

図1 モノクロラミン自動生成・注入装置の概要

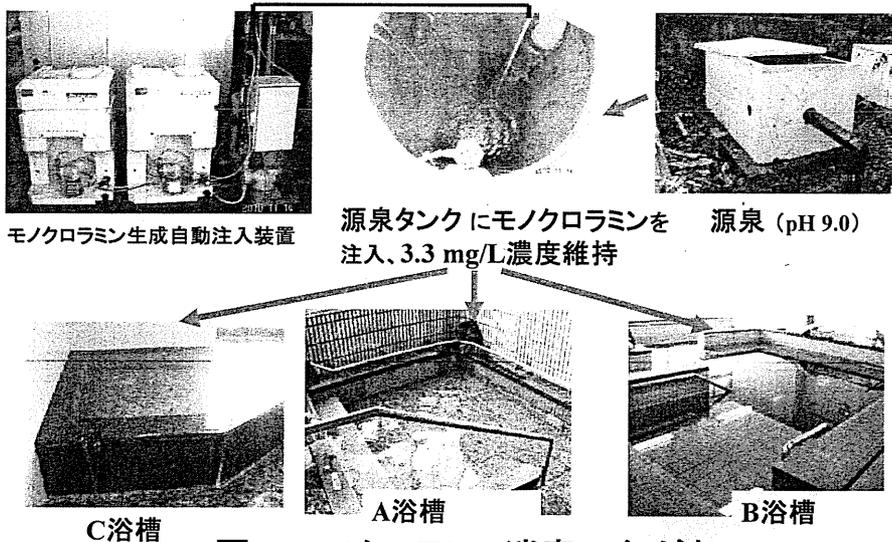


図2 モノクロラミン消毒のながれ

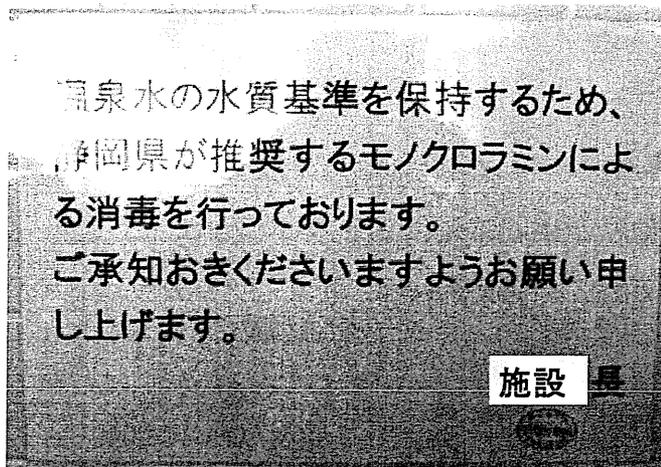


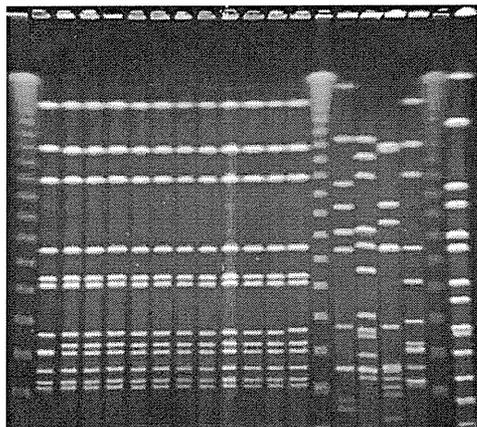
図3 浴場壁面への「浴槽水のモノクロラミン消毒実施」の掲示

表1 モノクロラミン消毒導入前の温泉水の細菌汚染調査結果

検体名	レジオネラ属菌			一般生菌数 (/ml)	従属栄養細菌数 (/ml)
	菌数(CFU/100ml)	検出菌種	血清群		
(1) B浴槽温泉水 (給水口 i)	230	<i>L.pneumophila</i>	3, 10	4.0 × 10	2.3 × 10 <sup>2</sup>
(2) B浴槽温泉水 (給水口 ii)	200	<i>L.pneumophila</i>	1, 3, 11	4.5 × 10	1.8 × 10 <sup>2</sup>
(3) A浴槽温泉水 (給水口)	130	<i>L.pneumophila</i>	3, 10	4.8 × 10	2.1 × 10 <sup>2</sup>
(4) C浴槽温泉水 (給水口)	260	<i>L.pneumophila</i>	3, 10	5.1 × 10	2.0 × 10 <sup>2</sup>
(5) 源泉タンク内 温泉水	60	<i>L.pneumophila</i>	3, 10	2.3 × 10	1.7 × 10 <sup>2</sup>
(6) 汲み上げ直後 源泉	320	<i>L.pneumophila</i>	3	9.9 × 10	1.8 × 10 <sup>2</sup>

CFU: Colony Forming Unit

M 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 M 21 22 23 24 M S.B



掛け流し温泉施設 *L.pneumophila* SG3分離株

No.	採水日	由来
1	9月1日	B浴槽(給水口 i)
2		B浴槽(給水口 ii)
3		A浴槽水
4		C浴槽水
5		源泉タンク内温泉水
6		源泉
7	9月14日	A浴槽水(モノクロラミン投入前)
8	10月29日	B浴槽(給水口 i)
9		A浴槽水
10		源泉タンク内温泉水
11		源泉
12	11月15日	源泉(モノクロラミン消毒前)

他施設 *L.pneumophila* SG3分離株

No.	由来	保存株No.
21	090629御殿場1	09035
22	100103熱海2	09080
23	100705賀茂1	10025
24	100809東部1	10049

図4 掛け流し施設の温泉水から共通して検出された *Legionella pneumophila* SG3 のPFGE解析

採材日、採材箇所が異なっても同じPFGEプロフィールを示す  
→掛け流し系統内に同一菌が定着している

表2 浴槽水へ用事調整したモノクロラミン投入時の細菌学的検査結果

検体名	レジオネラ属菌		従属栄養細菌数		アメーバ数
	菌数(CFU/100ml)	検出菌種	血清群	(/ml)	(/50ml)
(1) A浴槽水 モノクロラミン投入前	130	<i>L.pneumophila</i>	3, 10	$4.9 \times 10^2$	検出不能 (粘菌用微生物多数)
(2) A浴槽水 濃度調整直後	検出せず	—	—	$3.4 \times 10$	0
(3) A浴槽水 入浴終了時	検出せず	—	—	0	0
(4) B浴槽水 濃度調整直後	検出せず	—	—	0	0
(5) B浴槽水 入浴終了時	検出せず	—	—	0	0

CFU: Colony Forming Unit

表3 浴槽水へ用事調整したモノクロラミン投入時の各種塩素濃度

No	採水時期	現地測定(ポケット水質計)	科学院測定(精密検査)				
		モノクロラミン MC(HACH)	遊離塩素 DPD/FAS	モノクロラミン DPD/FAS	ジクロラミン DPD/FAS	トリクロラミン DPD/FAS	トリクロラミン HS-GC/MS
1	モノクロラミン投入前 A浴槽水	0	ND	ND	ND	ND	ND
2	濃度調整直後 A浴槽水	2.3	ND	5.7	0.3	ND	ND
3	入浴終了時 A浴槽水	2.7	ND	2.4	0.2	ND	ND
4	濃度調整直後 B浴槽水	4.15	ND	4.0	0.2	ND	ND
5	入浴終了時 B浴槽水	3.55	ND	2.7	0.1	ND	ND

