

〈報告〉

レジオネラ肺炎の院内発症を契機とした病院給水系のレジオネラ属菌汚染の調査と除菌対策

中村 麻子¹⁾・島崎 信夫²⁾・田中 梨恵¹⁾・飯田 秀夫¹⁾*Legionella Contamination in the Water-supply System of a Hospital and Disinfection Measures after the Outbreak of Hospital-acquired Legionella Pneumonia*Asako NAKAMURA¹⁾, Nobuo SHIMAZAKI²⁾, Rie TANAKA¹⁾ and Hideo IIDA¹⁾¹⁾Department of Infection Control and Prevention, International Goodwill Hospital,²⁾Department of Pharmacy and Patient Safety, International Goodwill Hospital

(2017年10月30日受付・2018年7月10日受理)

要 旨

2013年9月に *L. pneumophila* serogroup 1 によるレジオネラ肺炎の院内発症を認めた。調査の結果、パルスフィールド電気泳動にて病室内給湯水と患者から採取した喀痰のレジオネラ DNA のバンドパターンが一致したことから感染源が給湯系であると推察した。給湯系の汚染を調査した結果、混合水栓1か所から *L. pneumophila* SG 1 が検出された。除菌対策として熱水消毒後、配管内の湯温低下防止のため湯の持続放流を実施し、さらに不要配管を除去した結果、除菌は成功した。しかし40℃の混合水から再び *L. pneumophila* SG 1 が検出されたことを契機に92か所の水を調査したところ、23か所から同菌が検出され給水系の汚染を認めた。給水系の除菌対策として、末端混合水栓での水の遊離残留塩素濃度が0.87 mg/L以上となるよう受水槽に次亜塩素酸ナトリウムを持続的に添加に加え、最遠位の混合水栓から毎日6分間および全病室洗面台から毎日1分間水を放流した。これらの対策により遊離残留塩素濃度は平均0.81 mg/Lに上昇 ($p < 0.01$) し、同菌の検出が13.6%から0.4%に減少 ($p < 0.01$) し有効性を認めた。本研究の結果から、給水系のレジオネラ属菌汚染を認めた場合、給水系に汚染源がある可能性を考慮して調査が必要であると考えられる。

Key words : レジオネラ属菌, 給湯設備, 給水設備, 遊離残留塩素濃度, 放流

序 文

レジオネラ感染症は、*L. pneumophila* を代表とするレジオネラ属菌より惹起され、劇症型感染症としてレジオネラ肺炎がある。このレジオネラ肺炎は市中肺炎の8.6~16.2%を占めると言われており¹⁾、病態が急激に進行して重篤化することから適切な治療が必須となる。レジオネラ属菌は、河川や土壌等の自然環境に広く分布しているが、近年温浴施設²⁾やスパにおける集団発生事例³⁾、カーエアコン⁴⁾、加湿器が感染源となった事例⁵⁾など、人が快適に暮らすために作られた人工環境がレジオネラ属菌の温床となり、これらが感染源となった事例が多数報

告されている。しかもレジオネラ感染症の報告件数は年々増加傾向にあることから⁶⁾、その感染防止対策が重要視されている。

今回、築25年の国際親善総合病院（以下、当院とする）において、2013年9月に *L. pneumophila* serogroup (SG) 1 によるレジオネラ肺炎の院内発症を認めた。検査の結果、病室内洗面の給湯水が原因であったが、更なる調査により給水系の汚染も認められた。そこで、レジオネラ肺炎の院内発症を端緒として、当院におけるレジオネラ属菌の汚染状況の調査、および除菌の取り組みと効果について報告する。

¹⁾国際親善総合病院感染防止対策室, ²⁾国際親善総合病院薬剤部, 医療安全管理室

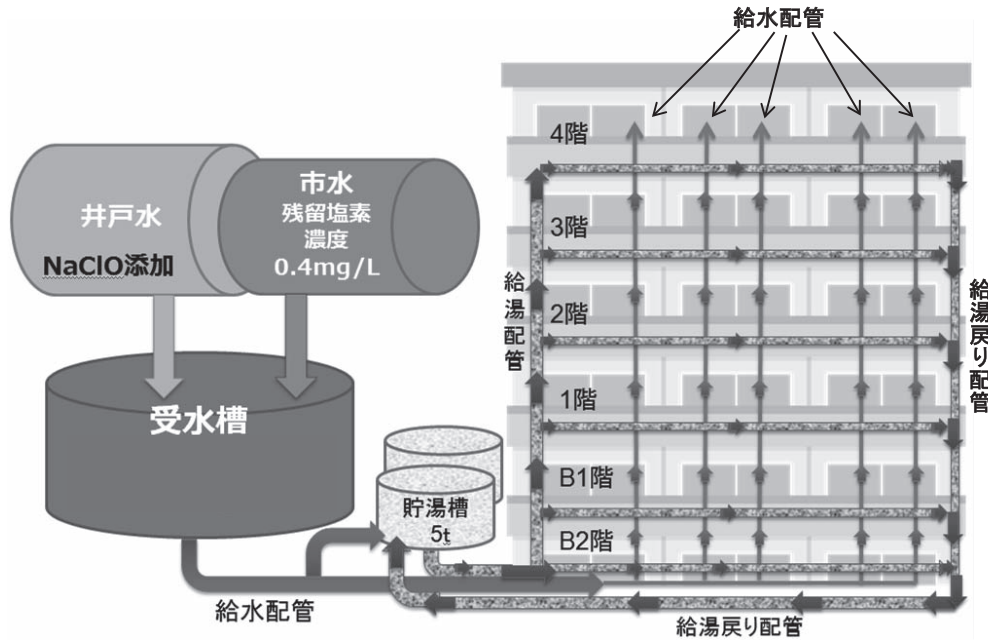


図1 給水系および給湯系配管の概略図

材料と方法

1. 症例およびレジオネラ感染症の原因調査

患者は、微小変化型ネフローゼ症候群の加療目的で入院した70歳代男性であり、プレドニゾロンコハク酸エステルナトリウム（投与開始量40mg/日）による治療が行われた。本剤投与開始24日目（入院35日目）、39℃の発熱を呈し、採血にて炎症反応の上昇を認めた。胸部X線検査にて左下肺野に浸潤影を認め、胸部CT検査では重症肺炎を示唆する所見であった。尿中レジオネラ抗原検査の結果、陽性であったことからレジオネラ肺炎と診断した。また喀痰から*L. pneumophila* SG1が検出された。

