

# 温泉水を移送するタンクローリー等に係る汚染実態調査および

## 温泉水に有効な消毒剤の検討

小倉裕子、中橋ひろみ<sup>1)</sup>、橋本ルイコ、神力絢子、草原紀子、西村真紀<sup>1)</sup>

Yuko OGURA, Hiromi NAKAHASHI, Ruiko HASHIMOTO, Ayako SHINRIKI, Noriko KUSAHARA,  
and Maki NISHIMURA

### Investigation of Contamination of Tank Trucks Transporting Hot Spring Water and Investigation of Effective Disinfectants for Hot Spring Water

#### 要旨

入浴施設に配湯を行っているタンクローリー 1 事例について汚染実態調査を実施した。併せて、配湯している温泉水の泉質に影響されず、効果のある消毒剤の検討を行った。調査の結果、タンクローリー内部からは、培養検査により *Legionella rubrilucens* が分離された。また、温泉水貯水用タンク、タンクローリー内部、タンクローリーへの注入および配湯用ホースにおいて、遺伝子検査(LAMP 法)が陽性となり、レジオネラ属菌による汚染があったことが明らかになった。当該温泉水に、各種消毒剤を添加し実施したレジオネラ属菌の不活化試験では、陽イオン系消毒剤に効果が認められた。

キーワード：タンクローリー、温泉水、*Legionella rubrilucens*、陽イオン系消毒剤  
tanker truck、hot spring water、*Legionella rubrilucens*、Cationic disinfectants

(令和 6 年 8 月 6 日受付 令和 6 年 10 月 15 日受理)

#### はじめに

レジオネラ感染症は感染症法に基づき、4 類感染症として届出が義務付けられている。感染原因の多くは入浴施設、冷却塔等における水系感染といわれている。日本国内のレジオネラ患者報告数のうち、判明した感染源の多くは浴槽水であり、レジオネラ症集団感染事例についても、多くは入浴施設の浴槽水が感染源となっている<sup>1)</sup>。

千葉県においても、さまざまな泉質を有する温泉が存在し、入浴施設の浴槽水に使用している。その温泉水を移送する方法として、タンクローリーにて、複数の温泉利用許可施設へ配湯している業態があるが、タンクローリーが適正に管理されていない場合には、レジオネラ属菌の汚染源となる可能性がある。しかし、タンクローリーの衛生管理については、関係法令による規制がない。「タンクローリー等に係る温泉水法第 12 条等の運用について」(平成 8 年 9 月 29 日環自施第 224 号環境庁自然保護局長通知)<sup>2)</sup>では、「タンクローリー等による温泉の供給に当たっては、定期的な清掃等衛生管理に努めさせる」と示しているが、具体的な方法が示されて

いない。また、浴槽水は塩素系消毒剤の使用が一般的であるが、温泉水にはその消毒効果を減弱させる成分が含まれるものがあり、浴槽水の消毒が不十分となる可能性がある。

今回、タンクローリーを配湯に使用している 1 事例について、タンクローリーを介した入浴施設等の汚染を防止し、レジオネラ感染症の発生リスクを低減させることを目的として実態調査を実施した。また、当該温泉水における有効な消毒剤の検討を行うため、源泉の温泉水を用いて、次亜塩素酸ナトリウム、モノクロアミン、銀イオン製剤、ポリヘキサメチレンピグアナイド(PHMB)、塩化ベンザルコニウム+2-フェノキシエタノール混合薬剤(混合薬剤)、二酸化塩素剤の消毒効果を評価した。

#### 方法

##### 1. 汚染実態調査

本調査は、タンクローリーを使用して、保有する源泉から温泉水を入浴施設(約 20 軒)に配湯している 1 事業者を対象として、2022 年 12 月と 2023 年 1 月に行った。1 回目調査は、各採材場所(後述)における温泉水及び拭取り検体の

1) 現：千葉県市原保健所

微生物検査及び理化学検査を行った。2回目調査は、1回目調査で再検査が必要と思われた項目について、採材し検査を行った。また、事業者からタンクローリーとその付帯設備の管理方法等について聴取した。