注: 数値の単位はmg/L ND:検出せず

表4 モノクロロミンの投入や入浴による浴槽水の水質の推移

試料名	項目	残留塩素 (mg/L)	色度 (度)	濁度 (度)	pH	電気伝導率 (mS/m)	アンモニア態窒素 (mg/L)	有機物等 <sup>注1)</sup> (mg/L)	TOC <sup>注2)</sup> (mg/L)
A浴槽水 モノクロロミン投入前		0.0	0.5未満	0.1未満	9.0	128	0.05未満	1.3	0.3未満
A浴槽水 濃度調整直後		0.0	0.5未満	0.2	9.0	118	2.28	1.3	0.3未満
A浴槽水 入浴終了時		0.0	0.5未満	0.2	9.1	120	2.04	2.7	0.3未満
B浴槽水 濃度調整直後		0.0	0.5未満	0.1	9.0	106	3.17	2.2	0.3未満
B浴槽水 入浴終了時		0.0	0.5未満	0.3	9.0	99	1.79	2.2	0.3未満

注1) 有機物等=過マンガン酸カリウム消費量 注2) TOC=有機物(全有機炭素(TOC)の量)

表5 源泉タンク内へ自動生成したモノクロロミンを自動注入時の細菌学的検査結果

No	採水場所	試料の種類	レジオネラ (CFU/100ml)	一般細菌数 (CFU/ml)	従属栄養細菌数 (CFU/ml)	アメーバ数 (CFU/50ml)
1	モノクロロミン消毒前	源泉水	$1.4 \times 10^3$	$2.1 \times 10$	$7.2 \times 10^2$	検出不能 (粘菌様微生物多数)
2	消毒後の源泉タンク内水	温泉水	<10	0	6	0
3	B浴槽水	浴槽水	<10	0	0	0
4	A浴槽水	浴槽水	<10	0	0	0
5	C浴槽水	浴槽水	<10	0	0	0

CFU: Colony Forming Unit

表6 源泉タンク内へ自動生成したモノクロロミンを自動注入時の各種塩素等の濃度

No	採水時期	現地測定(ポータブル測定器)				科学院測定(精密検査)				
		遊離塩素 DPD(HACH)	モノクロロミン MC(HACH)	遊離アンモニア NH3(HACH)	全塩素 DPD(HACH)	遊離塩素 DPD/FAS	モノクロロミン DPD/FAS	ジクロロミン DPD/FAS	トリクロロミン DPD/FAS	トリクロロミン HS-GC/MS
1	モノクロロミン消毒前 源泉水	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND	ND
2	消毒後の源泉タンク 内温泉水	0.12	3.05	0.75	2.55	ND	2.7	0.06	ND	ND
3	B浴槽水	0	3.3	0.65	2.7	ND	2.7	0.07	ND	ND
4	A浴槽水	0	3.2	0.8	2.8	ND	2.8	0.04	ND	ND
5	C浴槽水	0	3.6	0.65	2.85	ND	2.8	0.06	ND	ND

注: 数値の単位はmg/L ND:検出せず

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 (長崎県の実施例)

研究分担者: ○田栗利紹 長崎県環境保健研究センター

研究分担者: 杉山寛治 静岡県環境衛生科学研究所

研究協力者: 泉山信司 国立感染症研究所

研究協力者: 小坂浩司 国立保健医療科学院

(研究要旨) 塩素管理下で  $\text{pH} \geq 8.0$  を示す温泉水を利用した循環ろ過式入浴施設においてモノクロラミンによる浴槽水の消毒効果を検証した。杉山らの方法に基づき 1 週間にわたり手投入で管理した結果、途中でモノクロラミン濃度は温泉補給水の希釈を受けて大きく低下したものの、レジオネラ属菌、従属栄養細菌、およびアメーバは全く検出されなかった。モノクロラミン濃度は測定値が投与量に比例し、全塩素濃度と平行して推移したことに加え、現地と実験室の値にほとんど差が認められなかった。モノクロラミンによる浴槽水の衛生管理は営業施設においても有用なことが示された。

A. 研究目的

遊離残留塩素濃度による消毒は効果的な方法であるが  $\text{pH}$  や温度、特に入浴施設においては温泉の泉質、入浴者の皮垢や生物膜等の影響を受けて効果が不安定となることはよく知られている。近年、杉山ら (2010) が、2 トンクラスの浴槽を整備した実験用循環ろ過式モデル施設において、遊離塩素より安定性の高い塩素系消毒剤であるモノクロラミンによる入浴施設の衛生管理方法を提案し、その有効性を示した。今回、この方法により、長崎県内の循環ろ過式入浴施設を管理してその効果を検証した。

B. 研究方法

- 1) 対象施設: 長崎県内入浴施設、循環ろ過式 (週 1 回定休日に完全換水)、入浴者数; 200 ~ 400 人/日  
対象設備: 露天風呂、浴槽水量; 約 6 トン、泉質;  $\text{Na} \cdot \text{Mg}$  炭酸水素塩・塩化物塩泉、貯湯槽; 30 トン
- 2) 調査期間: 定期的な全換水実施日の間の 6

日間(平成 22 年 8 月 5 日(木)~10 日(火))

- 3) 調査前処理: 調査の 1 週間前に日産化学工業社製、循環ろ過器・配管用除菌洗浄剤 (S P A - F C 3) にてメーカー推奨濃度 (浴槽水 1 トンあたり 1 ケース) により洗浄した後、浴槽水のレジオネラ属菌培養検査を実施して、当該菌不検出を確認した。なお、洗浄前のろ過器排水からは、100 cfu/100mL のレジオネラ属菌が検出されていた。
- 4) お湯の循環方法: 浴槽水を循環させるが、浴槽からオーバーフローしたお湯は排水して不足分を貯湯槽から随時補給していた。施設全体の浴槽水量は約 26 トンで、毎日の補給量は 45~90 トン(平均 78 トン、調査前の 1 週間の記録)であった。露天風呂の補給量は 1 日あたり約 12 トンと見積もられた。単純計算で、露天風呂の消毒剤濃度は毎日 1/4 にまで低下することになる。
- 5) 採水方法と検水の前処理: レジオネラ属菌検査とアメーバ検査用の採水および前処

理は、新版レジオネラ症防止指針に準拠して実施した。即ち、検水 500 mL を 2.5% チオ硫酸ナトリウム 1 mL 入り滅菌済みポリプロピレン採水容器に採取し、冷蔵輸送後、ろ過法により濃縮した。各検水を直径 47 mm、孔径 0.4  $\mu\text{m}$  のポリカーボネート製メンブランフィルター（ミリポア、Isopore-HHTTP 04700）で吸引ろ過した後、フィルターを滅菌蒸留水（大塚製薬、20 mL 注射用蒸留水）5 mL に挿入し、1 分間攪拌した懸濁水をレジオネラ属菌検査に供した。アメーバ検査用には、検水 50 mL を 2.5% チオ硫酸ナトリウム 0.1 mL 入り 50 mL 用プラスチック製遠心管に採取して、常温で運搬した。これを 3,000rpm $\times$ 5 分間遠心分離した後、上清を除去して残りの 1 mL を試験に供した。従属栄養細菌用は、レジオネラ属菌検査用に採水した検水の一部を用いて検査に供した。ふき取り試料は、集毛器および配管の内壁表面約 25  $\text{cm}^2$  を滅菌済み綿棒で拭き取って滅菌生理食塩水 10 mL に懸濁したものを、レジオネラ属菌検査、アメーバ検査、および従属栄養細菌検査に供した。

