

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

平成 25 年度 分担研究年度終了報告書

- 消毒副生成物の暴露評価 -

研究分担者:	神野 透人	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	縣 邦雄	アクアス株式会社 つくば総合研究所
	八木田 健司	国立感染症研究所 寄生動物部
研究協力者:	香川(田中) 聡子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	田原 麻衣子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	岡元 陽子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	川原 陽子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	真弓 加織	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部第一室
	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

研究要旨: 湯水の節約や温泉資源の保護を目的として循環式浴槽を使用する公衆浴場では、主に塩素系消毒剤によるレジオネラ属菌対策が講じられている。しかし、アルカリ性の泉質などでは十分な殺菌力が得られないことが知られている。モノクロラミンはこのような場合の有力な代替消毒剤であるが、浴槽水中で生成するおそれのある消毒副生成物に関しては限られた情報しか得られていない。そこで、本研究では小型のクローズド・ループ・ストリッピング (CLS) 装置を考案し、CLS-加熱脱離 (TD)-GC/MS および TD-GC/MS 法によるそれぞれ浴槽水中、浴室空気中のジハロメタン 6 化合物およびトリハロメタン 10 化合物の一斉分析方法を開発し、公衆浴場 2 施設で実態調査を行った。さらに、塩素消毒/モノクロラミン消毒で生成することが予想されるハロ酢酸類についても LC/MS/MS による分析方法を開発し、浴槽水中にヨウ素化ハロ酢酸類が存在することを確認した。その結果、モノクロラミン消毒は消毒副生成物の低減化に概ね有効であるものの、ヨウ素イオンを含む源泉ではヨウ素化 THMs である  $\text{CHBr}_2$ 、 $\text{CHI}_3$  および  $\text{CHBr}_2\text{I}$  の生成量が顕著に増加すること、これらの THMs は気相中にも存在し、経気道暴露される可能性があることが明らかになった。

#### A. 研究目的

湯水の節約や温泉資源の保護を目的として循環式浴槽を使用する公衆浴場では、主に次亜塩素酸ナトリウムまたは次亜塩素酸カルシウム、塩素化イソシアヌル酸など塩素系消毒剤によるレジオネラ属菌対策が講じられている。しかし、泉質がアルカリ性の浴槽水中では、殺菌力が非解離型(HClO) の 1/100 程度に過ぎない次亜塩素酸イオン( $\text{ClO}^-$ )の比率が増加するために、塩素系消毒剤の効果が大幅に

低下することが知られており、このような塩素系薬剤の欠点を補う代替消毒剤が必要とされている。

このような背景から、先行する厚生労働科学研究（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: 国立感染症研究所 倉 文明, 平成 22-24 年度）」では、皮膚刺激性などの健康影響に関して安全性が高く、かつ浴槽水中で

の残留性を兼ね備えた代替消毒剤としてモノクロラミンに着目し、有用性の実証試験が進められて来た。

その過程で、著者らはモノクロラミン消毒の導入によって総トリハロメタン濃度などが顕著に低下し、消毒副生成物の経気道及び経皮曝露による健康リスクを効果的に低減できることを明らかにした。ただし、同時に、ヨウ素（ヨウ化物）イオンを含有する泉質では、塩素消毒およびモノクロラミン消毒のいずれによってもヨウ素化トリハロメタン類が生成することを見出し、浴室空気からの経気道曝露も含めたヨウ素化消毒副生成物の詳細な曝露評価が必要であることも明らかになった。

そこで本研究では、小型クロード・ループ・ストリッピング (CLS)-加熱脱離 (TD)-GC/MS 法および TD-GC/MS 法によるそれぞれ浴槽水中、浴室空気中のジハロメタン (DHMs) 6 化合物およびトリハロメタン (THMs) 10 化合物の分析方法を開発し、公衆浴場 2 施設で実態調査を行った。さらに、塩素消毒/モノクロラミン消毒で生成することが予想されるヨウ素化ハロ酢酸類 (HAAs) についても LC/MS/MS による分析方法を開発し、浴槽水中に存在することを確認した。

