

## 遊泳用屋内プールの水及び空気中トリハロメタン調査

有賀孝成\*, 川本厚子\*, 岡本寛\*,  
押田裕子\*, 安田和男\*

### Survey of Trihalomethane in Water and Air of indoor Swimming Pool

Takanari ARIGA\*, Atsuko KAWAMOTO\*, Yutaka OKAMOTO\*,  
Hiroko OSHIDA\* and Kazuo YASUDA\*

**Keywords** : トリハロメタン trihalometane, クロロホルム chloroform, 揮発性有機化合物 volatile organic compound, 屋内プール indoor swimming pool, プール水 pool water, 室内空気 indoor air

#### 緒言

遊泳用プールは利用者によって持ち込まれる有機物の汚染を除去するために循環ろ過装置を設け、プール水を浄化しながら長期間使用している。また、細菌学的な安全性を確保するために次亜塩素酸ナトリウム等の塩素剤による消毒を行っている。このため、プール水ではこれら有機物と塩素剤とにより副次的にトリハロメタンが生成されている。厚生労働省は平成13年7月、遊泳用プールの衛生基準を改正し、その水質基準にクロロホルム、プロモジクロロメタン、ジプロモクロロメタン及びプロモホルムの4種のトリハロメタンの合計量である総トリハロメタンについて、おおむね200 µg/L以下が望ましいとする暫定目標値を明示した<sup>1)</sup>。

プール水中で生成したトリハロメタンは揮発性を有するために絶えず空気中に揮散している。加えて、屋内プールは閉鎖された空間であるために空気中に揮散したトリハロメタンが高濃度で滞留していることが考えられる。室内空気中の揮発性有機化学物質はいわゆる"シックハウス"の原因物質の一つとして注目されており、社会問題ともなっている。厚生労働省は室内空気中の化学物質による健康被害を未然に防止するために、現在13種の揮発性有機化合物について室内濃度指針値を設定している<sup>2)</sup>。

屋内プールは競技用ばかりでなく健康を維持、増進するために、あるいはレジャーを目的として、幼児から大人、更には老人まで幅広い人々が利用している。トリハロメタンによるこれら遊泳者に対する健康影響を考えたとき、プール水のみならず室内空気についても注意を払う必要があると考える。しかし、プール水中のトリハロメタンについては種々、報告<sup>3-5)</sup>されているものの室内空気中のトリハロメタンについての報告例<sup>6,7)</sup>は極めて少ない。

そこで著者らは遊泳用の屋内プールを対象としてプール水及び室内空気中のトリハロメタンについて、その実態を調査したのでこれらの結果を報告する。

#### 実験方法

##### 1. 調査対象

東京都多摩立川保健所及び八王子保健所管内の遊泳用屋内プール、それぞれ10施設、計20施設を対象とした。調査は平成15年2月に実施した。

##### 2. 試料

プール水及びプール水の原水として使用される水道水は20施設から採水した。プール水は任意のコーナー、1箇所から採水し、水道水はプールサイドにある給水栓から採水した。

室内空気は7施設から採取した。空気試料採取用のチューブをプール上に渡されているロープ、または、プールサイドの床からの高さが概ね1 mの壁に固定して24時間採取した。

##### 3. 試薬

- 1) トリハロメタン測定用標準液: 有機ハロゲン化合物標準液A, ヘッドスペース用(和光純薬)。
- 2) 揮発性有機化合物測定用標準液: 室内環境測定用VOCs混合標準原液(関東化学)。
- 3) 空気試料採取用パッシブチューブ: VOC-SD型(Supelco)。
- 4) 二硫化炭素: 作業環境測定用(和光純薬)。
- 5) メタノール: トリハロメタン測定用(和光純薬)。
- 6) 水: 超純水装置, Milli-Q SP-TOC型(日本ミリポア)の処理水をそのまま使用した。
- 7) その他の試薬: 試薬特級品(和光純薬)。

##### 4. 測定項目及び方法

- 1) プール水のpH値(比色法), 濁度(透視比濁法), 過マンガン酸カリウム消費量, 塩素イオン(モール法), 遊離残留塩素(DPD法), 大腸菌群及び一般細菌の測定は上水試験方法<sup>8)</sup>に従った。
- 2) プール水及び水道水のクロロホルム, プロモジクロロメタン, ジプロモクロロメタン及びプロモホルムの測定は

