

B-52 温浴施設におけるトリハロメタンの 存在実態に関する研究

伊禮 塁¹・〇鎌田 素之^{2*}

¹関東学院大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)

²関東学院大学 工学部 社会環境システム学科 (〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)

* E-mail: motoyuki@kanto-gakuin.ac.jp

1. はじめに

我が国の温浴施設では循環式浴槽が主流となっているが、レジオネラ症等の感染症を防止するため塩素消毒が義務付けられている。これに伴い消毒副生成物（以下 DBPs）の生成によるリスクが新たな問題として懸念される。DBPs に関しては、長年水道において低減に向けた様々な対策が行われ、水道水には基準値が、遊泳用プールには目標値が設定されている。しかし、温浴施設に関しては具体的な指針は示されておらず、浴槽水中、浴室空气中的 DBPs に関する調査事例も少ない。また、循環式浴槽は水道水より高濃度で塩素処理を行っており、水温、浴槽水中の有機物濃度等の要因を考慮すると、水道や遊泳用プールに比べ高い DBPs の存在が予想される。中でもトリハロメタン（以下 THM）は高揮発性物質であることから、浴槽水中で生成され、浴室空气中に移行し、入浴者の呼吸を通して暴露が懸念されている。神野らの研究¹⁾によると、浴室空气中的 THM 濃度は最大で $510\mu\text{g}/\text{m}^3$ と報告されている。

本研究では、温浴施設の浴槽水中の THM の実態把握を行った。また、浴槽水中 THM の浴室空気への移行に関する実験を行った。更に、実施設の浴室空气中的 THM 濃度の測定を行い、温浴施設における THM リスク評価のための基礎データの収集を目的とした。

2. 実験方法

(1) 浴槽水中の THM の測定方法と調査概要

浴槽水中 THM の測定にはメタウォーター社が開発した THM 自動測定装置（以下 THM 計）を用いた。本装置は FUJIWARA 反応により水中に存在する THM 様の物

質を呈色させ、クロロホルム（以下 TCM）換算での測定する仕組みとなっている。調査は 2008 年 10 月～12 月に神奈川県内の 10 施設において、形態が異なる複数の浴槽から浴槽水を採取した。採水後アスコルビン酸ナトリウムを用い残留塩素を消去し、速やかに実験室に持ち帰り THM 計で THM 濃度を測定した。

(2) 浴室空気への THM の移行に関する実験

浴槽水中 THM の気相への移行を確認するため以下のような実験を行った。スドー社製の円形散気板（直径 100mm）に円筒のアクリルパイプ（直径 95mm、高さ 200mm）を接着した水槽に試料水 1L を取り、浴槽を想定し、ウォーターバスを用いて水温を 40°C に保った。試料水として Milli-Q 水に TCM（和光純薬工業製水質分析用試薬）を初期濃度が 50, 100, $215\mu\text{g}/\text{L}$ となるよう添加した。散気は一般的な浴槽のジャグジー散気量を基に実験に用いた水槽の大きさに合わせて単位面積あたりの散気量で算出した $0.6\text{L}/\text{min}$ とした²⁾。所定の散気時間経過後、試料水中の TCM を THM 計で測定した。

(3) 浴室空气中的 THM の測定方法と調査概要

浴室空气中的 THM の測定は迅速かつ簡便に行うため固相マイクロ抽出（以下 SPME）-GC/MS 法を用いた³⁾。SPME ファイバは Carboxev/PDMS を使用した。空气の採取には、容積 300mL のガラス製瓶の蓋にテフロン製バルブ 2 つのバルブを取り付けたサンプリング瓶を自作し使用した。具体的な採取・吸着方法として、一方のバルブに予め SPME ファイバを取り付け、その後、携帯型ポンプ MP-Σ30（柴田化学製）を用い、サンプリング瓶内を真空状態とし、空

気を採取際にもう一方のバルブを開放し、サンプリング瓶内に空気を採取した。空気採取後、すぐに SPME ファイバの先端を 5 分間露出し、サンプリング瓶内に捕集された THM をファイバに吸着させた。現地で吸着させた SPME ファイバは速やかに実験室に持ち帰り、12 時間以内に GC/MS で分析を行った。GC/MS の分析条件を表 1 に示す。浴槽水中の THM の約 80% が TCM であることがから⁴⁾、今回は TCM のみを定量した。

調査は 2008 年 12 月～2009 年 1 月に神奈川県内の 8 施設において行った。施設 A においては、浴室中央付近、気泡浴槽直上の 2 カ所で空気の採取を行い、同一の施設内での TCM 濃度の違いについて検討した。併せて、家庭浴槽においても、温浴施設と同様に浴室空気を採取し、TCM 濃度の測定を行った。

