

浴槽水のモノクロラミン消毒の 自動化

国立感染症研究所 寄生動物部
泉山 信司

平成23年度生活衛生関係技術担当者研修会
平成24年2月17日(金)
厚生労働省2階講堂

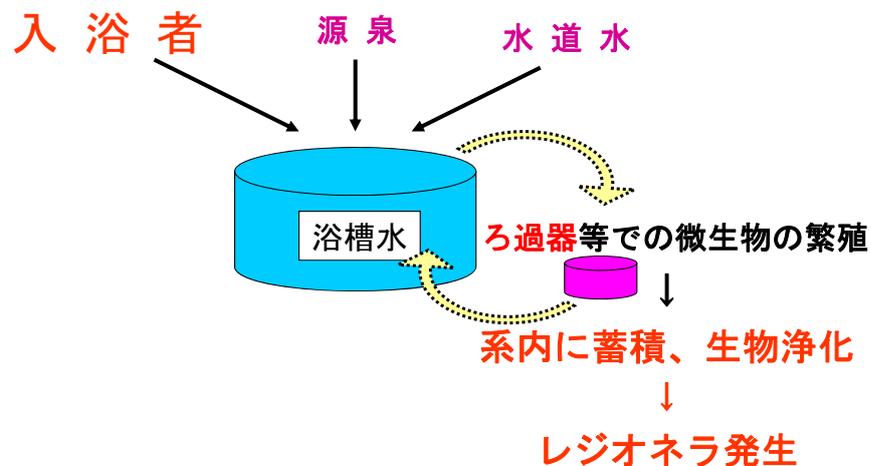
- 浴槽の有機物除去の必要性
- モノクロラミン消毒とは何か
- モノクロラミン消毒の自動化

何故、浴槽を塩素で消毒？ ～浴槽における問題の背景、私見～

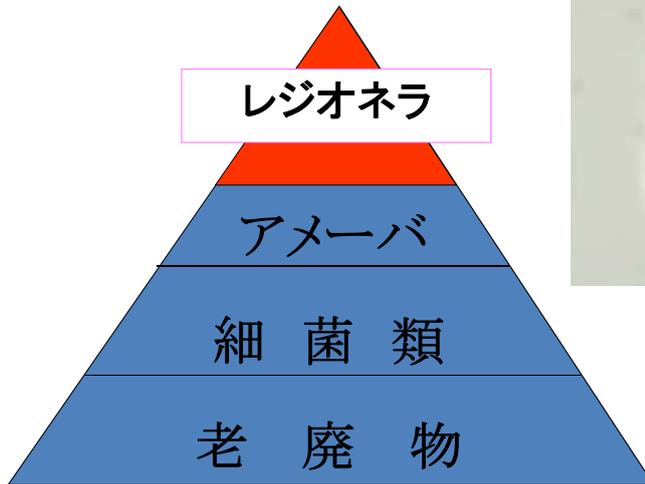
- 洗淨したくない、**経営者**
 - 零細経営、高齢者
 - 燃料代節約のために、お湯は交換したくない(エコ?)
 - 源泉の湯量が限られていて、交換するだけの量がない
- いつでも快適に入浴したい、**利用者**
 - 大浴槽で気分良く、健康増進の効果もあるとか?
 - 朝でも晩でも、24時間?
 - 熱すぎ、冷たい、塩素臭は嫌い
- 大型の施設を設計販売したい、**販売者**
 - 大浴場は循環装置を入れないと湯温が偏る
 - 濁り対策として、珪藻土ろ過ではなく、安い砂ろ過を入れてしまう

