

平成 28～30 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）

総合研究分担報告書

高 pH 浴槽水、薬湯、並びに水泳プールへの、モノクロラミン消毒の応用

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	赤地 重宏	三重県保健環境研究所 微生物研究課
研究協力者	永井 佑樹	三重県保健環境研究所 微生物研究課
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
研究協力者	青木 信和	ケイ・アイ化成株式会社 機能性薬品部
研究協力者	江口 大介	ケイ・アイ化成株式会社 機能性薬品部
研究協力者	西尾 正也	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	山本 哲司	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	八木樹里奈	花王株式会社 ハウスホールド研究所
研究協力者	藤井 明	株式会社ヘルスケミカル
研究協力者	松田 宗大	株式会社ヘルスケミカル
研究協力者	松田 尚子	株式会社ヘルスビューティー
研究協力者	枝川亜希子	地方独立行政法人大阪健康安全基盤研究所
研究協力者	吉田 光範	国立感染症研究所 ハンセン病研究センター
研究協力者	星野 仁彦	国立感染症研究所 ハンセン病研究センター

研究要旨

入浴施設を原因としたレジオネラの集団感染が発生し、水泳プールの管理に倣って浴槽水に遊離塩素消毒が導入された過去の経緯があった。ところがアルカリ性の井戸水や温泉、有機物等を含む薬湯では遊離塩素消毒の効果が得られず、レジオネラ汚染に苦慮することが多かった。対策の一つとしてモノクロラミン消毒（結合塩素消毒）が着目され、アルカリ性の井戸や温泉の浴槽に導入した結果、レジオネラ対策として効果的であることがこれまでの研究で明らかとなっている。当該研究ではモノクロラミン消毒の発展を目的に、高 pH の浴槽、薬湯、それから水泳プールへの応用を試みた。モノクロラミン消毒は、pH10 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。遊離塩素が激しく消費される薬湯であっても、モノクロラミン消毒の濃度の維持と、レジオネラ抑制が両立した。水泳プールにモノクロラミン消毒を適用し、1 週間の短期ではあったが濃度管理に問題なく、レジオネラの発生もなく、いわゆる典型的な塩素臭のプール臭がほぼなかった。今後の、モノクロラミン消毒の応用が期待された。

A. 研究目的

レジオネラ症の報告数は年々増加しており、2018 年の速報値では 2,000 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、アンモニア態窒素が存在している場合や、高 pH や薬湯の場合は消毒効果が減弱することから、その対策が必要となっている。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のうち pH9 以上の浴槽水で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、アンモニア態窒素の存在下や、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⁾。試験管内での消毒実験により、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と示唆されている⁴⁾。実際の営業施設においても通用するのか、期待さ

れるところであった。モノクロラミンは高濃度溶液の保存がきかないことから現場調製が必要となるが、経済的な負担のある自動装置だけでなく、初期投資が抑えられる手投入があればより好ましい。

薬湯は、有機物や無機物の薬剤を浴槽水に溶解、懸濁して使用するが、遊離塩素消毒と両立せず、レジオネラが問題となることがある。言い換えると、薬湯に次亜塩素酸ナトリウムのいわゆる遊離塩素消毒を加えると、塩素は激しく消費され、薬湯は退色し、両者の濃度管理は著しく困難になり、レジオネラの増殖を来すことがある。繰り返しになるが、モノクロラミンは温泉やアンモニア態窒素の存在下においても消毒効果が得られ、浴槽水中の安定性が高く消費量が少ないことから、薬湯にも通用するものか期待が持たれた。

入浴施設を原因としたレジオネラの集団感染が発生し、水泳プールの管理に倣って、浴槽水に遊離塩素消毒が導入された過去の経緯があった。本研究では、水泳プールへの逆の応用、水泳プールへのモノクロラミン消毒を試みた。水は有機物の汚染を受けると遊離塩素と反応して、臭気や、発がん性で知られているトリハロメタン等の消毒副生成物が生じる。すなわち、水泳利用に伴って常に有機物

の汚染が続き、臭気やトリハロメタン等が生じ続けている。言い換えると、消毒効果を維持するには過剰量の遊離塩素消毒が必要で、塩素より少ない有機物がブレイクポイント処理され続けている。ところがモノクロラミン消毒の場合、有機物の汚染が続いても、臭気やトリハロメタン等がほとんど生じない利点がある。一般に水道水の塩素消毒と塩素臭は嫌われているが、水泳プールは消毒がなければ病原微生物による汚染を受けて、細菌ウイルスによる様々な水系感染症が生じうるので、臭気やトリハロメタンがあっても仕方なく遊離塩素消毒が許容されてきたかもしれない。水泳プールでも安全性を維持しながら、臭気等を抑えることができれば、それに越したことはない。つまり、水泳プールにおけるモノクロラミン消毒は、遊離塩素消毒の代替法の一つになりえると考えられる。なお、PubMed や Google 検索で調べた範囲では、国内外で水泳プールのモノクロラミン消毒は実験的に行われた古い例しか見当たらなかった⁵⁾。

これまで浴槽水の 10m³ 単位の水量に対するモノクロラミン消毒を行ってきたが、水泳プールは 100m³ 単位となり、そのような大容量であっても安定した消毒が可能であるのが当初の課題であった。本研究の後に、入浴施設において判明したこととして、モノクロラミン消毒を数週間続けて水を交換しないと、多数の従属栄養細菌数が検出されるようになることが判明した⁶⁻⁷⁾。大容量の水泳プールは水を交換しないので、従属栄養細菌数の増加が懸念された。雑菌に病原性はなくても、バイオフィルムの発生はレジオネラ属菌等の病原性細菌の増殖を招く恐れがあることから、菌数は少ないほうが好ましい。雑菌の増加を回避するためには、定期的な洗浄と換水が欠かせないことから、洗浄と換水が容易な小規模なプールであれば、モノクロラミン消毒の応用が可能と期待された。

B. 研究方法

B1. アルカリ性の浴槽水におけるモノクロラミン消毒の応用

当該研究では4営業施設の協力を得た。いずれの施設においても、利用者への配慮として、モノクロラミン消毒を実施している旨を掲示した。2箇所はモノクロラミン生成装置を設置し、次亜塩素酸ナトリウムとアンモニウム塩溶液を用いてモノクロラミンを用時調製した。現場用に簡便なモノクロラミンの調製方法を考案して、2箇所は手投入を行った(図1)。アンモニア系顆粒と次亜塩素酸系顆粒を十分量の水道水に溶解し、生成したモノクロラミンを浴槽水に加えた。いずれもモノクロラミン濃度が3mg/Lを下回らないように制御した。

