

公衆浴場のレジオネラ対策を 目的とした衛生管理

いずみやま しんじ
泉山 信司

国立感染症研究所 寄生動物部

はじめに

本特集号記事で先に書かれているとおり、レジオネラ症の届出数は年々増加の一途を辿り、近年は2,000件を超過で推移している。新型コロナウイルス感染症の流行時も、インフルエンザ等の他の感染症とは異なり、レジオネラ症の届出数は大して減少せずに高止まりのままであった（図1）。

マスクをしない瞬間の、例えば入浴といった、身の回りの生活環境でのレジオネラ感染が疑われる。

レジオネラ症は、海外では冷却塔での集団感染がよく報告されるが、国内では入浴施設に関連した集団感染が多く報告されるのが独特であろう（表1）。かつて宮崎の入浴施設で発生したレジオネラ集団感染は、この分野ではよく知られており、100名単位の有症者、10名近い死亡者数

があり、規模が大きかった¹⁾。お湯を溜めたお風呂に入浴する習慣が海外とは異なること、（特に循環式の）浴槽水がレジオネラ属菌で汚染されやすいことが背景にあると考えられる。近年の分子疫学による感染源の推定からは、感染源不明なままも5割弱と多いが、患者分離株の4割弱（感染源の推定があるものを分母にすると7割）はお風呂に関係すると考えられている²⁾。入



図1 レジオネラ症と侵襲性肺炎球菌感染症の届出数の推移
新型コロナウイルス感染症の流行が問題となった2020R2年から2022R4年の間、インフルエンザや侵襲性肺炎球菌感染症などの届出数は大きく下がったが、レジオネラ症はほとんど下がらなかった。

表1 国内初期と直近のレジオネラ属菌集団感染の例

年月	都道府県	施設	感染源	患者数	死亡者数
1980.8～9	福岡	病院		7	1
1994.8	東京	研修所	冷却塔	45*	0
1996.1～2	東京	病院	給湯器、加湿器	13	1
2000.3	静岡	入浴施設	循環風呂	23	2
2000.6	茨城	入浴施設	循環風呂	45	3
2002.4～7	福島	乳児院		21	0
2002.7	宮崎	入浴施設	循環風呂	295	7
2002.8	鹿児島	入浴施設	循環風呂	9	1
2015.5	岩手	入浴施設	循環風呂	13	1
2017.3	広島	入浴施設	循環風呂	58	1
2022.3	兵庫	宿泊施設	循環風呂	2	1
2023.6～7	宮城	病院	冷却塔	21	2

*ポンティアック熱

国内でレジオネラ属菌の集団感染が問題になった初期の頃と、比較的最近から10人以上あるいは死亡者があるものなどを任意に列挙した。

浴施設の衛生管理が、強く配慮されている次第である。近年は訪日旅行者も多く、入浴施設の利用からの、レジオネラ症の海外輸出は避けたい。本特集号の最後は、公衆浴場等の、入浴施設のレジオネラ対策を目的とした衛生管理について紹介する。

循環式浴槽導入の経緯を推測する

かつての入浴施設は、1日の営業が終了後、湯を落として、デッキブラシで洗浄していたであろう。ところがいつからか、湯を捨てずに連日使用する、湯を循環してろ過や加温をする、24時間風呂（あるいは循環風呂）が導入されるようになった。理由としては、浴槽を大きくするに伴って、湯水の節約、あるいは温泉資源に限りがあって交換したくても湯量が足りない、浴槽洗浄の労力が足りない、湯温を浴槽内で均一に保つ、毛髪や垢の汚れを除く、24時間365日（に近い！？ いつ洗浄する？）いつでも入浴できる高い利便性サービス向上といったことがあるのだろう。熱量の節約

（重油やガス等の燃料、あるいは電気代）を循環式の売りにしていた時期もあったかもしれないが、実際は熱が逃げてしまって期待どおりの節約にはならない印象がある。筆者としては、循環式であっても、毎日、湯を落として洗浄したら良いと考えている。

