

## 温泉付随ガス分離設備における レジオネラ属菌の実態調査と対策

森 康則<sup>1)2)\*</sup>, 赤地重宏<sup>1)</sup>, 永井佑樹<sup>1)</sup>, 吉村英基<sup>1)</sup>, 泉山信司<sup>3)</sup>

(令和2年1月9日受付, 令和2年2月13日受理)

### Investigation of *Legionella* spp. Proliferation in Gas Separators for Hot Spring Water

Yasunori MORI<sup>1)2)\*</sup>, Shigehiro AKACHI<sup>1)</sup>, Yuki NAGAI<sup>1)</sup>,  
Hideki YOSHIMURA<sup>1)</sup> and Shinji IZUMIYAMA<sup>3)</sup>

#### Abstract

This study focuses on *Legionella* spp. risks associated with gas separators installed at hot spring facilities to prevent explosive accidents (in compliance with the Hot Springs Law in Japan). Such gas separators use various methods, including the waterfall or natural-separation method, for gas-liquid separation (incidental gas and hot spring water). The waterfall method can separate incidental gases from significant quantities of gas-liquid mixtures. The natural-separation method is commonly used at hot springs with limited resources and low levels of incidental gases. Investigations of two waterfall separators presented negative results for the presence of *Legionella* spp. However, investigations of two natural-method separators presented positive results. Since natural-method separators also serve as storage tank, the hot spring water is stored for longer periods than that in waterfall separators. It is presumed that *Legionella* spp. can grow more easily in natural-method separator, because the longer storage period promotes amoeba growth and formation of biofilm. Thus, in such facilities, appropriate measures should be taken to control *Legionella* spp. in accordance with the regulations of Ministry of Health, Labor and Welfare before water is used in baths.

Key words : *Legionella* spp., gas separator, incidental gas from hot spring water, Hot springs law

<sup>1)</sup>三重県保健環境研究所 〒512-1211 三重県四日市市桜町 3684-11. <sup>1)</sup>Mie Prefecture Health and Environment Research Institute, 3684-11 Sakura-cho, Yokkaichi, Mie 512-1211, Japan. \*Corresponding author : E-mail moriy04@prefmie.lg.jp, TEL 059-329-2917, FAX 059-329-3004.

<sup>2)</sup>三重大学生物資源学部 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577. <sup>2)</sup>Faculty of Bioresources, Mie University, 1577 Kurima-machiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan.

<sup>3)</sup>国立感染症研究所 〒162-8640 東京都新宿区戸山 1-23-1. <sup>3)</sup>National Institute of Infectious Diseases, 1-23-1 Toyama, Shinjyuku, Tokyo 162-8640, Japan.

## 要 旨

本研究では、温泉施設のバックヤードに設置されているガス分離設備（ガスセパレータ）内部のレジオネラ属菌の増殖リスクを調査した。ガスセパレータには様々な分離方式があるが、大量の温泉水および高濃度のメタンが湧出する温泉では、大量の温泉水のガス分離処理が可能な自由落水方式のガスセパレータが導入されている場合が多い。自由落水方式のガスセパレータ 2 施設の調査を行った結果、いずれの施設もレジオネラ属菌は陰性であった。一方、温泉水の湧出量や利用量が少ないにも関わらず、高濃度のメタンを分離する必要がある施設では、自然分離方式のガスセパレータが導入されている場合が多い。自然分離方式のガスセパレータ 2 施設を調査した結果、いずれの施設でもレジオネラ属菌は、陽性であった。自然分離方式のガスセパレータは貯留タンクを兼ねているため、温泉水の滞留時間が長くなることにより、自然寄生宿主のアメーバの定着やバイオフィーム形成を促すことから、レジオネラ属菌が増殖しやすく、リスクが高くなるものと推測される。これらの施設では、給湯前に、厚生労働省の諸規定に基づいたレジオネラ属菌を制御するための適切な処置を行うことが必要である。

キーワード：レジオネラ属菌，ガス分離設備，温泉付随ガス，温泉法

## 1. はじめに

2007 年（平成 19 年）に発生した東京都渋谷区における温泉利用施設での爆発事故を契機として、翌年の 2008 年（平成 20 年）10 月 1 日から施行された改正温泉法では、温泉付随ガス中に含まれる可燃性天然ガスによる災害防止のための対策が義務付けられた。具体的な対策の一例として、温泉付随ガス中に炭化水素系の可燃性天然ガスを一定濃度以上含む場合、温泉井戸から浴場施設までの間にガス分離設備（以下、ガスセパレータ）と排気口を設置し、温泉水とともに湧出した可燃性天然ガスを、安全な場所で放出することとなっている。

