

## C. 研究結果:

### 1. 消毒剤—その種類と特徴—

#### 1.1 主な消毒剤の種類<sup>1)</sup>

現在日本国内で市販されている消毒剤はアルコール系、アルコール配合剤、アルデヒド系、ハロゲン化合物(塩素系、ヨウ素系)、界面活性剤系(陽イオン、両性)、ビグアナイド系、フェノール類および過酸化化合物等に分類される。

#### 1.2 消毒剤の区分

スポルディングの分類<sup>2)</sup>によれば、消毒剤はその活性の強さから、高水準、中水準および低水準に分類される。高水準の消毒剤は、アルデヒド系および過酸化(過酢酸、他)が、中水準の消毒剤は、ハロゲン化合物(塩素系、ヨウ素系)、アルコール、アルコール配合剤およびフェノール類が該当する。また、低水準の消毒剤としては、界面活性剤系(陽イオンおよび両性系)およびビグアナイド系消毒剤が該当する(表1参照)。

#### 1.3 主要な消毒剤の特徴

##### ①クロルヘキシジン製剤(ビグアナイド系消毒剤)

一般細菌や酵母様真菌に効果を示す低水準消毒剤である。皮膚に対する刺激性が少なく、においも殆どないため、皮膚消毒に適している。皮膚に残留し、消毒効果が持続する。微生物汚染を受けやすい。粘膜への使用により、ショックの発現が報告されている。

##### ②逆性石けん(陽イオン界面活性剤系消毒剤)

クロルヘキシジン製剤と同様に一般細菌や酵母様真菌に効果を示す低水準消毒剤である。皮膚に対する刺激性が少なく、においも殆どないため、皮膚や粘膜の消毒

に用いられる。金属やリネンに対する腐蝕作用が少ないため、器具や環境の消毒にも汎用される。微生物汚染を受けやすい点が欠点である。

#### 両性界面活性剤系消毒剤

クロルヘキシジン製剤や逆性石けんと同様に低水準消毒剤であるが、長時間作用させると、結核菌に対して効果を発揮する(0.2-0.5%、1時間)。皮膚に対する刺激性が少なく、においも殆どないため、皮膚や粘膜の消毒に用いられる。本製剤は洗浄作用を持ち、金属やリネンに対する腐蝕作用も少ないため、器具や環境の消毒に汎用される。しかし、他の低水準に属する消毒剤と同様に微生物汚染を受けやすい。また、洗浄作用はあるが、有機物の存在下では殺菌効果が低下するため、十分な洗浄を行って使用することが必要である。

#### ヨウ素系消毒剤

ほとんどの細菌・ウイルスに対して効果を示す中水準消毒剤である。皮膚に残留し、消毒効果が持続する。ヨウ素の褐色が皮膚についた場合は、水やハイポエタノール(チオ硫酸ナトリウムエタノール溶液)で容易に落とせる。金属に対して腐蝕作用がある。ヨード過敏症があらわれることがある。

#### 塩素系消毒剤

中水準消毒剤であるが、長時間作用させると、芽胞菌に対して効果を発揮する。有機物との接触により分解され、また、比較的短時間で成分が揮発するため、低毒性である(換気には注意が必要)。しかし、金属に対して腐蝕作用があるので、金属器具には使用できない。酸との混合で、塩素ガスが発生するので注意が必要である。蓋付きの浸漬容器を用い、換気をよくして使用する必要がある。

#### 1.4 消毒剤の適用部位等について

手指および皮膚に適用できるもの

アルコール系およびアルコール配合剤、クロルヘキシジン製剤(ビグアナイド系)、陽イオン界面活性剤系消毒剤、両性界面活性剤系消毒剤およびヨウ素系消毒剤があげられる。

主として器具の殺菌消毒に適用するもの

グルタラル製剤(グルタルアルデヒド、他)および塩素系消毒剤が該当する。

#### 1.5 消毒剤の毒性(抗生物質との比較)および副作用

一般的に、抗生物質は人体への影響が小さく、細菌への影響力が大であることから、選択毒性を示す薬剤であり、内服、注射および外用として使用される。一方、消毒剤(殺菌消毒剤)は、細菌への影響力が大きだけでなく、人体への影響も大きく、選択毒性を示めさない薬剤である。含嗽剤(うがい用。ヨウ素系消毒剤)を除いて外用にのみ適用される。

また、消毒剤は副作用の強いものもあり、かつ環境生態系に影響を及ぼす可能性が考えられるものも存在した。以下に示す消毒剤は時代の流れの中で使用されなくなっている。すなわち、水銀剤、フェノール系消毒剤(フェノール、クレゾール石ケン)およびマーキュロクロム(有機水銀化合物)は排水規制で、アルデヒド系のホルマリンは目、気道障害および皮膚障害を有するため、また、ヘキサクロルフェンは神経障害、神経毒素を有するためである<sup>3)</sup>。

#### 2. バイオフィーム(バイオフィーム形成菌)に対する消毒剤の効果—諸海外の研究報告

過去数年間について、Keywords を

*Legionella*、Biofilm、disinfectant、bactericidal activityに限定し、文献検索を実施した。以下にそれらの詳細を示す。

Saby ら(2005)は、給湯システムにおけるレジオネラ属菌の消毒剤に対する耐性を報告している<sup>4)</sup>。Moore ら(2006)は、都市における給水システムにモノクロラミンを導入することを提唱している。この背景については、建物内の給水システムにおけるレジオネラ属菌の定着があげられる<sup>5)</sup>。また、Flannery ら(2006)も、モノクロラミンを使用する給水システムにおけるレジオネラ属菌の定着の減少を報告している<sup>6)</sup>。Loret ら(2005)は、バイオフィーム、原虫およびレジオネラの制御のための消毒剤を比較検討している<sup>7)</sup>。Dadjour ら(2006)は二酸化チタンと紫外線処理によるレジオネラの消毒を報告している。その報告の中で1.0g/mLの二酸化チタンの存在下の超音波処理では、30分以内に3Log オーダーの菌の減少が認められたとしている<sup>8)</sup>。Ozlem Sandi-Yurudu ら(2007)は、種々の状態のレジオネラ属菌に対するChloramine T trihydrate (N-chloro-p-toluene sulfonamide)の殺菌効果の検討を報告している<sup>9)</sup>。Zhang ら(2007)は、病院の給水システムにおけるレジオネラ属菌の制御のための二酸化塩素の効能と安全性について報告している<sup>10)</sup>。Cachafeiro ら(2007)は、copper-silver ionisationによる消毒手法の安全性とレジオネラ属菌の制御に対する有効性を報告している<sup>11)</sup>。また、copper-silver ionisationによる方法の有効性については、Chen らの報告がある<sup>12)</sup>。

#### 3. レジオネラ属菌の低減化対策に関する研究報告(国内の文献)

レジオネラ属菌に対する殺菌効果について取り上げた国内における主要な研究報

告の概要を以下に示す。

上田<sup>13)</sup>は、反応槽にMZ(四級アンモニウム塩:20-25%、2-フェノキシエタノール:10-15%、イソプロパノール:15-20%、消泡剤・染料:1-2%)溶液 10ppm に次亜塩素酸ナトリウム溶液 0.2ppm を併用すると、反応 1 時間後にはレジオネラ菌は死滅したことを報告している(MZ溶液 10ppm に次亜塩素酸ナトリウム 0.1ppm を混合すると、2 時間反応させてもレジオネラ菌は死滅しなかった。)

宮本ら<sup>14)</sup>は、レジオネラ菌の除菌対策として(1)給湯水を 75℃で 24 時間循環させながら末端給湯類(983箇所)で放水を1年に1回行うこと(2)貯湯槽の清掃 (3)給湯水温を 66℃に上げて維持管理することを実施した。その結果、汚染は検出限界以下(5CFU/100mL)に除去できた。この期間中にレジオネラ肺炎の院内発生は認めず、水道料金や灯油料金の負担が除菌対策に伴って増えることはなかった。給湯水の昇温循環運転と末端給湯栓類からの放水作業は安価で有効な除菌法であると報告している。