- 6) 微生物の検査方法：レジオネラ属菌検査では、濃縮検水および拭き取り懸濁水を 50 $^{\circ}\text{C}$ 、20 分間加温処理してから再度 1 分間攪拌した後、その 0.1 mL、および 0.1 mL 酸処理液（0.2M HCL/KCL buffer, pH2.2）を加えて 5 分間静置した混合液の 0.2 mL を、GVPC<sub>0</sub> 培地（ビオメリューシスメックス）に接種した。35 $^{\circ}\text{C}$  で 10 日間培養して、システイン要求性の湿潤集落をレジオネラ属菌として計数した。従属栄養細菌検査は、井上ら（2006）の方法によった<sup>2)</sup>。即ち、検水および拭き取り懸濁水を適切に希釈した希釈液 0.1 mL を R2A 培地（ベクトンディッキンソン）に接種して、42 $^{\circ}\text{C}$  で

7 日間培養後、20~200 のコロニーをカウントし、希釈倍率をかけた値を従属栄養細菌数とした。アメーバ検査は、1.5% 無栄養寒天平板に 60 $^{\circ}\text{C}$ 、1 時間加熱処理した大腸菌（DH1 株）を  $10^{8\sim 9}$  cfu (colony forming unit) 撒いて乾燥させた大腸菌塗布寒天平板培地に、濃縮検水および拭き取り懸濁水各 1 mL を接種して、30 $^{\circ}\text{C}$  で 14 日間培養した。鏡検によりシストあるいは栄養体を確認したプラークをアメーバとして計数した。

- 7) 理化学検査の方法：遊離残留塩素濃度と全塩素濃度（遊離残留塩素濃度と結合残留塩素濃度の和）は、現地ではポケット塩素計（HACH）を用いて *N,N*-ジエチル-*p*-フェニレンジアミン（DPD）吸光度法で測定した。モノクロラミンは現地ではモノクロラミン測定器（HACH）を用いてインドフェノール法により測定した。検水の 100 mL を保健医療科学院に冷蔵輸送してその他の塩素濃度を測定し、実験室内測定値とした。即ち、遊離残留塩素濃度、モノクロラミン濃度、ジクロラミン濃度は、DPD を用いた硫酸第一アンモニウム（FAS）による滴定法（DPD/FAS 法）により測定した。トリクロラミン濃度は DPD/FAS 法およびヘッドスペースガスクロマトグラフ質量分析法（HS-GC/MS 法）で測定した。その他の理化学検査は民間検査機関に依頼して、過マンガン酸カリウム消費量は滴定法、全有機炭素量は全有機炭素計測定法、pH はガラス電極法によりそれぞれ測定した（厚生労働省告示第 261 号）。
- 8) モノクロラミンの調製方法：杉山ら（2010）<sup>1)</sup> の報告に準拠してモノクロラミン原液を調製した。投与量は対象施設から採取した温泉原水による予備実験結果から浴槽水 1 トンあたり 1 L のモノクロラミン原液を投

与した。これは杉山らの示した投与量の 2 倍量に相当する。

- 9) モノクロラミン原液の投与方法：現地で用時調製した原液を用手投与した。定期的にモノクロラミン濃度を計測して 3.0 mg/L を下回った場合には適宜必要量を計算して補給した。この操作は原則として田栗が現地において実施したが、休日など日中に投与ができない場合には、予め減少率から必要量を推定して当日の早朝に投与した。
- 10) 現行法とモノクロラミン管理方法による薬剤コストの比較：施設衛生管理者から聞き取った年間使用薬剤量をインターネットで調べた市場価格と掛け合わせて現在の薬剤コストとした。今回調査したモノクロラミンの使用濃度と使用量、並びに日当たり推定使用湯量 78 トン（調査前の 1 週間の記録の平均値）と市場価格からモノクロラミン管理による推定薬剤コストを算出して現状と比較した。

倫理面への配慮：調査に先だって、管轄保健所および衛生管理者等施設関係者に対する調査の目的、調査期間、塩素系消毒剤としてのモノクロラミンの性質、当該消毒剤の投与方法、投与場所およびその管理方法についての周知、並びに施設利用者に向けた当該消毒剤使用とその目的の告知を行ない、匿名にて感想意見を聴取した。

### C. 研究結果

- 1) モノクロラミン濃度：予備実験結果から、該当する浴槽水量（6 トン）を 3 mg/L に保つモノクロラミン原液の必要量は 1 日あたり 6 L と計算されたが、実際の投与量は 1 日当たり 7~21 L を要した（図 1）。モノクロラミン濃度は換水後 1~2 日間は 2.82~4.1 mg/L と比較的安定していた。しかし、

3 日目以降、推定値で制御した結果、濃度の減少率が大きかったことから、濃度が一定しなかった。モノクロラミン濃度と全塩素濃度は全調査期間を通して平行に推移した（図 1）。

- 2) レジオネラ属菌とアメーバは、浴槽水、ふき取り材料の全てで不検出であった（表 1）。従属栄養細菌は実験開始前にわずかに検出されたがその後は不検出となった（表 1）。
- 3) 塩素系物質濃度の現地測定値と実験室内測定値との比較：遊離残留塩素が現地で測定されたが、実験室では同程度の塩素量が結合塩素として測定されており、遊離残留塩素の検出は測定キットが想定しなかった環境下の測定による偽陽性の可能性が示唆された（表 2）。モノクロラミンは、投入前は不検出であったものが、投入直後と換水前で期待値（3.0~4.0 mg/L）を維持できていた（表 2）。加えて、現地と実験室との間で差が認められなかった（表 2）。ジクロラミンの検出はわずかでトリクロラミンは不検出であった（表 2）。入浴者と施設関係者からは、塩素臭に関する苦情や指摘はなかった。
- 4) その他の理化学検査成績：モノクロラミン原液の投与前、投与直後、および調査終了時において、pH、過マンガン酸カリウム消費量、全有機炭素量に著変は認められなかった（表 2）。
- 5) 現行法とモノクロラミン管理方法による薬剤コストの比較：該施設は次亜塩素酸ナトリウムとイソシアヌル酸ナトリウムを混合使用していた。現在の薬剤年間コストは約 32.2 万円で、モノクロラミン管理コストは約 34.2 万円と試算され、約 6% 高い結果であった（表 3）。

#### D. 考察

モデル実験において、杉山らは入浴後の浴槽水中のモノクロラミン減少率を概ね 1~3 割と報告したが、今回の調査では全体的に減少率が大きく、換水前には 21 L もの投与（必要量の約 3.5 倍）を要していた。補給水量の大きさ（1日あたり約 12 トン、元々6tの浴槽水は 1/4 まで希釈される）が主原因と推察された。過マンガン酸カリウム消費量と全有機炭素量に大きな変化は認められておらず、モノクロラミン濃度減少の要因として入浴の影響は無視できた。

調査 1~2 日のモノクロラミン濃度は比較的安定していたが、3 日目以降、前 2 日からの推定値で制御しても適切な濃度を維持できなかった。本施設では 1日 1回の投入では不足がみで、頻繁に追加補充する必要があると考えられた。このことは実用上の障壁になると考えられた。

トリクロラミン不検出に裏付けられたとおり、塩素臭の問題は認められなかった。また、レジオネラ属菌やアメーバ等も認められず、消毒効果は有効と考えられた。

全調査期間を通して、現地測定的全塩素濃度とモノクロラミン濃度（現地、実験室）は平行に推移した（図 1）。このことは、現在実施されている遊離残留塩素濃度用の DPD 吸光度法と同じ測定器、技術、およびコストでモノクロラミンを管理できることを示している。

