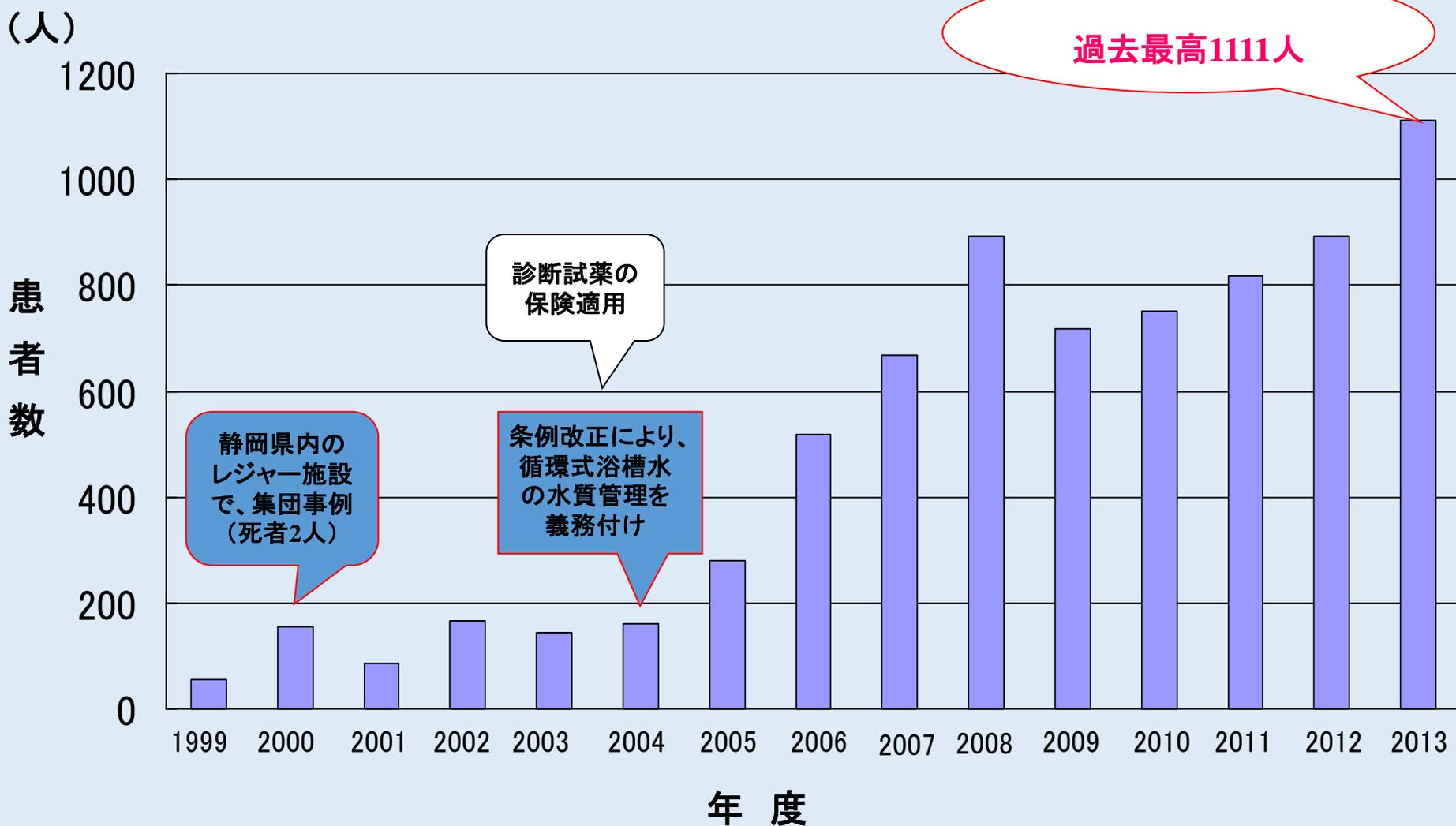


各種泉質の温泉における モノクロラミン消毒の効果と 施設への導入事例

静岡県環境衛生科学研究所

長岡宏美

レジオネラ症患者数の年次推移



一般公衆浴場の衛生措置等の基準

(静岡県公衆浴場施行条例第4条、施行細則)

