

平成25年度生活衛生関係技術担当者研修会 (2014.3.5)

# モノクロラミン消毒による消毒 副生成物の低減について



国立医薬品食品衛生研究所  
生活衛生化学部 第一室  
神野 透人

# 水道水の主な消毒副生成物

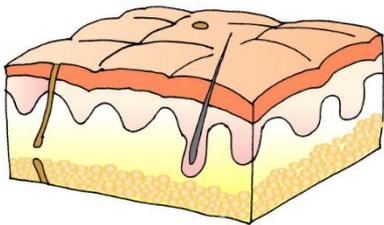
基準項目	基準値
総トリハロメタン	0.1 mg/L以下
クロロホルム	0.06 mg/L以下
ブromoジクロロメタン	0.03 mg/L以下
ジブromokロロメタン	0.1 mg/L以下
ブromoホルム	0.09 mg/L以下
クロロ酢酸	0.02 mg/L以下
ジクロロ酢酸	0.04 mg/L以下
トリクロロ酢酸	0.2 mg/L以下
ホルムアルデヒド	0.08 mg/L以下

水質管理目標設定項目・要検討項目	目標値
ジクロロアセトニトリル	0.01 mg/L以下(暫定)
抱水クロラール	0.02 mg/L以下(暫定)
ブromo酢酸	—
ブromokロロ酢酸	—
ジブromokロロ酢酸	—
ブromoジクロロ酢酸	—
ジブromokロロ酢酸	—
トリブromokロロ酢酸	—
ブromokロロアセトニトリル	—
ジブromokロロアセトニトリル	0.06 mg/L
トリクロロアセトニトリル	—