新里<sup>15)</sup>は、給水温度が比較的低温(55℃以下)、滞留時間が長かったり、間欠で加熱を行う中央循環式の給湯設備はレジオネラ対策としては要注意であるとしている。いったん定着したレジオネラを除去するには、貯湯槽の清掃のみならず、加熱処理の併用が効果的である。レジオネラは 60℃、1 分間で 99%が死滅するため、給湯温度は給湯系のどの部位においても 55℃以上に保持し、給湯使用量のピークにおいても 50℃を下まわらないように監視することが必要であると報告している。

小出ら<sup>16)</sup>は、病院内のあらゆる場所からレジオネラが検出されたが、その後、シャワーユニット交換、清掃などを行い、温水タンクの水温を 70℃に設定したところ菌は検出

されなくなり、その後は検出されていないとしている。また、その大学病院では感染防止対策として、クーリングタワーの定期的清掃、加湿器は使用の都度滅菌水を入れ替える、定期的に蛇口の残留塩素を確認する、などの対策を行っている。給湯系を含む院内感染の防止対策では、アメリカ疾病予防センター(CDC)の作成した指針があり、患者が発生したことがある病院では、給水系の末端蛇口で 50℃以上または 20℃以下、残留塩素濃度1から2ppm を保つ、などの対策を要求していると報告している。

江崎ら<sup>17)</sup>は、細胞内寄生性細菌であるレジオネラはアメーバの中で増殖できるが、40-41℃という 24 時間循環風呂の高温環境でもアメーバが増殖できることは興味深く、今後のレジオネラ感染対策にとって重要な研究課題として残されている。緑膿菌に代表される非発酵菌は発育が早く1日の塩素消毒を行っても浴水の菌数をゼロにすることはできない。しかし、レジオネラは発育に時間がかかるため、毎日消毒をおこなえば増殖を抑えることができる(1日1回、遊離残留塩素濃度 2mg/L の次亜塩素酸ナトリウムの添加により、レジオネラ属菌の増殖を抑制。)

石井<sup>18)</sup>は、レジオネラ属菌が共存する原生動物のシストを 50ppm の塩素濃度の次亜塩素酸ナトリウムを用いた場合も生存が確認されていることを示している。また、コンタクトレンズを介して角膜炎を起こす *Acanthamoeba* の消毒の条件として、加熱(70-80℃)では 10 分、3%過酸化水素水で 2-3 時間、0.001%チメロサルで 4 時間、0.005%塩化ベンザルコニウムで 4 時間、0.001%クロルヘキシジンでは 4 時間としている。給湯水の場合、構造上細菌膜ができやすい環境となり、そこに原生動物が加われば、レジオネラが生息できることが考えられる。それを防ぐため週に 1 回ほどは

60℃前後の熱い湯を流すこともレジオネラ対策になると思われる。レジオネラの増殖する環境ではその生態系を崩すような対策が必要である。それにはこまめな清掃や水処理剤などの添加により菌数の減少も可能であると報告している。

宮田ら<sup>19)</sup>は、24時間循環風呂業者16社中6社がすでにレジオネラ防除対策として何らかの形で熱を利用している。また、杉山ら<sup>20)</sup>や桶田ら<sup>21)</sup>は、熱水循環をすることでレジオネラ属菌を防除できると報告している。

一方、縣<sup>22)</sup>は、レジオネラ属菌の殺菌処理に際しては、「実態の把握」、「処理プログラムの検討」、「処理効果の検証」などの目的で定期的なレジオネラ属菌数の検査を行うことが望ましい。菌数の検査結果を処理プログラムにフィードバックすることで、殺菌剤の過剰な投入、環境への無用な排出を防ぐことが出来ると同時に、適切なレジオネラ属菌抑制が実現される。このために、より迅速、簡便、正確な環境水中のレジオネラ属菌検査法の開発、実用化が期待される。

#### 4. 浴槽用消毒剤および配管用消毒剤への使用の可能性

レジオネラ属菌の消毒を考えたとき、浴槽用と配管用を分けて考えることが最善である。日本国内の文献ならびに諸外国の文献等を考慮したとき、消毒剤の組み合わせ(併用)により、より有効性が高まる可能性が考えられる。たとえば次亜塩素酸ナトリウムとアルコール(エタノールまたはイソプロ)の併用で、バイオフィーム形成菌の増殖を十分に抑える可能性がある。いったんバイオフィームが形成されると、かなり強い消毒剤でないと効かなくなる。従って、配管等にバイオフィームが形成される以前の対策が重要である。

また、医療分野で一時期提唱されたローテーション殺菌法(平成9年頃に病院内での消毒法として提唱されたが、その後否定的な意見が出たため、現在ではあまり提唱されていない)による給水ラインの消毒については、現時点ではその有効性が検証されていないので、今後の検討課題の一つであると考えられる。

過酢酸はにょいの問題はあるが、比較的低毒性で効果があると考えられる。しかも、使用後の環境生態系への影響は比較的少ない消毒剤である。配管にバイオフィームが形成される前に、定期的に殺菌効果の強い消毒剤で処理することはレジオネラの増殖防止に有効と考えられ、過酢酸の導入を視野に入れることも重要と考えられる。また、過酢酸と塩素剤の併用も有効と考えられる。

塩素系消毒剤によるレジオネラ属菌の殺菌については、有機物の存在下では殺菌効果が著しく低下することを考慮する必要がある。

定期的な消毒剤での殺菌処理と熱殺菌(60-70℃)による手法を適宜交互に(定期的に)行うことも有効であると考えられる。レジオネラは発育に時間がかかるため、毎日消毒をおこなえば増殖を抑えることができる(1日1回、遊離残留塩素濃度2mg/Lの次亜塩素酸ナトリウムの添加により、レジオネラ属菌の増殖を抑制できる。)

近年、モノクロラミンが、配管末端への到達濃度が良好であり、バイオフィームへの浸透性が遊離塩素より良好であるとされている。今後この点について具体的に検証する必要があるものと考えられる。また、週に1回程度60-70℃前後の熱湯を配管に注入することで、バイオフィームの形成が抑制される可能性が考えられる。最後に、「copper-silver ionizationによる方法」や

「highly charged copper-based biocides」による方法が良いかどうかについても、今後の検討課題であると考えられる。

#### D. 考察:

浴槽水および配管におけるレジオネラ属菌の殺菌消毒について種々の文献等を参照した。今後、実験等による検証する作業等が必要ではあるが、現時点では配管の消毒に関してはバイオフィルムの形成を抑える薬剤として過酢酸等が有効ではと判断している。

次に、浴槽水に消毒に関しては、従来からの次亜塩素酸ナトリウムだけでなくモノクロラミンや安定化二酸化塩素による消毒が

有効であると考えられる。さらに過酢酸については、医療分野で適用される濃度(0.2%)では若干のにおいの問題があるが、より低濃度でも消毒効果は十分に期待できるものと推定される。しかし、低濃度の過酢酸のレジオネラ属菌に対する殺菌効果のデータがなく、今後検討が必要と考えられる。

E. 結論: レジオネラの消毒に有効と考えられる過酢酸の低濃度における殺菌効果の具体的なデータが認められない。次年度はこの点を中心に、他の消毒剤との比較検討を行い、検証していくことが最善と考えている。

#### F. 文献

1. 坂上吉一 (1996) 医療環境における殺菌消毒剤、防菌防黴, **24**, 147-154.
2. Spaulding, E.H. et al. (1977) Chemical Disinfection of Medical and Surgical Materials. In: Disinfection Sterilization and Preservation, II, p.654.
3. 辻 明良 (2006) 消毒薬の進歩と変遷, *Circles*, **8**, 2-8.
4. Saby, S. et al (2005) Resistance of Legionella to disinfection in hot water distribution systems. *Water Sci Technol.* **52**, 15-28.
5. Moore, M.R. et al. (2006) Introduction of monochloramine into a municipal water system: impact on colonization of buildings by *Legionella* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* **72**, 378-83.
6. Flannery, B. et al. (2006) Reducing Legionella colonization in water systems with monochloramine. *Emerg. Infect. Dis.* **12**, 588-596.
7. Loret J.F. et al. (2005) Comparison of disinfectants for biofilm, protozoa and *Legionella* control. *J. Water Health* **3**, 423-33.
8. Dadjour M.F. et al. (2006) Disinfection of *Legionella pneumophila* by ultrasonic treatment with TiO<sub>2</sub>. *Water Res.* **40**, 1137-42.
9. Ozlem Sandi-Yurudu et al. (2007) Studies on the efficacy of Chloramine T trihydrate (N-chloro-p-toluene sulfonamide) against planktonic and sessile populations of different *Legionella pneumophila* strains. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* **210**, 147-53.
10. Zhang, Z. et al. (2007) Safety and