## B. 実験方法

### 1. 浴槽水および浴室空気のサンプリング

静岡県内の公衆浴場 2 施設でサンプリングを行った。浴槽水は 40 mL ガラスバイアルに採水し、少量のアスコルビン酸ナトリウムを添加した後に冷蔵して研究室に輸送した。浴室内空気のサンプリングは、床上約 1.2 m の位置に設置した携帯型ポンプ GSP-300FT-2 (Gastec) で浴室内の空気を 100 mL/min の流速で 1 分間 (採取量 0.1 L)、5 分間 (0.5 L) または 30 分間 (3 L) 吸引し、直列に接続した 2 本の不活性処理ステンレス製 Tenax TA 吸着管 (CAMSCO, GL Science) に DTHMs を吸着させた。

### 2. 小型 CLS-TD-GC/MS による水中の DTHMs 16

### 化合物の同時分析

小型 CLS 装置の構成を図 1 に示した。試料水 10 mL を 22 mL マイクロコネクター型インピンジャー (Sigma-Aldrich) に採り、NaCl 3 g を加えた後にポンプ MP-Σ30 (Shibata) を用いて 100 mL/min の流速で 30 分間空気を循環し、試料水から揮散した DTHMs を不活性処理ステンレス製 Tenax TA 吸着管 (CAMSCO, GL Science) に吸着させた。

Tenax TA 吸着した DTHMs を TD-GC/MS で定量した。TD 装置は Shimadzu TDTS-2010 を用い、以下の条件で DTHMs を脱着させた。

加熱脱離: 280°C, 50 mL He/min, 10 min

コールドトラップ冷却温度: -15°C

コールドトラップ加熱: 280°C, 10min

バルブ及びライン温度: 250°C

スプリット比: 10

コールドトラップから脱着した DTHMs を GC カラムに導入し、Shimadzu GC/MS QP-2010 で定量を行った。

カラム: Restek Rtx-1 (0.32 mm×60 m, 1 μm)

キャリアガス及び線速度: He, 30 cm/sec

昇温プログラム: 40°C - (3°C/min) - 100°C - (20°C/min) - 250°C

トランスファーライン温度: 250°C

イオン源温度: 200°C

イオン化法: EI, 70 eV

表 1 に各 DTHMs の SIM 測定イオンを示した。

### 3. TD-GC/MS による空気中の DTHMs 16 化合物の分析

不活性処理ステンレス製 Tenax TA 吸着管に吸着させた浴室空気中の DTHMs を TD-GC/MS で定量した。測定は浴槽水中の DTHMs の分析と同一の条件で行った。C.結果と考察に示したような破過容量による制限から、CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> は 0.1 L、CH<sub>2</sub>ClBr と CHCl<sub>3</sub> は 0.5 L、それ以外の DTHMs は 3 L の空気をサンプリングした Tenax TA 吸着管を用いて定量を行った。直列に接続した後段の吸着管についても測定を行い、破過が起きていないことを確認した。

### 4. LC/MS/MS による水中の HAAs の同時分析

Microsep Advance Centrifugal Device (Pall) を用いて試料水を 3000 rpm で 20 分間遠心し、夾雑する垢などの懸濁物質を限外ろ過により除去した後分析に供した。

Mono-HAAs 3 化合物( $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  (MCAA)、 $\text{CH}_2\text{BrCOOH}$  (MBAA)、 $\text{CH}_2\text{ICOOH}$  (MIAA))、Di-HAA 6 化合物( $\text{CHCl}_2\text{COOH}$  (DCAA)、 $\text{CHBr}_2\text{COOH}$  (DBAA)、 $\text{CHI}_2\text{COOH}$  (DIAA)、 $\text{CHBrClCOOH}$  (BCAA)、 $\text{CHClICOOH}$  (CIAA)、 $\text{CHBrICOOH}$  (BIAA)) および Tri-HAAs 3 化合物( $\text{CCl}_3\text{COOH}$  (TCAA)、 $\text{CBrCl}_2\text{COOH}$  (BDCAA)、 $\text{CBr}_2\text{ClCOOH}$  (DBCAA)) の計 12 HAAs について LC/MS/MS による分析条件を最適化した。 $\text{CBr}_3\text{COOH}$  は検討を行った LC 条件下ではカラムから溶出しなかったため、分析の対象から除外した。また、 $\text{Cl}_3\text{COOH}$  については異なる 2 社から標準物質を入手したが、qNMR 測定の結果からはいずれも DIAA が主成分 (60 ~ 70%) であり、Diazomethane によるメチル誘導体の GC/MS 測定でも TIAA に該当するピークが検出されなかったため、同様に対象から除外した。