ガスセパレータの分離方法及び構造基準に法的な定めはなく、ガスセパレータを通過した後の温泉水中に含まれる可燃性天然ガスが基準値以下であることが求められているのみである。ガスセパレータには様々な分離方式が存在し、環境省自然環境局自然環境整備担当参事官室（2009）は、ガスセパレータの分離方式を①自然分離方式、②落水方式（自由落水方式、散水方式）、③ばっ気方式（気泡方式）、④加圧分離方式の 4 方式に便宜的に分類している。どの分離方式を採用するかは温泉利用施設の考え方に依るところであるが、基本的には、①温泉水の湧出量や利用量、②温泉付随ガスに含まれる可燃性天然ガスの湧出量や濃度、③温泉利用施設バックヤードに確保可能なスペースの有無、④ガスセパレータのイニシャルコスト、ランニングコスト等により判断されているものと思われる。

実際には、これらの 4 方式にカテゴライズできないものや、複数の分離方式を組み合わせたもの等、様々なガスセパレータが存在する。環境省の定める 4 方式の普及率に関するデータの報告はないため、詳細な議論はできないものの、著者らが三重県内の温泉施設で現地確認する範囲では、これらの分離方式のうち最も広く普及しているのは、自然分離方式と落水方式（特に自由落水方式）の 2 方式で、これらがほぼ半数程度で設置されているように見受けられる。これらの方式が普及している理由は、自然分離方式は、多くの施設がその機能を源泉タンクで兼ねることができ（矢野・川元、2011）、比較的イニシャルコストが低いこと、落水方式は、大量の温泉水や温泉付随ガスの分離処理が短時間で可能であり、かつランニングコストがほとんど不要であることが挙げられる。一方、ばっ気方式や加圧分離方式は、ガス分離のランニングコストを要するためか、著者らが現地確認する範囲では、ガス田等の特殊な地域に位置する温泉井戸を除き、設置例は希少であるように見受けられる。

また、温泉利用施設の衛生管理上の最も大きな課題のひとつとして、レジオネラ属菌によるリス

クが存在する。レジオネラ症は、全国で2,000件を超える感染事例が報告されており、年々増加している(倉・前川, 2014・三重県感染症情報センター, 2019)。レジオネラ症の主要な感染経路と考えられている公衆浴場や温泉施設では、厚生労働省が発出する「公衆浴場における衛生等管理要領」(厚生労働省大臣官房生活衛生・食品安全審議官通知, 2019)や、「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」(厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課長通知, 2019)等を参考としながら、レジオネラ属菌の汚染リスクに対する具体的な対策が講じられている。

レジオネラ属菌は、酸素やL-システイン等の必須栄養素が存在する環境中で増殖し、かつアメーバ等への細胞内寄生性を有する。このため、特に自然寄生宿主とするアメーバの定着性が高い環境で増殖することが知られている(財団法人ビル管理教育センター, 2009)。このことから、浴場や循環ろ過系統におけるレジオネラ属菌の増殖リスクの低減を目指して、レジオネラ属菌の実態調査は数多く報告されているが、ガスセパレータ内部におけるレジオネラ属菌に関してはほとんど報告事例がなく、詳しい実態は不明である。環境中に広く生息する常在菌のレジオネラ属菌が、ガスセパレータ内部でも増殖する可能性は十分に考えられることから、その汚染リスクが懸念される。

改正温泉法によりガスセパレータが全国に普及した現在、その内部におけるレジオネラ属菌の汚染実態を明らかにし、必要な衛生対策を講じることを目的として、本研究を実施した。得られた結果について、以下に報告する。

## 2. 方 法

### 2.1 対象施設と採材箇所

本研究は、三重県内に位置する4か所の温泉利用施設の協力を得て、調査を実施した。調査対象施設の選定の方針としては、以下の3点に着目した。①温泉付随ガス中に基準値以上の可燃性天然ガスが含まれており、温泉法第14条の2第1項に基づく採取許可対象施設であること、②ガスセパレータの分離方式が、比較的普及している自由落下方式あるいは自然分離方式であること、③ガスセパレータ付近に吐水口が設備されており、源泉付近を含めた複数箇所での採水が可能であること。

