

## 22. レジオネラ症の未然防止を目的とした温泉水中の消毒阻害要因に関する研究

○森 康則（三重県保健環境研究所 衛生研究課 主査研究員）  
濱口真帆（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）  
小林章人（三重県保健環境研究所 微生物研究課 主幹研究員兼課長代理）

### 【目的】

レジオネラ症は、全国で年間 1,500 件を超える感染が報告されており、感染者数は年々増加の一途を辿っている。レジオネラ症の主要な感染経路のひとつである公衆浴場では、厳格な衛生管理が求められている。

従来、多くの温泉利用施設では、浴用水の消毒方法として、その経済性やメンテナンスの容易さを理由に、次亜塩素酸ナトリウムによる消毒が汎用されてきた。しかし、一部の温泉では、温泉の化学的作用や利用状況から、次亜塩素酸ナトリウムによる消毒が必ずしも適切でない可能性が指摘されている。このことから、三重県でも地域性を考慮しながら、県内の温泉の化学的特徴や利用状況に応じた消毒方法の再検討を行い、その最適化を図る必要に迫られている。

本研究では、三重県内の温泉を対象とした次亜塩素酸ナトリウム消毒に関する実験やデータ解析を行った。その結果、レジオネラ症の未然防止に資する有用な知見が得られたので報告する。

### 【方法】

#### (1) 次亜塩素酸ナトリウム消毒の温泉成分による阻害実験

三重県には、温泉台帳上約 200 の温泉が存在するが、その多くは地温勾配を熱源とした、いわゆる非火山性温泉の特徴を有するものである。温泉は、長島温泉（桑名市）や榎原（津市）をはじめとする温泉地に集中して分布し<sup>1)</sup>、これらの温泉地では、化学的特徴が類似した温泉が湧出することが多い。

そこで、まずこのような三重県の温泉の化学的特徴が、次亜塩素酸ナトリウム消毒による浴槽水の衛生管理にどのような影響を与えていたかを明らかにする実験を行った。蒸留水に次亜塩素酸ナトリウム溶液 (Wako 化学用 Available chlorine min. 5.0%) を用いて、遊離塩素濃度を約 1ppm とした検液に、三重県の温泉に含有する可能性がある主な消毒阻害成分（全有機炭素（Total Organic Carbon。以下、TOC）、鉄イオン、よう化物イオン、アンモニウムイオン）を様々な濃度で添加、攪拌し、その後の遊離塩素、全塩素、結合塩素の各濃度を測定した。塩素濃度の測定には DPD 法（HACH Pocket Colorimeter II）を用い、遊離塩素濃度はジエチルパラフェニレンジアミンを含む遊離塩素試薬を、全塩素濃度はヨウ化カリウムを含む全塩素試薬（いずれも HACH）を、結合塩素濃度はこれらの測

定値の差から、計算により求めた。

## (2) 実際に利用されている温泉水を用いた次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性実験

三重県内の代表的な温泉水に対する次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性を明らかにするために、実際に代表的な温泉地で利用されている温泉水を用いて、実験を行った。

研究対象の温泉水として、津市榎原町で利用されている温泉（以下、A 温泉）と、桑名市長島町で利用されている温泉（以下、B 温泉）を用いた。A 温泉は高 pH（約 9.5）、B 温泉はアンモニウムイオン（約 4 mg/kg）が含まれていることが特徴的である。

これらの温泉水に次亜塩素酸ナトリウム溶液を段階的に添加し、スターラーで十分に攪拌した後、遊離塩素、全塩素、結合塩素の各濃度を DPD 法で測定した。

## (3) 温泉の利用状況等から見た衛生管理の地域特性

本研究では、レジオネラ症のリスクを増大させる要因として、温泉の泉質や化学成分といった消毒阻害要因に加えて、温泉の利用状況にも着目した。三重県が実施している温泉利用施設の浴槽水質を対象とする行政検査や温泉台帳を活用して、データ解析を行った。その結果から、温泉利用施設の衛生管理の地域特性についての考察を試みた。