表 1 GC/MS の分析条件

ファイバー脱離時間	20分間
使用ファイバー	SUPELCO製 Carboxen-PDMS 75 μ m
GC注入温度	250℃
GC注入流量	1.3mL/min
分離カラム	SUPELCO製 VOCOL 0.32mm $\times$ 60m $\times$ 3.0 μ m
カラム昇温条件	30℃(3min) $\rightarrow$ 10℃/min $\rightarrow$ 45℃ $\rightarrow$ 15℃/min $\rightarrow$ 200℃(10min)
トランスファライン温度	250℃
イオン源温度	220℃
検出方法	SIM検出法 (m/z=83-175)

3. 結果及び考察

(1) 浴槽水中の THM に関して

図 1 に今回の調査で得られた浴槽水中の THM 濃度を示す。10 施設、72 回の測定で、最大値：366.9 μ g/L、平均値：93.4 μ g/L、最小値：1.9 μ g/L の結果が得られた。水道水の基準値が 100 μ g/L 以下、遊泳用プールの目標値が 200 μ g/L であることを考えると高い値が検出されるケースが多く認められた。また、施設別に見た場合、THM 濃度が低い施設と高い施設に大別でき、特定の施設では特に高い値を示すことが認められた。このことは浴槽水の管理が施設によって大きく異なり、適正な管理をすれば THM 濃度をある程度コントロールできるが、適正な管理を行わない場合には高い濃度で THM が存在する可能性を示唆している。これまでの我々の研究から浴槽水中の有機物濃度が浴槽水中の THM 生成量大きく寄与している³⁾ことから、換水などによって有機物濃度を抑制することにより浴槽中で生成する THM を低減できると考える。

図 2 に浴槽形態別にみた浴槽水中の THM を示す。図 2 より、普通浴槽、気泡浴槽、水風呂の 3 つの浴槽形態で比較した際、普通浴槽の THM 濃度が最も高く、気泡

浴槽はこれと比べ低い傾向を示した。このことは浴槽水中で生成された THM が浴槽における散気によって浴室空気へ移行したことによると考えられる。

(2) 浴室空気への THM の移行に関して

図 3 に散気による TCM 濃度の変化を示す。図 3 より、TCM は散気により速やかに揮散され、初期濃度に関わらず散気開始 5 分後には初期濃度の 10%、散気開始 10 分後には初期濃度の 3%程度まで減少し、気相に移行していることが示された。このことは前述の気泡浴槽が他の

