

平成 29 年度厚生労働科学研究（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究
研究代表者 前川 純子（国立感染症研究所 細菌第一部）

分担研究報告書

pH10 の温泉におけるモノクロラミン消毒

研究分担者	泉山 信司	（国立感染症研究所 寄生動物部）
研究分担者	長岡 宏美	（静岡県環境衛生科学研究所 微生物部）
研究協力者	柳本 恵太	（山梨県衛生環境研究所 微生物部）
研究協力者	堀内 雅人	（山梨県衛生環境研究所 環境科学部）
研究協力者	山上 隆也	（山梨県衛生環境研究所 微生物部）
研究協力者	植松 香星	（山梨県衛生環境研究所 微生物部）
研究協力者	久田 美子	（山梨県衛生環境研究所 微生物部）
研究協力者	森 康則	（三重県保健環境研究所 衛生研究課）
研究協力者	杉山 寛治	（株式会社マルマ 研究開発部）
研究協力者	田中 慶郎	（株式会社マルマ PC 営業部）
研究協力者	市村 祐二	（ケイ・アイ化成株式会社 機能性薬品部）

研究要旨

pH が高い温泉では遊離塩素消毒に困難をきたしており、代替方法として、結合塩素（モノクロラミン）による消毒に期待が寄せられている。これまで、pH8 ないし 9 の浴場施設では消毒効果が確認されているが、さらに高 pH における効果は未確認である。本研究では、pH10 程度の温泉施設において、モノクロラミン消毒の実証試験を行った。試験期間は 6 週間とした。試験前に 1 回、期間中は 1 週間に 1 回、営業終了後に浴槽水の採水および配管のふきとりを行い、レジオネラ属菌は検出されなかった。レジオネラ属菌増殖の温床となるアメーバ、衛生指標菌である大腸菌群も不検出であった。一般細菌数と従属栄養細菌数は、モノクロラミン導入前後を比較すると、いずれも減少した。モノクロラミン消毒は、pH10 程度の高 pH であっても効果があり、良好な衛生状態を維持することができた。

A. 研究目的

レジオネラ症の報告数は年々増加しており、2017 年の速報値では 1,700 件を超えている。レジオネラ症の主な感染源は公衆浴場等の浴槽水とされ、次亜塩素酸ナトリウム（塩素）による浴槽水の消毒が指導されているが、鉄やマンガン、アンモニウムイオンが存在している場合や、高 pH の場合は消毒効果が減弱することから、その対策が急務となっている。実際、レジオネラ症の疫学調査によると、患者が利用した浴場は pH9 以上が多く、レジオネラ属菌の定量値が高いこと

が確認されている¹⁾。このため、レジオネラ症発生防止に、高 pH の浴槽水にも有効な消毒が必要である。

本研究で着目した結合塩素の一種であるモノクロラミンは、国内外の一部の水道で利用されており、鉄、マンガン、アンモニウムイオンの存在下や、pH9 程度のアルカリ性条件下においても消毒効果が高いこと、消毒副生成物やいわゆる塩素臭が少ないこと、浴槽水中の安定性が高く消費量が少ないことから、従来の遊離塩素消毒に代わる方法として期待されている²⁻³⁾。特に、

pH10 を超える浴用水での消毒効果の違いは顕著であり、モノクロラミンが有用な消毒剤であると、試験管内での消毒実験により示唆された⁴⁾。そこで本研究では、pH10 程度の浴槽水を有する営業施設において、モノクロラミン消毒の実証試験を行った。

B. 研究方法

1. 営業施設および試験期間

湧泉水の pH が 10 を超えており(表 1)、モノクロラミンの安定性(図 1)が確認されている公衆浴場 1 施設(以下施設)の協力を得た。モノクロラミン生成装置(ケイアイ化成)を設置し、6 週間の実証試験を行った。モノクロラミン濃度は、3 mg/L を下回らないよう、タイマー式の制御で管理した。週に 1 回、10 mg/L と高濃度のモノクロラミンで配管の消毒洗浄を行った。洗浄後は、チオ硫酸ナトリウムにより中和し、排水した。施設の浴槽は複数あるが、試験を行ったのは、男湯女湯それぞれ 1 つの浴槽(同一系統、容量計約 9m³)のみとし、他は従来の塩素消毒で管理した。浴槽水は砂ろ過の循環式で管理されていたが、毎日完全換水し、清掃も行われていた。入浴者への配慮として、結合塩素消毒(モノクロラミン消毒)を実施している旨を掲示した。