これらの対象施設の概要について、Table 1に示す。

本研究では、主要な2つのガス分離方式(自由落水方式と自然分離方式)について、各2施設を選定した。各方式のガスセパレータの概略的な構造をFig. 1に示す。

環境省自然環境局自然環境整備担当参事官室(2009)によると、自由落水方式については「温泉水が送湯管口から自由落下するよう対策を施したタイプ。ガス分離を目的に、一般的な設備より明らかに高い所まで温泉水を引き揚げ、長い落下区間を確保した設備。」、自然分離方式については「ガス分離を主目的とした装置は設けないが、温泉水に含まれる可燃性天然ガスが自然に分離するタイプ。」と、それぞれ説明されている。

本研究における各対象施設の概略的な配湯プロセスと採材箇所をFig. 2に示す。採材は、施設バッ

Table 1 Outlines of targeted hot springs and hot spring facilities

Station ID	Gas-liquid separation method	Hot spring type	Volume of gas separator (m <sup>3</sup> )	Depth of hot spring well <sup>*1</sup> (m)
St.A	Waterfall method	Alkaline simple hot spring	4	1,800
St.B	Waterfall method	Na-Cl hot spring	1.7	1,500
St.C	Natural-separation method	CO <sub>2</sub> -Na·Ca-HCO <sub>3</sub> ·Cl mineral spring	20	2,000
St.D	Natural-separation method	Na-Cl·HCO <sub>3</sub> hot spring	40	1,700

\*1 Approximate numbers.

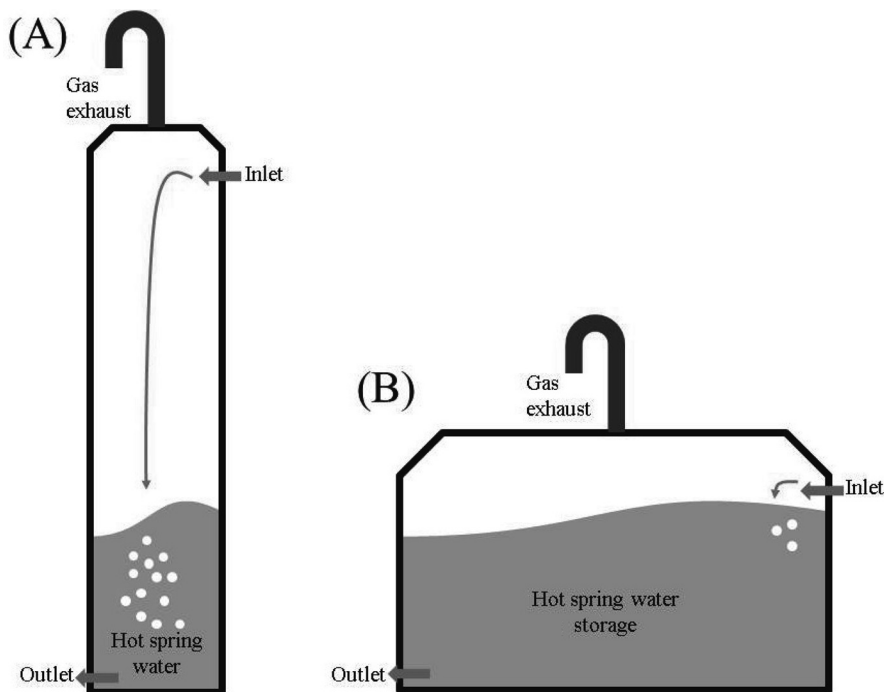


Fig. 1 (A) Schematic diagram of gas separator that uses the waterfall method for gas-liquid separation (hot spring water and incidental gas). In this method, hot spring water flows into the gas separator from an upper pipe, and dissolved gas (including methane) is separated from the water. Separated gases are emitted from the uppermost pipe, and the hot spring water flows out from a lower pipe to a hot spring tank or cycle filtration system. (B) Schematic diagram of gas separator that uses the natural-separation method. In this method, too, hot spring water flows into the gas separator from a pipe. There are relatively few drops between the inlet pipe and the water surface. The gas separator only depends on natural gas-liquid separation. Therefore, the natural-separation method requires relatively long storage and separation time.

