

2016. 2. 5

# 入浴施設における モノクロラミン消毒の導入事例

静岡県環境衛生科学研究所

長岡 宏美

# 遊離塩素消毒が抱える問題点

- 遊離塩素**濃度の維持**が困難
- **アルカリ泉**で消毒効果が低下
- 塩素**消毒臭気**の苦情がある
- **消毒副生成物**(発癌性物質等)の生成
- 塩素消毒しても**レジオネラ属菌**を検出  
(源泉にアンモニアなど塩素を消費する成分が含まれている)  
(夜間に消毒装置の運転を停止している)

## 遊離塩素による消毒が適さない・できない泉質

- $\text{NH}_4^+$  (アンモニア) を含む泉質
- アルカリ性の泉質
- $\text{I}^-$ 、 $\text{Br}^-$  を含む泉質
- 腐食質 (フミン酸類等) を含む泉質
- 鉄イオン、Mnイオン等を含む泉質
- 硫化水素を含む泉質

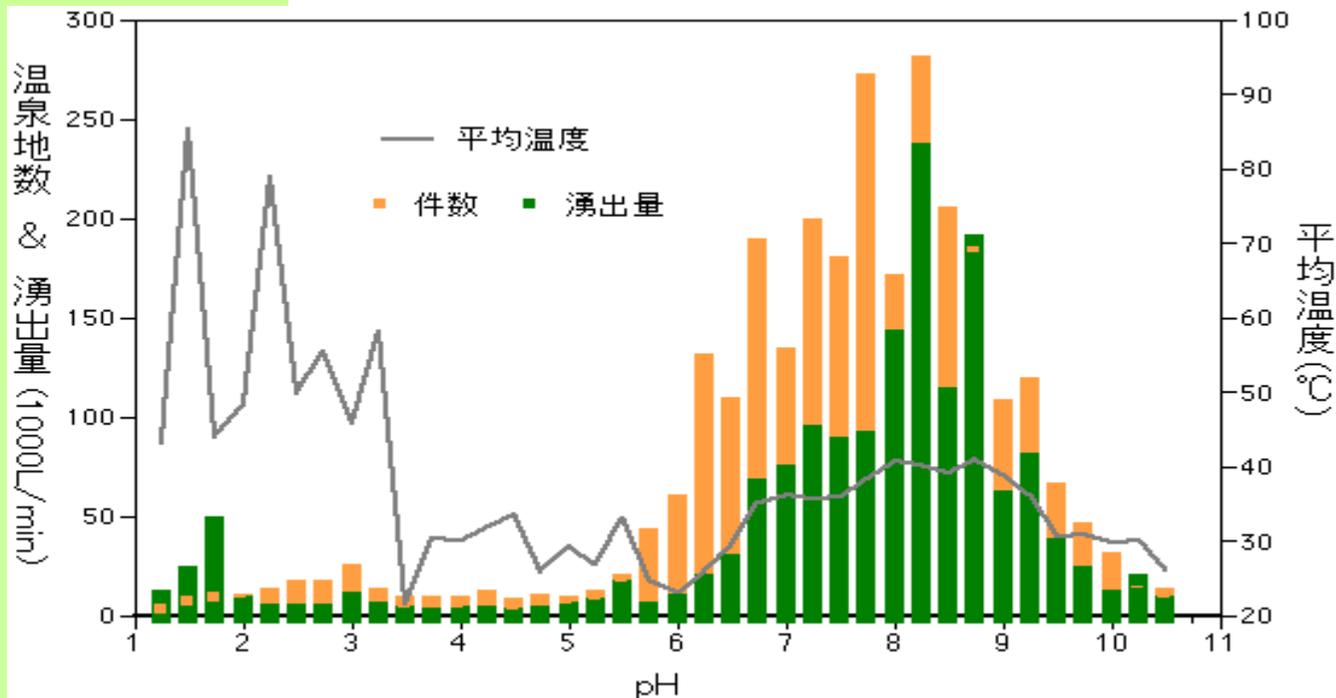


図 温泉のpHと温泉件数・総湧出量・平均温度

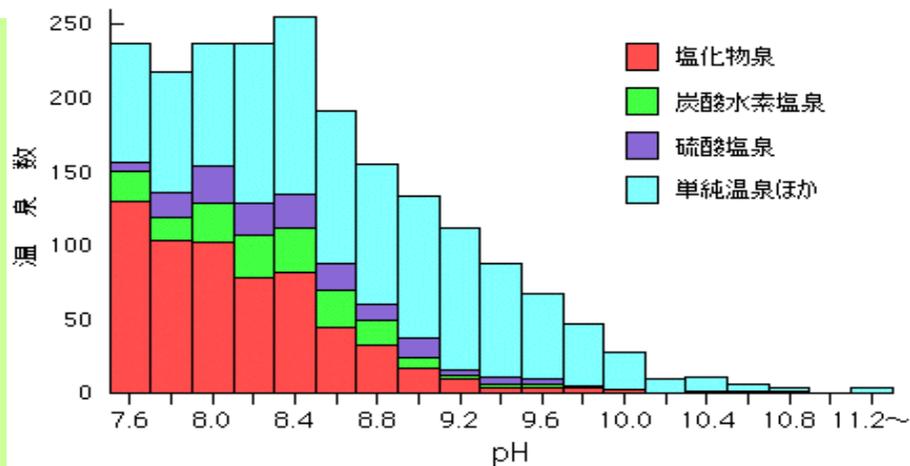


図 アルカリ性泉のpH頻度分布と泉質

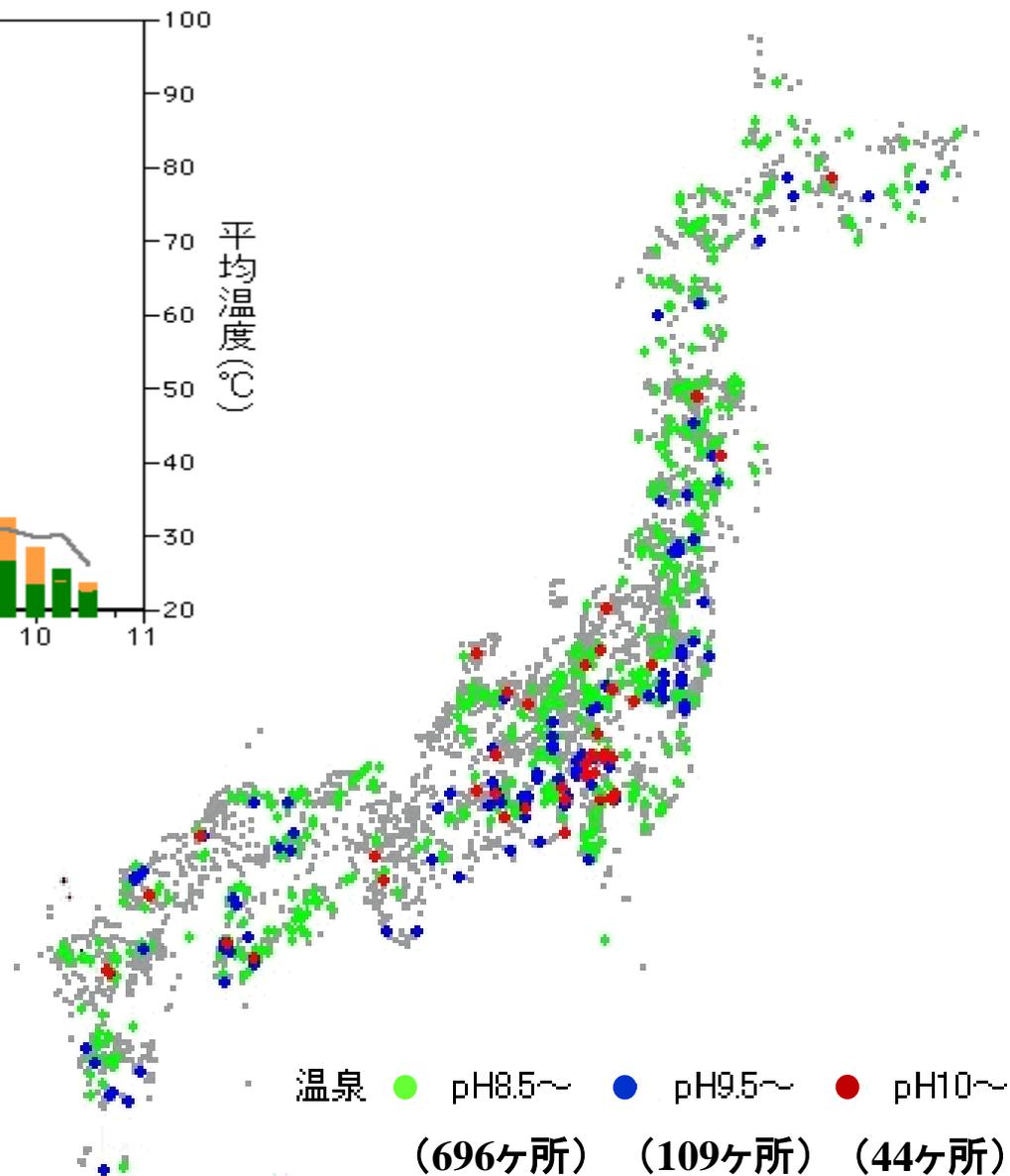
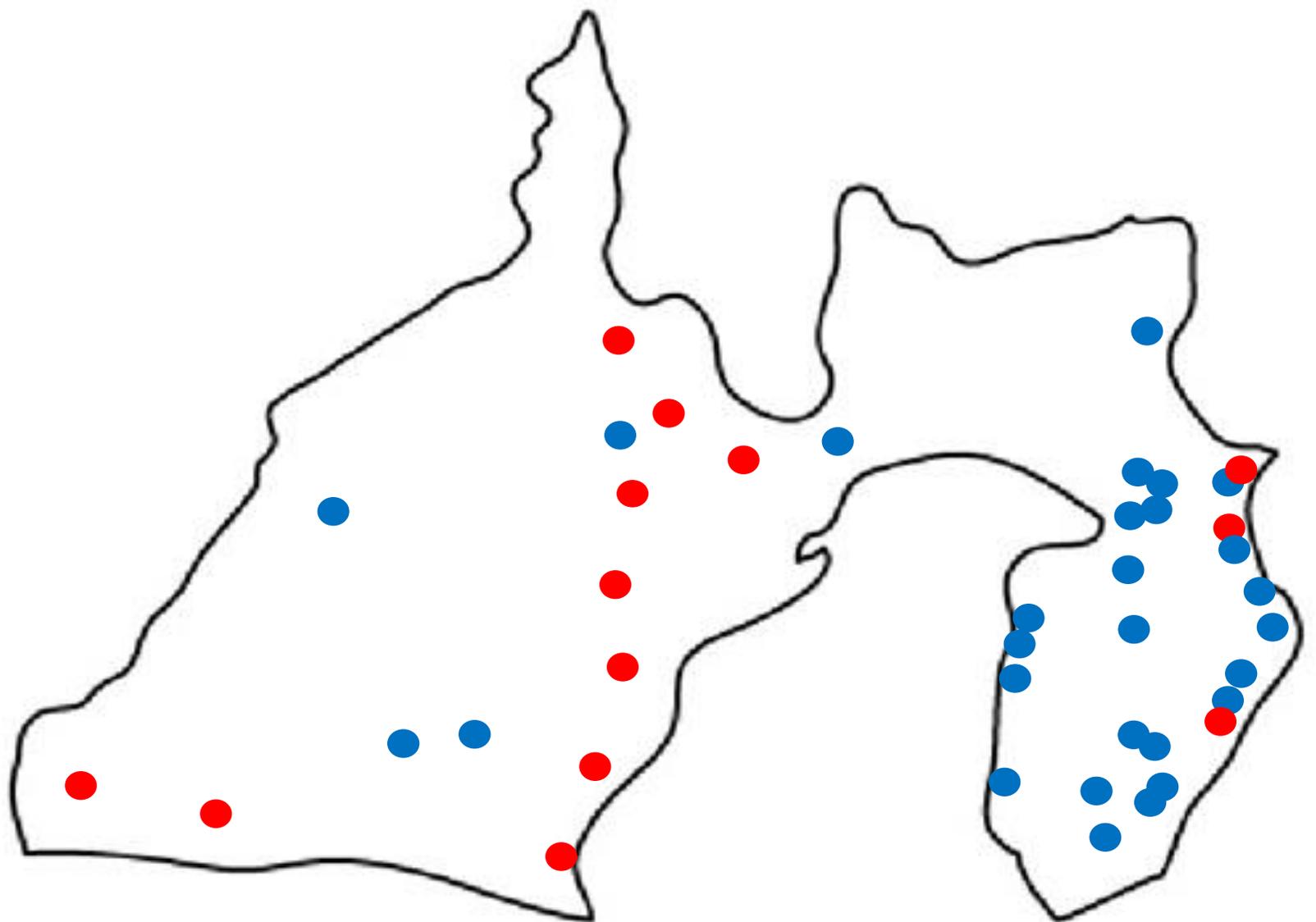


