マンガン酸カリウム消費量の挙動を表9と図23に示す。

表9 浴槽水中の過マンガン酸カリウム消費量の変化

	1日目夜	2日目朝	2日目昼	2日目夜	3日目朝
時刻	20:30	8:30	16:00	20:50	8:50
過マンガン酸カリウム消費量	4.0	1.6	6.5	8.9	4.4

(単位: mg/l)

図23 過マンガン酸カリウム消費量の挙動



浴槽水中の過マンガン酸カリウム消費量濃度は、日中は入浴者による汚れ持込のために増加しており、夜から朝にかけて減少していることがわかる。

日中の増加は、前項で計算したシミュレーションにより解析される。

夜から朝にかけての減少は、夜間ろ過装置の逆洗時に浴槽水を大量にオーバーフローしていることによっている。

浴室2の場合は、夜間に9200L程度のオーバーフローを行なっている。これは、浴槽水容量13.5m<sup>3</sup>の68%に相当する。

過マンガン酸カリウム消費量濃度は、1日目夜から2日目朝では60%の低下、2日目夜から3日目朝では50%の低下である。これは、夜間のオーバーフローによる浴槽水の希釈効果が得られていることを示している。

## 6. まとめ

循環式浴槽施設において、設備構造の適切化及び維持管理を徹底することにより、2年間以上にわたり常時浴槽水中のレジオネラ属菌数を不検出の状態でも運転することが出来た。主なポイントは以下の通りである。

- ① 塩素剤による消毒処理を基本としている。
- ② 浴槽水の遊離残留塩素濃度をきめ細かく測定し調整している。
- ③ ろ過装置のろ材に汚れがたまらないように逆洗・消毒を徹底している。
- ④ 汚れがたまりやすく、逆洗を行いにくい特殊なろ材（活性炭・セラミックボール）の使用は中止した。
- ⑤ 浴槽水を計画的にオーバーフローし、浴槽水中の過マンガン酸カリウム消費量成分を排出し、濃度を適正に維持している。

本調査研究では、上記内容について実際の設備内容を写真で示し、解説するとともに、管理手法の詳細を示した。

設備改善と管理の徹底により、良好な衛生管理状態が維持される一方、課題も残されていることが明らかになった。

- ① 設備改善に費用が掛かること。
- ② 徹底した維持管理を行なうためには、管理費用、主として人件費がかかること。  
本施設の場合、朝8時から夜21時まで1人の専任管理者が必要であり、また、設備メンテナンスの際には更に要因が必要である。  
このほか浴場施設の清掃・消毒にパートタイム従業員が必要になる。
- ③ 本施設は水源として水道水を使用しているが、温泉水などの特殊な水質では塩素剤が有効に使用できない場合もあり、管理手法の確立が必要である。

本調査研究の成果として、浴槽系の殺菌を徹底した場合に問題となる、浴槽水中の過マンガン酸カリウム消費量の蓄積についても、実際のデータをもとにモデルを構築し、シミュレーションを行なうことが出来た。

今後、浴槽水の過マンガン酸カリウム消費量計算の実用的手法として活用されることが期待される。

本調査研究により、循環式浴槽の衛生管理の手法の具体的内容が明確になったので、今後各浴槽施設においては本管理手法を参考にし、各施設の実情に合わせた管理手法を確立され、広く浴槽水の衛生管理の向上に寄与することを期待する。

厚生労働科学研究費（厚生科労働学特別研究事業）

分担研究報告書

循環式浴槽システムにおける微生物管理手法に関する研究

掛け流し式浴槽水のレジオネラ汚染調査

分担研究者： 杉山 寛治（静岡県環境衛生科学研究所）  
遠藤 卓郎（国立感染症研究所 寄生動物部）

研究協力者： 大畑 克彦（静岡県環境衛生科学研究所）  
鈴木 光彰（静岡県環境衛生科学研究所）  
八木田健司（国立感染症研究所 寄生動物部）  
泉山 信司（国立感染症研究所 寄生動物部）

循環式と対比される掛け流し式温泉 8 施設の源泉、貯湯槽と 12 ヶ所の浴槽水を採水し、レジオネラ等の汚染状況を調査した。調査対象としたいずれの施設においても、循環式浴槽に比べて検出された菌数ならびにその分布は低いものであった。その傾向は洗浄・換水後の経過日数にかかわらず低く、宿主アメーバの検出率、ならびに検出数も少ないことが示された。一部には汚染が継続している施設も存在したが、貯湯槽の汚れ、あるいは換水時の洗浄。消毒の不徹底が原因しているものと推測された。さらに、浴槽壁にレジオネラを含むバイオフィルムの付着が確認された施設もあった。その対策として、貯湯槽や浴槽壁の塩素剤（殺菌）や高圧水（バイオフィルムの物理的除去）による殺菌・洗浄が考えられた。掛け流し式の浴槽で微生物汚染が少ない理由として、常に溢水されていること、また、短期間のうちに適切な洗浄・換水が繰り返されることなどにより希釈効果が発揮されているものと考えられた。また、何よりもろ過装置が設置されていないことから、レジオネラ等の微生物の供給源を持たないという決定的な利点があるものと考えられる。今回の調査からは、調査施設の使用状況が異なること、入浴による浴槽水への負荷が一定ではなく、さらに換水時の洗浄方法も様でないことから、連続使用が可能な日数等を算出することはできなかった。掛け流し式浴槽は豊富な温泉湧出量が前提の施設であること、あるいは地下資源としての温泉保護の観点からは対極にある装置といえるが、構造が単純で、微生物管理が容易であることは強調されるべき利点である。