循環式浴槽ではレジオネラが生えやすい

循環式浴槽はレジオネラの問題が生じやすく、冷却塔ほどではないにしても、宮崎の集団感染ではレジオネラが $10^4/100\text{mL}$ （*Legionella pneumophila* SG1の場合。 *L. londinensis*は $10^6/100\text{mL}$ ）と高濃度に達している¹⁾。なお、低濃度であっても、溺水事故で肺に浴槽水を吸い込めば感染することがあり、濃度にかかわらず注意が払われる³⁾。低濃度な状態でも、放置したり消毒剤が切れたりすれば、すぐに高濃度になる可能性がある。実験モデル循環式浴槽で湯の循環ろ過を続けると、消毒消失後の一晩

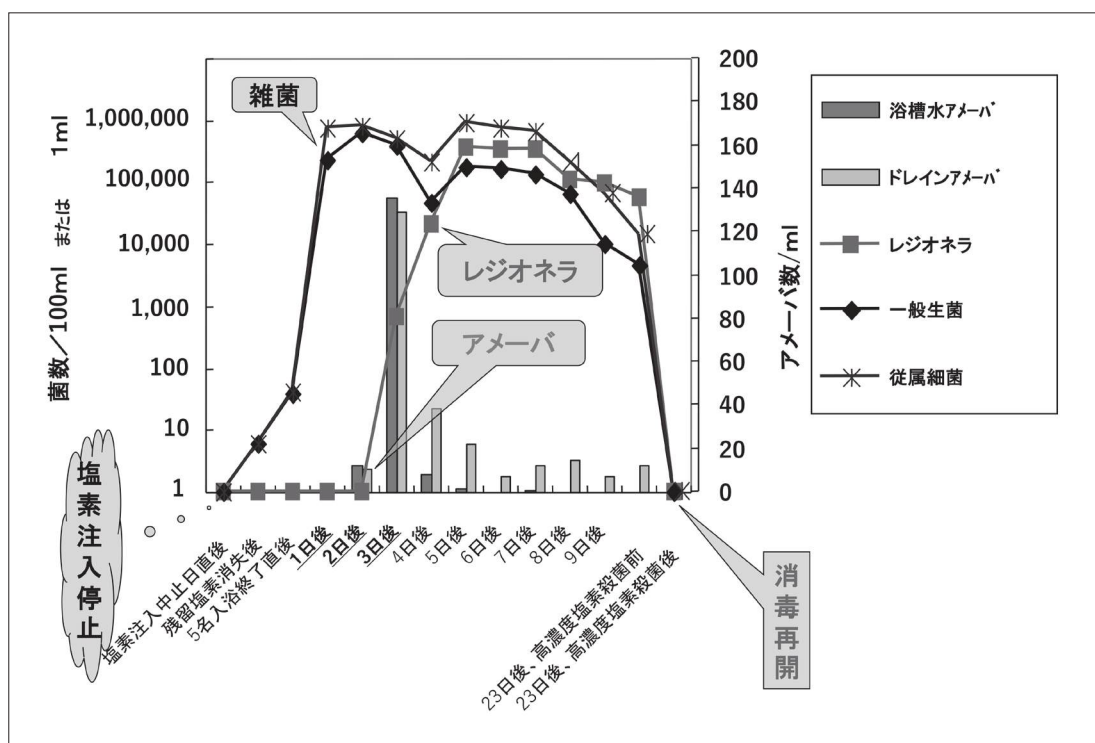


図2 モデル循環浴槽におけるレジオネラ増殖

静岡県環境衛生科学研究所、杉山寛治らより。遊離塩素消毒が消失後のわずか1日で雑菌が 10^5 /mLに増加し、2日後に雑菌を捕食する自由生活性アメーバが増加し、3日後にアメーバに感染し増殖するレジオネラ属菌が検出された。これらは遊離塩素により速やかに消毒され不検出となった。

で雑菌が繁殖し、二晩で自由生活性アメーバ等の原生生物が繁殖し、三日三晩でレジオネラが検出されるようになり、さらにレジオネラの増殖が続いて高濃度になることが実験的に示されている（図2）。

循環式ろ過はろ材に砂が使われることが多く、砂は年余に渡って使い続けて汚れて塊になっていることがある。ろ過器のなかを見ることがなく、管理が行き届かず、レジオネラの巣になってしまう。かつて銭湯では珪藻土ろ過が使われており、ろ材に集まった汚れは珪藻土とともに毎日廃棄されていた。今は珪藻土ろ過を全自動で行う便利ろ過装置も販売されているが、費用で砂ろ過が選ばれてしまうようである。砂ろ過の場合、逆洗により汚れを除くが、逆洗が不完全で、頻度も不足するようである。水道浄水場の砂ろ過の場合、空気洗浄で