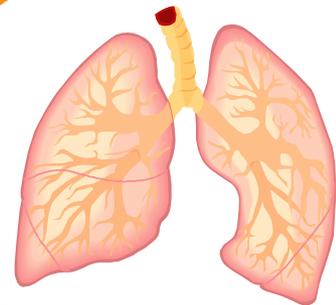
# 消毒副生成物の多経路曝露



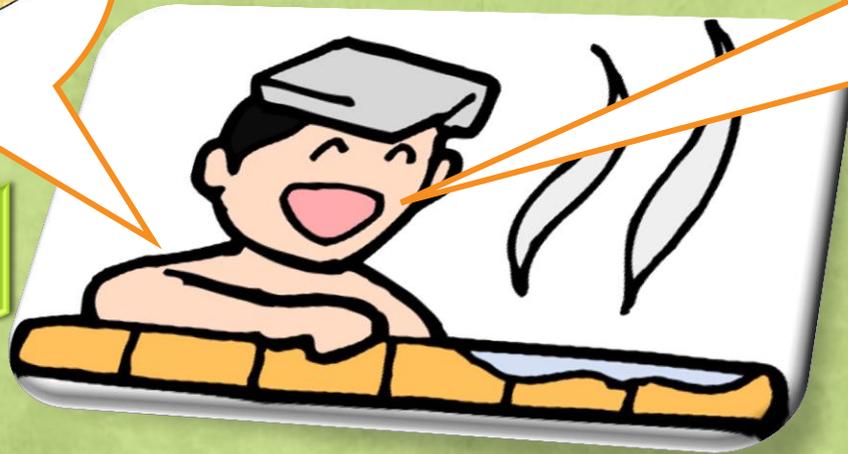
経口曝露



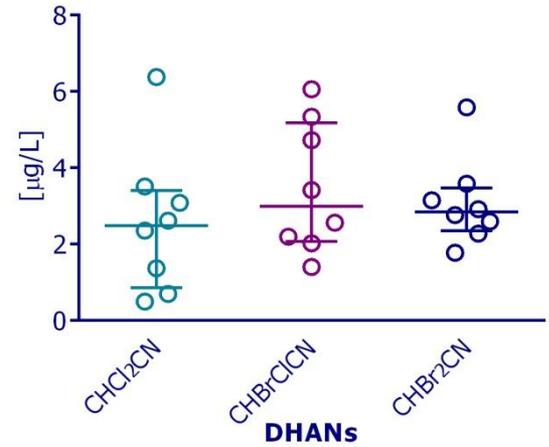
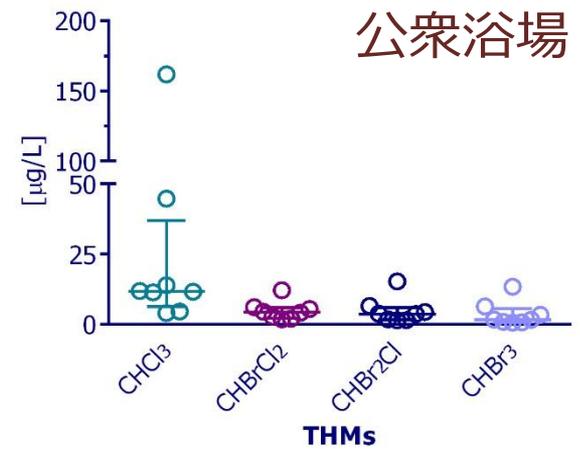
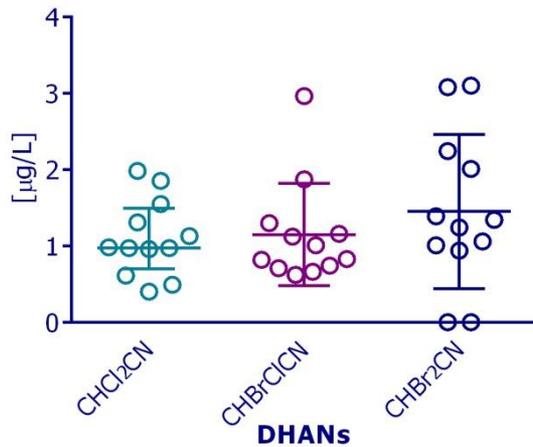
