

- 会, 2014年11月, 北海道函館市
- 12) 倉 文明、森本 洋、金谷潤一、磯部順子、緒方喜久代、前川純子、中臣昌広: レジオネラ検査診断実習概要、培養検査法概論、迅速検査法概論、レジオネラ感染源調査、浴槽水からのレジオネラ属菌遺伝子検査、レジオネラ感染症総論、Sequence-based typing 法概論、斜光法概論、施設のレジオネラ感染対策、国立保健医療科学院平成26年度短期研修新興・再興研修、2014年11月、東京都。
- 13) 倉 文明: レジオネラ症防止対策 ~最新の研究から見たレジオネラの実態と対策~、平成26年度仙台市環境衛生監視員継続研修、講演、2014年11月、仙台。
- 14) 倉 文明、前川純子、金谷潤一、森本 洋、長岡宏美、静岡市保健所生活衛生課、壁谷美加: レジオネラ症の最近の話題と動向、感染源調査に係る遺伝子型別の最新情報、浴用施設におけるシャワー水のレジオネラ属菌分離状況、標準的検査法(培養法)と外部精度管理に向けた検討、各種泉質の温泉におけるモノクロラミン消毒の効果と施設への導入事例、温泉入浴施設におけるモノクロラミン消毒設備導入事例について、入浴施設におけるレジオネラ症集団発生事例、平成26年度生活衛生関係技術担当者研修会、2015年2月6日、東京
- 15) 緒方喜久代: レジオネラ症防止対策に係る最近の知見について、平成26年度環境監視員担当者会議(大分)、2015年2月
- 16) 前川純子: レジオネラ。平成26年度希少感染症技術研修会、平成27年2月、東京。
- 17) 杉山寛治: レジオネラ対策講習会、東京都多摩府中保健所主催、2015年2月18、23日、東京都府中市
- 18) 森本 洋: レジオネラ症と衛生対策、平成26年度 保健所生活衛生課監視指導班研修会、2015年3月、北海道倶知安町
- 19) 倉 文明: 「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」の改正について、パネルディスカッション、第27回レジオネラ対策シンポジウム、NPO入浴施設衛生管理推進協議会主催、2015年5月、東京。
- 20) 倉 文明: レジオネラ症 多様な感染源と感染事例、平成27年度富山県環境衛生監視員研修会、2015年6月、富山。
- 21) 倉 文明: レジオネラ症 多様な感染事例に学ぶ、平成27年度埼玉県環境衛生監視員等研修会、特別講義、2015年7月、さいたま。
- 22) 壁谷美加: 平成27年度生活衛生営業関係業務検討会、岡山県保健福祉部生活衛生課主催、2015年7月、岡山。
- 23) 杉山寛治、市村祐二: 平成27年度浴槽の衛生管理に係る講習会、神戸市保健所・衛生監視事務所主催、2015年7月、神戸。
- 24) 倉 文明: レジオネラ属菌の検査と感染対策、国立保健医療科学院平成27年度短期研修環境衛生監視指導、2015年11月、和光市。
- 25) 倉 文明、長岡宏美: レジオネラ症をめぐる話題と動向、入浴施設におけるモノクロラミン消毒の導入事例、平成27年度生活衛生関係技術担当者研修会、2016年2月、東京。
- G. 知的財産権の出願・登録状況
- 1 特許取得
特許5782574「モノクロラミン調製装置」
特許権者 ケイ・アイ化成株式会社(研究分担者長岡宏美の研究協力者の所属会社)
登録日 平成27年7月24日
- 2 実用新案登録 なし

表 1 営業施設におけるモノクロラミン消毒検証試験結果(1)

		実験前	開始時	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	5 週目	6 週目
微生物検査	レジオネラ属菌数 (cfu/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (cfu/mL)	<1	5	1.1 × 10 ²	5.2 × 10 ²	1.0 × 10 ³	1.7 × 10 ³	1.6 × 10 ³	7.2 × 10 ²
	アメーバ数 (cfu/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/L)	0.1	4.0	2.6	3.0	3.4			2.2
	ジクロラミン (mg/L)	0.1	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015			0.1
	トリクロラミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015			<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	1.2	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015			<0.015
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 (μg/L)	152.56		0.7	0.6	3.08			0.52
	ハロアセトニトリル 3 物質 (μg/L)	42		<0.1	<0.1	<0.1			<0.1
一般検査	pH	7.9	7.8	8.1	8.0	7.9	8.1	7.9	8.1
	大腸菌群	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
現場検査	モノクロラミン (mg/L)	0.4	4.5	3.6	3.2	3.5	4.0	3.3	3.7
	全塩素 (mg/L)	1.5	3.6	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	遊離塩素 (mg/L)	1.0	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

表 2 高濃度モノクロラミン洗浄前後のろ過器逆洗浄水の微生物検査結果

12月8日 19:30 T-Cl ₂ =3.1mg/L	ATP (pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
逆洗 1 分	22	12000	2100	<10	2	VK
逆洗 2 分	67	43000	14000	<10	<2	
逆洗 3 分	110	130000	26000	<10	<2	
12月9日 11:30 T-Cl ₂ =21mg/L	ATP (pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
逆洗 1 分	17	550	290	<10	<2	
逆洗 2 分	45	180	170	<10	<2	
逆洗 3 分	14	230	210	<10	<2	

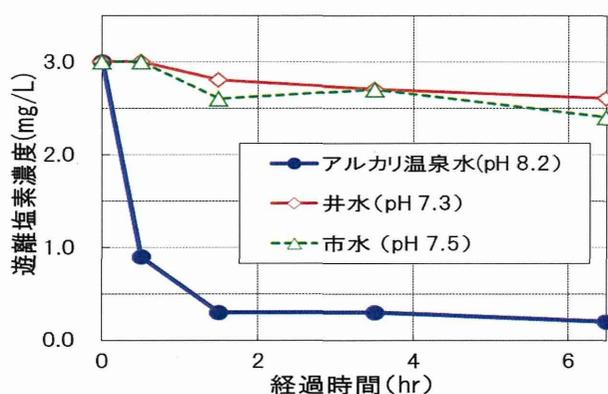
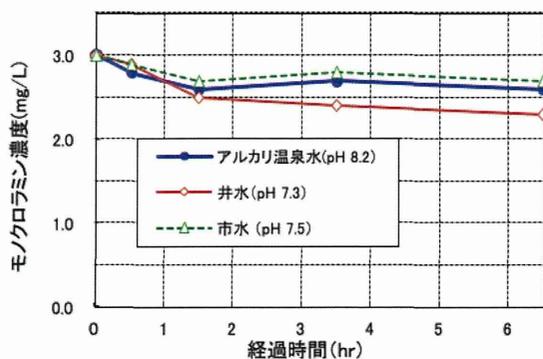


図1 モノクロラミン添加時 (左) 次亜塩素酸ナトリウム添加時 (右) アンモニア態窒素 (0.4 mg/L) を含む温泉源泉水におけるモノクロラミンの事前適合性試験

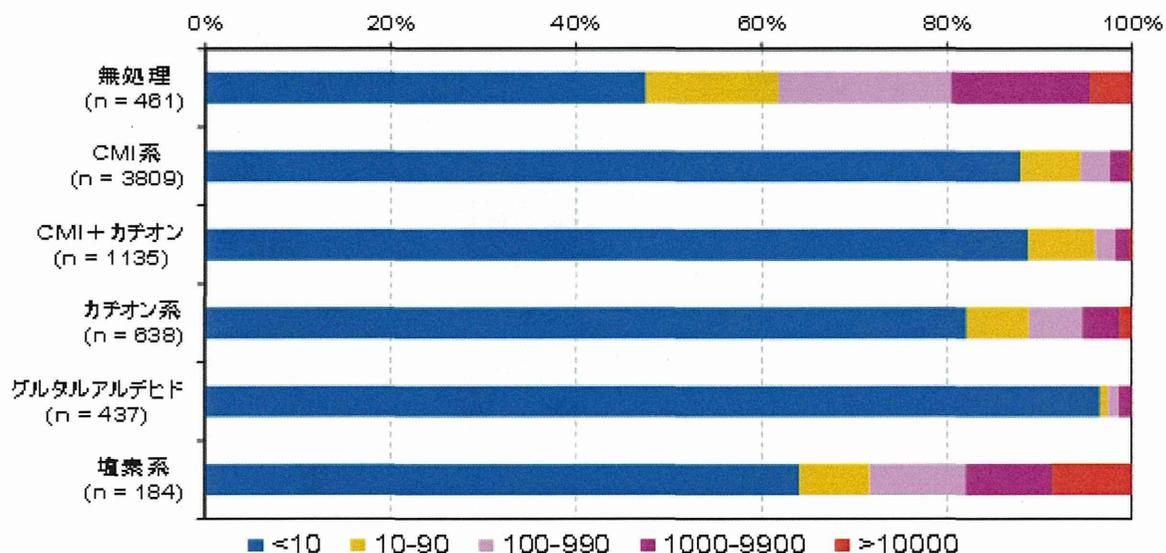


図2. 殺菌剤の種類別レジオネラ属菌の菌数分布 (凡例は、レジオネラ属菌数の範囲を示す 単位: CFU/100mL)