一方で、現地における遊離残留塩素濃度はモノクロラミン濃度と同等かそれ以上の濃度を示した（表 2）。投与したモノクロラミンは常にアンモニア過剰の条件でモノクロラミン生成を行っており、理論上遊離塩素の存在は考えにくい。該施設の温泉原水には 0.2~2.0 mg/L 程度のアンモニアが含まれていた（データ未掲載）ことから、アンモニアの不足は考えられない。例えば換水前の浴槽水（表 2 No9）で、遊離残留塩素濃度が 5.01 mg/L を示したときの全塩素濃度とモノクロラミン濃度はそれぞれ 5.12

mg/L と 3.85 mg/L であり、結合塩素の存在が確認される一方、遊離残留塩素は誤検出が強く疑われた。使用したキットは本来、浄水の遊離残留塩素の測定が目的とされており、温泉水での測定は困難だったと解釈した。

モノクロラミンの薬剤コストは、調査施設の現状方式よりも 6%ほど高い結果であった。これはモノクロラミン原液を杉山らの方法の 2 倍量加えたことに加えて、補給水による希釈効果の影響が原因と考えられた。モノクロラミン投与量を減らすことはできないので、当該施設で本方式を安定に実施する方策が必要である。一方、もともと高 pH で塩素が効きにくい温泉の問題を抱えていた施設であったことから、全体的に今回の結果に対する施設関係者の感想は好意的であった。モノクロラミン自動調製注入装置が開発されて、投入の手間を省くことができれば、直ちにモノクロラミン消毒法が導入されると思われた。

#### E. 結論

全期間を通してレジオネラ属菌とアメーバは検出されなかったために、循環ろ過方式を採用している営業施設においてモノクロラミンによる消毒方法は有効であったと言える。手投入による濃度維持の難しさからお湯を随時補給している施設での投与方法に課題が残り、モノクロラミン自動調製注入装置の開発が期待された。遊離残留塩素濃度の現地測定において測定の誤りが認められ、浄水用の測定キットの温泉への適用へは、注意を要すると考えられた。

#### F. 参考文献

- 1) 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) p.109-115 (2010)
- 2) 厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機

管理研究事業)「掛け流し温泉における適切な衛生管理手法の開発等に関する研究」平成 17 年度分担研究報告書 研究代表者：井上 博雄, p.119(2006)

Taguri T, Oda Y., Sugiyama K., Nishikawa T, Endo T, Izumiyama S, Yamasaki M., and Kura F: A rapid detection method using flow cytometry to monitor the risk of legionellosis in bath water. J. Microbiol. Methods (in press).

G. 健康危険情報 なし

I. 知的所有権の取得状況 なし

H. 研究発表

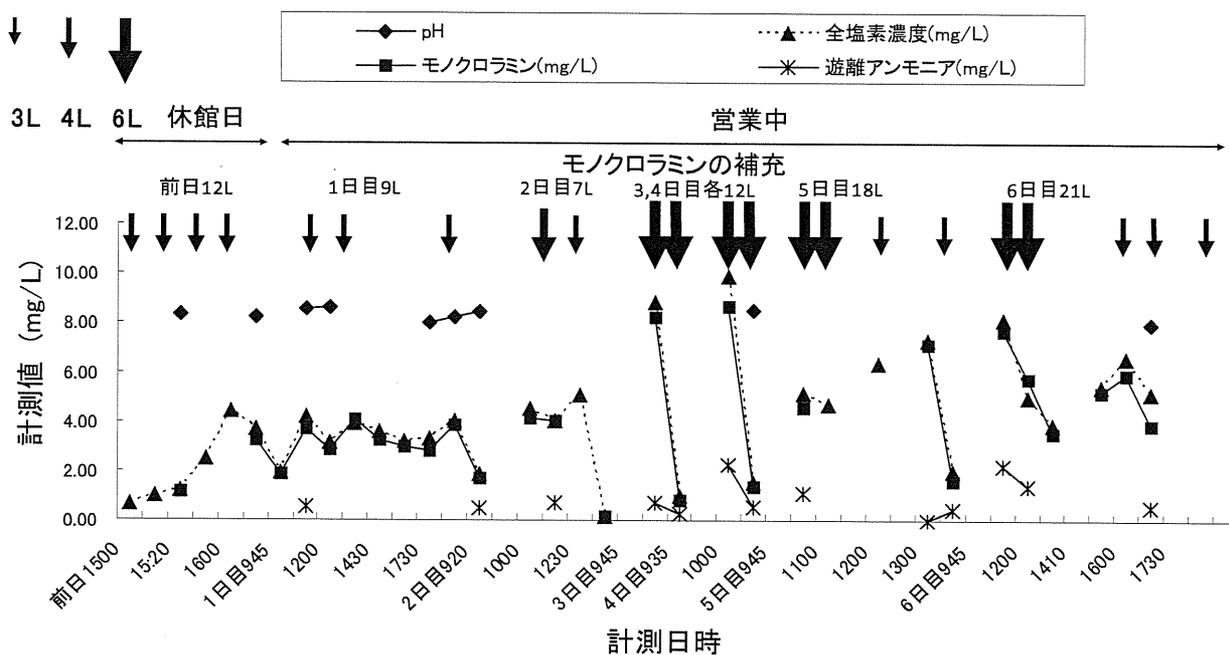


図1 各種化学計測パラメータの現地測定値の推移

表1 各種微生物測定値の推移

No	採水時期	試料の種類	レジオネラ属菌	従属栄養細菌	アメーバ
			cfu/100mL or 25cm <sup>2a</sup>	cfu/mL or 25cm <sup>2a</sup>	cfu/50mL or 25cm <sup>2a</sup>
1	モノクロラミン(MC)投入前	浴槽水	<10	300	<1
		配管拭き取り	<10	<10	<1
		集毛器拭き取り	<10	325	<1
2	調製直後	浴槽水	<10	<10	<1
		配管拭き取り	—	—	—
		集毛器拭き取り	—	—	—
3	2日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
4	3日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
5	4日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
6	5日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
7	6日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
8	7日目MC調製後	浴槽水	<10	<10	<1
9	換水前	浴槽水	<10	<10	<1
		配管拭き取り	<10	<10	<1
		集毛器拭き取り	<10	—	<1

<sup>a</sup>cfu/mLは浴槽水、25cm<sup>2</sup>はふき取り

表2 理化学検査測定値の比較

	遊離残留塩素 (mg/L)		モノクロラミン (mg/L)		ジクロロミン (mg/L)	トリクロロミン (mg/L)	pH	過マンガン酸カリウム消費量 (mg/L)	全有機炭素量 (mg/L)	
	現地 <sup>a</sup>	実験室 <sup>b</sup>	現地	実験室	実験室	実験室		民間委託	民間委託	民間委託
	DPD吸光度法	DPD/FAS法	インドフェノール法	DPD/FAS法	DPD/FAS法	DPD/FAS法		HS-GC/MS法	ガラス電極法	滴定法
No1 <sup>c</sup>	0.17	ND <sup>d</sup>	0.16	ND	ND	ND	ND	7.9 (21°C)	8.1	1.0
No2	3.6	ND	3.7	3.2	0.09	ND	ND	7.9 (21°C)	8.1	1.2
No9	5.04	ND	3.85	3.4	0.3	ND	ND	7.7 (23°C)	5.0	1.4

<sup>a</sup>携帯用測定器にて測定、<sup>b</sup>保健医療科学院にて測定、<sup>c</sup>番号は表1に同じ、<sup>d</sup>検出限界以下