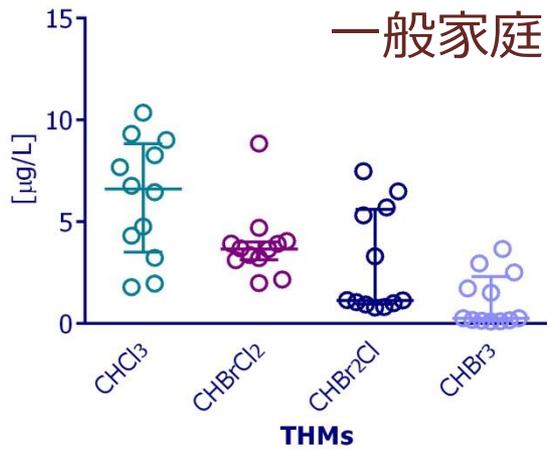
経皮曝露



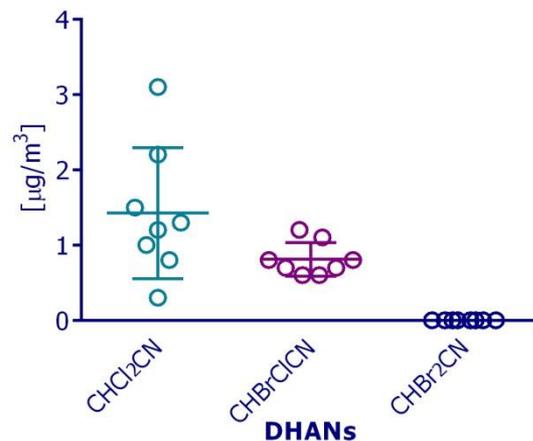
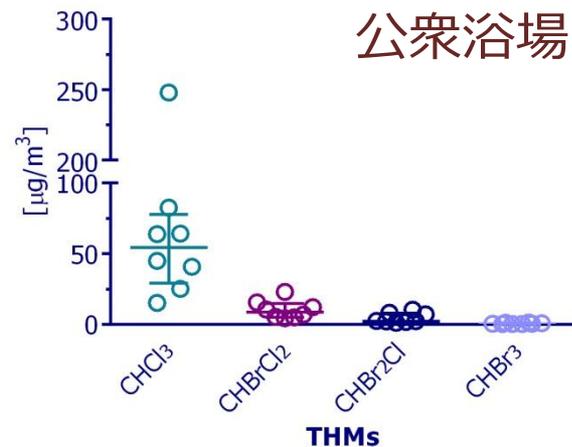
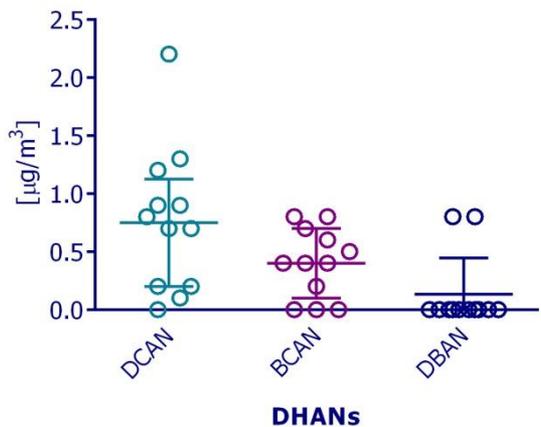
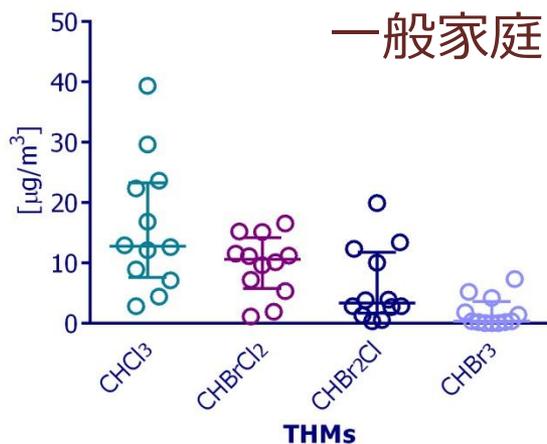
経気道曝露