### 1) 設備概要

温泉水の泉質は、含硫黄-ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩冷鉱泉であった。

源泉から入浴施設までの温泉水の流路を図1に示した。源泉からポンプで汲み上げた温泉水は、源泉から約10mに設置された2基のタンク①(容量4,000L)に貯水され、そこから配管により約2kmの距離にあるタンク②(同10,000L)に貯水される。その後、タンク②に併設する資材倉庫内の配管を通り、注入用ホース(内径約5cm)で、タンクローリーのタンク(積載量2,450L)にポンプを使用して注入される。タンクローリーにより入浴施設に移送された温泉水は、タンクローリーの設備であるろ過器でろ過されたあと、配湯用ホース(内径約5cm)で施設の温泉水貯水タンクまたは浴槽に直接配湯される。

### 2) 検査試料

温泉水の移送作業前に、源泉、タンク①及びタンク②から採水した。タンクローリーに温泉水を積載後、注入用ホースから温泉水の残水と出口内部の拭取り検体を採材した。その後、1時間程度の施設への移送及び配湯作業を行った後、配湯用ホース内の温泉水の残水と、配湯用ホース出口内部及びタンクローリー内部の拭取り検体を採材した。

源泉の温泉水の採水には、2L滅菌容器を使用した。塩素系消毒剤投与後の温泉水は、チオ硫酸ナトリウム五水和物(富士フィルム和光純薬工業(株))を最終濃度0.3mol/Lになるよう添加し、滅菌した2L容器に採水した。ホース内及びタンクローリー内部の拭取りには、Swab Test Pro-media ST-26PBS((株)エルメックス)を用いた。

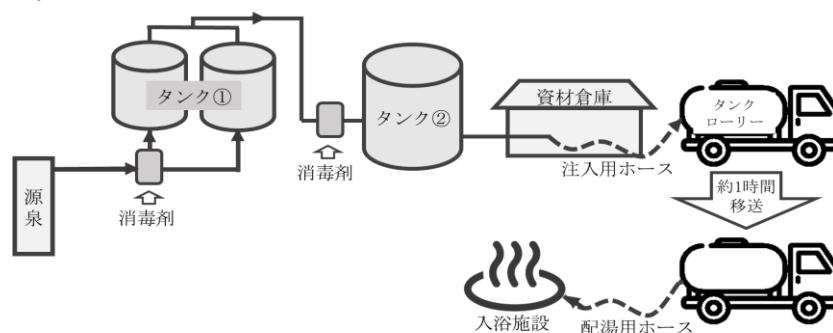


図1 源泉から入浴施設に温泉水を供給するまでの流路

### 3) 検査項目及び方法

微生物検査項目は、レジオネラ属菌、一般細菌、従属栄養細菌とした。理化学検査は、温泉水について、残留塩素濃度、ATP(アデノシン三リン酸)、硫化水素、水温、気温、pHを測定した。1回目調査では、上記項目すべてについて実施した。2回目調査は、レジオネラ属菌遺伝子検査を行い、参考として、レジオネラ属菌の培養検査と理化学検査項目の一部検査を行った。

レジオネラ属菌の培養検査は、病原体検出マニュアル及びレジオネラ症防止指針第4版に準じて、ろ過濃縮法で行った。培養により分離された菌株は、*mip* 遺伝子のシーケンス解析により菌種の特定制を行った。レジオネラ属菌遺伝子検査は、レジオネラ検出試薬キットE(栄研化学(株))を用い、LAMP法により行った。拭取り検体のレジオネラ属菌遺伝子検査の前処理方法については、1回目調査時は試薬の説明書に従った。2回目調査時は、拭取り検体希釈液を孔径0.2μmのポリカーボネート製メンブレンフィルター(アドバンテック東洋(株))でろ過し、希釈液と同量の生理食塩水(大塚製薬(株))に再浮遊させて検体とした。

一般細菌、従属栄養細菌は上水試験法(2020年版)<sup>3)</sup>に準じて行った。

温泉水の残留塩素濃度は、残留塩素測定器(DPD法)(1回目はオーヤラックス(株)、2回目は柴田科学(株))を使用し、硫化水素はガス検知管((株)ガステック)を使用した。ATPは、ルシパック A3Water(キッコーマンバイオケミファ(株))を用いた。気温及び水温は標準棒温度計で測定した。pHは試験紙TEST PAPER UNIV.(アドバンテック東洋(株))を使用した。