実証用の循環式浴槽を用いた実験において、塩素管理下の浴槽にボランティアが入浴することで自然発生的に浴槽系にレジオネラの定着・増殖を観察した。この系において特筆される点は、塩素投入を停止すると速やかに残留塩素が枯渇し、それに伴って一般細菌類（従属栄養細菌）が短期間のうちに検出されるようになること、次いで宿主アメーバ類が検出され、さらに、これに呼応してレジオネラが検出されるようになった。すなわち、ろ過槽等の設備を備え、長距離にわたる配管系を有する装置にあっては、たとえ塩素投入を継続しても、早晚系内に有機物の蓄積が進行し、結果的にレジオネラ汚染につながることを確認された。したがって、このような施設にあってはレジオネラ汚染防止には継続的な塩素投入による管理が必須であること、また、有機物の蓄積を最小限に止める対策が必要であると結論される。

## A. 研究目的

わが国で報告されているレジオネラ属菌集団感染は循環式浴槽と関連していたことはこれまでの報告にあるとおりである。循環式浴槽、特に生物浄化型方式では微生物の高濃度の繁殖がアメーバひいてはレジオネラ属菌発生の温床となっており、事故につながったと考えられている。一方、溢水と洗浄・換水による管理方式をとっている非循環式浴槽、すなわち掛け流し式浴槽では水の循環利用がないことから、循環式浴槽で指摘されているところのろ過装置でのバイオフィーム形成と高濃度の微生物繁殖は存在せず、レジオネラ属菌が高濃度に発生することは原理上考えにくい。本研究では、非循環式浴槽の利点に焦点を当てることを目的として、汚染実態の調査、ならびに管理についての検討を行ったので報告する。

あわせて、実証試験用の循環式浴槽を用いて、その使用状況と微生物汚染の推移を観察し、有効な消毒方法を検討した。

## B. 材料および方法

掛け流し式浴槽とは、循環系および追い炊き機能をもたない浴槽で、1日あたりの溢水量が浴槽容量以上の浴槽をさす。I地区にある掛け流し式浴槽をもつ8施設のうち、貯湯槽をもたない4施設の源泉と、貯湯槽をもつ4施設の貯湯槽内の湯についてレジオネラの汚染状況を検討した。これらを源泉として用いている掛け流し式浴槽12ヶ所の浴槽水を、2002年10月、11月、2003年1月、2月の4回採水し、レジオネラ、宿主アメーバ、従属栄養細菌(42°C培養)の汚染状況を調査した。また、施設ごとに、洗浄や換水等の衛生管理状況を調査して、レジオネラ等の微生物汚染との関連を調べた。

実証試験用の循環式浴槽は図1に示すように、浴槽、水流ポンプ、ヒーター、ヘアキャッチャー、ろ過槽等々を完備し、合わせて、配管系に多数の接続口を設けて材質の異なる管を組み込み、内壁の汚れ具合、あるいは新たな殺菌装置を組み込めるよう設計されている。これを用い、塩素管理下でボランティアによる入浴により自然発生的なレジオネラ汚染を観察した。また、洗浄方法、塩素管理方法等々を検討した。

## C. 研究結果

### 1. 掛け流し式浴槽水のレジオネラ属菌、宿主アメーバ、従属栄養細菌の汚染状況

掛け流し式浴槽水のレジオネラ属菌の汚染率は59.5%(25/42)であり、不検出が40.5%(17/42)であった(表1)。レジオネラ属菌汚染菌数は $10^1$ 個台が45.2%(19/42)、 $10^2$ 個台が14.3%(6/42)で、同時期に行った循環式浴槽水の汚染菌数に比べ少なく、掛け流し式の浴槽水では最高値でも190 CFU/100mLであった。対照として同時期に測定した循環式浴槽水での最高値は $1.9 \times 10^5$  CFU/100mLであった。

掛け流し式浴槽水からは、ハルトマンネラ、ネグレリア、アカントアメーバなどのレジオネラ宿主アメーバ類が検出されたが、アメーバの汚染率は16.7%(6/36)で、最大検出数も0.3個/mlと少なく、レジオネラ検出との間に相関は認められなかった。42°Cの培養温度で発育した従属栄養細菌数はいずれも $10^4 \sim 10^5$  CFU/mlであり、レジオネラ検出との相関は認められなかった(data not shown)。さらに、掛け流し式浴槽の洗浄・換水経過日数とレジオネラ汚染頻度との明瞭な相関はなく、洗浄・換水1日後でもレジオネラが検出される浴槽があり、5日後でも検出されない浴槽があった(図2)。