# 浴槽水中の消毒副生成物濃度



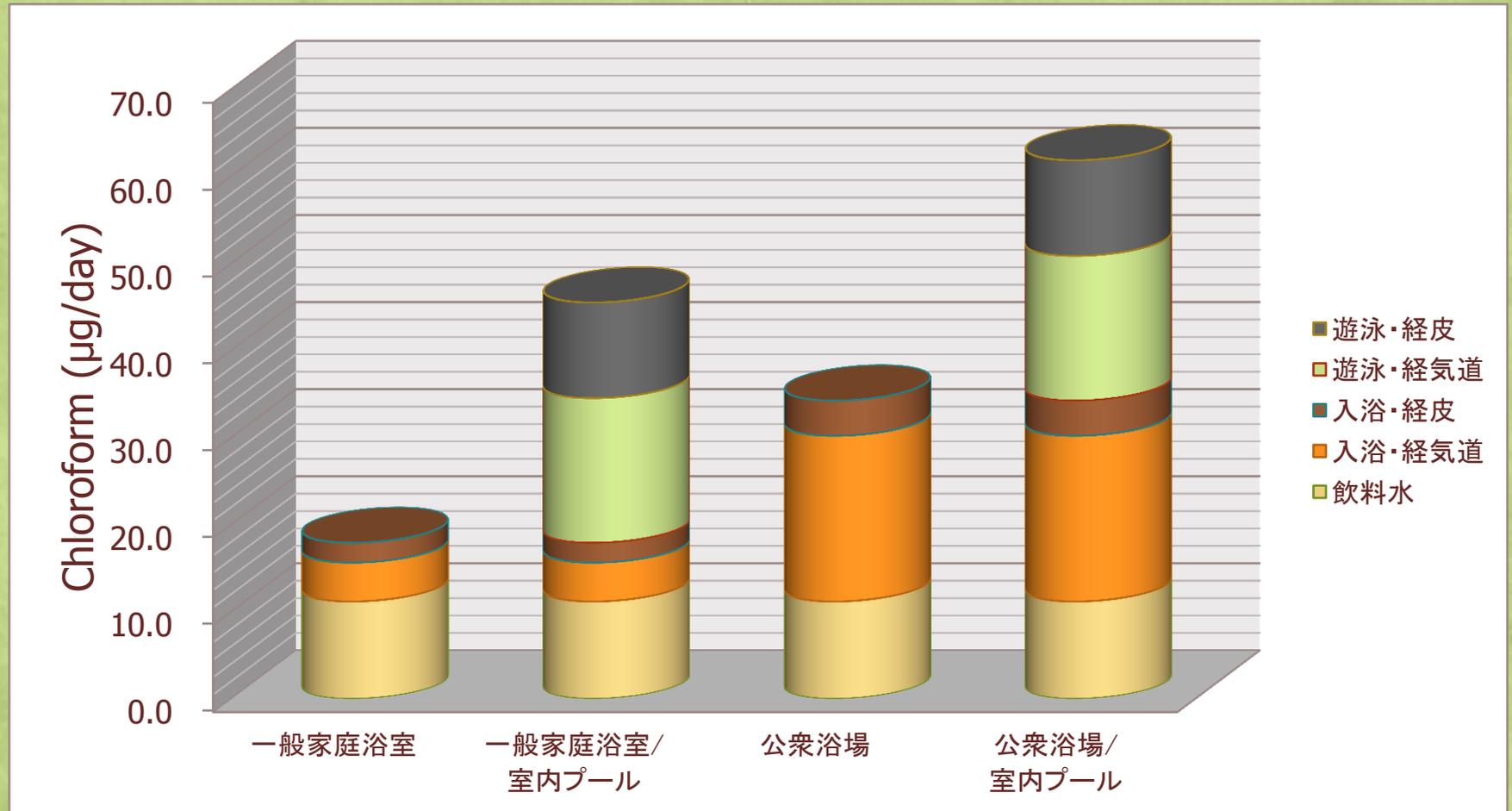
# 浴室空气中的消毒副生成物濃度



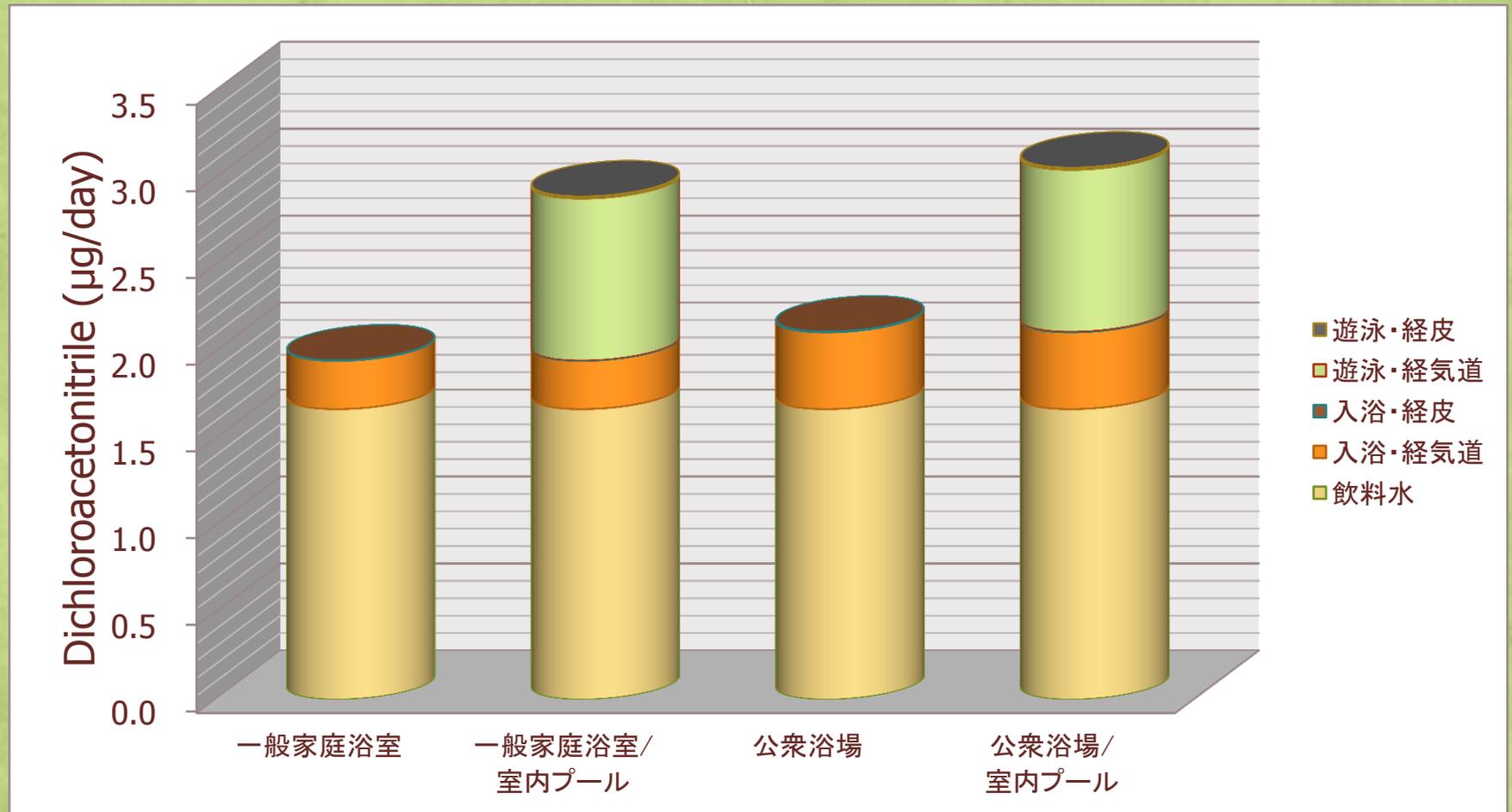
# 消毒副生成物の曝露シナリオ

- 飲料水： 1日あたり2 Lの水道水を飲用する.
- 入浴： 1日あたりの呼吸量20 m<sup>3</sup>の成人（体重50 kg）が，浴室で毎日25分間を過ごし，その間に9分間、体表面積1.6 m<sup>2</sup>の90%が浴槽水に浸かる.
- 遊泳： 1年間に53.7時間水泳を行い，体表面積の1.6 m<sup>2</sup>の100%がプール水に浸かる（行為者率7.5%）.
- 皮膚透過係数： ChloroformについてはXu *et al.* (2002)の文献値0.16 cm/hを，Dichloroacetonitrileに関してはDermWin ver. 1.43による推算値 $0.65 \times 10^{-3}$  cm/hを採用.