\* 東京都健康安全研究センター多摩支所理化学研究科 190-0023 東京都立川市柴崎町3-16-25

\* Tama Branch Institute, Tokyo Metropolitan Institute of Public Health  
3-16-25, Shibasaki-cho, Tachikawa, Tokyo 190-0023 Japan

表 1 . 施設の管理状況

施設	換水後日数 (日)	補給水量 (m <sup>3</sup> /日)	利用者数 (人/日)	塩素剤の注入 量 <sup>1)</sup> (kg/日)	二酸化炭素 (%)
A	46	2.7	37.6	0.1	0.053
B	181	6.4	9.3	1.2	0.047
C	117	3.8	8.7	1.6	0.051
D	133	10.4	164.8	8.0	0.070
E	158	14.5	38.5	- <sup>2)</sup>	0.070
F	-	10.0	133.3	1.4	0.080
G	53	21.2	101.2	9.4	0.063
H	46	3.3	48.9	2.6	0.078
I	448	2.3	250.0	20.0	0.072
J	184	-	266.0	13.0	0.078
K	157	6.9	39.9	0.6	0.065
L	396	9.1	159.1	6.0	0.102
M	196	29.2	345.6	18.4	0.063
N	283	11.5	222.6	11.8	0.064
O	275	6.0	300.0	10.0	0.062
P	184	12.2	127.4	24.5	0.097
Q	1,461	-	-	-	0.065
R	188	14.5	399.5	18.6	0.048
S	162	5.2	60.9	2.0	0.145
T	210	-	82.3	3.8	0.047

1); 12%次亜塩素酸ナトリウムとして

2); 欠測

ヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による。

3) 空気中のクロロホルム, ジブロモクロロメタン, トルエン, キシレン, パラジクロロベンゼン, エチルベンゼン及びスチレンの測定は捕集剤をバイアル瓶に移し, 二硫化炭素で抽出した後, ガスクロマトグラフ/質量分析装置で測定した。

4) 空気中の二酸化炭素は CO<sub>2</sub> インジケータ (CMCD-10p 型, ガステック) を用いて, プールの対角線上のコーナー付近, 2 箇所測定した。

#### 5. 装置及び測定条件

1) ECD 検出器付きガスクロマトグラフ装置: HP5890 型 (Hewlett Packard), HP19395A 型 ヘッドスペースサンプラー (Hewlett Packard)。

カラム: Halomatics 624, 30 m × 0.32 mm i.d., 膜厚 3.0 μm, カラム温度: 40 (6min) - 5 /min - 120 (5 min) - 10 /min - 200 (5 min), キャリアガス: ヘリウム, 90 kPa, 定圧モード, 注入口温度: 200, 注入量: 100 μL, スプリット比 30 : 1, 検出器温度: 300。

2) ガスクロマトグラフ/質量分析装置: HP5973 型 (Hewlett Packard), HP6320 型オートサンプラー (Hewlett Packard)。

カラム: DB-1, 60 m × 0.25 mm i.d., 膜厚 3.0 μm, カラム温度: 40 (5 min) - 10 /min - 300, キャリアガス: ヘリウム, 0.9 mL/min, 定流量モード, 注入口温