施設別のレジオネラ検出状況を表1より読みとると、温泉源泉からは、A～Dと標記した4施設のいずれからも、レジオネラは検出されなかったが、貯湯槽の湯(E～H)からは4施設中2ヶ所から述べ3回レジオネラが検出された(E施設: 10 CFU/100ml、H施設: 10 CFU/ml、60 CFU/100mL)。貯湯槽の湯からレジオネラが検出された施設の掛け流し浴槽水からは、時期をかえても、レジオネラが繰り返し検出されるものがあった。さらに、貯

湯槽の湯を物理的に攪拌したあとは、貯湯槽内面のバイオフィルムの剥離によると思われるレジオネラ属菌数の異常値 1,100 CFU/100mL が浴槽水より検出された。

源泉や貯湯槽の湯からレジオネラが検出されなかった施設においても、浴槽水からレジオネラが繰り返し検出されることがあった。そのような施設では、浴槽壁面の湯の表面と接する箇所にスケール状のバイオフィルムの付着があり、そこに高い菌数(浴槽壁からかきとったバイオフィルムを含む浴槽水中のレジオネラ属菌数 7,000 CFU/100mL)でのレジオネラの生息が確認された。これらの施設において、貯湯槽や浴槽壁を塩素剤(殺菌)や高圧水(バイオフィルムの物理的除去)で殺菌・洗浄することで、レジオネラの除去を図ったが、その徹底は必ずしも容易ではなかった。レジオネラ汚染が継続した複数の施設は、貯湯槽が埋設式であって、雨水や土壌などの外部からの汚染が考えられた。貯湯槽の定期的な殺菌洗浄(バイオフィルムの除去)も実施されていなかった。また、ある施設では、換水時の浴槽壁の殺菌・洗浄が不十分なことによると思われる浴槽壁のバイオフィルムの残存が肉眼的にも確認でき、培養でレジオネラも証明された。

レジオネラ汚染がない施設における管理状況は、源泉または貯湯槽への外部からの汚染がない配管やタンク等の構造を備えていること、貯湯槽は年に 1~2 回高圧水などによる洗浄を実施していること、浴槽の換水、洗浄時には4ないし6%次亜塩素酸ナトリウムを直接、浴槽壁に散布し、殺菌洗浄しているなどといった共通点が確認された。

## 2. 実証用循環式浴槽におけるレジオネラを含む微生物叢の挙動とその制御

新規の実証用循環式浴槽に市水を満たし、塩素管理下(0.2-0.8mg/L)で1週間ボランティアが入浴を続けたところ、浴槽水の過マンガン酸カリ消費量が10mg/Lにまで上昇し、有機物の蓄積が確認された。次いで、入浴をやめるとともに塩素投入も中止した。この日を0日とし、継時的に微生物の発生状況を調査した。その結果、塩素投入停止後すぐに(0-1日目)一般細菌類が検出され、次いでアメーバ類が2日目、レジオネラは3-5日目以内に検出されるに至った(図3、表2)。検出されたレジオネラ菌数は塩素投入停止後8日目で $10^6$ CFU/100mlのレベルに達した。

$3.2 \times 10^5$ CFU/mlのレジオネラ汚染が観察された実証用循環式浴槽において、化学消毒を併用せずに換水のみを単独に行い、換水の効果を見た。その結果、換水直後の浴槽水にはレジオネラは観察されなかったが、翌日には $3.2 \times 10^4$ CFU/mlのレジオネラが検出された(表3)。次いで、当該実験装置を6%過酸化水素水を用いて循環洗浄を2時間行うとレジオネラはろ過装置を含む循環系のどの部分からも完全に消失した(表4)。しかしながら、過酸化水素洗浄では、洗浄後のすすぎに問題があることが判明した。すなわち、過剰の過酸化水素が系内に残留し、これを除かない限り塩素消毒が成立しなくなるという欠陥が生じた(表5)。

同様に、50mg/Lの塩素水を用いて洗浄・消毒を試みたところ、配管系のつなぎに使用しているゴムのパッキング部分ならびにヘアキャッチャー部分からレジオネラが検出された。

## D. 考察

掛け流し式浴槽水のレジオネラ属菌汚染菌数は、洗浄・換水後の経過日数にかかわらず低く、宿主アメーバの検出率、ならびにその検出数が少ない傾向が認められた。その、原因は必ずしも定かでないが、掛け流し式浴槽水では常に溢水されていること、また、短期間のうちに適切な洗浄・換水が繰り返されることなどにより希釈効果が表われ、レジオネラ、宿主アメーバ等の量的汚染が低く抑えられるものと推測された。また、何よりもろ過装置が設置されていないことで、レジオネラ等の微生物の供給源を持たないという決定的な利点があるものと考えられる。

施設によっては、貯湯槽を備えているものがあるが、管理が不十分なことから貯湯槽内が

すでにレジオネラにより汚染されている事例も認められた。さらに、浴槽壁にレジオネラを含むバイオフィルムの付着が確認された施設もあった。それらの施設では浴槽水からレジオネラが、繰り返し検出された。しかし、貯湯槽や浴槽壁の塩素剤(殺菌)や高圧水(バイオフィルムの物理的除去)による殺菌・洗浄で、レジオネラ汚染を除くことが可能で、実施にあたり徹底することで対策も可能と考えられた。今回の調査からは、長鎖施設の使用状況が異なること、入浴による浴槽水への負荷が一定ではなく、加えて換水時の洗浄方法も一様でないことから、連続使用が可能な日数等を概算することはできなかった。