- efficacy of chlorine dioxide for Legionella control in a hospital water system. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **28**, 1009-1012.
11. Cachafeiro S.P. et al. (2007) Is copper-silver ionisation safe and effective in controlling legionella? *J. Hosp. Infect.* **67**, 209-16.
  12. Chen, Y.S. et al. (2008, *In press*) Efficacy of point-of-entry copper-silver ionisation system in eradicating *Legionella pneumophila* in a tropical tertiary care hospital: implications for hospitals contaminated with *Legionella* in both hot and cold water.
  13. 上田 勝 (2003) レジオネラ属菌に及ぼす次亜塩素酸ナトリウムと第四級アンモニウム塩系抗菌活性剤の併用効果, 防菌防黴, **31**,109-111.
  14. 宮本比呂志、他 (2004)病院給湯施設におけるレジオネラ汚染とその除菌, 環境感染, **19**, 483-490.
  15. 新里 敬 (1999) レジオネラ病院感染の制御, *INFECTION CONTROL*, **8**, 75-79.
  16. 小出道夫、他 (2000) レジオネラによる病院感染とその対策, 治療, **82**,増刊号, 118-123.
  17. 江崎孝行、他 (1997) 24時間循環風呂のレジオネラ汚染とその感染防止対策. 感染症学雑誌, **71**, 763-769.
  18. 石井宮次 (1999) レジオネラ属菌とその生態, 防菌防黴, **27**, 527-532.
  19. 宮田町子、他 (2001) 24時間循環風呂における抗酸菌防除対策の試みー滅菌濾材の使用ー, 環境感染, **16**, 285-291.
  20. 杉山寛治、他 (1997) 循環濾過式浴槽水とレジオネラとの関係に関する研究ーモデルー, 静岡県環境衛生科学研究所報告, **40**, 5-8.
  21. 桶田岳見、他 (1998) 循環温浴器でのレジオネラ属菌不検出の実現ー凝集濾過・高温殺菌・紫外線照射併用方式の効果についてー, 環境感染, **13**, 83.
  22. 縣 邦雄 (1993) 冷却水におけるレジオネラ汚染の現状と対策, 防菌防黴, **27**, 541-550.

表1 スポルディングの分類

菌種 評価	細菌			真菌	ウイルス	
	増殖型	結核菌	芽胞		小型	中間
高水準	○	○	○	○	○	○
中水準	○	○	×	○	○	○
低水準	○	×	×	□	×	○

○:有効 □:菌種により有効又は無効 ×:無効

参考資料： バイオフィームに対する消毒剤の効果(海外の報告:数年間)

(Keywords: Biofilm, disinfectant, bactericidal activity)

1. Saby, S. et al: Resistance of *Legionella* to disinfection in hot water distribution systems. *Water Sci Technol.* 2005; 52(8): 15-28.
2. Moore, M.R. et al.: Introduction of monochloramine into a municipal water system: impact on colonization of buildings by *Legionella* spp. *Appl Environ Microbiol.* 2006 ; 72(1): 378-83.
3. Loret J.F. et al.: Comparison of disinfectants for biofilm, protozoa and *Legionella* control. *J Water Health.* 2005, 3(4): 423-33.
4. Dadjour M.F. et al. : Disinfection of *Legionella pneumophila* by ultrasonic treatment with TiO<sub>2</sub>. *Water Res.* 40(6), 1137-42 (2006).
5. Flannery, B. et al. : Reducing *Legionella* colonization in water systems with monochloramine. *Emerg Infect. Dis.* 12(4), 588-596 (2006).
6. Ozlem Sandi-Yurudu et al.: Studies on the efficacy of Chloramine T trihydrate (N-chloro-p-toluene sulfonamide) against planktonic and sessile populations of different *Legionella pneumophila* strains. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 210(2), 147-53 (2007).
7. Pedro Botet M.L. et al.: Impact of copper and silver ionization on fungal colonization of the water supply in health care centers: implications for immunocompromised patients. *Clin. Infect. Dis.* 45(1), 84-86 (2007).
8. Gant, V.A. et al.: Three novel highly charged copper-based biocides: safety and efficacy against healthcare-associated organisms. *J. Antimicrobiol. Chemother.* 60(2), 294-299 (2007).
9. Zhang, Z. et al.: Safety and efficacy of chlorine dioxide for *Legionella* control in a hospital water system. *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* 28(8), 1009-1012 (2007).
10. Zhang, Z. et al. : Effect of pipe corrosion scales on chlorine dioxide consumption in drinking water distribution systems. *Water Res.* 42, 129-136 (2008).
11. Cachafeiro S.P. et al. : Is copper-silver ionisation safe and effective in controlling legionella? *J. Hosp. Infect.* 67(3), 209-16 (2007).

#### 邦文文献

1. 上田 勝:レジオネラ属菌に及ぼす次亜塩素酸ナトリウムと第四級アンモニウム塩系抗菌活性剤の併用効果, 防菌防黴, 31,109-111(2003)  
反応槽にMZ(四級アンモニウム塩: 20-25%、2-フェノキシエタノール: 10-15%、イソプロパノール:15-20%、消泡剤・染料:1-2%)溶液 10ppm に次亜塩素酸ナトリウム 0.2ppm を併用すると、1時間後にはレジオネラは死滅した。しかし、MZ溶液 10ppm に次亜

塩素酸ナトリウム0.1ppmの混合では2時間の反応でもレジオネラは死滅しなかった。

2. 宮本比呂志、他：病院給湯施設におけるレジオネラ汚染とその除菌，環境感染，19，483-490 (2004)

除菌対策として(1)給湯水を75℃で24時間循環させながら末端給湯類(983箇所)で放水を1年に1回行うこと(2)貯湯槽の清掃(3)給湯水温を66℃に上げて維持管理することを実施。その結果、汚染は検出限界以下(5CFU/100mL)に除去できた。この期間中にレジオネラ肺炎の院内発生は認めず、水道料金や灯油料金の負担が除菌対策に伴って増えることはなかった。給湯水の昇温循環運転と末端給湯栓類からの放水作業は安価で有効な除菌法である。

3. 新里 敬：レジオネラ病院感染の制御，INFECTION CONTROL，8，75-79 (1999).

給水温度が比較的低温(55℃以下)、滞留時間が長かったり、間欠で加熱を行う中央循環式の給湯設備は要注意である。いったん定着したレジオネラを除去するには、貯湯槽の清掃のみならず、加熱処理の併用が効果的である。レジオネラは60℃、1分間で99%が死滅するため、給湯温度は給湯系のどの部位においても55℃以上に保持し、給湯使用量のピークにおいても50℃を下まわらないように監視することが必要である。

4. 小出道夫、他：レジオネラによる病院感染とその対策，治療，82，増刊号，118-123 (2000)

病院内のあらゆる場所からレジオネラが検出された。その後、シャワーユニット交換、清掃などを行い、温水タンクの水温を70℃に設定したところ菌は検出されなくなり、その後は検出されていない。

また、その大学病院では感染防止対策として、クーリングタワーの定期的清掃、加湿器は使用の都度滅菌水を入れ替える、定期的に蛇口の残留塩素を確認する、などの対策を行っている。給湯系を含む院内感染の防止対策では、CDC(アメリカ疾病予防センター)の作成した指針があり、患者が発生したことがある病院では、給水系の末端蛇口で50℃以上または20℃以下、残留塩素濃度1から2ppmを保つ、などの対策を要求している。

5. 山本智子、他：レジオネラによる病院感染，日本臨床，61，Suppl3，100-105 (2003)