浴槽が人工の培養槽となり、雑菌とアメーバとレジオネラが繁殖
＞緊急避難的に、塩素消毒でプール並みの管理が導入

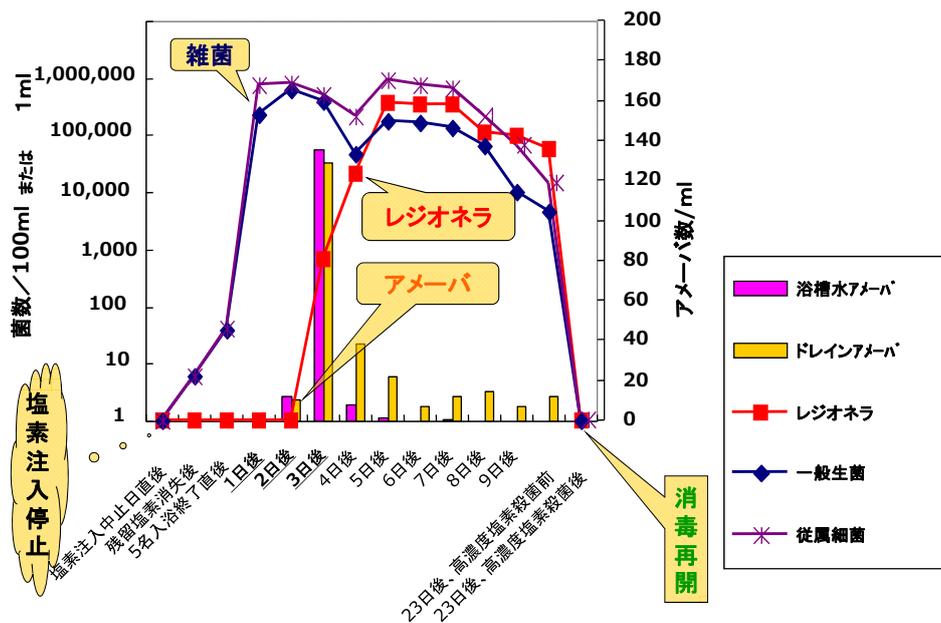
循環式浴槽では有機物が蓄積される



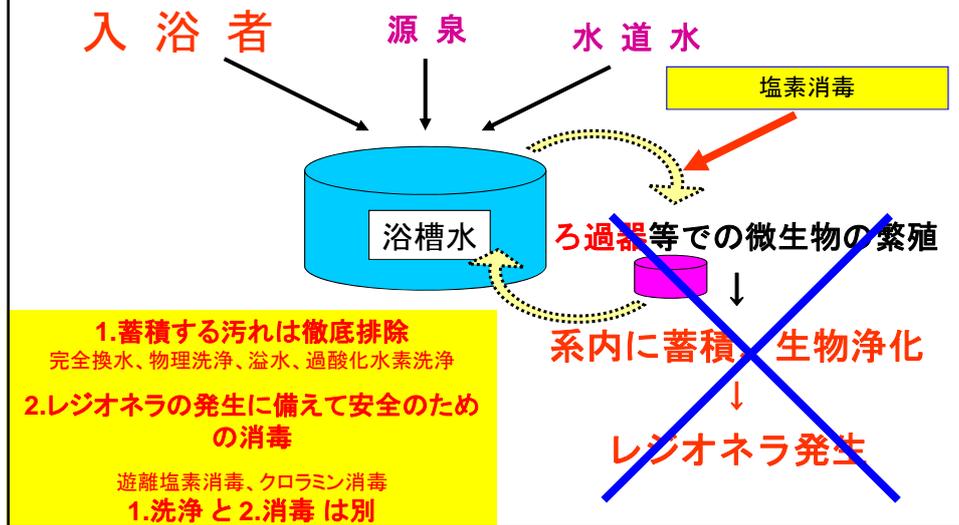
生物浄化の生態系ピラミッド



循環浴槽水中でのレジオネラおよびアメーバ等の経時変化



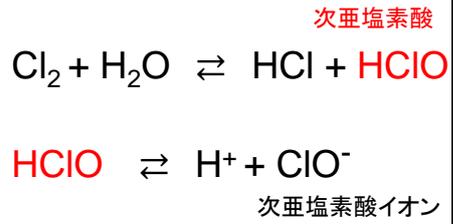
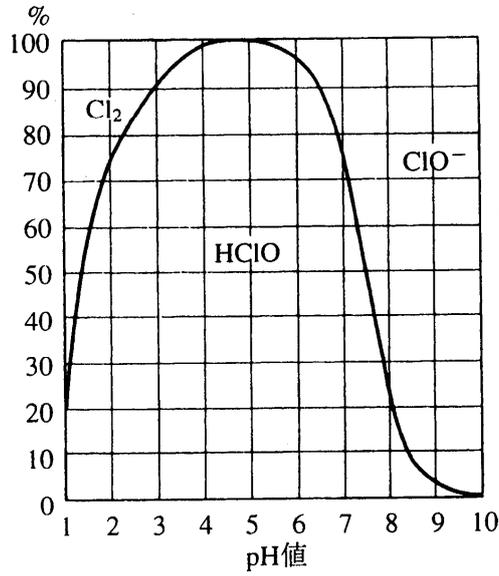
循環式浴槽では有機物が蓄積される



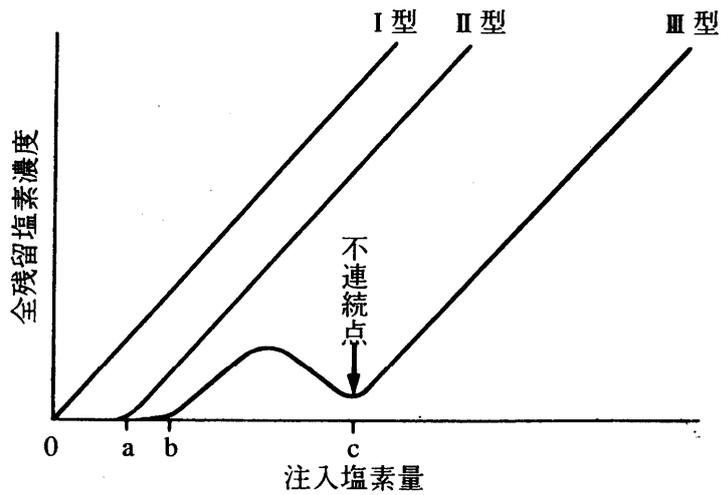
浴槽の遊離残留塩素消毒に係る諸問題

- | | |
|--------|--|
| 塩素消毒 | <ul style="list-style-type: none"> • 遊離残留塩素濃度の維持が困難 • 有機物で汚れた水を無理に消毒
(水道ではろ過後のきれいな水を消毒) • 高pH領域での消毒効果の低下