# Chloroformの 多経路曝露評価



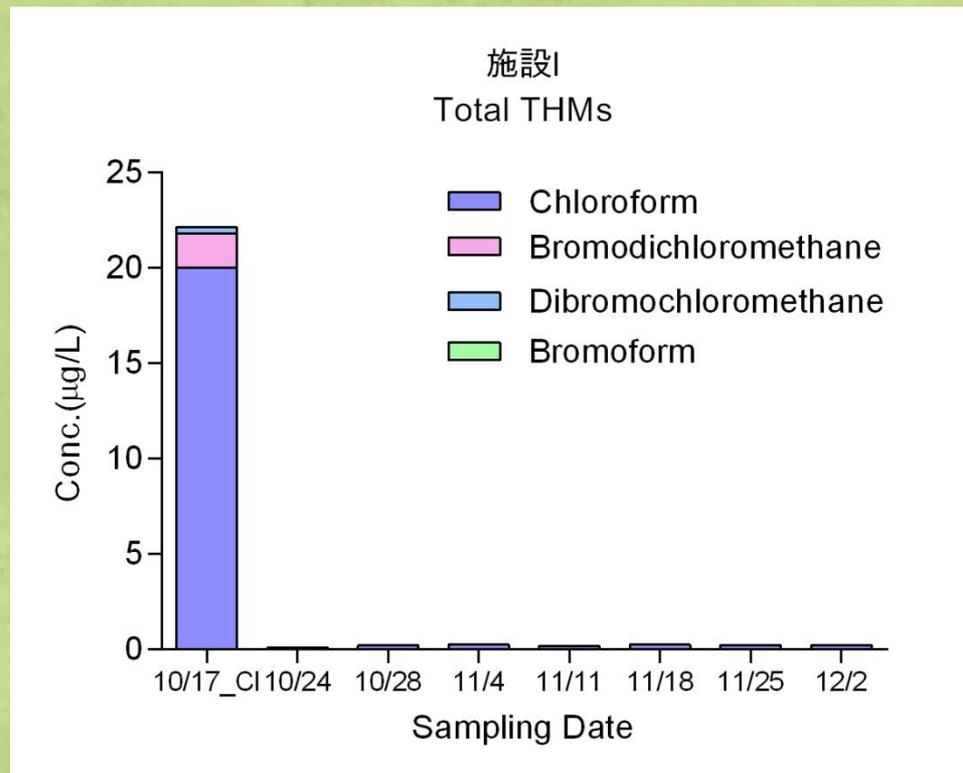
# Dichloroacetonitrileの 多経路曝露評価



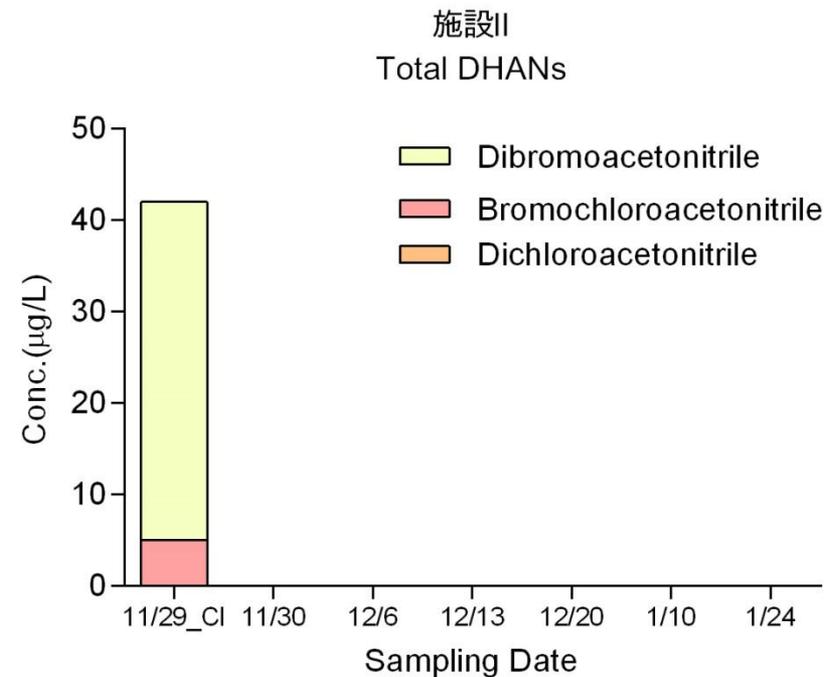
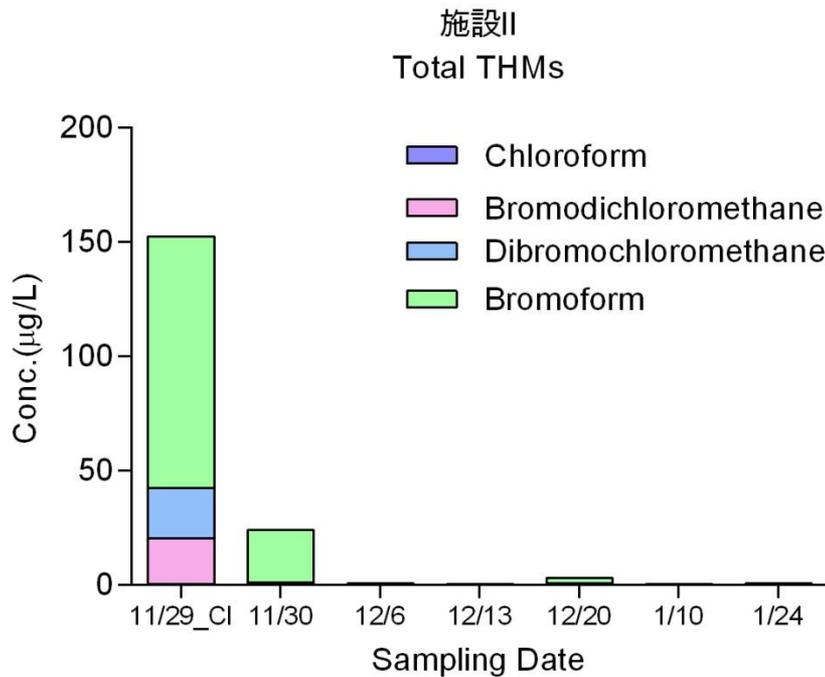
# 塩素代替消毒剤としての モノクロラミン

- 広範なpH領域で消毒効果が期待できる.
  - 塩素と比較して、アルカリ泉質やアンモニア態窒素が多く含まれる泉質等において特に有利である.
- 塩素臭 (カルキ臭) がしない.
- 刺激性が低い.
  - ウサギを用いた皮膚一次刺激性試験において、56 mg/Lの濃度においても刺激性はほとんど観察されず、「無刺激物」に分類されることが明らかになっている.
- バイオフィルムへの浸透性が高く、レジオネラ属菌の宿主アメーバに対しても大きな効果がある.