欧米ではレジオネラ・ニューモフィラが定着している可能性が高い給湯設備の特徴として、給湯設備が古い、40-50℃の比較的低い温度で維持されている、水分のカルシウム・マグネシウム濃度が高いなどの特徴がある。また、沈殿物があると、レジオネラ属菌の宿主となり得る病原菌の増殖が起こりやすく、その結果レジオネラ属菌が定着しやすいといわれている。

安価で環境に対しても影響がなく、確実な方法は、給湯設備の温度設定を高めにして末端の蛇口でも55℃以上に保つことと考えられている。

6. 真崎宏即、他：院内感染発生後の対応 4)レジオネラ，医薬ジャーナル，36，2245-2248 (2000)



米国 CDC は、レジオネラ院内肺炎がみられる病院で、免疫抑制患者やハイリスク患者がいる病棟では、飲用に適した水道水の温度が蛇口末端で 50℃以上、20℃未満に維持されていること、温水の残留塩素濃度が 1-2ppm に達していることを基準としてあげている。

近年、モノクロラミンが、配管末端への到達濃度が良好であり、バイオフィームへの浸透性が遊離塩素より良好であることより、塩素消毒よりも飲料水の消毒に有用との報告がなされた。今後の検討すべき消毒法と考えられる。

7. 江崎孝行、他：24 時間循環風呂のレジオネラ汚染とその感染防止対策．感染症学雑誌,71, 763-769 (1997)

細胞内寄生性細菌であるレジオネラはアメーバーの中で増殖できるが、40-41℃という 24 時間循環風呂の高温環境でもアメーバーが増殖できることは興味深く、今後のレジオネラ感染対策にとって重要な研究課題として残されている。緑膿菌に代表される非発酵菌は発育が早く1日の塩素消毒を行っても浴水の菌数をゼロにすることはできない。しかし、レジオネラは発育に時間がかかるため、毎日消毒をおこなえば増殖を抑えることができる。(1日1回、遊離残留塩素濃度 2mg/L の次亜塩素酸ナトリウムの添加により、レジオネラ属菌の増殖を抑制できる。)

8. 石井 啓次：レジオネラ属菌とその生態，防菌防衛, 27, 527-532 (1999)

原生動物のシストを 50ppm の塩素濃度の次亜塩素酸ナトリウムを用いた場合も生存が確認されている。

また、コンタクトレンズを介して角膜炎

を起こす *Acanthamoeba* の消毒の条件として、加熱 (70-80℃) では 10 分、3% 過酸化水素水で 2-3 時間、0.001% チメロサルで 4 時間、0.005% 塩化ベンザルコニウムで 4 時間、0.001% クロルヘキシジンでは 4 時間としている。

給湯水の場合、構造上細菌膜ができやすい環境となり、そこに原生動物が加われば、レジオネラが生息できることが考えられる。それを防ぐため週に 1 回ほどは 60℃前後の熱い湯を流すこともレジオネラ対策になると思われる。

レジオネラの増殖する環境ではその生態系を崩すような対策が必要である。それにはこまめな清掃や水処理剤などの添加により菌数の減少も可能である。

9. 宮田町子、他：24 時間循環風呂における抗酸菌防除対策の試み-滅菌濾材の使用-, 環境感染, 16, 285-291 (2001)

24 時間循環風呂業者 16 社中 6 社がすでにレジオネラ防除対策として何らかの形で熱を利用している。

杉山ら(静岡県環境衛生科学研究所報告, 40, 5-8, 1997)や桶田ら(環境感染, 13, 83, 1998)は、熱水循環をすることでレジオネラ属菌を防除できると報告している。

10. 縣 邦雄：冷却水におけるレジオネラ汚染の現状と対策，防菌防衛, 27, 541-550 (1999)

レジオネラ属菌の殺菌処理に際しては、「実態の把握」、「処理プログラムの検討」、「処理効果の検証」などの目的で定期的なレジオネラ属菌数の検査を行うことが望ましい。菌数の検査結果を処理プログラムにフィードバック

することで、殺菌剤の過剰な投入、環境への無用な排出を防ぐことが出来ると同時に、適切なレジオネラ属菌抑制が実現される。このために、より迅速、

簡便、正確な環境水中のレジオネラ属菌検査法の開発、実用化が期待される。

### III. 別 刷

## 7. 生活用水のアメーバ汚染

遠藤 卓郎\*<sup>1)</sup> 泉山 信司\* 八木田 健司\*

わが国では全国各地に温泉あるいは大規模入浴施設が普及しており、その多くにおいて循環式浴槽が採用されている。かかる施設ではレジオネラ症の集団発生をみており、衛生管理の重要性が指摘される。循環式浴槽では浴槽水を一定期間連続使用することから微生物汚染が免れず、畢竟、レジオネラ症のリスクが高まる。レジオネラは環境中においてアメーバなどの原虫類を宿主として増殖し、エアロゾルを介してヒトに感染する。また、温水を好むアメーバの中に角膜炎や脳炎を引き起こすアメーバが知られている。感染経路は不明であるが、わが国でも稀に脳炎患者が発生している。これらの汚染、さらには感染被害を防ぐには浴槽施設の洗浄・換水の励行と、遊離残留塩素による持続的な消毒が必須である。

**Key Words:** アメーバ/アメーバ性脳炎/レジオネラ症/浴槽水

### I はじめに

新興再興感染症という言葉が使われてからすでに久しいが、感染症はその時々の生活習慣や食習慣を反映するもので、運輸システムの発達が感染症のグローバル化をもたらしたことはその典型といえる。ところで、21世紀は水の世紀といわれており、飲料水のみならず農業用水や工業用水などの安定確保が重要課題となる世紀である。従来、水は「河川→海洋→雨→河川（湧き水、地下水）」という、いわゆる水の大循環を経て再利用されてきた。ところが、都市化が進み人口の集中が進んだ今日では都市部での水源不足は慢性化しており、水道水といえど大循環を経ずして下水が繰り返し再利用されている。そのような中であって、近年の無軌道な温泉ブームを憂慮するのは筆者らのみではなかろうと思う。わが国に温泉文化があることは誰もが認めるところである。しかし、全国いたるところで地下水を掘り、次から大規模入

浴施設を設けていく様は古来より育んできたわが国の温泉文化とどのような関係にあるというのであろうか。1,000mも2,000mも地下深く掘り下げて地下水をくみ上げるのは掘削技術の革新を誇るものに過ぎない。また、入浴施設がかくも大規模化したのは化石燃料がふんだんに使えるようになったことにほかならず、まして循環式と称して浴槽水の繰り返し使用はいわゆる温泉文化の対極にあると考えている。このような「新しい生活様式」は例に漏れず「新たな疾病」を生み出している。

以下に生活用水、特に浴槽水の微生物汚染を整理してみた。アメーバ汚染にかかる問題は2つの局面から言及する必要がある。1つはレジオネラ汚染であり、他はアメーバ自体による感染症である。

### II アメーバ汚染とレジオネラ

レジオネラ (*Legionella*) は細胞寄生性の細菌で、ヒトに感染した場合にはマクロファージなどに寄生して増殖する。環境中であってはアメーバなど

Man-made aquatic environments and their microbial contamination

\* Takuro Endo, Shinji Izumiyama, Kenji Yagita 国立感染症研究所寄生動物部 <sup>1)</sup> 部長

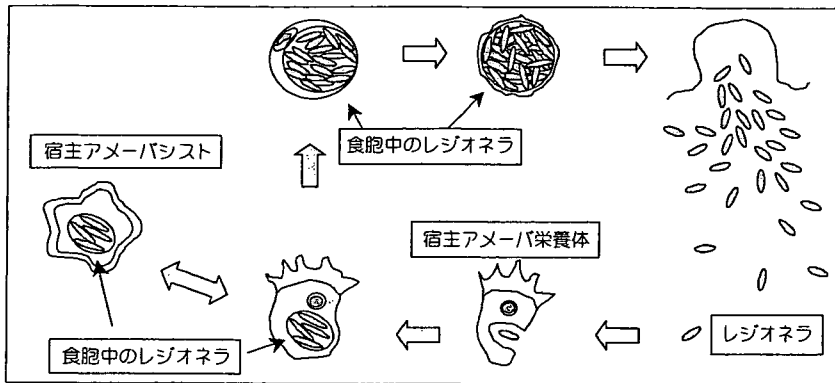


図1 環境中でのレジオネラの増殖様式  
レジオネラは細胞寄生性の細菌で、ヒトに感染した場合にはマクロファージなどに寄生して増殖する。

(八木田ら原図より引用)