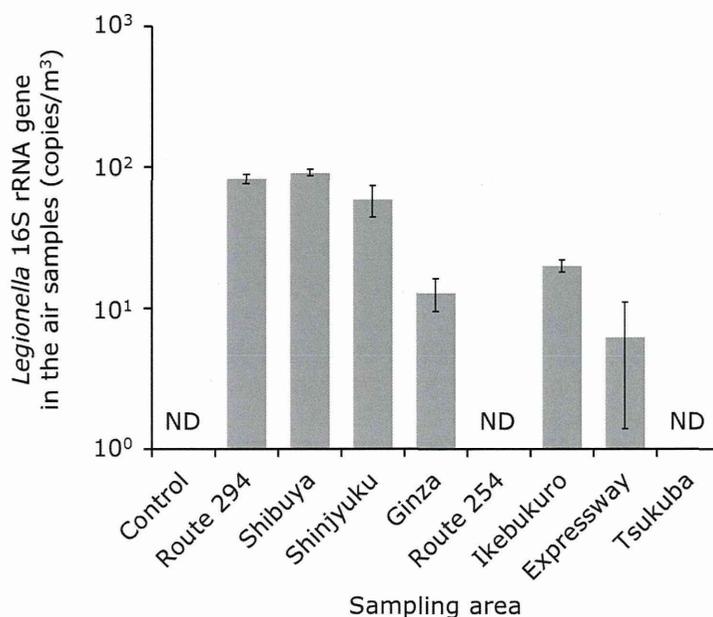


図3. 市街地等の空気中のレジオネラ属菌検出結果

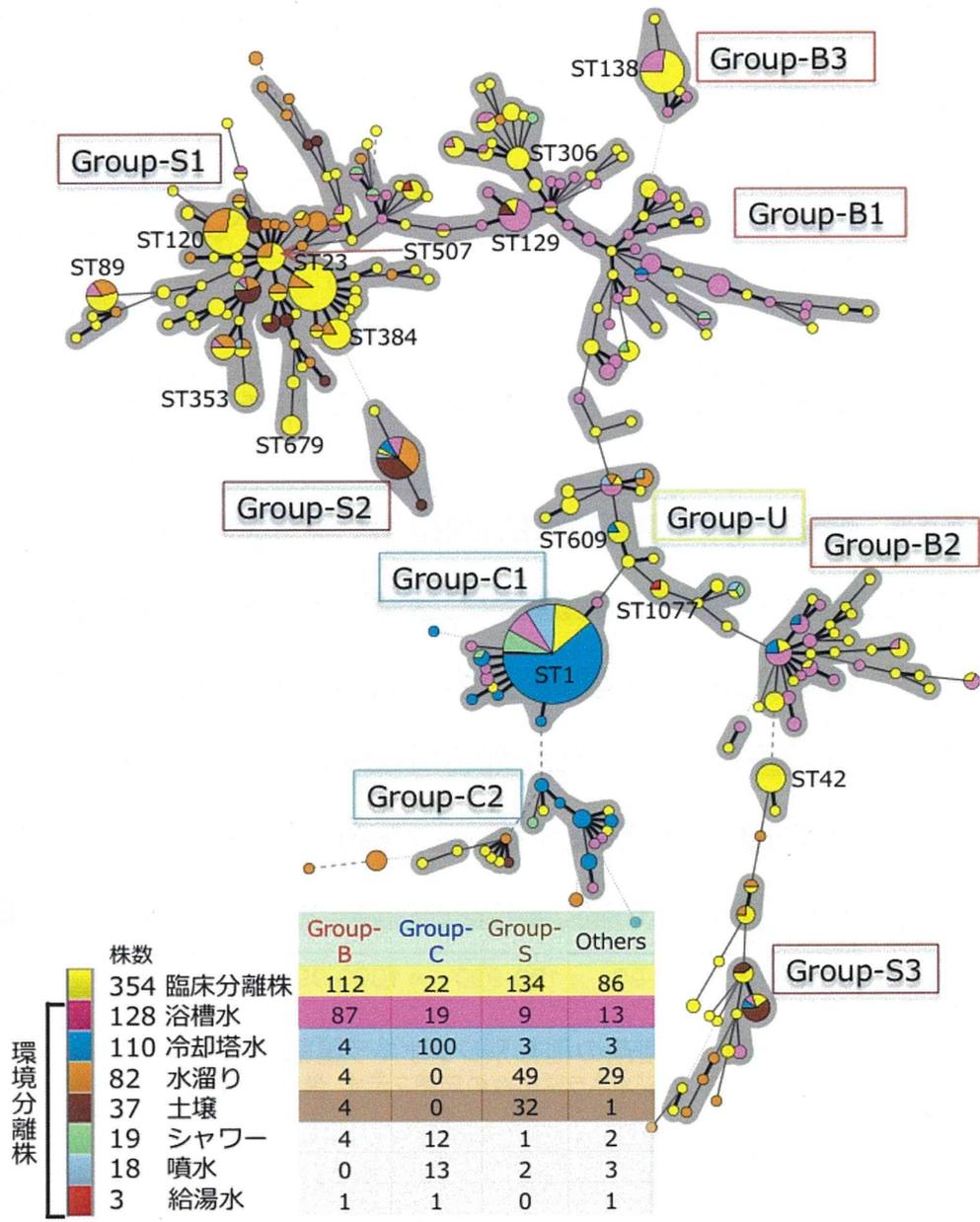


図4. 国内で分離された*L. pneumophila* 血清群1 (751株) の minimum spanning tree 図

円の大きさはそれぞれのSTの株数に比例し、由来により異なる色で株を示している。STをつなぐ枝は遺伝子座数の違いに比例して長くなっており、総枝長が最短になるように作図されている。隣り合うSTの遺伝子座の違いが2つ以下の場合、周囲が灰色に塗られており、大きいグループについては、Group-B1, B2, B3は浴槽水分離株が主に属するグループ、Group-S1, S2, S3は土壌および水たまり分離株が主に属するグループ、Group-C1, C2は冷却塔分離株が主に属するグループ、Group-Uはさまざまな由来からの分離株が属するグループである。臨床分離株もいずれかのグループに属するものが多い。

II. 資料編

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
レジオネラ検査の標準化及び消毒等に係る公衆浴場等における衛生管理手法に関する研究

総合研究報告書

種々の温泉水におけるモノクロラミン消毒効果と高濃度洗浄の検証

研究代表者	倉 文明	国立感染症研究所 細菌第一部
研究分担者	○長岡宏美	静岡県環境衛生科学研究所
	縣 邦雄	アクアス株式会社 つくば総合研究所
	神野透人	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
	八木田健司	国立感染症研究所 寄生動物部
研究協力者	杉山寛治	株式会社マルマ 研究開発部
	小坂浩司	国立保健医療科学院 水道工学部
	泉山信司	国立感染症研究所 寄生動物部
	前林公男	静岡市保健所
	片山富士男	静岡市保健所
	加藤千裕	静岡市保健所
	和田裕久	静岡市環境保健研究所
	鈴木史恵	静岡市環境保健研究所
	寺田善直	浜松市保健所
	壁谷美加	浜松市保健所
	土屋祐司	浜松市保健環境研究所
	市村祐二	ケイ・アイ化成株式会社
	青木信和	ケイ・アイ化成株式会社

研究要旨：遊離塩素消毒が困難な高 pH の泉質や、アンモニア態窒素、臭化物イオン、鉄、マンガンイオンを含む温泉および井水の沸かし湯を使用する循環式入浴施設 10 ヶ所において、浴槽水のモノクロラミン濃度を 3 mg/L に維持する消毒効果確認試験を行い、いずれの浴槽でもレジオネラ属菌やその増殖宿主であるアメーバを不検出にすることができた。また、モノクロラミン濃度が安定して保たれることから、配管等に付着するバイオフィルムの形成が抑制できるとともに、人体に有害な消毒副生成物の生成も少なく、不快な塩素臭も低減できた。さらに、現場施設へのモノクロラミン消毒の適用にあたり、事前に源泉水におけるモノクロラミン濃度の経時的な安定性を調べ、泉質への消毒適合性を判断するモノクロラミン消毒導入スキームを構築した。