# モノクロラミン処理による消毒副生成物の低減 - 施設I

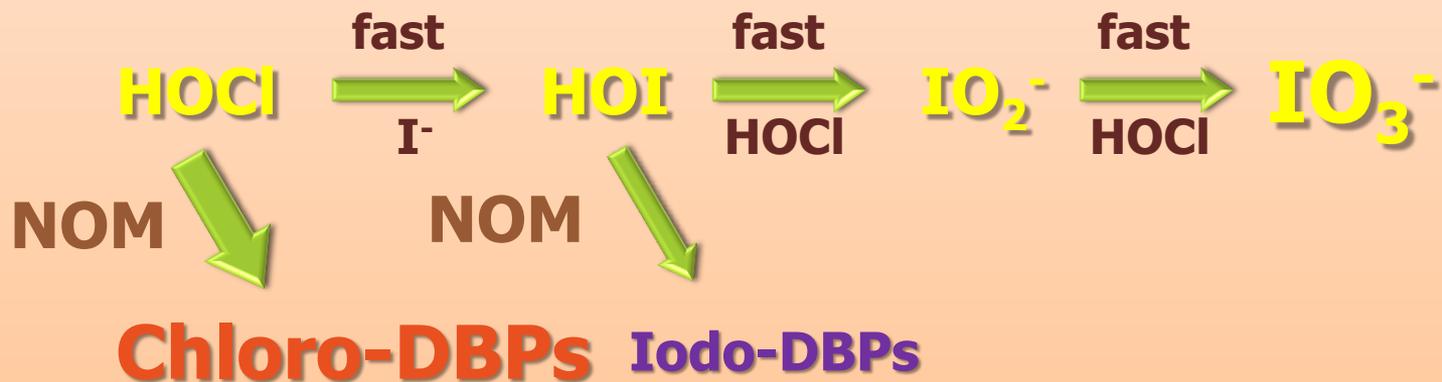


# モノクロラミン処理による消毒副生成物の低減 - 施設II



# ヨウ素イオン存在下の塩素/モノクロラミン処理で生じる消毒副生成物

## Chlorine

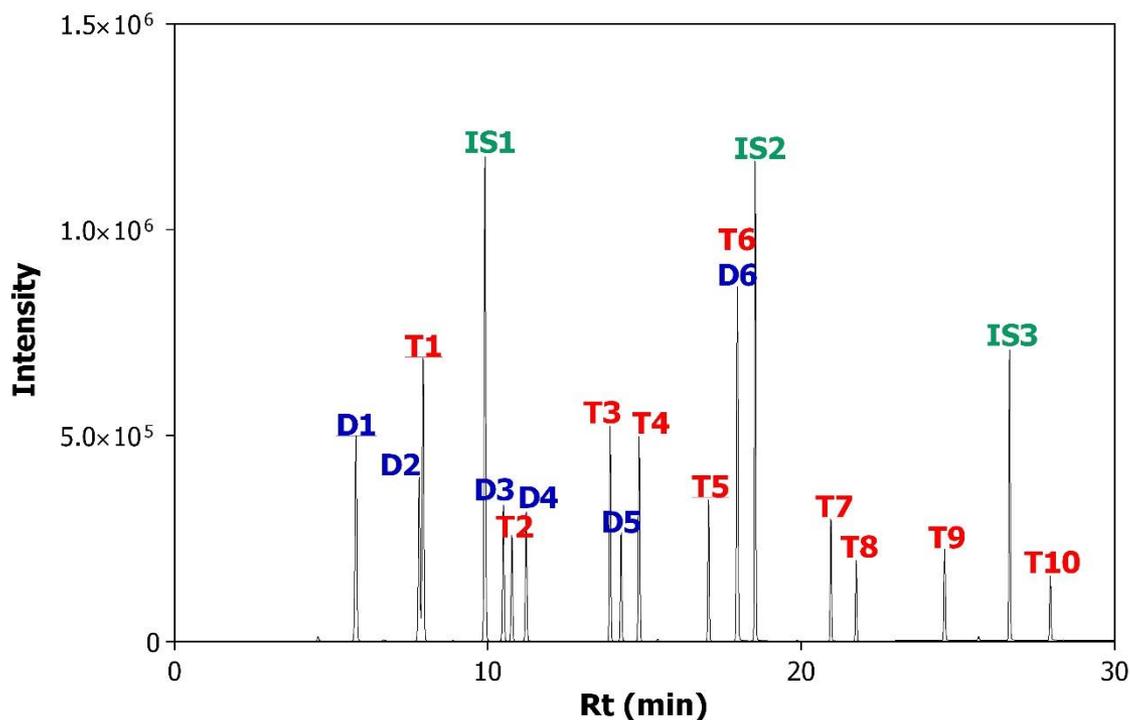


## Chloramines



# 加熱脱離-GC/MSによるヨウ素化 トリハロメタン類の分析

TD-GC/MS Chromatogram of 16 DTHMs, 10 ng



**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

# モノクロラミン処理浴槽水中のヨウ素 化トリハロメタン類 - 施設III

( $\mu\text{g/L}$ )