度: 250, 注入量: 1 μL, スプリット比 10 : 1, イオン源温度: 230, イオン化電圧: 70 eV。

#### 結果及び考察

##### 1. プール水の水质

調査対象とした 20 施設の管理状況を表 1 に示した。また, プール水の水质を表 2 に示した。二酸化炭素の成績は 2 箇所測定した値の平均値で示した。

プール水の水质を東京都条例の水質基準<sup>9)</sup>に照らしてみると pH 値 (基準値: 5.8 ~ 8.6), 濁度 (2 度以下), 大腸菌群 (50 mL 中に検出されないこと) 及び一般細菌 (200 CFU/mL 以下) はいずれも基準値の範囲であった。遊離残留塩素 (0.4 mg/L 以上を保ち, かつ, 1.0 mg/L 以下が望ましい) は 0.4 mg/L 未満の施設が 3 施設あり, 1.0 mg/L を超える施設も 3 施設あった。しかし, 遊離残留塩素が基準値未満の施設でも大腸菌群が検出された施設はなく, 一般細菌も基準値以下であった。過マンガン酸カリウム消費量で基準値 (12 mg/L 以下) を超えた施設が 3 施設あったが, これら 3 施設の濁度はいずれも 0.5 度未満であった。このことからプール水の有機物による汚染は溶解性のものがその主体であると考えられた。かつては濁度によって一定の水質評価ができた。今日ではろ過装置の能力, あるいは, 管理技術が向上したことにより濁度で示される不溶性の有機物による汚染はすでに低減されていると考えられ

表2. プール水の水質

施設	pH値	濁度 (度)	KMnO <sub>4</sub> 消費量 (mg/L)	遊離残留塩素 (mg/L)	大腸菌群 (50mL中)	一般細菌 (CFU/mL)	塩素イオン (mg/L)
A	6.8	<0.5	3.3	1.0	不検出	0	39.7
B	7.0	<0.5	1.2	0.4	不検出	96	48.2
C	7.7	<0.5	1.5	1.0	不検出	5	38.3
D	7.5	<0.5	3.5	0.2	不検出	0	49.6
E	7.1	<0.5	4.6	0.3	不検出	2	49.6
F	7.1	<0.5	4.6	1.0	不検出	2	41.1
G	7.1	<0.5	5.6	0.5	不検出	1	121.0
H	7.6	<0.5	5.1	1.5	不検出	5	44.0
I	7.8	<0.5	5.9	2.5	不検出	8	414.0
J	7.6	<0.5	6.7	0.4	不検出	0	242.0
K	7.5	<0.5	4.0	0.5	不検出	9	22.7
L	7.4	<0.5	4.6	0.6	不検出	26	79.4
M	7.2	<0.5	7.8	0.4	不検出	1	139.0
N	7.8	<0.5	12.1	1.0	不検出	0	99.3
O	7.6	<0.5	9.8	1.0	不検出	2	312.0
P	7.4	<0.5	10.5	0.5	不検出	5	153.0
Q	7.4	<0.5	8.1	0.5	不検出	0	140.0
R	7.6	<0.5	12.4	1.0	不検出	4	289.0
S	7.3	2	9.2	0.1	不検出	18	148.0
T	7.6	<0.5	14.0	1.5	不検出	4	212.0

た。

## 2. 過マンガン酸カリウム消費量

過マンガン酸カリウム消費量は 1.2 ~ 14.0 mg/L (平均値 6.73 mg/L, 中央値 5.75 mg/L) の広い範囲であった。そこで、調査した 20 施設を過マンガン酸カリウム消費量の中央値以下の 10 施設 (群とする, 平均値 3.80 mg/L) と、これを超える 10 施設 (群とする, 平均値 9.65 mg/L) とに 2 分し、両群について過マンガン酸カリウム消費量と他の調査項目との関係と比較検討した。群では利用者数の平均値は 74.1 人/日、補給水量は 8.83 m<sup>3</sup>/日であった。これに対して、群ではそれぞれ、228.3 人/日及び 11.6 m<sup>3</sup>/日であった。群は群に対して 3.1 倍の人が利用していた。しかし、補給水量は 1.3 倍であり、利用者数の比率の半分以下であった。これを利用者一人当たりの補給水量に換算すると、群の平均値が 221.9 L/人であるのに対して群では 54.7 L/人と 4 分の 1 の量であった。

このことから、過マンガン酸カリウム消費量は利用者数と補給水量に大きく影響されていることが確認された。過マンガン酸カリウム消費量を低いレベルで維持するためには利用者数に応じた補給水量の管理が重要であると考えられた。

## 3. 塩素剤の注入量

次に、塩素剤の注入量を見ると、過マンガン酸カリウム消費量の低い群では 3.43 kg/日であった。これに対して、過マンガン酸カリウム消費量の高い群では 13.6 kg/日と群に対して約 4 倍量の塩素剤が注入されていた。過マン