公衆浴場法では、循環式浴槽のろ過器・配管の週 1 回以上の高濃度遊離塩素洗浄の実施を求めているが、浴槽水のモノクロラミン消毒時には、事前換水が必要な遊離塩素洗浄は不適である。遊離塩素に替わる配管洗浄方法として、高濃度モノクロラミン（10 mg/L 以上）による 1 時間以上の配管洗浄を実施したところ、洗浄後に一般細菌数、従属栄養細菌数の減少を確認できた。また、モノクロラミンによる配管洗浄後の洗浄水の中和剤として、チオ硫酸ナトリウムまたは亜硫酸ナトリウムが利用できるとわかった。以上から、循環式浴槽水へモノクロラミン消毒法を導入するのに必要な衛生管理手法を確立

した。今後、全国の入浴施設へモノクロラミン消毒法が導入されることで、浴槽水のレジオネラ汚染が防止され、レジオネラ症患者発生の低減が期待できる。

A. 研究目的

循環式浴槽では肺炎の起因菌であるレジオネラ属菌の汚染が問題となっており、死亡例を含む集団感染が繰り返されたことから^{1,2)}、厚生労働省の指導のもとで緊急避難的に遊離塩素消毒による管理が行われた。

しかし、今日に至るまで、遊離塩素消毒を行っているにも関わらず浴槽からレジオネラ属菌が検出されることがあり³⁾、遊離塩素消毒が全ての浴槽の安全を担保するとは言い難い状況にある。その原因として、井水や温泉水など多様な水質の存在、高 pH の条件下では遊離塩素消毒の効果が期待できないこと等が考えられる。また塩素臭などが敬遠されて遊離塩素の使用が必ずしも徹底されない恐れもあり、多方面から代替消毒方法が求められている。

先の研究班では、米国の水道で実用化されているモノクロラミン（結合塩素の一種）消毒^{4,5)}に着目し、モノクロラミン消毒の入浴施設への適用について検討を開始した。その中で、モノクロラミン（3%濃度）が pH8.8 の環境下であってもレジオネラ⁶⁾や宿主アメーバ⁷⁾に対し殺菌・不活化効果があること、動物を用いた皮膚刺激試験で 56mg/L の濃度のモノクロラミンが無刺激物と判定され⁸⁾、浴用に使用しても差し支えないと推測された。さらに、モノクロラミンの終濃度 3% を維持した井水の沸かし湯を用いた実験用循環式モデル浴槽水^{9,10)}と、温泉水を使用した営業施設（3ヶ所）の循環式浴槽水^{11,12)}において優れた消毒効果が得られたことを確認した。

今期の研究班では、さらに広範囲な泉質の消毒を目指し、モノクロラミン消毒の適用の可否を事前に知る方法を開発し、その結果を基に、各種泉質の温泉入浴施設におけるモノクロラミン消毒の実証試験を計画した。ここでは、各種泉質の循環式浴槽水におけるモノクロラミン消毒の効果と、本消毒法を実際の入浴施設へ導入するにあたって必要とされるモノクロラミンの注入方式、濃度の測定・維持方式や、モノクロラミンによる配管洗浄方法など、衛生管理手法の詳細を検討した

ので報告する。

B. 研究方法

1) 種々の温泉水におけるモノクロラミン消毒効果の検証

①各種因子の塩素剤に与える影響

モノクロラミンが、全ての温泉に適用可能であるかは定かではない。そこで、温泉に含まれる因子で、塩素消毒に影響するとされるアンモニア態窒素、ヨウ化物イオン、臭化物イオン、フミン酸、硫黄、鉄、マンガンイオンがモノクロラミンと遊離塩素に与える影響を調べた。各因子と混合したモノクロラミンと遊離塩素の濃度の推移を、それぞれインドフェノール法、DPD 法で測定した。

②モノクロラミン消毒の事前適合性試験

温泉源水をポリエチレン容器に入れ、モノクロラミンまたは次亜塩素酸ナトリウムを 3 mg/L となるよう添加し、40℃のウォーターバスに浸漬して保温し、一定時間ごとに、モノクロラミン濃度と遊離塩素濃度を測定した。

③循環式入浴施設（営業施設）における検証試験

1)-②の試験でモノクロラミン濃度安定性を確認した温泉源泉を使用する循環式浴槽を持つ営業施設 8ヶ所と、井水の沸かし湯を使用する営業施設 2ヶ所の計 10ヶ所（表 1）において、浴槽水のモノクロラミン濃度を 3mg/L に維持する検証試験を実施した。なお、そのうち 4ヶ所はレジオネラ感染リスクが高いと言われる気泡発生装置使用浴槽である。

消毒効果は、浴槽水のレジオネラ属菌、一般細菌、従属栄養細菌、アメーバ検査で確認した。また、通常の浴槽水のモノクロラミン消毒濃度（3mg/L）による配管内面のバイオフィーム除去効果をみるために、No. 2 と No. 3 の施設のモノクロラミン管理時（濃度約 3 mg/L）と遊離塩素管理時（濃度約 1 mg/L）のヘアキャッチャ接続配管内面の拭き取りを実施して、目視観察、従属栄養細菌数、レジオネラ属菌数を測定した。

モノクロラミンやジクロラミンの定量は、DPD/FAS 滴定法に準じて行った。悪臭の原因となるトリクロラミンの濃度測定は、HS-GC/MS 法(定量下限値は 0.015mg/L)で定量した。これらの塩素濃度の測定については、国立保健医療科学院で実施した。

また、入浴者が経気道および経皮的に取り込む化学物質暴露を評価するため、浴槽水と浴槽室内空気中の消毒副生成物(トリクロロメタン、ブロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン、トリブロモメタンのトリハロメタン類 4 物質。ジクロロアセトニトリル、ブロモクロロアセトニトリル、ジブロモアセトニトリルのハロアセトニトリル類 3 物質。クロラミン処理により副生される恐れのある N-ニトロソジメチルアミン (NDMA))の定量を行った。

また、一部の施設で、アンモニアなどの有機物とクロラミンとの反応で生成されやすいと言われる有害物質の塩化シアンを、上水試験方法(2011)の 4-ピリジンカルボン酸吸光光度法に準拠して行なった。

入浴施設やモデル浴槽の浴槽水へのモノクロラミン注入方法は、薬剤濃度の下限値 (3mg/L) を設定し、その濃度を全塩素計で検知して自動添加するセンサー注入方式(図 1)¹³⁾と、概ね 3mg/L の濃度維持を目標としたタイマー注入方式¹³⁾、および 1 プッシュで一定濃度のモノクロラミンが注入できるプッシュボタン添加方式のいずれかを採用した。モノクロラミンは循環系統のろ過器前に注入した。

モノクロラミンを生成するための薬剤の塩素剤とアンモニウムのモル比を 1:2.5 から 1:1.5 に低減し、アンモニウム源を塩化アンモニウムより低価で入手しやすい硫酸アンモニウムに切り替えて消毒効果の維持について検証した。

浴槽水の濃度測定は、DPD 法による全塩素濃度測定ポケット水質計と、インドフェノール法によるモノクロラミンポケット水質計で行い、両者の測定値を比較した。

2) 高濃度モノクロラミンによる配管洗浄・殺菌効果の検証

①回流装置を用いた洗浄試験

5 系統の回流装置内で 40℃に温度維持された市水(ブイヨン培地添加)に、下記の 4 菌種を接種して、バイオフィルムを形成させた後に、終濃度 5, 10, 15, 20 mg/L のモノクロラミンで循環洗浄を実施した。経時的に循環水の一般細菌数、従属栄養細菌数を測定した。

- *Enterobacter aerogenes* NBRC 13534
- *Escherichia coli* NBRC 14237
- *Staphylococcus aureus* NBRC 12732
- *Pseudomonas aeruginosa* NBRC 13736

②実験用循環式モデル浴槽における高濃度モノクロラミンによる配管洗浄試験

自然汚染と無殺菌循環によって循環系内にレジオネラ属菌や一般細菌を増殖させた実験用循環式モデル浴槽において、高濃度モノクロラミン 5, 10 mg/L (終濃度) で 1~2 時間の配管洗浄を実施した。配管洗浄前後の浴槽水、ろ過器内ろ材および配管、ヘアキャッチャー網の拭き取り検体のレジオネラ属菌数、一般細菌数を測定した。

