

## 19. モノクロラミン消毒の条例化に伴う 温泉浴槽水の衛生管理方法の最適化

○森 康則 (三重県保健環境研究所 衛生研究課 主査研究員)  
佐藤大輝 (三重県保健環境研究所 衛生研究課 研究員)  
吉村英基 (三重県保健環境研究所 衛生研究課 主幹研究員兼課長)

### 【研究目的】

レジオネラ属菌 (*Legionella* spp.) は、公衆浴場の衛生管理に不備があると増殖しやすい病原菌である。特に、高齢者や既往症を有する者等のハイリスクグループでは、レジオネラ症と呼ばれる重篤の肺炎を引き起こし、死亡することもある。2018年に全国のレジオネラ症の患者数は初めて年間 2,000 件を超えた。公衆浴場を感染経路としたレジオネラ症の集団感染事例も散発していることから、公衆浴場の衛生管理手法の改善は、喫緊の課題であるといえる。

### 【研究の必要性】

著者らは、浴槽水の衛生管理手法の開発に関する研究を実施し、特に、浴槽水に対する新たな消毒剤であるモノクロラミンの有用性について、試験管内試験または実地試験の両面から研究成果を報告してきた<sup>1-2)</sup>。

これらの流れの中で、厚生労働省健康局長通知「公衆浴場における衛生等管理要領等の改正について」(令和元年 9 月 19 日付け生食発 0919 第 8 号)と、厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課長通知「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について」(令和元年 12 月 17 日付け薬生衛発 1217 第 1 号)が発出された。このことにより、モノクロラミン消毒が、遊離塩素に並ぶ消毒方法のひとつとして追加されるに至った。この通知の発出を受けて、三重県では、三重県公衆浴場法施行条例および三重県公衆浴場法施行細則が改正され(令和 4 年 10 月 1 日施行)、浴槽水の消毒方法のひとつとしてのモノクロラミンの使用は、法的な裏付けを獲得した。三重県のみならず、この厚労省通知の発出を機に、全国で半数以上の自治体で条例が改正された。このことにより、モノクロラミン消毒は現状、遊離塩素消毒と並ぶ公衆浴場の浴槽水の消毒方法の主要な選択肢のひとつとなっている。

ところが、モノクロラミン消毒の条例化によって、法的な裏付けは得られたものの、現段階において、導入コスト等の側面から、モノクロラミン消毒の普及が進んでいるとはいえない状況にある。遊離塩素消毒は、特に浴槽水が高 pH であったり、アンモニウムイオンを多く含んでいたりする場合に、その消毒阻害を受けることが知られている<sup>3)</sup>。今後、そのような遊離塩素消毒に阻害性のある浴槽水を利用している施設を中心に、モノクロラミン消毒の導入が期待されるが、その検討に入るには、モノクロラミン消毒が、自施設の浴槽水に有効かどうか、といった個別的な情報が必要となる。

そこで本研究では、個別の浴槽水を対象としたアンモニウムイオンや pH といった遊離塩素の消毒阻害項目の分析を行うとともに、モノクロラミンや遊離塩素の消毒剤濃度の安定試験を行い、その結果をもとにした各施設の個別情報の提供を行った。事業者は、この個別情報をもとにして、モノクロラミン消毒の導入について検討することが可能となる。

これらの情報発信と成果普及を通じて、公衆浴場の自主的な衛生管理の推進およびレジオネラ症発生をはじめとする健康被害の未然防止に貢献することが期待できる。

## 【研究計画】

三重県内の公衆浴場の中から、任意の研究協力が得られた施設を研究対象とする。協力が得られた施設の浴槽水中のアンモニウムイオンや pH などの分析、ならびに消毒濃度安定試験により、浴槽水消毒の個別実態を把握する。

これらの試験を通じて得られた研究結果は、個別に浴槽水を採取した施設に対して、モノクロラミンや遊離塩素消毒の適正性を整理したレポートとしてとりまとめ、各施設にフィードバックする。

加えて、本研究で得られたデータを蓄積する。温泉法に基づく温泉分析書や温泉台帳もデータソースとして参考にしながら、類似性状の浴槽水を利用する他施設の効果的な消毒方法の指標化に活用する。

## 【実施内容・結果】

### （１）研究対象

三重県内の温泉利用施設、公衆浴場を営む事業者に対して、本研究への協力の呼びかけを行った。その結果、計 7 施設から研究協力を得ることができた。

各協力施設において、消毒剤の添加前の原湯（温泉水、地下水、水道水）を採取し、これを分析対象（検水）とした。なお、施設の構造上の都合により、消毒剤添加前の原湯が採取できない場合は、消毒剤添加後の浴槽水を採取し、静置により消毒剤濃度が検出限界未満（0.1 ppm 未満）となったことを確認してから、実験に供した。