### 2. 温泉水における有効な消毒剤の検討

#### 1) 検査試料

当該事業者で保有している源泉の温泉水を検査試料とした。

2) 各消毒剤によるレジオネラ属菌の不活化試験

*Legionella pneumophila* SG1 の標準株 (ATCC33152) (*L.pneumophila*) 及びタンクローリー内部から検出された *Legionella rubrilucens* (*L.rubrilucens*) を供試株とした。各菌株を BCYE  $\alpha$  寒天培地 ((株) 日研生物医学) に接種し 36℃ で 3 日間培養後、平板上のコロニーを掻き取り、滅菌蒸留水に浮遊させ、マックファーランド No.0.5 付近となるよう菌原液を調製した。菌原液を 10,000 倍希釈し、 $10^4 \sim 10^5$  CFU/mL の添加菌液を調製した。供試した消毒剤は、塩素系消毒剤として次亜塩素酸ナトリウム、モノクロラミン、非塩素系消毒剤として銀イオン製剤、PHMB、混合薬剤、二酸化塩素剤を使用した。PHMB 及び混合薬剤は陽イオン系消毒剤に分類され、二酸化塩素剤は酸化剤系消毒剤に分類される。

必要数分の 50 mL 滅菌遠沈管に温泉水 27 mL を分注し、この遠沈管 2 本ずつに、次亜塩素酸ナトリウム 0.4 mg/L、モノクロラミン 3 mg/L、銀イオン製剤 0.05 mg/L、PHMB 6 mg/mL、混合薬剤 2 mg/mL (すべて有効成分濃度) になるよう各 3 mL を添加し攪拌した。これらの遠沈管 1 本ずつに、2 種類の菌液 300  $\mu$ L を添加して試験液とした。この試験液を菌液添加直後、15 分後、60 分後、24 時間後に BCYE  $\alpha$  寒天培地に 100  $\mu$ L ずつ接種した。対照として、温泉水 30 mL を分注した 3 本の遠沈管を用意した。2 本は試験液と同様に各菌液をそれぞれ添加した陽性対照とし、別の 1 本には何も添加しない陰性対照として、試験液と同時刻に BCYE  $\alpha$  寒天培地に接種した。

試験液及び対照を接種した培地を 7 日間 36℃ で培養後、レジオネラ属菌数の推移を観察した。また、レジオネラ属菌以外の温泉水由来の細菌(夾雑菌)の発育が見られた場合、その菌数を計上した。

消毒剤及び菌液添加から 24 時間以内に、消毒剤の効果によってレジオネラ属菌が消失し、かつ夾雑菌が減少したと認められた消毒剤について「効果あり」と評価した。

## 結果及び考察

### 1. 汚染実態調査

#### 1) 設備等の管理

事業者からの聴取により、当該設備等の管理方法は以下のとおりであった。

温泉水の配湯作業はほぼ毎日行われ、1 日あたりの配湯先は 6~9 施設であった。源泉の温

泉水は、早朝にタンク①に汲み上げられ、タンク②からタンクローリーへ注入される都度、タンク①からタンク②に補填されていた。配湯作業を行わない夜間及び休日は、タンク①及びタンク②の温泉水残水はタンク内に貯水され、タンクが空になることはなかった。

温泉水の消毒は、温泉水をタンク①及びタンク②に注入する直前の流路に、塩素系消毒剤であるトリクロロイソシアヌル酸の錠剤を投与していた。当該消毒剤の推奨添加量は、1 錠/ $m^3$  であり、投与する錠剤の数は、それぞれ約 7~8 錠であった。残留塩素濃度管理は、未実施であった。

タンク①及びタンク②の定期清掃は、専門業者に年 1 回委託し、次亜塩素酸ナトリウムを消毒に使用するとされていたが、2022 年は清掃を実施していなかった。

タンクローリーのタンク内の清掃は、自施設で年に数回、高圧洗浄機を使用して行っていたが、消毒剤は使用していなかった。

タンクローリーの注入用ホース及び配湯用ホースの清掃は、実施していなかった。保管は、ホースの開口部に蓋をし、注入用ホースは資材倉庫内の床に直置きし、配湯用ホースはタンクローリーの荷台に置いていた。タンクローリーに設置されていたろ過器のろ材は次亜塩素酸ナトリウムを使用して定期的に消毒を行っていた。