B2. 薬湯へのモノクロラミン消毒の応用

一営業施設の協力を得て、実際の浴槽水を用いて、薬湯にモノクロラミン消毒を行った。施設の循環式浴槽は複数系統あるが、試験を行ったのは、露天ひのき風呂系統のみとし、他は従来の遊離塩素消毒で管理した。井戸水を張った露天ひのき風呂において、生薬又は無機塩の薬湯を使用した(図2)。モノクロラミン生成装置を設置し、タイマー式の制御で管理した。比較として行った遊離塩素消毒では、退色が進むのに合わせて薬湯を追加投入した。浴槽水の湯色は目視又は吸光光度法により評価し、湯の香りは官能評価した。

以上の浴場施設については、定期的にもろ過器の逆流洗浄や浴槽の洗浄、高濃度消毒、ならびに換水を行い、衛生の維持を心がけた。

B3. 水泳プールへのモノクロラミン消毒の応用

水泳プールは、国立健康栄養研究所に設置の屋内プール、270m³の25m×4コースで行った。当該プールは利用が無く廃止の予定であったことから、実験目的に借用できた。実験は2014年の6月に実施した。プール管理を止めると衛生状態が悪くなることから、利用はしていなかったが遊離塩素消毒を続けており、朝の9時に水の循環による砂ろ過を開始し、夕方の17時頃に停止していた。循環ポンプの性能は、135分ないし270分で270m³に相当する計算であ

った。遊離塩素濃度が自然に下がってから、同じ水でモノクロラミン消毒を行った。プールサイドに生成装置を設置して、モノクロラミンをプール底の吸引口に注入した。循環ポンプが作動中であれば、3 過後の水はプール槽の全体に分布する吐出口から戻るため、モノクロラミンをプール全体に行き渡らせることが出来る。モノクロラミン消毒を開始した直後と終了時に、成人男性 2 名が泳いだ。消毒期間中に成人男女数名が臭気を確認した。

試料により測定項目に若干の違いはあるが、各種測定は、定法に従って行った。微生物については、レジオネラ属菌、大腸菌群、一般細菌数、従属栄養細菌数、アメーバについて検査した⁸⁻⁹⁾。従属栄養細菌数の R2A 寒天培地上で優占であった 3 コロニーを釣菌し、16S rDNA の塩基配列を確認した。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。塩素濃度は、遊離残留塩素と全残留塩素 (DPD 法、HACH 社他)、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、HACH 社) の測定を行った¹⁰⁻¹²⁾。その他の理化学項目については、pH (ガラス電極式 pH メーター)、水温 (アルコール式温度計)、濁度 (積分球光電光度法)¹³⁾、過マンガン酸カリウム消費量 (酸性法)¹⁴⁾、TOC (全有機炭素)¹⁵⁾ も測定した。

C. 研究結果および考察

C1. アルカリ性の浴槽水におけるモノクロラミン消毒の応用

施設 1 pH10 の公衆浴場に自動装置

湯温は 40 前後、pH は 9.42 ~ 10.06 であり、実証試験前における遊離残留塩素は 1 mg/L 程度、ただし全残留塩素濃度は 2.5 mg/L であった (表 1)。試験管内では、遊離塩素消毒に比べて、モノクロラミン消毒は安定であった (図 3)。ただし、180 分間で 3 ~ 4 mg/L 低下しており、全く消費しないわけではなかった。

モノクロラミン消毒試験の 6 日目に薬液不足、30 日目に停電、多くの入浴者の一度の入浴な

どの影響があり、全残留塩素濃度が 3 mg/L を下回ることがあった (図 4)。モノクロラミンは遊離塩素と比較して安定性はあったが、源泉水が常時供給されていたことから、濃度が低下する時間帯が生じた。

モノクロラミン濃度が一時的に低下することはあったが、レジオネラ属菌は試験期間中の全ての浴槽水、配管ふきとり検体において検出されなかった (表 1)。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、実証試験前と比較すると、濃度低下があった試験 6 日目に一時増加したものの、その後は適切な濃度管理や一晩での高濃度モノクロラミン消毒により、10 CFU/mL 未満を維持することができた。

施設 2 pH10 の公衆浴場で手投入

湯温は 40 前後、pH は 9.85 ~ 10.94 であり、実証試験前における遊離残留塩素は 0.6 mg/L であった (表 2)。

浴槽水のモノクロラミン濃度は午前中 1 回、午後 2 回の追添加により、いずれの試験日においても 3 mg/L 以上を 10 時間維持することができた (図 5)。手投入によっても、モノクロラミン消毒を維持できた。

レジオネラ属菌は実証試験前の浴槽水から 100 CFU/100mL 検出されたが、試験期間中には全ての浴槽水において検出されなかった (表 2)。また、配管ふきとり検体については全ての検体でレジオネラ属菌は検出されなかった。さらに、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は、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。

施設 3 pH8 の温泉施設で手投入

モノクロラミン濃度の推移は、日によって添加量とタイミングを検討しながら、営業時間内は 3 mg/L 以上を維持するようにした (図 6)。源泉の

pHは7.3と低かったが、遊離塩素消毒が困難な性質で、時間の経過とともに8.5まで上昇した(表3)。

モノクロラミン消毒中のレジオネラ属菌は、いずれも陰性であった(表3)。しかしながら、同一検体中の一般細菌数、従属栄養細菌数は、経日的な菌数の増加が認められた。レジオネラ属菌以外の何らかの細菌が、モノクロラミンに対して一定の抵抗性を有し、増加したと示唆された。

モノクロラミンの濃度管理に伴って、pHの上昇、アンモニウムイオン濃度の上昇、TOCの上昇がそれぞれ認められた。これらの濃度上昇は、モノクロラミンの添加と、入浴者の垢に由来するものと考えられた。浴槽水中の有機物濃度が高くなれば、その有機物を捕食する細菌の増殖リスクが考えられる。換水や洗浄等の衛生管理に留意する必要があると考えられた。

施設4 pH10に自動装置、別施設

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3mg/L以上を維持することができた(図7)。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6mg/L程度まで高くなることもあった(表4)。その後、モノクロラミン注入量を調整し、終日4mg/L前後に維持することができた。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、1mg/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4)。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。

以上の通り、pH8から10の浴槽水において、機械的な添加と手投入のいずれによっても、モノクロラミン消毒はレジオネラ属菌を抑制し、遊離塩素管理に比較して、衛生状態を良好に維持で

きた。換水頻度が低くても、レジオネラ属菌を抑制できていたが、雑菌の増殖、すなわちバイオフィルムの蓄積が心配されることから、洗浄はしっかり行う必要があると考えられた。

C2. 薬湯へのモノクロラミン消毒の応用

薬湯管理における塩素注入量と塩素濃度の推移、及び薬湯の状況を図8及び図9に示した。生薬及び無機塩薬湯使用時のいずれにおいても、モノクロラミンは総残留塩素濃度として3mg/L以上の維持が可能であり、レジオネラ属菌は検出されなかった(表5)。薬湯の退色や香りの変化は認められず、薬湯の追加投入の必要がなかった。