### （２）分析方法

#### ① 消毒妨害項目の試験

従来の消毒方法である遊離塩素に対する、主要な消毒阻害要因としては、高 pH とアンモニウムイオンの多含が挙げられる<sup>3)</sup>。そこで本研究では、対象施設の検水におけるこれらの主要な消毒阻害項目の試験を行った。各項目の分析には、以下の方法を用いた。

pH：pH 計 TOA DKK pH/ION/EC/DO METER MM-60R

ガラス電極 TOA DKK GST-5741C

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>：イオンクロマトグラフ ThermoFisher Dionex ICS-5000

カラム IonPac CS-16 RFIC 5×250mm, IonPac CG-16 RFIC 5×50mm

移動相 0.035 mol/L メタンサルホン酸溶液

## ② 遊離塩素およびモノクロラミンの消毒濃度安定性試験

消毒阻害要因の影響により、経時的に浴槽水中の消毒剤濃度が減弱する場合がある。そこで、対象施設の検水を用いて、遊離塩素およびモノクロラミンの経時的な濃度推移を観察した。

一般に、遊離塩素消毒は次亜塩素酸ナトリウム溶液を、モノクロラミン消毒は次亜塩素酸ナトリウム溶液、アンモニウム剤、希釈液を実地で混合したものを添加している。本実験では、遊離塩素消毒には市販の消毒剤であるケイミックス SP（ケイアイ化成 次亜塩素酸ナトリウム溶液）、モノクロラミン消毒には、ケイミックス SPに加えて、レジサイド（ケイアイ化成 硫酸アンモニウム溶液）を使用し、遊離塩素消毒はおよそ 1ppm、モノクロラミンはおよそ 3ppm となるように、それぞれ消毒剤を添加した。消毒剤濃度の測定は、以下の方法を用いた。

遊離塩素：DPD 法 ポケット残留塩素計 HACH Pocket Colorimeter II

モノクロラミン：インドフェノール法 ポケットモノクロラミン・遊離アンモニア計  
HACH DR300 Pocket Colorimeter

実験は、消毒剤添加から 4 時間（240 分）行った。基本的には消毒剤添加後、0、15、30、60、90、120、180、240 分後に検水のサンプリングと消毒剤濃度の測定を実施したが、消毒剤濃度の減衰が著しい場合等、状況によってはその頻度を適宜変更した。

## （3）結果

本研究で対象とした施設のうち、本報では、典型的な結果が得られた、①地下水を用いた公衆浴場施設（施設 A）、②温泉水を用いた温泉利用施設（施設 B）の 2 例について、結果を示す。

施設 A の原湯は地下水であり、pH は 6.75、アンモニウムイオンは 0.1 ppm 未満であった。消毒濃度安定性試験の結果を図 1 に示す。消毒剤添加後 240 分まで、遊離塩素は 9 割程度、モノクロラミン消毒は 8 割程度の濃度を維持しており、いずれの消毒剤も、その濃度は安定的であった。

一方、施設 B の原湯は温泉水である。溶存物質の総量は 8.52 g/kg であり、高い塩分濃度を持つナトリウム・カルシウム塩化物温泉で、pH は 7.4 であるが、アンモニウムイオンを 5.3 mg/kg 含んでいる。消毒濃度安定性試験の結果を図 2 に示す。特に遊離塩素の濃度変化が著しく、消毒剤添加後 10 分後には、添加濃度の半分まで低下することが明らかになった。

このようなアンモニウムイオンの含有量が高い施設で遊離塩素消毒を行う場合には、次亜塩素酸ナトリウムを多量に添加することによって、温泉水中に含まれているアンモニウムイオンを全て結合塩素とする、いわゆるエンドポイント処理を行い、さらに次亜塩素酸ナトリウムを添加し続けることで遊離塩素消毒を行うことが必要である。または、エンド

ポイント処理が困難な場合は、添加された次亜塩素酸ナトリウムと温泉水中のアンモニウムイオンによって生成した結合塩素をモニターし、実質的なモノクロアミン消毒を行うことも考えられる。この場合、生成される結合塩素濃度がモノクロアミンの管理基準値(3ppm)を下回る場合は、追加的にアンモニア製剤を添加したりすることが必要と推測される。