#### 2) 微生物及び理化学検査

1 回目及び 2 回目調査時の微生物検査と理化学検査の結果をそれぞれ表 1、表 2 に示した。

##### (1) レジオネラ属菌

培養検査では、全ての温泉水でレジオネラ属菌は 10 CFU/100 mL 未満であった。拭取り検体については、1 回目調査時に、タンクローリー内部から菌が検出されたが、菌数は 1 CFU/100 mL であった。この原因として、調査の時期が冬季であったため、温泉水の水温がレジオネラ属菌の増殖可能な温度 (20~45℃) より低かったことが考えられた (表 1)。

分離された菌種は *L.rubrilucens* であった。本菌種の検出頻度は *L.pneumophila* に比べて少ないが、温泉水から本菌種と *L.pneumophila* による重複感染事例が報告されている。しかし、本菌種単独での病原性については今のところ不明である<sup>4)</sup>。

1 回目調査における遺伝子検査は、温泉水については、源泉以外で全て陽性となった。一方で、拭取り検体の遺伝子検査は、全ての採材箇所が陰性であった。拭取り検体は、温泉

表 1 1 回目調査時の微生物検査及び理化学検査の結果(採水時間順)

| 採材場所                 | 検体種別 | レジオネラ属菌               |                   | 一般細菌<br>温泉水：(CFU/mL)<br>拭取り：(CFU/cm <sup>2</sup> ) | 従属栄養<br>細菌 | pH   | 残留塩素<br>濃度<br>(mg/L) | ATP<br>(RLU) | 硫化水素<br>(ppm) | 気温(℃) | 水温(℃) |
|----------------------|------|-----------------------|-------------------|----------------------------------------------------|------------|------|----------------------|--------------|---------------|-------|-------|
|                      |      | 培養検査                  | 遺伝子検査法<br>(LAMP法) |                                                    |            |      |                      |              |               |       |       |
| 源泉                   | 温泉水  | <10 CFU/100mL         | 陰性                | 8                                                  | 2          | 7~8  | N.T.                 | 4            | 0.5           | 3     | 14    |
| タンク①                 | 温泉水  | <10 CFU/100mL         | 陽性                | 20                                                 | 322        | 7    | 遊離：0<br>総残：0         | 69           | 0             | 1.7   | 9.5   |
| タンク②                 | 温泉水  | <10 CFU/100mL         | 陽性                | 32                                                 | 380        | 7    | 遊離：<0.1<br>総残：0.1    | 163          | 0             | 3.5   | 6.2   |
| タンクローリー<br>注入用ホース 残水 | 温泉水  | <10 CFU/100mL         | 陽性                | 2                                                  | 13         | 7    | 遊離：0.2<br>総残：0.6     | 46           | 0             | 5.2   | 8.3   |
| タンクローリー<br>注入用ホース 出口 | 拭き取り | 不検出                   | 判定保留              | 734                                                | 2827       | N.T. | N.T.                 | N.T.         | N.T.          | N.T.  | N.T.  |
| タンクローリー<br>配湯用ホース 残水 | 温泉水  | <10 CFU/100mL         | 陽性                | 18                                                 | 31         | 7    | 遊離：<0.1<br>総残：0.1    | 183          | N.T.          | 9.2   | 7.5   |
| タンクローリー<br>配湯用ホース 出口 | 拭き取り | 不検出                   | 判定保留              | 1400                                               | 1314       | N.T. | N.T.                 | N.T.         | N.T.          | N.T.  | N.T.  |
| タンクローリー内部            | 拭き取り | 1 CFU/cm <sup>2</sup> | 判定保留              | 990                                                | 300        | N.T. | N.T.                 | N.T.         | N.T.          | N.T.  | N.T.  |

N.T.:Not tested

表 2 2 回目調査時の微生物検査及び理化学検査の結果(採水時間順)

| 採材場所                 | 検体種別 | レジオネラ属菌       |                   | pH   | 残留塩素<br>濃度<br>(mg/L) | 気温(℃) | 水温(℃) |
|----------------------|------|---------------|-------------------|------|----------------------|-------|-------|
|                      |      | 培養検査          | 遺伝子検査法<br>(LAMP法) |      |                      |       |       |
| タンク①                 | 温泉水  | <10 CFU/100mL | 陽性                | 7    | 遊離：<0.1              | -0.3  | 7.0   |
| タンク②                 | 温泉水  | <10 CFU/100mL | 陽性                | 7    | 遊離：<0.1              | 1.2   | 0.9   |
| タンクローリー<br>注入用ホース 残水 | 温泉水  | <10 CFU/100mL | 陽性                | 7    | 遊離：<0.1              | 0.1   | 1.0   |
| タンクローリー<br>注入用ホース 出口 | 拭き取り | 不検出           | 陽性                | N.T. | N.T.                 | N.T.  | N.T.  |
| タンクローリー<br>配湯用ホース 残水 | 温泉水  | <10 CFU/100mL | 陽性                | 7    | 遊離：0.1               | 4.2   | 4.0   |
| タンクローリー<br>配湯用ホース 出口 | 拭き取り | 不検出           | 陽性                | N.T. | N.T.                 | N.T.  | N.T.  |
| タンクローリー内部            | 拭き取り | 不検出           | 陽性                | N.T. | N.T.                 | N.T.  | N.T.  |