③循環式入浴施設(営業施設)における高濃度モノクロラミンによる配管洗浄試験

循環式の営業施設各 3 ヲ所で、約 10mg/L (終濃度) または約 20 mg/L (終濃度) の高濃度モノクロラミンによる配管洗浄を実施した。配管洗浄前後のろ過器の逆洗水やヘアキャッチャー接続配管内部の拭き取り検体を実施した。検査項目は 2)-②と同様である。

④モノクロラミン消毒時に発生する従属栄養細菌の同定と殺菌方法の検討

循環式浴槽水の終濃度 3% のモノクロラミン消毒時に分離された従属栄養細菌の一部を 26S rDNA (26S rRNA 遺伝子) の部分塩基配列解析の結果から同定した。また、これらの分離菌に対するモノクロラミン、遊離塩素や、過酸化水素水の殺菌濃度を調べた。

(倫理面への配慮)

モノクロラミン消毒の試験中は、浴槽入口に本

消毒を実施している旨を掲示し、入浴者へ周知した。

C. 研究結果

1) 種々の温泉水におけるモノクロラミン消毒効果の検証

①各種因子の塩素剤に与える影響

モノクロラミン濃度の減少がほとんど見られなかったのは、アンモニア態窒素(図2)とフミン酸であった。鉄イオンは、遊離塩素だけではなく、モノクロラミンについても濃度の減少が見られたが、添加直後の消失はモノクロラミンのほうが少なかった。ヨウ化物イオンについては、遊離塩素の濃度減少が少ない結果であったが、ヨウ化物イオンはDPD法の測定に影響を及ぼすことから正しい遊離塩素濃度が測定できていない可能性が示唆された。臭化物イオンは減少速度が遅かったが、ヨウ化物イオンと同様の傾向を示した。硫黄はいずれの添加でも、直後に急速な塩素の消失が確認され、添加した塩素剤の消費後に、硫黄濃度が安定した¹⁴⁾。

②モノクロラミン消毒の事前適合性試験

種々の成分を含む温泉源泉水に、モノクロラミンと遊離塩素を添加すると、①遊離塩素の濃度は著しく減少するが、モノクロラミン濃度は安定(図3)、②遊離塩素よりは失活が少ないものの、モノクロラミンでも濃度減少、③遊離塩素、モノクロラミンのどちらも大幅な濃度減少するものに大別できた。

③循環式入浴施設(営業施設)における検証試験

源泉水や井水(沸かし湯)を用いたモノクロラミン濃度安定性試験で④、⑤の成績を示した施設10ヶ所(表1)で、浴槽水のモノクロラミン濃度(3mg/L)を維持する4週間以上(1ヶ所のみ1日間)の実証試験を行なった。その結果、気泡発生装置使用浴槽の4ヶ所も含めたすべての浴槽水からレジオネラやアメーバの検出はなく、塩素消毒臭の原因であるトリクロラミン、トリハロメタン類やNDMAも含めた消毒副生成物の生成は

少なく、塩化シアンも生成されなかった(表2, 3, 4, 5)。

No.2の入浴施設のモノクロラミン消毒管理時(濃度約3mg/L)と遊離塩素消毒管理時(濃度約1mg/L)のヘアキャッチャー接続配管内面を拭き取った、手と綿棒の様子(写真)を比較して図4に示した。モノクロラミン消毒時の配管内面にはぬめりもなく、遊離塩素消毒時に比べ、肉眼的な汚れが非常に少なかった。

No.3の入浴施設の通常濃度のモノクロラミン(MC, 3mg/L)と遊離塩素(FC, 1mg/L)消毒時の配管内面の拭き取りの一綿棒当たりの菌数と綿棒洗い出し液の濁り・色を比較して図5に示した。遊離塩素(FC)による浴槽水消毒(管理)時には、レジオネラ属菌や従属栄養細菌が高菌数で検出されたが、モノクロラミン(MC)による浴槽水消毒(管理)に切り替えると、レジオネラは不検出に、従属栄養細菌数も3オーダー(1/1000)以上菌数が減少した。

モノクロラミンの注入方式の検討では、センサー注入方式、タイマー注入方式、プッシュボタン添加方式のいずれにおいても濃度が安定して維持されたことが確認できた。また、モノクロラミンの系内濃度は補給湯量の増減に影響を受ける(希釈効果)が、利用者数などの有機物量の増減による影響を受けないと思われた。

アンモニウム源を塩化アンモニウムから硫酸アンモニウムに変え、そのモル比(塩素:アンモニア)を1:2.5から1:1.5に低減させても、モノクロラミン等の濃度、消毒効果に差はみられなかった。

施設の現場で測定した浴槽水のインドフェノール法によるモノクロラミン濃度は、DPD法による全塩素濃度とほぼ同様な値を示した(表2, 4)。

2) 高濃度モノクロラミンによる配管洗浄・殺菌効果の検証

①回流装置を用いた洗浄試験

バイオフィルムを形成した観察板と上部配管ヒダ部の拭き取り検体で、洗浄0.5時間後で 10^3 以上の菌数の低下が認められた。

②実験用循環式モデル浴槽における高濃度モノクロラミンによる配管洗浄試験

高濃度モノクロラミン5または10 mg/L（終濃度）で、1, 2 時間後の拭き取り検体の成績を比較したところ、洗浄後の検体からはレジオネラ属菌数は検出されず（表 6-A）、10 mg/L、1 時間洗浄後に一般細菌数の大幅な減少が確認された（表 6-B）。

③循環式入浴施設（営業施設）における高濃度モノクロラミンによる配管洗浄試験

高濃度モノクロラミンによる配管洗浄前後のろ過器の逆洗水やヘアキャッチャー接続配管内部の拭き取り検査の結果を終濃度約 10mg/L（表 7）と約 20 mg/L（表 8）に分けて示した。配管洗浄前後のろ過器の逆洗水やヘアキャッチャー接続配管内部の拭き取り検体の成績を比較したところ、洗浄前後の検体からはレジオネラ属菌数、アメーバは検出されず、一般細菌数、従属栄養細菌数も減少したことが確認された。

④モノクロラミン消毒時に発生する従属栄養細菌の同定と殺菌方法の検討

モノクロラミン消毒時に浴槽水から分離された従属栄養細菌の一部は、部分塩基配列解析の結果から、*Mycobacterium phlei* と同定された。この菌株は約 15 mg/L 濃度のモノクロラミンの 30 分間感作で殺菌された。他の従属栄養細菌は 5 mg/L 濃度のモノクロラミンの 30 分間の感作で殺菌された（表 9）。

D. 考察

遊離塩素消毒ではレジオネラ属菌等の十分な殺菌効果が期待できない高 pH や、アンモニア態窒素、臭化物イオン、フミン酸、硫黄、鉄、マンガニオンを含む泉質の温泉や、さらには井水の沸かし湯を使用する入浴施設において、モノクロラミン消毒の実証試験を行い、レジオネラ属菌やその増殖宿主であるアメーバに対する高い殺菌・不活化効果を確認することができた。

さらに、通常の浴槽水のモノクロラミン消毒（濃度約 3 mg/L）と遊離塩素消毒管理時（濃度

約 1 mg/L）の配管内面の拭き取り結果（図 4, 5）は、モノクロラミン消毒が遊離塩素消毒よりも明らかにバイオフィルムを制御できていることを示した。モノクロラミンは遊離塩素よりも複合培養で形成されたバイオフィルム中への浸透性が高く、バイオフィルム内の細菌を効果的に殺菌できることが実験的に確認されている¹⁵⁾。欧米では、配管系内を 1.5~3mg/L 程度のモノクロラミン濃度を保持することで、病院の循環給湯水のバイオフィルムやレジオネラ属菌の増殖・定着を制御し、レジオネラ症の院内感染を予防できたとの報告があり^{16,17)}、モノクロラミン消毒は配管内のバイオフィルム対策としても有効であると思われる。

また、実験室レベルで予めモノクロラミンや遊離塩素の経時的濃度変化を確認した上で、モデル浴槽や現場施設での実証試験を行うという、試験実施の効率化と、安全性の確保を図った試験実施スキームを構築できた。今後、様々な成分を含む温泉でのモノクロラミン消毒の実施の可否の判断に活用できると思われる。

モノクロラミンの注入方法は、ヒトの手による投入も可能である¹⁸⁾が、機械による注入が便利で確実である。機械による浴槽水のモノクロラミンの適正濃度（3 mg/L）の維持方法としては、全塩素計による濃度低下検知で自動添加するセンサー注入方式と、補給水量に応じ一定時間ごとに薬剤を注入するタイマー方式と、1 プッシュで一定濃度のモノクロラミンが注入できるプッシュボタン添加方式（濃度減少時に添加）のいずれも利用できることが示された。各方式のイニシャルコストとランニングコストを表 10 に示した。