ガン酸カリウム消費量で示される有機物の負荷量が多い施設ではそれに応じて塩素要求量も増加する。このため、必要な遊離残留塩素濃度を維持するために塩素剤の注入量が増加したと考えられた。

塩素要求量に応じて生成する塩素イオンはろ過装置で除去されることなく補給水により希釈されながらプール水に残存している。群の塩素イオンが 53.4 mg/L であったのに対して、群では 214.8 mg/L と群の約 4 倍高い値であった。この塩素イオンの比率は塩素剤注入量の比率と一致する値であった。

## 4. 水道水中のトリハロメタン

水道水中のトリハロメタンの測定結果を表 3 に示した。

総トリハロメタンは 1.0 ~ 15.0 µg/L (平均値 9.25 µg/L, 中央値 10.75 µg/L) の範囲であった。水道水質基準 (100 µg/L)<sup>10)</sup> に比較するとかなり低いレベルであった。4 種のトリハロメタンのうちクロロホルムが最も高い濃度で検出され、その濃度は 0.2 ~ 10.2 µg/L (平均値 5.72 µg/L, 中央値 6.40 µg/L) の範囲であった。次いで、プロモジクロロメタンが 0.1 ~ 4.4 µg/L (中央値 2.55 µg/L)、ジブromoクロロメタンが 0.3 ~ 2.1 µg/L (中央値 0.70 µg/L) であった。これら 3 種のトリハロメタンは全ての水道水から検出されたが、プロモホルムは 5 施設が検出限界 (0.1 µg/L) 以下であり、他の 15 施設は 0.1 ~ 1.3 µg/L の範囲であった。

総トリハロメタンに占める 4 種のトリハロメタンの割合はクロロホルムが最も多く、14.3 ~ 72.6% (中央値 63.8%) の範囲であった。その他のトリハロメタンについて中央値

表3. プール水及び水道水中のトリハロメタン

施設	プール水					水道水				
	総トリハロメタン	クロロホルム	ブロモジクロロメタン	ジブロモクロロメタン	プロモホルム	総トリハロメタン	クロロホルム	ブロモジクロロメタン	ジブロモクロロメタン	プロモホルム
A	4.6	4.0	0.5	0.1	<0.1	2.8	0.4	0.4	1.0	1.0
B	7.3	6.8	0.5	<0.1	<0.1	11.7	8.1	2.9	0.7	<0.1
C	9.0	5.5	1.9	1.3	0.3	9.1	5.0	2.1	1.4	0.6
D	9.0	8.6	0.4	<0.1	<0.1	11.6	8.4	2.6	0.5	0.1
E	9.4	8.7	0.6	0.1	<0.1	14.2	10.2	3.3	0.7	<0.1
F	24.3	21.7	2.1	0.5	<0.1	1.8	0.3	0.3	0.7	0.5
G	29.3	28.4	0.9	<0.1	<0.1	15.0	8.9	4.4	1.6	0.1
H	31.1	30.4	0.7	<0.1	<0.1	12.3	7.7	3.3	1.2	0.1
I	33.1	32.3	0.8	<0.1	<0.1	11.2	5.5	3.1	2.1	0.5
J	40.6	39.5	1.1	<0.1	<0.1	12.4	9.0	2.8	0.6	<0.1
K	43.2	39.5	3.2	0.5	<0.1	11.0	7.6	2.5	0.7	0.2
L	44.5	42.6	1.7	0.2	<0.1	14.3	9.4	3.7	1.1	0.1
M	45.3	43.1	1.6	0.1	0.5	7.7	5.0	2.0	0.6	0.1
N	46.6	42.8	3.2	0.5	0.1	5.1	2.1	0.7	1.0	1.3
O	47.5	44.9	2.4	0.2	<0.1	10.0	4.9	2.3	1.8	1.0
P	55.1	54.0	1.1	<0.1	<0.1	11.3	7.8	2.8	0.7	<0.1
Q	56.3	54.1	2.1	0.1	<0.1	10.5	7.3	2.6	0.6	<0.1
R	85.4	81.6	3.4	0.3	0.1	4.7	1.8	1.0	1.1	0.8
S	89.3	87.1	2.1	0.1	<0.1	7.3	4.8	1.8	0.6	0.1
T	112.1	108.8	3.1	0.2	<0.1	1.0	0.2	0.1	0.3	0.4