そこで、院内での感染が示唆されたことから、原因検索として保健所と相談し、患者が入室していた病室洗面の給湯、同フロア内洗髪台の給湯、病室エアコンの吹き出し口、ネブライザー内部の水および薬液についてレジオネラ属菌のPCR検査および培養検査を実施した。

2. 給水および給湯設備

当院の給水は、井戸水と市水の混合である。井戸水は濾過および逆浸透膜（RO膜）により浄化した後、次亜塩素酸ナトリウムを添加し、受水槽にて市水と混合し地下から最上階に向けてポンプ直送方式にて供給している（図1）。給水系配管の材質はビニルライニング鋼管である。一方給湯設備は、水を2基の縦型貯湯槽（貯湯量5トン/基）に引き込んだ後に加温し、中央循環給湯方式により供給している（図1）。給湯系配管の材質は銅管である。院内の蛇口は手洗い、洗面台、シャワーなど合計451か所あり、給水のみ給水栓（4か所）および給

水給湯の混合水栓（シングルレバー型）（447か所）の2つの種類がある。すべての病室内には洗面台（混合水栓）が1か所設置されている。

3. 給湯系のレジオネラ除菌対策および除菌対策の効果検証

レジオネラ感染症の院内発生直後の2013年9月から保健所の指導のもと湯の使用を禁止し、「横浜市レジオネラ症防止対策指導要綱」⁷⁾に基づき給湯配管の熱水消毒を実施した。また配管内の湯の滞留および湯温低下防止のため、末端混合水栓から最高温度の湯の持続放流に加え、使用頻度の少ない配管や給湯栓の除去および個別給湯の設置を実施した（表1）。

上記の除菌対策の効果を検証するため、2013年9月から2014年6月までの期間、447か所の混合水栓から患者及び職員の使用頻度が高い92か所（病室内洗面台34か所、病棟シャワー室・洗髪台16か所、外来診察室・検査室13か所・職員休憩室14か所、トイレ手洗い8か所、各給湯系湯戻り4か所、その他3か所）を選定し、239検体の湯を採取し、レジオネラ属菌の定量リアルタイムPCR検査および培養検査を実施した。除菌対策の効果判定は培養法で陰性とした。次にシャワーや洗髪等で使用する一般的な温度の湯（40℃前後）についても2014年6月から12月にかけて102か所（病室、トイレ手洗い、浴室シャワー、洗髪台、ナースステーション等）の混合水栓から126検体の混合水を採取し、培養検査を実施した。

4. 給水系のレジオネラ属菌の調査

給湯系の除菌対策後も混合水からレジオネラ属菌が検

表1 給湯系におけるレジオネラ除菌対策

除菌対策	具体的な実施内容
実施期間	2013年9月20日から2015年11月25日
① 給湯配管の熱水消毒	2013年9月から2014年1月までの期間、末端混合水栓からの湯温が55℃以下から70℃以上になるよう貯湯槽の温度を64℃から78℃に変更し、すべての混合水栓から70℃以上（最高温度76℃）の湯を5分以上放流した（院内発生翌日から5回実施）。
② 貯湯槽の分解清掃および配管内の湯の入れ替え	2013年9月、2基の貯湯槽の分解清掃を実施した後、給湯配管を循環した戻り湯を排水し配管内のすべての湯の入れ替えを5回実施した。
③ 給湯配管内の滞留防止対策および湯温低下防止対策	2013年9月から2014年3月までの期間、貯湯槽から最も遠位にある末端混合水栓22か所、シャワーと浴室の混合水栓23か所から70℃以上の湯を毎分15L、貯湯槽へ戻る直前の戻り湯を毎分10L、24時間連続放流した。
④ 給湯系配管内の湯温低下防止のための末端給湯栓からの定点放流	2014年3月から2014年11月までの期間、混合水栓末端14か所を定点とし、週2回、60℃以上の湯を15分間放流した（貯湯槽の温度設定を78℃から68℃に変更）。
⑤ シャワー浴前の熱水放流およびシャワー給湯配管内の湯温低下防止対策	全シャワーと浴室および洗髪台34個所について、使用前に60℃以上、5分間の放流を実施した。また2014年3月から2015年11月までの期間、シャワーから混合水の湯（40℃程度）を毎分6L、12時間（8-20時）持続的に放流した。
⑥ 使用頻度の少ない給湯栓の把握と放流	2014年10月までに蛇口が取り付けられていない給湯配管および使用頻度の少ない混合水栓を調査し、給湯枝配管や滞留構造（死水構造部分）の配管を把握、使用頻度の少ない混合水栓のうち排水可能な36か所を週2回、60℃以上、15分間放流した。
⑦ 給湯配管の除去・個別給湯設備の設置	2014年10月から2015年1月の期間、すべての病室内洗面台の混合水栓の給湯配管、および⑥で把握した給湯枝配管や滞留構造配管の計61か所を除去した。また、湯の放流開始から60℃以上になるまで時間を要する給湯栓16か所の給湯配管を除去し、個別給湯機を設置した。

出されたことから同菌による給水系の汚染が示唆され、調査を実施した。2014年12月18日から2015年4月28日までの期間、院内451か所の混合水栓および給水栓から患者が利用する病室内洗面、病棟のトイレ内手洗いやシャワー、および職員専用洗面などから無作為に92か所を選定し、水を167検体採取した。レジオネラ属菌の培養検査、水温測定および遊離残留塩素濃度測定を行い、レジオネラ属菌の検出と水温および遊離残留塩素濃度の関連性を調査した。