2. 採水および検査項目

試験期間前に 1 回、期間中は 1 週間に 1 回、営業終了後に浴槽水の採水、およびヘアキャッチャー付近配管のふきとりを行った。検査項目は、浴槽水については、レジオネラ属菌、大腸菌群、一般細菌数、従属栄養細菌数、アメーバとし、ふきとり検体については、レジオネラ属菌とした。水試料はチオ硫酸ナトリウムを添加した滅菌容器に採水した。試料は、レジオネラ属菌培養用は冷蔵、他は常温にて搬送・保存した。

浴槽水のレジオネラ属菌は 100 倍ろ過濃縮液を、ふきとり検体は懸濁した原液を、それぞれ熱処理または酸処理し、GVPC 寒天培地で 36、7 日間培養した⁵⁾。大腸菌群は浴槽水 100 mL を EC ブルー 100P「ニスイ」、一般細菌数は標準寒天培地を用いて 36、24 時間培

養した。従属栄養細菌数は、R2A 寒天培地を用いた混釈培養の 42、14 日間で求めた。アメーバは、浴槽水原液および 1000×g、5 分間で遠心 50 倍濃縮した浴槽水から、大腸菌塗布無栄養寒天培地を用いて、42 で 14 日間培養した。

採水直後に pH(ガラス電極式 pH メーター、堀場)、遊離残留塩素と全残留塩素(DPD 法によるポケット残留塩素計、HACH 社)、モノクロラミンとアンモニア態窒素(インドフェノール法によるポケットモノクロラミン・アンモニア計、HACH 社)の測定を行った。施設では、浴槽水の全残留塩素を、毎日午前 11 時頃に測定した。

C. 研究結果および考察

浴槽水の全残留塩素濃度は、コンセントの接触不良による電源トラブルがあった 7 日目を除いて、試験期間中 3 mg/L 以上を維持することができた(図 2)。ただし、試験期間前半の午後 5 時頃の時間帯において、濃度が 6 mg/L 程度まで高くなることもあった(表 2)。その後、モノクロラミン注入量を調整し、終日 4 mg/L 前後に維持することができた。結果には示さないが、施設における経時的な測定結果と、週に 1 回のモノクロラミン濃度測定に矛盾はなかった。浴槽水の水温は 40 前後、pH は 9.5~9.9 であった。実証試験前における遊離残留塩素濃度は、1 mg/L 程度であった。

レジオネラ属菌は、浴槽水と配管ふきとり検体のいずれにおいても、検出されなかった(表 2)。レジオネラ属菌増殖の温床となるアメーバ、衛生指標菌である大腸菌群についても、全て不検出であった。一般細菌数と従属栄養細菌数は、実証試験前後を比較すると、いずれも全ての検体において減少した。

モノクロラミン濃度や浴槽水の換水頻度といった衛生管理の条件が同一ではないことに留意する必要はあるが、モノクロラミンは pH10 程度であっても消毒効果があり、良好な衛生状態を維持できることが示された。従来の実証試験では pH9 程度に留まっていたが、より高 pH でも適用

可能であった。pH が高い浴槽水においてレジオネラ対応に苦慮している現状を鑑みると、そのような浴槽水でのレジオネラ症防止にはモノクロラミン消毒が適していると考えられた。試験管内の結果が再現され、実施設での適用前に実験室において試験することは有用と考えられた⁴⁾。

今回の結果は、消毒以外の衛生管理についても徹底して行っている営業施設における結果である。換水や清掃の頻度がより低い施設における効果は今回の結果とは異なる可能性があることから、今後も様々な営業施設で継続して実証試験を行い、データを蓄積していきたい。

D. 結論

pH10 程度の浴槽水におけるモノクロラミン消毒の実証試験の結果、良好な衛生状態を維持することができた。モノクロラミン消毒は、従来の塩素消毒よりも高い消毒効果が得られた。pH10 程度の浴槽水においては、レジオネラ症防止の観点からモノクロラミン消毒が適していると考えられた。

E. 参考文献

1. 柳本恵太, 山上隆也, 植松香星:レジオネラ症患者関連調査における山梨県内の公衆浴場等からのレジオネラ属菌検出状況について, 山梨衛環研年報, 60, (2016), 56~59
2. 杉山寛治, 小坂浩司, 泉山信司, 懸邦雄, 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, 59, (2010), 109~115
3. 杉山寛治 長岡宏美, 佐原啓二, 神田隆, 久保田明, 懸邦雄, 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, 防菌防黴, 45, (2017), 295~300
4. 柳本恵太, 高村知成, 植松香星:山梨県内のレジオネラ属菌の消毒が困難な浴用水におけるモノクロラミンの消毒効果, 山