掛け流し式浴槽は豊富な温泉湧出量が前提の施設であること、あるいは地下資源としての温泉保護の観点からは対極にある装置といえるが、構造が単純で、微生物管理が容易であることは強調されるべき利点である。

また、実証用の循環式浴槽を用いた実験において、塩素管理下の浴槽にボランティアが入浴することで自然発生的に浴槽系にレジオネラの定着・増殖を観察した。この系において特筆される点は、塩素投入を停止すると速やかに残留塩素が枯渇し、それに伴って一般細菌類(従属栄養細菌)が極短期間のうちに検出されるようになること、次いで宿主アメーバ類が検出可能となり、これに呼応してレジオネラが検出されるようになったことである。すなわち、ろ過槽等の設備を備え、長距離にわたる配管系を有する装置にあっては、たとえ塩素投入を継続しても、早晚系内に有機物の蓄積が進行し、結果的にレジオネラ汚染につながることを証明された。したがって、このような施設にあってはレジオネラ汚染防止には継続的な塩素投入による管理が必須であること、また、有機物の蓄積を最小限に止める対策が必要であると結論された。

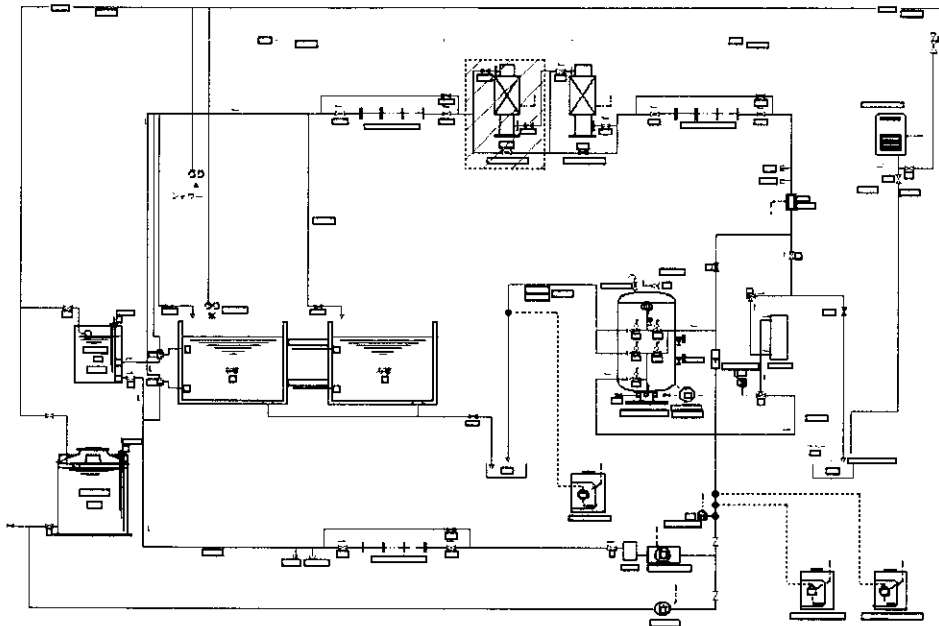


図1 実証用循環式浴槽設計図

Table 1. 掛け流し式浴槽水等のレジオネラ属菌による汚染状況

検査時期	試料種別	施設名	換水後経過日数	cfu/100ml
10月	源泉	A	-	<10
10月	源泉	A	-	<10
10月	バイオフィルム	A	-	$7.0 \times 10^3$
10月	浴槽水(男湯内湯)	A	4	$4.0 \times 10^1$
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	A	1	$3.0 \times 10^1$
1月	浴槽水(男湯内湯)	A	ND	<10
2月	浴槽水(男湯内湯)	A	3	<10
10月	源泉 (低温)	B	-	<10
10月	源泉 (高温)	B	-	<10
10月	浴槽水男湯内湯	B	1	$2.5 \times 10^1$
10月	浴槽水男湯露天	B	1	$2.0 \times 10^1$
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	B	1	$1.2 \times 10^2$
11月第4週	浴槽水(男湯露天)	B	1	$1.4 \times 10^2$
1月	浴槽水(男湯内湯)	B	1	$1.2 \times 10^2$
1月	浴槽水(男湯露天)	B	1	$1.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(男湯内湯)	B	1	$6.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(男湯露天)	B	1	$2.0 \times 10^1$
10月	源泉	C	-	<10