5. 給水系のレジオネラ除菌対策

① 給水系の遊離残留塩素濃度の設定

給水系における除菌に効果的な遊離残留塩素濃度を探索するため、上記給水系のレジオネラ属菌の調査データのうち、2015年1月30日から4月2日の期間に該当する79か所、107検体のデータを用いて、生菌の検出の有無を目的変数とし、遊離残留塩素濃度を説明変数として単変量ロジスティック回帰分析を実施した。得られたロジスティック回帰モデル式に遊離残留塩素濃度を0～1.5 mg/Lの範囲で0.01 mg/Lきざみで値を挿入し、その時のレジオネラ菌の検出確率を算出した。除菌に効果的な遊離残留塩素濃度の設定は、水道水の水質管理目標設定項目において残留塩素は1 mg/L以下⁸⁾と規定されていることから1 mg/Lを上限として、まずは検出確率が5%になるときの遊離残留塩素濃度を目標濃度に設定した。次に2015年5月から10月までの期間、定点モニターとしての末端混合水栓および受水槽付近の採水口か

ら水を各々246検体採取し、その遊離残留塩素濃度を測定し、目標濃度に達するよう次亜塩素酸ナトリウムの添加量を調整した。

② 給水配管内の水の放流

配管内の水の滞留による遊離残留塩素濃度の低下を防止するため、末端混合水栓9箇所から水を毎日6分間放流した。

③ 病室内洗面水栓からの水の放流

末端配管内の水の滞留を防止する目的で、53部屋の病室内洗面台から水を毎朝1分間放流した。

6. 給水系のレジオネラ除菌対策の効果の検証

遊離残留塩素濃度を維持管理するための次亜塩素酸ナトリウムの添加および末端水栓からの毎日の放流を継続した対策を検証するために、2014年12月から2015年10月までの11ヶ月間を対策前として179か所の混合水栓から339検体の水を採取した。一方、2015年11月から2016年8月までの9ヶ月間を対策後として220か所の混合水栓から255検体の水を採取した。採取した検体のレジオネラ属菌の培養検査、水温および遊離残留塩素濃度測定を実施し対策の効果を検証した。除菌対策の効果判定は培養法で陰性とした。

7. 採水方法およびレジオネラ属菌の培養方法

培養検査は、院内細菌検査室および横浜市衛生研究所にて行った。まず院内検査では、蛇口先端を消毒用エタノールで清拭した後、給湯栓および給水栓から滅菌採水ビン（ハイボ入り滅菌採水瓶エコ500 栄研化学）に500

mL 採水した。採水した試料は、レジオネラ症防止指針¹⁾に準じ、遠心濃縮・熱処理した後、0.1 mL を WYO α 寒天培地 (栄研化学) に塗布し、その後 37°C で 7 日間培養を行った。培養後発育してきたレジオネラ菌と疑われる集落を釣菌し、L-システインの要求性を調べ、抗血清 (デンカ生研) にて菌種及び血清型の同定を行った。

横浜市衛生研究所では、500 mL を 5 mL にろ過濃縮し、50°C、30 分熱処理後、GVPC 培地 (極東製薬) 3 枚にそれぞれ 0.1, 0.1, 0.01 mL 塗布し、37°C で 7 日間培養を行った。培養後レジオネラと疑われるコロニーを釣菌し、BCYE α 培地で純培養した。この時、白金耳に残った菌を用いて LAMP 法 (Loopamp レジオネラ検出試薬キット E 栄研化学, Loopamp EXIA 栄研化学) を行い、レジオネラ属菌を確認した。純培養した菌を用いて、L-システインの要求性 (羊血液/BCYE 寒天培地 日研生物)、菌種及び血清型の同定 (レジオネララテックスキット DR800M OXOID, レジオネラ免疫血清「生研」デンカ生研) を行った。

8. レジオネラ属菌の PCR 方法

PCR 検査は横浜市衛生研究所にて行った。検査方法は、培養法で濃縮した 100 倍濃縮液を用い、定量リアルタイム PCR 法 (Cycleave PCR Legionella Detection Kit タカラバイオ, Thermal Cycler Dice TP800 タカラバイオ) を行い、レジオネラ属菌の同定および定量を行った。定量値は、培養法と直接比較できる数値に検量線に変換し CFU/100 mL で表した。

9. 統計処理

水温および遊離残留塩素濃度の比較は、分散のばらつきを確認した後に t 検定あるいは Welch 検定を実施した。またレジオネラ属菌の検出割合の比較は、Fisher の直接確率検定を実施した。これらの検定およびロジスティック回帰分析は、the R (version. 3.1.1) を用いて実施した。検定は両側とし有意水準は 5% 未満とした。

10. 倫理的配慮

本研究では、院内個人情報取扱い規定および「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取扱いのためのガイドライン」⁹⁾ を遵守し、収集したデータから患者個人が特定できないよう管理した。また本報告にあたり、患者に口頭にて説明し同意を得るとともに、当院の倫理委員会の承認を受けた (承認番号: 7137_KT)。

結 果

1. レジオネラ感染の原因調査結果

院内給湯水のレジオネラ検査を行った結果、患者が入室していた病室内の洗面台の湯 (湯温 51°C) から *L. pneumophila* SG 1 の生菌が検出された (10 CFU/100 mL)。PCR 定量値は 3300 CFU/100 mL であった。洗髪台の混合水栓から採取した湯 (湯温 50°C) ではレジ

オネラ属菌の PCR は陽性 (定量値 2900 CFU/100 mL) であったが、生菌は検出されなかった。その他、病室のエアコンの吹き出し口、ネプライザー内部の水および薬液からはレジオネラ属菌は検出されず PCR も陰性であった。パルスフィールド電気泳動検査の結果、患者から採取した痰と病室内洗面の湯から検出されたレジオネラ属菌の遺伝子パターンが一致したことから、感染源は病室内洗面の湯と推定し、給湯系がレジオネラ属菌に汚染されていると判断した。

2. 給湯系の除菌対策の効果

除菌対策を開始した 2013 年 9 月から 2014 年 6 月までの期間で採取した 92 か所 239 検体の湯の平均湯温は 67.5°C であった。239 検体のうち培養が陽性になった箇所は、給湯配管を循環し貯湯槽へ戻る直前の戻り湯 (*L. pneumophila* SG 1, 菌量 20 CFU/100 mL, PCR 定量 980 CFU/100 mL, 湯温 76°C) および病棟シャワー (*L. pneumophila* SG 11, 菌量 80 CFU/100 mL, PCR 定量 470 CFU/100 mL, 湯温 55°C) の 2 か所 (2.2%), 2 検体 (0.8%) であった。PCR 検査陽性は 39 か所 (42.4%), 86 検体 (36.0%) であった。培養陽性となった病棟シャワーについては、更なる熱水消毒および湯の持続放流を行い、その後の検査で陰性を確認した。