図 全国のアルカリ性泉の分布

# 静岡県内源泉のアンモニア態窒素含有量



含有量 (mg/L)

● 0.5 以上

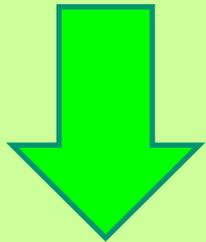
● 0.5 未満

1. 遊離塩素消毒が難しい温泉水を中心に、より広範囲な泉質へモノクロラミン消毒の適用を目指して
  - ① 各種温泉成分の消毒剤に与える影響を検討
  - ② モノクロラミン消毒の事前適合性試験を開発
2. 循環式入浴施設(営業施設)におけるモノクロラミン消毒の検証
3. モノクロラミンの注入方式、濃度測定方法、およびモノクロラミンによる配管洗浄方法の確立

# より広範囲な 泉質へ モノクロラミン消毒の適用

# 実証試験のスキーム

実験室レベルで源泉水へのモノクロラミン消毒適用の可否を調査



実証試験を行う源泉水にモノクロラミンや遊離塩素を加え経時的濃度変化を確認

実証試験

## 調査項目

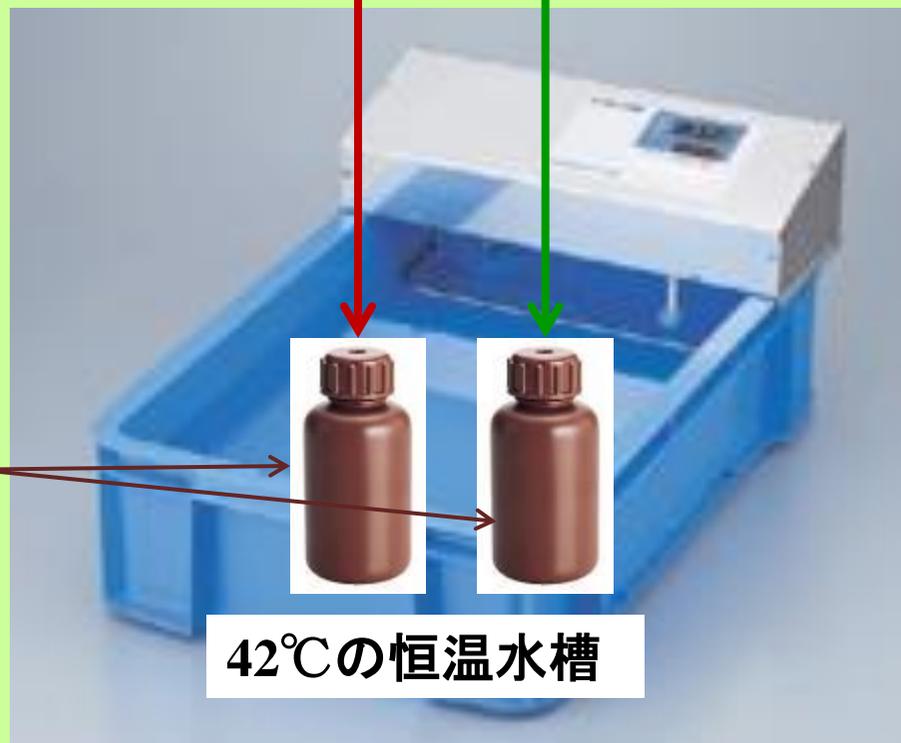
- (1)モノクロラミンの濃度安定性
- (2)微生物検査
  - ・レジオネラ属菌、アメーバ、従属栄養細菌、一般細菌
  - ・レジオネラ属菌遺伝子検出
- (3)化学検査
  - ・ジクロラミン、トリクロラミン
  - ・消毒副生成物  
(トリハロメタン類4物質、ハロアセトニトリル類3物質)