クヤードの温泉井戸から利用施設までの配湯過程における吐水口や開口部で行った。

本研究が研究対象として選定した各施設は、いずれも施設と同一敷地内に温泉井戸を保有しており、温泉井戸からガスセパレータによるガス分離を経て、管路により温泉水が利用施設内に配湯される構造となっている。

## 2.2 分析方法

各施設の様々な箇所から採材した検水は、冷蔵保存の状態ですぐに実験室に搬入し、以下の分析に供した。

温度：標準温度計による測定

測定場所：現地測定

pH, 電気伝導率 (Electron conductivity 以下, EC)：ガラス電極法

測定機器：TOA MM-60

測定場所：実験室内

Fe<sup>2+</sup>：誘導結合プラズマ発光分光分析法

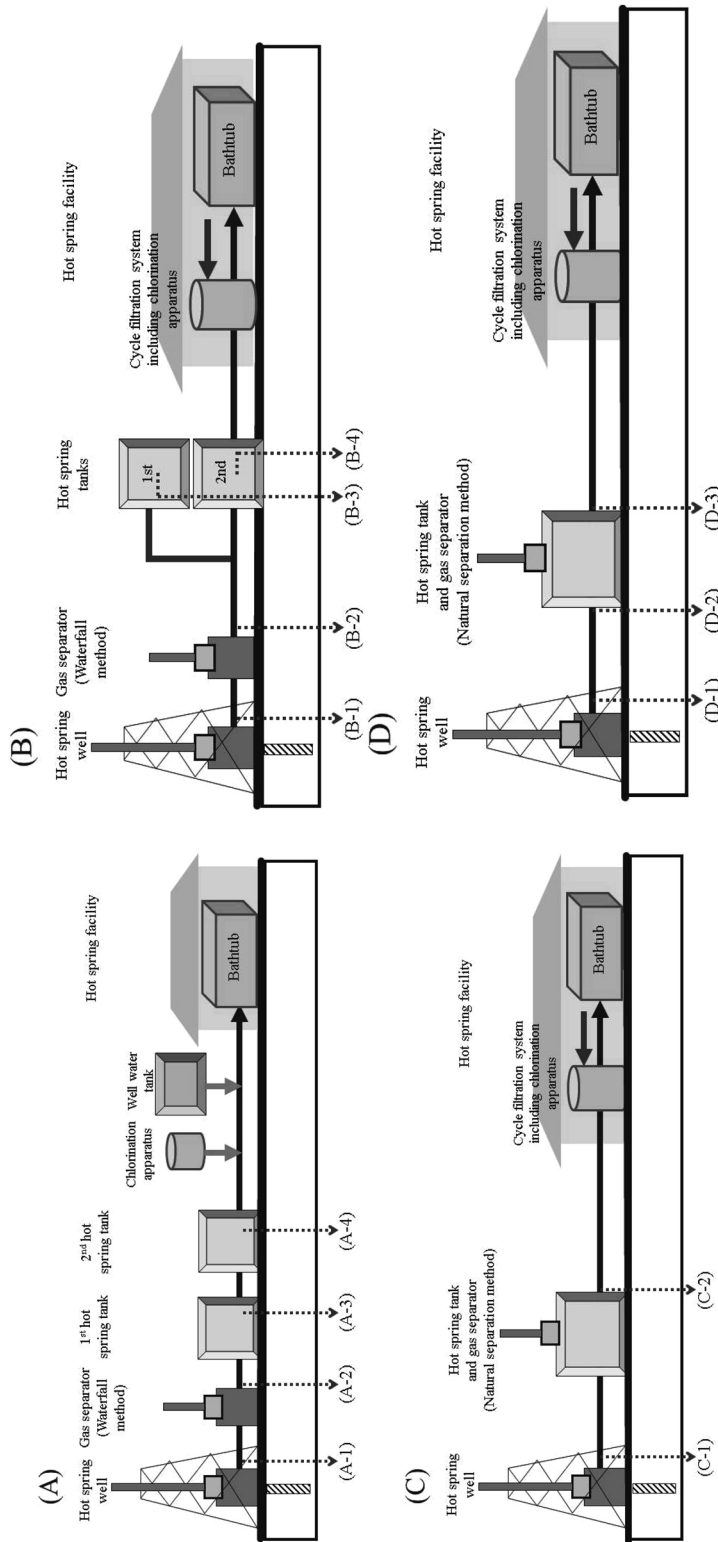


Fig. 2. Schematic diagram of hot spring water flowing from upwelling to the bath facilities. First, hot spring water flows into the gas separator, where the gas and liquid are separated, and then flows into storage tanks. Finally, the water flow into baths, running under some cycle filtration systems equipped with chlorination apparatus. Facility A, C, and D have each serial connection, while facility B has a parallel connection. In facility B, the 1<sup>st</sup> hot spring tank is connected in parallel with the 2<sup>nd</sup> tank although the connecting valve between the tanks is shut ordinals. The hot spring water immediately flows into the 1<sup>st</sup> hot spring tank, and the 2<sup>nd</sup> tank holds remaining water from the previous day. Namely, those waters in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> tanks wells up on the sampling day and the previous day, respectively.