次に給湯系の除菌対策実施後に、患者が通常使用する 40°C 前後の混合水について 2014 年 6 月から 12 月にかけて 102 か所から 126 検体を調査した結果、病室、トイレ手洗い、浴室シャワー、および洗髪台の計 19 か所 (18.6%), 28 検体 (22.2%) から *L. pneumophila* SG 1 が検出された (10—50 CFU/100 mL)。

3. 給水系でのレジオネラ属菌の調査結果

給湯ではレジオネラ属菌の陰性を確認したにも関わらず 40°C 前後の混合水から *L. pneumophila* SG 1 が検出されたことから給水系の汚染の可能性を考え、2014 年 12 月 18 日から 2015 年 4 月 28 日までの期間、92 か所の混合水栓から採取した水 167 検体についてレジオネラ属菌の培養検査を実施した。その結果、23 か所 (25.0%), 37 検体 (22.2%) から *L. pneumophila* SG 1 が検出された (表 2)。菌量は 30 検体で 10 CFU/mL であった。陽性を認めた混合水栓は病棟部門が最も多く、6 病棟 20 か所の病室内洗面から 33 検体、その他 3 か所の病棟の洗面所やトイレから 4 検体であった。次に給水系のレジオネラ属菌培養陽性の有無と水温および遊離残留塩素濃度との関係を検討した。その結果、水温はレジオネラ属菌陽性群と陰性群の 2 群間に有意な差は認められなかったが、遊離残留塩素濃度について陰性群は陽性群と比較して有意に高濃度であった ($p < 0.001$) (表 3)。

4. 給水系の除菌対策の効果

給水系の除菌に効果的な遊離残留塩素濃度を設定するため、混合水栓 79 か所から採取した水 107 検体につい

表2 給水系におけるレジオネラ属菌の培養検査, 水温および遊離残留塩素濃度測定結果

調査期間	2014年12月18日～2015年4月28日	
調査混合水栓か所数 (検体数)	92 か所 (167 検体)	
水温 (°C)	20.8±2.2 (20.6)	
遊離残留塩素濃度 (mg/L)	0.31±0.29 (0.2)	
培養検査陽性混合水栓数 ^{a)} (検出率)	23 か所 (25%)	
培養検査陽性検体数 ^{a)} (検出率)	37 検体 (22%)	
培養陽性混合水栓か所		
病室内洗面	20 か所 (33 検体)	
病棟共用洗髪台	1 か所 (1 検体)	
病棟共用洗濯室手洗い場	1 か所 (2 検体)	
病棟共用トイレ手洗い場	1 か所 (1 検体)	
レジオネラ属菌コロニー数別検体数		
10 CFU/100 mL	30 検体	
11 - 50 CFU/100 mL	4 検体	
51 - 100 CFU/100 mL	2 検体	
101 - 300 CFU/100 mL	1 検体	
平均値±標準偏差 (中央値)		
^{a)} : 培養陽性菌はすべて <i>L. pneumophila</i> SG 1		

表3 給水系におけるレジオネラ属菌の検出の有無と水温および遊離残留塩素濃度の比較結果

	レジオネラ属菌陽性群 (n=37)	レジオネラ属菌陰性群 (n=130)	p 値
水温 (°C)	21.9±2.1 (21.2)	21.6±2.1 (20.4)	0.441
遊離残留塩素濃度 (mg/L)	0.18±0.19 (0.1)	0.35±0.30 (0.3)	<0.001
平均値±標準偏差 (中央値)			

レジオネラ属菌の検出の有無と遊離残留塩素濃度のデータを用いて、レジオネラ属菌の検出有無を目的変数、遊離残留塩素濃度を説明変数としてロジスティック回帰分析を行った。得られたモデル式 (モデル適合性 $p=0.0013$, 寄与率 0.854) からレジオネラ属菌の検出確率が5%未満になるための遊離残留塩素濃度を目標濃度として推定した結果、0.87 mg/L を超える濃度に設定する必要があることが推測された (図2)。

次に水が受水槽から末端の混合水栓に到達するまでに配管内での遊離残留塩素の失活が考えられたことから、次亜塩素酸ナトリウムの添加開始後、受水槽付近の遊離残留塩素濃度の設置値と末端混合水栓からの水の遊離残留塩素濃度の差を比較した。その結果、受水槽回りの平均濃度が1.00 mg/L のとき混合水栓末端では平均濃度0.72 mg/L であった。この結果から、混合水栓末端の遊離残留塩素濃度が0.87 mg/L を超える濃度に到達するために受水槽回りの濃度を1.1 mg/L になるよう次亜塩素酸ナトリウムの添加量を調節した (図3)。

5. 給水系の除菌対策の効果

給水配管内の遊離残留塩素濃度を維持するための次亜塩素酸ナトリウムの添加および混合水栓からの毎日の水の放流を継続した対策の効果について、遊離残留塩素濃

度とレジオネラ属菌培養陽性数の経時的推移を示した (図4)。対策前は、遊離残留塩素濃度は平均値0.38 mg/L であり、レジオネラ属菌の培養陽性 (すべて *L. pneumophila* SG 1) は339 検体中46 検体 (13.6%) であった。一方対策後の遊離残留塩素濃度は平均値0.81 mg/L であり、培養陽性は255 検体中1 検体 (0.4%) であった (*L. pneumophila* SG 1)。対策にて遊離残留塩素濃度は有意に上昇し ($p<0.01$)、培養陽性率は有意に減少した ($p<0.01$) (表4)。対策施行以前にレジオネラ属菌が検出された混合水栓は、対策後にはすべて陰性を確認した。対策後に水栓の1 か所で陽性となった場所は職員控室の手洗い場であり、対策後に初めて培養陽性となった。そのときの遊離残留塩素濃度は0.65 mg/L であった。その後集中的に放流を行い、培養陰性を確認した。また当初40°C 前後の湯で *L. pneumophila* SG 1 が検出された混合水栓についても、その後の調査ですべて陰性を確認した。