(レジオネラ汚染が多い傾向) • 臭気 |
| 消毒副生成物 | <ul style="list-style-type: none"> • トリハロメタン |
| 微生物問題 | <ul style="list-style-type: none"> • 塩素消毒による <i>Legionella</i> 菌叢の変化
SG1増加? |

水中遊離有効塩素の形に対するpHの影響

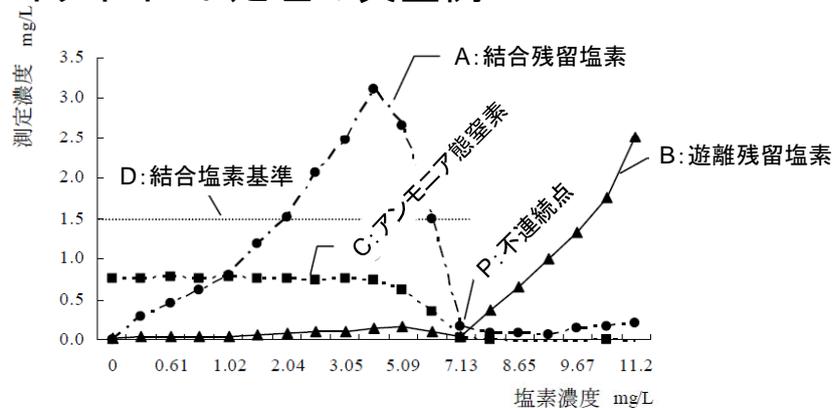


全残留塩素濃度と注入塩素量の関係



- I型 塩素を消費する物質を含まない場合（純水等）
- II型 無機性還元性物質を含む場合（鉄分、硫化水素等）
- III型 アンモニア態窒素を含む場合

「アンモニア態窒素を含む地下水の塩素処理」より、ブレイクポイント処理の典型例



アンモニア態窒素を含む飲用検査用地下水が11施設あり、塩素添加を行い、8施設で結果的に結合残留塩素処理を行っていた。きめ細かい管理をしなければならない。
(安齋ら、千葉県衛研年報第57号2008年)