10月	浴槽水(男湯内湯)	C	1	<10
10月	浴槽水(男湯露天)	C	1	<10
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	C	1	$3.0 \times 10^1$
11月第4週	浴槽水(男湯露天)	C	1	$4.0 \times 10^1$
1月	浴槽水(男湯内湯)	C	1	$1.3 \times 10^2$
1月	浴槽水(男湯露天)	C	1	$3.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(男湯内湯)	C	1	<10
2月	浴槽水(男湯露天)	C	1	$1.0 \times 10^1$
10月	源泉	D	-	<10
10月	浴槽水(男湯内湯)	D	5	<10
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	D	5	<10
2月	浴槽水(男湯内湯)	D	3	$8.0 \times 10^1$
10月	貯湯槽内の湯	E	-	$1.0 \times 10^1$
10月	浴槽水(男湯内湯)	E	1	<10
10月	浴槽水(男湯露天)	E	1	$2.0 \times 10^1$
11月第4週	貯湯槽内の湯	E	-	<10
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	E	1	<10
11月第4週	浴槽水(男湯露天)	E	1	<10
2月	浴槽水(男湯内湯)	E	1	$1.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(男湯露天)	E	1	<10
10月	貯湯槽内の湯	F	-	<10
10月	浴槽水(共同露天)	F	8	$1.6 \times 10^2$
11月第4週	浴槽水(共同露天)	F	5	<10
2月	浴槽水(共同露天)	F	3	<10
10月	貯湯槽内の湯	G	-	<10
10月	浴槽水(男湯露天)	G	4	<10
11月第4週	浴槽水(男湯露天)	G	4	<10
2月	浴槽水(男湯露天)	G	5	$3.0 \times 10^1$
10月	貯湯槽内の湯(高温源泉)	H	-	$1.0 \times 10^1$
10月	貯湯槽内の湯(低温源泉)	H	-	<10
10月	浴槽水(女湯内湯)	H	1	<10
10月	浴槽水(男湯内湯)	H	1	$5.0 \times 10^0$
11月第4週	貯湯槽内の湯(高温源泉)	H	-	$5.0 \times 10^1$
11月第4週	貯湯槽内の湯(低温源泉)	H	-	<10
11月第4週	浴槽水(女湯内湯)	H	1	$2.3 \times 10^2$
11月第4週	浴槽水(男湯内湯)	H	1	$1.1 \times 10^3$
11月第5週	貯湯槽内の湯(高温源泉)	H	-	$6.2 \times 10^2$
11月第5週	浴槽水(男湯内湯)	H	1	$3.0 \times 10^1$
1月	貯湯槽内の湯(高温源泉)	H	-	<10
1月	貯湯槽内の湯(低温源泉)	H	-	$6.0 \times 10^1$
1月	浴槽水(女湯内湯)	H	1	$1.2 \times 10^2$
1月	浴槽水(男湯内湯)	H	1	$1.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(女湯内湯)	H	1	$1.0 \times 10^1$
2月	浴槽水(男湯内湯)	H	1	<10

ND: no data, -: not determined.