表3 調査施設における年間薬剤コスト比較

	使用薬剤	市場価格 (円)	湯1トンあたりコスト (円)	1日あたり使用湯量 <sup>f</sup> (トン)	1日あたりコスト (円)	1週間あたりコスト (円)	年間コスト(円)
現在の管理方法 <sup>a</sup>	12%20L 次亜塩素酸ナトリウム	3,045 <sup>e</sup>	13.2	78	1,032	6,192	322,000
	10kg イソシアヌル酸ナトリウム (15g錠剤)	12,000 <sup>d</sup>					
モノクロラミン管理方法 <sup>b</sup>	12%20L 次亜塩素酸ナトリウム	3,045	14.1	78	1,096	6,576	341,951
	25kg 塩化アンモニウム	15,000 <sup>e</sup>					

<sup>a</sup>施設管理者から聞き取った現在の年間使用薬剤量と市場価格から算出した年間コストを、1日あたり使用湯量78t、週6日稼働、年間52週として逆算

<sup>b</sup>今回調査の使用濃度・量と市場価格からトンあたりコストを割り出し、1日あたり使用湯量78t、週6日稼働、年間52週として計算

<sup>c, d, e</sup>インターネットより引用

<sup>c</sup>: 楽天市場 (商品名アサヒラック) <http://item.rakuten.co.jp/kimeidou/10000191/>

<sup>d</sup>: FC2ショッピングモール (商品名スパクリーン90TH) <http://mall.fc2.com/item/yukina1010/130/%A5%B9%A5%D1%A5%AF%A5%EA%A1%BC%A5%F3%A3%B9%A3%B0TH>

<sup>e</sup>: (株)内藤商店 (商品名塩化アンモニウム) [http://www.naitoh.co.jp/product/syoku\\_a00019.html](http://www.naitoh.co.jp/product/syoku_a00019.html)

<sup>f</sup>今回調査時の使用湯量

厚生労働科学研究補助金（地域健康危機管理研究事業）  
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

分担 研究年度終了報告書  
一 消毒副生成物の暴露評価 一

研究分担者: 神野 透人	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
研究協力者: 竹熊 美貴子	埼玉県衛生研究所
研究協力者: 高橋 淳子	桐生大学短期大学部 生活科学科
研究協力者: 香川(田中) 聡子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
研究協力者: 古川 容子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

**研究要旨:** レジオネラ属菌に対する塩素代替消毒剤として、公衆浴場等におけるモノクロラミンの適用可能性を考える際には、消毒副生成物暴露の観点からも健康リスクに対する影響を精査する必要があると考えられる。そこで、本分担研究課題ではモノクロラミン処理浴槽水中の消毒副生成物との比較に資するためのデータを取得する目的で、現行の塩素消毒を行っている入浴施設において消毒副生成物濃度に関する調査を実施した。対象化合物としては、従来の揮発性有機化合物に加え、酸化反応によって生じるアルデヒド類についても検討を行った。10箇所の浴場施設について調査を行った結果、いずれの施設の浴室空気中からもクロロホルム ( $15\sim 111\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) をはじめとするトリハロメタン類やジクロロアセトニトリル ( $0.37\sim 7.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、ブromokloroアセトニトリル ( $0.95\sim 5.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) が検出された。浴槽水中からはこれらの消毒副生成物に加えて、ジクロロ酢酸 ( $5.3\sim 43\ \mu\text{g}/\text{l}$ ) やトリクロロ酢酸 ( $2.0\sim 50\ \mu\text{g}/\text{l}$ ) が比較的高濃度で検出された。また、N-ニトロソジメチルアミンとクロロピクリンはいずれの浴槽水でも不検出 (それぞれ  $< 0.01\ \mu\text{g}/\text{l}$ 、 $< 1.0\ \mu\text{g}/\text{l}$ ) であったが、抱水クロラールが高い濃度 ( $4\sim 110\ \mu\text{g}/\text{l}$ ) で存在していることが本研究によって初めて明らかになった。

#### A. 研究目的

厚生労働科学研究（地域健康危機管理研究事業）「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：国立感染症研究所 倉 文明）」では、高 pH 領域においても消毒効果を発揮できる塩素代替消毒剤の最も有力な候補としてモノクロラミンに着目し、一連の研究が進められている。

公衆浴場等におけるモノクロラミンの適用可能性を考える際には、消毒副生成物暴露の観点からも健康リスクに対する影響を精査す

る必要があると考えられる。そこで、本分担研究課題ではモノクロラミン処理浴槽水中の消毒副生成物との比較に資するためのデータを取得する目的で、現行の塩素消毒を行っている入浴施設において消毒副生成物濃度に関する調査を実施した。測定対象化合物としては、トリハロメタン類及びハロ酢酸類に加え、酸化反応によって生じるアルデヒド類並びにハロアセトニトリル類や N-ニトロソジメチルアミン (NDMA) など含窒素消毒副生成物に着目して検討を行った。

## B. 実験方法

### B-1 試料

表1に示した10箇所の浴場施設で試料を採取した。午後の営業時間中に浴槽水を採水し、同時刻に浴室内の空気を捕集した。採水は対象とする化学物質の種類毎に、それぞれ水道法の公定法に従いサンプリングした。空気の捕集にはサンプリングポンプMP-Σ30(柴田化学)を使用し、揮発性有機化合物(VOC)は捕集剤TenaxTA(Supelco)、アルデヒド類は捕集剤LpDNPH S10(Supelco)を用いて、それぞれ流速75 ml/minで10分間(総流量0.75L)、1000 ml/minで10分間(総流量10L)試料を採取した。

浴室空気中のトリハロメタン類(クロロホルム、ブromोजクロロメタン、ジブromokロロメタン、ブromohホルム)、ハロアセトニトリル類(ジクロロアセトニトリル、ブromokロロアセトニトリル、ジブromoaセトニトリル)及びアルデヒド類(ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド)計9物質、並びに浴槽水中のハロ酢酸類(モノクロロ酢酸、モノブromoaセト酢酸、ジクロロ酢酸、ブromokロロ酢酸、ジブromoaセト酢酸、トリクロロ酢酸、ブromोजクロロ酢酸、ジブromokロロ酢酸、トリブromoaセト酢酸)及びアルデヒド類(ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、n-ブチルアルデヒド、カブロンアルデヒド)については埼玉県衛生研究所で測定を行い、浴槽水中のトリハロメタン類、ハロアセトニトリル類(クロロアセトニトリル、ジクロロアセトニトリル、トリクロロアセトニトリル、ブromokロロアセトニトリル、ジブromoaセトニトリル、ブromoaセトニトリル、トリブromoaセトニトリル、ブromोजクロロアセトニトリル、ジブromokロロアセトニトリル)及びNDMA、クロロピクリン、抱水クロラールについては(財)千葉県薬剤師会検査センターで測定を行った。

### B-2 消毒副生成物の定量

水道法の公定法に従い、浴槽水中のハロ酢酸類はメチル誘導体化しGC/MSで、アルデヒド類はPFBOA誘導体化しGC/MSで、TOCは全有機炭素計TOC-V CPH(島津製作所)で定量した。

空気中のVOCは加熱脱着-GC/MSで、アル

デヒド類はDNPH誘導体化してHPLCで定量した。

[加熱脱着-GC/MS測定条件]

GC/MS: 5973 inert (Agilent Technologies)

カラム: CP-SIL 5CB (Valian)

60 m × 0.25 mm, 1.0 μm

昇温プログラム:

50°C (0 min)-5°C/min-130°C (0min)

-20°C/min-250 °C(3 min)