材に捕集された汚れをしっかりと除こうとするのに対して、浴場の逆洗は空気洗浄がなく、短時間の逆流しかなく、汚れが残ってしまう。筆者としては循環ろ過をやめるのが容易な対策ではないかと思うのだが、作ってしまった設備を使い続けるしかない事情もあるだろうから、当面の対策としては逆洗や化学洗浄（過酸化水素や過炭酸を使う）を徹底して頻繁に行う、ろ材を交換する、ろ材を減らす、ろ過器を使わない（ヘアキャッチャーだけ使う）といったことが考えられる。特に砂ではなく多孔質なろ材を使っている場合、孔の内部がバイオフィルムの巣となって消毒が届かず、危険性がより高くなる。循環を止めると消毒がろ過器内に行き届かずレジオネラ等の増殖を招くので、夜間でも循環は続けるほうが良い（消毒も継続、循環速度は支障ない範囲で

下げる、加温は止める)。

掛け流し式浴槽の場合

では循環風呂でなければ大丈夫かという
と、掛け流し式（循環をせず、浴槽水は使
い捨てて、毎日の完全換水と洗浄を行う）
でも汚染は生じる⁴⁾。湯温が低い貯湯槽、
配管、浴槽等において、循環式ほどの高濃
度ではなくても、レジオネラ属菌が検出さ
れる。貯湯槽は対策として60℃以上が好ま
しいが、下回る場合は消毒が必要になる。

みなし掛け流しと呼称される、毎日の湯
の入替えや浴槽の洗浄をせず、1週間程も
お湯を入れ続けて湯を入れ替えたつもりと
いった、掛け流し式のみなし管理がなされ
ていることがある。お湯を入れ続けても、
浴槽の汚れは薄まるだけで完全に除かれる
ことがない。それだけの湯量があるなら、
完全に湯を落として（洗浄して）から湯を
入れ直すほうが、汚れは除かれる。ただし、
壁面（や配管）の汚れが残るので、洗浄せ
ずに湯を入れ替えると換水前に近い汚れの
ある状態に戻るだけなので、換水だけでな
く洗浄も大事である。

モノクロラミン消毒による対策

入浴施設でレジオネラ集団感染が繰り返
されたので、水泳プールに倣って、遊離塩
素消毒されるようになり、大規模な感染事
故は防がれるようになった。しかし高pH、
有機物、鉄やマンガンに薬湯といった遊離
塩素消毒が通用しない場面があったり、塩
素臭（プール臭）が嫌厭されたりして、消
毒の不徹底があった。この問題に対して、
遊離塩素消毒を代替する消毒方法として、
モノクロラミン消毒が着目された⁵⁾。モノ
クロラミン消毒は、水道水で結合塩素消毒
として使われている実績があり、臭気が少
なく、トリハロメタン等の消毒副生成物も

少ない。複数の施設で実証試験を行い、レ
ジオネラ属菌はよく抑えられていた⁶⁻⁸⁾。

モノクロラミン（ NH_2Cl ）は、高濃度を
持ち運べるものではなく、次亜塩素酸ナト
リウムとアンモニアの反応により現場で生
成して使用される（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaClO} \rightarrow 2\text{NH}_2\text{Cl} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ）。高pHの井
水や温泉から弱酸性の人工炭酸泉まで、
pH 5 から10までの適用が可能であった
（pHが5を下回ると、遊離塩素消毒も同じ
く、塩素ガスが発生する「混ぜるな危険」
に近づく）。薬湯で色が消失しない、鉄や
マンガンが析出しない、モノクロラミン濃
度が乱高下しないといった利点もある。た
だし、高pHの浴槽水にモノクロラミン消
毒の連用で従属栄養細菌数が増えることが
あった⁶⁻⁷⁾。菌叢解析の結果からは、病原細
菌の増殖はないようだが、菌数の増加はバ
イオフィルム生成の危険を意味することか
ら、注意が払われる。消毒は洗浄を怠るた
めの方法ではなく、洗浄他、通常の衛生管
理が大事なことに変わりはないことが強調
される。