# 温泉水へのモノクロラミン消毒効果を簡便に予測可能

遊離塩素濃度が3mg/L(計算値)になるように次亜塩素酸ナトリウムを添加

モノクロラミンを生成し、濃度が3mg/L(計算値)になるように添加

温泉源泉水入りポリ容器

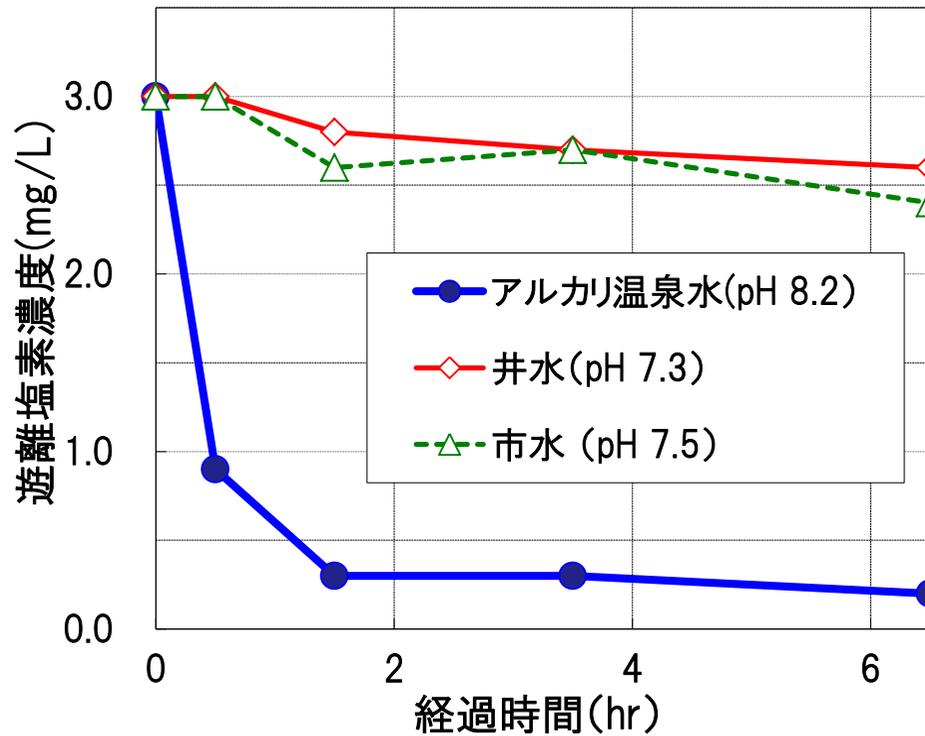


42°Cの恒温水槽

42°Cの恒温水槽中で、遊離塩素濃度、モノクロラミン濃度を経時的に測定

モノクロラミン濃度が維持できれば、本温泉水へのモノクロラミン消毒が可能

## 次亜塩素酸ナトリウム添加時



## モノクロラミン添加時

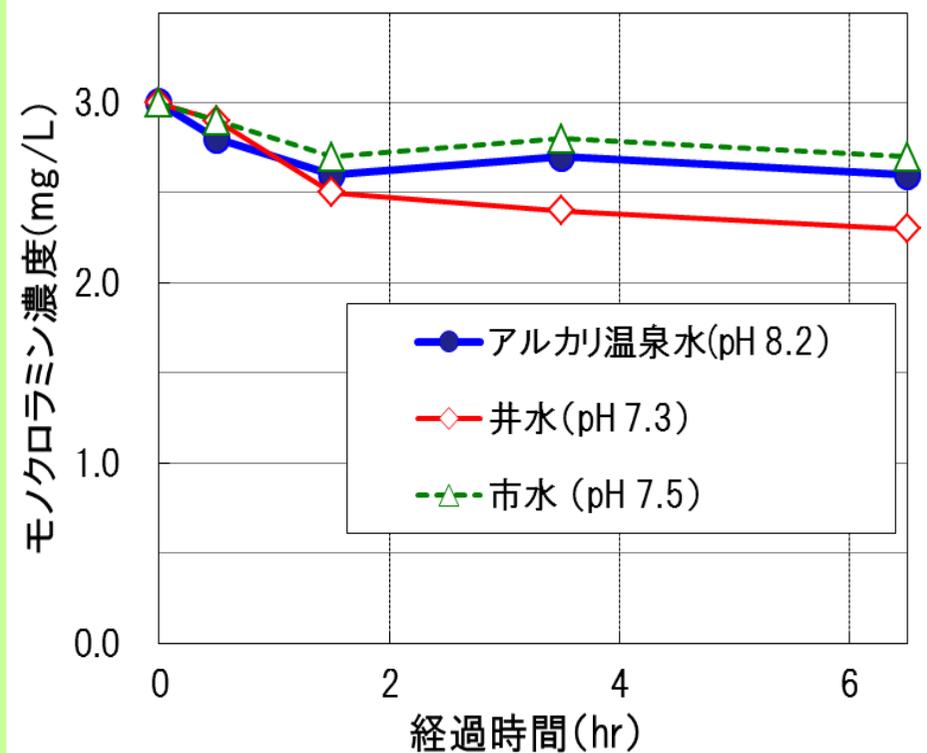
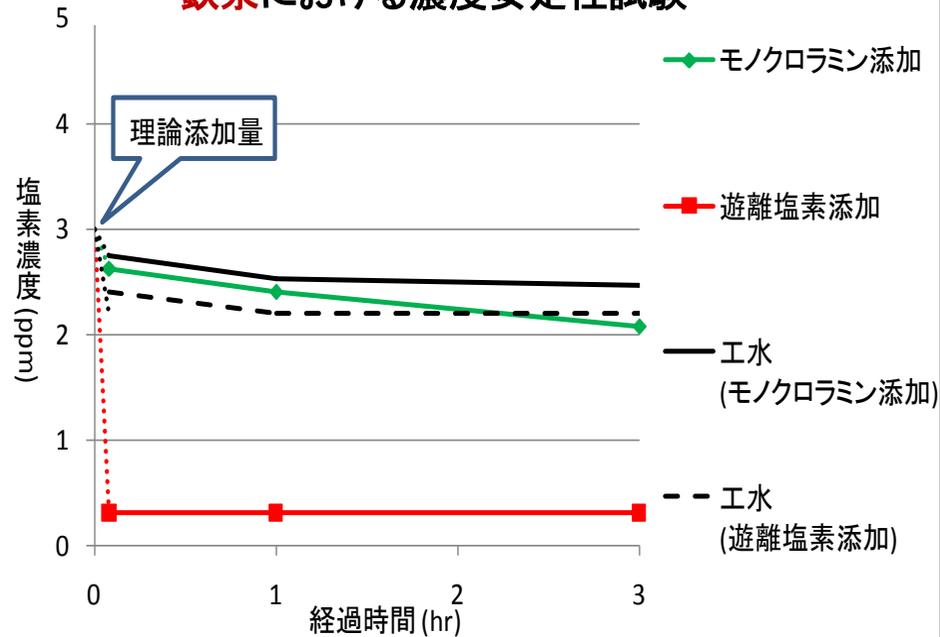
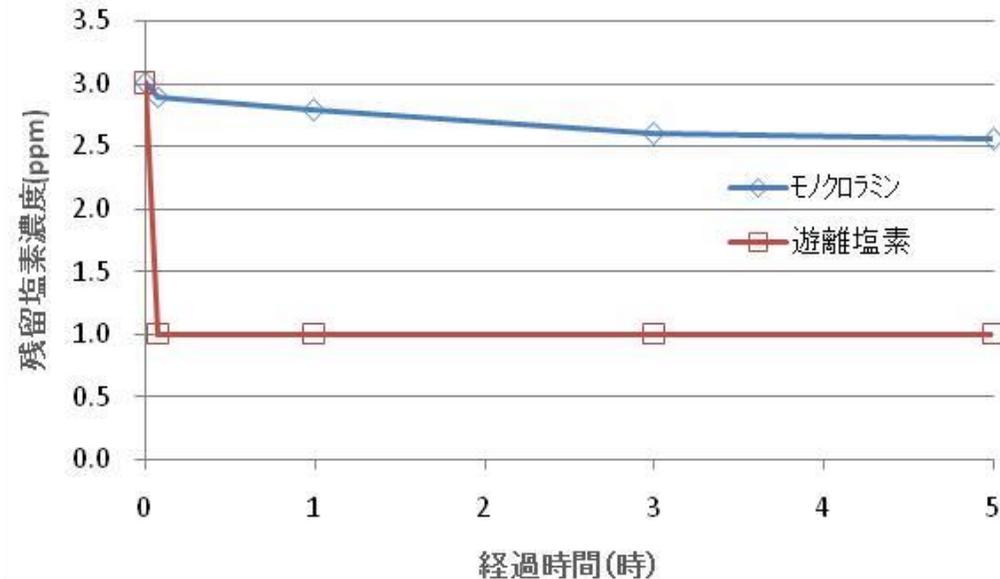