LC/MS/MS 分析には Shimadzu LCMS-8040 を用い、以下の条件で測定を行った。

移動相: 0.1%ギ酸水溶液:0.1%ギ酸添加メ  
タノール=70:30-0:100 (30-40 min)

流量: 0.2 mL/min

カラム: Waters Atlantis T3  
(4.6 mm×150 mm, 3 μm)

カラム温度: 30

試料注入量: 50 μL

イオン化法: ESI Negative Ion Mode

インターフェイス電圧: -3.5 kV、

検出器電圧: -1.68 kV

ドラインガス流量: 15 mL/min

DL 温度: 250

ヒートブロック温度: 200

測定イオン: Scan mode, 50-500  
SRM mode (MRM Transitions  
を表 2 に示した)

## C. 結果

### 1. ヨウ素化 DTHMs および HAAs 分析法の確立

まず、ヨウ素化 DTHMs の高感度分析法について検討を行った。水質基準に係る標準的な検査方法では、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  および 4 種の THMs ( $\text{CHCl}_3$ 、 $\text{CHBrCl}_2$ 、 $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ 、 $\text{CHBr}_3$ ) の分析方法としてパージ・トラップ-GC/MS またはヘッドスペース-GC/MS による一斉分析法が採用されている。しかし、市販の装置を用いて予備的な検討を行った結果では、ヨウ素化 THMs、特に  $\text{CHI}_3$  の回収率が低いために十分な感度を得ることができなかった。そこで、図 1 に示した小型 CLS 装置を考案し、室内空気中の揮発性有機化合物の分析に汎用されている TD-GC/MS と組み合わせることによって、揮発性の高い  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  から沸点が  $200^\circ\text{C}$  を超える  $\text{CHI}_3$  までの DTHMs 16 化合物の同時分析法を確立した。SIM 法の測定イオン表 1 に、TD-GC/MS で測定した SIM クロマトグラムを図 2 に示した。

本研究で確立した TD-GC/MS を用いることによって、浴室空気中の DTHMs も併せて測定することが可能である。ただし、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  や  $\text{CH}_2\text{BrCl}$ 、 $\text{CHCl}_3$  に対する Tenax TA 吸着剤の吸着能は弱く、特に高湿度の条件下では容易に破過が生じることが知られている (図 3)。そこで、浴場施設の浴室室内空気のサンプリングでは 3 通りの採取量 (0.1 L、0.5 L および 3 L) でサンプリングを行い、かつ 2 本の Tenax TA 吸着管を直列に接続し、後段への漏出がないことを確認して定量を行った。

塩素消毒を行った水道水中には THMs の他に、塩素化および臭素化 HAAs が主要な消毒副生成物として存在することが知られている。そこで、本研究では協力研究者の田原らが開発した LC/MS/MS による塩素化・臭素化 HAAs 分析法をさらに改良し、ヨウ素化 HAAs も含めた一斉分析法を開発した。ただし、 $\text{CHI}_3\text{COOH}$  については市販の標準品の純度が不十分であったため、また  $\text{CHBr}_3\text{COOH}$  についてはカラムへの不可逆的な吸着が生じている可能性があるため、これらの 2 化合物を除いた 12 HAAs を測定の対象とした。最終的な MRM Transitions を表 2 に、標準物質の MRM