N.T.:Not tested

水と同一流路からの検体であるため、全検体が陰性であるとは考えにくかったことから、1 回目調査の遺伝子検査結果は、偽陰性の可能性を考え、「判定保留」とした。LAMP 反応における阻害物質は、鉄及びマンガンとされているが<sup>5)</sup>、温泉分析書を確認したところ、当該温泉水における含有量はごく少量であった。このことから、偽陰性となる可能性の原因は、温泉水中のその他の成分、または拭取り綿棒の希釈液であるリン酸緩衝生理食塩水(PBS)と推察された。そのため、2 回目調査の遺伝子検査は、前処理方法を変更して行い、その結果は陽性となった(表 2)。源泉の温泉水は、1 回目調査の培養及び遺伝子検査で陰性となったため、2 回目調査の検査対象からは除いた。

1 回目及び 2 回目調査において、培養検査で 10 CFU/100 mL 未満、遺伝子検査法で陽性となった検体については、死菌及び培養検査では検出できない状態の生菌(viable but non-culturable:VBNC)の存在が考えられた(表

1,2)。源泉では、培養検査で 10 CFU/100 mL 未満、遺伝子検査法で陰性であった(表 1)ことから、源泉より下流の流路において、レジオネラ属菌による汚染があったと考えられた。

## (2) 一般細菌及び従属栄養細菌

1 回目調査では、各温泉水における一般細菌は 2~32 CFU/mL、従属栄養細菌は 2~380 CFU/mL が検出された(表 1)。温泉水において一般細菌及び従属栄養細菌の基準値等の規定はないが、水道法における水道水中の水質基準として、一般細菌は 100 CFU/mL 以下、従属栄養細菌は水質管理目標設定項目の目標値として 2000 CFU/mL 以下(暫定)であることを考慮すると、今回検出された菌数は少ないと判断された。

タンク①及びタンク②における従属栄養細菌数は、源泉と比較してやや多い傾向が認められた。従属栄養細菌は配水系における塩素の消失や滞留の状況の評価に適しており、また生物膜やスライムの形成など水道施設の清

浄度の劣化を端的に表現する指標として優れているとの報告がある<sup>6)</sup>。このことから、タンク内における従属栄養細菌数の増加は、残留塩素濃度の低下及び温泉水の一時的な滞留が原因と推察された。

タンク①及びタンク②では、1回目及び2回目調査結果ともに、残留塩素濃度が不検出または低濃度であった(表1,2)。また、タンクの詳細な換水状況は不明であったが、完全換水は行っておらず、タンクローリーの1日の稼働状況を考慮すると、温泉水がタンクに一時的に滞留する時間があったと考えられた。さらに、当該温泉水は硫黄泉であるが、源泉より下流の流路において、硫化水素は検出されなかった(表1)。これらのことから、残留塩素濃度が不検出または低濃度であった原因は、タンクにおける温泉水の一時的な滞留と、温泉水に含まれる硫化水素により、短時間でトリクロロイソシアヌル酸が消費された可能性が考えられた。また、温泉水に含まれる硫化水素も同時に、トリクロロイソシアヌル酸により消費されたと推察された。注入用ホース残水では、タンク①及びタンク②の温泉水より従属栄養細菌は減少した(表1)。これは、残留塩素濃度が他の採材場所と比較し高濃度であったためと考えられた。注入用ホース残水のみ高濃度となった原因については不明であり、原因の特定には詳細な流路や、採水時のタンク内の換水状況等の把握が必要である。

