



医療施設における水回り環境の感染症とその対策

なか むら いたる
中 村 造
Itaru NAKAMURA

はじめに

医療施設における水回り環境は、微生物定着のハイリスク部位であり、薬剤耐性菌対策、新興・再興感染症対策において極めて重要な位置を占めている。特に、手や物品を洗うシンクは微生物伝播の起点となりやすく、レジオネラ菌、非結核性抗酸菌、腸内細菌目細菌、緑膿菌などのさまざまな疾患を引き起こす病原微生物が関与する感染症の原因となる。これらの水関連病原微生物は、それぞれ異なる感染経路と臨床的特徴を持ち、個別の対策が必要である。本稿では、これらの水関連病原体の特徴、感染経路、感染対策について解説する。

I. 水回り環境の重要性と現状認識

水は微生物の生息に不可欠な要素であり、地球上に生命体が存在できる根幹となる物質である。われわれの生活にも水の存在は切り離すことができず、生命の維持だけでなく、現代の清潔な生活環境を保つために、水で洗い、水で清掃する日常的な活動が行われている。医療施設においても、水は感染対策の基本となる手指衛生をはじめとして、さまざまな医療行為に欠かせない要素となっている。

コロナ渦を経て、手指衛生の重要性は極めて広く受け入れられているものの、手を洗う際に使用する水や水周辺環境の水質衛生 (Water Hygiene) についてはどうだろうか。多くの人は、日本の水は安全であると認識している。確かに日本の水は安全であるといえるが、これは健康人にとっての基準で

ある。医療施設では手指衛生が日常生活のレベルをはるかに超えるレベルで実施するよう要求されるのと同様に、病院内における水道水は、特定の患者にとって脅威になり得る。

水回り環境は微生物の定着量が多く、一度微生物が定着してしまえばそれを除去することが困難であるという特徴を持つ。近年、カルバペネマーゼ産生腸内細菌目細菌 (CPE) をはじめとする薬剤耐性菌のアウトブレイクにおいて、水回り環境、特に手洗いシンクとその関連設備の重要性が再認識されている^{1,2)}。

II. 手洗いシンク

医療環境において「シンク」は水を頻繁に使用し、その水が飛び散り、周囲への感染拡大の起点となる最も代表的な水回り環境であるといえる。医療環境においてシンクを使用せずに医療ケアを行うことは困難であり、流水と石鹸による手洗いをはじめとして、多くの患者や医療者が、毎日頻回にシンクを使用している。それゆえ、感染対策の視点で考えるとシンクは感染対策上の注目すべき脅威である。

シンクの用途は、手洗いとそれ以外にも栄養剤の調整用、使用后物品の洗浄用、汚物用などさまざまである。また施設ごとにもその用途は多様化し、この用途は設置数に十分か制限があるのかによっても変化が起こる。数が限定している施設では、必ずしも用途を区別できず複数の用途を限られたシンクで運用しなければならないこともある。

医療施設内のシンクには以下の特徴がある¹⁾。

- ① 多くの患者や医療スタッフが使用する
- ② 日常的にかつ頻回に使用される

- ③ その用途が多様である
- ④ 結果として十分な対策が困難である

これらの特徴からシンクを起点とした微生物伝播は、これまで想定されていたよりも頻繁に発生していると推測されており、近年これらの特徴を踏まえた包括的な対策が必要であると考えられている。シンクとその周辺機器に定着しやすい病原微生物の関連を図に示す(図1)。

1. シンク排水口の感染リスク

薬剤耐性菌アウトブレイクの事例では、複数の使用目的で運用されていたシンクが起点となることが多く、そしてシンクの中でも「排水口」への定着例が目立つ。シンクの底面の排水口には、使用後の水に加え生体から排出された湿性生体物質、加えて食物残渣、飲料水の残り、点滴剤・経腸栄養剤の残りなどの微生物の栄養源となる物質が投入される。微生物の生息に有利な環境がシンクの排水口とその下部の排水管に存在すると理解できる。

この糖分やたんぱく質がシンク下部の排水管内での微生物増加を促進することが報告されている³⁾。シンク周辺のカウンターやシンクのボウル面においてシンク排水口に比較し、糖分やたんぱく質の付着量が軽度であると推測され、シンクの部位によって腸内細菌目細菌などの発育や定着に差が生じる。結果として、シンク周辺のカウンターやシンクのボウル面には緑膿菌やブドウ糖非発酵菌は