考 察

レジオネラ感染症は年々増加傾向にある⁶⁾とされ、その背景として、免疫能低下や高齢者などのリスク因子を有する人の増加や建物の給水給湯システムの管理不十分

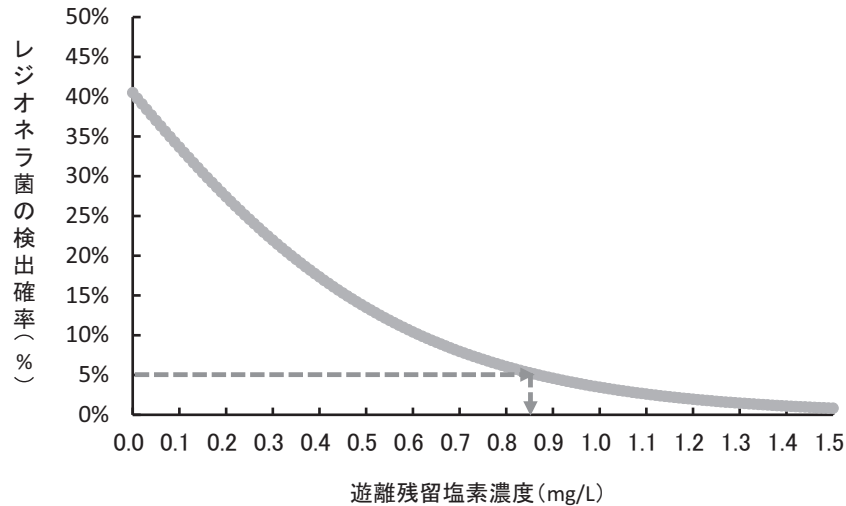


図2 遊離残留塩素濃度とレジオネラ属菌の検出確率の関係

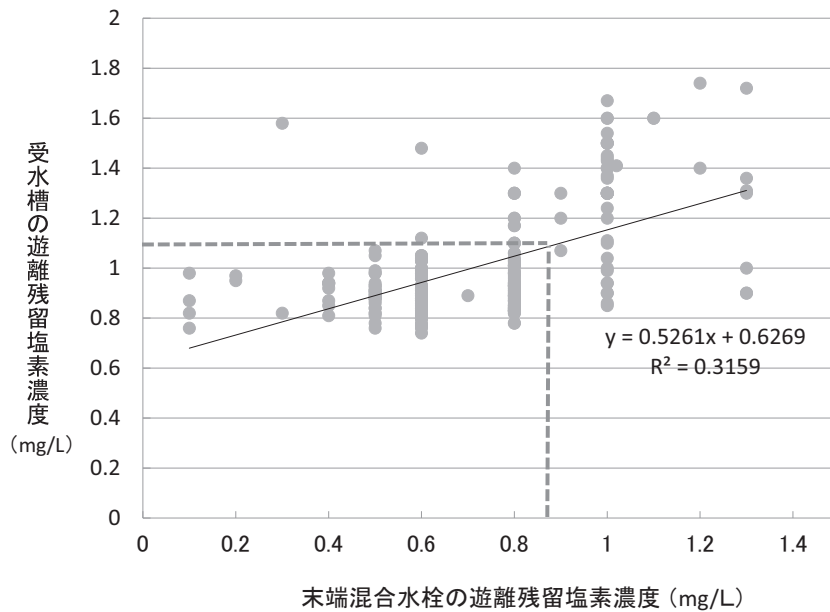


図3 受水槽と給水栓の遊離残留塩素濃度の関係

との関連性が指摘されている¹⁰⁾。加えて、近年省エネ運動の推進の一環として給湯温度を下げる傾向¹¹⁾や、おいしい水（おいしい水の要件：残留塩素濃度 0.4 mg/L 以下；横浜市衛生研究所¹²⁾）の提供のため上水道の塩素濃度が低下傾向にあり、ますますレジオネラ属菌の汚染や感染症発症のリスクが高まる状況と考えられる。医療機関は多くの易感染患者が入院していることに加え、給湯設備に関する管理指針⁷⁾はあるものの給水設備に関しての具体的な管理方法がないことから、レジオネラ属菌が増殖しやすい環境になりうる可能性が危惧される。そこで本研究では、入院患者のレジオネラ肺炎の発症を端緒に、給湯系のレジオネラ属菌による汚染が判明し、その除菌対策を施行したにも関わらず通常使用する湯温の湯

からレジオネラ属菌が検出されたことから、給水系の汚染も疑い調査および除菌対策の効果について報告した。

一般的にレジオネラ属菌の発生源は給湯系の汚染によるものが多いことから、当院においても給湯系の汚染と考え調査した。その結果、混合水栓から採取した湯から *L. pneumophila* SG 1 が検出されたことから、病院内の給湯系全体が同菌による汚染の可能性があるとして推測した。給湯系の汚染の原因のひとつとして、当院の混合水栓からの湯温が 55℃ を下回っていたことが考えられた。レジオネラ防止対策として中央循環式給湯システムでは、貯湯槽内の温度を 60℃ 以上、末端栓の湯温は 55℃ 以上に保つことが推奨されている^{13~16)} が、貯湯槽から給湯末端栓まで給湯配管の総延長が 5 km を超えていたことか