梨衛環研年報, 59, (2015), 55~57

5. レジオネラ症防止指針作成委員会:レジオネラ症防止指針(第3版), pp.28~36, 2009, (財)ビル管理教育センター

F. 研究発表

誌上発表

1. Yoshida M, Izumiyama S, Fukano H, Sugiyama K, Suzuki M, Shibayama K, Hoshino Y. Draft Genome Sequence of Mycobacterium sp. Strain shizuoka-1, a Novel Mycobacterium Isolated from Groundwater of a Bathing Facility in Shizuoka, Japan. Genome Announc. 2017 Nov 22;5(47).
2. 杉山寛治, 長岡宏美, 佐原啓二, 神田 隆, 久保田 明, 懸 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)

口頭発表

1. 柳本恵太, 堀内雅人, 植松香星, 山上隆也, 久田美子, 杉山寛治, 田中慶郎, 市村祐二, 泉山信司:アルカリ性温泉におけるモノクロラミン消毒の実証試験、第20回山梨県公衆衛生研究発表会、山梨県(2018)
2. 柳本恵太, 堀内雅人, 杉山寛治, 田中慶郎, 市村祐二, 山上隆也, 植松香星, 久田美子, 泉山信司:アルカリ性温泉におけるモノクロラミン消毒の実証試験、平成29年度山梨県衛生環境研究所成果発表会、山梨県(2018)
3. 泉山信司, 市村祐二, 青木信和, 江口大介, 杉山寛治, 長岡宏美, 水泳プールのモノクロラミン消毒の試み、環境技術学会、2017年7月、東大阪市

知的所有権の取得状況
特許申請、実用新案登録、その他
なし

謝辞
本研究実施にご協力いただいた浴場施設の
関係者の皆様、管轄保健所衛生課に深く感謝
いたします。

表 1 施設の源泉水

項目	分析値	項目	分析値	項目	分析値
pH	10.16	Cl ⁻	3.7 mg/L	硫黄	< 0.1 mg/L
ORP	+ 70 mV	Br ⁻	不検出	総鉄イオン	< 0.1 mg/L
一般細菌数	62 CFU/mL	I ⁻	不検出	アンモニア態窒素	< 0.1 mg/L
		S ₂ O ₃ ²⁻	不検出	マンガンイオン	< 0.1 mg/L