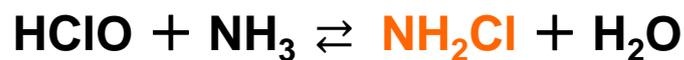
簡易DPD試薬では遊離残留塩素の管理が困難？

- 遊離用試薬が、有機クロラミン、モノクロラミンを検出？
 - 遊離残塩の試薬とモノクロラミンで直ちに発色したり、ゆっくり発色して遊離が少ないことは分かるが、刻々と発色が進み1分も置けなかったり、といった経験
 - 11製品を検討、5製品は遊離・結合塩素に対する選択性が認められず、結合塩素を遊離塩素と見誤らせる結果、注意必要
(横浜市衛生研究所調査情報月報2008年3月号「市販DPD試薬を使用して遊離残留塩素を測定する場合の注意」、第59回全国水道研究発表会「各種調製DPD試薬の遊離・結合残留塩素に対する選択性」(2008年)、吉川らより)

モノクロラミン消毒(結合塩素) による消毒に着目

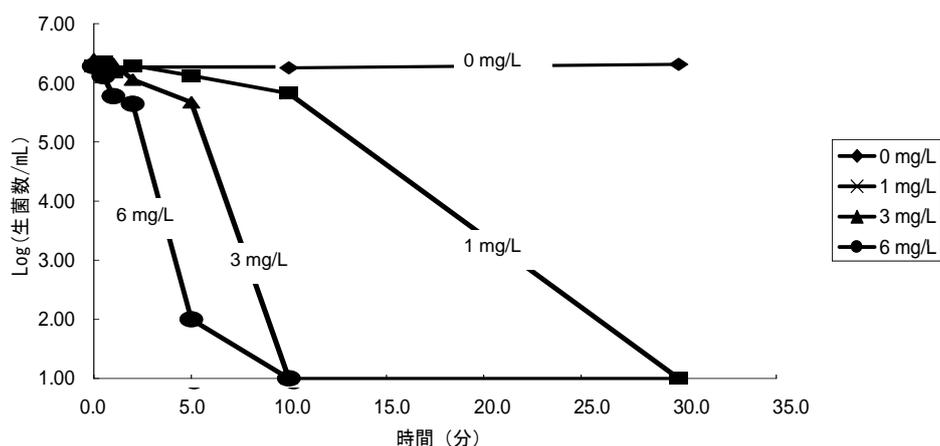
- 米国の水道での使用実績(飲用可、3割～)
 - 日本の水道でも、結合残留塩素による消毒は 0.4 mg/L以上、著しく汚染される恐れがある場合 1.5 mg/L以上と規定(水道法第22条に基づく水道法施行規則第17条第1項第3号)
- 残留性が高い(濃度管理が遊離に比べて容易)
- 高pHでも消毒効果
- トリハロメタン生成の防止
- バイオフィルム対策

モノクロラミンとは



- レジオネラや宿主アメーバなどに対し殺菌効果
- プールのような不快な塩素臭が少ない
- ウサギの皮膚刺激試験で無刺激物と判定

モノクロラミンによる *Legionella pneumophila* 殺菌効果 (40°C、pH9)