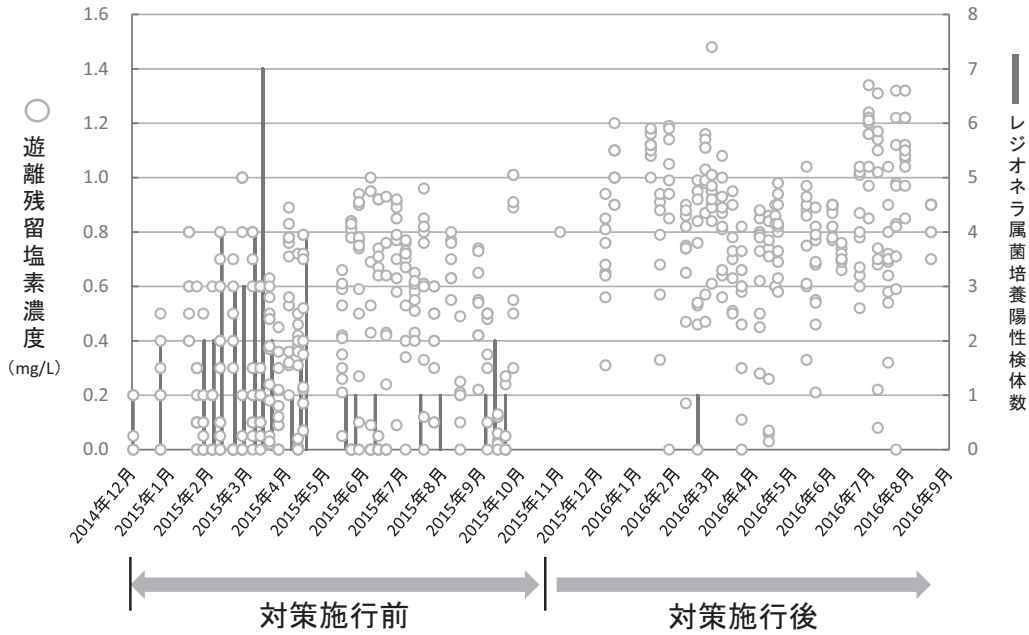


図4 給水系のレジオネラ属菌の培養陽性数および遊離残留塩素濃度の推移

表4 給水系におけるレジオネラ属菌の除菌対策の前後の水温、遊離残留塩素濃度および培養検査の比較結果

	対策前	対策後	p 値
調査期間	2014年12月18日～ 2015年10月7日	2015年11月12日～ 2016年8月24日	
調査混合水栓か所数 (採取検体数)	179 か所 (339 検体)	220 か所 (255 検体)	
病室内洗面	61 か所 (179 検体)	67 か所 (84 検体)	
病棟共用部分 (シャワー・トイレ手洗い場・洗面台・洗髪台)	49 か所 (83 検体)	47 か所 (52 検体)	
外来患者用トイレ手洗い場	6 か所 (6 検体)	6 か所 (7 検体)	
職員専用シャワー・洗面台	63 か所 (71 検体)	100 か所 (112 検体)	
水温 (°C)	22.1±2.5 (22)	22.7±3.7 (22)	0.081
遊離残留塩素濃度 (mg/L)	0.38±0.31 (0.36)	0.81±0.27 (0.84)	<0.001
培養検査陽性混合水栓数 (検体数) ^{a)}	26 か所 (46 検体 : 13.6%)	1 か所 (1 検体 : 0.4%)	<0.001 ^{b)}
病室内洗面	22 か所 (41 検体)	0 か所 (0 検体)	
病棟共用部分 (シャワー・トイレ手洗い場・洗面台・洗髪台)	4 か所 (5 検体)	0 か所 (0 検体)	
外来患者用トイレ手洗い場	0 か所 (0 検体)	0 か所 (0 検体)	
職員専用シャワー・洗面台	0 か所 (0 検体)	1 か所 (1 検体)	

平均値±標準偏差 (中央値)

a) : 培養陽性菌はすべて *L. pneumophila* SG 1

b) : 対策前後の培養陽性検体割合の比較, Fisher's exact test

ら配管内で湯の滞留や、省エネのために2台の貯湯槽を1台ずつ稼働していたことから急激に湯を使う時間帯では貯湯槽内の湯が空になり昇温が間に合わなかったことが湯温低下の要因と考えられた。さらに、日常実施している末端混合水栓の定点モニタリングでは湯温が60°Cであったことから定点モニタリング以外の混合水栓で湯温が低下していることに気づくことができなかったことも要因として考えられた。その後の給湯系におけるレジオネラ属菌の除菌対策では、「横浜市レジオネラ症防止

対策指導要綱⁷⁾に沿って実践した結果(表1)、培養検査で陰性を確認したことからレジオネラ属菌を除菌したと判断した。

しかし、給湯系の除菌対策を実施したにも関わらずPCR法では陽性であり、さらに給水と給湯を混合させた混合水(水温約40°C)からレジオネラ属菌が陽性となったことから給水系もレジオネラ属菌汚染の可能性があると考え調査を開始した。

当初、以前より実施している給水の遊離残留塩素濃度

の定点モニタリングでは常時 0.3-0.4 mg/L を維持し、水道法施行規則で規定されている遊離残留塩素濃度 0.1 mg/L よりも上回っていたことから給水系の汚染の可能性はないと考えていた。しかし調査の結果、異なるフロアの複数の病棟で病室内洗面台を中心に採取した水からレジオネラ属菌の検出が認められたことから、給水系の広範囲での汚染が確認された(表 2)。また、レジオネラ属菌の培養陽性と陰性では遊離残留塩素濃度に差が認められたことから(表 3)、混合水栓の場所によって遊離残留塩素濃度に差異があることが認められた。

そこで給水系の除菌対策を実施するためにまず文献的調査を行ったところ、発生防止には水道法基準の遊離残留塩素濃度の維持や水温 20℃ 以下¹⁷⁾、殺菌には遊離残留塩素濃度を 0.4 mg/L 以上を維持¹⁸⁾とされているが、本邦では医療機関において汚染された給水管の除菌対策についての報告は見当たらなかった。一方海外では、病院施設の飲用水を感染源としたレジオネラ感染事例が複数発生し¹⁰⁾、その除菌対策として高濃度塩素やクロラミン、二酸化塩素などによる消毒あるいは専用フィルターの設置による対策が報告されている¹⁹⁾。海外の給水系の対策については、本邦とは上水道の消毒剤や供給体制が異なるが、汚染された給水管の洗浄や消毒には効果的と考えられる。また汚染配管の交換も効果的である。しかし病院機能を維持、継続しながら配管を交換することやクロラミン等の薬剤消毒は、患者や職員への安全性あるいは医療機器への影響が懸念されることから、現段階では困難と判断した。給水系の調査にてレジオネラ属菌が検出されていない箇所では、有意に遊離残留塩素濃度が高値であったことから(表 3)、生活用水として使用できる範囲で水の遊離残留塩素濃度を高値に設定する対応を検討した。