硫化水素(H₂S)、硫化水素イオン(HS⁻)、硫化物イオン(S²⁻)の合計値

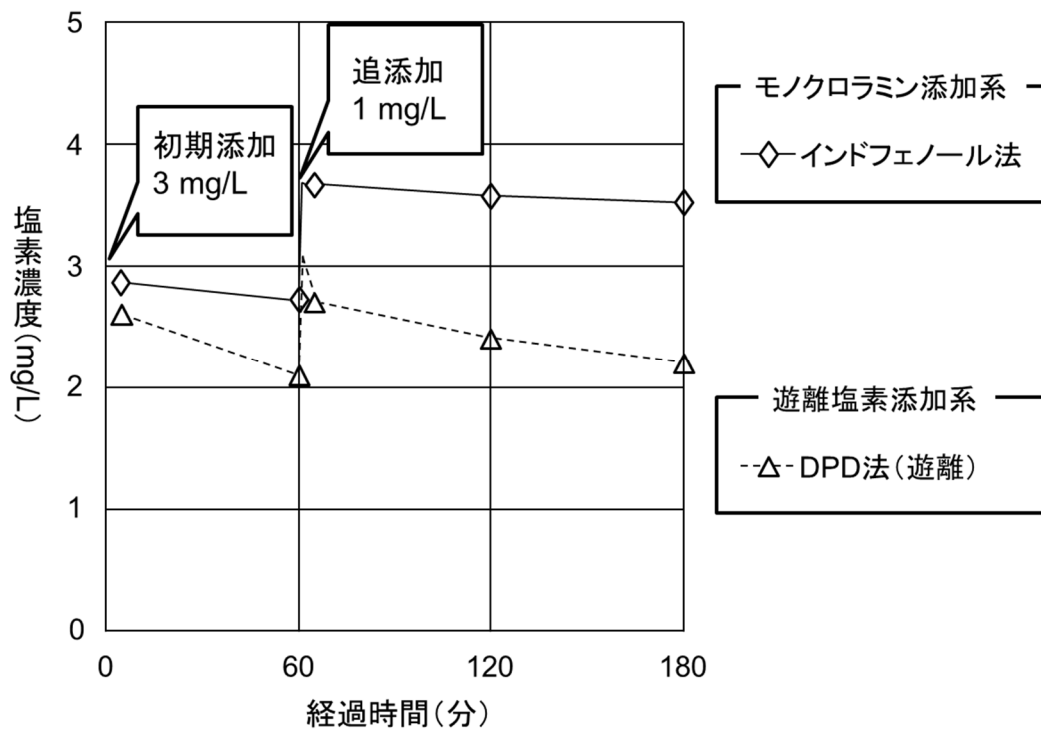


図 1 モノクロラミンおよび遊離塩素の源泉水における経時的濃度変化

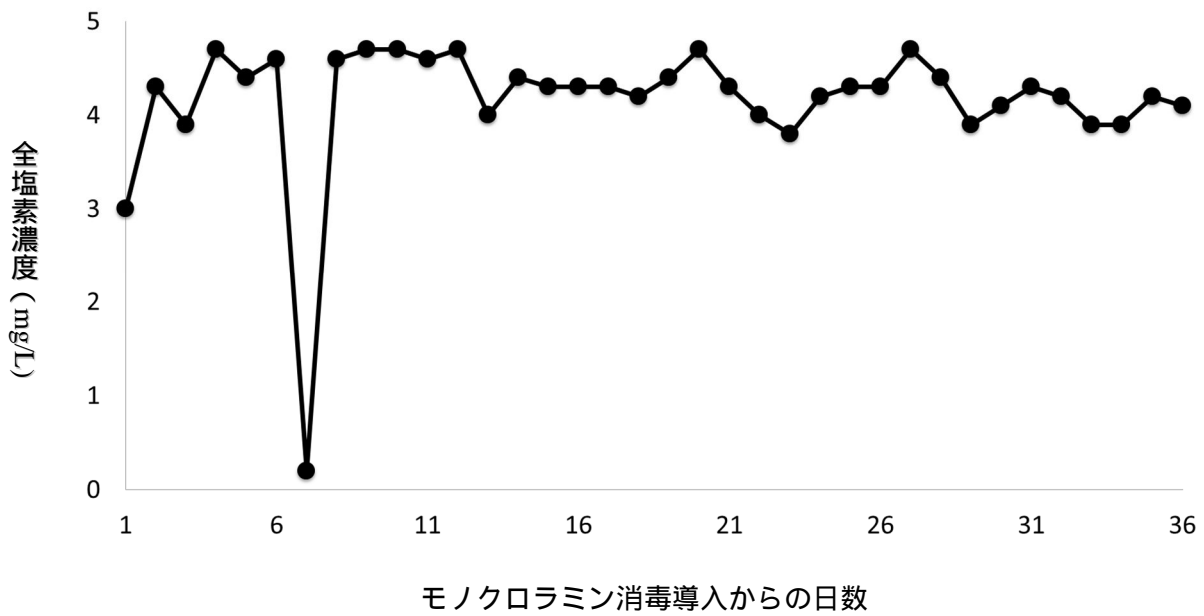


図2 午前11時における全塩素濃度

表2 浴槽水、配管ふきとり検体の検査結果

検査項目	モノクロラミン導入前	採水1回目	採水2回目	採水3回目	採水4回目	採水5回目	採水6回目
レジオネラ属菌数 (CFU/100 mL)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
レジオネラ属菌 (ヘアキャッチャー配管ふきとり)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
アメーバ数 (/ 50 mL)	0	0	0	0	0	0	0
大腸菌群 (/ 100 mL)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
一般細菌数 (CFU/mL)	18	0	0	1	2	0	1
従属栄養細菌数 (CFU/mL)	45	1	1	3	2	1	3
pH	9.58	9.72	9.72	9.81	9.75	9.85	9.78
遊離残留塩素 (mg/L)	1.04	0.12	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
全残留塩素 (mg/L)	-	6.7	6.4	4.8	4.0	4.3	4.6
モノクロラミン (mg/L)	-	6.32	6.00	4.46	3.99	4.24	4.54
アンモニア態窒素 (mg/L)	-	0.84	1.08	0.92	0.86	0.80	0.88