MSイオン源温度: 230°C

定量イオン及び確認イオン: クロロホルム(83, 85, 47)、ジクロロアセトニトリル(74, 82, 84)、ブromोजクロロメタン(83, 85, 47)、抱水クロラール(82, 84, 111)、ブromokロロアセトニトリル(74, 76, 155)、ジブromokロロメタン(129, 127, 131)、ジブromoaセトニトリル(120, 118, 199)、ブromohホルム(173, 171, 175)

加熱脱着装置:

Turbo Matrix ATD (Perkin Elmer)

バルブ温度: 225°C

チューブオープン温度: 230°C

トラップ加熱: -10°C~250°C

トランスファーライン温度: 230°C

ヘッド圧: 100 kPa

出口流量: 5 ml

入口流量: 50 ml

脱着流量: 50 ml

ページ時間: 1分

脱着時間: 10分

トラップホールド時間: 15分

GCサイクル時間: 25分

浴槽水中のトリハロメタン類、ハロアセトニトリル類及びNDMAの測定方法を図1~図3に示した。

## C. 結果と考察

表1に示したように、浴場10施設の営業形

態の内訳は、福祉センター6施設、スーパー銭湯3施設およびスポーツクラブ1施設であった。浴槽の使用水は上水使用施設が7施設および井戸水使用施設が3施設であった。消毒薬の種類は次亜塩素酸ナトリウムまたは次亜塩素酸カルシウムを使用する施設が9施設およびジクロロイソシアヌル酸ナトリウムを使用する施設が1施設あった。気泡を伴う浴槽がある施設はNo. 2、4、5、6、7、8及び10の7施設であり、それら中で気泡を伴う浴槽で採水したのはNo. 2、4、6、7及び8の施設であった。サンプリング時、No. 2の施設以外は浴槽内および浴室ともに利用者が存在した。各浴槽水のTOCは1.4~9.6 mg/lであった。

表2は浴槽水中のトリハロメタン類、ハロアセトニトリル類、クロロピクリン、抱水クロラール及びNDMAの測定結果をまとめたものである。クロロピクリン及びNDMAについてはいずれの施設の浴槽水でも不検出(それぞれ0.001 mg/l未満、0.01 µg/l未満)であったのに対し、抱水クロラールが比較的高い濃度(0.004~0.11 mg/l)で検出された。また、9種のハロ酢酸類では、ジクロロ酢酸およびトリクロロ酢酸の生成量が大きく、その生成量は利用者数と換水日からの経過日数に依存する傾向がみられた(表3)。7種のアルデヒドのうち、ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの生成量が最も多かった(表4)。両者ともに最大値を示したNo. 3の施設は利用者が比較的多く、循環ろ過にオゾン活性セラミック式装置を利用していることから、オゾンとの反応によりアルデヒド類の生成量が増大した可能性も考えられる。

一方、浴室空気中の消毒副生成物については、全ての施設で4種類のトリハロメタンが検出された(表5)。合計したトリハロメタン濃度が最も高かったNo. 6の施設は浴室に換気設備がなく、通常は窓の開閉による換気が行

われている。サンプリング時、窓は閉まった状態であり、さらにこの施設の浴槽は気泡風呂であったことから、浴槽で生成されたトリハロメタンが揮発しやすい環境であったことも、浴室内の濃度を高めた一因であると推察された。最もトリハロメタン濃度が低かったNo. 9の施設には窓の設置がないが、換気能力13,600m<sup>3</sup>/hの外調機を有しており、換気効果が現れたものと推察された。

3種類のハロアセトニトリルでは、ジブロモアセトニトリル < ブロモクロアセトニトリル < ジクロロアセトニトリルの順に生成量が高くなる傾向を示したが、No. 1、2及び5の施設ではジクロロアセトニトリル < ブロモクロアセトニトリルであった(表6)。これらの施設では、表5に示したようにブロモホルムなど臭素化体の生成量も比較的多いことから、使用原水中の臭素イオンが高い可能性が考えられる。浴槽水中で比較的濃度が高く検出されたホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドは、浴室内の空気中では、揮発性がより高いアセトアルデヒドの方が、より高濃度に検出された(表7)。なお、詳細なデータは示さないが、本研究においては浴室空気中からは抱水クロラール(トリクロロアセトアルデヒド一水和物)の存在は確認されなかった。

TOCと浴槽水中の全消毒副生成物濃度(トリハロメタン類、ハロ酢酸類、ハロアセトニトリル類、アルデヒド類及び抱水クロラールの合計)の関係について検討を行った結果、図4に示したように両者の間には統計的に有意な正の相関(Pearson  $r = 0.913$ ,  $p < 0.01$ )が認められ、浴槽水のTOCが消毒副生成物の生成量を推定する上で良い指標となる可能性が示唆された(尚、施設No.9で使用されている消毒剤ジクロロイソシアヌル酸ナトリウムは浴槽水のTOCに影響を及ぼすことから、同施設のデータを除外して相関解析を行った)。

本研究において、浴槽水中で高濃度に存在することが明らかになった抱水クロラールには水道水の水質管理目標設定項目として目標値(暫定)は0.02 mg/l (H21.4 改正)が設定されている。調査を行った10施設中8施設でこの暫定目標値を超過していることになる。ただし、浴槽水は飲用を意図したものではないこと、また毒性評価のエンドポイントが「雄マウス 2年間飲水試験における肝腺腫の発生」であることから、直ちに健康影響が懸念されるわけではない。また、経皮吸収性に関して、実験に基づくデータは文献からは得られなかったものの、EPI SUITEによる皮膚透過係数の推定値で比較すると抱水クロラールの推定値0.000841 cm/hはクロロホルム(0.00683 cm/h)の1/10、ジクロロアセトニトリル(0.000589 cm/h)と同程度であり、比較的経皮吸収されにくい化合物であると推察される。一方、本研究では抱水クロラールは浴室空気中からは検出されなかったが、屋内プール空気中から抱水クロラールが検出されることが斎藤育江(2010)らによって報告されており、経気道暴露の可能性について今後さらに調査を進める必要があると考えられる。

#### D. 結論

10箇所の浴場施設について浴槽水及び浴室空気中の消毒副生成物について調査を行い、抱水クロラールが浴槽水中に高濃度に存在することが明らかになった。また、浴槽水のTOCと全消毒副生成物濃度の間に高い相関がみとめられ、消毒副生成物の生成量を予測する上でTOCが有用な指標となる可能性が示された。

本研究で得られた消毒副生成物プロファイルを踏まえ、モノクロラミン処理を行った浴場において調査を実施することによって、消毒副生成物暴露の観点からモノクロラミン処理の有用性あるいは問題点を明らかにするこ

とが可能になると考えられる。

#### E. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

神野透人, 高橋淳子, 竹熊美貴子, 香川(田中)聡子, 古川容子, 泉山信司, 遠藤卓郎: モデル浴槽のモノクロラミン消毒副生成物に関する暴露評価. 日本防菌防黴学会第37回年次大会(2010.9)

竹熊美貴子, 吉田栄充, 澁木優子, 香川(田中)聡子, 神野透人, 西村哲治: 遊泳用プールにおける水中及び室内空気中の消毒副生成物調査. 日本薬学会第131年会(2011.3)