測定機器：SHIMADZU ICPS-8100

測定波長：259.940 nm

内標準：Y

試料：HNO<sub>3</sub> 固定

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>：インドフェノール法

測定機器：SHIMADZU UV-2450

測定波長：640 nm

全有機炭素 (Total organic carbon 以下, TOC)：全有機炭素計測定法

測定機器：全有機体炭素計 SHIMADZU TOC-V CPH

レジオネラ属菌：

検水 500 ml を孔径 0.2 μm のポリカーボネートフィルターで 100 倍濃縮した後、酸処理検体 0.2 mL、熱処理検体 0.1 mL を GVPC 寒天培地 (ニッスイプレート GVPC 寒天培地) ならびに BCYEα 培地 (栄研化学ポアメディア BCYEα 寒天培地) に接種し 36°C、7 日間培養。必要に応じて、PCR を用いた確認同定検査を実施。PCR は LEG (genus *Legionella* 16S rRNA gene) プライマーを使用し、レジオネラ属菌であることを確定 (国立感染症研究所, 2011)。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 自由落水方式のガスセパレータにおけるレジオネラ属菌汚染リスク

本研究で得られた調査結果を Table 2 に示す。

まず、自由落水方式のガスセパレータを設備する施設 A では、温泉水揚湯直後 (A-1) からガスセパレータ通過直後 (A-2)、一次タンク (A-3) まではいずれも陰性であったが、二次タンク (A-4) のみ、レジオネラ属菌が検出された。これらのサンプルの水温は、50.4~51.7°C であり、レジオネラ属菌の発育至適温度 (38°C 前後) より高温であった。その他の理化学的検査 (pH, EC, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TOC) については、レジオネラ属菌の増殖環境に影響を与えるような変動は認められなかった。

同様に、施設 B でも温泉水揚湯直後 (B-1)、ガスセパレータ通過直後 (B-2) では、いずれもレジオネラ属菌は陰性であったが、並列のガスセパレータのうち、ガスセパレータ通過直後に導入さ

Table 2 Results of investigation

Separation method	Station ID	Sample ID	Location	Water temperature (°C)	pH	<i>Legionella</i> spp. (CFU/100 mL) <sup>※1</sup>	EC (mS/m)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Total organic carbon (mg/L)	Fe <sup>2+</sup> <sup>※2</sup> (mg/L)
Waterfall method	A	A-1	Hot spring well	50.4	8.13	N.D.	82.1	0.8	3.3	-
		A-2	Gas separator	51.4	8.35	N.D.	81.4	0.9	2.8	-
		A-3	1st hot spring tank	51.7	8.38	N.D.	80.8	0.9	2.7	-
		A-4	2nd hot spring tank	50.9	8.38	0.4	81.0	0.8	2.8	-
	B	B-1	Hot spring well	44.1	7.46	N.D.	1,145	4.1	3.6	-
		B-2	Gas separator	46.2	7.60	N.D.	1,151	4.1	3.5	-
		B-3	1 <sup>st</sup> hot spring tank <sup>※3</sup>	45.7	7.85	N.D.	1,153	3.8	3.8	-
		B-4	2 <sup>nd</sup> hot spring tank <sup>※3</sup>	28.6	7.71	4.9	1,130	2.2	3.6	-
Natural-separation method	C	C-1	Hot spring well	21.3	6.20	N.D.	42.6	<0.1	1.4	3.3
		C-2	hot spring tank and gas separator	28.5	6.53	4,950	179	0.5	0.6	12
	D	D-1	Hot spring well	34.3	7.22	N.D.	655	2.3	0.3	0.3
		D-2	Before hot spring tank and gas separator	33.0	7.50	N.D.	654	2.3	0.3	0.7
		D-3	After hot spring tank and gas separator	32.9	7.29	90	653	1.8	0.5	0.3

<sup>※1</sup> CFU means colony forming unit. N.D. means "not detected".

<sup>※2</sup> - : no measurement.

<sup>※3</sup> Hot spring water in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> hot spring tanks wells up on the sampling day and the previous day, respectively.