生息するが、腸内細菌目細菌の定着は目立たない。つまり、シンクのうちシンク底部が最もハイリスクな部位であることを認識し、感染対策を実施する必要がある。

2. 吐水口の感染リスク

シンクには同時に上水を排出する吐水口も設置されている。この吐水口は、清潔な部位でなければならないが、外界に開放される場所であり実際には多く微生物が定着しうる部位で、必ずしも清潔とはいえないことが指摘されている。

吐水口が外界に開放された場所であることに加え、水を真っ直ぐに落とすための整流器と呼ばれる網目構造の泡沫キャップの装着が、微生物が定着しやすい環境を作っている。整流器は、網目状の構造物でありその構造的な特徴から微生物が定着しやすく、バイオフィーム形成が起こるとその網目構造ゆえに清掃ブラシなどが到達しづらく、除去しづらいという特徴がある。利便性が高い整流器が、微生物には良質な定着環境となってしまう。

整流器は、泡沫キャップともいわれ、この部位からは非結核性抗酸菌やブドウ糖非発酵菌、緑膿菌などが検出され、時に腸内細菌目細菌が検出される事例も報告されている^{4,5)}。また、上水内の残渣や給水給湯配管からの落屑物がトラップされ、汚れが貯留しやすい部位でもある。

また、微生物による汚染は、上水内に混入した微



図1

生物による場合もあるが、手洗いにより起こる水の排水口からのスプラッシュバックによる吐水口の汚染、手洗いや物品洗浄の際に吐水口に手や腕が付着する等に起因すると推測される⁶⁾。

3. バイオフィルム

バイオフィルムとは、微生物や微生物が産生する物質などが集合してできた構造体の総称である。一般に、微生物自身が産生する粘着性の菌体外多糖類、タンパク質やDNAなどによって微生物を覆いながら形成し、バイオフィルム内で微生物は増殖などを繰り返すと考えられている。

吐水口やシンク表面、排水口、水道管の表面に発生したバイオフィルムは流れのうっ滞や詰まり、腐食などさまざまな問題の原因となると考えられ、肉眼的にはヌメリを認識することができる。厳密にはバイオフィルムとヌメリは、用語としては同じ定義ではないが、実用的にはバイオフィルムとヌメリを同義の概念として理解すると現象が捉えやすくなる。

バイオフィルム形成は微生物の生存戦略の一つであり、一度形成されると消毒薬に対する抵抗性が著しく増加する。そのため、微生物によるバイオフィルム形成を予防すること、またはバイオフィルムが形成されてしまった場合には、ブラシや洗剤などで除去することが水回り環境の感染対策において極めて重要となる。

Ⅲ. レジオネラ症

1. 原体の特徴と感染源

レジオネラ菌は、水に関連した病原体で最も重要な菌である。感染により重症感染症を引き起こし、高い死亡率となる特徴を持つ。川や湖などの自然に存在する水にもレジオネラ菌は存在するが、これらの自然水が原因となる感染は稀とされ、感染源の多くは人工的に作られた構造物に貯留している水が感染の原因となっている。主な感染源は水に関連するあらゆる設備や機器、物品に関連する⁷⁾。最も頻度が高いのは水設備であり、水自体だけでなく水道配管、貯水槽・貯湯槽、蛇口・整流器など伝播事例ごとにその原因が異なり、それぞれが重複することもある。

一般的には入浴施設や冷却塔が感染源として有名である。冷却塔は、建物の冷房に使用する設備であり、直接その水を利用することはないが、建物屋上に設置された冷却塔で強力なファンが回転し気化熱で冷却された水を建物に供給するシステムゆえに、強力なファンで巻きあげられたエアロゾルが建物外の空気に飛散し、それを窓などから取り込むことで感染伝播が成立する⁸⁾。

われわれが直接使用する機器である給水給湯設備、温度調整器、シャワー、ネブライザー、蛇口や蛇口に付属する整流器や加湿器、沐浴槽などもレジオネラ菌の伝播原因となることは広くに認識されているとはいえず、医療施設内でレジオネラ感染症が発生するリスクを認識する必要がある。稀ではあるが噴水施設、患者ケア用の水槽が原因となることもある。

2. 感染経路と発症メカニズム

これらの水に関連した設備・機器が使用される際に水が飛散しエアロゾル化し、空気中に浮遊したレジオネラ菌を人体が吸入してレジオネラ症を発症する。少量の菌量では発症せず、大量の菌量の吸入で発症することと考えられている。人の呼気からは、感染性の粒子は発生しにくいことから基本的にヒト-ヒト間伝播は成立せず、結核のような空気感染とはいえず、また新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染とも異なる。