クロマトグラムを図4に示した。

## 2. モノクロラミン処理を導入した浴場施設における浴槽水および浴室空气中のヨウ素化消毒副生成物

試験的にモノクロラミン消毒を導入した施設Hの浴槽水中および浴室空气中DTHMs濃度を表3に、浴槽水中のHAAs濃度を表5に示した。塩素消毒浴槽水では $\text{CHCl}_3$ と $\text{CHBrCl}_2$ 、 $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ が主要なTHMsで、濃度はそれぞれ9.8  $\mu\text{g/L}$ 、8.3  $\mu\text{g/L}$ 、7.4  $\mu\text{g/L}$ であった。浴室空气中でも同様の傾向がみられ、 $\text{CHCl}_3$  (16.0  $\mu\text{g/m}^3$ )、 $\text{CHBrCl}_2$  (12.1  $\mu\text{g/m}^3$ )、 $\text{CHBr}_2\text{Cl}$  (8.4  $\mu\text{g/m}^3$ )が比較的高い濃度で検出された。これに対して、塩素消毒を行った場合と比較してモノクロラミン消毒を行った場合には消毒副生成物の生成が顕著に抑制され、浴槽水中および浴室空气中のTotal DTHMs濃度はそれぞれ5%、12%まで低下した。同様の傾向がHAAsでも認められ、施設Hでは塩素消毒の場合にはDCAA、ついでMCAAの濃度が最も高く、測定を行った12 HAAsの合計 (Total HAAs) は61.9  $\mu\text{g/L}$ であったのに対し、モノクロラミン処理ではTotal HAAs濃度は10%まで低下した。また、ヨウ素化HAAsとしては塩素消毒、モノクロラミン消毒に関わらずMIAAが検出されたものの、濃度はいずれの場合も約1  $\mu\text{g/L}$ という低い値であった。したがって、施設Hにおいては消毒副生成物曝露の観点からモノクロラミン消毒の導入は極めて有効であったと言える。

一方、源泉中に $\text{Br}^-$ イオンが24.8 mg/kg、 $\text{I}^-$ イオンが1.5 mg/kgの濃度で含まれる施設Yの場合には、施設Hでみられたようなモノクロラミン消毒の導入によるDTHMs濃度の著しい減少は観察されなかった。施設Yの浴槽水中および浴室空气中DTHMs濃度と浴槽水中HAAs濃度をそれぞれ表4、表5に示した。塩素消毒時の浴槽水では $\text{CHBr}_3$ が主要かつほぼ唯一のTHM種で、その濃度は49.9  $\mu\text{g/L}$ であったのに対し、モノクロラミン消毒時の浴槽水では3種類のヨウ素化THMs、すなわち $\text{CHI}_3$ 、 $\text{CHBrI}_2$ および $\text{CHBr}_2\text{I}$ が主要なTHM種へと変化した、濃度はそれぞれ26.1  $\mu\text{g/L}$ 、13.2  $\mu\text{g/L}$ 、

5.3  $\mu\text{g/L}$ であった。Total THMsで比較すると、塩素消毒時にはTotal THMs濃度は55.4  $\mu\text{g/L}$ 、モノクロラミン消毒時にはTotal THMs濃度は48.4  $\mu\text{g/L}$ であり、ほとんど減少は認められなかった。浴室空气中のDTHMs濃度についてみると、塩素消毒時に131.3  $\mu\text{g/m}^3$ であった $\text{CHBr}_3$ はモノクロラミン消毒時には2.1  $\mu\text{g/m}^3$ まで低下したものの、その代わりとして $\text{CHBrI}_2$  (8.6  $\mu\text{g/m}^3$ )、 $\text{CHI}_3$  (7.1  $\mu\text{g/m}^3$ )、 $\text{CHBr}_2\text{I}$  (6.6  $\mu\text{g/m}^3$ )が浴室空气中から検出されるようになった。Total THMsを指標として判断すると、モノクロラミン消毒時の浴室空气中Total THMs濃度は塩素消毒時の19%まで低下しており、経気道曝露の観点からは顕著な低減効果があると言える。ただし、この場合には、主要なTHM種が $\text{CHBr}_3$ からヨウ素化THMsに変化したことの毒性学的な意義を慎重に考慮する必要があると考えられる。浴槽水中のHAAsについてみると (表5)、Total HAAs濃度は塩素消毒時の36.0  $\mu\text{g/L}$ に対してモノクロラミン消毒時には約30%程度まで低下しており、浴室空气中DTHMsほどではないものの、モノクロラミン消毒の導入による有効な低減化が認められたと言えよう。