#### F. 知的所有権の取得状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

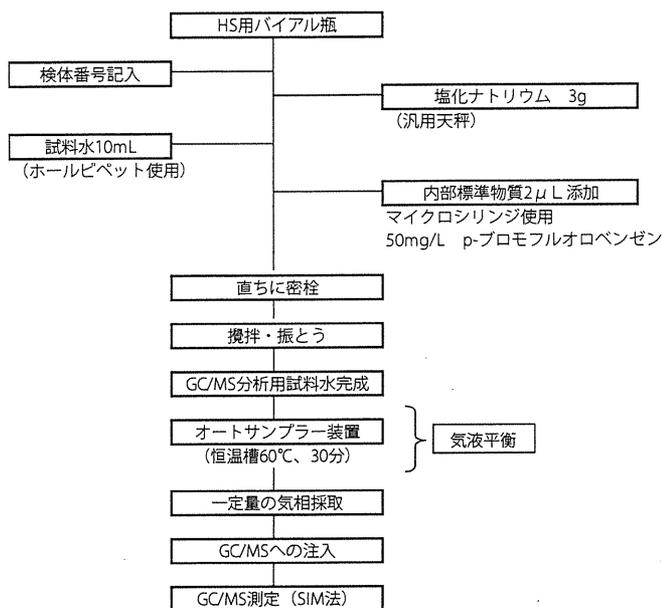
##### 3. その他

なし

表1 各浴場施設の基本情報

施設	営業形態	浴槽の 体積(m <sup>3</sup> )	使用水	消毒薬の種類	循環ろ過機 の種類	ろ過能力 (h/回)	換水日	換水後から測定時 までの利用者数	当日測定 時までの 利用者数	水温 (℃)	pH	遊離残留 塩素 (mg/L)
1	福祉センター	3.8	上水	次亜塩素酸ナトリウム	珪藻土	0.3	当日	45	45	41.5	7.5	0.1
2	福祉センター	3.5	上水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	0.2	前日	50	30	41.0	8.4	0.1
3	福祉センター	5.1	上水	次亜塩素酸ナトリウム	オゾン活性セラミック式	0.6	2日前	197	90	41.0	7.4	1.0
4	福祉センター	4.7	上水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	0.5	当日	50	50	41.5	8.2	0.2
5	福祉センター	48	上水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	2.7	2日前	80	40	39.5	7.6	0.5
6	福祉センター	4	上水	次亜塩素酸カルシウム	砂ろ過 (アンスラサイト)	0.4	2日前	100	50	40.0	8.1	0.5
7	スーパー銭湯	21.9	井水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	0.4	4日前	2,480	80	41.5	8.4	0.1
8	スーパー銭湯	25	井水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	0.5	当日	70	70	39.0	8.2	1.8
9	スポーツクラブ	2.5	上水	ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム	砂ろ過	0.3	6日前	1,654	110	40.0	7.6	0.2
10	スーパー銭湯	7.1	井水	次亜塩素酸ナトリウム	砂ろ過	0.5	前日	98	48	39.0	7.8	3.2

図1 総トリハロメタン 試験方法



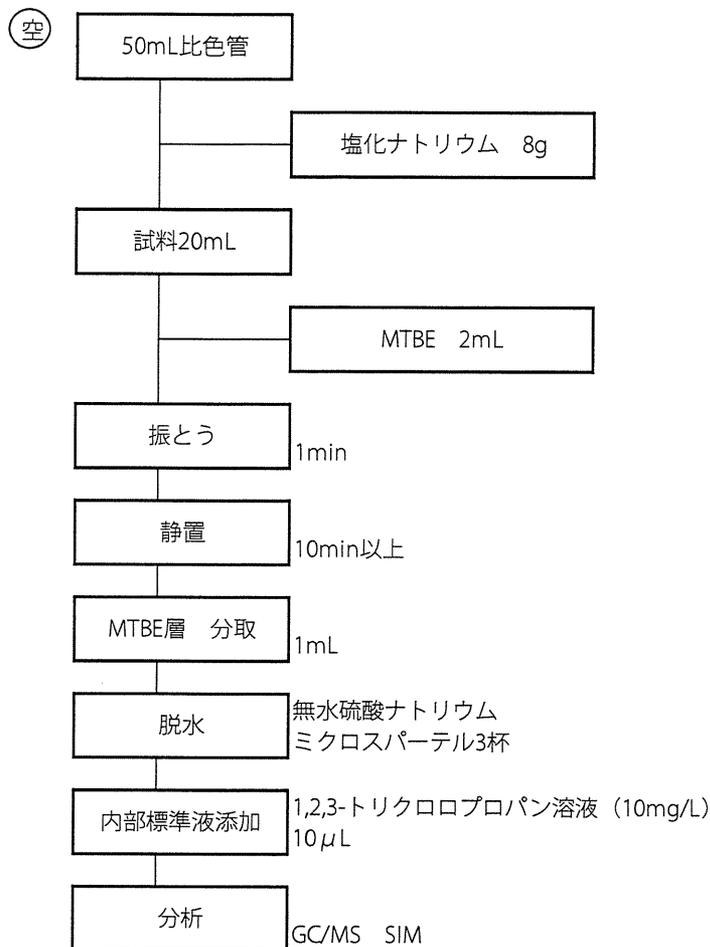
GC/MS分析装置      ガスクロマトグラフ部 : 7890A GC system (Agilent社製) + LTM System (ゲステル社製)  
 質量分析計部 : 5975C TAD MSD (Agilent社製)

- (1) 測定条件
- a) 試料導入部      スプリット方式 : スプリット比 (1:10)  
                          注入口温度 : 200°C  
                          圧力 : 188.4kPa
  - b) 分離管            カラム : DB-624 (内径0.18mm、長さ20m、膜厚: 1.0μm)
  - c) 分離管の温度    昇温 : 40°C (1min) → (150°C/min) → 230°C (1.75min)
  - d) 検出器            電子衝撃イオン化法(EI)法が可能で、SIM法又はマスキング法が行えるもの。
  - e) インターフェース温度    230°C
  - f) イオン化電圧      電子イオン化電圧(EI)を70eVにしたもの。
  - g) イオン源温度      230°C
  - h) キャリアーガス      ヘリウム(99.9999vol%以上)

(2) トリハロメタン各成分の定量イオン

No.	成分名	分子量	選択質量数	測定質量数
1	p-ブロモフルオロベンゼン	174	174	95
2	クロロホルム	118	83	85
3	ブromoジクロロメタン	162	83	85
4	ジブromoクロロメタン	206	129	127
5	ブromoホルム	250	173	171

図2 ハロアセトニトリル類 試験方法



GC/MS分析装置 ガスクロマトグラフ部：  
HP-5890 (Agilent社製)

質量分析計部：  
HP-5972A (Agilent社製)