## 【結果および考察】

### (1) 次亜塩素酸ナトリウム消毒の温泉成分による阻害実験

温泉成分による次亜塩素酸ナトリウムの消毒阻害モデル実験結果の中から、特徴的な結果が示されたアンモニウムイオンを含む検液の実験結果について図 1 に示す。

TOC(B)、よう化物イオン(C)、鉄イオン(D)は 50~100 ppm を最大濃度として添加を継続したが、いずれも遊離塩素は十分に検出されていた。三重県では、本実験で行ったこれらの成分の最大濃度レベルを含有する温泉の存在は考えにくいことから、これらの成分による次亜塩素酸ナトリウム消毒の阻害は実質的に考慮する必要がないものと考えられる。

一方、アンモニウムイオン(A)は 5 ppm を最大濃度として添加したが、1 ppm の添加で遊離塩素は約半分に、その後もアンモニウムイオンの添加のたびに遊離塩素の濃度低下が起こった。遊離塩素の濃度低下に伴い、結合塩素の濃度上昇が認められることから、アンモニウムイオンと遊離塩素により、結合塩素が生成されていることが明らかである。

三重県にも、本実験で行った濃度レベルのアンモニウムイオンを含有する温泉は、複数存在する。この実験結果は、温泉水中にアンモニウムイオンが 1 ppm でも含有する場合、含有されていない場合に比べて、遊離塩素濃度が半分近くまで消費されるため、消毒効果が著しく減弱することを示している。該当の温泉の次亜塩素酸ナトリウム消毒には、十分な注意が必要と考えられる。