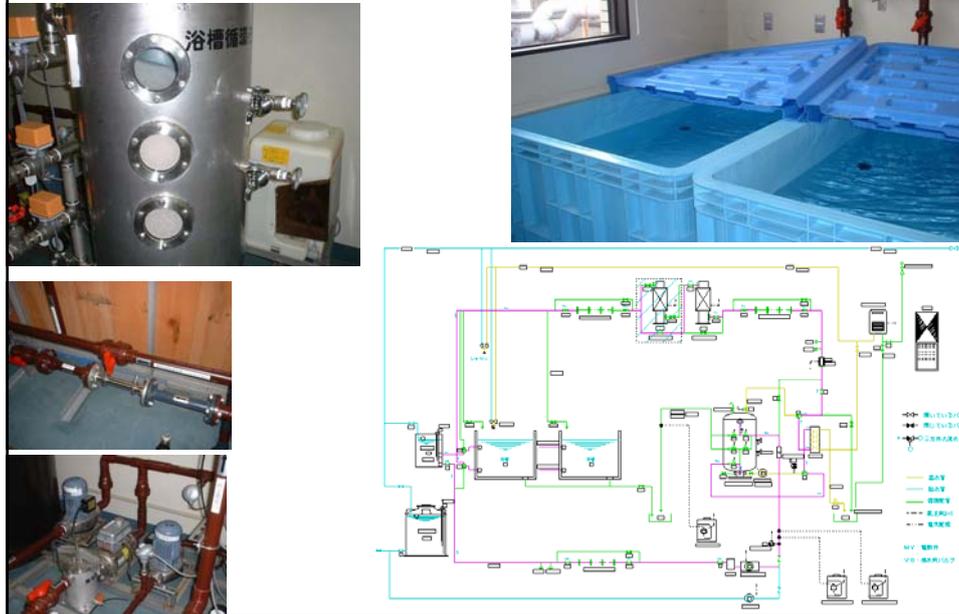
モノクロラミンの生成と注意

- 遊離塩素とアンモニアが反応すると、3種の無機クロラミン類 (モノクロラミン (NH_2Cl)、ジクロラミン (NHCl_2)、トリクロラミン (NCl_3)) が生成する



- モノクロラミンは微臭、ジクロラミン、トリクロラミンは刺激臭 (塩素臭の原因)
- pHが影響、アルカリ側ではモノクロラミン優勢、酸性側ではトリクロラミンが生じてしまう
- 濃度比が影響、アンモニアの割合が少ないと、ジクロラミン、トリクロラミンが生じてしまう
- 用事調整

モデル浴槽(循環ろ過式)



循環ろ過式浴槽モデルにおける モノクロラミン消毒実験

- 浴槽水 2 m^3 (pH8.4、 40°C 、井戸水)
 - 循環速度 $4\text{ m}^3/\text{h}$ (2回/1h)
- 用事調整したモノクロラミン溶液を投入
 - 井戸水 2 L に次亜塩素酸ナトリウム、塩化アンモニウムを混合
 - 作成直後に 2 m^3 の浴槽水に加えて、 3 mg/L とした
 - 14日間にわたって、モノクロラミン溶液の1日1回程度の間欠的な投入を繰り返し、濃度 3 mg/L を維持
 - モノクロラミン濃度、全残留塩素濃度、遊離残留塩素濃度はポケット残留塩素計を用い測定
- 浴槽への入浴でヒトの体から出る有機物を蓄積

浴槽水、ろ過器内水の菌数等の変化

浴槽水 / ろ過器内水

	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	アメーバ (50mL中)	EMA-PCR (CFU/100mL)	フローサイトメトリー判定
入浴前	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 1 日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 2 日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 3 日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 5 日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 8 日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴 10日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴12日目	<10	<10	0	<10	清浄
入浴15日目	<10	<10	0	<10	清浄

この間、1日1回の手投入でモノクロラミンを2~3mg/Lに維持

モノクロラミン消毒の自動化へ

- 遊離残留塩素の自動装置は市販されているが、モノクロラミンについては未聞
- 取扱注意
 - 濃度比とpH、間違えるとトリクロラミン発生
 - 排水に注意、モノクロラミンは水生生物への毒性あり
 - 用事調整
- 塩素測定方法にも注意
 - 適切に測定を行う

静岡県の実施設での例

汚染に悩ま
されていた



源泉 190 CFU/100mL
(pH 9.0、ナトリウム - 硫酸塩
泉、49℃)