原生動物を宿主としている<sup>1)</sup>。したがって、生活用水のレジオネラ汚染の背景には必ずアメーバなどの原生動物とその餌である微生物の繁殖がある。レジオネラの宿主として、42℃前後の温水に棲息するアカンソアメーバ(*Acanthamoeba*)をはじめとする多様なアメーバや繊毛虫のテトラヒメナ(*Tetrahymena*)が報告されている<sup>2)</sup>。アカンソアメーバを宿主とした場合、感染後2日程度でレジオネラはアメーバをほぼ埋め尽くすほどに増殖し、その数は1,000個以上に達する。やがてレジオネラは運動性を獲得し、新たな宿主を求めて水中に遊出する(図1)。これまでの集団感染事例をみると、レジオネラは浴槽水中で $10^3 \sim 10^6$ cfu/100mLの範囲(ほぼ $10^4$ cfu/100mL弱に収斂)に達していた。単純計算すると浴槽水には1~ $10^3$ 個/100mL程度の感染アメーバが必要となる。これを10トン程度の営業用の浴槽にてあてはめると $10^4 \sim 10^7$ オーダーの感染アメーバが必要となる。仮にアメーバの1%程度が感染しているものとすれば、アメーバ数はさらにその100倍以上にのぼることになる。そのアメーバを支える餌の細菌類にいたっては膨大なものになることは容易に想像されよう。レジオネラ汚染はかくもはなはだしい微生物汚染が背景にあってのことである。

ところで、循環式浴槽は浴槽水をろ過循環させて長期にわたり継続使用することから、微生物、ひいてはレジオネラ汚染の極めて起きやすい構造となっている。そればかりか本装置では積極的に微生物を定着させて入浴者が持ち込む汚れ(有機物汚染)の処理に活用している。一見すると水の使用部分と汚染水の処理装置(活性汚泥槽)を同居

させており、これらが有効に機能すれば極めて利用価値の高い装置といえる。しかしながら、致命的なことに活性汚泥こそがレジオネラの増殖の場となっている。また、そこからレジオネラを選択的に取り除く有効な手段はない。厚生労働省は先の公衆浴場法ならびに旅館業法に係る通達(健発第1029004号、平成14年10月)で遊離残留塩素(1日2時間以上0.2~0.4mg/Lを保つこと)による浴槽水の衛生管理を勧奨している。本措置は有効ではあるが、同時にシステムの心臓部ともいえる活性汚泥を排除することを意味し、この時点で循環式浴槽システムは理論的に破綻したと言える。さらに、やむを得ず用いている塩素消毒に問題がないわけではない。塩素の使用ではトリハロメタン等に代表される消毒副生成物の発生が避けがたく、入浴により経皮的、あるいは経気道的暴露が免れない。ちなみに、浴用水における微生物対策は0.2mg/L以上の有効遊離残留塩素濃度が効果的であることが示されている(図2)<sup>3)</sup>。

レジオネラの感染様式は汚染された水から発生したエアロゾルを吸引することによるもので、その際のエアロゾルの粒径は2~5 $\mu$ m程度とされている<sup>3)</sup>。我々の生活環境にあって、入浴施設の他にエアロゾルの発生につながる装置としては空調設備の冷却塔、加湿器や噴霧器あるいは、水を用いる歯科・医療器具など様々なものがある。これらの装置に共通する点は温水の貯留である。現に、レジオネラ症は冷却塔や修景用噴水、超音波式ネブライザー、加湿器や温泉浴槽、場合によってはシャワーや呼吸補助装置などを介した発生が知られている<sup>4)</sup>。また、例外的にはあるがプラン

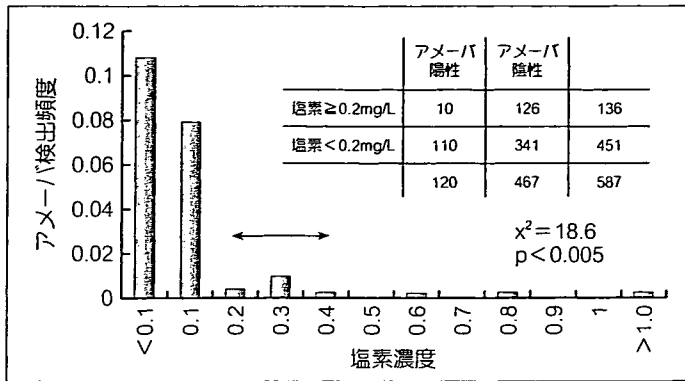


図2 遊離残留塩素濃度とアメーバ検出頻度 (n = 587)

浴用水における微生物対策は0.2～0.4mg/Lの有効遊離残留塩素濃度が効果的であることが示されている。

ターの土や腐葉土で増殖していたレジオネラ (*L. longbeachae*) が原因と考えられる感染事例の報告もある<sup>5, 6)</sup>。加湿器や噴霧器あるいは、水を用いる歯科・医療器具などにおいては定期的な高濃度の薬品による消毒、水の滞留を防ぐ工夫と、洗浄し易い単純な構造であることが求められる。あわせて、ホースなどの交換を頻繁に行うことが汚染防止につながる。ちなみに、歴史的には冷却塔水のレジオネラ汚染は有名で、かつての集団感染はほとんど冷却塔水を汚染源としていた。ところが、近年では空調施設自体の維持のために冷却塔水の水質管理が徹底されていること、エアロゾルの飛散を抑える構造が推奨されていること、さらに冷却塔の設置場所の規制などが義務付けられたことから、わが国では冷却塔を介したレジオネラ症の報告が聞かれなくなっている。

### Ⅲ 病原性を有する自由生活性アメーバ類

自然界、特に温水に生息するアメーバ類の中にはそれ自体が強い病原性を有する種類が知られており、稀な疾患であるがわが国にも存在する。余談であるが、筆者らが病原アメーバに着目したのは温泉をこよなく愛するわが国において入浴施設を介したアメーバ性脳炎の発症を危惧したことによる。

アメーバ性髄膜脳炎の病形はネグレリア (*Naegleria fowleri*) を病原体とした原発性アメーバ性髄膜脳炎 (primary amoebic meningoencephalitis:

PAM) と肉芽腫性アメーバ性脳炎 (granulomatous amoebic encephalitis: GAE) の2型に大別される。前者は、鼻腔の嗅神経末端から侵入し、嗅神経沿いに中枢神経へ到達し、感染から5～10日のうちに死に至らしめる。わが国では1996年に佐賀県在住の女性が本症に罹患・死亡している。後者の亜急性、慢性の肉芽腫性アメーバ性脳炎は免疫不全者における日和見感染とされ、1週間から数カ月を経て死に至る。これまで、肉芽腫性アメーバ性脳炎はもっぱらアカンソアメーバに起因するものとされてきたが、1980年代になってパラムーティア (*Balamuthia mandrillaris*) という新たな病原アメーバが知られるに至っている。パラムーティアは免疫不全者における日和見感染に限らないことが明らかになっている。筆者らはわが国で報告された6例のアメーバ性脳炎の病原体について再検証を行い、*N. fowleri* および *Acanthamoeba* spp. に起因する脳炎が各1例、*B. mandrillaris* の感染による脳炎が4例であることを確認した。後者のパラムーティアの生息場所、感染経路等は未だに不明である。病理標本の観察からは明らかに血行性に病巣の広がりがみられている。

筆者らは全国14地域の地方衛生研究所の協力を得て各地域の温水利用施設を対象にアメーバの分離・同定ならびに汚染実態の把握に努めた。その結果、浴用水およびその排水などからは高率にアメーバが分離され、中でもネグレリア属が優占種の一角を占めていた。さらに、日本各地で *N.*

PAM (primary amoebic meningoencephalitis; 原発性アメーバ性髄膜脳炎)