レジオネラ菌は、特に人が使いやすい冷水と温水の温度である25～45度で良好に発育する特徴を持つ。レジオネラ菌は、水環境のバイオフィルム内や水環境内のアメーバに寄生し、効率的に発育するため、バイオフィルム形成が起こってしまった水配管は特にリスクが高く、アウトブレイク事例も多い⁸⁾。

3. 発生頻度と診断の課題

レジオネラ肺炎の20%が院内獲得とする報告があるが、本邦の院内肺炎に占める頻度は不明である。これらの院内肺炎に占める割合は、報告により異なるが、基本的に診断が容易ではないことから、いかに診断を積極的に実施したかによって、その割合や発生数に変化すると考えられる。診断されずに見逃されている症例が多いと推定されることから、院内での1例の発生は氷山の一角であると認識し、積極

的に症例を探す必要がある。

4. 臨床像と治療

広く知られているレジオネラ肺炎は、レジオネラ症の重症型であり、特に基礎疾患がある症例が発症する。基礎疾患がある点や、診断が遅れやすい点も影響し、死亡率が高いとされる。基礎疾患がない健康人には軽症型の Flu like syndrome であるポンティアック熱を来すが、一般感冒と区別がつかない症例もあり未診断の症例も多いと推定される⁸⁾。

診断には、気道検体の培養検査や尿中抗原検査が実施されるが、培養検査では専用培地が必要であり、一般的な痰培養検査では発育・同定はできない。レジオネラ症が疑われる場合には、検査室への相談が必要である。また尿中抗原検査は、血清型により感染していても偽陰性となることがあるため、尿中抗原陰性は疾患の否定を意味しない。

治療薬は、フルオロキノロン系のレボフロキサシンが使用されることが多く、またマクロライド系の場合にはアジスロマイシンが選択される。どちらが効果的か、またはその他の薬剤との併用がより効果が高いかに関しては知見が不足している。

5. 感染対策

重症気道感染症にも関わらず、気道分泌物を介したヒト-ヒト感染はないため飛沫予防策や空気予防策、エアロゾル感染予防策の追加は不要であり、標準予防策での対応が原則となる。過剰な感染予防策の適用は、患者の予後を悪化させる可能性もあり注意が必要である。患者からの感染性粒子の排出はなく、陰圧環境での管理は不要で、医療者は N95 マスク等の追加の個人防護具も不要であると考えられる¹⁾。

レジオネラ菌は、水と水関連設備に容易に定着、増殖し、日常的な水と水関連設備の使用によりエアロゾル化し、感染伝播する。レジオネラ菌の増幅因子は、25～42度の温かい水温、流れのうっ滞、堆積物とされ、これに対する感染対策が主体となる。つまり、給水は可能な限り冷たい水で、給湯は可能な限り温度を上げることが具体的な対策となる。加えてレジオネラ菌には、塩素消毒が有効であることから、給水の塩素濃度の確保が大切である。目標は、末端吐水口の遊離塩素濃度が 0.2ppm 以上と考

えられる^{1,7)}。一方で 0.5ppm に近い濃度まで高濃度にすると塩素臭さが強くなり、日常的に使用する上水には不快に感じるレベルとなる点は、注意が必要であるとされる。

IV. 腸内細菌目細菌

腸内細菌目細菌の大腸菌、*Klebsiella pneumoniae*、セラチア菌、エンテロバクターなども、同様に水を好む性質をもち、水周りに定着することがある。特にこれらの菌は、シンク排水口と排水管に定着していることが多く、手洗いやシンクでの器具の洗浄時、シンクからの跳ね返りが伝播リスクとなる⁹⁾。近年の CPE のアウトブレイクにおいて、シンクが重要な感染源として認識されるようになった背景には、この特性がある。

腸内細菌目細菌の感染による臨床像は幅広く、尿路感染症や細菌性肺炎、腹腔内感染症に加え、医療施設内では、医療関連感染症の原因となる。つまり、血管内に留置したカテーテルの感染症であるカテーテル関連血流感染症や、尿道に留置したカテーテルによる感染症である尿道留置カテーテル関連尿路感染症、そのほか、手術部位感染症などの原因微生物となる。腸内細菌目細菌のうち薬剤耐性度が高い同菌による感染症では、有効な治療薬が限定されるため治療が困難となることがある。