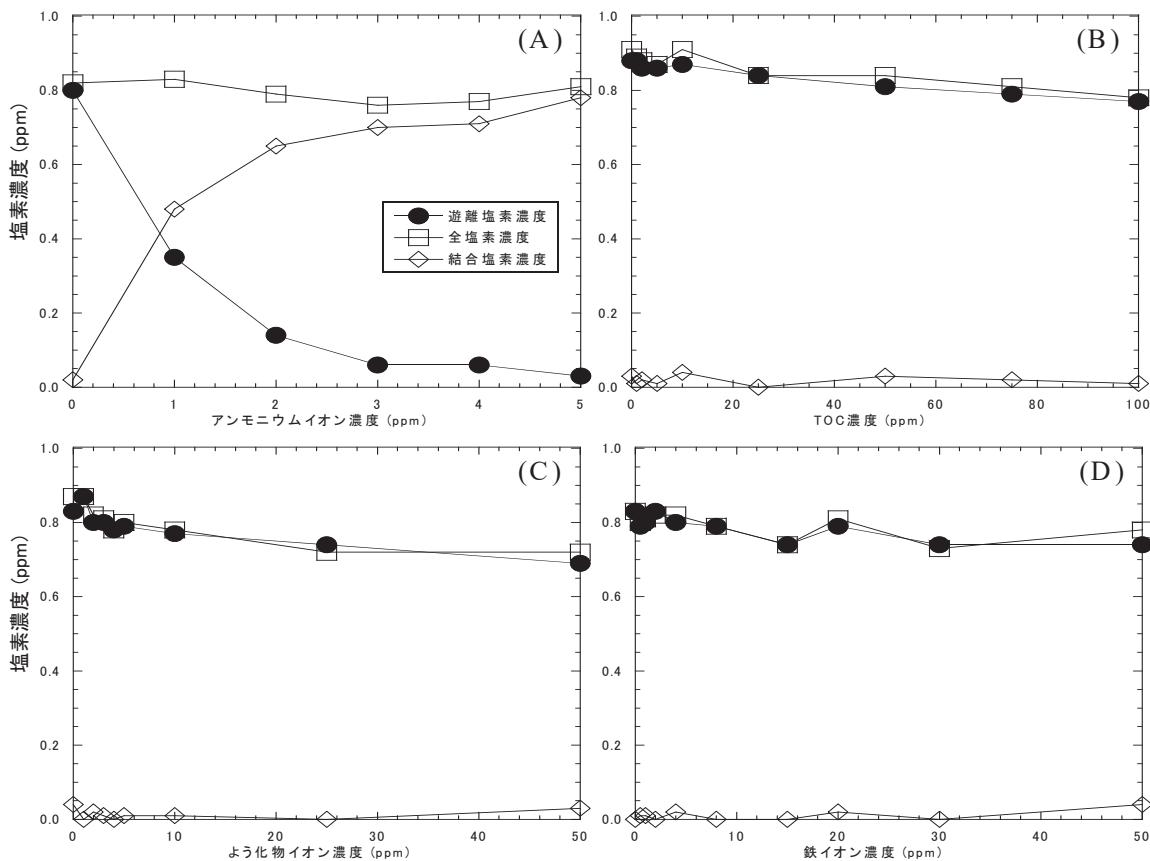


図 1. 次亜塩素酸ナトリウムの消毒の温泉成分による阻害実験の結果  
アンモニウムイオンの添加実験(A)時に、最も顕著に遊離塩素濃度の低下が認められる。

## (2) 三重県内の温泉水を用いた次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性実験

三重県内の温泉水を用いた次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性実験の結果を図2に示す。

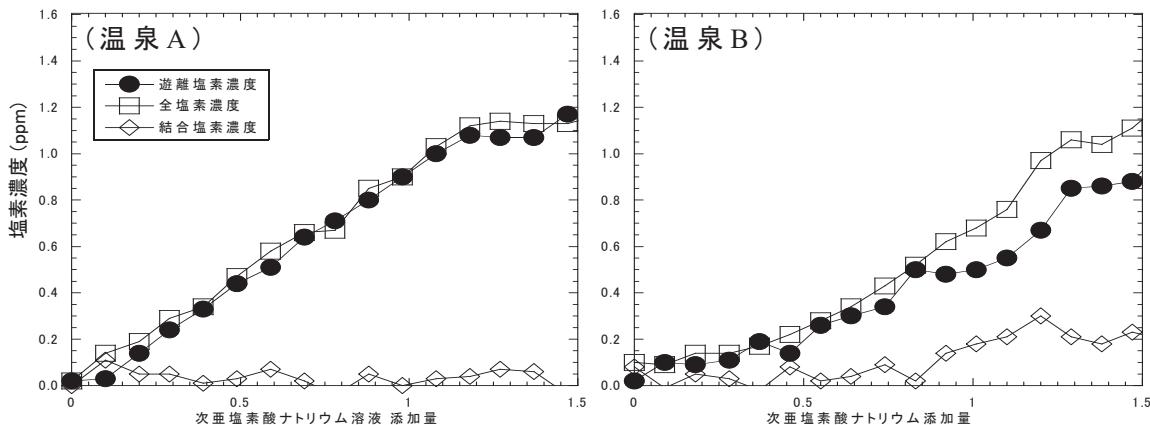


図2. 三重県内の温泉水を用いた次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性実験の結果  
横軸の次亜塩素酸ナトリウム添加量は、仮に蒸留水でその量を添加した場合に、その表示値の遊離塩素濃度が得られることを示す。温泉 B で、遊離塩素の生成阻害が認められる。

温泉 A では、次亜塩素酸ナトリウムの添加に伴って、遊離塩素濃度が上昇している。このことから、温泉水中に遊離塩素の生成を阻害する要因がほとんどないことが示唆される。

一方、温泉 B では、消毒剤の添加を継続しても、通常の約 40%程度しか遊離塩素濃度が上昇せず、次亜塩素酸ナトリウムの添加に応じた遊離塩素が生成されていないことが推測される。

温泉 B には、高濃度のアンモニウムイオンが含まれている。温泉成分による次亜塩素酸ナトリウムの消毒阻害モデル実験の結果を勘案すると、遊離塩素の生成を阻害する要因は、アンモニウムイオンである可能性が高いと考えられる。

### (3) 温泉の泉質や温泉成分、利用状況等から見た衛生管理の地域特性

三重県における温泉利用に係る地域性を考察した。本解析結果の詳細は、すでに報告しているため<sup>2)</sup>、本稿では概略のみを記す。

三重県内において、温泉の最大使用可能量が最も多い地域は桑名地域であるが、温泉利用施設数は南勢志摩地域が最も多い。このため南勢志摩地域は、温泉の需給バランスを安定化させるために、他地域からの運び湯を利用する施設が多く見られる。