## D. まとめ

小型CLS-TD-GC/MSによる浴槽水中のDTHMs分析法、TD-GC/MSによる浴室空气中DTHMs分析法、並びにLC/MS/MSによる浴槽水中のHAAsの一斉分析法を開発・確立した。これらの方法を用いて、試験的にモノクロラミン消毒を導入した浴場施設における浴槽水・浴室空气中DTHMs濃度および浴槽水中HAAs濃度の実態調査を行った。その結果、モノクロラミン消毒は消毒副生成物の低減化に概ね有効であるものの、ヨウ素イオンを含む源泉ではヨウ素化DTHMsである $\text{CHBrI}_2$ 、 $\text{CHI}_3$ および $\text{CHBr}_2\text{I}$ の生成量が顕著に増加すること、これらのDTHMsは気相中にも存在し経気道曝露される可能性があることが明らかになった。

透人: LC/MS/MS を用いた直接分析法による水中の八口酢酸類の定量. 日本薬学会第 134 年会 (2014.3, 熊本)

E. 研究発表

E-1 論文発表

なし

E-2 学会発表

田原麻衣子, 香川(田中)聡子, 岡元陽子,  
杉山寛治, 五十嵐良明, 倉 文明, 神野

F. 知的所有権の取得状況

なし

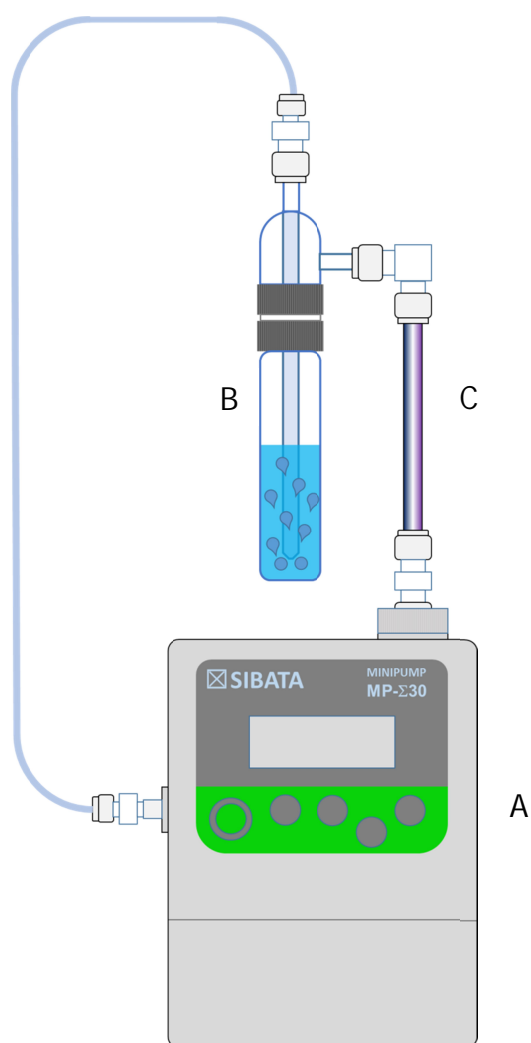
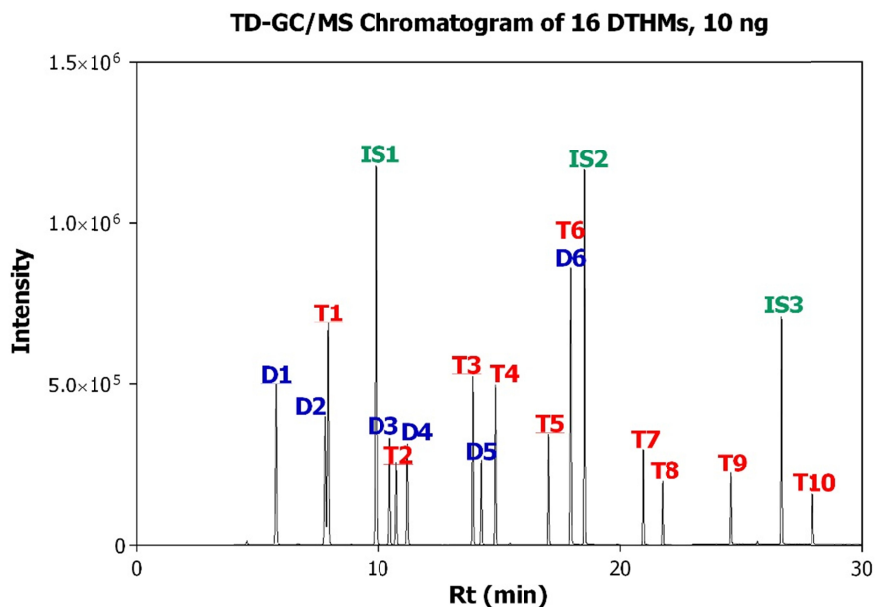