(1) 測定条件

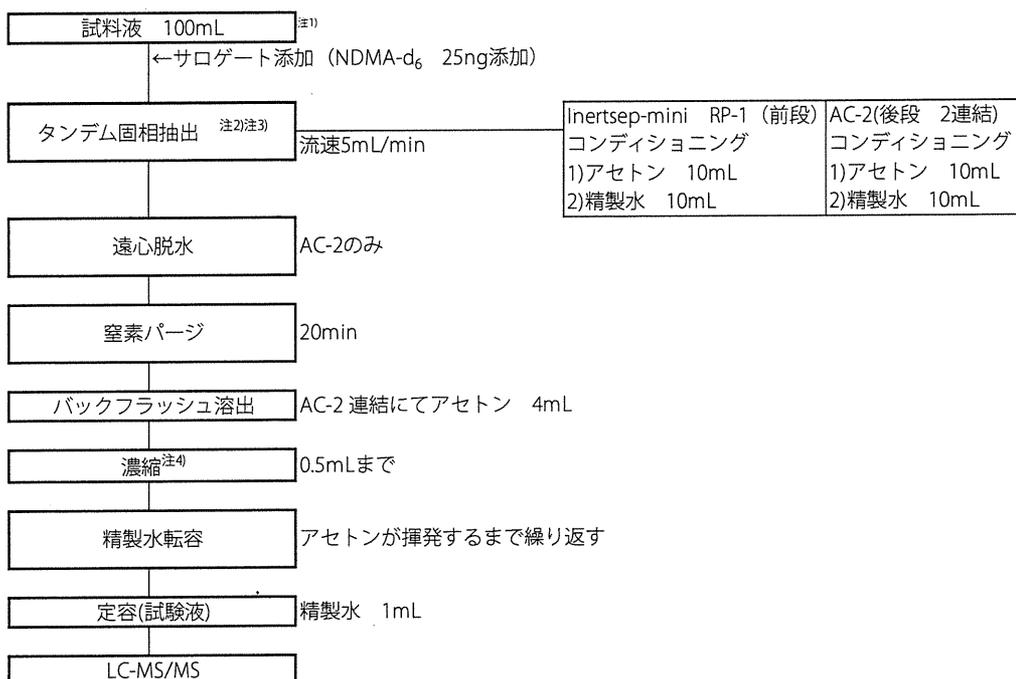
- a) 試料導入部  
スプリット/スプリットレス方式、試料導入時間 1 分間、注入口温度250°C
- b) 分離管  
キャピラリーカラム：HP-5ms (Crosslinked 5% Ph Me Siloxane)  
内径：0.25mm、長さ：30m 膜厚：0.25µm
- c) 分離管の温度  
35°C (2min) → (5°C/min) → 100°C (0min) → (20°C/min) → 150°C (1min)
- d) 検出器  
電子衝撃イオン化法(EI)法が可能で、SIM法又はマスクロマトグラフ法が行えるもの。
- e) インターフェース温度  
280°C
- f) イオン化電圧  
電子イオン化電圧(EI)を70eVにしたもの。
- g) イオン源温度  
機器の最適条件とする。HP-5972Aは、直接イオン源温度を制御できない
- h) キャリヤーガス  
ヘリウム(99.9999vol%以上) 3psi

(2) ハロアセトニトリル類各成分の定量イオン

	No.	成分名	分子量	選択質量数	測定質量数
IS	1	1,2,3-トリクロロプロパン	147	75	110
	2	トリクロロアセトニトリル	143	108	110
	3	クロロアセトニトリル	75	75	48
	4	抱水クロラール	164	82	111

図3 NDMA試験方法

空



注1)懸濁物質が多い場合は、GFPを用いてろ過する。ろ紙に残った残渣は少量のアセトンで2~3回超音波抽出し、試料液に混ぜて抽出  
 注2) NDMAはRP-1のような疎水性コンビネーションポリマーカラムには保持されないため、RP-1を通してマトリックスを除去した  
 注3) 活性炭カラムは2連結して抽出することで回収率を上げる。

注4) 液面に窒素ガスが直接あたらないようにする。

LC/MS/MS測定条件

測定機種	HPLC : LC20AD (島津製作所製) 質量分析計 : API4000 (アプライドバイオシステムズ製)			
分離カラム	CAPCELL PAK C18 MG II (資生堂社製) 内径:2.0mm 長さ:150mm 粒径:3µm			
移動相	Aライン:0.1%-ギ酸水溶液 Bライン:メタノール			
グラジエント条件	時間(min)	流速(mL/min)	Aライン(%)	Bライン(%)
	1.00	0.2	90	10
	4.00	0.2	30	70
	5.00	0.2	30	70
	5.01	0.2	90	10
	7.00	0.2	90	10
イオンソース	大気圧イオン化学法(APCIモード)			
イオンソース条件	極性	ポジティブモード		
	ガス1流量(Gas1)	30		
	カーテンガス流量(CUR)	30		
	コロナ電流(A)(NC)	5		
	ネブライザーガス温度(°C)(TEM)	200		
	コリジョンガス圧力(CAD)	7		
	インターフェースヒーター	ON		
注入量	25 µL			
フラグメントイオン	NDMA-1	75.2/43.2		
	NDMA-2	75.2/58.2		
	NDMA-d <sub>6</sub>	80.9/64.1		
定量方法	標準物質	内部標準物質	添加量 (ng)	
	NDMA	NDMA-d <sub>6</sub>	25	※サロゲート物質を内部標準物質として内部標準法にて定量した。

表2 浴槽水中の消毒副生成物

項目		定量下限値	単位	公衆浴場1	公衆浴場2	公衆浴場3	公衆浴場4	公衆浴場5	公衆浴場6	公衆浴場7	公衆浴場8	公衆浴場9	公衆浴場10
総トリハロメタン	クロホルム	0.001	mg/L	0.009	<0.001	0.022	0.004	0.018	0.008	0.005	0.004	0.031	0.015
	ジブロモクロロメタン	0.001	mg/L	0.007	<0.001	0.002	0.001	0.011	0.003	<0.001	<0.001	0.005	<0.001
	ブロモジクロロメタン	0.001	mg/L	0.010	<0.001	0.004	0.002	0.013	0.004	<0.001	<0.001	0.009	0.001
	ブロモホルム	0.001	mg/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	合計	0.001	mg/L	0.027	<0.001	0.028	0.007	0.047	0.016	0.005	0.004	0.045	0.016
NDMA		0.01	µg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ハロアセトニトリル類	クロアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	ジクロアセトニトリル	0.001	mg/L	0.003	<0.001	0.009	0.004	0.009	0.006	0.001	0.002	0.007	0.004
	トリクロアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	ブロモクロアセトニトリル	0.001	mg/L	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
	ジブロモアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	クロピクリン	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	抱水クロラール	0.001	mg/L	0.019	0.004	0.11	0.065	0.043	0.045	0.041	0.047	0.069	0.041
	ブロモアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	トリブロモアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	ブロモジクロアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ジブロモクロアセトニトリル	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

表3 浴槽水中のハロ酢酸類

Haloacetic acids (µg/L)	施設 No.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chloroacetic acid	nd	nd	7.7	nd	nd	nd	6.3	5.4	7.7	6.9
Bromoacetic acid	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dichloroacetic acid	6.6	5.3	42	14	16	17	37	31	29	43
Trichloroacetic acid	4.7	2.0	22	6.5	7.9	15	18	20	28	50
Bromochloroacetic acid	3.7	3.4	5.9	4.6	6.2	4.8	3.4	2.8	4.9	1.5
Dibromoacetic acid	1.6	3.0	1.9	1.9	3.8	2.4	0.75	0.52	1.6	0.31
Bromodichloroacetic acid	0.87	nd	nd	nd	nd	0.94	nd	nd	nd	nd
Dibromochloroacetic acid	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tribromoacetic acid	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd: 定量下限値未満

表4 浴槽水中のアルデヒド類

Aldehydes (µg/L)	施設 No.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Formaldehyde	13	12	52	25	28	27	39	31	25	34
Acetaldehyde	25	6.5	71	40	42	27	24	26	65	21
Propionaldehyde	0.97	0.93	1.0	0.59	0.78	0.92	0.77	1.1	1.2	1.1
n-Butyraldehyde	0.66	0.91	0.78	0.36	0.90	0.81	0.81	0.99	0.89	1.2
n-Valeraldehyde	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Capronaldehyde	0.57	0.55	1.0	0.64	0.64	0.58	0.60	0.57	0.67	0.68
n-Heptylaldehyde	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd: 定量下限値未満