1. CPE アウトブレイクの実態

PubMedで (sink) and ((CRE) or (CPE) or (Carbapenemase)) で検索すると、2024年までに82例の報告が検索される。2015年頃より報告が始まり2020年にピークを見せ、ここ数年でも数多くの報告がある^{10,11)}

また、発表された論文数と現場での発生数は一致しているとはいえず、論文数よりも伝播事例は多いと考えられる。

2. 過小評価されている日常的伝播

一方で薬剤耐性度が低い微生物に関する伝播についての先行研究は限られる。CPE以外にも、ESBL産生菌についてPubMedで (sink) and (ESBL) と検索すると約10例の報告が検索される。薬剤耐性度が低い微生物が複数症例から検出

された場合、アウトブレイクとは認識され難く、原因検索のためのシンクの環境調査が実施されないかもしれない。つまり、医療施設におけるシンクを起点とした日常的な微生物伝播は、過小評価されている可能性がある。CPEのシンクに関連したアウトブレイク事例が、これほど多く報告されていることから、ESBL産生菌など薬剤耐性度が低い微生物のシンクに関連した伝播も多く発生していると推測される¹²⁾。

3. 腸内細菌目細菌の感染対策

1) シンクの清掃

ここでの清掃は、掃除と洗浄による感染対策を意味している。この洗剤による洗浄は、物理的にシンクの微生物定着量を減らすことに有効であると考えられる。また、洗剤による洗浄は眼に見える汚れを落とすこと、ヌメリを落とすことが重要と考えられている。この作業自体には特殊な技術は不要であるが、シンク清掃を行う順番には注意が必要である。

2) 清掃の順序

シンクやシンク周辺を清掃する際に、排水口など汚れが強い部分やヌメリが強い部分から清掃を開始することを避けなければならない。医療施設では、汚染を物理的に塗り広げ拡大させないことが優先されるため、汚いところを最後に清掃することが求められる。

例えば、排水口を入念に清掃したスポンジがそのままシンク上部に上がっていき、最後に吐水口の清掃を行っているとした場合には、腸内細菌目細菌など病原微生物を物理的に吐水口に接触させることになりえる。シンクの清掃に使用するスポンジやタワシ、クロスなど清掃器具が伝播の原因となった報告もあり、清掃器具の使いまわしには注意が必要である。医療施設の清掃は家庭の掃除と異なり、対象となるシンクやシンク周辺機器を連続で清掃しなければならないという特殊性がある。シンクとシンク周辺を清掃する清掃器具の交換のルールを清掃者に共有し、知識を持った上で適切な清掃が実施されるようにしたい。

3) 消毒方法

どの消毒薬が良いか、もしくは消毒薬以外の介入が良いのかについて、先行研究によりその効果はさまざまである。消毒薬の選択肢には、塩素系消毒薬

に加え、アルコール製剤、第4級アンモニウム製剤、酢酸系製剤、過酸化水素などが報告されている。現時点で本邦のどの医療施設でも実施でき安価な方法は、塩素系消毒薬と考えられる。それぞれの特徴と欠点、利用可能性を踏まえ各施設で選択するのが良い。

4) 消毒薬の選択と使用頻度

シンクや排水口、排水管の消毒薬として以下の薬剤の有効性が報告されている。これらのうち塩素系消毒薬での消毒は最も広く使用されている。塩素系消毒薬は安価であるという利点があるが、金属腐食性に注意が必要である。

- 塩素系消毒薬（本邦で最も実用的）
- アルコール製剤
- 第4級アンモニウム製剤
- 酢酸系製剤
- 過酸化水素

これらの消毒薬は、毎日1回の実施が最も効果的とする知見が多いが、実際の手順に落とし込むと週に1回などが現実的な場合がある。そのほか、定期的な消毒は行わず患者退院時に実施する方法もある。

5) 最終的な対策選択肢としての設備撤去・交換

感染源の除去として最も効果的とされるが、必要であるが故にシンクや水回り設備は設置されており、設備がなくなることで業務手順の変更が必要となることも多い。近年では、病院建築時に必要な手洗い装置の数を吟味し、過剰な水回り設備の設置を行わないことも重要と指摘されるようになっている。