そこで、調査では遊離残留塩素濃度 0.4 mg/L を超える濃度でもレジオネラ属菌の陽性が認められたことから、除菌に効果的な遊離残留塩素濃度を設定する必要があった。給水から検出されたレジオネラ属菌とそのときの遊離残留塩素濃度を検討した結果、検出確率を 0% にするためには水質管理目標設定項目⁸⁾ の上限 1 mg/L を超える高い濃度が必要であったことから、現実的な濃度を探索するために、まずは混合栓末端において検出確率が 5% 以下となる濃度 0.87 mg/L を設定し(図 2)、その濃度を維持するため貯水槽内を 1.1 mg/L となるよう次亜塩素酸ナトリウムの添加(図 3)を実施した。海外の医療施設での除菌対策に関する報告によれば、遊離残留塩素濃度が 0.5 mg/L 未満がレジオネラ属菌検出の独立した因子(OR 13.0)であり、高濃度次亜塩素酸ナトリウムによる短時間処理後に持続的塩素処理(0.5-1.0 mg/L)にて、レジオネラ属菌の検出が 21% から 5.5% に減少したと報告されている²⁰⁾。また、*in vitro* でのレジオ

ネラ属菌に対する遊離残留塩素濃度の効果は、0.2 mg/L に比べ 0.5 mg/L では菌減少時間が短時間であったと報告²¹⁾されていることから、設定した遊離残留塩素濃度は適切な濃度設定と考えた。しかし、当初混合水栓からの水の遊離残留塩素濃度は安定せず目標濃度に達しなかった。その原因として、次亜塩素酸ナトリウムの添加は濃度調節依存ではなく一定量添加機構であることから、水の使用量が多い場合には市水の混合割合が増え遊離残留塩素濃度が低下することや、使用頻度の少ない混合水栓では配管内で水が長時間滞留し、濃度が低下することが考えられた。さらに夏季は給水管内の水温が上昇することから、結果として塩素が失活することも要因として考えられた。そこで、水の使用量および季節変動を見込んだ次亜塩素酸ナトリウムの添加の調整に加え、配管内での水の滞留を防止するための定期的な放流を実施した。これらの対策の実施により、遊離残留塩素濃度は平均 0.81 mg/L に上昇し、レジオネラ属菌の検出頻度が有意に減少したことから、当初設定した遊離残留塩素濃度は除菌に効果的な濃度であったと考えた(表 4、図 4)。また、給湯系の除菌対策実施後に 40℃ の湯から *L. pneumophila* SG 1 が検出された混合水栓について、その後の調査ではいずれも陰性を確認したことから、当初 40℃ の湯と水の混合水から検出された *L. pneumophila* SG 1 は給水系由来と推測した。したがって、給水系の調査および除菌対策の妥当性が示唆された。

今回見出した給水系の除菌対策の限界および課題については次の 4 つが考えられた。①末端混合水栓の遊離残留塩素濃度を目標濃度として 0.87 mg/L に維持管理したが、この濃度ではバイオフィームやアメーバに取り込まれたレジオネラ属菌には有効濃度域に到達できないとの報告²¹⁾もあることから、消毒効果は限定的である。②設定した遊離残留塩素濃度は水道水よりも高濃度であることから配管の腐食が促進される可能性がある。③給水系配管内の水の滞留と水温上昇による遊離残留塩素濃度の低下を防止するため定期的な放流が必要である。④レジオネラ属菌は、一般細菌や従属栄養細菌の増殖の後にそれを補食するアメーバが増えそのアメーバ内で増殖する¹⁾ことから、塩素濃度の低下はレジオネラ属菌の増殖につながると考えられる。このため末端給水栓での残留遊離塩素濃度を永続的にモニタリングするとともに、現在の遊離残留塩素濃度管理がレジオネラ属菌汚染の抑制を反映するサロゲートマーカーとなるか長期的な検証が必要である。

現在もレジオネラ属菌による給湯水配管の汚染防止のために継続している対策は、①次亜塩素酸ナトリウムの添加による末端混合水栓の水の遊離残留塩素濃度の維持、②末端混合水栓の残留塩素濃度が上昇するまで毎日一部の混合水栓からの放流、および毎朝全ての病室洗面台の

混合水栓からの1分間放流, ③末端混合水栓から週3回60℃を超える熱水の15分間放流, ④シャワー使用前の60℃を超える熱水の放流, および使用頻度の低い給湯栓から60℃を超える熱水の放流, ⑤定期的に湯温および遊離残留塩素濃度のモニタリング, およびレジオネラ属菌の培養(対策の効果を検証), の5つである。

本取り組み結果から, 混合水栓においてレジオネラ属菌が検出された場合には, 水道水の遊離残留塩素濃度が水道法施行規則の0.1 mg/Lを上回っていても給水系の汚染の可能性を考慮し, 調査する必要があることが示唆された。そして給水系の除菌対策では, 十分な遊離残留塩素濃度を維持するために次亜塩素酸ナトリウムの添加, および定期的に放流することにより水温の上昇と遊離残留塩素の失活を防止することが効果的である。

謝 辞 : 当院での給湯給水設備におけるレジオネラ属菌の除菌対策を進めるにあたり, 横浜市衛生研究所の荒井佳子先生にはレジオネラ属菌の培養および定量リアルタイムPCR検査をご担当頂き深謝します。またレジオネラ属菌が検出されてから今日まで, 原因究明や対策に多大なご助言, ご指導いただきました神奈川県衛生研究所微生物部の黒木俊郎先生をはじめ, 多くの先生方にご協力を頂きましたことを心より感謝いたします。