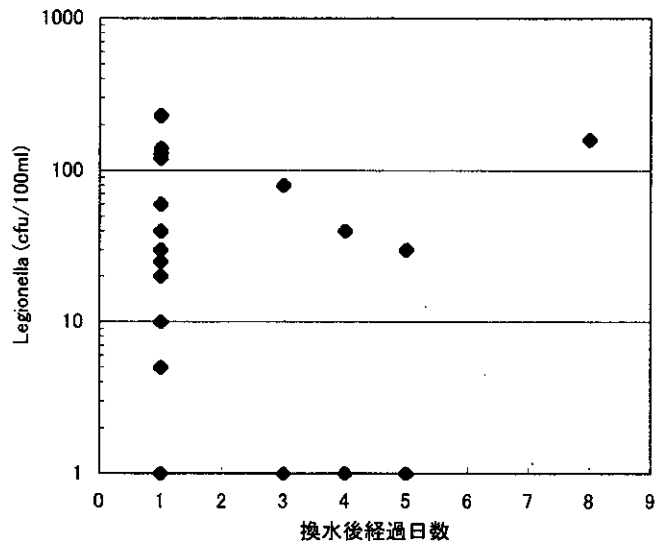


図2 換水後経過日数とレジオネラ汚染の相関図

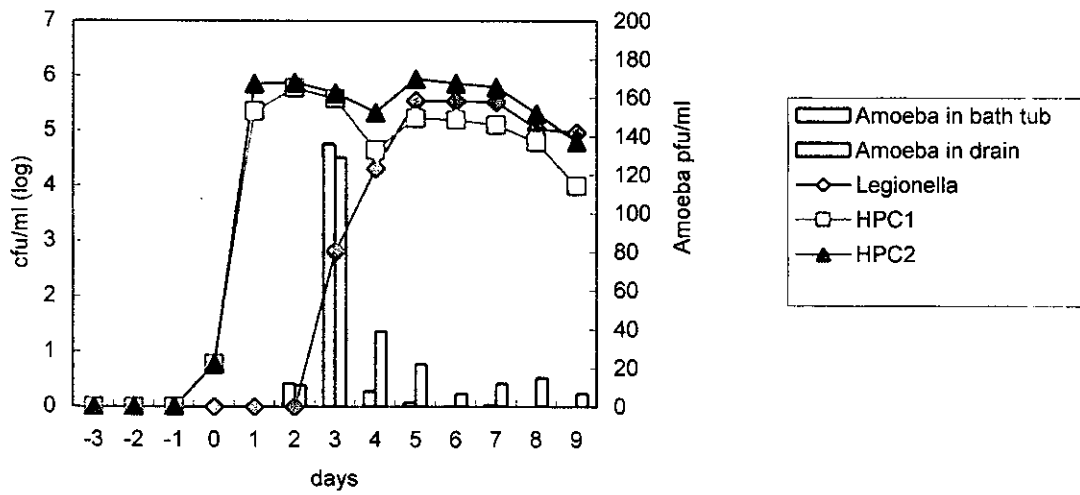


図3 塩素消毒停止後の微生物相の推移

表 2 塩素消毒停止後の微生物相の推移

実験番号	経過日数	レジオネラ CFU/100ml	一般細菌 CFU/ml	従属栄養細菌 CFU/ml
実験 1	0*	<10	<1	$1.0 \times 10^0$
	1	<10	$8.8 \times 10^2$	$1.6 \times 10^3$
	2	<10	$2.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$
	3	<10	$9.4 \times 10^4$	$9.2 \times 10^4$
	4	<10	$4.9 \times 10^5$	$1.1 \times 10^6$
	5	$1.1 \times 10^2$	$3.9 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$
	6	$2.1 \times 10^4$	$2.6 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$
	7	$4.4 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$1.6 \times 10^6$
	8	$1.2 \times 10^6$	$6.1 \times 10^4$	$1.6 \times 10^6$
	9	$1.5 \times 10^6$	$5.8 \times 10^4$	$1.7 \times 10^6$
実験 2	0*	<10	$3.9 \times 10^1$	$4.1 \times 10^1$
	1	<10	$2.3 \times 10^5$	$7.4 \times 10^5$
	2	<10	$6.1 \times 10^5$	$7.8 \times 10^5$
	3	$6.6 \times 10^2$	$3.9 \times 10^5$	$5.0 \times 10^5$
	4	$2.1 \times 10^4$	$4.5 \times 10^4$	$2.2 \times 10^5$
	5	$3.6 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5$	$9.0 \times 10^5$
	6	$3.5 \times 10^5$	$1.6 \times 10^5$	$7.5 \times 10^5$
	7	$3.4 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$	$6.4 \times 10^5$
	8	$1.1 \times 10^5$	$6.3 \times 10^4$	$2.1 \times 10^5$
	9	$9.4 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	$6.5 \times 10^4$

\*塩素消毒を停止し、残塩が消失した後の測定値

表 3 換水ならびに過酸化水素水消毒におけるレジオネラ属菌濃度の変化

処理内容	処理前	処理後循環前	処理後循環後
換水のみ	$3.2 \times 10^5$	<10	$3.2 \times 10^4$
過酸化水素水処理	$2.7 \times 10^5$	ND	<10

ND: no data

表 4 過酸化水素水処理の前後におけるレジオネラ属菌量の比較

検体	処理前	処理後
濾過材上段	$7.2 \times 10^6$ /g	0 /g
ヘアキャッチャー	$1.2 \times 10^5$ /綿棒	0 /綿棒
バイオフィルム	$1.4 \times 10^6$ /綿棒	0 /綿棒
配管 SUS	$5.5 \times 10^5$ /綿棒	0 /綿棒
配管 VP	$5.9 \times 10^3$ /綿棒	0 /綿棒
配管 PP	$1.3 \times 10^4$ /綿棒	0 /綿棒

表5 過酸化水素水消毒後の残留量

年月日	時間	作業	残留塩素濃度 (ppm)	
			浴槽水	濾過器内水
<b>6% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2hr 洗浄殺菌</b>				
(35% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 60ℓ / 循環水 360ℓ = 約 6% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )				
すすぎ洗浄 3回				
湯張り(約 2,000ℓ)①				
02.11.25	9:00	残留塩素濃度測定	<0.05	<0.05
<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 400ml</b>				
換水・湯張り(約 2,000ℓ)②				
02.11.26	17:30~翌 8:30	UV (253.7nm)照射		
	8:30	残留塩素濃度測定	<0.05	<0.05
<b>6%次亜塩素投入量: 計 1,200ml</b>				
UV 照射				
02.11.27	10:10~16:30	残留塩素濃度測定	4.5	NT
	16:00	換水・湯張り(約 2,000ℓ)③		
	17:30~翌 8:00	<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 400ml</b>		
	8:50	残留塩素濃度測定	<0.05	NT
<b>6%次亜塩素投入量: 計 216ml</b>				
UV 照射				
02.11.28	11:00~14:00	残留塩素濃度測定	2.6	2.6
	15:00~翌 9:00	<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 1,000ml</b>		
	21:17	残留塩素濃度測定	NT	2.4
	21:50	残留塩素濃度測定	<0.05	0.1
<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 300ml</b>				
02.11.29	9:30~15:00	残留塩素濃度測定	<0.05	<0.05
<b>3.0%次亜塩素投入量: 不明</b>				
	15:48	残留塩素濃度測定	3.5	4.0
	17:14	残留塩素濃度測定		
	18:00~翌 10:15	<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 225ml</b>		
02.11.30	10:30	残留塩素濃度測定	7.0	NT
	12:00~翌々日	<b>0.6%次亜塩素投入量: 計 625ml</b>		

以後、残留塩素の消失は認められなかった

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）

## 分担研究報告書

循環式浴槽システムにおける微生物管理手法に関する研究

銭湯を感染源とするレジオネラ肺炎による死亡事故について

分担研究者： 大井 照（東京都板橋区保健所）

研究協力者： 上野 邦夫（東京都板橋区保健所 生活衛生課）  
三井 公夫（東京都板橋区保健所 生活衛生課）  
田村 弘治（東京都板橋区保健所 生活衛生課）  
八木田健司（国立感染症研究所 寄生動物部）  
泉山 信司（国立感染症研究所 寄生動物部）