図 アンモニア態窒素(0.4 mg/L)を含む温泉水における次亜塩素酸ナトリウム、モノクロラミンの濃度安定性試験の結果

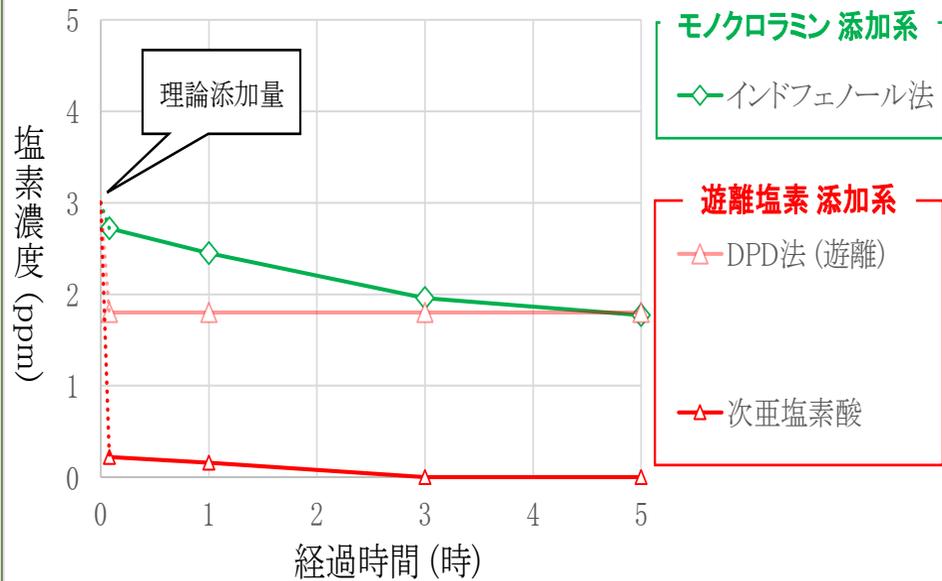
### 鉄泉における濃度安定性試験



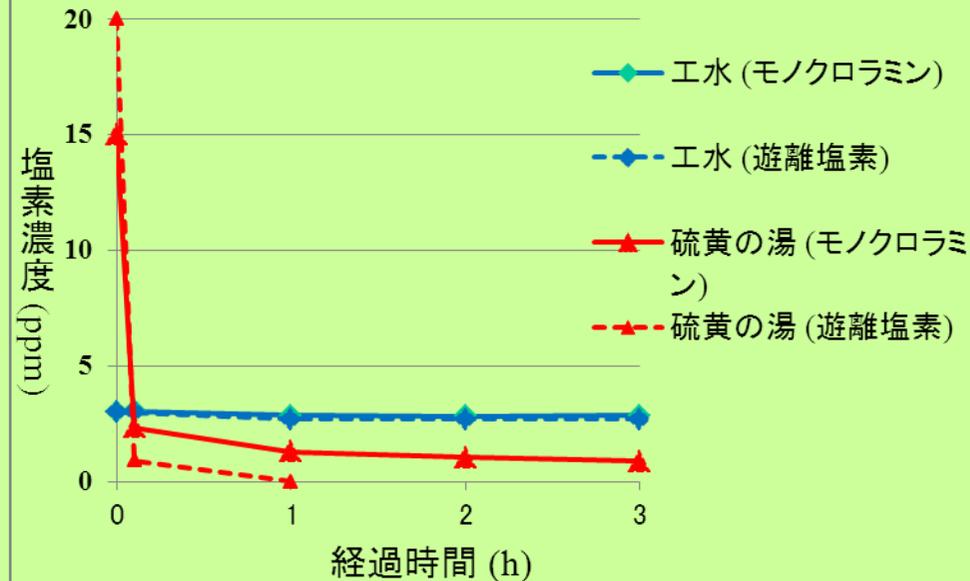
### マンガンイオン含有地下水における濃度安定性試験



### 臭素イオン含有温泉における濃度安定性試験



### 硫黄の湯における濃度安定性試験



**循環式入浴施設（営業施設）  
における  
モノクロラミン消毒の検証**

表1 モノクロラミン消毒の実証試験を実施した営業施設 10ヶ所の泉質

施設名	循環設備と運転状況	泉質と特徴的な成分因子	pH
施設No.1	循環式 <u>夜間運転停止</u>	ナトリウム-炭酸水素塩泉, アンモニア態窒素: 1.9mg/L	9.0
施設No.2	循環式	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.4mg/L	8.2
施設No.3	循環式( <u>気泡発生装置付き</u> )	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.4mg/L	8.2
施設No.4	循環式 <u>夜間運転停止</u>	ナトリウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 4.3mg/L	7.8
施設No.5	循環式 <u>夜間運転停止</u>	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 2.3mg/L	7.36
施設No.6	循環式( <u>気泡発生装置付き</u> ) 毎日換水	鉄泉(全鉄イオン: 10mg/L), アンモニア態窒素: 1mg/L	6.9
施設No.7	循環式( <u>気泡発生装置付き</u> ) <u>夜間運転停止</u>	マンガンイオン: 1.1mg/Lを含む地下水	7.2
施設No.8	循環式	井水の沸かし湯	7.3
施設No.9	循環式( <u>気泡発生装置付き</u> ) <u>夜間運転停止</u>	井水の沸かし湯	7.6
施設No.10	循環式 <u>夜間運転停止</u>	カルシウム・ナトリウム-塩化物泉, アンモニア態窒素: 0.3mg/L	7.5