一方、次亜塩素酸ナトリウムでは、生薬による塩素の消費が激しく、薬湯の色を保持しながら、遊離残留塩素濃度を0.4mg/L以上に安定的に維持することは困難であった。無機塩薬湯使用時も同様で、遊離残留塩素濃度が上昇するに従って薬湯は顕著に退色した(図10)。適正な塩素濃度と薬湯の両立が極めて困難であった。

この施設では循環式浴槽に薬湯を実施することから、ろ過器と配管が汚れやすい難があった。この薬湯試験中も、一般細菌数が多くなり、ろ過器と配管のバイオフィルムが懸念された(表5)。図表には示さないが、モノクロラミン消毒を継続しておよそ3週目以降に従属栄養細菌数が増加し、 $10^4 \sim 10^5$ CFU/mLの濃度で推移した。R2A寒天培地より釣菌した優占3コロニーのうち、2株は*Mycobacterium phlei*(1株の塩基配列が100%一致(466/466bp)、もう1株は99.8%一致(465/466))、1株は*Microbacterium aurum*(99.4% = 466/469)に近縁な*Microbacterium sp.*(100% = 469/469)と同定された。*M. phlei*は、モノクロラミン消毒の浴槽で以前にも報告され⁶⁻⁷⁾、病原性はないとされるが、バイオフィルムの蓄積は好ましくないと考えられた。モノクロラミン消毒をする場合であっても、洗浄、消毒、換水の徹底は必要と考えられた。

C3. 水泳プールへのモノクロラミン消毒の応用

塩素添加を止めて、塩素濃度が 0.2mg/L を下回った6月24日にモノクロラミン消毒を開始した。270m³と水量が多かったが、装置の運転開始から3時間程度でモノクロラミンの濃度が4mg/Lに達し、プール水の混合が速やかであることを確認した。モノクロラミン濃度は、6月24日から6月30日まで徐々に減少したが、機器に設定した下限値2mg/Lに達しなかったため、追加塩素はされなかった(図11)。人の利用や、溢水や水の追加がないので、この1週間に1mg/L程度の自然な低下しかなく、モノクロラミン濃度は安定であった。

モノクロラミン消毒に切り替える最中と、試験終了時に遊泳し、また、室内に時々入って臭気を確認した。モノクロラミン消毒中に、塩素臭(いわゆるプール臭)は特に感じなかった。

遊離塩素消毒とモノクロラミン消毒のいずれにおいても、レジオネラ属菌、従属栄養細菌数、一般細菌数のいずれもが不検出であった(表6)。通常、消毒効果がなければ水の雑菌は一晩でも多数になることから、消毒効果は十分にあったと考えられた。

浴槽水のモノクロラミン消毒において、何週間か経過すると高い従属栄養細菌数の検出を経験した。雑菌の増加は、雑菌を捕食する自由生活性アメーバの増加や、アメーバに感染するレジオネラ属菌の増加につながることから、好ましくない。週に1回、20mg/L程度の高濃度モノクロラミン消毒を8時間程度行くと雑菌が検出されず、10mg/Lの2時間では検出されることを過去の実施例で経験している⁶⁾。水泳プールの場合、週に1回の完全換水や洗浄は行われないので、モノクロラミン消毒では従属栄養細菌数の増加が心配される。つまり、週に1回の完全換水や洗浄をしない大型のプールにはモノクロラミン消毒の適用を考えず、換水洗浄ができる小型のプールにモノクロラミン消毒の適用が可能と考えられた。

D. 結論

pH8からpH10の浴槽水におけるモノクロラミン消毒を営業施設で行い、装置による機械的な生成と、手投入のいずれにおいても、モノクロラミン濃度の維持と、レジオネラ属菌の抑制が可能であった。遊離塩素が激しく消費される薬湯であっても、モノクロラミン消毒の濃度の維持と、レジオネラ抑制が両立した。モノクロラミン消毒では薬湯の色や香りに対する影響が少なく、薬湯の使用量が少なく済んだ。270m³の水泳プールにモノクロラミン消毒を適用し、1週間の短期であったが、レジオネラの発生もなく、プール臭がほとんどなかった。アルカリ性の浴槽水、薬湯、並びに小規模プールへのモノクロラミン消毒の応用が期待された。

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. Chanlett ET, Gotaas HB. The Time Factor in the Chlorine and Chloramine Disinfection of Contaminated Swimming Pool Water. Am J Public Health Nations Health. 1942 Apr;32(4):355-64.

6. 長岡宏美、泉山信司、八木田健司、「社会福祉施設の入浴設備におけるモノクロラミン消毒実証試験と浴槽水から分離される従属栄養細菌について」、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「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)」)より、平成 28 年度分担研究報告書
7. 田中忍、中西典子、野本竜平、有川健太郎、濱夏樹、岩本朋忠、温泉水におけるモノクロラミン消毒効果の検証、神戸市環境保健研究所報、第 46 巻、39-42 頁、2018
8. 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
9. 日本水道協会:上水試験方法(微生物編)、pp.43~51、2011
10. 日本水道協会:上水試験方法(理化学編)、pp.216~222、2011
11. 日本水道協会:上水試験方法(金属類編)、pp.73~80、2011
12. Lee W, Westerhoff P, Yang X, Shang C. Comparison of colorimetric and membrane introduction mass spectrometry techniques for chloramine analysis. *Water Res.* 2007, 41, 3097-3102.
13. 日本水道協会:上水試験方法(理化学編)、pp.47~49、2011
14. 日本水道協会:上水試験方法(理化学編)、pp.117~119、2011
15. 日本水道協会:上水試験方法(理化学編)、pp.140~147、2011

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、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*、2017、45、295-300.
3. 杉山寛治、「講座、環境水からのレジオネラ・宿主アメーバ検出とその制御 8 浴槽のレジオネラ対策 1 浴槽のどこで、どのように増えるのか」、*日本防菌防黴学会誌*、2019、47、83-89.
4. 杉山寛治、「講座、環境水からのレジオネラ・宿主アメーバ検出とその制御 9 浴槽のレジオネラ対策 2 浴槽水の各種消毒方法の効果」、*日本防菌防黴学会誌*、2019、47、117-123.