注入用及び配湯用ホース残水の一般細菌と従属栄養細菌の菌数には、大きな差は見られなかった。また、注入用ホース、配湯用ホース及びタンクローリー内部における拭取り検体からは、一般細菌は734~1400 CFU/cm<sup>2</sup>、従属栄養細菌は300~2827 CFU/cm<sup>2</sup>検出さ

れた(表1)。いずれの採材箇所においても、緑色または黒色の付着物が目視で確認された。この付着物に一般細菌及び従属栄養細菌が定着していると推測された。これらのことから、温泉水から検出された細菌は少数であったが、タンクローリー内部及びホースの付着物から遊離する細菌により温泉水が汚染される可能性が推察された。

## 2. 温泉水における有効な消毒剤の検討

添加した消毒剤における2菌種のレジオネラ属菌の減少率の推移を図2及び図3に示した。減少率(%)は、「1-(菌液添加から一定時間後の試験液の生菌数/陽性対照の生菌数)×100」とした。また、試験液及び対照における夾雑菌の菌数の推移について表3、表4及び表5に示した。

### (1) PHMB及び混合薬剤

2菌種のレジオネラ属菌については、菌液を添加してから60分以内に減少率が100%付近まで上昇した(図2,3)。また、夾雑菌については、PHMB試験液では菌液の添加直後から消失が確認された(表3,4)。混合薬剤試験液では、*L.pneumophila* 菌液を添加した試験液において、60分後に夾雑菌の消失が認められた(表3)。*L.rubrilucens* 菌液を添加した試験では、60分までは夾雑菌の発育は認められなかったが、24時間後にわずかに発育した(表4)。

### (2) 次亜塩素酸ナトリウム、モノクロラミン、銀イオン製剤及び二酸化塩素剤

2菌種のレジオネラ属菌は、各試験液において60分後までは減少率に大きな増減は認められなかった。60分後から24時間までは、*L.pneumophila* 菌液を添加した次亜塩素酸ナトリウム、モノクロラミン及び銀イオン製剤

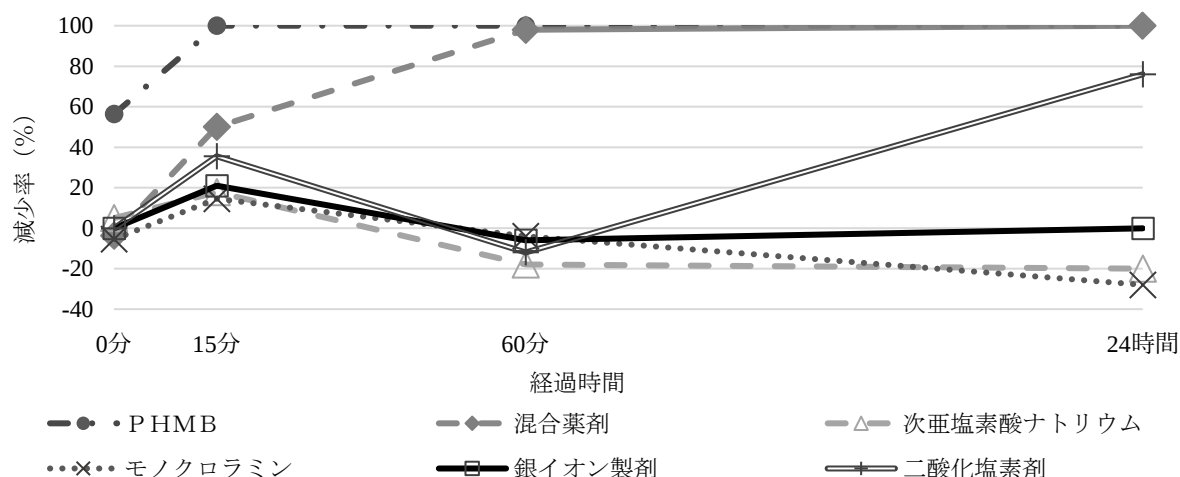
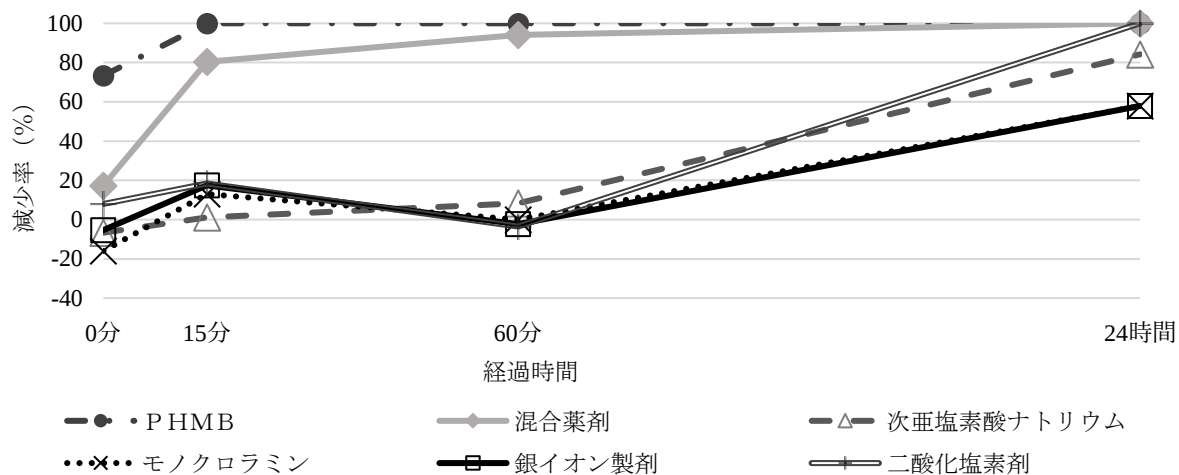