管理項目等		掛流し式浴槽等	循環式浴槽
水質基準	浴槽水		
	<ol style="list-style-type: none"> 濁度:5度以下 有機物等:25mg/L以下 大腸菌群:1個/mL以下 レジオネラ属菌:検出されないこと(10cfu/100mL未満) 	○	○
消毒方法	浴槽水		
	<p>塩素系薬剤を投入することにより、遊離残留塩素濃度 0.2mg/L以上に保つ (気泡発生装置等を使用する浴槽水は 0.3mg/L以上)</p>	—	○
	ろ過器		
	<p>週1回以上、次の1から7までのいずれかの方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 遊離残留塩素濃度 5~10mg/Lの塩素水を注入する方法 浴槽水に塩素系薬剤を投入することにより、浴槽水の遊離残留塩素濃度 10~50mg/L、2時間以上循環させた後、中和処理する方法 浴槽水を60℃以上1時間以上循環させる方法 浴槽水を65℃以上30分以上循環させる方法 過酸化水素により処理する方法 二酸化塩素処理による方法 過炭酸ナトリウムにより処理する方法 	—	○
	配管		
	必要に応じて、上記2から7のいずれかの方法	—	○

静岡県における浴槽水のレジオネラ属菌の検出状況

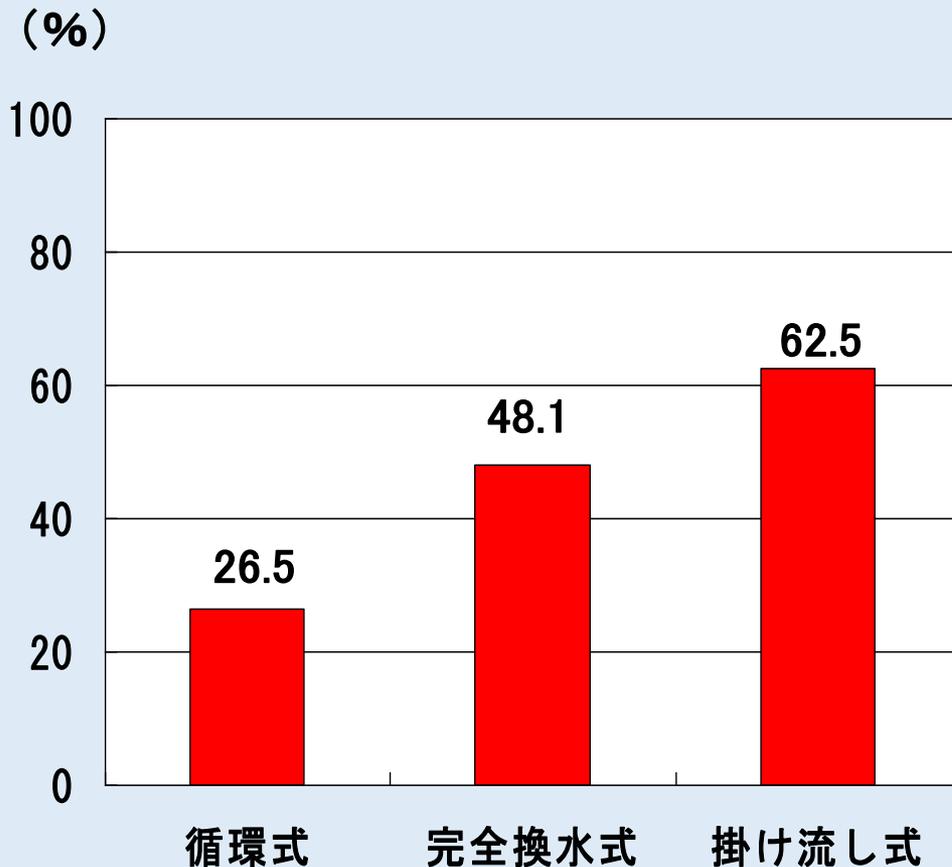
年度	検体数	陽性数(%)
21	58	19(32.8)
22	48	13(27.1)
23	62	22(35.5)
24	51	17(33.3)
25	48	13(27.1)
計	267	84(31.5)

検出されたレジオネラ属菌の菌種・血清群(SG)

検体数	<i>L.pneumophila</i>	他菌種
48	SG1 (16), SG5 (15), SG6 (12), SG3 (9), UT (8), その他 (9)	<i>L. micdadei</i> (4), <i>L. sp.</i> (4), <i>L. londiniensis</i> (3), <i>L. bozemanii</i> (1)

(): 陽性施設数, 赤字: 患者から分離されたことのある菌種・血清群

掛け流し式浴槽のレジオネラ汚染実態調査 (静岡県、平成21~25年度)