利益相反自己申告 : 申告すべきものなし。

文 献

- 1) 中原俊隆編, レジオネラ症防止指針, 第4版, 公益財団法人日本建築衛生管理教育センター, 東京, 平成29年7月, p. 3-7.
- 2) 岡田美香, 河野喜美子, 倉文 明, 前川純子, 渡辺治雄, 八木田健司, 他: 循環式入浴施設における本邦最大のレジオネラ症集団感染事例 I. 発症状況と環境調査. 感染症学雑誌 2005; 79(6): 365-74.
- 3) 荒井桂子: 横浜市内のスポーツクラブにおけるレジオネラ症集団感染事例: http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou.../h23_7.pdf: 2017年9月27日現在
- 4) 坂本龍太, 大野 章: レジオネラ症の隠れた感染経路, 自動車の運転や雨天は危険因子か? 病原微生物検出情報月報 (IASR) 2008; 29: 331-2.
- 5) 山崎 哲, 松田哲明, 山田耕嗣, 石沢幸子, 山田 豊, 竹内 裕, 他: 家庭用超音波式加湿器が感染源と考えられたレジオネラ症の1例. 病原微生物検出情報月報 (IASR) 2008; 29: 19-20.
- 6) 公益社団法人全国水利用設備環境衛生協会: レジオネラ症感染者数: <http://www.suirikyoo.or.jp/information/legionella-graph.html>: 2017年10月3日現在
- 7) 横浜市レジオネラ症防止対策指導要綱, 平成25年1月28日改正. 健生活第984号: <http://www.city.yokohama.lg.jp/kenko/hokenjo/genre/.../legi.pdf>: 2017年12月29日現在
- 8) 厚生労働省健康局長通知. 水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改正等について. 平成25年3月28日最終改正. 健発0328第7号.
- 9) 厚生労働省: 医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイドライン. 平成22年9月17日改正.
- 10) Garrison E L, Kunz M J, Cooley A L, Moore R M, Lucas C, Schrag S, *et al.*: Deficiencies in Environmental Control Identified in Outbreaks of Legionnaires' Disease - North America 2000-2014. MMWR 2016; 65: 576-84.
- 11) 財団法人省エネルギーセンター: 省エネチューニングガイドブック平成19年1月改訂 p.88-89: http://www.eccj.or.jp/b_tuning/gdbook/b_tuning_gdbook.pdf: 2017年9月27日現在
- 12) 横浜市衛生研究所: おいしい水ってな〜?: <http://www.city.yokohama.lg.jp/kenko/eiken/life-inf/mizu/oisii.htm>: 2017年9月27日現在
- 13) 宮本比呂志, 池野貴子, 吉村博子, 谷口初美, 松本哲朗: 病院給湯設備におけるレジオネラ汚染とその除菌. 環境感染誌 2004; 19(4): 483-90.
- 14) 小出道夫, 藤田次郎: レジオネラによる院内感染と感染防止対策. 環境感染誌 2009; 24(1): 1-10.
- 15) 岡山大学医学部附属病院におけるレジオネラ症に関する調査報告書: www.okayama-u.ac.jp/user/hos/regionella/report.pdf
- 16) 厚生労働省: 建築物における維持管理マニュアル (平成20年) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律 第2章飲料水の管理 中央式給湯設備の維持管理: <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/03/s0322-15d.html>: 2018年2月13日現在
- 17) 目黒克己編, レジオネラ症防止指針, 第3版, 財団法人ビル管理教育センター, 東京, 平成21年3月, p. 55-8.
- 18) 中臣昌広: 倉文 明監修, レジオネラ症対策のてびき, 第1版, 一般財団法人日本環境衛生センター, 神奈川, 2013, p. 14-5.
- 19) Lin E Y, Stout E J, Yu L V: Controlling Legionella in hospital drinking water: an evidence-based review of disinfection methods. Infect Control Hosp Epidemiol 2011; 32: 166-73.
- 20) Orsi B G, Vitali M, Marinelli L, Ciorba V, Tufi D, Cimmuto D A, *et al.*: Legionella control in the water system of anti-quated hospital buildings by shock and continuous hyper-chlorination: 5 years experience. BMC infectious diseases 2014; 16: 394-403.
- 21) Cervero-Aragó S, Rodríguez-Martínez S, Puertas-Bennasar A, Araujo M R: Effect of Common Drinking Water Disinfectants, Chlorine and Heat, on Free Legionella and Amoebae-Associated Legionella. PloS one 2015; 10(8): e0134726.

[連絡先: 〒245-0006 神奈川県横浜市泉区西が岡1-28-1
国際親善総合病院感染防止対策室 中村麻子
E-mail: nakamura-asako@shinzen.jp]

Legionella Contamination in the Water-supply System of a Hospital and Disinfection Measures after the Outbreak of Hospital-acquired Legionella Pneumonia

Asako NAKAMURA¹, Nobuo SHIMAZAKI², Rie TANAKA¹ and Hideo IIDA¹

¹Department of Infection Control and Prevention, International Goodwill Hospital,

²Department of Pharmacy and Patient Safety, International Goodwill Hospital

Abstract

In September 2013, an outbreak of hospital-acquired *Legionella* pneumonia caused by the *L. pneumophila* serogroup 1 was confirmed. An investigation resulted in suspecting the infection source to be a hot water-supply system because the banding pattern on pulse-field gel electrophoresis of *Legionella* DNA from the hot water in patients' rooms matched with that of the sputum sample collected from patients. In addition, the investigation of the contaminated hot water-supply system detected *L. pneumophila* SG 1 from one of the mixed-water faucets. As disinfection measures, after disinfection, hot water was continuously discharged to prevent the temperature of the hot water in the distribution pipe from decreasing. Moreover, unnecessary pipes were removed, which successfully eliminated the bacteria. However, the *L. pneumophila* SG 1 contamination was detected again from the 40°C-mixed water, leading to investigation at 92 places. Consequently, the same bacteria were detected at 23 places, and the contamination of the water-supply system was confirmed. As disinfection measures of the water supply system, sodium hypochlorite was continuously added to the water-receiving tank to maintain the free residual chlorine concentration at ≥ 0.87 mg/L at the mixed-water faucets. Furthermore, water was discharged from the most distal mixed-water faucet for 6 minutes and from all hospital room washbasin faucets for 1 minute every day. These measures increased the free residual chlorine concentration to an average of 0.81 mg/L ($P < 0.01$), and the detection rate of the same bacteria decreased from 13.6% to 0.4% ($P < 0.01$), confirming the efficacy of the measures. This study suggests that an investigation should be conducted considering the possibility that the water-supply system may be the source of contamination when *Legionella* contamination in the hot water-supply system is detected.

Key words: *Legionella*, hot water-supply system, water-supply system, free residual chlorine concentration, water discharge