図2 各消毒剤試験液における *L.pneumophila* の減少率の推移

図 3 各消毒剤試験液における *L. rubrilucens* の減少率の推移表 3 *L. pneumophila* 菌液添加後の各消毒剤試験液における夾雑菌の菌数の推移 (CFU/mL)

|            | 0分 | 15分 | 60分 | 24時間 |
|------------|----|-----|-----|------|
| 次亜塩素酸ナトリウム | 20 | 0   | 0   | 90   |
| モノクロラミン    | 0  | 10  | 10  | 20   |
| 銀イオン製剤     | 10 | 10  | 30  | 50   |
| PHMB       | 0  | 0   | 0   | 0    |
| 混合薬剤       | 0  | 10  | 0   | 0    |
| 二酸化塩素剤     | 20 | 10  | 20  | 290  |
| 陽性対照       | 20 | 0   | 10  | 80   |

表 4 *L. rubrilucens* 菌液添加後の各消毒剤試験液における夾雑菌の菌数の推移 (CFU/mL)

|            | 0分 | 15分 | 60分 | 24時間 |
|------------|----|-----|-----|------|
| 次亜塩素酸ナトリウム | 10 | 10  | 0   | 70   |
| モノクロラミン    | 0  | 40  | 0   | 50   |
| 銀イオン製剤     | 10 | 10  | 10  | 70   |
| PHMB       | 0  | 0   | 0   | 0    |
| 混合薬剤       | 0  | 0   | 0   | 10   |
| 二酸化塩素剤     | 0  | 10  | 0   | 160  |
| 陽性対照       | 20 | 10  | 0   | 30   |

表 5 陰性対照における夾雑菌の菌数の推移 (CFU/mL)

|      | 0分 | 15分 | 60分 | 24時間 |
|------|----|-----|-----|------|
| 陰性対照 | 10 | 10  | 10  | 100  |

の各試験液では、減少率の大きな変化はなく、二酸化塩素剤試験液のみ菌数が減少した(図 2)。 *L. rubrilucens* を添加した試験液では、4 種類の消毒剤すべてで菌数が減少傾向を示し

た(図 3)。一方で、夾雑菌については添加菌種によらず、4 種類の試験液で、60 分後から 24 時間までに陽性対照と同程度以上の菌数の増加が認められた(表 3,4)。特に二酸化塩素

剤試験液については、夾雑菌の急増が認められた。また、対照における夾雑菌は、60分後から24時間までに、陽性対照ではやや増加し、陰性対照では明らかな増加を認めた。これらの4種類の試験液における夾雑菌の挙動は、陽性及び陰性対照と同様であった。このことから、4種類の消毒剤の効果は減弱していた可能性が考えられた。

4種類の消毒剤で効果が減弱した原因は、塩素系の消毒剤である次亜塩素酸ナトリウム、モノクロアミン及び酸化剤系の消毒剤である二酸化塩素剤については温泉水に含有される硫化水素により、また、銀イオン製剤については同様に塩化物イオン及び硫酸イオンにより<sup>7)</sup>、有効成分が消費されたためと推察された。