図 3 に津地域から各地域への温泉水の運び湯の量を例示する。

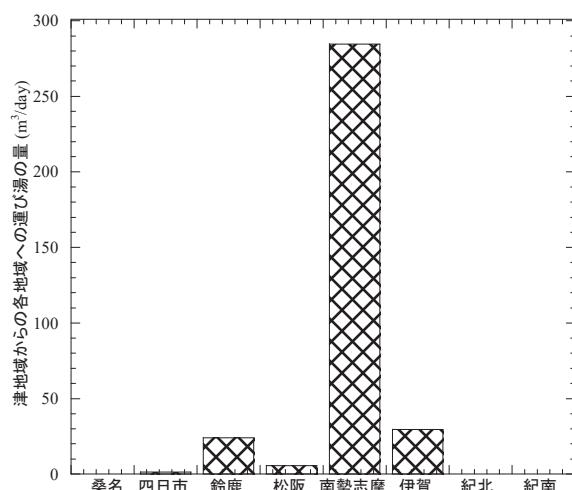


図 3. 津地域から他地域への温泉水の運搬量

南勢志摩地域への運び湯の量が、他の地域よりも多い。南勢志摩地域は温泉利用施設が最も多く、比較的需要量が多いためと考えられる。

温泉の運び湯は温泉法上認められている行為であり、それ自体に問題はない。しかし、一般に温泉供給量が少ない場合、浴槽水の換水頻度の不足が、衛生管理上のリスクを高めことがある。温泉供給量が少ない施設では、衛生設備の清掃や完全換水等、レジオネラ属菌の繁殖を防ぐための十分な衛生管理に努める必要がある。

## 【まとめ】

本研究では、三重県における温泉の地域的特徴に着目し、温泉水の消毒阻害要因に関する実験およびデータ解析を行った。

その結果、得られた知見は、以下のとおり整理される。

- ・次亜塩素酸ナトリウム消毒に対する温泉成分による阻害実験を行ったところ、最も顕著に消毒効果の減弱が認められた要因は、アンモニウムイオンの含有であった。
- ・実際に利用されている温泉水を用いて、次亜塩素酸ナトリウム消毒の有効性を実験的に検証した。その結果、アンモニウムイオンを含む温泉水では、消毒効果の減弱が認められた。
- ・レジオネラ症のリスクを増大させる要因のひとつである温泉の利用状況についてデータ解析した。温泉供給量が少ない施設では、完全換水頻度の不足がリスク増大の一因となることから、適切な衛生管理が求められる。

### 【謝辞】

調査の実施にあたっては、三重県医療保健部食品安全課生活衛生・動物愛護班、各管轄保健所保健衛生室衛生指導課の御担当者様には、研究協力先との調整等に御尽力を頂いた。また、三重県環境生活部大気・水環境課水環境班の御担当者様には、浴槽水質検査のデータ利用に関する御配慮を頂いた。ここに記して深謝します。

### 【参考文献】

- <sup>1)</sup> 富森聰子, 橋爪 清, 林 政美, 藤尾昭定:三重県の温泉分析結果について, 三重県衛生研究所年報, 29, 61-67, 1983.
- <sup>2)</sup> 森 康則, 西 智広, 川邊揚一郎, 吉村英基:三重県における温泉利用施設の浴槽水質検査結果から推測される温泉資源の利用状況と地域特性, 温泉科学, 68, 13-24, 2018.

### 【経費使途明細】

消耗品費	モノクロラミン製剤	192,000
	ガラスバイアル・メスフラスコ・ホールピペット	
	シリンジ・シリンジろ過フィルター	
	サンプルチューブ・各種イオン標準液	
	実験器具用洗剤・イオン交換樹脂カートリッジ等	
交通費	調査用サンプル採水(調査対象施設) 研究打ち合わせ(他機関)等	60,000
その他支出	高速道路使用料	8,000
	学術論文用図面作成・校正等	40,000
合計		300,000