源泉タンク 120 CFU/100mL



A浴槽 260 CFU/100mL



B浴槽 50 CFU/100mL



C浴槽 90 CFU/100mL

モノクロラミン消毒の導入



モノクロラミン生成自動注入
装置



源泉タンクにモノクロラミンを
注入、3mg/mL濃度維持



源泉 (pH 9.0)



A浴槽



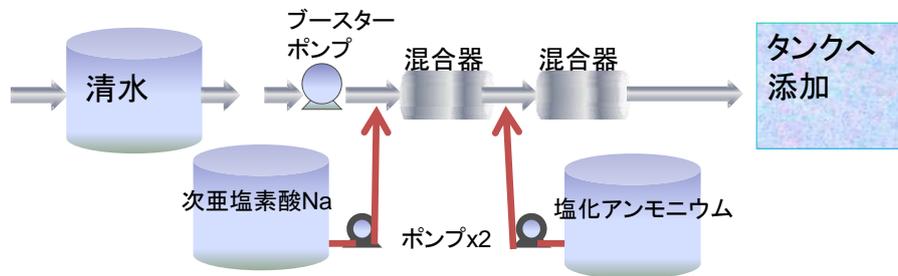
B浴槽



C浴槽

レジオネラ不検出

モノクロラミン自動生成・注入装置



- 源泉は常に一定量
- 注入速度を一定

長崎県の実施設例

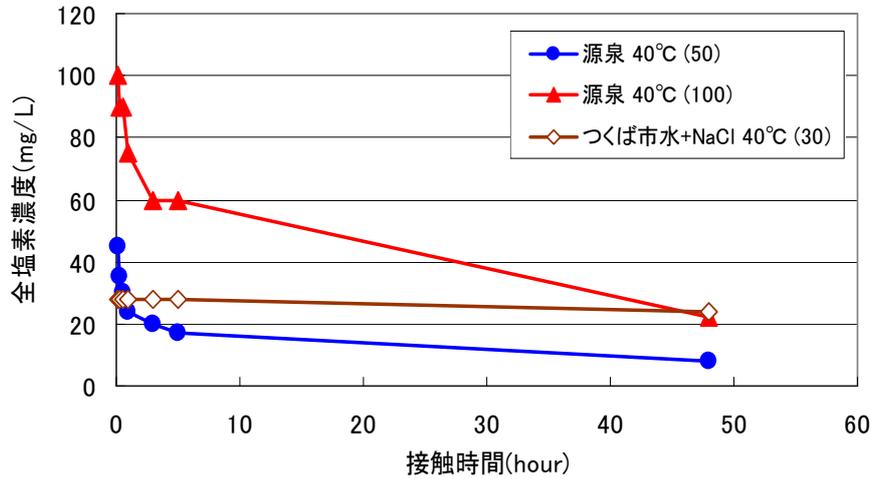
水質

	源泉
pH	8.2
電気伝導率	1500
全硬度 (CaCO ₃)	72
カルシウム硬度 (CaCO ₃)	36
マグネシウム硬度 (CaCO ₃)	36
塩化物イオン (Cl ⁻)	4400
酸消費量 (pH4.8) (CaCO ₃)	2500
シリカ (SiO ₂)	42
硫酸イオン (SO ₄)	<5
TOC	1.5
COD(O)	3.4
アンモニウムイオン (NH ₄)	4.6
全ヨウ素	3.8
ORP	344