モノクロラミン生成のためのアンモニウム源を塩化アンモニウムから硫酸アンモニウムに、塩素剤：アンモニウムのモル比を 1:2.5 から 1:1.5 に変更しても、レジオネラ属菌及びアメーバは検出されず、従来の消毒効果の保持が可能であることが示された。消毒副生成物の発生もほとんど認められず良好であったことから、アンモニウム源を変更することは可能であり、若干ではあるが、経済性の向上を果たした。

施設の現場で測定・記録する必要がある浴槽水

のモノクロラミン濃度は、DPD 法による全塩素濃度で代用可能であり、DPD 法はインドフェノール法のように測定試薬に含まれるシアン廃液処理の問題もないので推奨できる。ただし、定期的にモノクロラミン濃度測定も実施し、DPD 法による全塩素濃度測定との一致を確認する必要がある。

公衆浴場法等の条例で週 1 回以上の実施が求められている循環式浴槽のろ過器・配管洗浄方法として、遊離塩素管理時に使用されていた高濃度遊離塩素に替わり、モノクロラミン管理時には高濃度モノクロラミン（約 10 mg/L 以上）洗浄が効果的であった。なお、一部の入浴施設の浴槽水から分離された *Mycobacterium phlei* の殺菌に、実験的には 15 mg/L 濃度のモノクロラミンの 30 分以上の感作が必要であったことから、モノクロラミン濃度 10 mg/L、1 時間の配管洗浄で十分な殺菌・洗浄効果が得られない場合には必要に応じて配管洗浄の濃度や時間を増やして実施する必要があると判断された。また、ろ過器の消毒をモノクロラミン直接注入により実施する場合には 5 mg/L 以上、貯湯槽消毒では 50~100 mg/L を内壁に直接噴霧する方法が適当であると示唆された（表 11）。

なお、高濃度モノクロラミンを含んだ配管洗浄後の洗浄液を下水道ではなく河川などの自然環境に排出する場合はモノクロラミンの中和が必要であるが、その薬剤としてチオ硫酸ナトリウムまたは亜硫酸ナトリウムが安全に使用できることがわかった¹³⁾。このような中和作業は遊離塩素管理時にも必要とされるので、モノクロラミン管理時も同様な対応が必要である。

以上から、循環式浴槽水へモノクロラミン消毒法を導入するにあたり必要な衛生管理手法は確立されたと考える。今後、遊離塩素管理が困難な入浴施設を中心に、モノクロラミン消毒法の早急な導入・普及が望まれる。

E. 結論

モノクロラミン消毒は、高 pH や、アンモニア態窒素、臭化物イオン、鉄、マンガンイオンを含む泉質の温泉や、さらには井水の沸かし湯を使用

する入浴施設の浴槽水において、遊離塩素消毒に比べ、濃度が安定して維持され、その消毒効果が長期間持続し、レジオネラ属菌やその増殖宿主であるアメーバに対する高い殺菌・不活化効果が得られた。

さらには、配管等に付着するバイオフィルムの殺菌と形成抑制が可能で、人体に有害な消毒副生成物等の生成が少なく、不快な塩素臭を低減できることなどの利点も多い。

浴槽水のモノクロラミン消毒と高濃度モノクロラミンによる配管洗浄を実施することで、浴槽水を原因とするレジオネラ症の発生を防止し、患者数を低減できることが期待される。

F. 参考文献

- 1) 岡田美香, 河野喜美子, 倉文明, 前川純子, 渡辺治雄, 八木田健司, 他: 循環式入浴施設における本邦最大のレジオネラ症集団感染事例 I. 発生状況と環境調査. 感染症学雑誌 79 巻 p. 365-74 2005.
- 2) Kuroki T, Ishihara T, Ito K, Kura F.: Bathwater-associated cases of legionellosis in Japan, with a special focus on Legionella concentrations in water. Jpn J Infect Dis. 62 (3) p.201-5 2009.
- 3) Taguri T, Oda Y, Sugiyama K, Nishikawa T, Endo T, Izumiyama S, Yamazaki M, Kura F.: A rapid detection method using flow cytometry to monitor the risk of *Legionella* in bath water. J Microbiol Methods. 86(1) p.25-32 2011.
- 4) Seidel CJ, McGuire MJ, Summers RS, Via S.: Have utilities switched to chloramines? J Am Water Works Assoc. 97 p.87-97 2005.
- 5) Flannery B, Gelling LB, Vugia DJ, Weintraub JM, et al.: Reducing *Legionella* colonization of water systems with monochloramine. Emerg Infect Dis. 12(4) p.588-96 2006.
- 6) 倉文明, 泉山信司: モノクロラミンのレジオネラに対する殺菌作用. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・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の消毒方法に関する研究 (研究代表者 遠藤卓郎). 平成

- 20 年度分担研究報告書. p.15-24 平成 21 年.
- 7) 八木田健司, 泉山信司: レジオネラ属菌対策における宿主アメーバの管理ーモノクロラミンの *Acanthamoeba* に対する不活化効果ー. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業. 公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的衛生管理手法に関する研究 (研究代表者 倉文明). 平成 23 年度総括・分担研究報告書. p.179-182 平成 24 年.
 - 8) 神野透人, 泉山信司, 香川 (田中) 聡子, 高橋淳子, 畔上二郎: モノクロラミンの皮膚一次刺激性に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・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の消毒方法に関する研究 (研究代表者 遠藤卓郎) 平成 20 年度分担研究報告書. p.30-47 平成 21 年.
 - 9) 杉山寛治, 神田隆, 市村祐二, 江口大介, 泉山信司, 八木田健司, 小坂浩司, 遠藤卓郎: 公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的衛生管理手法に関する研究, モデル浴槽水におけるモノクロラミン生成・注入・測定 of 自動化の検証, 平成 23 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) 分担研究報告書 (研究代表者 倉文明)
 - 10) 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 縣 邦雄, 遠藤卓郎: モノクロラミン消毒による浴槽レジオネラ属菌の衛生対策, 保健医療科学 **59** (2) 109-115 (2010)
 - 11) 縣邦雄, 田栗利紹, 杉山寛治, 神澤啓: 公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的衛生管理手法に関する研究, モノクロラミン消毒による入浴施設の衛生管理 実際の入浴施設における注入・測定 of 自動化, 平成 23 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) 分担研究報告書 (研究代表者 倉文明)
 - 12) 佐原啓二, 縣邦雄, 神野透人, 八木田健司, 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 片山富士男, 富田敦子, 江口大介, 市村祐二, 道越勇樹, 八木美弥: 公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的衛生管理手法に関する研究, モノクロラミン消毒による循環式浴槽の消毒効果について 営業施設における検証, 平成 24 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) 分担研究報告書 (研究代表者 倉文明)
 - 13) 縣邦雄, 神野透人, 八木田健司, 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 長岡宏美, 片山富士男, 他: レジオネラ検査の標準化及び消毒等に係る公衆浴場等における衛生管理手法に関する研究, 種々の温泉水におけるモノクロラミン消毒効果と高濃度洗浄の検証, 平成 25 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) 総括・分担研究報告書. (研究代表者 倉文明)
 - 14) 縣邦雄, 青木信和, 市村祐二, 江口大介, 杉山寛治, 泉山信司, 小坂浩司, 片山富士男, 和田裕久, 富田敦子: レジオネラ検査の標準化及び消毒等に係る公衆浴場等における衛生管理手法に関する研究, アンモニウムイオン, ヨウ化物イオン等が塩素剤の安定性に与える影響, 平成 25 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) 総括・分担研究報告書 (研究代表者 倉文明)
 - 15) Lee WH, Wahman DG, Bishop PL, Pressman JG : Free chlorine and monochloramine application to nitrifying biofilm: comparison of biofilm penetration, activity, and viability. *Environ Sci Technol.* 45 (4) p.1412-9 2011.
 - 16) Kool JL, Carpenter JC, Fields BS. Effect of monochloramine disinfection of municipal Drinking water on risk of nosocomial Legionnaires' disease. *Lancet.* 353 (9149) p.272-7 1999
 - 17) 杉山寛治: モノクロラミン消毒による浴槽水の衛生対策, *ビルと環境*, No.148, 34-41 (2015)
 - 18) Casini B., Totaro M., Valentini P., Baggiani A., Privitera G. : Long-term effects of monochloramine disinfection for Legionella and other waterborne bacteria control in a hospital water network. The 8th international conference on Legionella. Book of abstracts.