図 1 小型クローズド・ループ・ストリッピング装置

A, 空気サンプリング用ポンプ MP- 30; B, 22 mL マイクロコネクター型インピンジャー; C, 不活性処理ステンレス製 Tenax TA 吸着管

表 1 加熱脱離-GC/MS によるジハロメタン類およびトリハロメタン類分析のSIM 測定イオン

Group #	Start Time (min)	End Time (min)	DHMs, THMs and ISs	Rt (min)	Monitor Ions		
					Quant.	Qualitative	
1	4.00	9.00	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	5.79	84	49	86
			CH <sub>2</sub> BrCl	7.81	130	49	128
			CHCl <sub>3</sub>	7.94	83	47	85
2	9.00	12.50	Fluorobenzene	9.91	96	70	
			CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	10.50	174	95	172
			CHBrCl <sub>2</sub>	10.77	129	85	127
			CH <sub>2</sub> ClI	11.23	176	127	178
3	12.50	16.00	CHBr <sub>2</sub> Cl	13.90	129	127	131
			CH <sub>2</sub> BrI	14.25	220	127	222
			CHCl <sub>2</sub> I	14.83	83	85	175
4	16.00	20.00	CHBr <sub>3</sub>	17.05	173	171	175
			CHBrClI	17.95	129	127	131
			CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	17.97	268	127	141
			1-Bromo-4-fluorobenzene	18.54	95	174	176
5	20.00	23.00	CHBr <sub>2</sub> I	20.95	173	171	175
			CHClI <sub>2</sub>	21.75	175	127	177
6	23.00	30.00	CHBrI <sub>2</sub>	24.58	219	127	221
			1,4-Dibromobenzene	26.65	236	75	234
			CHI <sub>3</sub>	27.95	267	127	394



**D1**, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>; **D2**, CH<sub>2</sub>BrCl; **D3**, CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>; **D4**, CH<sub>2</sub>ClI; **D5**, CH<sub>2</sub>BrI; **D6**, CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>;  
**T1**, CHCl<sub>3</sub>; **T2**, CHBrCl<sub>2</sub>; **T3**, CHBr<sub>2</sub>Cl; **T4**, CHCl<sub>2</sub>I; **T5**, CHBr<sub>3</sub>; **T6**, CHBrClI;  
**T7**, CHBr<sub>2</sub>I; **T8**, CHClI<sub>2</sub>; **T9**, CHBrI<sub>2</sub>; **T10**, CHI<sub>3</sub>; **IS1**, Fluorobenzene;  
**IS2**, 1-Bromo-4-fluorobenzene; **IS3**, 1,4-Dibromobenzene