これらの結果から、供試した消毒剤のうち、PHMB及び混合薬剤は温泉水におけるレジオネラ属菌に効果ありと判定した。その他4種類の消毒剤については、効果なしと判定した。

浴槽水に温泉水等を使用した入浴施設への導入が期待されるPHMB及び混合薬剤は、泉質を選ばず使用ができる消毒剤である。また、PHMBと混合薬剤の主成分の塩化ベンザルコニウムの合剤も販売されており、同様に利用できる可能性がある。しかしながら、PHMBは高濃度塩素薬剤との併用でゲル状の物質が生じる可能性があると考えられるため<sup>8)</sup>、使用方法には注意を要すると考えられた。混合薬剤については、製造会社の添付文書では、日常管理の消毒に使用できるとされているが、使用についてのデータが少ないため、温泉水の常時殺菌用途で使用するにはさらに検討が必要と思われる。

## まとめ

今回の実態調査では、設備から検出されたレジオネラ属菌、一般細菌及び従属栄養細菌の菌数は少なかった。また、1時間程度の配送時間では、タンクローリー内部に貯留した温泉水の汚染は少なかった。一方で、レジオネラ属菌の遺伝子検査において源泉の温泉水以外の検体は陽性となったこと、及び各採材場所の温泉水は残留塩素濃度が低かったことから、源泉より下流の流路には、これらの細菌が生息可能な環境であると推察された。そのため、長時間の移送では、タンクローリー及びホース等の付着物が汚染源となることは否定できないと考えられた。

当該温泉水における消毒剤の検討では、塩

素系消毒剤は、消毒効果が減弱することが推察された。一方で、陽イオン系消毒剤であるPHMB及び混合薬剤には、消毒効果が維持されることが確認された。しかし、入浴施設等への導入の際は、運用する環境下において消毒効果を認められる適切な濃度、消毒効果の持続性及び添加頻度の検討を個別に行う必要があると考えられた。

本調査及び検討結果については、保健所から事業者へ報告し、併せてタンクローリーとその周辺設備の清掃方法、清掃頻度及び泉質に適した消毒剤について助言等を行った。

今回、検査項目とした一般細菌及び従属栄養細菌は、増殖することで生物膜の形成及びアメーバの定着を促す環境を作るとされる。レジオネラ属菌は、アメーバ内に寄生し増殖して水中に放出されることから、一般細菌及び従属栄養細菌の増加は、間接的にレジオネラ属菌が増殖可能な環境を形成する可能性がある。また、一般細菌及び従属栄養細菌については、冬季より夏季に菌量が多く検出される傾向があると言われている<sup>9)</sup>。これらのことから、タンクローリー等の汚染実態をさらに把握するため、夏季においても調査を行う必要がある。

## 文献

- 1) レジオネラ研究者の会編:レジオネラ属菌を知る.第3版,86(2021)
- 2) 平成8年9月29日環自施第224号「タンクローリー等に係る温泉法第12条等の運用について」環境省.
- 3) 日本水道協会:上水試験法(2020年版)
- 4) Mikio Shin-ichiro Fujii, Rieko Shiroyiwa, Junko Amemura-Maekawa, Bin Chang, Fumiaki Kura, et al.: Isolation of *Legionella rubrilucens* from a pneumonia patient co-infected with *Legionella pneumophila*, *Journal of Medical Microbiology*, 59, 1242-1246(2010)
- 5) 栄研化学株式会社. Loopamp レジオネラ検出試薬キットE 添付文書. 2010年9月改訂第5版
- 6) 厚生科学審議会「水質基準の見直し等について(答申)」. 厚生労働省. 平成15年4月28日(2003)
- 7) 加藤尚之:ONE POINT MEMO No.208, モダンメディア, vol.59, 12-18, 2013.

- 8) 日本イオン株式会社. 陽イオン系殺菌剤 SPA do (スパドゥ) (URL: <http://www.japan-ion-shop.jp/shopdetail/084001000003>) 2024年7月29日
- 9) 一般財団法人 東京顕微鏡院 食と環境の科学センター, 津藤通孝, 柿澤広美, 馬場洋一, 井上太, 高橋 悟, 濱本大介他: 従属栄養細菌による貯水槽水の汚染実態と衛生管理. (URL: <https://www.kenko-kenbi.or.jp/columns/waterworks/2124/>) 2024年7月29日