G. 研究発表

論文発表

なし

学会発表

- 1) 佐原啓二、杉山寛治、縣邦雄、江口大介、市村祐二、神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、片山富士男、富田敦子、道越勇樹、八木美弥、田中慶郎、遠藤卓郎、倉文明：モノクロラミンによる循環式浴槽の消毒効果についてー営業施設における検証試験ー，日本防菌防黴学会第40回年次大会，大阪（2013）
- 2) Sahara K., Sugiyama K., Agata K., Eguchi D., Ichimura Y., Jinno H., Kosaka K., Izumiyama S., Yagita K., Katayama F., Tomita A., Michikoshi Y., Yagi M., Tanaka Y., Endo T., Kura F. : Sanitary control of circulating bath water by monochloramine disinfection, The 8th International Conference on *Legionella*, Melbourne, Australia (2013)
- 3) 杉山寛治、縣邦雄、江口大介、市村祐二、神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、片山富士男、和田裕久、富田敦子、長岡宏美、田中慶郎、遠藤卓郎、倉文明：種々の温泉水におけるモノクロラミン消毒効果と高濃度洗浄の検証，日本防菌防黴学会第41回年次大会，東京（2014）
- 4) 青木信和、江口大介、市村祐二、杉山寛治、泉山信二、倉文明：温泉水に含まれる成分がモノクロラミンに与える影響の確認，日本防菌防黴学会第41回年次大会，東京（2014）
- 5) 長岡宏美、市村祐二、青木信和、江口大介、神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、縣邦雄、片山富士男、榎原広里、和田裕久、杉山寛治、倉文明：気泡発生装置使用浴槽におけるモノクロラミン消毒効果の検証，日本防菌防黴学会第42回年次大会，大阪（2015）
- 6) 杉山寛治、長岡宏美、片山富士男、和田裕久、榎原広里、市村祐二、青木信和、江口大介、

神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、縣邦雄、田中慶郎、倉文明：循環式浴槽水のモノクロラミン消毒による長期間にわたるレジオネラ属菌の制御，日本防菌防黴学会第42回年次大会，大阪（2015）

- 7) 牧田幸久、鈴木秀紀、森主博貴、松橋平太、柴田真也、長岡宏美、川森文彦、小澤匡宏、山内薫明、森健、市村祐二、青木信和：モノクロラミンの浴槽水消毒条件の検討，静岡県公衆衛生研究会，静岡（2016）

研修会

- 1) 杉山寛治：モノクロラミン消毒法の活用，第23回レジオネラ対策シンポジウム，NPO入浴施設衛生管理推進協議会主催，2013年6月12日，東京
- 2) 杉山寛治：レジオネラ症防止対策講演会，富山県主催，2014年9月9日，富山市
- 3) 長岡宏美：平成26年度生活衛生関係技術担当者研修会，厚生労働省健康局生活衛生課主催，2015年2月6日，東京都千代田区
- 4) 杉山寛治：レジオネラ対策講習会，東京都多摩府中保健所主催，2015年2月18，23日，東京都府中市
- 5) 長岡宏美：文京区環境衛生監視員「公衆浴場等のレジオネラ症防止対策」研修会，文京区保健所主催，2015年5月28日，東京都文京区
- 6) 壁谷美加：平成27年度生活衛生営業関係業務検討会，岡山県保健福祉部生活衛生課主催，2015年7月10日，岡山県岡山市
- 7) 杉山寛治、市村祐二：平成27年度浴槽の衛生管理に係る講習会，神戸市保健所・衛生監視事務所主催，2015年7月13日，兵庫県神戸市
- 8) 長岡宏美：平成27年度生活衛生関係技術担当者研修会，厚生労働省健康局生活衛生課主催，2016年2月5日，東京都千代田区

刊行物

- 1) 佐原啓二、神田隆、八木美弥、道越勇樹、杉山寛治、縣邦雄、江口大介、市村祐二、久保田明、富田敦子、片山富士男、神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、倉文明：浴

- 槽水のモノクロロミン消毒, 病原微生物検出情報, Vol. 34 No. 6, 14-15 (2013)
- 2) 杉山寛治: モノクロロミン消毒による浴槽水の衛生対策, ビルと環境, No. 148, 34-41 (2015)
- H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
1) 特許取得
特許 5782574「モノクロロミン調製装置」
特許権者 ケイ・アイ化成株式会社

表 1 モノクロロミン消毒の実証試験を実施した営業施設 10ヶ所の泉質

施設名	循環設備と運転状況	泉質と遊離塩素消毒を困難にする成分因子	pH
施設 No.1	循環式	ナトリウム-炭酸水素塩泉, アンモニア態窒素: 1.9mg/L	9.0
施設 No.2	循環式	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.4mg/L	8.2
施設 No.3	循環式(気泡発生装置付き)	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.4mg/L	8.2
施設 No.4	循環式	ナトリウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 4.3mg/L	7.8
施設 No.5	循環式	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 2.3mg/L, 臭化物イオン 24.8 mg/L	7.36
施設 No.6	循環式(気泡発生装置付き)	鉄泉(全鉄イオン: 10mg/L), アンモニア態窒素: 1mg/L	6.9
施設 No.7	循環式(気泡発生装置付き)	マンガンイオン: 1.1mg/L を含む地下水	7.2
施設 No.8	循環式	井水の沸かし湯	7.3
施設 No.9	循環式(気泡発生装置付き)	井水の沸かし湯	7.6
施設 No.10	循環式	カルシウム・ナトリウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.3mg/L, 臭化物イオン 31.4 mg/L	7.5

表 2 営業施設 No.2 におけるモノクロロミン消毒検証試験結果

検査項目		実験浴槽 (モノクロロミン管理)							対照浴槽 (遊離塩素管理時)
		開始時	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	5 週目	6 週目	
微生物検査	レジオネラ属菌数 (cfu/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (cfu/mL)	5	1.1 × 10 ²	5.2 × 10 ²	1.0 × 10 ³	1.7 × 10 ³	1.6 × 10 ³	7.2 × 10 ²	<1
	アメーバ数 (cfu/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロロミン (mg/L)	4	2.6	3	3.4	・	・	2.2	0.1
	ジクロロミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	0.1	0.1
	トリクロロミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	<0.015	1.2
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 (μg/L)	・	0.7	0.6	3.08	・	・	0.52	152.56
	ハロアセトニトリル 3 物質 (μg/L)	・	<0.1	<0.1	<0.1	・	・	<0.1	42
一般検査	pH	7.8	8.1	8	7.9	8.1	7.9	8.1	7.9
	大腸菌群	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
現場検査	モノクロロミン (mg/L)	4.5	3.6	3.2	3.5	4	3.3	3.7	0.4
	全塩素 (mg/L)	3.6	3	4	4	4	4	4	1.5
	遊離塩素 (mg/L)	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1

表 3 営業施設 No.5 におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

浴槽水 検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)					対照浴槽
		開始時	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	
微生物検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	-	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	-	33	22	2.9×10^2	4	1.2×10^2
	アメーバ数 (CFU/50mL)	-	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/L)	-	-	2.7	2.7	3.5	0.15
	ジクロラミン (mg/L)	-	-	0.2	0.2	<0.1	0.25
	トリクロラミン (mg/L)	-	-	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 (μ g/L)	-	0.95	1.79	0.96	0.45	47.4
	ハロアセトニトリル 3 物質 (μ g/L)	-	2.0	2.7	2.2	1.4	42

浴室内空気 検査項目		実験浴室	対照浴槽
		3 週目	-
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 (μ g/m ³)	2.6	140

表 4 営業施設 No.7 におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

浴槽水 検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)							対照浴槽
		開始時	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	5 週目	6 週目	
微生物検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	一般細菌数 (CFU/mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	8.3×10
	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	<1	<1	3.7×10^3	3.9×10^3	2.9×10^4	6.7×10^3	7.6×10^3	5.8×10
	アメーバ数 (CFU/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/L)	-	-	6.0	-	3.7	-	-	<0.1
	ジクロラミン (mg/L)	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.2
	トリクロラミン (μ g/L)	-	-	<15	-	<15	-	-	<15
	遊離塩素 (mg/L)	-	-	<0.1	-	<0.1	-	-	0.45
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 (μ g/L)	-	-	<0.001	-	<0.001	-	-	0.006
	NDMA (μ g/L)	-	-	6.3	-	6.6	-	-	5.6
現場簡易検査	モノクロラミン (mg/L)	3.7	6.4	5.5	4.1	4.1	3.55	2.5	-
	全塩素 (mg/L)	3.64	5.85	5.41	3.72	3.63	3.52	2.7	-
	遊離塩素 (mg/L)	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0.8
	遊離アンモニア (mg/L)	>	0.55	1.15	2.75	1.65	2.05	2.4	2.3