図 2 ジハロメタン 6 化合物およびトリハロメタン 10 化合物の SIM クロマトグラム

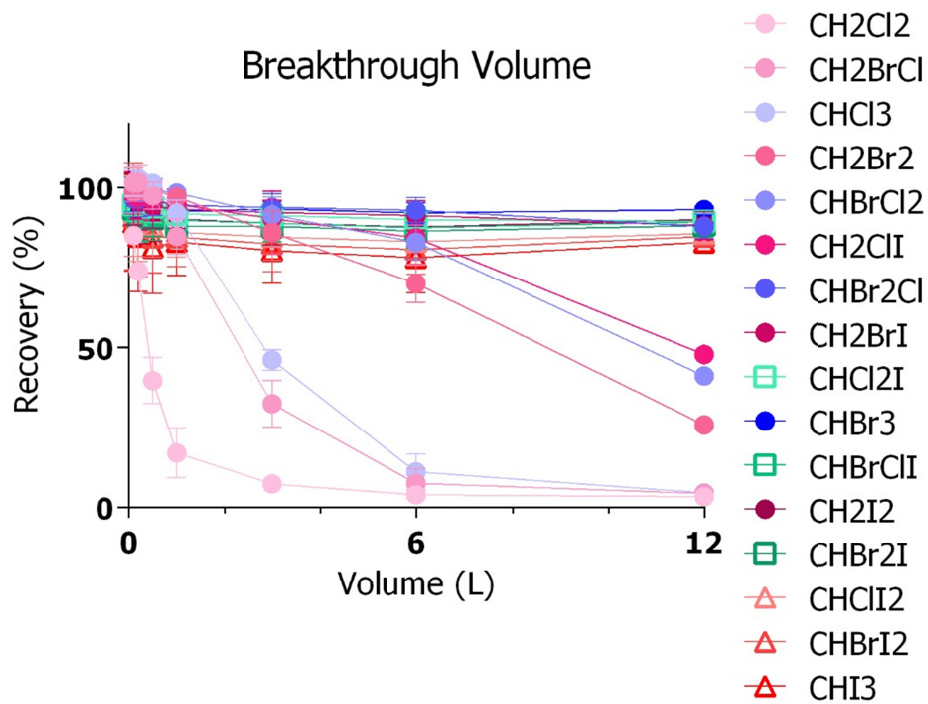


図3 ジハロメタン類およびトリハロメタン類の Tenax TA 吸着管 破過容量

表 2 LC/MS/MS によるハロ酢酸類分析のMRM 測定イオン

Compounds		Precursor ion ( $m/z$ )	Product ion ( $m/z$ )
Chloroacetic acid	MCAA	139.05	92.90
Dichloroacetic acid	DCAA	173.05	126.95
Trichloroacetic acid	TCAA	207.05	116.85
Bromoacetic acid	MBAA	185.00	138.95
Dibromoacetic acid	DBAA	262.90	216.85
Bromochloroacetic acid	BCAA	173.00	128.95
Bromodichloroacetic acid	BDCAA	206.95	162.90
Dibromochloroacetic acid	DBCAA	296.80	206.80
Iodoacetic acid	MIAA	185.00	126.90
Diiodoacetic acid	DIAA	356.80	310.80
Chloriodoacetic acid	CIAA	218.95	126.90
Bromiodoacetic acid	BIAA	262.90	128.85