掛け流し式浴槽から検出されたレジオネラ属菌の菌種・血清群(SG)・菌量

施設	<i>L.pneumophila</i>	他菌種	レジオネラ菌数 (cfu/100mL)
1		<i>L. londiniensis</i>	9600
2	SG5	<i>L. londiniensis</i>	7300
3	SG1, SG5		1400
4	SG3, UT		30
5	SG5		10

赤字:患者から分離されたことのある菌種・血清群

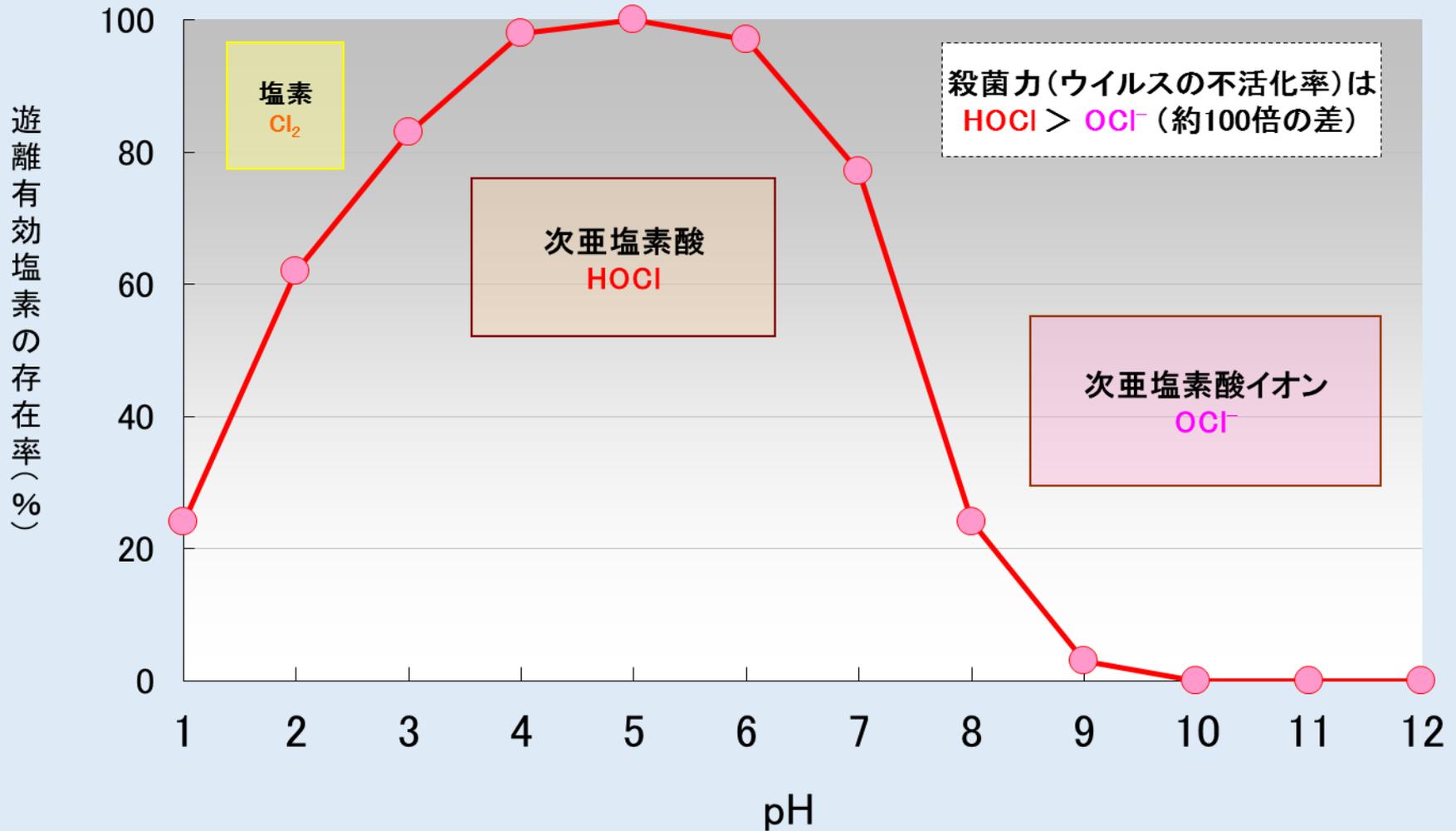
遊離残留塩素濃度とレジオネラ属菌の検出状況 (静岡県、平成21～25年度)