で示すとブロモジクロロメタンが23.2%,ジブロモクロロメタンが9.0%,そして,プロモホルムは1.3%の割合であった。

#### 5. プール水中のトリハロメタン

プール水中のトリハロメタンの測定結果を表3に示した。

総トリハロメタンは4.6~112.1 µg/L(平均値41.2 µg/L,中央値41.9 µg/L)の広い範囲であった。プール水の暫定目標値を超えるものはなく,水道水基準を超える施設も1施設だけであった。クロロホルムとブロモジクロロメタンは全ての施設で検出された。クロロホルムは他のトリハロメタンに比較して濃度が高く,4.0~108.8 µg/L(中央値39.5 µg/L)の範囲であり,ブロモジクロロメタンは0.4~3.4 µg/L(中央値1.65 µg/L)の範囲であった。ジブロモクロロメタンは7施設が検出限界以下であり,他の13施設は0.1~1.3 µg/Lの範囲であった。また,プロモホルムは4施設から0.1~0.5 µg/Lの範囲で検出されただけであった。これらの値を水道水質基準と比較するとクロロホルムが3施設でそれぞれ81.6,87.1および108.8 µg/Lと基準値(60 µg/L)を超えていたが,それ以外のトリハロメタンはいずれも基準値以下であった。

総トリハロメタンに占める個々のトリハロメタンの割合は水道水と同様にクロロホルムが最も多く,61.1~98.0%(平均値93.1%,中央値95.6%)であった。次で,プロ

モジクロロメタンが2.0~21.1%(中央値3.90%),ジブロモクロロメタンが0~14.4%(中央値0.20%),そして,プロモホルムは0~3.3%(中央値0%)の割合であった。

総トリハロメタンの濃度分布を見ると3つの群に大別できた。20施設のうちA~Eの5施設は4.6~9.4 µg/Lと他に比較して非常に低い値であった。これはそれぞれの水道水中濃度の0.6~1.6倍(中央値0.78倍)の値であり,水道水と同じかやや低いレベルであった。これに対して,総トリハロメタンの高いR,S及びTの3施設ではそれぞれ,85.4,89.3及び112.1 µg/Lを示し,水道水のそれぞれ,18.2,11.9及び112倍であった。そして,その他の12施設は24.3~56.3 µg/Lの範囲であり,水道水の2.0~13.5倍(中央値4.3倍)であった。

そこで,プール水中の総トリハロメタンと他の調査項目との関係を検討した。ただし,総トリハロメタンの高い施設は3施設と少なく,欠測もある。また,半数以上が中間的な狭い範囲に分布している。ここでは全体を3群に分け,このうち総トリハロメタンの低いA~Gの7施設(平均値13.3 µg/L,中央値9.0 µg/L)と,総トリハロメタンの高いN~Tの7施設(平均値70.3 µg/L,中央値56.3 µg/L)との間で,それぞれ,他の項目について,その平均値を用いて比較検討することとした。

総トリハロメタンの低い群の利用者数は70.5人/日,補給水量は9.86m<sup>3</sup>/日,そして,過マンガン酸カリウム消費

表4. 室内空気中の揮発性有機化合物

施設	(μg/m <sup>3</sup> )						
	クロロホルム	ジブロモ クロロメタン	トルエン	キシレン	パラジクロロ ベンゼン	エチル ベンゼン	スチレン
C	47.3	6.1	16.5	6.6	1.3	4.1	0.1
O	70.0	0.3	33.2	7.5	4.2	4.4	0.5
J	74.2	0.1	23.4	11.5	3.2	2.3	0.5
F	82.8	1.6	13.5	6.4	5.6	3.7	0.3
N	187.6	1.1	22.7	7.1	2.0	4.2	0.7
P	194.4	0.2	18.1	5.8	2.7	3.6	0.4
S	281.9	0.2	24.4	11.2	85.4	5.7	1.0