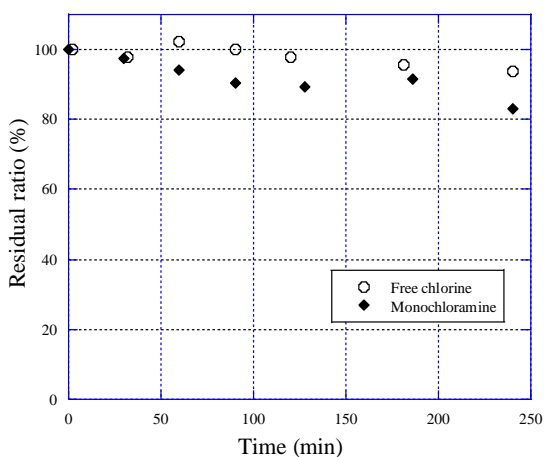


図1. 施設 A の消毒濃度安定性試験

消毒剤添加直後の消毒剤濃度を 100 とした場合の経時的な消毒剤濃度の残存率を示す。消毒剤添加後 240 分まで、遊離塩素は 9 割程度、モノクロアミン消毒は 8 割程度の濃度を維持しており、いずれの濃度も安定的と言える。

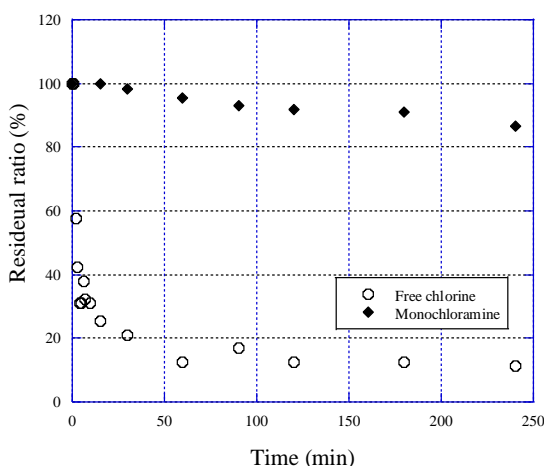


図2. 施設 B の消毒濃度安定性試験

消毒剤添加後数分で、遊離塩素は半分以下まで顕著な濃度低下を示した。一方で、モノクロアミン消毒は 240 分後まで 8 割程度の濃度を維持しており、安定的であった。

### 【考察と今後の課題】

全ての研究協力施設に対して、個別のレポートをフィードバックした。施設 B に例示されるように、原湯の化学的性質のために、通常の遊離塩素消毒による衛生管理が困難である場合は、その実験結果を通じてモノクロアミン消毒への転換を含めた対策に関する補足説明を加えた。

これらの取組を通じて、原湯の水質に合致した衛生管理方法が適切に選択されることにより、利用者の安全が図られ、レジオネラ症が未然に防止されることを期待できる。

### 【謝辞】

本研究の実施にあたり、研究協力を頂いた温泉利用施設、公衆浴場の事業者の方々には深く感謝申し上げます。また、三重県公衆浴場業生活衛生同業組合の田中茂毅理事長には、組合員の方々に対する研究協力の調整に便宜を図っていただきました。

三重県医療保健部食品安全課生活衛生・動物愛護班の安藤 淳係長をはじめ、各保健所の生活衛生担当者の方々には、研究協力を頂きました。

ここに記して深く感謝いたします。

#### 【引用文献】

- 1) 森 康則ほか(2022) :温泉浴槽水中の *Mycobacterium phlei* に対するモノクロラミンと遊離塩素による消毒効果, 温泉科学, **72**, 26-37.
- 2) MORI, Y. *et al.* (2020): Initial Trials of Monochloramine Disinfection of Circulating Bathtub Water at Public Hot Spring Facilities and Determining its Efficacy, *Journal of Hot Spring Sciences*, **70**, 50-60.
- 3) 杉山寛治ほか(2010) :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**, 109-115.

#### 4) 【経費使途明細】

| 使 途                                  | 金 額       |
|--------------------------------------|-----------|
| 実験用器具類<br>PP 広口瓶、滅菌シャーレ、ゴム手袋、ガラス比重瓶等 | 90,156 円  |
| 実験試薬類<br>メタンサルホン酸溶液、塩酸、硝酸、標準液等       | 73,414 円  |
| 超純水製造装置消耗品<br>イオンクロマトグラフ分析等に使用       | 144,650 円 |
| 合 計                                  | 308,220 円 |
| 大同生命厚生事業団助成金                         | 300,000 円 |