遊離残留塩素濃度	検体数	レジオネラ属菌 陽性数(%)
0.2 mg/L以上	193	36(18.7)
0.2 mg/L未満	74	48(64.9)

pH別レジオネラ属菌検出状況 (静岡県、平成21～25年度)

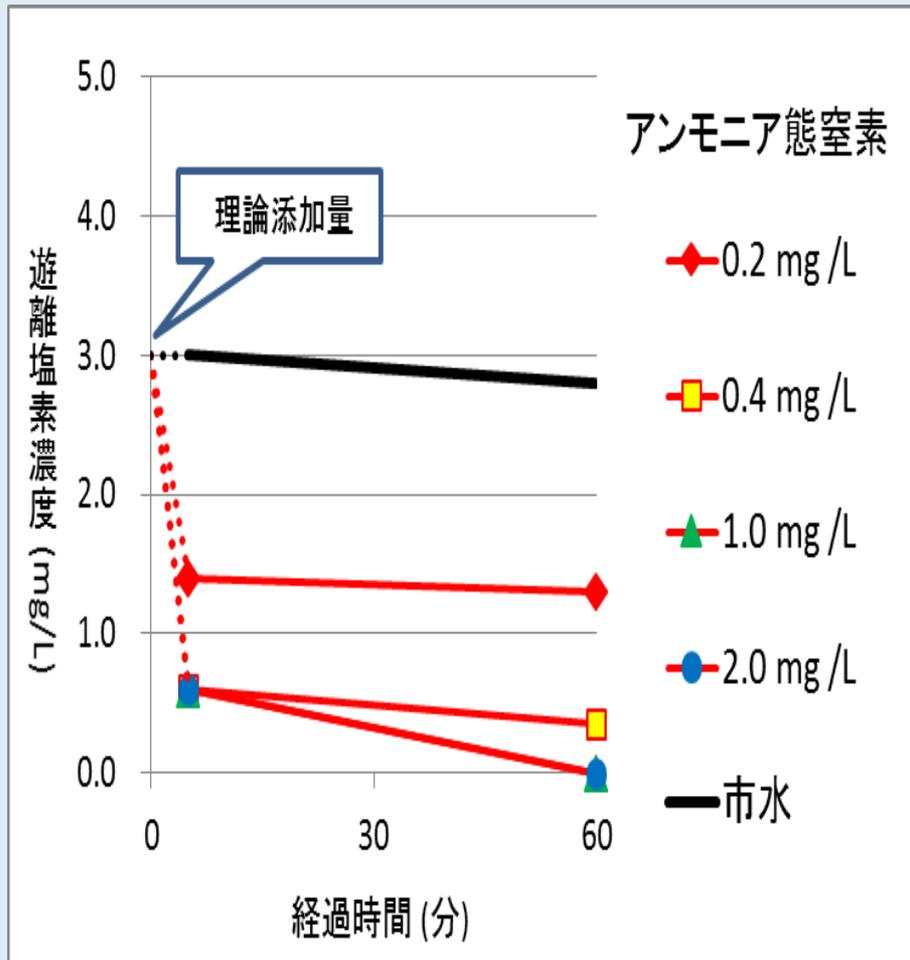
pH	検体数	レジオネラ属菌 陽性数(%)
中性 (pH6.0～7.4)	16	2(12.5)
弱アルカリ性 (pH7.5～8.4)	23	3(13.0)
アルカリ性 (pH8.5～)	30	7(23.3)
計	69	12(17.4)