表 5 井水の沸かし湯を使用する営業施設 No.8 におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

浴槽水 検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)						対照浴槽 (遊離塩素管理)
		開始時	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	5 週目	
微生物検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100ml)	-	-	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (CFU/ml)	-	-	5	3	1	2	1
	アメーバ数 (CFU/50ml)	-	-	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/l)	-	-	3.6	4.1	4.8	-	<0.1
	ジクロラミン (mg/l)	-	-	0.1	<0.1	0.1	-	0.2
	トリクロラミン (mg/l)	-	-	<0.015	<0.015	<0.015	-	0.085
	遊離塩素 (mg/l)	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	0.5
消毒副生成物	トリハロメタン類 4 物質 ($\mu\text{g/L}$)	-	-	1.4	2.24	0.75	-	19.8
	ハロアセトニトリル 3 物質 ($\mu\text{g/L}$)	-	-	0.26	0.12	<0.4	-	5.4

浴室内空気 検査項目		実験浴室	対照浴槽
		2 週目	
消毒副生成物	上記 4 物質の計 ($\mu\text{g/m}^3$)	3.2	30

表 6-A モデル浴槽における配管洗浄前後のレジオネラ属菌数

モノクロラミン濃度	浴槽水 (CFU/100mL)	配管 A	配管 B	ヘアキャッチ ヤー網	ろ過材	
5 mg/L	洗浄前	1.4×10^4	-	+	+	-
	1 時間後	0	-	-	-	NT*
	2 時間後	0	-	-	-	-
10 mg/L	洗浄前	4.7×10^6	+	+	+	+
	1 時間後	0	-	-	-	NT*
	2 時間後	0	-	-	-	-

* NT:検査せず

表 6-B モデル浴槽における配管洗浄前後の一般細菌数

モノクロラミン濃度	浴槽水 (CFU/mL)	配管 A	配管 B	ヘアキャッチ ヤー網	ろ過材	
5 mg/L	洗浄前	3.2×10^5	1.4×10^4	5.1×10^3	1.0×10^2	1.6×10^4
	1 時間後	1.0×10^2	1.0×10^2	0	1	NT*
	2 時間後	0	5.0×10	0	0.5	-
10 mg/L	洗浄前	2.0×10^3	1.8×10^3	6.3×10^3	2.0×10^3	1.4×10^4
	1 時間後	0	-	4.0×10	0	NT*
	2 時間後	0	0	5	5	1.5×10

* NT:検査せず

表 7 高濃度モノクロラミン(約 10mg/L)による配管洗浄前後の微生物検査

露天風呂の逆洗水

配管洗浄前 (モノクロラミン 濃度 2.93mg/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属菌 数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/50mL)
露天浴槽水	0	<10	<1
逆洗 1分	11	<10	<1
逆洗 2分	29	<10	<1
逆洗 3分	1	<10	<1
逆洗 4分	4	<10	<1
逆洗 5分	1	<10	<1
2h 配管洗浄後 (モノクロラミン 濃度 9.18→ 8.22mg/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属菌 数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/50mL)
露天浴槽水	0	<10	<1
逆洗 1分	0	<10	<1
逆洗 2分	0	<10	<1
逆洗 3分	0	<10	<1
逆洗 4分	0	<10	<1
逆洗 5分	0	<10	<1

ヘアキャッチャーの拭き取り

2h 配管洗浄 後(モノクロ ミン濃度 9.18 →8.22mg/L)	一般細菌 数 (CFU/ 綿棒)	レジオネ ラ属菌 数 (CFU/ 綿棒)
配管洗浄前	0	<10
配管洗浄後	0	<10

表 8 高濃度モノクロラミン洗浄前後のろ過器逆洗浄水の微生物検査成績

浴槽水(全塩 素濃度: 3.6mg/L)で 逆洗	ATP(pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養 細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属 菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
1分	1700	34000	530000	<10	8	VK
2分	2100	64000	900000	<10	10	VK
3分	1900	96000	640000	<10	6	VK
4分	1700	63000	>1000000	<10	2	VK
5分	1600	860000	620000	<10	4	VK
6分	1400	120000	>1000000	<10	2	VK
7分	310	30000	32000	<10	<2	
8h 配管洗浄 (全塩素濃 度:21 mg/L) 後逆洗	ATP(pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養 細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属 菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
1分	61	120	130	<10	<2	
2分	28	90	81	<10	<2	
3分	30	57	84	<10	<2	
4分	17	57	69	<10	<2	
5分	16	95	72	<10	<2	
6分	16	86	110	<10	<2	
7分	23	500	500	<10	<2	

表 9 従属栄養細菌に対する各種薬剤の殺菌効力試験

薬剤名	濃度	30分後		120分後		薬剤名	濃度	30分後	120分後
		菌数	最終濃度	菌数	最終濃度			菌数	菌数
モノクロラミン	5 mg/L	3.4×10^5	4.9	3.3×10^5	4.5	過酸化水素	0.5%	1.0×10^3	<10
	10 mg/L	2.6×10^4	9.7	1.0×10^4	9		1.0%	1.1×10^2	
	15 mg/L		14.2		13.6		1.5%		
	20 mg/L		18.8		18.1		2.0%		
	25 mg/L	<10	23.1	<10	21.1		2.5%	<10	
	30 mg/L		28.1		25.5		3.0%		
遊離塩素	5 mg/L	3.2×10^5	3.7	1.5×10^5	2.7	対照		3.9×10^5	3.3×10^5
	10 mg/L	2.2×10^5	7	5.6×10^4	7				
	15 mg/L	7.0×10^4	14		12.5				
	20 mg/L	5.0×10^4	16.4		15.2				
	25 mg/L	4.2×10^4	21.1	<10	19.9				
	30 mg/L	6.1×10^3	25.7		25.8				

表 10 モノクロラミン消毒のイニシャルコストおよびランニングコスト

注入方式	イニシャルコスト	ランニングコスト
センサー方式	<ul style="list-style-type: none"> ・150～200万円 ・他にポンプおよびタンクが必要 ・1循環系統につき1台 	注入方式ではなく泉質によって異なる。 遊離塩素管理時の次亜塩素酸Na使用量が多い場合それほど差はない。
タイマー方式	<ul style="list-style-type: none"> ・150～200万円 ・他にポンプおよびタンクが必要 ・1台で2～5循環系統に対応 	
プッシュボタン方式	<ul style="list-style-type: none"> ・70～100万円 ・他にポンプおよびタンクが必要 ・1循環系統につき1台 	

表 11 モノクロラミン消毒における適正濃度

貯湯槽内の消毒方法	50～100mg/L を内壁に噴霧
ろ過器の消毒方法 (ろ過器に直接注入して消毒する場合)	5mg/L 以上を注入
ろ過器の消毒方法 (浴槽水に投入し循環させて消毒する場合)	浴槽水に投入し 10mg/L 以上として 1時間以上循環後、中和処理して排出
配管等の設備の消毒方法 (浴槽水に投入し循環させて消毒する場合)	
浴槽水の消毒方法 (通常の浴槽の場合)	3mg/L 以上