口頭発表

1. 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：pH10 のアルカリ性温泉におけるモノクロラミンの消毒効果、*日本防菌防黴学会第 45 回年次大会*、2018 年 11 月、東京都
2. 柳本恵太：県内の公衆浴場におけるモノクロラミン消毒検証について、*山梨県衛生環境研究所感染症等研修会*、2018 年 11 月 1 日
3. 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)
4. 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）
5. 藤井明、渡邊貴明、松田宗大、松田尚子、小倉徹、植園健一、枝川亜希子、泉山信司、薬湯使用時におけるモノクロラミン消毒の有用性評価、第46回建築物環境衛生管理全国大会、2019年1月、東京都
 6. 渡邊貴明、松田宗大、小倉徹、植園健一、松田尚子、枝川亜希子、泉山信司、藤井明、循環式浴槽においてモノクロラミン消毒下で増殖する従属栄養細菌の同定ならびにその制御法について、日本防菌防黴学会、2018年11月、東京都
 7. 小倉徹、植園健一、渡邊貴明、松田宗大、原口浩幸、森中りえか、枝川亜希子、藤井明、モノクロラミン及び次亜塩素酸ナトリウム消毒下におけるレジオネラ属菌のLAMP法結果に及ぼす影響、日本防菌防黴学会、2018年11月、東京都
 8. 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
 9. 黒木俊郎、泉山信司、大屋日登美、鈴木美雪、前川純子、倉文明、医療機関の給水系におけるレジオネラ属菌汚染調査、日本水道協会水道研究発表会、2016年11月、京都市
 10. 杉山寛治、長岡宏美、佐原啓二、和田裕久、土屋祐司、市村祐二、青木信和、神野透人、小坂浩司、泉山信司、八木田健司、縣邦雄、田中慶郎、前川純子、倉文明、モノクロラミン消毒の事前適合性試験の提案、防菌防黴学会、2016年9月、東京都
 11. 泉山信司、倉文明、大屋日登美、黒木俊郎、病院の蛇口におけるレジオネラ汚染の検出、環境技術学会、2016年9月、姫路市
- 知的所有権の取得状況
- 特許申請
1. 藤野敬介、泉山信司、特願2016-233947、モノハロゲノアミン製造用組成物
 2. 花王、特願2016-225469、モノハロゲノアミンの製造方法
 3. 花王、特願2016-225470、モノハロゲノアミン製造用固体組成物
 4. 花王、特願2016-225471、モノハロゲノアミン製造用被覆粒子群
 5. 花王、特願2016-225472、モノハロゲノアミン製造用組成物
- 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。

薬剤 2 種

+

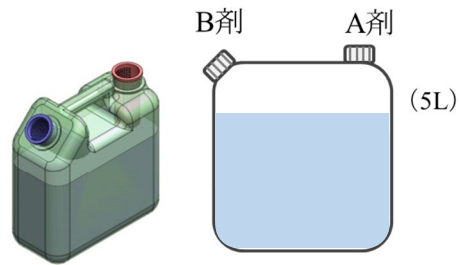
溶解容器 (5L)

A 剤 (アンモニア系)

- ・ 顆粒 1-2 mm
- ・ 無色

B 剤 (次亜塩素酸系)

- ・ 顆粒 2-4 mm
- ・ 淡黄色



A剤、B剤を1~2包ずつ等量使用

温泉水5m³、4ppm相当の
モノクロラミンを作製可能
(A剤、B剤を2包使用時)

使用方法

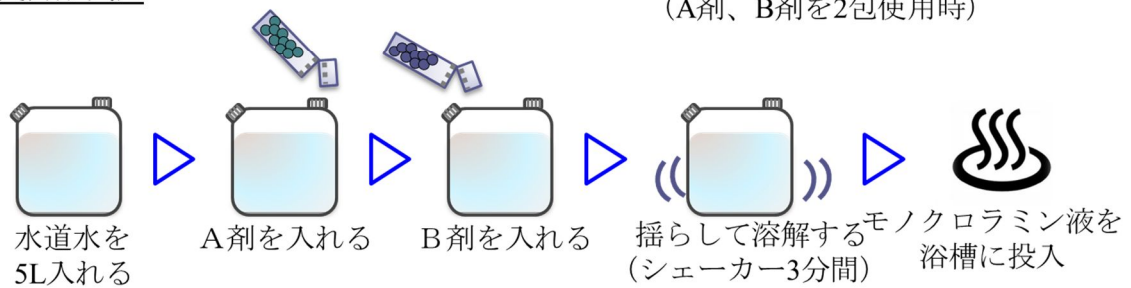


図1 手投入によるモノクロラミンの調製方法

A) 生薬



B) 無機塩



図2 薬湯写真

薬湯として浴槽水に添加する薬剤の写真、A)生薬、B)無機塩を使用している。

表 1 施設 1 における各種検査結果

検査項目	モノクロラミン 導入前 (10/15)	採水1回目 (10/22)	採水2回目 (10/29)	採水3回目 (11/5)	採水4回目 (11/12)	採水5回目 (11/26)
レジオネラ属菌数 (CFU/100 mL)	<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
アメーバ数 (/ 50 mL)	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
一般細菌数 (CFU/mL)	0	1	1	2	0	0
従属栄養細菌数 (CFU/mL)	5	370	6	6	4	4
pH	9.95	9.42	9.57	9.96	9.97	10.06
遊離残留塩素 (mg/L)	1.05	0.05	0.03	0.02	0.1	0.05
全残留塩素 (mg/L)	2.5	1.1	2.8	4.0	4.7	5.8
モノクロラミン (mg/L)	-	1.21	3.06	4.60	4.4	3.86
アンモニア態窒素 (mg/L)	-	3.0	1.7	3.9	0.93	8.7