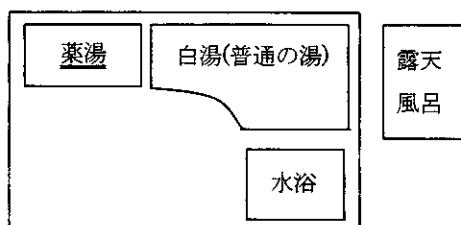
### はじめに

平成 14 年 1 月 10 日、板橋区内の某大学病院から第 4 類感染症の届出があった。その届出によるとレジオネラ肺炎による死亡で、推定される感染源は銭湯（普通公衆浴場）であった。従来は、健康ランド、特養ホーム等の連日使用型循環式浴槽や温泉施設での事故で、銭湯における死亡事故は全国でも初めてのことである。この間の事故の経過、保健所の対応・指導等について報告する。

### 1. 浴場施設の概要

この浴場の営業許可は昭和 49 年で、平成 9 年に一部構造設備の変更をしている。

浴槽の種類は、男女それぞれ白湯、水浴、薬湯、露天風呂の 4 種類で、その他サウナ室が設けられている。また、ろ過系統については、白湯・露天風呂系統、水浴系統が砂ろ過で 1 系統ずつあり、薬湯が珪藻土ろ過（実際には使用せず、除毛器のみ使用）で、合計 3 台のろ過器が独立した系統となっている。



男湯見取図（事故が起きた薬湯）

今回、問題となった薬湯には浴用漢方薬系（生薬）入浴剤を投入。赤茶色をした浴湯である。また、気泡発生装置（バブリング）は、白湯、水湯、薬湯に設置されている。

## 2. 死亡事故概要

- ①平成13年12月27日：当該銭湯で77歳男性が薬湯に入浴中、意識を失い沈み込み薬湯を誤嚥した。救急車で管内大学病院に搬送され、慢性硬膜下血腫が発見され、直ちに手術により処置を受ける。
- ②12月29日：意識が戻り、病状回復。
- ③平成14年1月2日：呼吸困難におちいる。
- ④1月4日：患者の喀痰及び尿からレジオネラ属菌が検出される。
- ⑤1月5日：呼吸不全で死亡。
- ⑥1月10日：板橋区保健所に届出。

## 3. 保健所の対応

- ①1月10日：届出を受け、直ちに感染源とされる銭湯の現場調査。倒れた浴槽は薬湯と判明。レジオネラ属菌の検査を各浴槽について実施するとともに、届出のあった大学病院に状況確認。さらに、11日～12日の2日間、関連設備の清掃・消毒をするよう指示した。
- ②直ちに区内浴場全施設について緊急監視を行い、レジオネラ属菌の検査を実施した。
- ③1月17日：10日に採水した薬湯からレジオネラ属菌を検出(84CFU/100ml)。他の浴槽からはレジオネラ属菌は検出されず。薬湯浴槽の使用中止を指示。
- ④1月18日：病院の保存株と薬湯から検出された菌の血清学的分類が一致(*L. pneumophila group 1*)。また、都立衛生研究所にDNA解析を依頼。  
都及び各関係団体に情報提供するとともに、衛生管理等について周知した。なお、この時点で集団感染の恐れはないと判断。
- ⑤1月20日：DNA解析の結果、遺伝子のパターンが一致。したがって、感染源が確定した。(パルスフィールド電気泳動法による遺伝子解析)。
- ⑥1月21日：プレス発表、記者会見。事故の経過及び行政処分について公表。感染源として確定された薬湯を使用していた浴槽の使用停止命令発令。なお、使用停止命令解除については、レジオネラ属菌並びに大腸菌群の検査結果が1週間おきに連続して3回検出しないことを確認し、安全が確認されるまでの期間とした。その間、循環ろ過システムの十分な洗浄と消毒を指示した。
- ⑦1月31日：管内普通公衆浴場全施設に対して衛生講習会を実施。
- ⑧2月14日：処分解除(3回の検査結果、検出しないことを確認)。
- ⑨2月13日～3月6日：区内浴場全施設に対して行ったレジオネラ属菌検査で検出された施設に対して、衛生的指導をするとともに再度調査及び検査を実施した。
- ⑩3月8日、10日：管内普通公衆浴場全施設に対する2回目の衛生講習会を実施し、今後のさらなる衛生管理と再発防止について周知した。

## 4. レジオネラ属菌の発生源

事故発生当時の薬湯に存在していたレジオネラ属菌の菌数については確認できないが、昨年10月に実施した当該銭湯の検査では検出限界値未満であり、その間、配管等設備の特別な清掃、殺菌など行っていないことからレジオネラ属菌が爆発的に増殖したとは考えられない。したがって、1月17日の時点での検出された84CFU/100mlという菌数は事故発生当時の菌数とそう

かけ離れた数ではないと思われる。また、具体的な発生源の特定までは至っていないが、配管内部、循環口等からレジオネラ属菌が寄生するアメーバが多数検出され、事故当時の除毛器の汚れの状態（聞き取り調査から）などから、恐らく循環系統部分の一部であると思われる。