# 循環式入浴施設(営業施設)における モノクロラミン消毒で得られた成績

- レジオネラ属菌とその宿主アメーバを不検出にできる
- 遊離塩素に比べ、濃度が安定/長時間持続
- バイオフィルム除去、定着防止効果がある
- 消毒副生成物の生成が少ない
- 塩素臭(カルキ臭)がなく、皮膚への刺激が少ない
- 特に、アルカリ泉質、アンモニア態窒素含有泉質など遊離塩素消毒が困難な泉質の消毒に効果が高い

表 営業施設No.1におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

pH9.0, アンモニア態窒素1.9mg/L含む

検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)							対照浴槽 (遊離塩素管理)
		開始時	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	
微生物 検査	レジオネラ属菌数 (cfu/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (cfu/mL)	$1.5 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$	$3.3 \times 10^2$	$1.2 \times 10^3$	$2.3 \times 10^3$	$2.9 \times 10^2$	$2.8 \times 10^3$	$2.3 \times 10$
	アメーバ数 (cfu/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素 濃度	モノクロラミン (mg/L)	1.3	3.2	3.5	2.4	3.6	3.9	3.9	1.2
	ジクロラミン (mg/L)	<0.015	0.2	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	0.2
	トリクロラミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
消毒副 生成物	トリハロメタン類4物質(μ g/L)	0.12	0.21	0.25	0.19	0.26	0.23	0.23	22.2
	ハロアセトニトリル3物質(μ g/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

表 営業施設No.2におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

pH8.2, アンモニア態窒素0.4mg/L含む

検査項目		実験浴槽 (モノクロラミン管理)							対照浴槽 (遊離塩素管理時)
		開始時	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	
微生物 検査	レジオネラ属菌数 (cfu/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (cfu/mL)	5	$1.1 \times 10^2$	$5.2 \times 10^2$	$1.0 \times 10^3$	$1.7 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$	$7.2 \times 10^2$	<1
	アメーバ数 (cfu/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素 濃度	モノクロラミン (mg/L)	4	2.6	3	3.4	・	・	2.2	0.1
	ジクロラミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	0.1	0.1
	トリクロラミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	・	・	<0.015	1.2
消毒副 生成物	トリハロメタン類4物質(μ g/L)	・	0.7	0.6	3.08	・	・	0.52	152.56
	ハロアセトニトリル3物質(μ g/L)	・	<0.1	<0.1	<0.1	・	・	<0.1	42
一般 検査	pH	7.8	8.1	8	7.9	8.1	7.9	8.1	7.9
	大腸菌群	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
現場 検査	モノクロラミン (mg/L)	4.5	3.6	3.2	3.5	4	3.3	3.7	0.4
	全塩素 (mg/L)	3.6	3	4	4	4	4	4	1.5
	遊離塩素 (mg/L)	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1

表 営業施設No.4におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

アンモニア態窒素4.3mg/L含む

検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)						対照浴槽
		1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	遊離塩素管理時
微生物 検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	アメーバ数(個/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	$1.6 \times 10^4$	$1.9 \times 10^2$	6	2	$2.5 \times 10$	2	6
塩素 濃度	モノクロラミン (mg/L)	0.91	2.8	9	28	6.2	5.5	7
	ジクロラミン (mg/L)	<0.1	<0.1	0.4	1.1	0.2	0.2	0.56
	トリクロラミン (mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
消毒副 生成物	トリハロメタン類4物質( $\mu$ g/L)	0.6	0.15	0.17	0.4	0.18	0.16	0.28
	ハロアセトニトリル3物質( $\mu$ g/L)	<0.1	<0.1	<0.1	0.63	<0.1	<0.1	<0.1
現場簡 易検査	モノクロラミン (mg/L)	1.2	3.1	9.5	28	5.7	6	8.5
	全塩素 (mg/L)	1	1.5	4.4	12	3.3	2.9	3.9
	遊離塩素 (mg/L)	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
	遊離アンモニア (mg/L)	2.8	2.8	2.8	>2.8	2.8	2.8	1.6

表 営業施設No.5におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

アンモニア態窒素2.3mg/L含む

浴槽水 検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)					対照浴槽
		開始時	1週目	2週目	3週目	4週目	-
微生物 検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	-	<10	<10	<10	<10	<10
	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	-	33	22	$2.9 \times 10^2$	4	$1.2 \times 10^2$
	アメーバ数(CFU/50mL)	-	<1	<1	<1	<1	<1
塩素 濃度	モノクロラミン (mg/L)	-	-	2.7	2.7	3.5	0.15
	ジクロラミン (mg/L)	-	-	0.2	0.2	<0.1	0.25
	トリクロラミン (mg/L)	-	-	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	遊離塩素 (mg/L)	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
消毒副 生成物	トリハロメタン類4物質( $\mu$ g/L)	-	0.95	1.79	0.96	0.45	47.4
	ハロアセトニトリル3物質( $\mu$ g/L)	-	2.0	2.7	2.2	1.4	42

浴室内空気 検査項目		実験浴室	対照浴槽
		3週目	-
消毒副 生成物	トリハロメタン類4物質( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )	2.6	140

表 営業施設No.6におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

鉄泉

検査項目		実験浴槽	対照浴槽
		モノクロラミン管理	遊離塩素管理時
微生物検査	レジオネラ属菌 (CFU/100mL)	<10	20 ( <i>L.pneumophila</i> SG5)
	一般細菌数 (CFU/mL)	8	$9.5 \times 10^3$
	アメーバ数 (個/50mL)	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/L)	2	<0.1
	ジクロラミン	0.2	<0.1
	トリクロラミン	<0.015	<0.015
	遊離塩素	<0.1	<0.1
消毒副生成物	Dichloroacetonitrile ( $\mu$ g/L)	-	0.21
	Bromochloroacetonitrile ( $\mu$ g/L)	-	-
	Dibromoacetonitrile ( $\mu$ g/L)	-	-
	Chloroform ( $\mu$ g/L)	0.14	1.1
	Bromodichloromethane ( $\mu$ g/L)	-	0.49
	Dibromochloromethane ( $\mu$ g/L)	-	0.20
	Bromoform ( $\mu$ g/L)	-	-
	Chloroacetic acid ( $\mu$ g/L)	1.1	0.75
Dichloroacetic acid ( $\mu$ g/L)	6.8	5.7	



表 営業施設No.7におけるモノクロラミン消毒検証試験結果

マンガン含む井水

浴槽水 検査項目		実験浴槽(モノクロラミン管理)							対照浴槽
		開始時	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	-
微生物検査	レジオネラ属菌数 (CFU/100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	一般細菌数 (CFU/mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	$8.3 \times 10$
	従属栄養細菌数 (CFU/mL)	<1	<1	$3.7 \times 10^3$	$3.9 \times 10^3$	$2.9 \times 10^4$	$6.7 \times 10^3$	$7.6 \times 10^3$	$5.8 \times 10$
	アメーバ数 (CFU/50mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン (mg/L)	-	-	6.0	-	3.7	-	-	<0.1
	ジクロラミン (mg/L)	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.2
	トリクロラミン ( $\mu$ g/L)	-	-	<15	-	<15	-	-	<15
	遊離塩素 (mg/L)	-	-	<0.1	-	<0.1	-	-	0.45
消毒副生成物	トリハロメタン類4物質 ( $\mu$ g/L)	-	-	<0.001	-	<0.001	-	-	0.006
	NDMA ( $\mu$ g/L)	-	-	6.3	-	6.6	-	-	5.6
現場簡易検査	モノクロラミン (mg/L)	3.7	6.4	5.5	4.1	4.1	3.55	2.5	-
	全塩素 (mg/L)	3.64	5.85	5.41	3.72	3.63	3.52	2.7	-
	遊離塩素 (mg/L)	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0.8
	遊離アンモニア (mg/L)	>0.55	1.15	2.75	1.65	2.05	2.4	2.3	-