れたガスセパレータ (B-3) は陰性で, 採材日の前日に揚湯し貯留されていた一方のガスセパレータ (B-4) のみ, 陽性であった. これらのサンプルの水温は, 揚湯から間もない B-1, B-2, B-3 が 44.1~46.2°C であったが, 採材日前日揚湯の B-4 は 28.6°C と温度低下が認められた. 理化学検査については, pH, EC, TOC については揚湯日による変化は認められなかったが,  $\text{NH}_4^+$  では, 揚湯直後の B-1 が 4.1 mg/L に対し前日揚湯の B-4 が 2.2 mg/L と, 酸化による影響と考えられる濃度低下が認められた.

### 3.2 自然分離方式のガスセパレータにおけるレジオネラ属菌汚染リスク

自然分離方式のガスセパレータを設備する施設 C では, 温泉水揚湯直後 (C-1) は陰性であったが, 源泉タンク兼ガスセパレータから採材したサンプル (C-2) からレジオネラ属菌が検出された. 理化学的分析についても大きな変動が認められ, EC が 42.6 mS/m から 179 mS/m に,  $\text{Fe}^{2+}$  が 3.3 mg/L から 12 mg/L への濃度上昇が認められた. 一方で, TOC は 1.4 mg/L から 0.6 mg/L に濃度低下が認められた. 採材時の源泉タンク兼ガスセパレータ内部は, 温泉に含まれる  $\text{Fe}^{2+}$  をはじめとする金属成分の沈殿物の生成が認められたこと, 源泉タンク兼ガスセパレータ内の水質が不均質であったことが, この結果に反映されているものと推測される.

同様の分離方式を有する施設 D では, 温泉水揚湯直後 (D-1), 源泉タンク兼ガスセパレータ導入直前 (D-2) ではレジオネラ属菌はいずれも陰性であったが, 源泉タンク兼ガスセパレータ通過後 (D-3) でレジオネラ属菌が検出された. 理化学検査の結果,  $\text{Fe}^{2+}$  が 0.3~0.7 mg/L,  $\text{NH}_4^+$  が 1.8 mg/L~2.3 mg/L のわずかな濃度変動が認められた. そもそもこれらの化学成分は, 酸化的環境では, 酸化に伴う化学変化が生じやすいことに加え, 水質が不均質であることが主要因となり, これらの濃度変動が生じた可能性が推測される.

### 3.3 ガスセパレータの貯留性とレジオネラ属菌汚染リスクの関連

以上の結果から, 各ガスセパレータの分離方式とレジオネラ属菌汚染リスクの関連について, 考察する.

本研究の結果, 対象とした 4 施設のうちそれぞれ 1 箇所ずつのポイント (A-4, B-4, C-2, D-3) が, レジオネラ属菌が検出された. これらの採材箇所には, 揚湯してから一定程度の時間が経過しているという共通点が認められる.

温泉水の揚湯量とガスセパレータや設備容量からの計算や, 担当者からの聞き取り事項を総合すると, 揚湯から少なくとも, A-4 (0.4 CFU/100 mL) については半日から一日, B-4 (4.9 CFU/100 mL) は一日, D-3 (90 CFU/100 mL) は一日から二日ほど, C-2 (4,950 CFU/100 mL) は約 1 週間程度, それぞれ経過している可能性がある.

レジオネラ属菌の増殖には, レジオネラ属菌の必須栄養素・増殖促進因子の存在に加え, 自然寄生宿主のアメーバの定着性やバイオフィーム形成の有無が関係する. レジオネラ属菌の検出と貯留時間には緩やかな整合性が見られることから, レジオネラ属菌の汚染リスクは, 揚湯からの貯留時間の長さに関連して増大する, アメーバの定着性とバイオフィームの形成能の各変化が, その主要因であることが推測される.

### 3.4 長時間貯留を前提とした自然分離方式ガスセパレータのレジオネラ対策

自然分離方式のガスセパレータは, 自然分離に温泉水の一定時間の貯留を前提とする設備である. このため, 自然分離方式のガスセパレータの運用には, ガス分離に要する貯留時間が長くなるほど, レジオネラ属菌の汚染リスクが高くなる可能性を十分に留意しておく必要がある.