量は3.5mg/Lであった。これに対して、総トリハロメタンの高い群の利用者数は198.8人/日で、総トリハロメタンの低い群の2.8倍であった。しかし、補給水量は9.88m<sup>3</sup>/日でほとんど変わらない。そして、過マンガン酸カリウム消費量は10.9mg/Lで3.1倍の値であった。また、総トリハロメタンの低い群での塩素剤の注入量は3.62kg/日、塩素イオンは55.4mg/Lであったのに対して、総トリハロメタンの高い群では塩素剤の注入量が11.8kg/日で3.3倍、塩素イオンも193.3mg/Lと3.5倍の値であった。これらの数値は過マンガン酸カリウム消費量と他の項目について考察したときの傾向と類似するものであった。

このことから、総トリハロメタンの高い施設は総じて利用者数が多く、利用者一人当たりの補給水量が他に比較して少ない。このため遊泳者に由来する有機物の負荷量及び塩素剤の注入量が共に増加することとなり、これに応じてトリハロメタンの生成量も多くなることが分かった。すなわち、トリハロメタンの生成量は塩素要求量によって消費された塩素剤の量に比例していると考えられた。

プール水でのトリハロメタンの生成量を抑制するためには利用者数に応じて補給水量を適切に管理することで、塩素要求量を低減し、塩素剤の注入量を少なくする必要があると考えられた。

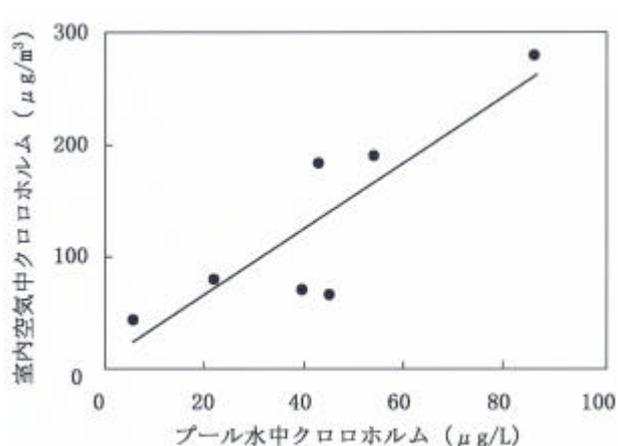


図1. プール水中クロロホルムと室内空気中クロロホルムとの関係

## 6. 室内空気中の揮発性有機化合物

調査した7施設の空气中揮発性有機化合物の測定結果を表4に示した。

7種の揮発性有機化合物はいずれも7施設の全てで検出された。クロロホルムは47.3～281.9μg/m<sup>3</sup>(平均値134.0μg/m<sup>3</sup>, 中央値82.8μg/m<sup>3</sup>)、ジブロモクロロメタンは0.1～6.1μg/m<sup>3</sup>(平均値1.4μg/m<sup>3</sup>, 中央値0.3μg/m<sup>3</sup>)の範囲であった。

室内空気中濃度の指針値が設定されているトルエン(指針値:260μg/m<sup>3</sup>)、キシレン(870μg/m<sup>3</sup>)、パラジクロロベンゼン(240μg/m<sup>3</sup>)、エチルベンゼン(3,800μg/m<sup>3</sup>)及びスチレン(220μg/m<sup>3</sup>)のうち、中央値の最も高かった物質はトルエンの22.7μg/m<sup>3</sup>であった。次いで、キシレン7.1μg/m<sup>3</sup>、エチルベンゼン4.2μg/m<sup>3</sup>、パラジクロロベンゼン3.2μg/m<sup>3</sup>そしてスチレン0.5μg/m<sup>3</sup>の順であった。パラジクロロベンゼンが1施設で85.4μg/m<sup>3</sup>と他の施設に比較してかなり高い値であった他はどの物質も施設間に大きな濃度差は認められなかった。また、いずれの物質も指針値を超えたものはなく、最も高い濃度を示したトルエンの最大値でも指針値の13%弱であった。