モノクロラミン消毒時の  
ヘアキャッチャー内部



モノクロラミン消毒

次亜塩素酸ナトリウム消毒

拭き取り綿棒の汚れの違い



次亜塩素酸ナトリウム消毒時の  
ヘアキャッチャー内部



ヘアキャッチャー接続配管を  
拭った手



ヘアキャッチャー接続配管を  
拭った手

図 モノクロラミン消毒 (3mg/L) 時と遊離塩素消毒 (0.5~1mg/L) 時の  
ヘアキャッチャー配管内の拭き取りの比較

# モノクロラミンの注入方式

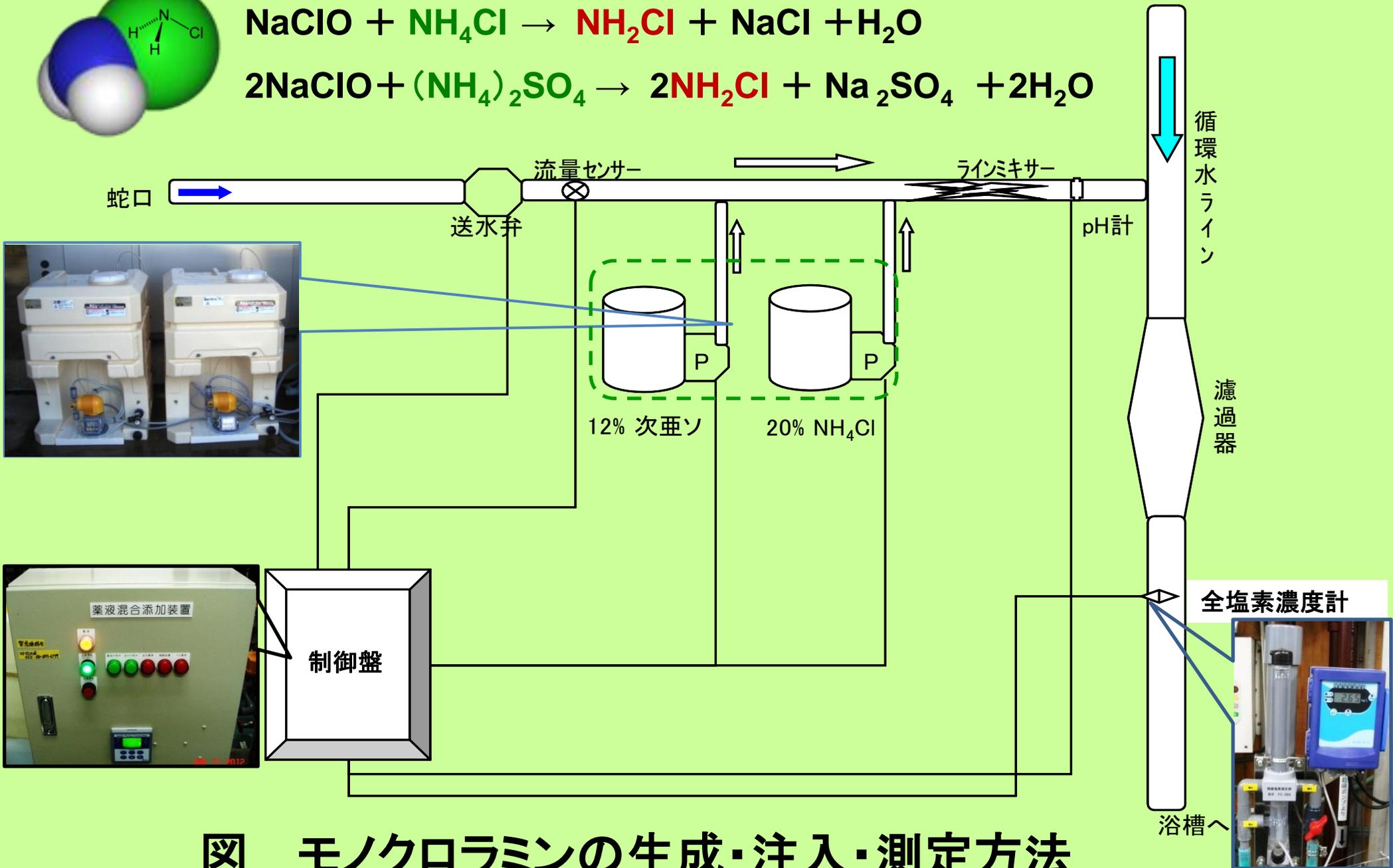
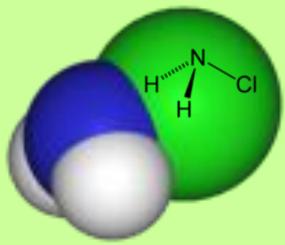