水中の遊離塩素の形態とpH値の関係

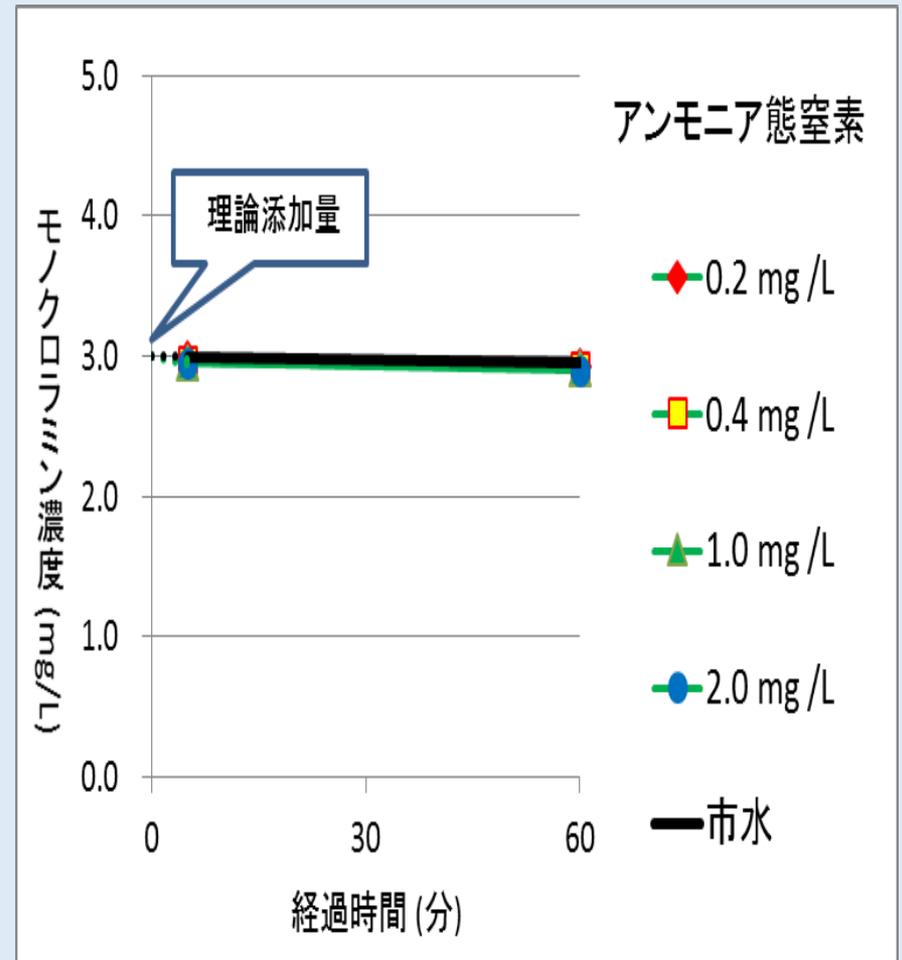


アンモニア態窒素0.2~2.0 mg/L が与える塩素剤への影響

遊離塩素



モノクロラミン



塩素系殺菌剤の添加による反応 (泉質による反応の違い)

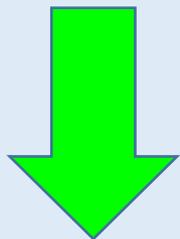
泉質	次亜塩素酸 添加	次亜塩素酸(遊離残留塩素)の確保
蒸留水	→	次亜塩素酸(HOCl)
アルカリ性	→	次亜塩素酸イオン(OCl ⁻)の生成
NH ₄ ⁺ (アンモニア態窒素)	→	モノクロアミン(NH ₂ Cl)・ジクロアミン(NHCl ₂)・トリクロアミン(NCl ₃)の生成
腐食質(フミン酸類)	→	トリハロメタン類の生成
I ⁻ (ヨウ化イオン)、 Br ⁻ (臭化物イオン)	→	I ₂ 、Br ₂ の生成

遊離塩素による消毒が適さない・できない泉質

- アルカリ性の泉質
- NH_4^+ (アンモニア) を含む泉質
- I^- 、 Br^- を含む泉質
- 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

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)

モノクロラミン生成装置による消毒検証試験 (掛け流し式浴槽)

平成 22年度

浴槽: 掛け流し式 (伊豆市内の温泉病院)

使用水: 温泉水・pH9.0

モノクロラミン濃度管理: タイマー式(貯湯槽に注入)

モノクロラミン濃度: 設定範囲内保持可能

実験期間: 2年間以上

微生物検査: 良好(レジオネラ・アメーバ不検出)

化学検査: 良好(トリクロラミン不検出)

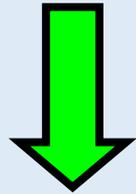
掛け流し式入浴施設におけるモノクロラミン 消毒効果の検証

検体名	レジオネラ属 菌検査項目	平成24年				平成25年					
		5月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月
源泉	分離検査 (菌数: cfu/ml)	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+
		(20)				(60)	(30)			(60)	(60)
	遺伝子検査	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
浴槽水	分離検査 (菌数: cfu/ml)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	遺伝子検査	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-