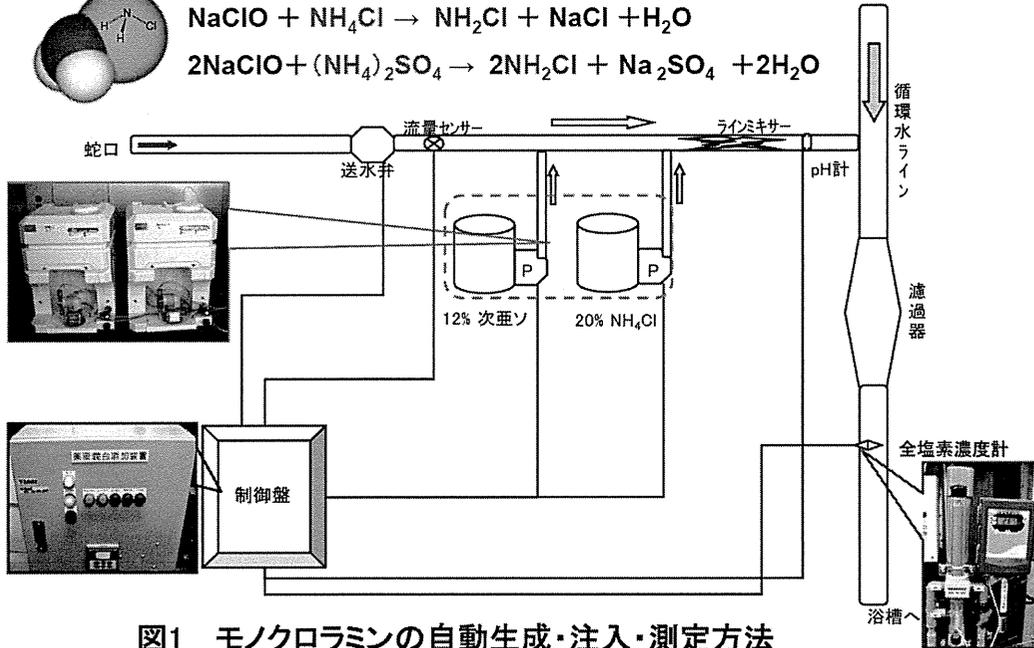
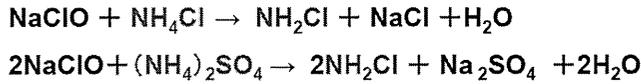
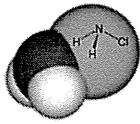
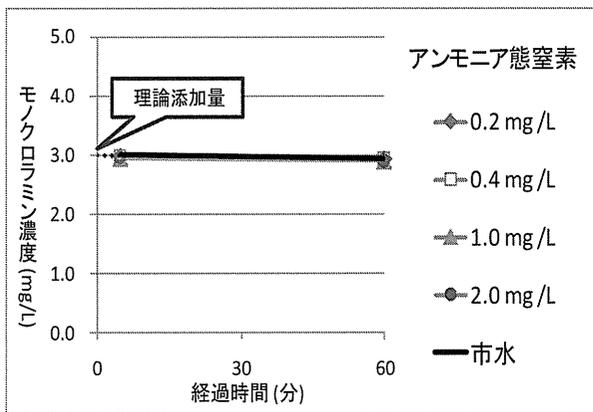
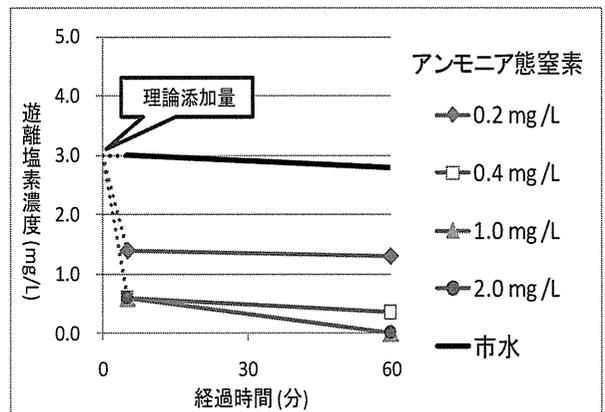


図1 モノクロラミンの自動生成・注入・測定方法

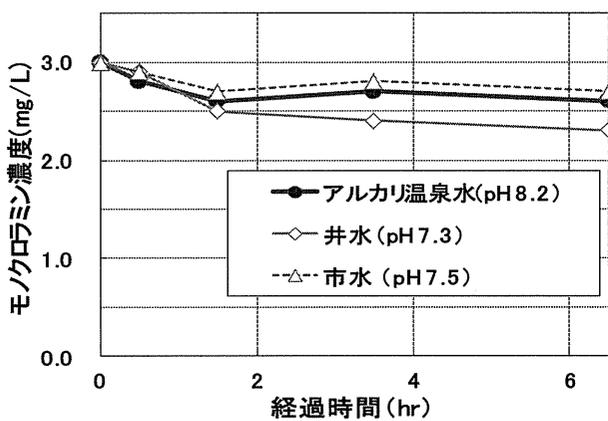


(1) モノクロラミン

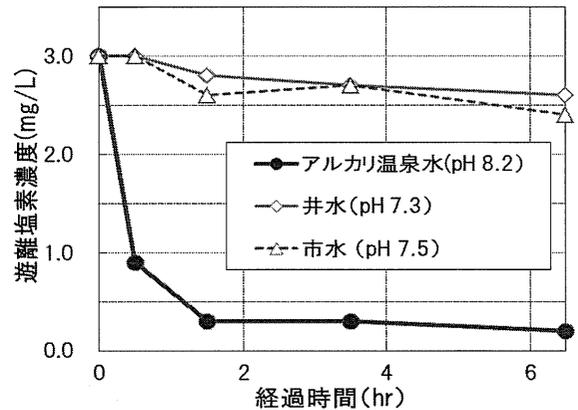


(2) 遊離塩素

図2 アンモニア態窒素 0.2~2.0 mg/L が与える塩素剤への影響



モノクロラミン添加時



次亜塩素酸ナトリウム添加時

図3 アンモニア態窒素(0.4 mg/L)を含む温泉源泉水におけるモノクロラミンの事前適合性試験



モノクロラミン消毒時のヘアキャッチャー



モノクロラミン消毒

拭き取り綿棒の汚れの違い



次亜塩素酸ナトリウム消毒時のヘアキャッチャー



ヘアキャッチャー配管内面を手でめくう



ヘアキャッチャー配管内面を手でめくう

図4 モノクロラミン消毒時と次亜塩素酸ナトリウム消毒時のヘアキャッチャー配管内面の拭き取りによる比較

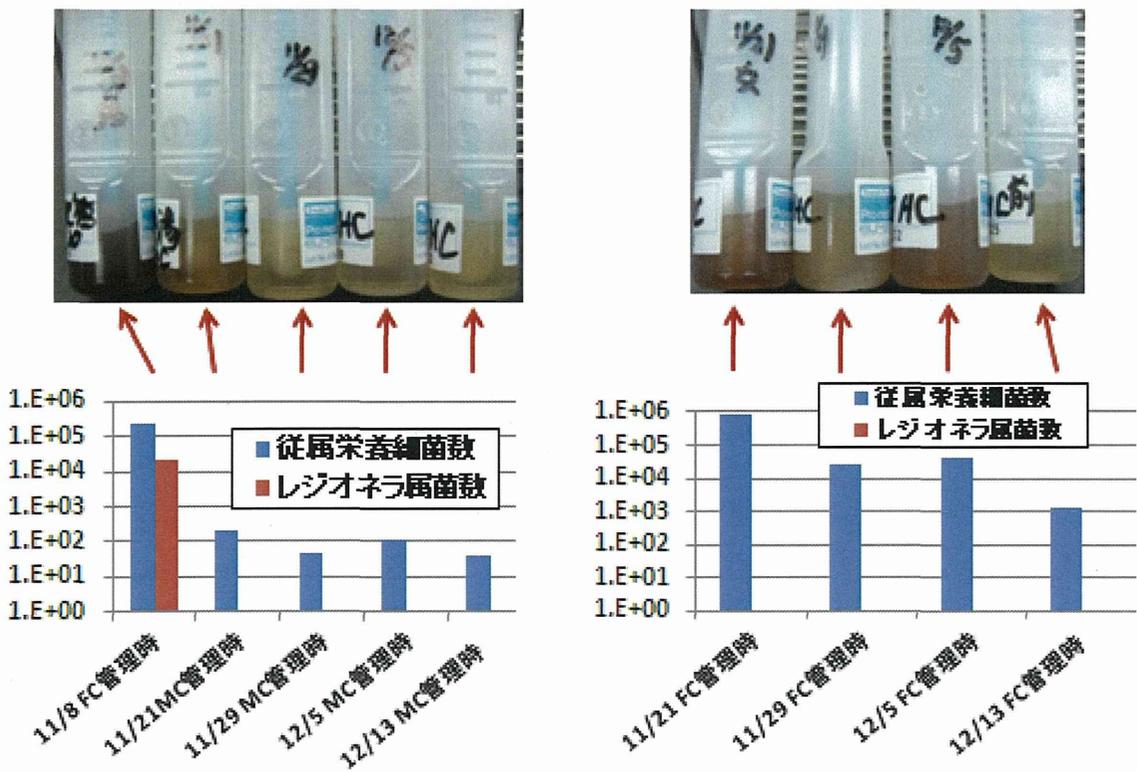


図5 通常濃度のモノクロラミン(MC,3mg/L)と遊離塩素(FC, 1mg/L)消毒時の配管内面の拭き取り一綿棒当たりの菌数と洗い出し液の濁り・色の比較