DTHMs	循環浴槽水(塩素)	循環浴槽水(クロラミン)
<b>CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b>	ND	ND
<b>CH<sub>2</sub>BrCl</b>	ND	ND
<b>CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub></b>	ND	ND
<b>CH<sub>2</sub>ClI</b>	ND	ND
<b>CH<sub>2</sub>BrI</b>	ND	<b>0.15</b>
<b>CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub></b>	<b>0.20</b>	<b>0.46</b>
<b>CHCl<sub>3</sub></b>	ND	ND
<b>CHBrCl<sub>2</sub></b>	<b>0.14</b>	ND
<b>CHBr<sub>2</sub>Cl</b>	<b>2.71</b>	<b>0.16</b>
<b>CHCl<sub>2</sub>I</b>	<b>0.23</b>	<b>0.26</b>
<b>CHBr<sub>3</sub></b>	<b>49.90</b>	<b>0.86</b>
<b>CHBrClI</b>	<b>0.34</b>	<b>0.56</b>
<b>CHBr<sub>2</sub>I</b>	<b>1.15</b>	<b>5.26</b>
<b>CHClI<sub>2</sub></b>	<b>0.14</b>	<b>2.04</b>
<b>CHBrI<sub>2</sub></b>	<b>0.31</b>	<b>13.23</b>
<b>CHI<sub>3</sub></b>	<b>0.14</b>	<b>26.05</b>

# モノクロラミン処理浴室空気中のヨウ素化トリハロメタン類 - 施設III

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

DTHMs	浴室空気(塩素)	浴室空気(クロラミン)
<b>CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b>	< 1.0	< 1.0
<b>CH<sub>2</sub>BrCl</b>	< 0.2	< 0.2
<b>CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub></b>	<b>0.06</b>	<b>0.02</b>
<b>CH<sub>2</sub>ClI</b>	< 0.03	< 0.03
<b>CH<sub>2</sub>BrI</b>	< 0.03	<b>0.05</b>
<b>CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub></b>	<b>0.17</b>	<b>0.22</b>
<b>CHCl<sub>3</sub></b>	<b>0.30</b>	<b>0.28</b>
<b>CHBrCl<sub>2</sub></b>	<b>0.70</b>	<b>0.11</b>
<b>CHBr<sub>2</sub>Cl</b>	<b>9.27</b>	<b>0.30</b>
<b>CHCl<sub>2</sub>I</b>	<b>0.09</b>	<b>0.17</b>
<b>CHBr<sub>3</sub></b>	<b>131.33</b>	<b>2.08</b>
<b>CHBrClI</b>	<b>0.50</b>	<b>0.57</b>
<b>CHBr<sub>2</sub>I</b>	<b>2.03</b>	<b>6.57</b>
<b>CHClI<sub>2</sub></b>	<b>0.15</b>	<b>2.30</b>
<b>CHBrI<sub>2</sub></b>	<b>0.34</b>	<b>8.62</b>
<b>CHI<sub>3</sub></b>	<b>0.17</b>	<b>7.10</b>

## まとめ

- 浴室での消毒副生成物の多経路曝露は、水道水の飲用に匹敵する曝露を引き起こす可能性がある。
- モノクロラミン消毒では、塩素消毒と比較して消毒副生成物の生成量を大幅に低減することができる。
- ただし、ヨウ素イオンの存在下ではモノクロラミン消毒によって、また塩素処理によっても、ヨウ素化トリハロメタン類をはじめとするヨウ素化消毒副生成物を生じる可能性がある。
- ヨウ素化消毒副生成物の健康影響は十分に解明されておらず、泉質も考慮した消毒条件の最適化が必要である。

# 謝 辞

- 本研究は厚生労働科学研究「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」・「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」(研究代表者: 倉 文明) の分担研究として実施されたものである。
- 共同研究者  
国立医薬品食品衛生研究所: 香川 聡子, 岡元 陽子, 田原 麻衣子, 埼玉県衛生研究所: 竹熊 美貴子, 桐生大学: 高橋 淳子, 静岡県衛生研究所: 佐原 啓二, アクアス株式会社: 縣 邦雄, 株式会社マルマ: 杉山 寛治  
国立感染症研究所: 倉 文明, 泉山 信司, 国立保健医療科学院: 小坂 浩司