モノクロラミン濃度: 1.5~2.7mg/Lに保持

モノクロラミン消毒前の源泉からはレジオネラ属菌が検出された。

モノクロラミン消毒後の浴槽水からはレジオネラ属菌の分離は確認されなかった。



掛け流し式浴槽の衛生管理におけるモノクロラミンの消毒効果が実証された

循環式浴槽での実験

浴槽：循環式（モデル浴槽）

使用水：井水・pH8.4

モノクロラミン濃度管理：全塩素計による自動制御

モノクロラミン濃度： 3 ± 1 mg/L保持可能

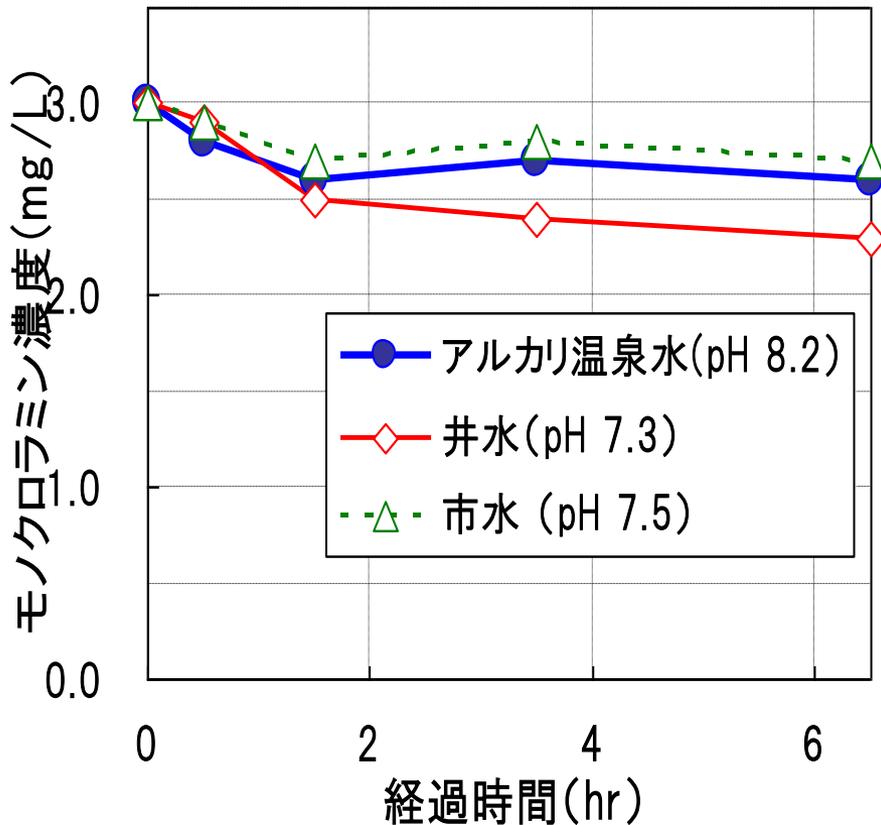
実験期間：13日間

微生物検査：良好（レジオネラ・アメーバ不検出）

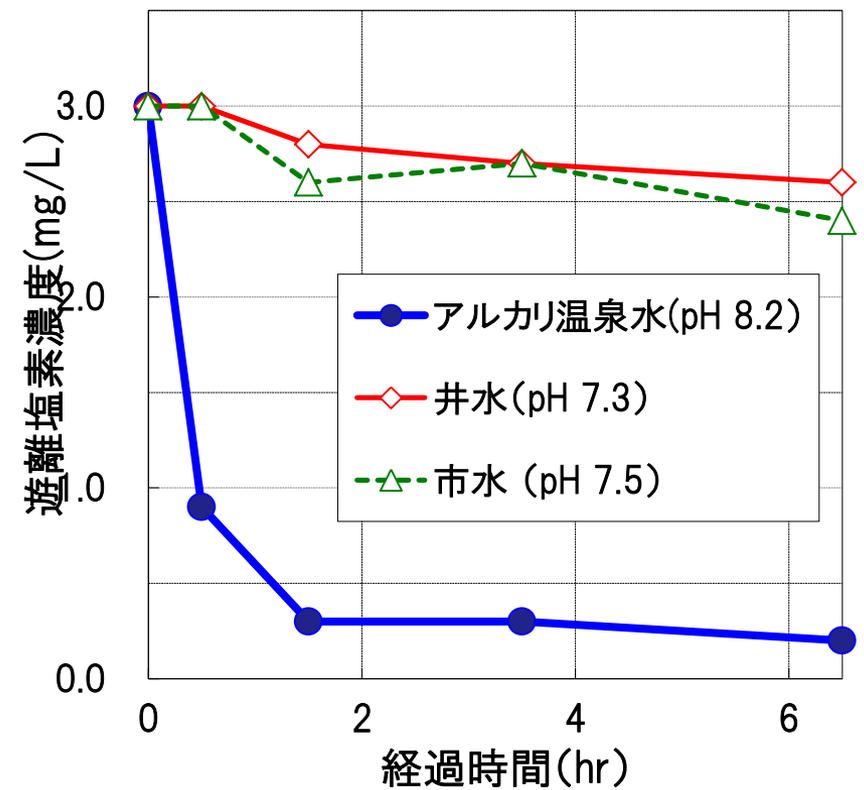
化学検査：良好（トリクロラミン不検出）

アンモニア態窒素 (0.4 mg/L)を含む温泉源泉水におけるモノクロラミン等の安定性試験

モノクロラミン添加時

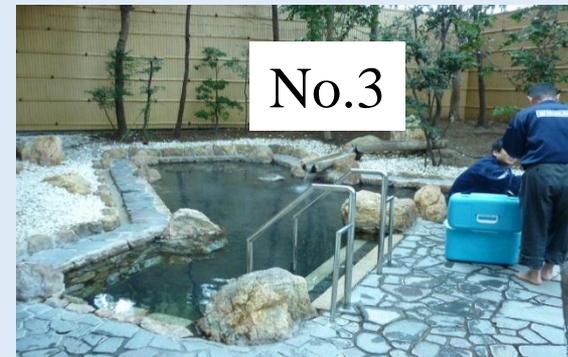


次亜塩素酸ナトリウム添加時



循環式浴槽におけるモノクロラミン 消毒効果の検証試験

検証試験の概要(1)



		No.1	No.2	No.3
施設	所在地	静岡市	島田市	浜松市
	分類	公衆浴場	公衆浴場	ホテル
	浴槽	循環式、露天風呂	循環式、露天風呂	循環式、露天風呂
	利用者数	平均319人/日	平均587人/日	平均480人/日
泉質	泉質名	ナトリウム-炭酸水素塩温泉 アンモニア態窒素 1.9mg/L	ナトリウム-塩化物温泉 アンモニア態窒素 4.3mg/L	ナトリウム-カルシウム-塩化物温泉 アンモニア態窒素 0.4mg/L
	pH	9.0	7.8	8.2
	硬度	2	298	475
				18

検証試験の概要(2)

施設への導入事例(2)

		No.1	No.2	No.3
施設	所在地	静岡市	島田市	浜松市