図 モノクロラミンの生成・注入・測定方法



全塩素濃度測定用センサ



モニター



制御盤

単純泉、井水使用浴槽向き

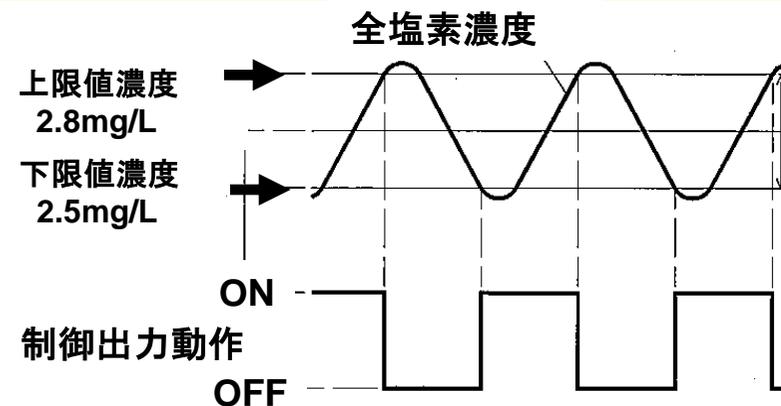


図 モノクロラミン濃度を全塩素計で検知して自動添加する**センサー注入方式**

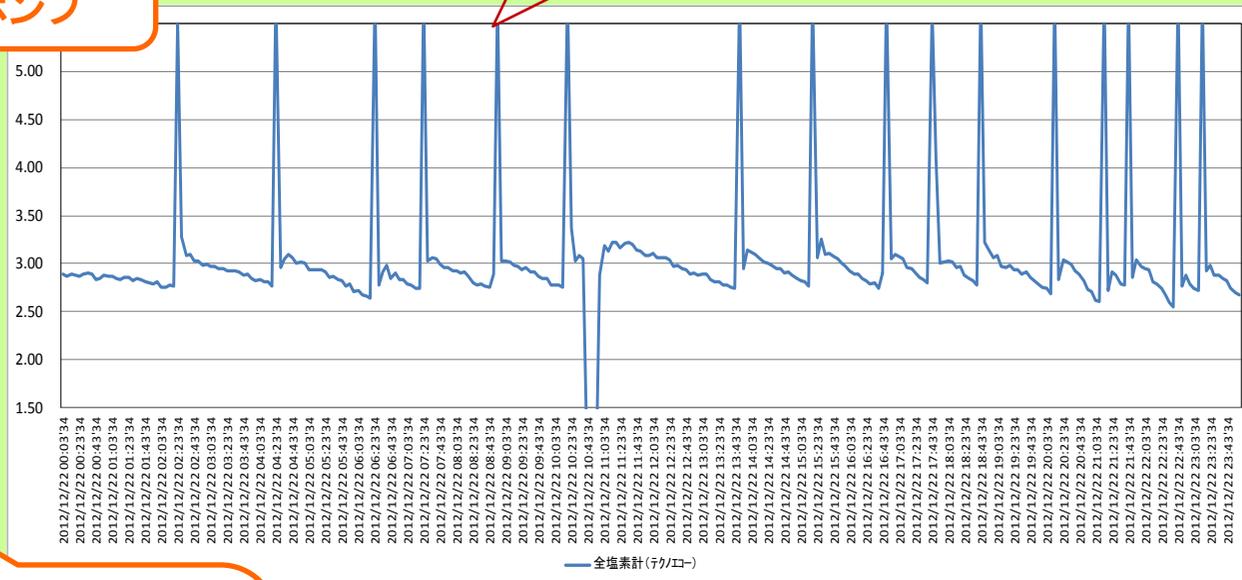


次亜塩素酸Na  
タンク・ポンプ

硫酸アンモニウム  
タンク・ポンプ

制御盤で一定  
時間ごとに  
タイマー注入。  
5系統まで可能

注入時の濃度上昇



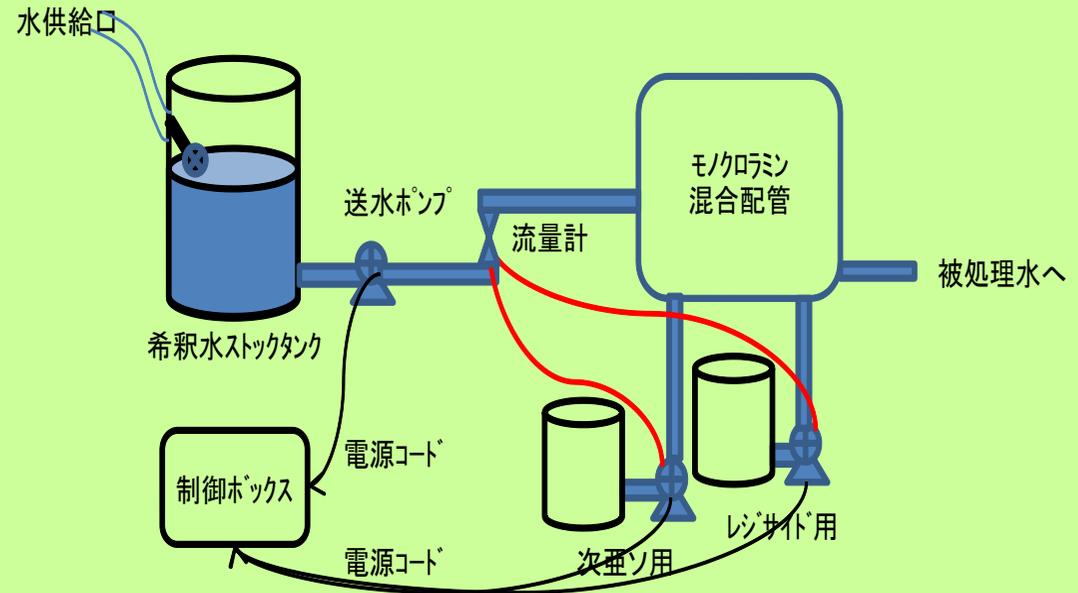
塩化物泉を使用する浴槽向き

図 補給水量に応じ、**タイマー注入**で  
モノクロラミン濃度を保つ機械注入方式

## 《制御盤》



## 《接続図》



1プッシュで一定濃度のモノクロラミンが注入できる装置

民宿や旅館等の小規模浴槽向き

図 **プッシュボタン式** モノクロラミン添加方式

# モノクロラミン消毒のイニシャルコスト 及びランニングコスト

注入方式	イニシャルコスト	ランニングコスト
センサー方式	<ul style="list-style-type: none"><li>・150～200万円</li><li>・他にポンプ及びタンクが必要</li><li>・1循環系統につき1台</li></ul>	いずれの方式も 泉質により異なる  (実証試験を実施 した1施設では遊 離塩素消毒の約 1.6倍)
タイマー方式	<ul style="list-style-type: none"><li>・150～200万円</li><li>・他にポンプ及びタンクが必要</li><li>・1台で2～5循環系統に対応</li></ul>	
プッシュボタン方式	<ul style="list-style-type: none"><li>・70～100万円</li><li>・他にポンプ及びタンクが必要</li><li>・1循環系統につき1台</li></ul>	