GAE (granulomatous amoebic encephalitis; 肉芽腫性アメーバ性脳炎)

*australiensis* および *N. philippinensis* の棲息が確認され、マウスに対する致死的な障害性を持つことが再確認された。幸い、これらのアメーバ種は体表の傷口や粘膜からの侵入、あるいは経鼻感染の証拠はなく、感染力は *N. fowleri* に比べてはるかに劣ることが示されている。しかしながら、入浴者への不測の感染事故を回避する上で汚染防止は必須と考える。

このほか、アカンソアメーバはコンタクトレンズ装用者に角膜炎 (*Acanthamoeba keratitis*) を起こすことが知られており、これまでもレンズの衛生管理の重要性が指摘されてきた。本症は1988年にわが国で初めて確認され、1993年までの6年間におよそ40例が報告された。その後も引き続き患者の発生がみられている。本症は早期診断が極めて重要で、早期の治療が予後に大きく影響することが知られている。アカンソアメーバは浴槽水からも多く分離されることから、コンタクトレンズを装用したままの入浴は厳に慎むべきである。

#### IV 利便性の追求とリスク

直面しているレジオネラ問題は人が作り出した温水環境を介して起きている。いわば、便利さや快適さを求める過程で発生した人災といえる。理論的にはこの種の問題の解決は極めて容易である。設備を使用しなければ本件は解決する。しかしながら、使用を前提とした現実対応は極めて難しく、その衛生管理に要する労力は計り知れない。

以下のような試算もある。公衆浴場法では浴槽水の有機物汚染に係る水質基準として過マンガン酸カリ消費量が25mg/L以下であることと規定されている。また、浴槽原水の基準値は過マンガン酸カリ消費量10mg/L以下とされている。不勉強にしてこの基準値が何を根拠として定められたのか知らないが、原水の水質を考慮すると15～25mg/Lの範囲の持ち込みが上限となる。我々の調査によると入浴者一人が持ち込む有機物量は過マンガン酸カリ消費量に換算しておよそ0.5gであった。仮に入浴者の持ち込む汚れ(有機物)を通して入浴者数を規制するとすれば、たかだか10

トン程度の浴槽水に延べ300～500人が入浴できる計算となる。200L程度の家庭用の浴槽に当てはめると延べ6～10人の入浴者に相当する。この基準の是非についても合わせて議論していくべきものと考えている。

循環式浴槽に関しては、原点に立ち返って浴槽水の繰り返し使用そのものの是非を論ずべき時期に来ていると考える。いずれにせよ、利便性を得るのに生活環境の悪化を交換条件とするのであれば、人知もあまり大したものではない。

#### 文献

- 1) Rowbotham TJ: Preliminary report on the pathogenicity of *Legionella pneumophila* for freshwater and soil amoebae. *J Clin Pathol* 33: 1179-1183, 1980
- 2) Fields BS: *Legionella* and protozoa: interaction of a pathogen and its natural host. "Legionella: current status and emerging perspectives". Barbaree JM, Breiman RF, Dufour AP, ed. Washington DC, American Society for Microbiology, 1993, p129-136
- 3) 厚生労働科学研究費補助金(がん予防等健康科学総合研究事業)総合研究報告書平成13-15年度温泉・公衆浴場, その他の温水環境におけるアメーバ性髄膜脳炎の病原体 *Naegleria fowleri* の疫学と病原性発現に関する研究(主任研究者 遠藤卓郎)(H13-生活-042)
- 4) Butler JC, Breiman RF: Legionellosis. "Bacterial infections of humans". Evans AS, Brachman PS, ed. New York, Kluwer Academic/Plenum, 1998, p355-375
- 5) Steele TW: Interaction between soil amoeba and soil legionellae. "Legionella: current status and emerging perspectives". Barbaree JM, Breiman RF, Dufour AP, ed. Washington DC, American Society for Microbiology, 1993, p140-142
- 6) Steel TW, McLennan AM: Infection of *Tetrahymena pyriformis* by *Legionella longbeachae* and other *Legionella* species found in potting mixes. *Appl Environ Microbiol* 62: 1081-1083, 1996

# 各種浴場施設内における消毒副生成物の曝露評価

高橋淳子<sup>1,2</sup> 久保田佳子<sup>1</sup> 小島幸一<sup>1</sup> 栗原綱義<sup>2</sup> 渡辺 実<sup>2</sup> 青木信道<sup>2</sup>  
 大沢高温<sup>2</sup> 菅原英治<sup>2</sup> 田幡憲一<sup>2</sup> 佐久間豊夫<sup>2</sup> 松本秀章<sup>2</sup> 矢根五三美<sup>2</sup>  
 佐藤 望<sup>2</sup> 田中(相原)真紀<sup>1</sup> 香川(田中)聡子<sup>1</sup> 神野透人<sup>1</sup> 高鳥浩介<sup>1</sup>

1 財食品薬品安全センター 2 小田原地区ビル管理協議会  
 3 神奈川県小田原保健福祉事務所 4 国立医薬品食品衛生研究所

## 1. はじめに

化学物質などによる室内外空気汚染物質発生量の増加により、シックハウス症候群や化学物質過敏症の問題が生じている。そのような中、建築物環境衛生管理基準の大幅な改正後、空気環境の調整に関する基準は、7項目の管理基準が設定され、化学物質の室内濃度の指針値も表1のように策定された<sup>1)</sup>。

表1 室内空気中の化学物質濃度の指針値(厚生労働省)

化合物名	指針値	
	μg/m <sup>3</sup>	ppm
ホルムアルデヒド	100	0.08
トルエン	260	0.07
キシレン	870	0.2
パラジクロロベンゼン	240	0.04
エチルベンゼン	3800	0.88
スチレン	220	0.05
クロルピリホス	1.0ppb	0.07ppb-0.8ppb
フタル酸ジブチル	220	0.02
テトラデカン	33	0.04
フタル酸ジエチルヘキシル	120	0.0076
ダイアジノン	0.29	0.02ppb
アセトアルデヒド	48	0.03
フェノール	33	0.0038
総揮発性有機化合物	400 <sup>2)</sup>	

両単位の換算は25℃の場合による。  
 注1: 暫定目標値

一方、水道水中の揮発性有機化合物の曝露経路として、経口曝露の他にも特に入浴時における経気道的および経皮的な曝露が大きく寄与すると考えられている。欧米では、シャワー入浴時に水道水から揮散する消毒副生成物(トリハロメタン類; THMs)の経気道曝露に関心が持たれているが<sup>2-4)</sup>、日本国内においては入浴時における消毒副生成物の実態調査等は行われていないのが現状である。また近年では、公衆浴場

関連の条例は表2に示すとおりであるが、プール水のような総トリハロメタンの水質基準は決められていない。そこで、浴槽入浴を中心とする日本の生活様式に即した化学物質の曝露量の濃度を実測し、これらの消毒副生成物の曝露評価を行い知見が得られたので報告する。

浴槽入浴は、特定建築物施設内の温泉水(掛け流し浴槽施設)と公衆浴場施設である銭湯(循環式浴槽施設)の場合における浴槽水と浴室内空気について測定し、消毒副生成物の曝露評価を行った。さらに、一般家庭内の浴室との比較も行った。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査期間

平成17年10月および平成18年10月(天候: いずれも晴)

### 2.2 調査対象

- ① 旅館・ホテル(特定建築物施設)の室内温泉大浴場: A~Eの掛け流し浴槽施設5ヶ所
- ② 井戸水を原水とした銭湯: 1~6の循環式浴槽施設6箇所
- ③ 一般家庭浴室(東京都6ヶ所, 神奈川県4ヶ所, 埼玉県1ヶ所, 千葉県1ヶ所)

### 2.3 調査項目

- ① 室内外状況: 気温, 水温および相対湿度
- ② 消毒副生成物: 浴槽水は水道法による11項目(表3および表4参照), 室内外の空気はトリハロメタン類5項目
- ③ 化学的項目: 浴槽水および空気の揮発性有機化合