6) 上水の管理方法²⁾

上水については温度管理も重要である。給湯系については50～55度以上の高温に維持することで微生物の増殖を抑えることができるが、使用時の熱傷リスクがあるため、通常は使用箇所直前に設置された温度調整器で給水と混合され、40度以下まで温度が下げられた状態で使用している。給水については25度未満の温度に維持することが良いとされるが、冷却装置が設置された給水設備は稀であり、冬は冷水になるが、夏には25度を超えることが通常である。このため塩素濃度により給水は微生物管理が行われている。末端塩素濃度は、吐水口で0.1ppm以上の遊離塩素濃度を確保することが水道法で規定された濃度であるが、実際には0.2ppm以

上の確保が微生物抑制には妥当であると考えられる。また塩素は使用頻度の低い配管の場合、自然に失活して濃度が低下してしまうため使用頻度を一定に保つことや、使用頻度が低い吐水口については、使用前に数十秒の通水を行うことで塩素が末端まで十分に届いた状態を作ることが必要とされる。

おわりに

医療施設における水回り環境の感染対策は、薬剤耐性菌対策と新興・再興感染症対策の両面で重要性を増している。シンクを中心とした水回り環境は、レジオネラ菌、非結核性抗酸菌、腸内細菌目細菌など多様な病原体の温床となりうる。

効果的な対策実施には以下が重要である

- 1) 各病原体の特徴と感染経路の正確な理解
- 2) 施設の実情に応じた実現可能な対策の選択
- 3) Water Safety Team による多職種連携
- 4) 日常的な環境管理と定期的な評価
- 5) アウトブレイク時の迅速な対応体制

本邦における水質衛生管理のガイドライン策定と、各施設での実現可能な水回り感染対策の検討が必要であるといえる。適切な水回り環境管理により、患者および医療従事者の安全確保に寄与することが期待されている。

文 献

- 1) 中村 造. 病院における Water Hygiene 管理. 日本環境感染学会誌. 2019; 34(6):271-6.
- 2) 中村 造. 医療施設における Water Hygiene 管理について. 医療関連感染. 2023; 16(1):1-5.
- 3) Burgos-Garay ML, Santiago AJ, Kartforosh L, et al. Supplemental nutrients stimulate the amplification of carbapenemase-producing. *Biofouling*. 2021; 37(5):465-80.
- 4) Blanc DS, Nahimana I, Petignat C, et al. Faucets as a reservoir of endemic *Pseudomonas aeruginosa* colonization/infections in intensive care units. *Intensive Care Med*. 2004; 30(10):1964-8.
- 5) Takajo I, Iwao C, Aratake M, et al. Pseudo-outbreak of *Mycobacterium parafortdonae* in a hospital: possible role of the aerator/rectifier connected to the faucet of the water supply system. *J Hosp Infect*. 2020; 104(4):545-51.
- 6) Kotay S, Chai W, Guilford W, et al. Spread from the Sink to the Patient: In Situ Study Using Green Fluorescent Protein (GFP)-Expressing *Escherichia coli* To Model Bacterial Dispersion from Hand-Washing Sink-Trap Reservoirs. *Appl Environ Microbiol*. 2017; 83(8).
- 7) Nakamura I, Amemura-Maekawa J, Kura F, et al. Persistent *Legionella* contamination of water faucets in a tertiary hospital in Japan. *Int J Infect Dis*. 2020; 93:300-4.
- 8) 中村 造. 新興・再興感染症の感染対策 呼吸器感染症 (レジオネラ症, 鳥インフルエンザ, MERS). 日本環境感染学会誌. 2023; 38(4):155-9.
- 9) Aranega-Bou P, George RP, Verlander NQ, et al. Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae dispersal from sinks is linked to drain position and drainage rates in a laboratory model system. *J Hosp Infect*. 2019; 102(1):63-9.
- 10) 大塚 健吾, 宮尾 直樹. 当院におけるカルバペネム産生腸内細菌目細菌によるアウトブレイクに関する分子生物学的疫学的検討ならびに環境調査報告. 日本環境感染学会誌. 2023; 38(3):132-7.
- 11) 中嶋 一彦, 竹末 芳生, 一木 薫, 他. 【多剤耐性腸内細菌科細菌】カルバペネム耐性腸内細菌科細菌によるアウトブレイク 下部消化器外科病棟と急性期医療センターにおける発生例と対策. 日本外科感染症学会雑誌. 2017; 14(3):179-87.
- 12) Nakamura I, Yamaguchi T, Miura Y, et al. Transmission of extended-spectrum β -lactamase-producing *Klebsiella pneumoniae* associated with sinks in a surgical hospital ward, confirmed by single-nucleotide polymorphism analysis. *J Hosp Infect*. 2021; 118:1-6.