## 7. 室内空気中のクロロホルムと他の調査項目との関係

プール水中のクロロホルムと室内空気中のクロロホルムとの関係を図1に示した。プール水中濃度が87.1及び54.0μg/Lと高いS及びP施設では空气中濃度もそれぞれ、281.9及び194.4μg/m<sup>3</sup>と高かった。また、プール水中濃度が5.5μg/Lと最も低いC施設では空气中濃度も47.3μg/m<sup>3</sup>と最も低い値であった。このようにクロロホルムの空气中濃度とプール水中濃度との間には相関関係(R<sup>2</sup>=0.740, p<0.1)が認められた。

次に、室内空気中のクロロホルムと二酸化炭素との関係を図2に示した。東京都はプール取締条例施行規則<sup>9)</sup>で屋内プールにあつては空气中の二酸化炭素濃度を0.15%以下と定め、室内環境の悪化に注意を払い、適切に換気することを指導している。今回、この基準値を超える施設はなかったが、S及びP施設では二酸化炭素が0.145及び0.097%と他に比較して高い値を示し、空气中クロロホルムも281.9及び194.4μg/m<sup>3</sup>と他に比較して高かった。ま

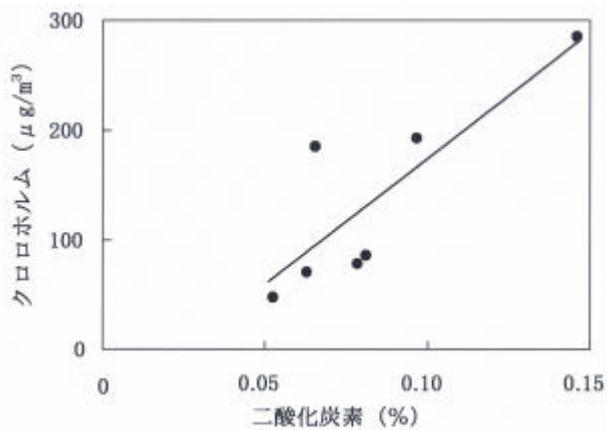


図2．室内空気中のクロロホルムと二酸化炭素との関係

た、二酸化炭素が0.051%と最も低いC施設では空気中クロロホルムも47.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と最も低い値であった。このように、空気中のクロロホルムと二酸化炭素との間には相関関係 ( $R^2=0.675$ ,  $p<0.1$ ) が認められた。

今回の空気中クロロホルム濃度は24時間の平均濃度を示している。一方、二酸化炭素は営業時間内に測定した値であり、ある程度換気されている状況下での数値である。一般に室内空気中の化学物質濃度は換気により大きく低下する。それにもかかわらず、空気中のクロロホルムとプール水中のクロロホルムとの間には相関関係が認められた。このことは調査時期が冬季であったことから熱量の損失を最小限に止めるために、特に、夜間は室内が密閉された状況にあったことが推察された。また、空気中のクロロホルムと二酸化炭素との間にも相関関係が認められた。これは、S施設のように二酸化炭素が0.145%と基準値に近い値を示す施設があるなど、営業時間内であっても必ずしも十分な換気が行われていなかったものと推察された。

そして、C施設のごとく、プール水のクロロホルムが5.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ と水道水より低いレベルであっても空気中濃度は47.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、N施設ではプール水中のクロロホルムが46.6  $\mu\text{g}/\text{L}$ と調査した20施設の中央値(39.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ )とあまり変わらない濃度であったにもかかわらず、空気中濃度は187.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と比較的高い値であったことは注目された。

これらのことから、室内空気中のクロロホルムを低減するためにはプール水でのクロロホルムの生成量を抑制することと併せて、室内空気の換気を適切に行う必要があると考えられた。

環境省は化学物質の環境リスク評価<sup>10)</sup>の中で、クロロホルムの吸入暴露による一日暴露量について、一般大気中の平均濃度は0.23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、最大値は4.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であることを基礎としている。今回得られた屋内プールの空気中クロロホルム濃度はこの平均濃度に対して200~1,200倍(中央値360倍)、最大値との比較でも10~60倍の高い濃度であった。また、最近の研究ではクロロホルムは空気