表3 水道法における水質基準項目及び基準値（施行日：平成16年4月1日）

番号	項目	基準値 (mg/L)	水質検査方法	番号	項目	基準値 (mg/L)	水質検査方法
基01	一般細菌（個/L）	100	標本希釈培養法	基26	総トリハロメタン	0.1	PT-GC/MS/HS-GC/MS
基02	大腸菌数	不検出	特定菌素培養法	基27	トリクロロ酢酸	0.2	SE-GC/MS
基03	カドミウム及びその化合物	0.01	FAAS/ICP/ICPMS	基28	プロモジクロロメタン	0.03	PT-GC/MS/HS-GC/MS
基04	水銀及びその化合物	0.005	CV-AAS	基29	プロモホルム	0.09	PT-GC/MS/HS-GC/MS
基05	セレン及びその化合物	0.01	Hy-AAS/FAAS/Hy-ICP/ICPMS	基30	ホルムアルデヒド☆	0.08	MOD-SE/GC/MS
基06	鉛及びその化合物	0.01	FAAS/ICP/ICPMS	基31	亜鉛及びその化合物	1	FAAS/ICP/ICPMS
基07	ヒ素及びその化合物	0.01	Hy-AAS/FAAS/Hy-ICP/ICPMS	基32	アルミニウム及びその化合物	0.2	FAAS/ICP/ICPMS
基08	六価クロム化合物	0.05	FAAS/ICP/ICPMS	基33	鉄及びその化合物	0.3	FAAS/ICP
基09	シアンイオン及び塩化シアン	0.01	IC-PC	基34	銅及びその化合物	1	FAAS/ICP/ICPMS
基10	硝酸窒素素及び亜硝酸窒素	10	IC	基35	ナトリウム及びその化合物	200	FAAS/ICP/IC
基11	フッ素及びその化合物	0.5	IC	基36	マンガン及びその化合物	0.05	FAAS/ICP/ICPMS
基12	ホウ素及びその化合物	1	ICP/ICPMS	基37	塩化物イオン	200	IC/Ti
基13	四塩化砒素	0.002	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基38	カルシウム、マグネシウム（硬度）	300	Ta-ICP/IC
基14	1,4-ジオキサン	0.05	SA-GC/MS	基39	懸濁物質	500	Weight
基15	1,1-ジクロロエチレン	0.02	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基40	陽イオン界面活性剤	0.2	HPLC/ELISA
基16	1,2-ジクロロエチレン	0.04	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基41	ジエチルアミン	0.00001	SA-GC/MS/PT-GC/MS/HS-GC/MS
基17	ジクロロメタン	0.02	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基42	ジメチルイソボルネオール	0.00001	SA-GC/MS/PT-GC/MS/HS-GC/MS
基18	トリクロロエチレン	0.01	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基43	阴イオン界面活性剤	0.02	SE-AS/ELISA
基19	トリクロロエチレン	0.03	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基44	フェノール類	0.005	SE-GC/MS/HPLC
基20	ベンゼン	0.01	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基45	有機物（全有機炭素（TOC）の量）☆	5	TOC
基21	クロロ酢酸	0.02	SE/GC/MS	基46	pH値	5.8-8.6	EL
基22	クロロホルム	0.06	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基47	味	異常でない	官能法
基23	ジクロロ酢酸	0.04	SE/GC/MS	基48	臭気	異常でない	官能法
基24	ジプロモクロロメタン	0.1	PT-GC/MS/HS-GC/MS	基49	色度	5度	CoH法
基25	臭素酸	0.01	IC/PC	基50	濁度	2度	比濁法ほか

注1) この省令の施行の際現に布設されている水道により供給される水に係わる41の項および42の項に掲げる基準については、平成19年3月31日までの間はこれらの項目中「0.00001 mg/L」とあるのは「0.00002 mg/L」とする。  
 注2) 平成17年3月31日までの間は、表45の項中「有機物（全有機炭素（TOC）の量）」とあるのは「有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）」と、「5mg/L」とあるのは「10mg/L」とする。

表4 水道法における消毒副生成物の水質基準項目及び基準値（施行日：平成16年4月1日）

番号	項目	基準値 (mg/L)	水質検査方法	番号	項目	基準値 (mg/L)	水質検査方法
基22	クロロホルム	0.06	バージトラップGC/MS法 ヘッドスペースGC/MS法	基09	シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に 関して、0.01	IC・ポストカラム 吸光光度法
基24	ジプロモクロロメタン	0.1	バージトラップGC/MS法 ヘッドスペースGC/MS法	基25	臭素酸	0.01	IC・ポストカラム 吸光光度法
基28	プロモジクロロメタン	0.03	バージトラップGC/MS法 ヘッドスペースGC/MS法	基21	クロロ酢酸	0.02	溶媒抽出・GC/MS法
基29	プロモホルム	0.09	バージトラップGC/MS法 ヘッドスペースGC/MS法	基23	ジクロロ酢酸	0.04	溶媒抽出・GC/MS法
基26	総トリハロメタン	0.1	※1	基27	トリクロロ酢酸	0.2	溶媒抽出・GC/MS法
				基30	0ホルムアルデヒド	0.08	溶媒抽出・誘導体化 GC/MS法

※1 クロロホルム、ジプロモクロロメタン、プロモジクロロメタン及びプロモホルムごとに掲げる方法

物（VOCs）20項目、浴槽水の pH、残留塩素、濁度、過マンガン酸カリウム消費量（KMnO4）および1,4 ジオキサン

④微生物学的項目：浴槽水中のレジオネラ属菌、一般細菌、大腸菌、大腸菌群および真菌

2.4 実験方法

①サンプリング方法：浴槽水は水道法に準拠して採水、室内外の空気は、小型ポンプ（SIBATA MP-Σ 30）を用い、室内外の空気を75ml/minの流速で10分間吸引し、直列に接続した2本の

Tenax TA 吸着管 (Supelco) で捕集

② VOCs 測定 (トリハロメタン類を含む) : ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC-MS) を用いて表 5 の条件下で測定

③ VOCs 測定の化学的項目の測定 : 水道法に準拠

④ 微生物学的項目の測定 : 水道法および浴槽水水質試験に準拠

### 3. 調査結果

調査対象浴場施設 (掛け流し浴槽施設および循環式浴槽施設) 内での浴槽水中の化学的および微生物学的項目の測定結果は、表 6 に示した。その結果、井戸水を循環させている 1~6 の循環式浴槽施設の浴槽水すべてからトリハロメタン類、ホルムアルデヒド、臭素酸、クロロ酢酸類の消毒副生成物が検出された。特に、循環式浴槽施設である施設 3 は、プール水の水質基準 (総トリハロメタン 200mg/L) を 12 倍超過する

表 5 GC-MS の装置・測定条件

#### 空気の測定

[島津 TDTS-2010] (加熱脱着装置)

捕集管加熱・バージ : 60 ml He/min, 10 min, 280°C

コールドトラップ : -15°C (Tenax TA)

加熱脱着 : 280°C, 10 min, ライン保温温度 : 250°C

[島津 GCMS-QP2010]

カラム : Rtx-1 (60 m × 0.32 mm I.d., 1 μm)

キャリアガス流量 : He (39.1 cm<sup>3</sup>/min), 検出モード : SIM

カラム温度 : 40°C - 5°C/min - 140°C - 20°C/min - 250°C (4.5 min)

インターフェイス温度 : 250°C, イオン源温度 : 200°C

#### 浴槽水の測定

[PerkinElmer HS-40] (ヘッドスペース装置)

加圧時間 : 3 min, 注入時間 : 0.12 min, オープン温度 : 70°C

ニードル温度 : 150°C, トランスファー温度 : 180°C

[島津 GCMS-QP2010]

カラム : DB-624 (30 m × 0.27 mm I.d., 1.4 μm)

キャリアガス流量 : He (1 mL/min), 検出モード : SIM

カラム温度 : 50°C (3.5 min) - 25°C/min - 115°C - 40°C/min - 220°C (3.0 min)