水質がモノクロラミン消毒に適している
のか、事前に消毒試験を行って確認する。
pHが5を下回ったり、温泉で硫黄が含ま
れるといった水質では、遊離塩素とモノク
ロラミンのいずれの消毒も困難になる。

アンモニア態窒素が含まれる水質では、
遊離塩素消毒が容易ではなく、モノクロラ
ミン消毒が有利になる。例えばアンモニア
態窒素1 mg（/L）はおおよそ10倍の次亜塩
素酸ナトリウム10mg（/L）を消費してし
まい、遊離塩素消毒が困難になる。塩素臭
も多く発生する。水道水の遊離塩素消毒に
は、そのような過剰な塩素を加えた消毒が
行われて（ブレイクポイント処理と呼ばれ
る）、かなり丁寧に消毒が制御されている
のだが、一般には塩素消毒を簡単とする誤
解がある気がしてならない。アンモニア態
窒素を含まなかった水質であっても、入浴

者が連続的にアンモニア態窒素（垢）を持ち込むので、持ち込み量に応じて遊離塩素が消費されて遊離塩素の濃度維持が困難になるが、モノクロラミン消毒はそのような消費が少なく有利といえる。

浴槽水のモノクロラミン消毒の実際

循環式浴槽のモデル浴槽において筆者らがモノクロラミン消毒を検討した際は、次亜塩素酸ナトリウムと塩化アンモニウム溶液をメスシリンダーで量り取って、手つきビーカーで混合したら直ちに浴槽に添加することでモノクロラミンを生成した⁵⁾。アンモニアが不足すると、強い臭気のあるジクロラミンとトリクロラミンが生成するので注意を要する。比率を間違えないこと、高濃度に生成せず低濃度に生成して直ちに浴槽に添加すること、一度に目標濃度（モノクロラミン 3 mg/L）にせず少量ずつ複数回に分けて添加すること（例えば +1 mg/L の 3 回）、塩素とアンモニア濃度や pH を測定して消毒の状態を把握すること等が大事になる。モノクロラミン濃度の測定は、インドフェノール法によるモノクロラミン/遊離アンモニア測定の方法があるが、廃液処理を要するので、初期の確認後は DPD 法の全塩素濃度で代替するのが簡便である。

本誌の読者であれば化学の知識があって一連の操作を問題なくできるかもしれないが、実地の入浴施設では必ずしもそのような状況になく、自動化された装置が好まれている。そうすると初期費用を要して導入しづらいが、導入できた施設でモノクロラミン消毒は好評な様子である。塩素濃度が 10 倍に増えることと次亜塩素酸ナトリウムと塩化アンモニウムの 2 種類に増えることから、ランニング費用を心配されることがある。モノクロラミン濃度は安定で逐次の追加塩素を必要とせず、次亜塩素酸ナトリ

ウム添加の総量としては極端な増加にはなっていないようである（ただし溢れた水の分だけ追加が必要、特に湯量が豊富で絶えず湯が入れ替わる場合に、モノクロラミン添加量が多くなる）。塩化アンモニウムより硫酸アンモニウムを使用するほうが若干安価だったり、井水や温泉に含まれるアンモニアを利用してモノクロラミンを生成する例もあると聞く（ただし高分子のアンモニア態窒素と塩素が反応してできる有機クロラミンは消毒効果が低く、無機のモノクロラミンが生じることを前提とする）。複数の浴槽があっても、貯湯槽にモノクロラミンを添加することで、1 カ所 1 式の装置で足りた例がある⁸⁾。1 台の装置で複数の循環系統にモノクロラミンを添加できる分岐装置も販売されていた。このあたりは施設によって対応が異なり、経験あるモノクロラミン消毒装置の企業に相談するほうが早いだろう。

なお、モノクロラミン消毒をするしなにかかわらず、市販の高濃度な 12% 濃度の次亜塩素酸ナトリウムは、不安定で濃度が低下する（塩素酸が生成される）ことに注意を要する。温度の影響も受けるので、浴場の機械室のような高温な環境ではなおさらである。6%、あるいはより低い濃度で冷暗所での保管が安定で好ましいことが、水道水の消毒で知られている⁹⁾。