* - : 測定なし

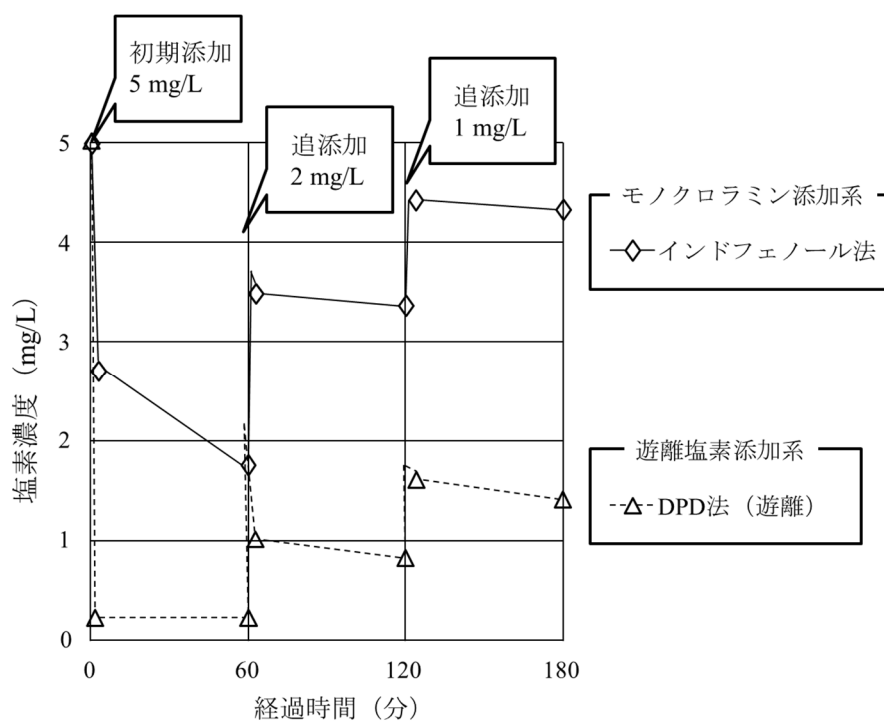


図 3 施設 1 源泉でのモノクロラミン安定性

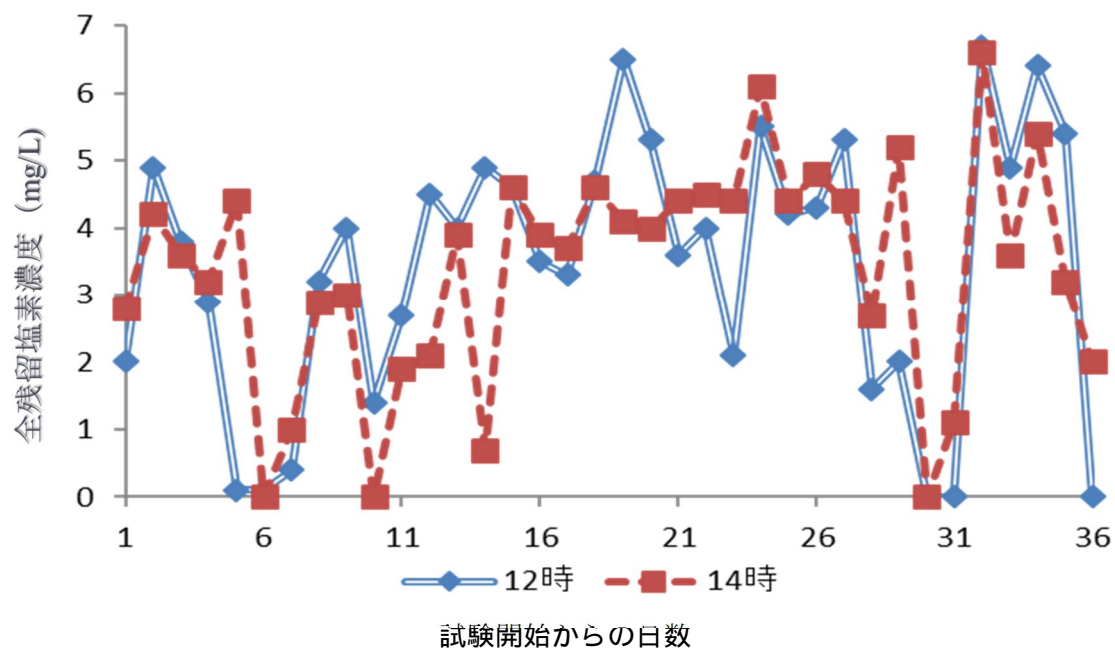


図4 施設1 浴槽水の全残留塩素濃度の推移

表2 施設2 における浴槽水、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 (7/29)	採水1回目 (7/30)	採水2回目 (7/31)	採水3回目 (8/2)	採水4回目 (8/3)
レジオネラ属菌数 (CFU/100 mL)	100	不検出	不検出	不検出	不検出
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
アメーバ数 (/ 50 mL)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
大腸菌群 (/ 100 mL)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
一般細菌数 (CFU/mL)	15	1	9	6	5
従属栄養細菌数 (CFU/mL)	118	0	5	1	9
pH	10.29	10.94	9.85	10.02	9.87
遊離残留塩素 (mg/L)	0.6	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
全残留塩素 (mg/L)	0.7	3.2	3.4	3	2.3
モノクロラミン (mg/L)	-	2.95	3	2.86	2.19
アンモニア態窒素 (mg/L)	-	0	0	0	0.04