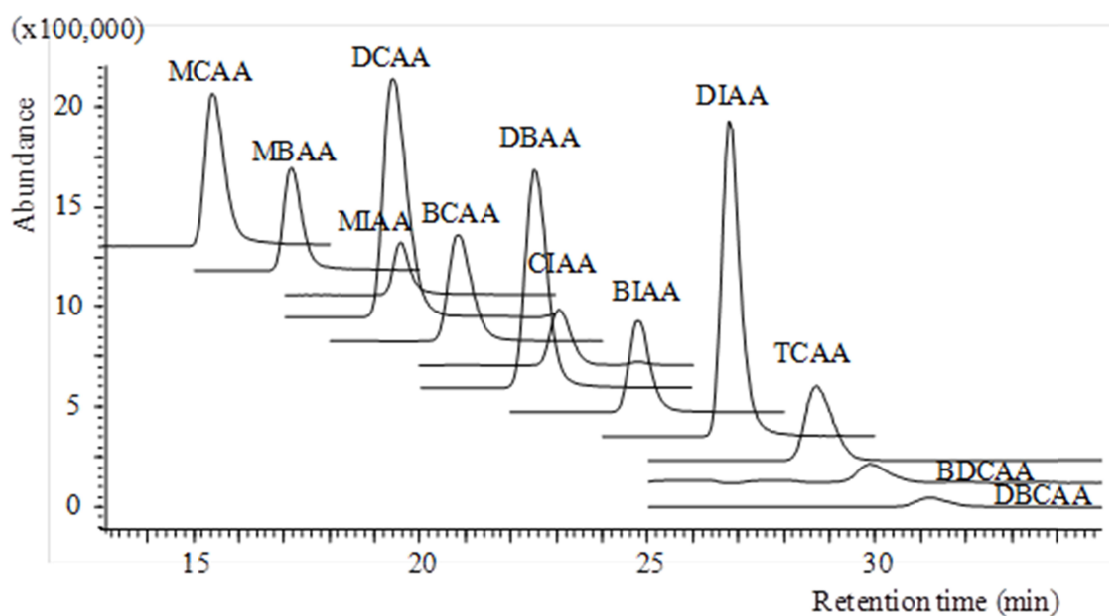


図 4 ハロ酢酸類 12 化合物のMRM クロマトグラム



表 3 試験的にモノクロラミン消毒を導入した施設 H の浴槽水中および浴室空气中 DTHMs 濃度

DTHMs	塩素消毒浴槽・浴室		モノクロラミン消毒浴槽・浴室	
	浴槽水 (µg/L)	浴室空気 (µg/m <sup>3</sup> )	浴槽水 (µg/L)	浴室空気 (µg/m <sup>3</sup> )
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>		0.14	ND	ND
CH <sub>2</sub> BrCl	ND		ND	ND
CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	ND		ND	ND
CH <sub>2</sub> ClI	ND		ND	ND
CH <sub>2</sub> BrI	ND		ND	ND
CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	ND		ND	ND
CHCl <sub>3</sub>	9.78	16.00	0.26	1.58
CHBrCl <sub>2</sub>	8.33	12.08	0.14	0.58
CHBr <sub>2</sub> Cl	7.41	8.35	0.23	0.60
CHCl <sub>2</sub> I	0.10	0.45	ND	0.09
CHBr <sub>3</sub>	2.66	2.47	0.65	1.19
CHBrClI	ND	0.09	0.18	0.04
CHBr <sub>2</sub> I	ND	0.06	ND	0.08
CHClI <sub>2</sub>	ND	0.64	ND	0.05
CHBrI <sub>2</sub>	ND	ND	ND	ND
CHI <sub>3</sub>	ND	0.77	ND	0.61
Total DTHMs	0.14	ND	ND	ND
Total THMs	28.27	40.91	1.45	4.81

表 4 試験的にモノクロラミン消毒を導入した施設 Y の浴槽水中および浴室空气中 DTHMs 濃度

DTHMs	塩素消毒時		モノクロラミン消毒時	
	浴槽水 (µg/L)	浴室空気 (µg/m <sup>3</sup> )	浴槽水 (µg/L)	浴室空気 (µg/m <sup>3</sup> )
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	ND	ND	ND	ND
CH <sub>2</sub> BrCl	ND	ND	ND	ND
CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	ND	0.06	ND	0.02
CH <sub>2</sub> ClI	ND	ND	ND	ND
CH <sub>2</sub> BrI	ND	ND	0.15	0.05
CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	0.20	0.17	0.46	0.22
CHCl <sub>3</sub>	ND	0.30	ND	0.28
CHBrCl <sub>2</sub>	0.14	0.70	ND	0.11
CHBr <sub>2</sub> Cl	2.71	9.27	0.16	0.30
CHCl <sub>2</sub> I	0.23	0.09	0.26	0.17
CHBr <sub>3</sub>	49.90	131.33	0.86	2.08
CHBrClI	0.34	0.50	0.56	0.57
CHBr <sub>2</sub> I	1.15	2.03	5.26	6.57
CHClI <sub>2</sub>	0.14	0.15	2.04	2.30
CHBrI <sub>2</sub>	0.31	0.34	13.23	8.62
CHI <sub>3</sub>	0.14	0.17	26.05	7.10
Total DTHMs	0.20	0.23	0.61	0.28
Total THMs	55.04	144.89	48.40	28.09

表 5 試験的にモノクロラミン消毒を導入した施設 H および Y の浴槽水中 HAAs 濃度

HAAs	HAAs濃度 (µg/L)			
	施設H		施設Y	
	塩素	モノクロラミン	塩素	モノクロラミン
MCAA	12.3	2.5	ND	ND
DCAA	28.0	ND	7.3	8.1
TCAA	5.0	ND	ND	ND
MBAA	2.8	ND	2.0	ND
DBAA	3.6	1.7	24.4	ND
BCAA	8.9	ND	2.3	ND
BDCAA	ND	ND	ND	ND
DBCAA	ND	ND	ND	ND
MIAA	1.3	1.4	ND	ND
DIAA	ND	ND	ND	1.8
CIAA	ND	ND	ND	ND
BIAA	ND	ND	ND	1.6
Total HAAs	61.9	5.6	36.0	11.5