	分類	公衆浴場	公衆浴場	ホテル
モノクロラミン管理	実験期間	6週間	6週間	6週間(+5週間)
	モノクロラミン濃度保持	2.4~3.9 mg/L	0.9~28.0 mg/L	2.2~4.0 mg/L
	モノクロラミン自動制御	良好 (センサー調整なし)	不適 (センサー調整必要)	良好 (センサー調整必要)
微生物検査	レジオネラ属菌・アメーバの検出	陰性	陰性	陰性
	レジオネラ属菌遺伝子の検出	30cfu/mL以下	13cfu/mL以下	128cfu/mL以下
	従属栄養細菌	低値安定 10 ³ cfu/mL程度	減少傾向 3週目以降<10 ² cfu/mL	低値安定 10 ³ cfu/mL程度

センサーへの結晶
付着による

検証試験の概要(3)

		No.1	No.2	No.3
施設	所在地	静岡市	島田市	浜松市
	分類	公衆浴場	公衆浴場	ホテル
化学検査	ジクロロミン、トリクロロミンの生成	<ul style="list-style-type: none"> ・ジクロロミン 0.2 mg/L (1/6回検出) ・トリクロロミン検出なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・ジクロロミン 0.2~1.1 mg/L (4/6回検出) ・トリクロロミン検出なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・ジクロロミン 0.1 mg/L (1/5回検出) ・トリクロロミン検出なし
	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)の生成	0.1~0.2 ppb (実験前 22 ppb)	0.6~13 ppb モノクロロミン濃度に比例 (対照浴槽 10 ppb)	0.6~3 ppb (実験前 195 ppb)

モノクロラミン検証試験No.1

各種検査結果

施設への導入事例(4)