と水から同時に摂取すると、どちらか一方だけからの摂取よりも癌の発症例が大幅に増えることが報告されている<sup>12)</sup>。我々が飲用している水道水には少なからずクロロホルムが存在している。そのため、屋内プールにおけるクロロホルムの暴露は室内空気からの吸入暴露だけの問題に止まらず、飲料水からの経口暴露との複合汚染による影響も危惧される。特に、施設管理者や競泳のトレーニング等で長時間暴露されている人、あるいは、老人、幼児等、抵抗力の弱い人に対する健康影響に配慮していく必要がある。遊泳用プールをより安全で快適なものとするためにはプール水のみならず室内空気中のクロロホルムにも留意し、生成の抑制、除去方法等の研究を進めることと併せて、規制のあり方についても議論していく必要があると考える。

### ま と め

東京都多摩立川保健所及び八王子保健所管内の遊泳用屋内プール20施設を対象として、冬季(2月)におけるプール水中のトリハロメタンを調査した。また、このうちの7施設について室内空気中の揮発性有機化合物を調査し、次の結果を得た。

1) プール水中の総トリハロメタンは4.6~112.1  $\mu\text{g}/\text{L}$ (中央値41.9  $\mu\text{g}/\text{L}$ )の範囲であった。クロロホルムの濃度が最も高く、4.0~108.8  $\mu\text{g}/\text{L}$ (中央値39.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ )の範囲で、総トリハロメタンに占める割合は61.1~98.0%(中央値95.6%)であった。プロモジクロロメタン、ジブロモクロロメタン及びプロモホルムの中央値はそれぞれ、1.65  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、0.20  $\mu\text{g}/\text{L}$ 及び0.1  $\mu\text{g}/\text{L}$ 以下の順であった。

2) 過マンガン酸カリウム消費量で示される有機物の負荷量が多い施設では、塩素要求量が増加するために塩素剤の注入量も増加する。トリハロメタンの生成量は塩素要求量で消費した塩素剤の量に対応していると考えられた。

3) 過マンガン酸カリウム消費量を低いレベルで維持するためには利用者数に応じた補給水量の管理が重要であると考えられた。

4) 室内空気中のクロロホルムは47.3~281.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (中央値82.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、ジブロモクロロメタンは0.1~6.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (中央値0.30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )の範囲で検出された。空気中のクロロホルムはプール水中のクロロホルム及び空気中の二酸化炭素との間に相関関係が認められた。

5) 室内空気中のクロロホルムを低減するためにはプール水の塩素要求量を低くすることでクロロホルムの生成量を抑制すると共に、室内空気の換気を適切に行うことが有効であると考えられた。

本調査は東京都多摩立川保健所及び八王子保健所と協力して実施した。また、細菌学的試験検査は当支所微生物研究科が行った。

### 文 献

- 1) 遊泳用プールの衛生基準について：厚生労働省健康局

長通知第 774 号, 平成 13 年 7 月 .

- 2) 室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定法等について: 厚生労働省医薬局長通知第 0207002 号, 平成 14 年 2 月 .
- 3) 高橋保雄, 森山紀美, 森田昌敏: 環境化学, **8**(3), 473-479, 1998 .
- 4) 青野 求, 小川隆正: 名城大農学報, **38**, 41-50, 2002 .
- 5) 鈴木美恵子, 伊藤岩夫, 千葉いせ子: 福島県衛生公害研究所年報, **4**, 91-99, 1987 .
- 6) 原口清史, 桑原和彦, 重住研一, 他: 用水と廃水, **27**(3), 33-36, 1985 .
- 7) 木村敦子, 野村真美, 石塚伸一, 他: 青森県衛生研究所報, **26**, 71-75, 1989 .
- 8) 日本水道協会: 上水試験方法, 2001, 日本水道協会, 東京 .
- 9) プール等取締条例施行規則の一部改正について: 東京都生活環境部長通知第 459 号, 平成 14 年 3 月 .
- 10) 水質基準に関する省令: 厚生労働省令第 81 号, 平成 13 年 3 月 .
- 11) 環境省環境保健部環境リスク評価室: 化学物質の環境リスク評価第二巻, 平成 15 年 3 月 .
- 12) 複数媒体汚染化学物質調査研究の結果について: 環境省環境保健部環境安全課, 平成 15 年 6 月 .