# モノクロラミンの濃度測定方法

## インドフェノール試薬(5分)



試薬には  
シアンが  
含まれる  
ので、廃  
液処理が  
必要



# モノクロラミン濃度の測定方法

## 全塩素計



## DPD試薬(4分)



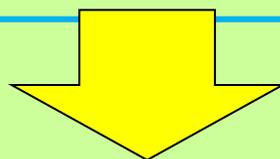
**現場では試薬の取扱が容易な  
全塩素濃度DPD測定法が向いている**

# モノクロラミンによる配管洗浄等

# 循環式浴槽の消毒

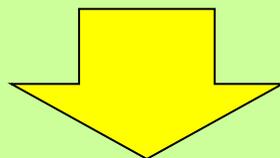
循環式浴槽では**遊離塩素**による消毒を義務付け

旅館業法施行規則及び公衆浴場法施行細則



・カルキ臭の発生

・泉質(アルカリ泉質等)などによる殺菌効果の低下

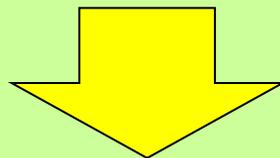


「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」  
において、モノクロラミンが明記

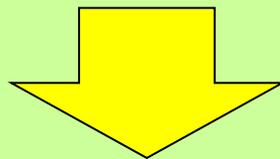
平成27年3月31日付け健衛発0331第7号厚生労働省健康局生活衛生課長通知

# モノクロラミンの導入に向けて

「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」



配管洗浄等で使用する場合の  
適正濃度、作用時間の記載なし



モノクロラミンを施行規則に認めるための  
基礎データとして、条件検討を行う

# 回流装置路を用いての洗浄実験

・回流装置：市水



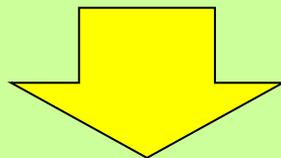
バイオン培地

*Enterobacter aerogenes*

*Escherichia coli*

*Staphylococcus aureus*

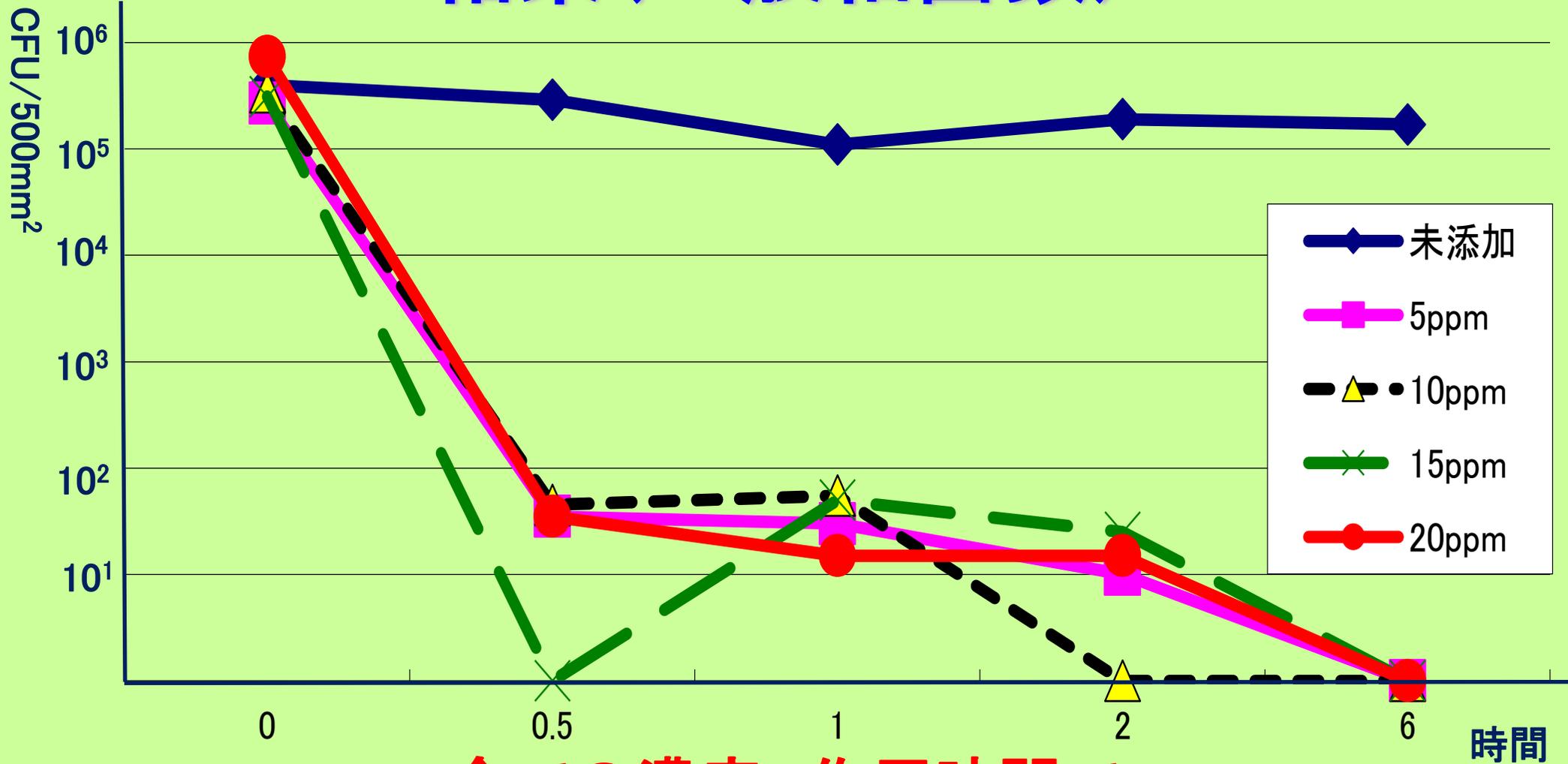
*Pseudomonas aeruginosa*



40°Cで1週間循環

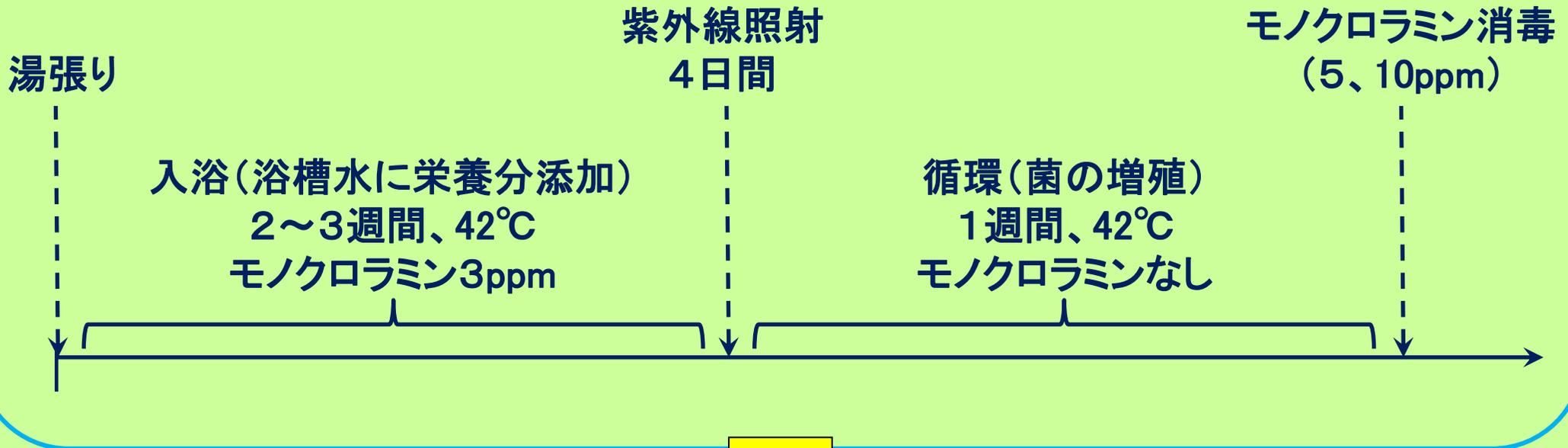
- ・モノクロラミン：5、10、15、20ppmを添加
- ・菌数測定：消毒前及び0.5、1、2、6時間後

# 結果(一般細菌数)



全ての濃度、作用時間で  
十分な殺菌効果が得られた

# モデル浴槽を用いた洗浄実験



消毒前及び消毒後1、2時間後に  
レジオネラ属菌及び一般細菌数を測定

# 結果(レジオネラ属菌)

モノクロラミン濃度		浴槽水	配管A	配管B	ヘアキャッチャー	濾材
5ppm	洗浄前	$1.4 \times 10^1$	-	+	+	-
	1時間後	0	-	-	-	NT*
	2時間後	0	-	-	-	-
10ppm	洗浄前	$4.7 \times 10^6$	+	+	+	+
	1時間後	0	-	-	-	NT
	2時間後	0	-	-	-	-

※:検査せず

●(CFU/100mL)

全ての濃度、作用時間で  
レジオネラ属菌は検出されなかった

# 結果(一般細菌数)

モノクロラミン洗浄	浴槽水	配管A	配管B	ヘアキャッチャー	濾材	
	洗浄前	$3.2 \times 10^5$	$1.4 \times 10^4$	$5.1 \times 10^3$	$1.0 \times 10^2$	<30
5ppm	1時間後	$1.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	<30	<30	NT*
	2時間後	<30	<30	<30	<30	<30
	洗浄前	$2.0 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$6.3 \times 10^3$	$2.0 \times 10^3$	$1.4 \times 10^4$
10ppm	1時間後	<30	<30	$4.0 \times 10^1$	<30	NT
	2時間後	<30	<30	<30	<30	<30

※: 検査せず

●(CFU/100mL)

全ての濃度、作用時間で一般細菌数は減少した

表 高濃度モノクロラミン洗浄前後のろ過器逆洗浄水の微生物検査結果

12月8日19:30 T-Cl <sub>2</sub> =3.1mg/L	ATP (pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養 細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属 菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
逆洗1分	22	12000	2100	<10	2	VK
逆洗2分	67	43000	14000	<10	<2	
逆洗3分	110	130000	26000	<10	<2	
12月9日11:30 T-Cl <sub>2</sub> =21mg/L	ATP (pmol/L)	一般細菌数 (CFU/mL)	従属栄養 細菌数 (CFU/mL)	レジオネラ属 菌数 (CFU/100mL)	アメーバ数 (PFU/100mL)	種類
逆洗1分	17	550	290	<10	<2	
逆洗2分	45	180	170	<10	<2	
逆洗3分	14	230	210	<10	<2	

### 循環式浴槽のろ過器・配管洗浄方法

- ・ 高濃度モノクロラミン(約20 mg/L)洗浄が効果的
- ・ 洗浄後の中和薬剤はチオ硫酸ナトリウムまたは亜硫酸ナトリウムが使用可

# 浴槽水のモノクロラミン消毒の現状と今後の展望

- 浴槽水のモノクロラミン消毒は，本研究班の成果を基に，厚生労働省の「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」の改正通知でその使用が明記された。
- 浴槽水のレジオネラ対策に苦慮する施設にとって有用な消毒方法になることが期待される。

# 謝 辞

◇本研究は厚生労働科学研究「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」「レジオネラ検査の標準化及び消毒等に係る公衆浴場等における衛生管理手法に関する研究」(研究代表者:倉文明)の分担研究として実施されたものである。

## ◇共同研究者

静岡県、静岡市、浜松市、静岡県環境衛生科学研究所、  
静岡市環境保健研究所、浜松市保健環境研究所、(株)マルマ、  
アクアス(株)つくば総合研究所、 ケイ・アイ化成(株)、  
国立感染症研究所、国立医薬品食品衛生研究所、  
国立保健医療科学院