* - : 測定なし

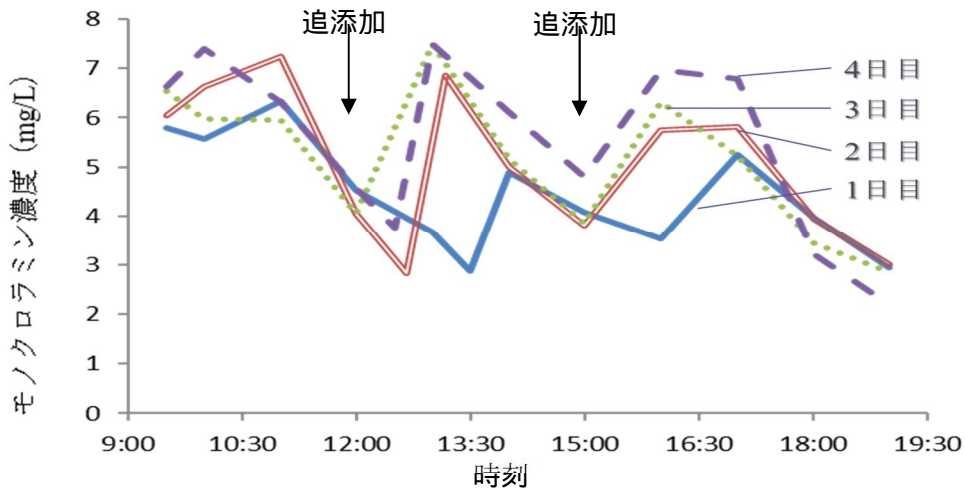


図5 施設2の浴槽水のモノクロラミン濃度

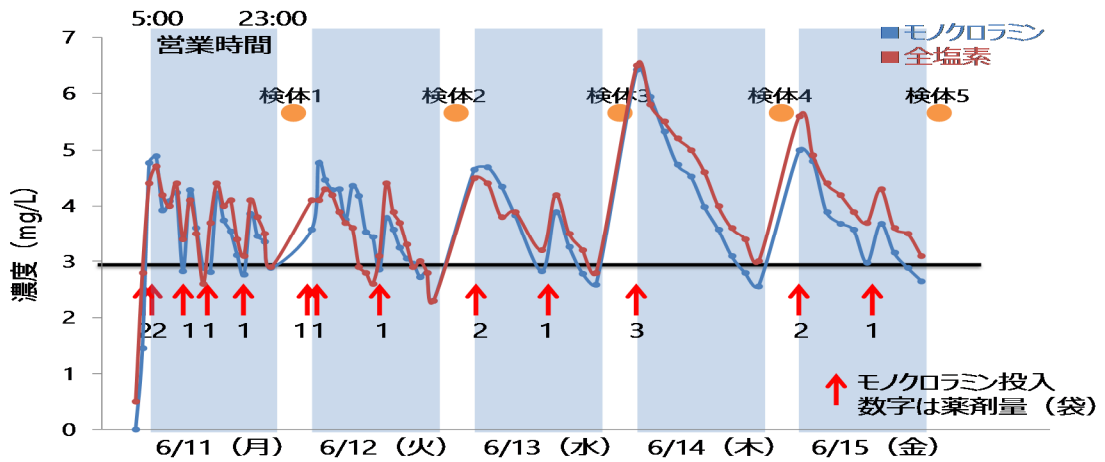
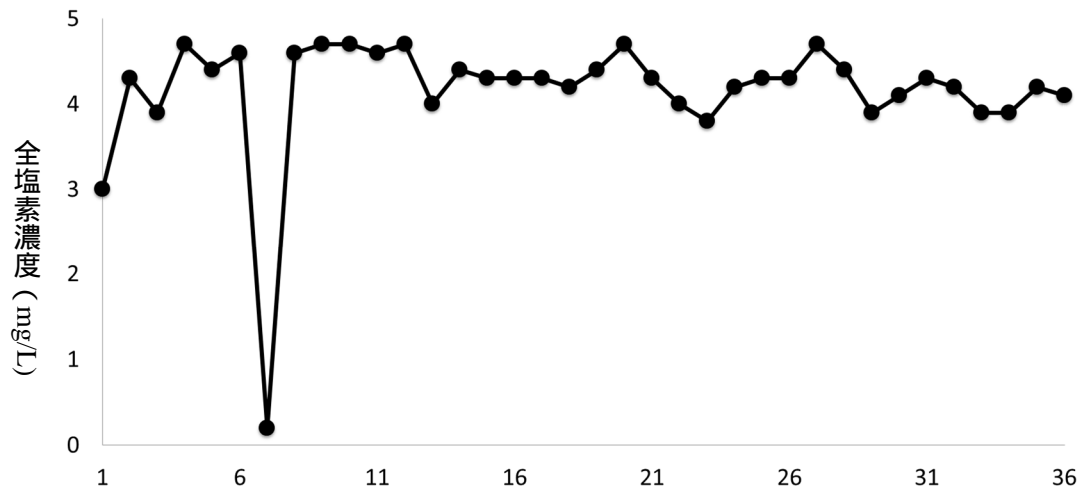


図6 施設3の浴槽水のモノクロラミン濃度

表3 施設3における分析結果

日数*	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後
pH	8.15	8.34	8.44	8.50	8.54
NH ₄ -N (mg/L)	6.6	7.2	7.7	8.6	8.9
TOC (mg/L)	8.2	10.4	14.1	16.4	19.0
レジオネラ属菌数 (CFU/mL)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
一般細菌数 (CFU/mL)	不検出	27	16	4	1,080
従属栄養細菌 (CFU/mL)	4	31	14	26	210

日数は、実験開始（モノクロラミン消毒を開始）からの日数を示し、図6の検体1から5に対応する



モノクロラミン消毒導入からの日数

図7 施設4における全塩素濃度の推移（午前11時測定）

表4 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

* - : 測定なし

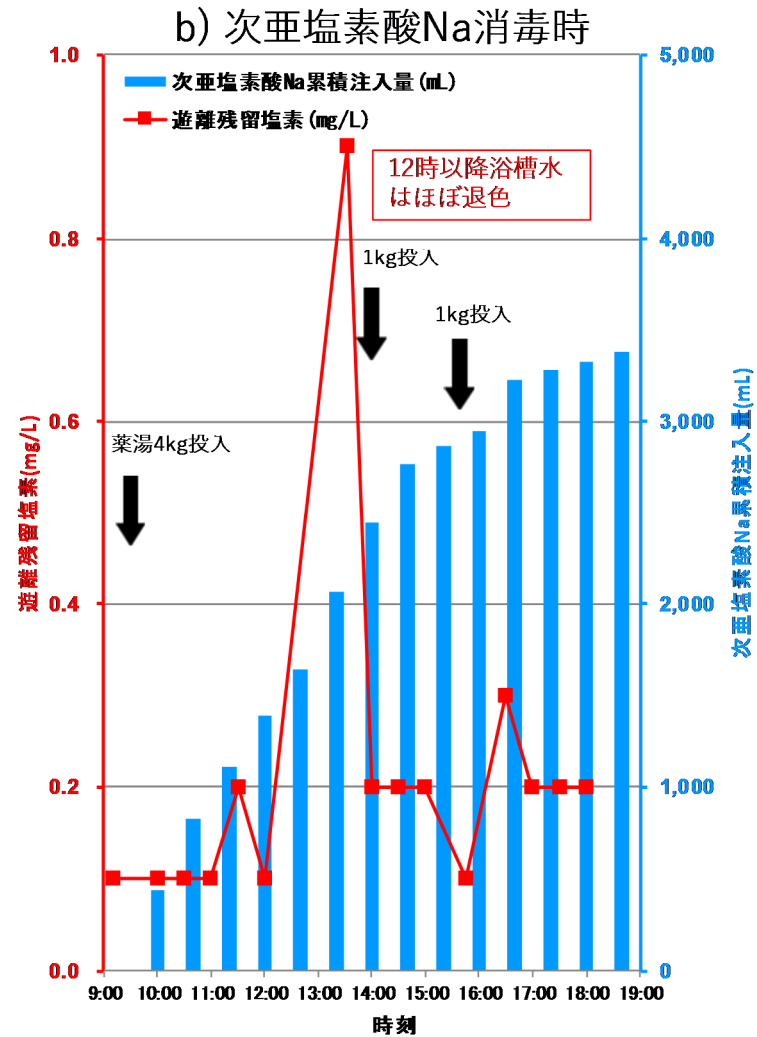
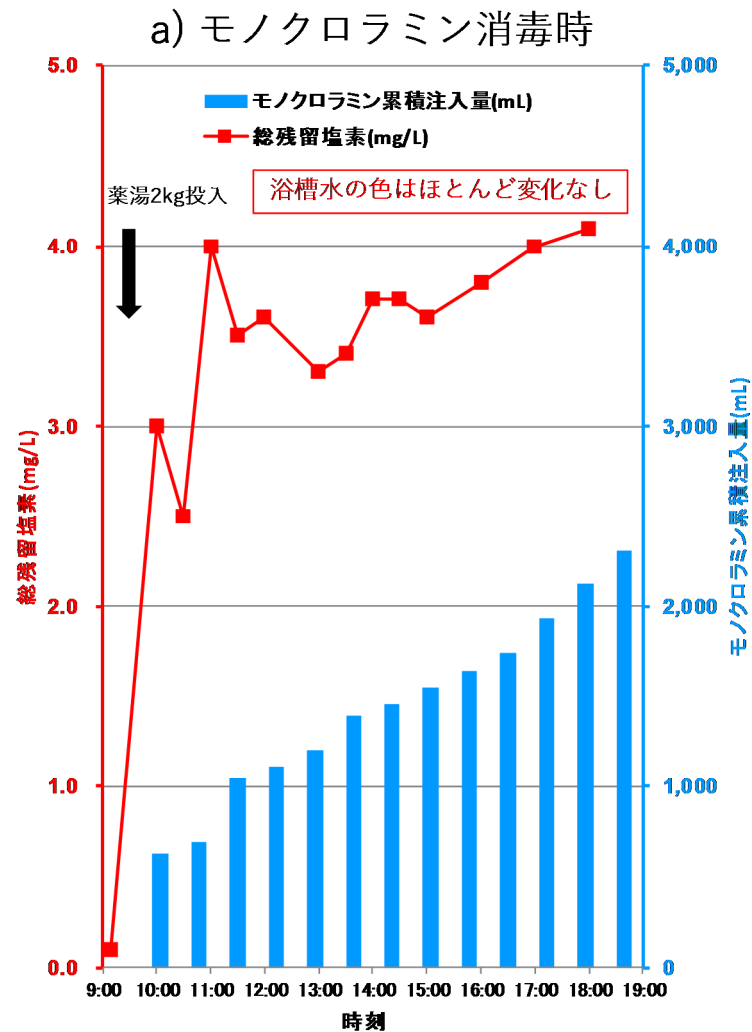