## 5. レジオネラ肺炎死亡事故

今回の事故は、レジオネラ症の典型的な事例と思われる。銭湯において倒れる人は一施設あたり年間数人いると聞いている。さらに救急車騒ぎになるケースも1～2件はあるとか。また、今までのレジオネラ症の発症事例では、非常に多い菌数であったが、今回の場合、比較的少ない菌数で事故が起きてしまった。特に既往症がある高齢者が浴槽中で溺れて誤嚥した場合は注意が必要である。

## 6. レジオネラ属菌と生物膜（バイオフィルム）、その対応

事故発生後、当該研究の主任研究者らが現場視察した際、循環配管の吸引口付近の拭き取り調査を行った。また、当該銭湯が配管専用洗浄剤による処理を数日循環させながら行ったところ、赤茶色の浮遊物が循環吐出口から多量に排出してきたため、この浮遊物の検査についても国立感染症研究所で検査を行った。拭き取り及び浮遊物からレジオネラ属菌の宿主であるアメーバ（捕食性原生動物）のシストが多く検出された。

※検査結果：

ハルトマネラ (*Hartmannella*)、  
アカンソアメーバ (*Acanthamoeba*)、  
ネグレリア (*Naegleria*)、  
バンネラ (*Vannella*)、  
プラティアアメーバ (*Platyamoeba*)。

なお、循環配管の吸引口付近ではアカンソアメーバが、赤茶色の浮遊物ではネグレリアが優先種となった生物膜を形成していた。

レジオネラ属菌は自然界中での増殖力が比較的弱いにもかかわらず  $10^5$ CFU/100ml レベルに達する施設があった。配管システムの内部に形成された生物膜にははかなりのアメーバ存在しており、状況によってはこれを宿主としてレジオネラ属菌が爆発的に増殖することが予想される。

## 7. 入浴剤の使用について

入浴剤等は塩素系消毒剤をかなり消費し、色が消えてしまう。したがって残留塩素濃度 0.2mg/L 以上を常時保持することは難しいのが実態である。また、一般的に残留塩素濃度 0.2 mg/L 以上保持できればレジオネラ属菌の制御は有効であるが、残留塩素濃度が検出されない施設においてレジオネラ属菌が検出限界値以下の施設がある一方で、残留塩素濃度が 0.8mg/L 保持されながらレジオネラ属菌が  $2 \times 10^2$ CFU/100ml 検出された施設があった。このことは、レジオネラ属菌は生物膜に包まれており、殺菌しにくいことが推定される。

## 8. まとめ

レジオネラ属菌は、どこにでもいる常在菌ではあるが、その生息数は自然環境中では通常の従属栄養細菌の約 1000 分の 1 以下と言われ<sup>1) ~ 2)</sup>、極めて存在感の薄い細菌である。しかし一

度、人間社会の公衆浴場に入りこむと、条件さえ整えば一気に増殖を始める。入浴剤等の投入は、栄養条件を増やし、配管や目地などに生物膜をできやすくし、塩素消毒の効果を低下させる働きをしてしまう。したがって、レジオネラ属菌が増える好条件となる。結果として人工的にレジオネラ属菌を増やし、リスクを高めることになってしまう。入浴者がなにを求めているかは別として、管理の悪い薬湯への入浴は、薬効等の期待以前にリスクを負うことになり、まさに、本末転倒ではないかと思われる。

レジオネラ属菌は、分裂速度が遅く毎日浴槽水を換水していれば一回の営業時間中には爆発的に増殖することはあり得ないが、実際にはかなりの菌数で検出されるケースがある。これは、配管内部等に汚れが堆積し、生物膜が多く存在することによってレジオネラ属菌が常に繁殖する状態になっているからである。生物膜が生じやすい除毛器、ろ過器は毎日の清掃、逆洗浄を行い、定期的な配管系統の徹底した清掃、加熱（60℃以上の湯の循環等）、滅菌及び配管専用洗浄剤による処理が必要である。当然ながら浴湯の普段からの残留塩素の保持も必要である。

実際、このように徹底的な対策で改善された施設がいくつもあった。

その他、初めから汚染リスクの高いもの、例えば玉砂利などを給湯口には取り付けないようにすることも対策の一つである。

#### おわりに

事故後、浴場関係者の意識が非常に高まり、危険性について十分認識できたのではないかと考えている。結果、レジオネラ属菌が検出された施設のほとんどが改善された。また、より快適な安心できる施設にするためには保健所の一方的な監視指導だけでは不十分であり、経営者と一体となって対応していかなければならないと痛感した。今後、このような事故の再発防止に努め、区民が安心して利用できる施設づくりをめざし、さらに、このことを反省材料にして保健衛生業務に邁進していきたいと思う。

#### 参考文献

- 1) Yamamoto,H.,Hashimoto,Y.&Ezaki, T. : Microbiol. Immuno.,37,617-622 (1993)
- 2) Yamamoto.H.,Sugiura,M.,Kusunoki,S.,Ezak-i,T.,Ikedo,M.&Yabuuchi,E.:Appl.Environ. Microbiol.,58,1394-1397(1992)