特に、槽内にバイオフィームが形成された場合は注意を要する。一旦形成されたバイオフィームは、通常濃度の消毒剤での除去が困難になることから (LeChevallier *et al.*, 1988), バイオフィームの形成を未然に防止するために、ガスセパレータ内部への消毒剤の定期的な添加を行うことが必要となる場合がある。

これらのリスクに対する具体的対策については、厚生労働省が定める諸規定がひとつの参考となり得る。厚生労働省が定める「公衆浴場における衛生等管理要領」では、貯湯槽の温度を 60℃ 以上に保つこと、あるいはレジオネラ属菌が繁殖しないように湯水の消毒を行うことを求めている (厚生労働省大臣官房生活衛生・食品安全審議官通知, 2019. Appendix 1 参照)。また、温泉水の pH や溶存成分によっては、次亜塩素酸ナトリウムの濃度安定が困難になる場合も想定されるため、モノクロロミン等の通常の次亜塩素酸ナトリウムに代替できる消毒法 (例えば、泉山ら, 2019・森ら, 2019) を用いることも考えられる。

さらに、同様に厚生労働省が定める「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」でも、具体的内容がさらに詳細に説明されている (厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課長通知, 2019. Appendix 2 参照)。

これらの規定を参考とし、万一ガスセパレータ内部がレジオネラ属菌に汚染されていた場合でも、レジオネラ属菌を含む温泉水が、そのまま浴槽に送湯されないような対策を徹底することにより、レジオネラ症の未然防止を図ることが非常に重要であると考えられる。

#### 4. ま と め

本研究において、自由落水方式と自然分離方式のガスセパレータと、そのバックヤードの各配湯プロセスにおける複数箇所での採材を行い、レジオネラ属菌の存在実態について調査した。その結果、いずれの調査対象施設においても、揚湯直後の温泉水は、レジオネラ属菌は陰性であったが、揚湯から一定時間が経過した場合には、陽性となる可能性が高くなる傾向が認められた。

特に、自然分離方式のガスセパレータでは、比較的多くのレジオネラ属菌の検出が認められた。自然分離方式のガスセパレータのように、一定時間の貯留を前提とする施設では、バイオフィームの形成能やアメーバの定着性が増大するため、レジオネラ属菌が特に増殖する可能性が指摘される。自然分離方式のように、一定時間の貯留を要求するガスセパレータにおいて、このレジオネラ属菌による感染リスクを低減するためには、給湯前に、厚生労働省の諸規定に基づいたレジオネラ属菌を制御するための適切な処置を行うことが必要である。

本研究では、現在広く普及していると見られる自然分離方式および自由落水方式の典型的な 2 施設において、優先的に調査を実施したが、他の分離方式 (ばっ気方式, 加圧分離方式) については、本研究では調査対象としていない。本研究では対象としなかったばっ気方式や加圧分離方式についても、汚染リスクに関しては同様の考え方が応用できるものと考えられるため、その貯留性に着目すると、感染リスクを低減することが可能と考えられる。

また、自然分離方式および自由落水方式についても、全国の温泉施設全体を俯瞰する上では、本研究の調査対象施設数では十分とは言えない。本研究で対象としなかった分離方式を有するガスセパレータの実態調査も含め、さらに調査を継続し、より精細なデータを蓄積することが必要である。

なお、本研究の調査時にバックヤードでレジオネラ属菌が陽性となった 2 施設では、その後の循環ろ過システムの消毒行程により、浴用水ではいずれもレジオネラ属菌の陰性が確認できたことを付記しておく。



## 謝 辞

本研究の実態調査に御協力頂いた施設の皆さまには格別の御配慮を賜りました。

三重県医療保健部食品安全課生活衛生・動物愛護班ならびに各管轄保健所の保健衛生室衛生指導課の担当者の方々の御協力を頂きました。

匿名の2名の査読者には懇切丁寧な御指摘を頂きました。

ここに記して、深く感謝申し上げます。

本研究の一部は、厚生労働科学研究費(健康安全・危機管理対策総合研究事業)「公衆浴場におけるレジオネラ症対策に資する検査・消毒方法等の衛生管理手法の開発のための研究(19LA0601)」(研究代表者 前川純子)の補助を受けて実施しました。