図8 生薬使用の薬湯に対する塩素消毒の推移

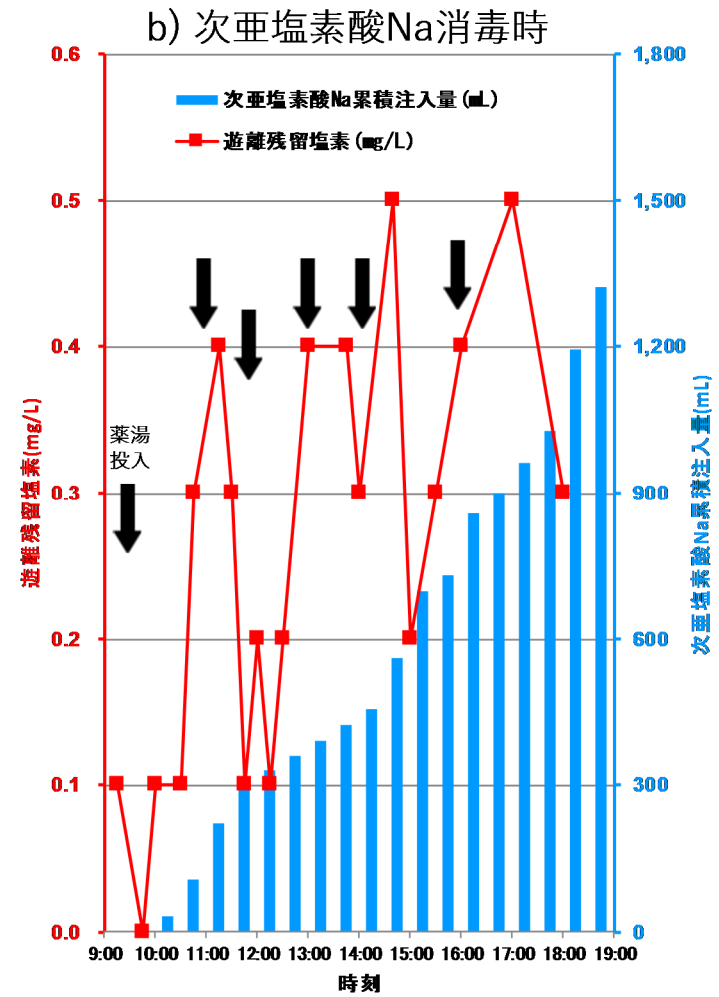
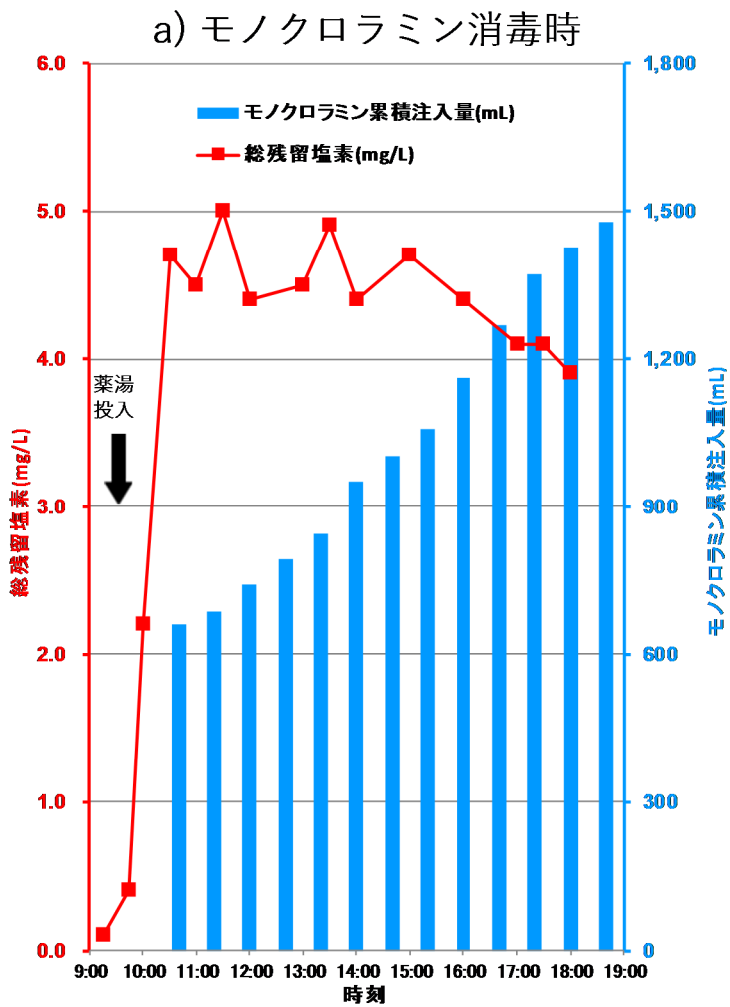
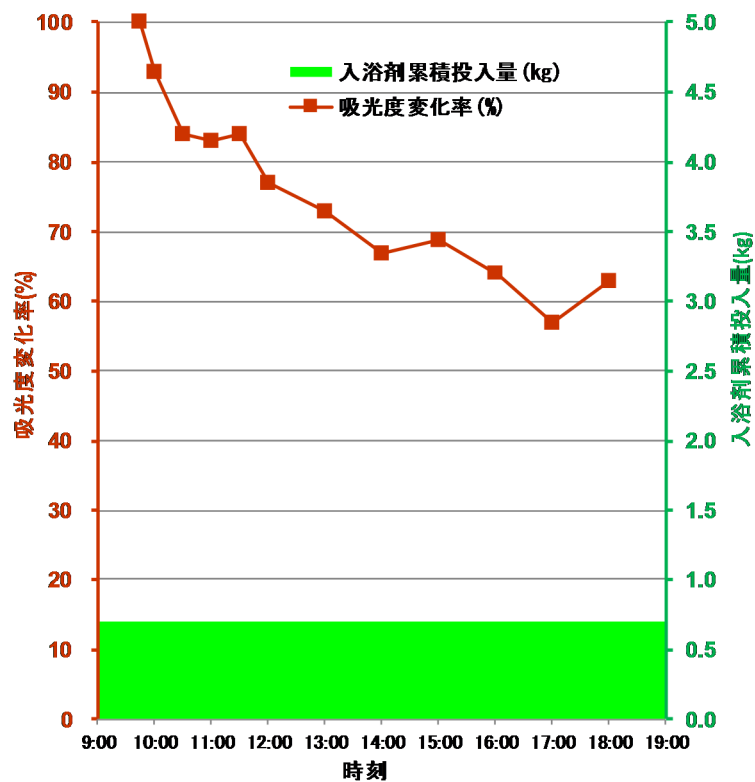
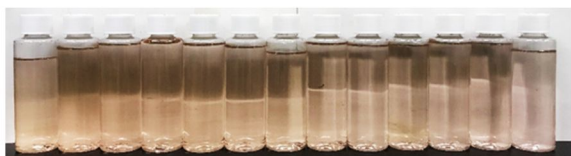