インターフェイス温度 : 220°C, イオン源温度 : 200°C

表 6 浴槽水の測定結果

測定項目 測定場所	水温 (°C)	pH	残留塩素 (mg/L)	濁度 (度)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	微生物					消毒副生成物およびVOCs							
						レジオネラ属菌 (CFU/100mL)	一般細菌 (CFU/mL)	大腸菌 (CFU/mL)	大腸菌群 (CFU/mL)	真菌 (CFU/mL)	トリハロメタン (mg/L)	ホルムアルデヒド (mg/L)	臭素酸 (mg/L)	シアヌンおよび塩化シアヌン (mg/L)	クロロ酢酸類 <sup>1)</sup> (mg/L)	20種類のVOCs <sup>2)</sup> (mg/L)	1,4-ジオキサン (ng/L)	
A	42.5	7.1	1.5	0.35	0.2	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.002	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B	43.0	7.1	0.05	0.20	0.2	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C	41.0	3.5	0	2.35	2.9	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D	40.0	3.5	0	1.62	1.7	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E	41.5	8.6	0.4	0.95	0.8	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.035	0.014	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	42.5	8.4	0.1	0.04	2.9	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	1/1mL	0.021	0.029	0.004	ND	0.074	0.022	0.0001	0.0001
2	42.1	8.4	0.2	1.57	1.4	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.029	0.009	0.002	ND	0.013	0.031	0.0001	0.0001
3	43.2	8.4	2.0	0.02	12.5	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.243	0.232	0.036	0.002	0.675	0.245	0.0002	0.0002
4	42.8	7.8	0.2	0.07	11.0	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.056	0.087	0.082	0.002	0.173	0.059	0.0002	0.0002
5	44.8	8.4	2.0	0.04	3.4	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.037	0.059	0.006	ND	0.093	0.040	0.0005	0.0005
6	43.2	8.4	0.4	0.03	5.1	<10/100mL	0/1mL	不検出	不検出	<1/1mL	0.024	0.048	0.036	ND	0.101	0.029	0.0023	0.0023

1) クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸

2) 1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、ブチルメチルエーテル、trans-cis1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素、ベンゼン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロプロパン、trans-cis1,3-ジクロロプロペン、トルエン、1,1,2-トリクロロエタン、テトラクロロエチレン、o, m, p-キシレン、p-ジクロロベンゼン

3) ND : 定量下限値未満

総トリハロメタンが検出された。さらに、水道法の水質基準の 2.9 倍のホルムアルデヒド、3.6 倍の臭素酸、2.6 倍のクロロ酢酸類が検出された。また、表 7 に示すように、低濃度であるが井戸水を原水とした銭湯 (1~6 の循環式浴槽施設) の井戸水からいずれも 1.4-ジオキサンが検出された。

微生物学的項目は、施設 2 から *Cladosporium* の真

菌が検出されたのみであり、特に公衆浴場の条例で検査項目となっているレジオネラ属菌および大腸菌群についてはすべての施設において不検出であった。

次に、調査対象浴場施設内での浴室内空気の化学的項目の測定結果は、図 1 に示すように、循環式浴槽施設の浴室内空気は、掛け流し浴槽施設に比較すると平均で約 27 倍のトリハロメタン類が検出された。特

表7 井戸水および浴槽水の測定結果

測定場所	測定項目	水温 (℃)	pH	残留 塩素 (mg/L)	濁度 (度)	KMnO <sub>4</sub> (mg/L)	微生物				消毒副生成物およびVOCs							
							レジオネ ラ属菌 (CFU/100ml)	一般 細菌 (CFU/ml)	大腸 菌 (CFU/ml)	大腸 菌群 (CFU/ml)	総トリハロメタン (μg/L)	トリハロメタン A (μg/L)	トリハロメタン B (μg/L)	トリハロメタン C (μg/L)	トリハロメタン D (μg/L)	トリハロメタン E (μg/L)	ジブロモクロロメタン (μg/L)	ジブロモクロロエタン (μg/L)
1	井戸水	19.0	7.4	0.0	0.03	≦0.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND	0.003	0.0001
	浴槽水	12.5	8.4	0.1	0.01	2.9	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.021	0.029	0.004	ND	0.074	0.022	0.0001
2	井戸水	26.2	7.6	0.0	0.69	≦0.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	0.0001
	浴槽水	42.1	8.4	2.0	1.57	1.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.029	0.009	0.002	ND	0.013	0.031	0.0001
3	井戸水	25.0	8.0	0.0	1.00	≦0.5	<10/100ml	20/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	0.0002
	浴槽水	43.2	8.4	2.0	0.02	12.5	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.243	0.232	0.036	0.002	0.675	0.245	0.0002
4	井戸水	26.0	7.4	0.0	0.15	≦0.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.001	ND	ND	ND	ND	0.009	0.0001
	浴槽水	42.8	7.8	0.2	0.07	11.0	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.066	0.057	0.052	0.002	0.173	0.059	0.0002
5	井戸水	27.0	7.4	0.0	0.02	≦0.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.007	ND	ND	ND	ND	0.018	0.0007
	浴槽水	44.8	8.4	2.0	0.04	3.4	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.037	0.059	0.006	ND	0.093	0.040	0.0005
6	井戸水	26.0	7.2	0.0	1.42	≦0.8	<10/100ml	10/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.007	ND	ND	ND	ND	0.002	0.0035
	浴槽水	43.2	8.4	0.4	0.03	5.1	<10/100ml	0/1ml	不検出	不検出	<1/1ml	0.024	0.048	0.036	ND	0.101	0.029	0.0023

<sup>1)</sup> クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸

<sup>2)</sup> 1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、ブチルメチルエーテル、trans-cis1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素、ベンゼン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、1,2-ジクロロプロパン、trans-cis1,3-ジクロロプロペン、トルエン、1,1,2-トリクロロエタン、テトラクロロエチレン、o, m, p-キシレン、p-ジクロロベンゼン

<sup>3)</sup> ND：定量下限値未満

※TOC測定結果

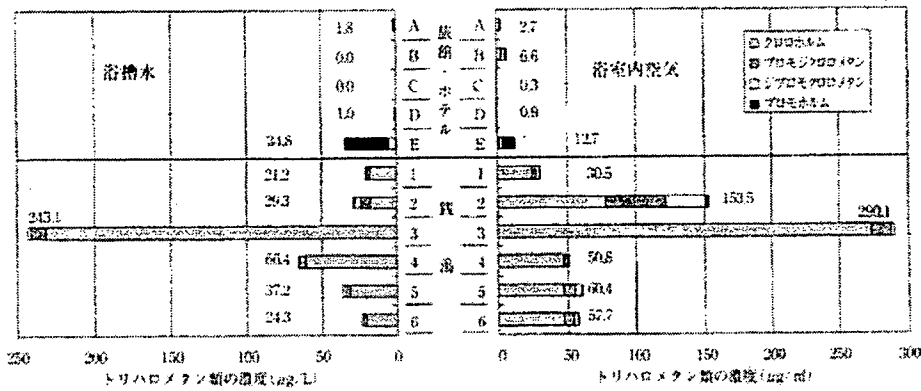


図1 浴室内(浴槽水および空気)におけるトリハロメタン類の濃度

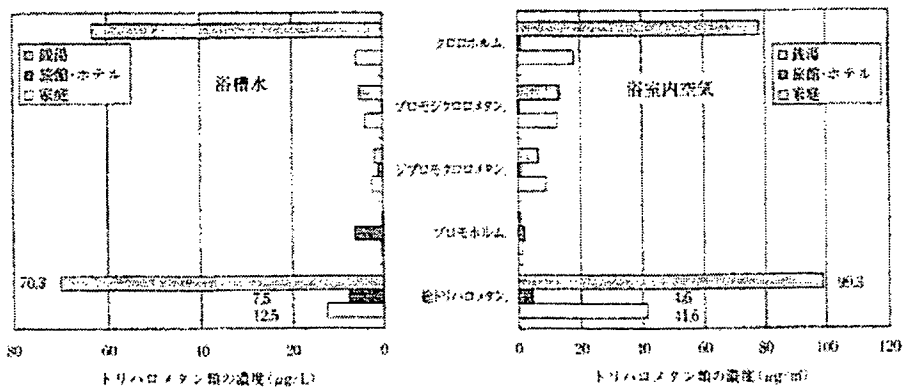


図2 各種浴室(浴槽水および空気)におけるトリハロメタン類の濃度