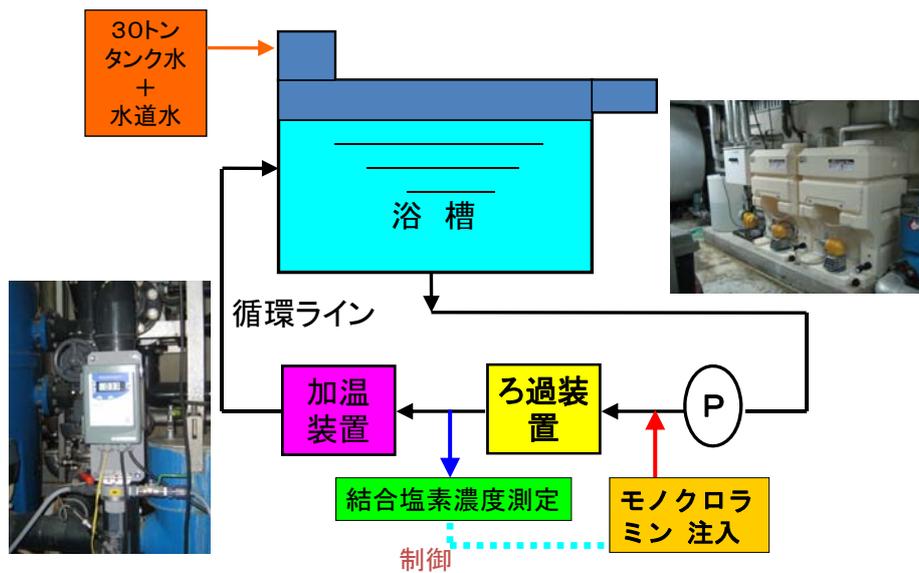
単位：pH、電気伝導率 (mS/m)、
ORP (mV)、ほかはmg/L

本温泉水のモノクロラミン消費量が50mg/L近くもあった

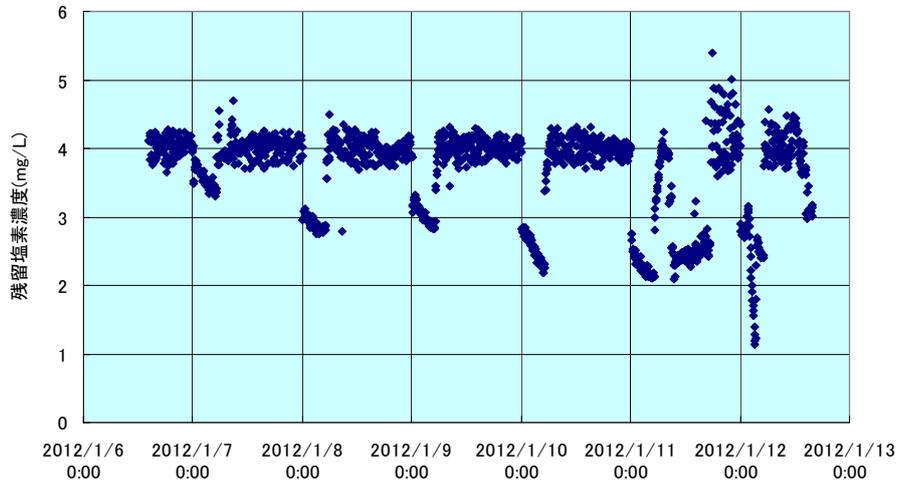
モノクロラミン添加時の残留塩素濃度の推移



大浴槽へのモノクロラミン液注入フロー



モノクロアミン添加、制御の状況



夜間は浴槽水の循環を停止。1月11日(水)は営業していない

モデル浴槽での自動化



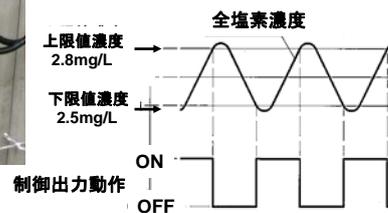
全塩素濃度測定用センサ



モニタ



制御盤



謝辞

- 公衆浴場等におけるレジオネラ属菌対策を含めた総合的衛生管理手法に関する研究(研究代表者 倉 文明)
 - 研究分担者 杉山寛治 静岡県環境衛生科学研究所
 - 研究分担者 田栗利紹 長崎県環境保健研究センター
 - 研究分担者 縣 邦雄 アクアス株式会社 つくば総合研究所
 - 研究分担者 神野透人 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部
 - 研究協力者 小坂浩司 国立保健医療科学院 生活環境研究部
 - 研究協力者 泉山信司 国立感染症研究所 寄生動物部
 - 他

- 公衆浴場におけるレジオネラの消毒方法に関する研究
(研究代表者 遠藤 卓郎)
 - 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