図9 無機塩の薬湯に対する塩素消毒の推移

a) モノクロラミン消毒時



b) 次亜塩素酸Na消毒時

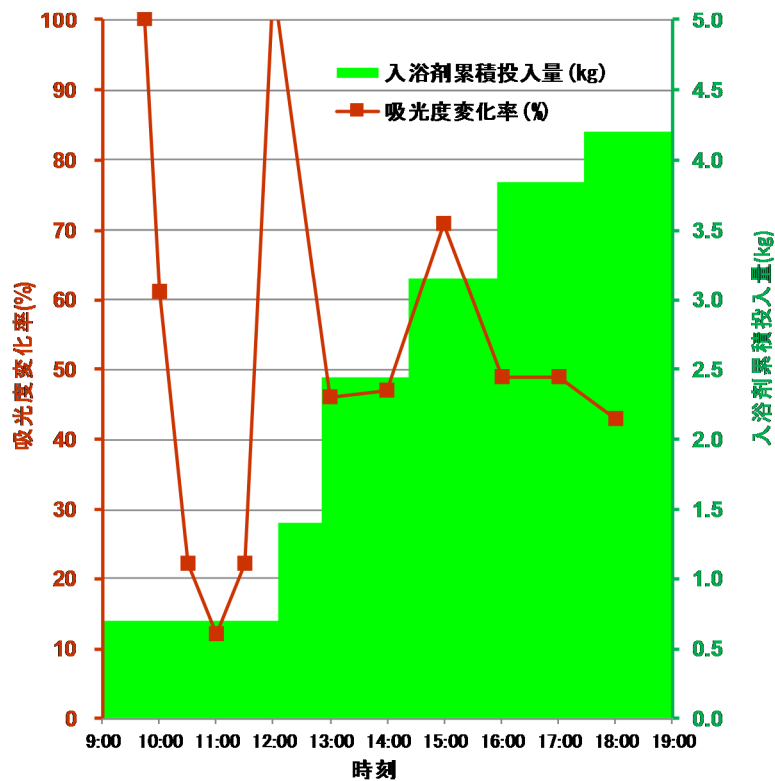


図 10 無機塩の薬湯の色調の変化

表 5 薬湯使用時の微生物検査結果

薬湯	消毒剤	時刻	残留塩素(mg/L)		一般細菌 (CFU/mL)	大腸菌群 (CFU/mL)	レジオネラ属菌 (CFU/100mL)
			遊離	総*			
生薬	次亜塩素 酸 Na	10 時	0.1	- **	6,500	1	-
		14 時	0.2	-	194	0	不検出
		18 時	0.2	-	620	0	-
	モノクロラ ミン	10 時	-	3	10	0	-
		14 時	-	3.7	14	0	不検出
		18 時	-	4.1	20	0	-
無機塩	次亜塩素 酸 Na	10 時	0.1	-	8	0	-
		14 時	0.3	-	0	0	不検出
		18 時	0.3	-	8	0	-
	モノクロラ ミン	10 時	-	2.2	272	0	-
		14 時	-	4.4	7	0	不検出
		18 時	-	3.9	126	0	-

* モノクロラミン濃度は、総塩素濃度として測定 ** 測定なし

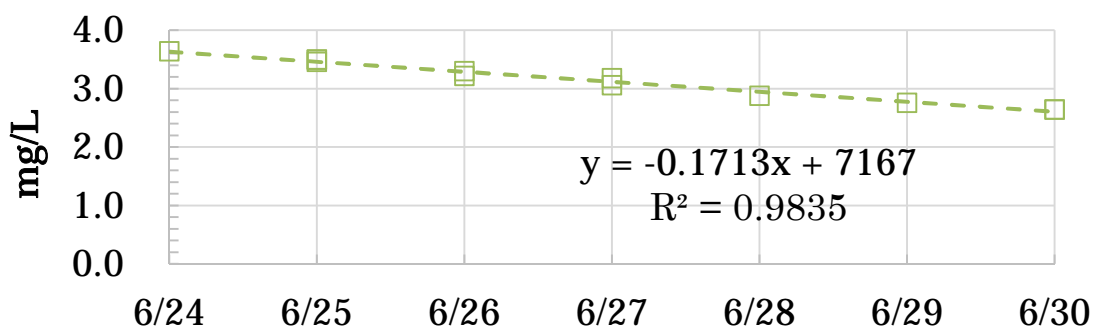


図 11 水泳プールにおけるモノクロラミン濃度の推移

表 6 水泳プールにおけるレジオネラ属菌等の検査結果

検体名	一般細菌* (CFU/mL)	従属栄養細菌** (CFU/mL)	レジオネラ属菌 (CFU/100mL)	濁度 (度)	過マンガン酸 カリウム消費量 (mg/L)
6月18日採水 (遊離塩素管 管理時)	< 10	< 10	< 10	< 0.2	1.1
6月30日採水 (モノクロラミン 管理時)	< 10	< 10	< 10	< 0.2	2.9
遊泳用プールの 水質基準	< 200	-	(< 10)***	< 2	< 12

* 一般細菌: 35℃, 2日培養. ** 従属栄養細菌: 35℃, 7日培養.

*** 循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアルに準ずる.