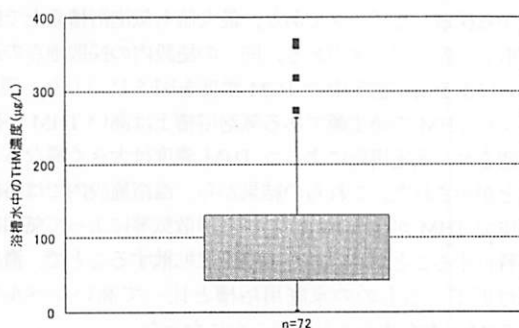


図 1 浴槽水中の THM 濃度

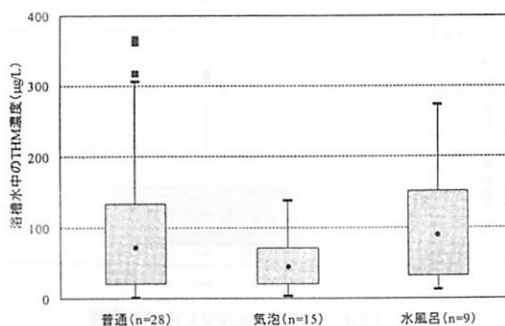


図 2 各形態の浴槽水中の THM 濃度

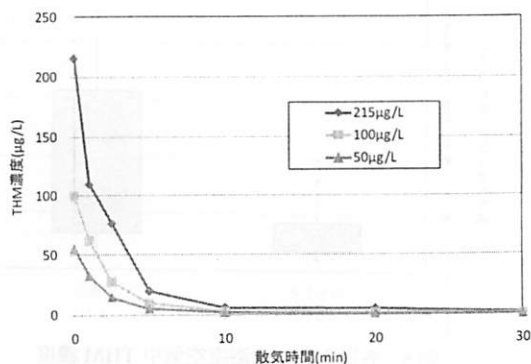


図 3 散気による水中の THM の挙動

浴槽形態と比べて THM 濃度が低いことを実験的に明らかにしたものあり、浴室空気中の THM の主たる発生源は浴槽水であることが確認された。

(3) 浴室空気中の THM に関して

図 4 に今回の調査で得られた浴室空気中の TCM 濃度を示す。尚、家庭用浴槽については計 8 回の測定を行ったがいずれも定量下限値以下であったため、このデータからは除いている。8 施設、39 回の測定で、最大値：1367.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均値：299.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値：54.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の結果が得られた。今回の測定のうち 11 回は気泡浴槽直上から採取したデータであり、最大値も気泡浴槽直上で採取した際のデータである。同一の施設内の採取地点の違いによる浴室空気中の TCM 濃度を図 5 に示した。図 5 より THM の発生源である気泡浴槽上は高い THM が確認され、測定場所によって THM 濃度は大きく異なることが示された。これらの結果から、温浴施設内では浴槽中で THM が生成され、これらが散気等によって気相に移行することが示され、浴室中に拡散することで、濃度は低下するものの家庭用浴槽と比べて高いレベルで THM が存在することが明らかになった。

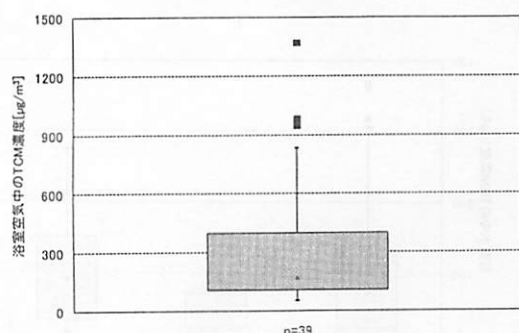


図 4 浴室空気中の THM 濃度

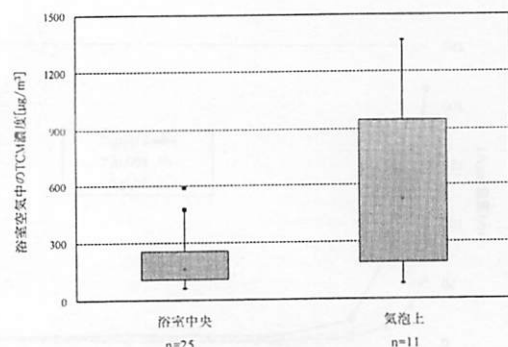


図 5 各採取地点の浴室空気中 THM 濃度

4. まとめ

温浴施設を対象として浴槽水中、浴室空気中の THM について調査を行った。その結果、浴槽水中には施設によっては高い濃度で THM が存在していることが明らかになった。また、浴槽水中の THM 濃度は浴槽の形態によって異なり、気泡浴槽では低いことが示された。これは、模擬浴槽の実験から、水中の THM は初期濃度に関わらず 10 分の散気により約 97% が気相に揮散することが示され、浴槽水から浴室空气に速やかに移行することが示された。

今回の調査から浴室空気中の THM 濃度は最大で 1367 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小でも 223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の TCM 濃度に大きな開きがあった。特に高い値を示した施設 A は気泡浴槽が多く、これ以外の施設と比べて約 6 倍の TCM が存在した。また、同一施設内でも発生源である気泡浴槽の直上は、浴室中央に比べ約 2 倍の TCM が確認された。

5. 今後の課題

温浴施設には家庭用浴槽と比べ、浴槽水、浴室空气に THM が高い濃度レベルで存在することが示され、発生源が浴槽水であることも明らかになった。浴槽水中の THM の生成を抑制するには有機物濃度や塩素濃度の管理が重要となる。また、室内空気中の THM 低減には換気方法や換気回数を変更が有効である。今後、温浴施設のリスクを定量的に評価すると共に、これらの方法でどの程度リスクの低減が可能か検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 神野 透人他:循環式浴槽における浴用水の浄化・消毒方法の最適化, 厚生労働科学研究費補助金 平成 16-18 年度総合研究報告書, p56, 2007
- 2) 長谷川 駿, 鎌田 素之, 野知 啓子, 循環式浴槽におけるトリハロメタンに関する基礎的研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.37-40, 2007
- 3) 伊禮 聖, 鎌田 素之, 野知 啓子, 山口 太秀, 赤井 仁志, 循環式浴槽におけるトリハロメタンに関する基礎的研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.61-64, 2009
- 4) 鎌田 素之, 長谷川 駿:温浴施設におけるトリハロメタンの実態と暴露量, 用水と廃水, Vol.50, No.12, pp.60-68, 2008