## 引用文献

- 泉山信司, 長岡宏美, 柳本恵太, 堀内雅人, 山上隆也, 植松香星, 久田美子, 森 康則, 赤地重宏, 永井佑樹, 杉山寛治, 田中慶郎, 市村祐二, 青木信和, 江口大介, 西尾正也, 山本哲司, 八木樹里奈, 藤井 明, 松田宗大, 松田尚子, 枝川亜希子, 吉田光範, 星野仁彦(2019): 高 pH 浴槽水, 薬湯, 並びに水泳プールへの, モノクロラミン消毒の応用. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業. 公衆浴場等施設の衛生管理におけるレジオネラ症対策に関する研究(研究代表者 前川純子)平成 28~30 年度総合研究報告書, p 120-137.
- 環境省自然環境局自然環境整備担当参事官室(2009): 温泉法に基づく可燃性天然ガスによる災害の防止対策に関する事例集, p. 10-11.
- 国立感染症研究所(2011): レジオネラ症(平成 23 年 10 月 7 日改訂), 国立感染症研究所 web サイト, [https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/legionella\\_2012.pdf](https://www.niid.go.jp/niid/images/lab-manual/legionella_2012.pdf) (2020/2/4 アクセス).
- 厚生労働省大臣官房生活衛生・食品安全審議官通知(2019): 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 日生食発 0919 第 8 号, p. 1-46.
- 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課長通知(2019): 循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル, 令和元年 12 月 17 日薬生衛発 1217 第 1 号, p. 1-29.
- 倉 文明, 前川純子(2014): レジオネラ症とは, 国立感染症研究所 web サイト, <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/530-legionella.html> (2020/1/9 アクセス).
- 三重県感染症情報センター(2019): 疾患別情報 レジオネラ症, 三重県感染症情報センター web サイト, <http://www.kenkou.pref.mie.jp/disease.html> (2020/1/9 アクセス).
- LeChevallier, M.W., Cawthon, C.D., Lee, R.G. (1988): Inactivation of Biofilm Bacteria, *Appl. Environ. Microbiol.*, **54**, 2492-2499.
- 森 康則, 永井佑樹, 赤地重宏, 杉山寛治, 田中慶郎, 茶山忠久, 西 智広, 濱口真帆, 吉村英基, 泉山信司(2019): 次亜塩素酸ナトリウム消毒を阻害する高アルカリ温泉水に対するモノクロラミン消毒の実地検証—三重県津市の榊原温泉における検討—, *温泉科学*, **69**, 90-102.
- 矢野美穂, 川元達彦(2011): 兵庫県下の温泉付随メタンガスの濃度分布とガス分離設備によるメタンの除去, *温泉科学*, **61**, 49-63.
- 財団法人ビル管理教育センター(2009): レジオネラ症防止指針(第3版), p. 7-17.

(2019 年 11 月 22 日第 72 回日本温泉学会大会にて発表)

## Appendix 1：公衆浴場における衛生等管理要領（一部抜粋）

## Ⅲ 衛生管理

## 第 1 一般公衆浴場

## 7 給水、給湯設備の管理

- (1) 貯湯槽の温度を、通常の使用状態において湯の補給口、底部等に至るまで 60℃ 以上に保ち、かつ、最大使用時においても 55℃ 以上に保つようにすること。ただし、これにより難しい場合には、レジオネラ属菌が繁殖しないように貯湯槽の湯水の消毒を行うこと。貯湯槽は完全に排水できる構造とすること。
- (2) 給水、給湯設備は、1 年に 1 回以上保守点検し、必要に応じて被覆その他の補修等を行うこと。また、小規模受水槽については、簡易専用水道に準じて管理状況について保健所等の検査を受けることが望ましいこと。

(以下略)

## Appendix 2：循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル（一部抜粋）

## Ⅲ 循環式浴槽の管理方法

## 4 構造上の問題点と対策

- (1) 循環式浴槽の構造上の問題点とチェックポイントを教えてください。

## 9. 温泉水の貯湯槽の維持管理を適切に行う。

温泉等で貯湯槽を設けている場合には、レジオネラ属菌の繁殖あるいは混入を防ぐために、通常の使用状態において、湯の補給口、底部等に至るまで 60℃ 以上に保ち、かつ、最大使用時においても 55℃ 以上に保つ能力を有する加温装置が必要です。それにより難しい場合は、消毒設備を設置します。タンクと外気が遮断されているか、破損箇所はないか、温度計の性能に問題はないかを定期的に調べます。また、貯湯槽などは定期的に清掃を行い、常に清浄な状態を保つことが大切です。生物膜の状況を監視し、必要に応じて清掃及び消毒を行います。清掃しやすいように、貯湯槽は完全に排水できる構造とする必要があります。

他に、源泉水を一定の区域で集中管理している場合の貯湯槽において、タンクから各施設への配湯管は、高温水でも劣化せず、温度が低下しにくい材質のものを使用します。

また、自家泉源の湯を貯湯槽に貯めている施設で、湯温が 60℃ 以上に設定出来ない場合には、元湯がレジオネラ属菌に汚染されている可能性があるため、元湯の貯湯温度を高められる装置に取り替えることを検討する必要があります。

(以下略)