		実験前	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
	レジオネラ属菌遺伝子数 (cfu/100mL)	1.7	13.9	5.5	15.0	19.3	29.2	21.1	5.0
	従属栄養細菌数 (cfu/mL)	2.3×10	1.5×10^2	3.0×10^2	3.3×10^2	1.2×10^3	2.3×10^3	2.9×10^2	2.8×10^3
	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)	1.2	1.3	3.2	3.5	2.4	3.6	3.9	3.9
	ジクロラミン (mg/L)	0.2	<0.015	0.2	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015
	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
副成物	トリハロメタン類4物質(ppb)	22.16	0.12	0.21	0.25	0.19	0.26	0.23	0.23
	ハロアセトニトリル3物質(ppb)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
一般検査	pH	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	塩化物イオン (mg/L)	19	7	17	19	16	17	18	16
	アンモニア態窒素 (mg/L)	0.2	1.9	4.0	3.7	3.8	3.8	3.4	4.0
現場検査	モノクロラミン (mg/L)	1.2	1.7	4.1	4.3	2.9	4.4	4.0	3.9
	全塩素 (mg/L)	0.6	0.7	1.6	4.0	1.0	3.5	1.5	4.5
	遊離塩素 (mg/L)	0.1	0.2	0.1	1.0	0.5	1.5	0.5	0

モノクロラミン検証試験No.2 各種検査結果

施設への導入事例(5)

検査項目		実験前	開始時	1週目	2週目	3週目
微生物検査	レジオネラ属菌数(cfu/100mL)		<10	<10	<10	<10
	レジオネラ属菌遺伝子数(cfu/100mL)		21	13	4.1	1.5
	従属栄養細菌数(cfu/mL)	13,000	9	16,000	190	6
	アメーバ数(cfu/50mL)	多数	<1	<1	<1	<1
塩素濃度	モノクロラミン(mg/L)	<0.015	2.4	0.91	2.8	9.0
	ジクロラミン(mg/L)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	0.4
	トリクロラミン(mg/L)	<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
副生成物	トリハロメタン類4物質(ppb)	1.34	—	0.89	0.79	1.37
	ハロアセトニトリル類3物質(ppb)	<0.1	—	<0.1	<0.1	0.32
一般検査	pH	7.6	—	7.7	7.8	7.8
	塩化物イオン(mg/L)	5,800	—	5,300	5,700	6,100
	アンモニア態窒素(mg/L)	2.6	6.2	8.6	10	14
現場検査	モノクロラミン(mg/L)	0.16	2.5	1.2	3.1	9.5
	全塩素(mg/L)	0.1	2.1	1.0	1.5	4.4
	遊離塩素(mg/L)	0	0.3	0.3	0.2	0.3

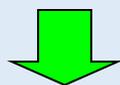
モノクロラミン検証試験No.3 各種検査結果

施設への導入事例(6)

		実験前	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/100m	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	レジオネラ属菌遺伝子数 (cfu/100r	34.9		34.1	128.3	40.5	55.3	183.1	85.9
	従属栄養細菌数(cfu/mL)	<1	5	1.1×10^2	5.2×10^2	1.0×10^3	1.7×10^3	1.6×10^3	7.2×10^2
	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)	0.1	4.0	2.6	3.0	3.4			2.2
	ジクロラミン (mg/L)	0.1	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015			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)	1.2	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015			<0.015
副成物	トリハロメタン類4物質(ppb)	152.56		0.7	0.6	3.08			0.52
	ハロアセトニトリル3物質(ppb)	42		<0.1	<0.1	<0.1			<0.1
一般検査	pH	7.9	7.8	8.1	8.0	7.9	8.1	7.9	8.1
	過マンガン酸カリウム消費量	4.4	4.3	8.7	6.2	5.8	5.5	14.7	5.1
	大腸菌群	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
現場検査	モノクロラミン (mg/L)	0.4	4.5	3.6	3.2	3.5	4.0	3.3	3.7
	全塩素 (mg/L)	1.5	3.6	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	遊離塩素 (mg/L)	1.0	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

まとめ(実証試験で確認されたこと)

- 1 モノクロラミンに高い消毒効果のあること、カルキ臭・消毒副生成物の発生が極めて少ないことの実証



本法が安全でカルキ臭のない新たな消毒法として期待できる。

- 2 モノクロラミン濃度の自動制御において、硬度の高い泉質の場合、センサーの管理が必要
- 3 注入装置の設置が困難な小規模施設におけるモノクロラミンの導入方法の検討が今後の課題

まとめ

(塩素代替消毒剤としてのモノクロラミン)

- ・遊離塩素に比べ、**濃度が安定で長時間維持**される。
- ・バイオフィルムの除去効果が高く、レジオネラ属菌だけでなくレジオネラ属菌の宿主アメーバも除去できる。
- ・塩素臭(カルキ臭)がしない。
- ・消毒副生成物の生成が少ない。
- ・皮膚への刺激性が低い。
- ・遊離塩素が効きにくい**アルカリ泉質**や**アンモニア態窒素**が多く含まれる泉質において有効

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

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