先の貯湯槽にモノクロラミンを添加した例では、17 浴槽に配湯されていた⁸⁾。遊離塩素消毒時にレジオネラ属菌が検出されたのが、モノクロラミン消毒後はレジオネラ不検出になり、その後も年余に渡って使用が続けられており、問題が生じたとは聞かない。pH が 9 から 10 と高い温泉を利用した循環式浴槽であっても、モノクロラミン消毒の効果が得られて、レジオネラ属菌は不検出に抑えられていた^{6,7)}。一部の施設で従属栄養細菌数の増加が見られたことから、洗浄に注意が払われた^{6,7)}。

おわりに

モノクロラミン消毒の成果は技術的な助言として厚生労働省の通知に追加されて¹⁰⁾、地方自治体の条例への反映が進んでいる。保健所にアンケート調査をした範囲で、浴槽水のモノクロラミン消毒はおおよそ許可されている模様であった。いずれにせよ、公衆浴場の洗浄と消毒を徹底して、生活環境の衛生が向上することを期待する。

謝辞

この研究は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 (JPMH22LA1008) 他の補助を受けて実施された。入浴施設、民間企業、地方衛生研究所や保健所他、多数の関係者の協力を得た。

参考文献

- 岡田 美香, 河野 喜美子, 倉 文明, 前川 純子, 渡辺 治雄, 八木田 健司, 遠藤 卓郎, 鈴木 泉, 循環式入浴施設における本邦最大のレジオネラ症集団感染事例, 感染症学雑誌, 2005, 79 巻, 6 号, p. 365-374
- Amemura-Maekawa J, Kura F, Chida K, Ohya H, Kanatani JI, Isobe J, Tanaka S, Nakajima H, Hiratsuka T, Yoshino S, Sakata M, Murai M, Ohnishi M; Working Group for Legionella in Japan. Legionella pneumophila and Other Legionella Species Isolated from Legionellosis Patients in Japan between 2008 and 2016. Appl Environ Microbiol. 2018 Aug 31; 84 (18) : e00721-18.
- Kuroki T, Ishihara T, Ito K, Kura F. Bathwater-associated cases of legionellosis in Japan, with a special focus on Legionella concentrations in water. Jpn J Infect Dis. 2009 May; 62 (3) : 201-5.
- 烏谷 竜哉, 黒木 俊郎, 大谷 勝実, 山口 誠一, 佐々木 美江, 齊藤 志保子, 藤田 雅弘, 杉山 寛治, 中嶋 洋, 村上 光一, 田栗 利紹, 藏元 強, 倉文明, 八木田 健司, 泉山 信司, 前川 純子, 山崎利雄, 縣 邦雄, 井上 博雄, 掛け流し式温泉におけるレジオネラ属菌汚染とリスク因子, 感染症学雑誌, 2009, 83 巻, 1 号, p. 36-44
- 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 縣邦雄, 遠藤卓郎, モノクロラミン消毒による浴槽レジオネラ属菌の衛生対策, 保健医療科学, 2010, Vol.59, No.2, p.109-115
- 森 康則, 永井佑樹, 赤地重宏, 杉山寛治, 田中慶郎, 茶山忠久, 西 智広, 濱口真帆, 吉村英基, 泉山信司, 次亜塩素酸ナトリウム消毒を阻害する高アルカリ温泉水に対するモノクロラミン消毒の実地検証ー三重県津市の榎原温泉における検討ー, 温泉科学, 69, 90-102 (2019)
- 柳本恵太, 堀内雅人, 山上隆也, 植松香星, 久田美子, 杉山寛治, 田中慶郎, 茶山忠久, 市村祐二, 泉山信司, 山梨県のアルカリ性 (pH10程度) 温泉におけるモノクロラミン消毒の有効性の検討, 日本防菌防黴学会誌, 49 (6) , 261-267, 2021
- 杉山寛治, 長岡宏美, 佐原啓二, 神田 隆, 久保田 明, 縣 邦雄, 小坂浩司, 前川純子, 遠藤卓郎, 倉 文明, 八木田健司, 泉山信司, モノクロラミン消毒による掛け流し式温泉のレジオネラ対策, 日本防菌防黴学会誌, 295-300, Vol.45, No.6 (2017)
- 日本水道協会, 水道用次亜塩素酸ナトリウムの取扱い等の手引き (Q & A), http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/pdf/200803_suidouyou_guideline.pdf (2024.7.24時点)
- 厚生省生活衛生局長通知, 公衆浴場における衛生等管理要領等について (令和元年 9 月 19 日生食発0919第 8 号一部改正)